ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม — **สาขา**

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม — **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก

The Size of the Waste Materials from Fruits and Fruit Peels and the Mixing Ratio with Fine-Textured Soils on Their Decomposition Efficiency for Compost

นามผู้วิจัย นายไพศาล ริมชลา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์สุจิณณา กรรณสูต, ปร.ด.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียด ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก

The Size of the Waste Materials from Fruits and Fruit Peels and the Mixing Ratio with Fine-Textured Soils on Their Decomposition Efficiency for Compost

โดย

นายไพศาล ริมชลา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพศาล ริมชลา 2555: การศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด. 104 หน้า

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ขนาดต่างๆ กับสัดส่วนการคลุกเคล้าขยะต่อดินเนื้อละเอียด ในพื้นที่ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ ภาคตะวันออก จังหวัดจันทบุรี วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorial in CRD มี 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ขนาดของวัสดุหมักขยะ 3 ขนาด คือ > 3 เซนติเมตร, 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร และปัจจัยสัดส่วนโดยน้ำหนักขยะต่อดินที่ใช้คลุกเคล้ากับขยะ 3 แบบ คือ 1:1, 3:1 และ 6:1 ทำการหมักเป็นเวลา 45 วัน ประสิทธิภาพการย่อยสลายของขยะเมื่อพิจารณาจากสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) พบว่า ขนาดของขยะและสัดส่วนขยะต่อดินเนื้อละเอียด ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของขนาดและสัดส่วนขยะต่อดินพบว่า ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะต่อดิน1:1 ทำให้มีประสิทธิภาพการย่อยสลายสูงสุด (C/N ratio = 6.02) สัดส่วนขยะต่อดิน 6:1 ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปริมาณร้อยละ 15.79, 0.93 และ 1.20 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสัดส่วนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ แต่ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณภาพของปุ๋ยหมักทุกรูปแบบการทดลองเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พบว่า รูปแบบการทดลองที่ใช้ขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน แต่รูปแบบอื่นต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมด และ ค่า C/N ratio พบว่าทุกรูปแบบการทดลองผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุทุกรูปแบบการทดลองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

_____ _____ ____/ ____/ ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Paisan Rimchala 2012: The Size of the Waste Materials from Fruits and Fruit Peels and the Mixing Ratio with Fine-Textured Soils on Their Decomposition Efficiency for Compost. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Assistant Professor Suthep Thongpae, Ph.D. 104 pages.

The different waste material size and the ratio of waste material and fine-textured soil on the decomposition efficiency were studied at The Royal Initiated Soil Waste Disposal and Waste Water Treatment Technology Extension, Eastern, Chanthaburi Province. The 3x3 factorial in Completely Randomized Design with 3 replications was conducted. The first factor was waste material size at >3 cm, 1-3 cm and <1 cm of fruits and fruit peels. The second factor was ratio by weight of waste material : fine-textured soil at 1:1, 3:1 and 6:1. The decomposition efficiency was estimated after 45 days of the decomposition by using C/N ratio of the compost. The results indicated that the waste material size and the ratio of waste material : fine-textured soil did not showed the significantly difference in the decomposition efficiency. The waste material size 1-3 cm mixed with fine-textured soil at the ratio 1:1 tended to give the highest decomposition efficiency (C/N ratio = 6.02). However, higher ratios of waste material : fine-textured soil gave higher content of organic matter, N and K in the compost significantly difference except the content of P in all treatments were not significantly difference.

The quality of compost from all treatments were compared with the standard from the Department of Agriculture. The results showed that only waste material size at 1-3 cm mixed with fine-textured soil at the ratio 1:1 gave the content of nitrogen in compost higher than the limitation. However the content of P and K and C/N ratio of the compost in all treatments were higher than the limitation. But the content of organic matter in all treatments lower than the limitation.

_____ _____ ____/ ____/ ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความกรุณาเป็นอย่างยิ่งของ ผศ.ดร.สุเทพ ทองแพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สุจิณณา กรรณสูต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการวิจัย และช่วยแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ขอบพระคุณ รศ. อิทธิพล ราศรีเกรียงไกร ประธานการสอบ และ ดร.ไมตรี ดวงสวัสดิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ศ.ดร.เกษม จันทร์แก้ว ประธานโครงการฯ มูลนิธิชัยพัฒนา และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นพื้นฐานความสำเร็จแห่งการดำเนินการวิจัย และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงพี่ชายและน้องสาว ที่มอบทุกสิ่งทุกอย่างให้ ทั้งความรัก คำปรึกษา กำลังใจ และสิ่งอื่นอีกมากมายจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณจุลบุตร จันทร์สูรย์ คุณวัชรพงษ์ วาระรัมย์ คุณอรทัย เชื้อวงษ์ และคุณศิวนาถ ไทยภักดี เจ้าหน้าที่โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ร่วมลงพื้นที่ภาคสนามและเก็บข้อมูลต่างๆ ขอบคุณสำนักงานเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จ.จันทบุรี ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ ขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ขอบคุณพี่ๆ น้องๆ และเพื่อน ๆ สิ่งแวดล้อมรุ่น 33 ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและแรงผลักดันให้กันเสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ไพศาล ริมชลา

มีนาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	69
สรุป	69
ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	72
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักในแต่ละรูปแบบการทดลอง	82
ภาคผนวก ข คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก	86
ภาคผนวก ค แสดงค่าทางสถิติ	100
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	104

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน	18
2	ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของดินแดง	22
3	เขตการปกครองและการบริหารเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์	29
4	องค์ประกอบทางกายภาพของขยะในเขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี	32
5	คุณสมบัติบางประการของดินที่ใช้ผสมในการหมัก	46
6	คุณสมบัติของขยะที่ใช้ในการทดลอง	46
7	ความหนาแน่นรวม (Kg/m^3) ของปุ๋ยหมัก	48
8	ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (%) ของปุ๋ยหมัก	50
9	การยุบตัว (%) ของกองปุ๋ยหมัก	56
10	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก	58
11	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของปุ๋ยหมัก	60
12	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)ของปุ๋ยหมัก	62
13	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)ของปุ๋ยหมัก	64
14	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%) ของปุ๋ยหมัก	66
15	ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมัก	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ข1 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด > 3 เซนติเมตร (รูปแบบ A) กับสัดส่วนดิน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก 87
ข2 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร (รูปแบบ B) กับสัดส่วนดิน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก 90
ข3 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด < 3 เซนติเมตร (รูปแบบ C) กับสัดส่วนดิน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก 93
ข4 คุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก 96
ข5 คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก 98
ค6 ความแปรปรวนทางเดียว (ONE WAY ANOVA) ของคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีในปุ๋ยหมักแต่ละรูปแบบการทดลอง 101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1	ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก	16
2	การกองปุ๋ยหมักแบบ Windrow System	23
3	การกองปุ๋ยหมักแบบ Static Composting System	23
4	ลักษณะใส่ขยะและดินแดงหรือดินธรรมดาในการทำ ปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีตแบบชุมชนเพื่อการหมักทำปุ๋ยจากขยะแบบการฝังกลบประยุกต์	25
5	ลักษณะใส่ขยะและดินแดงหรือดินธรรมดาในการทำ ปุ๋ยหมักในบ่อคอนกรีตแบบครัวเรือนเพื่อการหมักทำปุ๋ยจากขยะแบบการฝังกลบประยุกต์	26
6	ปริมาณขยะมูลฝอยรายเดือน ปี พ.ศ. 2554 เขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี	31
7	การเตรียมบ่อหมักขยะโดยใช้วงขอบคอนกรีตทรงกลม	35
8	แผนการหมักขยะในแต่ละรูปแบบการทดลอง	38
9	วิธีการหมักขยะในบ่อหมักคอนกรีตทรงกลม	39
10	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบขนาดของวัสดุหมักในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน	53
11	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบขนาดของวัสดุหมักต่อสัดส่วนดินในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน	54

ภาพผนวกที่

ก1	ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ >3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน1:1	83
ก2	ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ >3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1	83
ก3	ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ >3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1	83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ก4 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 84
ก5 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 84
ก6 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 84
ก7 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 85
ก8 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 85
ก9 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก

The Size of the Waste Materials from Fruits and Fruit Peels and the Mixing Ratio with Fine-Textured Soils on Their Decomposition Efficiency for Compost

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรของประเทศ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคของคนไทย ทำให้ปริมาณขยะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีปริมาณขยะชุมชนทั่วประเทศ ประมาณ 14.60 ล้านตัน หรือ 40,012 ตันต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2548 ประมาณ 300,000 ตัน โดยพบว่ามีขยะอินทรีย์ย่อยสลายได้ปะปนอยู่ในปริมาณสูงมากถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) เป็นปริมาณขยะที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้นทุกปีและประสบปัญหาในการกำจัดขยะเหล่านี้ให้หมดสิ้นไป

เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 12.90 ตารางกิโลเมตร จำนวนครัวเรือน 3,970 ครัวเรือน มีประชากรทั้งสิ้น 8,825 คน (สำรวจ ณ วันที่ 1 มกราคม 2545) มีปัญหาขยะมูลฝอยที่ต้องหาทางแก้ไขโดยเร่งด่วน เนื่องจากเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์เป็นแหล่งตลาดค้าขายผลไม้ของจังหวัดจันทบุรี ทำให้มูลฝอยประเภทผลไม้เหลือตกค้างจำนวนมากในแต่ละวันพบขยะประมาณวันละ 10-12 ตัน สำหรับช่วงฤดูผลไม้จะเพิ่มขึ้นเป็นวันละ 15-20 ตัน ส่วนใหญ่เป็นผลไม้ประเภททุเรียนและเงาะ ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยมากกว่า 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2552) ในปัจจุบันเทศบาลต้องดำเนินการจัดเก็บขยะเพื่อนำไปกำจัด ณ โรงเก็บขยะเทศบาลเมืองจันทบุรี เสียค่าใช้จ่ายในการฝังกลบวันละ 2,000-3,000 บาท (ธัญพรรณพร, 2551) และในอนาคตอันใกล้นี้ โรงกำจัดขยะที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันจะไม่สามารถรองรับขยะได้ทั้งหมด เนื่องจากมีพื้นที่จำกัดและดำเนินการฝังกลบเกือบเต็มพื้นที่แล้ว แนวทางการนำขยะที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะจากขยะจำพวกผลไม้และเปลือกผลไม้ตามฤดูกาลในเขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี คือการทำปุ๋ยหมักจะช่วยลดงบประมาณค่ากำจัดขยะมูลฝอยที่มีจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำปุ๋ยหมัก (composting) มีหลายวิธีด้วยกันทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ปัจจุบันมีรูปแบบเทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักขยะอินทรีย์หลายแบบ เช่น หมักมูลฝอยอินทรีย์แบบมีช่องระบายอากาศ ถังหมักแบบหมุนขนาด 200 ลิตร เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) เป็นต้น ในปัจจุบันเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ได้ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการกำจัดขยะ โดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี คือ การทำปุ๋ยหมักโดยใช้กล่องคอนกรีตโดยนำเศษผักและผลไม้มาผ่านกระบวนการหมัก อาศัยกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติ (ไพบูลย์และคณะ, 2542) แต่ระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักขึ้นอยู่ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสม และสิ่งสำคัญ คือ ขนาดของวัสดุที่จะนำมาหมักนั้นต้องมีขนาดที่เหมาะสม หากเป็นขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ จำเป็นต้องทำให้มีขนาดเล็กลง และเป็นขนาดที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (ทนุพงศ์, 2552)

ด้วยเหตุนี้ผู้ศึกษา เห็นความสำคัญดังกล่าวและสนใจในเรื่องขนาดของวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก โดยเฉพาะวัสดุที่เป็นขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ที่มีปริมาณมากในฤดูผลไม้ เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมในการหมัก จึงทำการศึกษาขนาดของขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียด ที่มีประสิทธิภาพการในย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก โดยศึกษาในเขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี เพื่อสร้างองค์ความรู้และเป็นประโยชน์ในการเผยแพร่ความรู้สู่ภาคเกษตรกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้และสัดส่วนของดินเนื้อละเอียดที่เหมาะสม ในการนำมาหมักเป็นปุ๋ย

2. เพื่อศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักในด้านกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความชื้น ความหนาแน่นรวม ด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ธาตุอาหารหลัก และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ความหมายของขยะ

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน ฉบับพุทธศักราช 2525 ได้ให้ความหมายของขยะ หมายความว่า หยากเยื่อ ขยะ และได้บัญญัติความหมายของขยะว่า เศษสิ่งของที่ทิ้งแล้ว หยากเยื่อ

ขยะ หมายถึง เศษของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและการใช้สอยของมนุษย์ ขยะอาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่ก่อให้เกิดขยะนั้น เช่นขยะจากบ้านเรือนที่พักอาศัย มีลักษณะเป็นเศษอาหารที่เหลือจากการหุงต้ม เศษผ้าและเศษของที่ไม่ใช้แล้วต่างๆ เป็นต้น ขยะจากตลาดมักเป็นพวกเศษอาหารสด ผัก ผลไม้ ส่วนขยะจากโรงงาน อุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรมนั้นๆบางชนิดอาจมีสารที่เป็นพิษปะปนอยู่ (สิทธิชัย, 2541)

มูลฝอย หมายถึง ของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์หรือกระบวนการการผลิตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่น มูลฝอยในชุมชน (municipal solid waste) มูลฝอยหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial waste) มูลฝอยติดเชื้อ (infections waste) เป็นต้น (ชั่งทอง และคณะ, 2539)

ขยะมูลฝอย เป็นเศษสิ่งของวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษอาหาร เศษกระดาษ เศษพลาสติก เครื่องใช้ที่ชำรุด เศษวัสดุจากการเกษตร อุตสาหกรรม การก่อสร้าง ตลอดจนกิ่งไม้ใบหญ้า หรือซากสัตว์ ขยะมูลฝอยบางอย่างยังมีคุณค่าในตัวเองและอาจเป็นที่ต้องการของบุคคลอีกกลุ่มก็ได้ เช่น กระดาษ พลาสติก เสื้อผ้าเก่า ขวดแก้ว โลหะ ฯลฯ (กรมควบคุมมลพิษ, 2536)

2. ลักษณะและชนิดของขยะ

2.1 ลักษณะของขยะ

เกษม (2541) ได้รวบรวมรายงานและบรรยายไว้ว่า ลักษณะของขยะ หมายถึง รูปลักษณะของขยะที่เป็นกลุ่มของความยากง่ายในการเน่าเปื่อย และมีพิษภัย ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.1 ขยะที่เน่าเปื่อยง่าย (food waste or garbage) ได้แก่ ขยะที่เป็นสารอินทรีย์ คือ เศษอาหาร ซากพืช ซากสัตว์ กระดาษ ผ้า ใบไม้ เศษพืชผัก ฯลฯ

2.1.2 ขยะที่เน่ายากหรือเน่าเปื่อยไม่ได้เลย (rubbish) ได้แก่ ถุงพลาสติก แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง หนัง ยาง ฯลฯ

2.1.3 ขยะที่อันตรายหรือสารเคมี (hazardous waste or chemical waste) ได้แก่ กาก สารพิษ โลหะหนัก สารกำจัดแมลงและศัตรูพืช ขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล และสารเคมีเป็นพิษ อื่นๆ ฯลฯ

2.2 ชนิดของขยะ

2.2.1 ขยะที่เน่าเปื่อยได้ง่าย (garbage) ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผักที่ได้จากการปรุงอาหาร ขยะชนิดนี้จะเป็นพวกที่ย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้ง่าย มีความชื้นสูง

2.2.2 ขยะที่ไม่เน่าเปื่อย หรือเน่าเปื่อยได้ยาก (rubbish) ได้แก่ พวกเศษกระดาษ เศษผ้า เศษไม้ กิ่งไม้ หญ้า ฟางข้าว แก้ว กระเบื้อง ยาง เศษโลหะต่างๆ ขยะเหล่านี้จะมีทั้งเผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้

2.2.3 ขี้เถ้า (ashes) เป็นขยะที่เกิดจากการที่เหลือจากการเผาไหม้

2.2.4 ขยะจากถนน (street refuse) ได้แก่ เศษสิ่งของต่างๆ ที่กวาดจากถนน เช่น เศษใบไม้ เศษอิฐ กรวด ทราย กระดาษถุง พลาสติก เป็นต้น

2.2.5 ซากสัตว์ (dead animal) ได้แก่ ซากสัตว์ที่ตายแล้วทุกชนิดซึ่งจะเน่าเปื่อยเร็วและส่งกลิ่นเหม็น

2.2.6 ซากยานพาหนะ (abandoned vehicles) ได้แก่ ยานพาหนะทุกชนิดที่หมดสภาพการใช้งาน หรือใช้งานไม่ได้แล้ว รวมทั้งชิ้นส่วนประกอบของยานพาหนะด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แหล่งกำเนิดมูลฝอย

ในการจัดการปัญหามูลฝอยมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงแหล่งกำเนิดมูลฝอย เพื่อจะทำให้การจัดการมูลฝอยเป็น ไปได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับชนิดมูลฝอย และเกิดประสิทธิภาพ โดยไม่ทำให้ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม พัฒนา (2541) ได้แบ่งแหล่งกำเนิดมูลฝอยตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของที่ดิน ดังนี้

3.1 มูลฝอยจากบ้านพักอาศัย (residential waste) เป็นมูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรม การดำรงชีพของคนที่อาศัย อยู่ในบ้านพักอาศัยหรืออาคารชุด ได้แก่ เศษอาหาร เศษกระดาษ ถุงพลาสติก ใบไม้ ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ชำรุดหรือเสื่อมคุณภาพ เศษแก้ว เป็นต้น

3.2 มูลฝอยจากธุรกิจการค้า (commercial waste) หมายถึงมูลฝอยที่มาจากสถานที่ที่มีการประกอบกิจการค้า ขายส่ง ขายปลีก หรือการบริการทางการค้าต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเป็นกิจการค้าประเภทใด ได้แก่ อาคารสำนักงาน ตลาด โรงแรม โรงมหรสพ หรือโกดังเก็บสินค้า ซึ่งมักจะมีภาชนะเก็บมูลฝอยเป็นของตนเอง มูลฝอยที่เกิดขึ้นมักจะมี เศษอาหาร เศษแก้ว พลาสติก เศษวัสดุสิ่งก่อสร้างต่างๆ หรืออาจมีของเสียอันตราย เป็นต้น

3.3 มูลฝอยจากการพักผ่อนหย่อนใจ (recreational wastes) มูลฝอยจากสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ หรือสถานที่ท่องเที่ยวไม่ว่าจะเป็นแหล่งธรรมชาติ หรืออาจจะเป็นแหล่ง ท่องเที่ยวที่เป็นแหล่งศิลปกรรม มูลฝอยส่วนใหญ่จะเป็นเศษอาหารเศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหลาย เช่น ถุงพลาสติก กระป๋องโลหะ ถุงกระดาษ เป็นต้น

3.4 มูลฝอยจากโรงพยาบาล (hospital wastes) มูลฝอยจากโรงพยาบาลมักถูกจัดไว้ในกลุ่มของมูลฝอยอันตราย เพราะอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายประการ ได้แก่ อาจเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรคเป็นที่น่ารังเกียจเป็นต้น จึงนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะแยกออกจัดการต่างหากจากมูลฝอยที่มาจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 มูลฝอยจากการเกษตร (agricultural wastes) แหล่งมูลฝอยที่สำคัญมักมาจากกิจกรรมการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหาร ได้แก่ มูลสัตว์ เศษหญ้า ภาชนะบรรจุยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น ในอดีตของเสียจากการเกษตรเหล่านี้ส่วนใหญ่ (ยกเว้น ภาชนะบรรจุยาปราบศัตรูพืช) มักถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำมาไถกลบลงบนพื้นที่ที่จะทำการเพาะปลูก แต่ปัจจุบันนี้ได้มีการเร่งผลผลิตให้ได้ปริมาณมากขึ้นตามจำนวนของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการนำปุ๋ยเคมีมาใช้แทน ทำให้ปริมาณมูลฝอยจากการเกษตรเพิ่มปริมาณมากขึ้น

3.6 มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastes) มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมนั้นหรือประเภทของอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ได้แก่ พวกเศษอาหาร มูลฝอยแห้งต่างๆ เช่น เศษกระดาษกระดาษแข็ง ขี้เถ้า และของเสียอันตราย เป็นต้น

4. ปริมาณของมูลฝอย

4.1 ปริมาณมูลฝอยจำแนกตามแหล่งกำเนิด

ปริมาณมูลฝอยเป็นข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินสภาพปัญหาและการวางแผนการจัดการมูลฝอย ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากที่สุด โดยให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดในปัจจุบันและอนาคต (ธเรศ, 2538) ซึ่งสามารถจำแนกตามชนิดของแหล่งกำเนิด ดังนี้

4.1.1 ปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งชุมชน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

4.1.1.1 ปริมาณมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้จากการสำรวจของงานจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2527) พบว่าปริมาณของมูลฝอยที่เก็บ รวบรวมจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร และงบประมาณด้านการจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลเป็นสำคัญ

4.1.1.2 ปริมาณของมูลฝอยในแหล่งกำเนิด หรือปริมาณของมูลฝอยที่มีอยู่จริง จำเป็นต้องประมาณปริมาณการเกิดมูลฝอยเอง เนื่องจากบางส่วนของมูลฝอยในแหล่งกำเนิดไม่มีการเก็บรวบรวม ทำให้ปริมาณมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้มีน้อยกว่ามูลฝอยที่เกิดขึ้นจริงในแหล่งกำเนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 ปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งอุตสาหกรรม ปริมาณมูลฝอยจะขึ้นอยู่กับประเภทและกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณมูลฝอยประเภทนี้ได้เก็บรวบรวมไว้กับปริมาณของมูลฝอย ซึ่งเก็บขนรวบรวมจากแหล่งชุมชนส่งเทศบาลเพื่อกำจัดและอาจจะมีมูลฝอยบางส่วนถูกกำจัดโดยโรงงานเอง

4.1.3 ปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งเกษตรกรรม ไม่สามารถบอกถึงปริมาณได้ เนื่องจาก อยู่นอกพื้นที่ในการเก็บรวบรวมของเทศบาลหรือสุขาภิบาลและมูลฝอยประเภท อาจจะถูกนำไปกำจัดให้หมดหรือใช้ประโยชน์อื่น จึงไม่สามารถจะรู้ถึงปริมาณการเกิดของมูลฝอยเหล่านี้

4.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะของมูลฝอย ดังนี้

4.1.4.1 ลักษณะภูมิประเทศของท้องถิ่น (geographical location) มีส่วนสำคัญ เพราะการประกอบอาชีพหลักของประชาชนในท้องถิ่นนั้นๆ ต่างกัน ทำให้มีผลแตกต่างของการเกิดมูลฝอยทั้ง ในด้านปริมาณและองค์ประกอบ เช่น ในพื้นที่ราบลุ่ม เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชข้าวองค์ประกอบของมูลฝอยจึงอาจเป็นพวกเศษหญ้า หรือฟางข้าว ปริมาณมากกว่ามูลฝอยประเภทอื่น

4.1.4.2 ฤดูกาล (season) ซึ่งแต่ละท้องถิ่นจะมีความแตกต่างกัน เช่น ฤดูกาลที่มีการผลิตผลไม้ออกมามาก ทำให้มีมูลฝอยพวกเปลือกและเมล็ด ของผลไม้ต่างๆ ปริมาณมาก

4.1.4.3 ลักษณะอุปนิสัยของประชาชนในท้องถิ่น (characteristic of population) เช่น ถ้ามีการแยกประเภทของมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ จะทำให้ มีปริมาณของมูลฝอยลดน้อยลง การนำขวดพลาสติกบรรจุน้ำ อัดลมมาล้างให้สะอาด เพื่อบรรจุน้ำดื่มภายในบ้าน เป็นต้น ซึ่งลักษณะอุปนิสัยดังกล่าวนี้ จะทำให้ปริมาณมูลฝอยลดลง และมีองค์ประกอบของมูลฝอยเปลี่ยน แปลงด้วย

4.1.4.4 สถานะการดำรงชีพของประชาชน (standard of living) เป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจาก ถ้ากลุ่มประชากรมีกำลังทรัพย์มากจะจับจ่ายซื้อสิ่งของได้มากย่อมมีปริมาณมูลฝอยมากและมีองค์ประกอบของมูลฝอยก็มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.4.5 การบริการการเก็บรวบรวมมูลฝอย (frequency of collection) ถ้าหากมีการเก็บมูลฝอยถี่ก็ย่อมทำให้ปริมาณมูลฝอยมาก เพราะภาชนะเก็บกักมีที่เหลือมากพอที่จะทิ้งมูลฝอยโดยไม่ต้องกลัวล้นภาชนะ ถ้าหากมีความถี่ในการเก็บขนน้อย ทำให้ปริมาณมูลฝอยในบ้านตกค้างมากทำให้มีความพยายามที่จะนำมูลฝอยกลับไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นน้อยลง

4.1.4.6 กฎหมายหรือระเบียบข้อบังคับ (legislation) ที่กำหนดโดยรัฐหรือองค์กรท้องถิ่น มีบทบาทสำคัญต่อทั้งปริมาณและองค์ประกอบของมูลฝอย เช่น ถ้ามีการออกกฎข้อบังคับไม่ให้ใช้โฟมในการ บรรจุอาหาร ก็จะไม่ทำให้มูลฝอยมีโฟมอยู่มากมาย เป็นต้น กฎหมายหรือระเบียบ ข้อบังคับ (legislation) ที่กำหนดโดยรัฐหรือองค์กรท้องถิ่น มีบทบาทสำคัญต่อทั้งปริมาณและองค์ประกอบของมูลฝอย เช่น ถ้ามีการออกกฎข้อบังคับไม่ให้ใช้โฟมในการบรรจุอาหาร ก็จะไม่ทำให้มูลฝอยมีโฟมอยู่มาก เป็นต้น

5. ผลกระทบของปัญหามูลฝอย

มูลฝอยที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในชุมชน หากไม่ได้รับการเก็บรวบรวมและกำจัด โดยวิธีการที่ถูกต้องจะก่อให้เกิดปัญหาต่อชุมชนอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิต สามารถสรุปผลกระทบที่สำคัญได้ดังนี้

5.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.1 ผลกระทบต่อดิน การจัดการมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง เช่น การเทกองไว้บนพื้นดิน องค์ประกอบของมูลฝอยบางอย่าง จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อดิน โดยทำให้ดินเสียโครงสร้างที่ดี การถ่ายเทอากาศและอัตราการซึมของดินเสียไป ทำให้ไม่เหมาะแก่การเพาะปลูก นอกจากนั้นยังอาจมีพวกโลหะหนัก กัมมันตรังสี และสารประกอบอื่นๆ ที่อาจทำให้คุณลักษณะของดินเปลี่ยนแปลงไปได้ (ปรีดา, 2531)

5.1.2 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดิน มูลฝอยบางส่วนซึ่งขาดการจัดการที่ดี เมื่อ ตกลงในท่อระบายน้ำ คูน้ำหรือรางระบายน้ำจะสกัดกั้นการไหลของน้ำ เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมได้ ส่วนน้ำเสียที่ออกจากกองมูลฝอยหรือที่เรียกว่า น้ำชะมูลฝอย (leachate) ไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน เช่น ห้วย หนอง คลอง เป็นต้น สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ที่เจือปนมากับน้ำชะมูลฝอยเป็นสาเหตุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้น้ำในแหล่งน้ำเน่าเสีย นอกจากนี้สารพิษต่างๆที่มาจากขยะอันตราย ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์และประชาชนที่อาศัยแหล่งน้ำนั้นบริโภคและอุปโภค (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

5.1.3 ผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดิน เมื่อน้ำชะมูลฝอยซึมลงสู่ใต้ดิน จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในแหล่งน้ำใต้ดินโดยเฉพาะถ้าบริเวณนั้นมีระดับน้ำใต้ดินสูงและคุณสมบัติของดินไม่ดี จะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่ายและการแพร่กระจายของความเป็นพิษได้กว้างขวางยากต่อการแก้ไขและเป็นอันตรายต่อประชาชนที่บริโภคและอุปโภคแหล่งน้ำใต้ดินด้วย

5.1.4 ผลกระทบต่ออากาศ การกำจัดมูลฝอยที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล เช่น การเผามูลฝอยในที่กลางแจ้ง จะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ การเกิดควันก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นต้น การกองมูลฝอยไว้จะทำให้เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง การย่อยสลายของมูลฝอยประเภทเศษอาหารหรือมูลสัตว์ทำให้เกิดมีก๊าซมีเทน (methane) ซึ่งเป็นกลุ่มก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ตัวหนึ่งจะมีผลให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า สภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

5.2 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

5.2.1 เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคและสัตว์พาหะนำโรค เนื่องจากมูลฝอยจะมีองค์ประกอบทั้งอินทรียวัตถุและอนินทรียวัตถุ ดังนั้นในมูลฝอยอาจจะมี เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคบางชนิดปะปนมาด้วย ทำให้เป็นอันตรายต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนนอกจากนั้น มูลฝอยที่กองทิ้งไว้โดยไม่ได้รับการเก็บขนและการกำจัดที่ถูกต้องจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน หนู ซึ่งเป็นสัตว์ที่สามารถนำโรคต่างๆ มาสู่คนได้

5.2.2 การเสี่ยงต่อสุขภาพ ชุมชนที่ขาดการจัดการมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลจะทำให้ประชาชนในชุมชนนั้นเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ ได้โดยง่าย เนื่องจากมูลฝอยเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายของโรค จึงทำให้การแพร่กระจายของโรคเป็นไปได้โดยง่ายและน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยเมื่อลงสู่แหล่งน้ำทำให้มีการปนเปื้อน ก็จะเป็นอันตรายต่อประชาชนผู้บริโภคน้ำนั้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม

5.3.1 การสูญเสียทางเศรษฐกิจ ชุมชนที่ไม่มีการวางแผนในการจัดการมูลฝอยที่ดีจะก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจตามมา เช่น ปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดและจัดการเพิ่มขึ้น หรือมูลฝอยในเมืองที่ตกค้างตามสถานที่ต่างๆ จะทำให้ชุมชนและทัศนียภาพขาดความสวยงาม จะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวโดยตรง ทำให้รัฐสูญเสียรายได้จากการท่องเที่ยวได้

5.3.2 ทำให้ชุมชนขาดความสวยงาม ซึ่งการจัดการมูลฝอยที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล จะช่วยทำให้ชุมชนนั้นเกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อย ซึ่งจะแสดงถึงความเจริญและวัฒนธรรมของชุมชนนั้น ชุมชนที่ละเลยการปฏิบัติหน้าที่ในการจัดการมูลฝอยให้ถูกต้องโดยปล่อยให้มูลฝอยเกลื่อนกลาดบริเวณถนนหรือสถานที่ต่างๆ จะทำให้ทัศนียภาพของเมืองเสียไป

5.3.3 เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย เนื่องจากองค์ประกอบของมูลฝอยมีหลายประเภทซึ่งบางประเภทสามารถติดไฟได้ง่ายและเป็นเชื้อเพลิงอย่างดี ดังนั้นหากชุมชนไม่มีการจัดการมูลฝอยที่ดี จะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยได้ รวมทั้งการกำจัดมูลฝอยโดยการเผากลางแจ้ง อาจเป็นสาเหตุของการเกิดไฟไหม้ป่าหรือบ้านเรือนได้

6. การกำจัดขยะโดยการทำปุ๋ยหมัก

จากปัญหาขยะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย สภาพเศรษฐกิจและสังคม จึงทำให้มีวิธีการในการกำจัดขยะในรูปแบบต่าง ๆ หลายรูปแบบ ซึ่งจะขึ้นกับความเหมาะสมในด้านต่างๆ ในชุมชนแต่ละแห่งจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ในการกำจัดขยะ ซึ่งวิธีในการกำจัดขยะมีหลายวิธี ซึ่งวิธีการกำจัดขยะโดยการทำปุ๋ยหมัก เป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมในการจัดการขยะจากชุมชน สำหรับความหมายของปุ๋ยหมัก ประโยชน์ ขั้นตอนและวิธีการหมัก และปัจจัยต่อการหมักปุ๋ย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 ความหมายของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (composts) คือ ปุ๋ยที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ให้สลายตัวผุพังตามธรรมชาติ โดยนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ มากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้นแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจน (มุขดา, 2543) ภายใต้สภาวะเหมาะสมในด้านความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน รวมทั้งอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย สีน้ำตาลปนดำ

6.2 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ธงชัย (2535) รายงานว่า ประโยชน์ของปุ๋ยหมักแบ่งได้ดังนี้ คือ

6.2.1 ช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยให้ดินมีสภาพร่วนซุย ดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้นทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้รวดเร็วช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น การระบายอากาศของดินเพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว

6.2.2 ปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มปริมาณและพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้น มีผลช่วยยับยั้งการเจริญ และความสามารถในการก่อโรคพืชของเชื้อโรคโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้รากพืช

6.2.3 ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ และ ความพรุนของดินทำให้อากาศและน้ำซึมเข้าสู่เนื้อดินได้ดียิ่งขึ้น ทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ในดินเกิดได้ดีเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2.4 ช่วยฆ่าจุลินทรีย์ก่อโรคในขยะในกระบวนการหมักขยะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ โดยอุณหภูมิสูงจะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพบว่าถ้าอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส จะทำให้โปรตีนในจุลินทรีย์เสียสภาพธรรมชาติ ในแต่ละกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่างกัน

6.3 การย่อยสลายปุ๋ยหมักโดยจุลินทรีย์

กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งละชนิดมีกิจกรรมการย่อยสลายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับตัวเอง ทั้งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในระยะเวลาต่างๆ มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายปุ๋ยหมัก ที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้

6.3.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักปุ๋ย

สามารถแบ่งประเภทของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอินทรียวัตถุในกองปุ๋ยหมัก ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ (ธันวดี, 2547; กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

6.3.1.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

จุลินทรีย์พวกนี้มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่มีปริมาณมากที่สุดในกองปุ๋ยหมัก ประมาณร้อยละ 80-90 ของจุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมัก โดยเฉพาะในช่วงของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งปริมาณของจุลินทรีย์จะแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาหมัก โดยทั่วไปแบคทีเรียที่พบในกองปุ๋ยหมัก คือ *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* ap., *Micrococus* sp., และ *Bacillus* sp. แบคทีเรียค่อนข้างมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายสารประกอบประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3.1.2 เชื้อรา (Fungi)

ในกองปุ๋ยหมักตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ แต่ละชนิดและปริมาณของเชื้อราแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ซึ่งมักจะตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวหน้าด้านนอกกองปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าภายในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของกองหมักมักมีอุณหภูมิสูงจึงพบ *Giotrichum candidum* และ *Aspergilus fumigatusg* เมื่อกองปุ๋ยหมักอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อรา *Penicillium duponti* แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อราจะลดลง แต่ถ้าอยู่ในสภาพที่แห้งพบว่าอุณหภูมิสูง 62- 53 องศาเซลเซียสยังสามารถพบเชื้อราได้ เชื้อรามีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกนิน และสารคงทนในรูปอื่นๆ

6.3.1.3 แอคติโนมัยซีส (actinomycetes)

ลักษณะของแอคติโนมัยซีสเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะสังเกตเห็นได้โดยเป็นจุดขาวๆ คล้ายผงปูนขาว ซึ่งลักษณะเช่นนี้เห็นได้ในกองปุ๋ยหมัก หลังจากอุณหภูมิสูงถึงจุดสูงสุด แอคติโนมัยซีสสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส และจะเจริญลดลงหรือหยุดวะงักเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส แอคติโนมัยซีสที่พบได้บ่อยในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ *Thermoactinomycetes* sp. และ *Thermomonospora* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยสลายเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.2 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการหมักปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยกิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์วิธีหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนโครงสร้างจากอินทรียวัตถุเมื่อผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วกลายเป็นอนินทรีย์วัตถุ หรือแร่ธาตุที่เสถียรในดิน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายที่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายปุ๋ยหมักได้ดี (Haug, 1993) จุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมักมูลฝอยจะแบ่งออกตามระยะการการเจริญเติบโตตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกองหมักดังภาพที่ 1 แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ (สุบัณฑิต, 2546; Day and Shaw, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

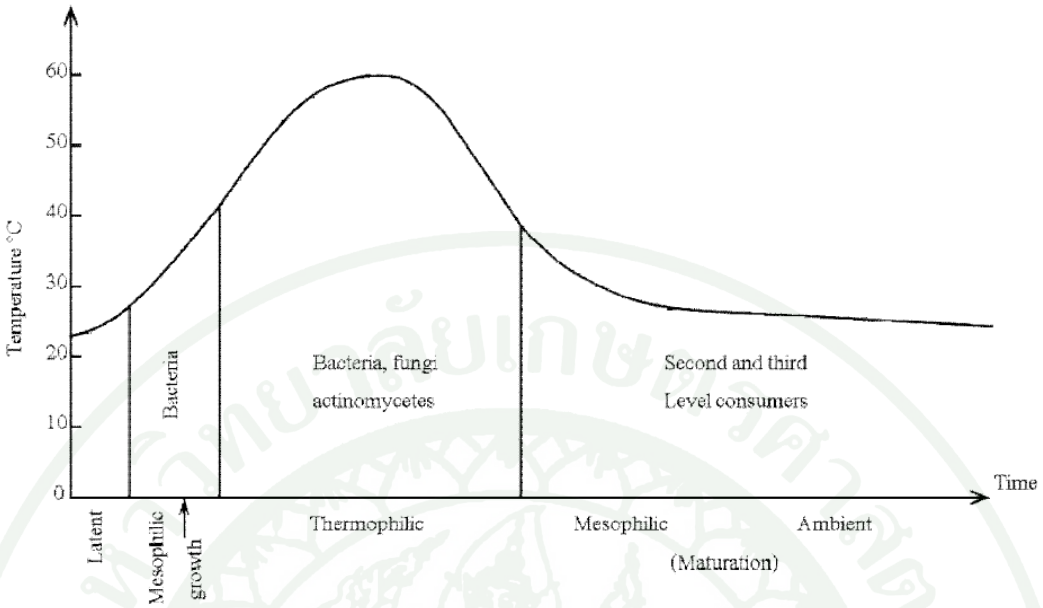
6.3.1 Latent Phase คือ ช่วงเวลาที่จุลินทรีย์ปรับตัว สร้างความเคยชินให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ เพื่อสร้างเซลล์และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ ซึ่งในระยะนี้อุณหภูมิไม่สูงมาก

6.3.2 Growth Phase คือ ลักษณะของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิถึงระดับ mesophile เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นในช่วง 25-45 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี และอัตราการย่อยสลายเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ

6.3.3 Thermophilic Phase ในระยะนี้มีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 45-65 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสูงสุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ที่พบได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซิส อุณหภูมิในระยะนี้สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและพยาธิบางชนิดได้

6.3.4 Maturation Phase คือ ระยะที่อุณหภูมิลดลงอยู่ในระดับ mesophile และลดลงเรื่อยๆ จนอยู่ในระดับอุณหภูมิบรรยากาศทั่วไป บ่งบอกว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์ และมีการสร้างฮิวมัส โดยการเปลี่ยนรูปของสารอินทรีย์เชิงซ้อนบางอย่างให้อยู่ในรูปฮิวมัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก

ที่มา: Polprasert (1996)

6.4 หลักการหมักทำปุ๋ย

การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีหมัก เป็นการใช้ปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์ย่อยสลายสารวัตถุในมูลฝอยที่สามารถสลายตัวได้เช่น พวกอินทรีย์สาร จะมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น พวกไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และเมื่อย่อยสลายตัวจนสมบูรณ์ดีแล้ว ว่าจะได้กากที่เหลือเป็นผลผลิตจะเรียกว่า ปุ๋ย (compost หรือ humus - like material) สามารถนำไป ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน และเป็นอาหารของพืชได้ ซึ่งกระบวนการหมักทำปุ๋ยแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

6.4.1 การหมักแบบใช้ออกซิเจน (aerobic decomposition) การย่อยสลายวัสดุสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้โดยใช้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) และจะให้ผลผลิตที่ต่างจากการ หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic decomposition) และให้ผลผลิตสุดท้ายที่เสถียร (final -stabilized products) สำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน สามารถแสดงปฏิกิริยาการย่อยสลาย ดังแสดงในสมการ (1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{Organic Matter} + O_2 + \text{Nutrient} \xrightarrow{\text{Microorganisms}} \text{Resistant Organic Matter} + \text{New cell} + CO_2 + NH_3 + SO_4^{2-} + \text{Heat} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) อินทรียวัตถุ (organic matter) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เซลลูโลส และลิกนิน เป็นต้น ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน จนกระทั่งกลายเป็นอินทรีย์สารคงตัว (resistant organic matter) ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีกต่อไป (Tchobanoglous *et al*., 1993) ผลผลิตที่ได้เป็นสารอินทรีย์ที่สลายตัวแล้วเป็นผงหรือเป็นก้อนเล็กๆ มีสีน้ำตาลเรียกว่า คอมโพสต์ (compost) และเมื่ออินทรีย์สารถูกย่อยสลายจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนออกมา พร้อมให้แร่ธาตุซึ่งเป็นอาหารสำหรับพืช เช่น ไนเตรต ไนไตรท์ และถ้ามีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ด้วยจะให้ฟอสเฟต การเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนได้นั้นจะต้องมีสภาวะที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นพอเหมาะ ปริมาณออกซิเจนเพียงพอ และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ที่เหมาะสม ในอุตสาหกรรมปุ๋ยมูลฝอยจะใช้เวลาประมาณ 5 วัน ในการย่อยสลายหรือการหมักโดยวิธี นี้และไม่ส่งกลิ่นเหม็นรุนแรง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541) ซึ่งการหมักแบบใช้ออกซิเจนทำได้ 2 วิธี คือ

1) หมักโดยอาศัยออกซิเจนตามธรรมชาติ (windrow composting) เป็นการนำมูลฝอยที่ย่อยสลายได้กองบนพื้นโดยให้กองเป็นกองเล็กๆ เพื่อให้มูลฝอยสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ มากที่สุด ถ้ากองขนาดใหญ่จะทำให้มูลฝอยภายในรับออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้เกิดสภาพการ ย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนขึ้นได้ วิธีนี้ใช้เวลานานประมาณ 30 วันและต้องใช้พื้นที่มาก

2) หมักโดยการเร่งอัตราการย่อยสลายโดยใช้เครื่องจักรกล (high rate composting) เป็นการใช้เครื่องจักรช่วยให้ออกซิเจนในอากาศสัมผัสกับ มูลฝอยได้มากที่สุด อาจใช้พัดลมหรือใบพัดให้อากาศหมุนเวียน นอกจากการใช้เครื่องจักรช่วยแล้ว จะต้องทำให้มูลฝอย เป็นชิ้นเล็กและแยกเอาส่วนที่ไม่ย่อยสลายออก จะช่วยให้สัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น การย่อย สลายจะเร็วขึ้น ใช้เวลาประมาณ 5 - 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4.2 การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic decomposition) เป็นการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกระบวนการนี้เกิดขึ้นช้ากว่าการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนมากประมาณ 2 - 6 เดือน หรือ 1 ปี ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในส่วนที่เป็นก๊าซจะหายไปและส่งกลิ่นฟุ้งกระจายรบกวนชุมชนได้ และการหมักด้วยกระบวนการนี้ จะให้ปุ๋ยที่คุณภาพที่ต่างจากกระบวนการหมักแบบ ออกซิเจน คือ การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้สารที่เป็นอันตรายและการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอาหารของพืชมีน้อยกว่าแบบใช้ออกซิเจน (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541) สำหรับกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถแสดงปฏิกิริยาการย่อยสลาย ดังแสดงในสมการ (2)

$$\text{Organic Matter} + H_2O + \text{Nutrient} \xrightarrow{\text{Microorganisms}} \text{Resistant Organic Matter} + \text{New cell} + CO_2 + CH_4 + H_2S + NH_3 + \text{Heat} \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซชีวภาพที่สามาถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีผลเสีย คือ มีกลิ่นเหม็นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S) และใช้เวลาในการหมักนานกว่าการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Tchobanoglous *et al*., 1993) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

ลักษณะ	การหมักแบบใช้ออกซิเจน	การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน
การใช้พลังงาน	ใช้พลังงานจากภายนอก	ใช้พลังงานจากการหมัก
ผลผลิต	ฮิวมัส คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ	สลัดจ์ คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน
การลดลงของปริมาตร	น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์	น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
เวลาการหมัก	20-30 วัน	20-40 วัน
จุดประสงค์	ลดปริมาตรขยะ	ผลิตพลังงาน
ผลพลอยได้	ปุ๋ยหมัก	ลดปริมาตรขยะ

ที่มา: Tchobanoglous *et al.,* (1993) อ้างโดย วธิดา (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.5 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก

การเกิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์ วัตถุจะต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนี้

6.5.1 ขนาดของวัสดุที่ใช้หมัก ขนาดของวัสดุหมักที่เป็นชิ้นเล็ก จะมีพื้นที่ในการสัมผัสออกซิเจนมาก ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางชีววิทยามากขึ้น การย่อยสลายเกิดรวดเร็ว อย่างไรก็ตามขนาดวัสดุที่เล็กเกินไป จะทำให้ช่องต่างๆภายในกองหมักเล็กลงไปด้วย ทำให้ขัดขวางการแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่ภายในกองหมัก (Cooperband, 2000) ทำให้การย่อยสลายนานขึ้น ธงชัย (2535) แนะนำว่า หากมีขนาดใหญ่เกินไป ภายในจะมีช่องว่างอยู่มาก กองหมักจะแห้งได้ง่าย ความร้อนในกองหมักจะกระจายหายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้กองหมักไม่ร้อนเท่าที่ควร ขนาดที่เหมาะสมของวัสดุหมัก ควรมีขนาด 2.5 - 7.5 เซนติเมตร (พัชรี, 2529; นภารัตน์, 2544; Neklyudov *et al.,* 2008) และจากการศึกษาของ จำรูญและคณะ (2533) ที่ได้ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา พบว่า อนาคตของผักตบชวาเป็นปัจจัยสำคัญว่าการย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า โดยหากบดให้ละเอียดจะเกิดการย่อยสลายได้มากกว่าร้อยละ 60 ภายใน 7 - 10 วัน แต่ถ้ามีขนาด 2 - 3 เซนติเมตร จะใช้เวลา 14 วัน

6.5.2 สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) เนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งได้โมเลกุลเล็กและนำเข้าเซลล์ เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ส่วนสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นเดียวกัน และเซลล์จุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนเพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ เช่น สารโปรตีน และกรดนิวคลีอิก ค่า C/N ratio เป็นตัวกำหนดอัตราการย่อยสลายในขบวนการหมัก กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2541) ให้สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25 - 35 ต่อ 1 ถ้ามีค่าสูงกว่านี้จุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งอาหารอย่างรวดเร็วและจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในเวลาเดียวกันด้วย ถ้าหากไนโตรเจนมีน้อยจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ไม่ดีและใช้เวลาหมักนาน แต่หากมีไนโตรเจนมากเกินไป จะเกิดกลิ่นจากกระบวนการหมักได้ เนื่องจากไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1 (Samudro and Hermana, 2007; กรมวิชาการเกษตร, 2551) เป็นปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์เหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.5.3 ความชื้น เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหารและก๊าซออกซิเจน จากวัสดุหมักและอากาศไปยังจุลินทรีย์ อีกทั้งยังเป็นตัวกลางในการส่งผ่านเอนไซม์เข้าไปย่อยสลายวัสดุหมักด้วย และความชื้นยังเป็นตัวกำหนดปริมาณของ ก๊าซออกซิเจนในวัสดุหมัก ถ้าความชื้นมากปริมาณก๊าซจะลดลง การส่งผ่านออกซิเจนลดลงทำให้เกิดสภาพไร้อากาศได้ โดยทั่วไปแล้วการหมักปุ๋ยจะต้องคงสภาพความชื้นให้อยู่ในกองปุ๋ยหมักในช่วงระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์ จึงจะเหมาะสมต่อกระบวนการหมัก (Robert, 2001) อย่างไรก็ตามถ้าหากมีปริมาณความชื้นมากเกินไปจะทำให้ปริมาณช่องว่างในกองปุ๋ยหมักลดลง ทำให้จำกัดการส่งผ่านของออกซิเจนในอนุภาคของปุ๋ยหมัก และเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงจะทำให้อัตราการย่อยสลายลดลง ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ (H_2S)ในสภาวะไร้ออกซิเจน (Haug ,1993)

6.5.4 อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมทางชีวภาพของจุลินทรีย์อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการหมักมูลฝอยควรอยู่ในช่วง 50 - 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลาย ควรอยู่ในช่วง 45 - 55 องศาเซลเซียส เนื่องจาก eumycetes และ actinomycetes ซึ่งมีความสำคัญในการย่อยสลายสารประกอบพวกเซลลูโลส และลิกนินเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว (Tchobanoglus *et al*., 1993)

6.5.5 การระบายอากาศ จะต้องให้อากาศที่เพียงพอต่อกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ เพราะออกซิเจนมีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน เพื่อใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นจำเป็นต้องระบายอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และการย่อยสลายวัสดุหมัก อีกทั้งเป็นการถ่ายเทของเสียจากกองปุ๋ยหมัก คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (Shi *et al*., 1999; Diaz *et al*., 2002) ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในการหมักมูลฝอยแบบใช้ออกซิเจนนั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของมูลฝอยหรือวัสดุที่นำมาหมัก ในทางกลับกันหากระบายอากาศมากเกินไปทำให้มวลปุ๋ยหมักลดลง และบางครั้งอาจทำให้ปุ๋ยหมักแห้ง ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายได้ (Larney and Hao, 2007) ปริมาณอากาศที่มีออกซิเจนที่ไหลผ่านกองหมักที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ควรอยู่ที่ 18.0-20.0 เปอร์เซ็นต์ (Suler and Finstein (1977) การใช้ระบบเติมอากาศในปุ๋ยหมักจากการศึกษาขององอาจ (2542) สามารถส่งผลให้มีระยะเวลาการหมักต่ำสุด 26 วัน เมื่อกำหนดอัตราการเติมอากาศที่เหมาะสมคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม ส่งผลให้มีการเพิ่มอุณหภูมิของกองหมักเพิ่มสูงขึ้นแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น

6.5.6 ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทั่วไปค่าที่เหมาะสมจะมีค่าระหว่าง 6 - 7.5 สำหรับแบคทีเรียและค่าระหว่าง 5.5 - 8.0 สำหรับเชื้อราในการ ย่อยสลายค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะอยู่ที่ 5.0 - 5.5 และ 8.0 - 9.0 ในระยะ mesophilic และ thermophilic ตามลำดับ (Rabbani, 1983) สำหรับค่า pH ในระหว่างการการหมักปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา คือ ในช่วง 2-3 วันแรก มีค่าลดลงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 5.0-5.5 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีสภาวะเป็นด่าง (8.0-9.0) ต่อมาลดลงเล็กน้อยและสุดท้ายลดลงมาอยู่ในช่วง 7.0-8.0 (วธิดา, 2552) ซึ่งตลอดระยะเวลาการหมักค่า pH ไม่ควรสูงกว่า 8.5 เพราะจะทำให้สูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย (Tchobanoglus *et al.,* 1993) โดยทั่วไปวัสดุหมักที่มีค่า pH ในช่วง 3.0-11.0 ก็สามารถมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่ที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ในช่วง 5.5-8.0 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

6.5.7 ความจุแลกเปลี่ยนแคไอออนของดิน ดินมีสภาพทั้งประจุลบและบวก ซึ่งมีผลต่อจุลินทรีย์ โดยธาตุอาหารจะถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดิน โดยธาตุอาหารส่วนใหญ่มีประจุเป็นบวก เช่น NH^{+}_{4}, K^{+}, Ca^{2+} จึงเกาะได้ดีกับอนุภาคดินซึ่งมีประจุลบ ทำให้จุลินทรีย์สามารถดึงเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ และความเป็นประจุของดินยังมีผลต่อความสามารถในการยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ที่มีประจุลบกับอนุภาคดินด้วย

6.5.8 ดินหรือตะกอนดิน ในดินมี Fe_2O_3 และ/หรือ $Fe(OH)_3$ ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็คตรอนที่ดี ทำให้จุลินทรีย์สามารถหายใจได้ในสภาวะไร้อากาศ (ไพบูลย์ และคณะ, 2542) เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มาจากเปลือกโลกที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบมากเป็นอันดับ 4 รองจาก O, Si และ Al ในสภาวะมีอากาศเป็นตัวรับอิเล็กตรอน แต่ในสภาวะไร้อากาศ ไนเทรต (NO_3^-) ถูกใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวแรก เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) อย่างรวดเร็วแล้วหมดไปในเวลาไม่นานหลงเหลือเพียงเล็กน้อยในดิน จากนั้น MnO_2 ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน แล้วจึงเป็น Fe_2O_3 หรือ $Fe(OH)_3$ และ SO_4^{-2} ตามลำดับ แต่เนื่องจากดินมีไม่มาก Fe (III) จึงเป็นรับอิเล็กตรอนหลักภายในดิน (ไพบูลย์, 2546) จากการศึกษาของ ชาติและอุบลวรรณ (2543) ดินนาหรือดินแดง มีเหล็กเป็นองค์ประกอบสูง ดังแสดงในตารางที่ 2 จึงเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลักของพวก anaerobic ที่ได้พลังงานจากการหายใจ เหมาะสำหรับนำมาผลิตปุ๋ยหมักจากขยะชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของดินแดง

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์	องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
SiO_2	59.10	MgO	1.50
Al_2O_3	19.05	Na_2O	1.50
$FeO+Fe_2O_3$	6.35	K_2O	1.00
CaO	4.00	MnO	0.11
TiO_2	1.03	P_2O_5	0.02

ที่มา: Akyuz *et al.,* (2000)

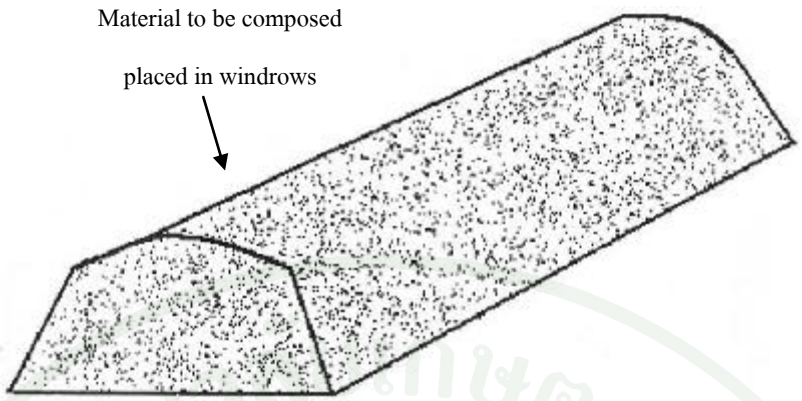
6.5.9 ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สารตัวเร่ง ระเภทต่างๆ เช่น สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์น้ำทิ้งจากถังหมักก๊าซชีวภาพ เป็นต้น สุจินต์ (2530) ได้รายงานการศึกษาการกำจัดมูลฝอย โดยวิธีหมักทำปุ๋ยด้วยการใช้สารตัวเร่งประเภทจุลินทรีย์ว่า การใช้สารตัวเร่งในการกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักไม่มี ผลช่วยเร่งระยะเวลาในการหมักให้สั้นลงได้

6.6 วิธีการหมักทำปุ๋ย

วิธีการทำปุ๋ยหมักสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ (1) วิธีกองบนพื้นหรือในหลุมบ่อให้มูลฝอยใช้เวลาในการย่อยสลายเองตามธรรมชาติ และ (2) การใช้เครื่องจักรกลในขบวนการหมักซึ่งจะช่วยให้ระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุสั้นลงกว่าตามธรรมชาติ เทคโนโลยีที่นิยมใช้ใน การหมักมูลฝอยทำปุ๋ย มีรายละเอียดดังนี้ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2541)

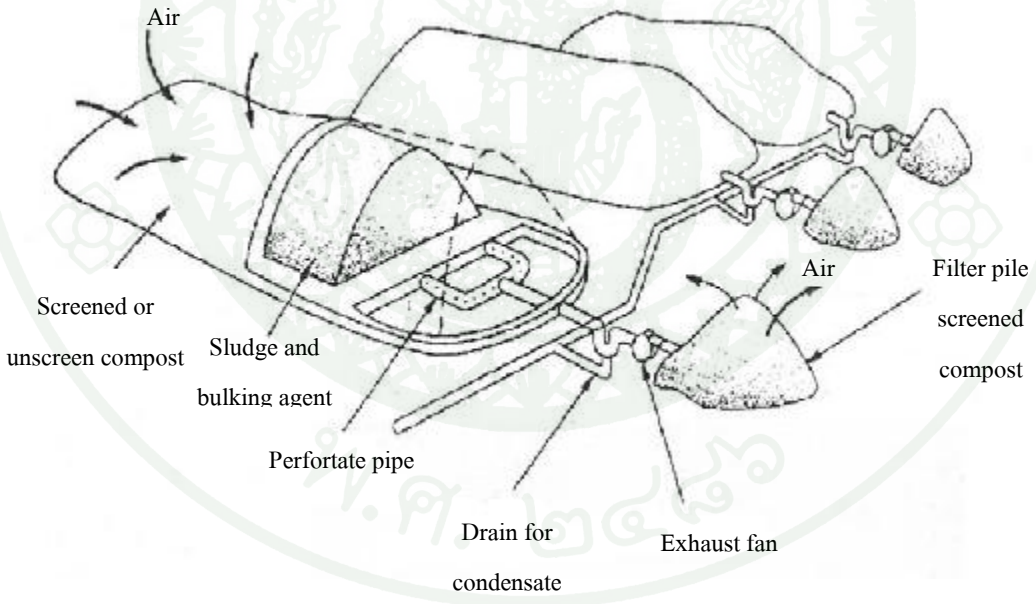
6.6.1 Windrow System เป็นการนำมูลฝอยมากองบนพื้นราบให้ได้ความสูงพอสมควรที่จะให้การระบายอากาศได้ดี เพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้ดี อาจช่วยการย่อยสลายอินทรียวัตถุได้โดยพลิกกลับกองเพื่อให้อากาศเข้าได้ทั่วถึง เป็นการเร่งปฏิกิริยาและป้องกันสภาวะย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 การกองปุ๋ยหมักแบบ Windrow System

ที่มา: Tchobanoglous *et al.,* (1993) อ้างโดย วธิดา (2552)



ภาพที่ 3 การกองปุ๋ยหมักแบบ Static Composting System

ที่มา: Tchobanoglous และคณะ (1993) อ้างโดย วธิดา (2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.6.2 static composting system เป็นวิธีการหมักที่คล้ายแบบแรก แต่ฐานการหมักจะทำในลักษณะให้การระบายอากาศในกองได้ทั่วถึง เช่น การใช้ไม้ไผ่เจาะช่องระบายอากาศเรียงเป็นฐานหรืออาจใช้เครื่องอัดอากาศไปตามท่อระบายอากาศในกองหมักก็ได้ (aerated static pile)

6.6.3 round trip paddling fermentator มูลฝอยจะถูกปล่อยจากเครื่องโปรย มูล ฝอยสู่ชั้นหมักในลักษณะแบบเคลื่อนกลับไปมา มูลฝอยเหล่านี้จะย่อยสลายในชั้นหมัก โดยรับอากาศตลอดเวลาประมาณ 8 วัน แล้วนำ ออกพักที่ลานตากเพื่อให้เกิดการย่อยสลายโดยสมบูรณ์

6.6.4 brikollare composting process เป็นการหมักมูลฝอยผสมกากตะกอน จากการกำจัดน้ำเสียอัดเป็นก้อน ภายในก้อนทำให้เกิดช่องระบายอากาศ อากาศที่ผ่านเข้าออกช่วยในการย่อยสลายมูลฝอยได้

ปัจจุบันมีวิธีการหมักทำปุ๋ยโดยวิธีฝังกลบประยุกต์ โดยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548) โดยการทำปุ๋ยหมักด้วยวิธีธรรมชาติช่วยธรรมชาติโดยใช้เทคโนโลยีกล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตกลมตามปริมาณขยะมูลฝอยที่จะใช้หมัก มีหลักในการปฏิบัติดังนี้

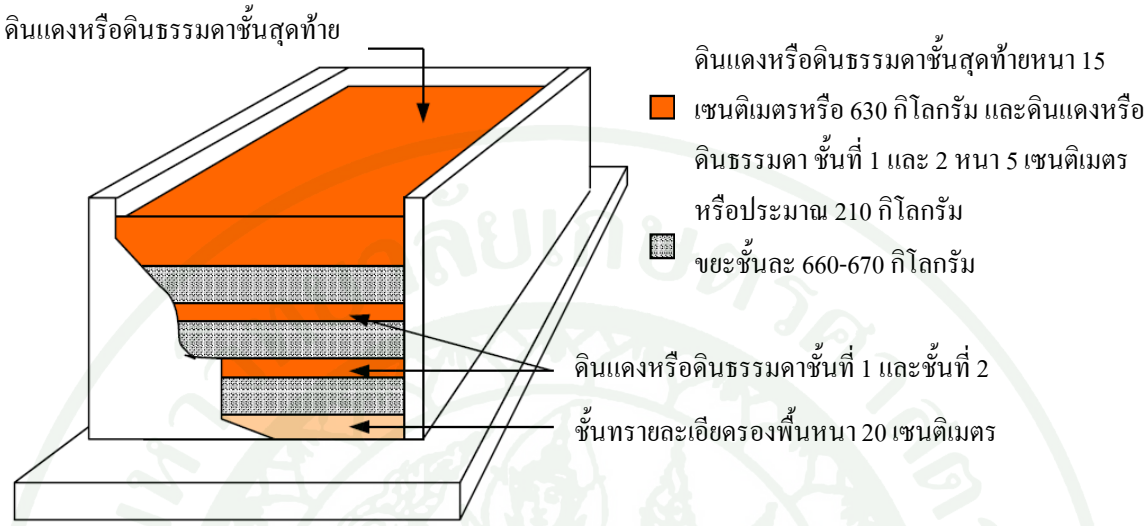
1) เลือกรูปแบบเทคโนโลยีที่ใช้กล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตทรงกลม ให้เหมาะสมตามปริมาณขยะที่มีในชุมชน

2) ทำการบรรจุมูลฝอยชุมชนใส่กล่องคอนกรีตหรือบ่อคอนกรีตทางกลมโดยทำเป็นชั้นๆ สลับกับดินแดงหรือดินธรรมดา แต่การใช้ดินแดงหรือดินเนื้อละเอียดจะมีประสิทธิภาพเป็นตัวช่วยในกระบวนการหมักได้ดีกว่าดินธรรมดา เนื่องจากดินแดงมีเหล็กเป็นองค์ประกอบมากกว่าดินธรรมดา ซึ่งธาตุเหล็กจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลักใช้ในการหายใจแบบไร้อากาศของจุลินทรีย์ช่วยให้กระบวนการย่อยสลายดำเนินต่อไปได้ โดยใส่ดินทับหน้าชั้นมูลฝอยชุมชน แล้วเกลี่ยให้คลุมทั่วพื้นที่ผิวของกล่องหรือบ่อคอนกรีตกลม

3) รดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับกองปุ๋ยหมักทุก 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

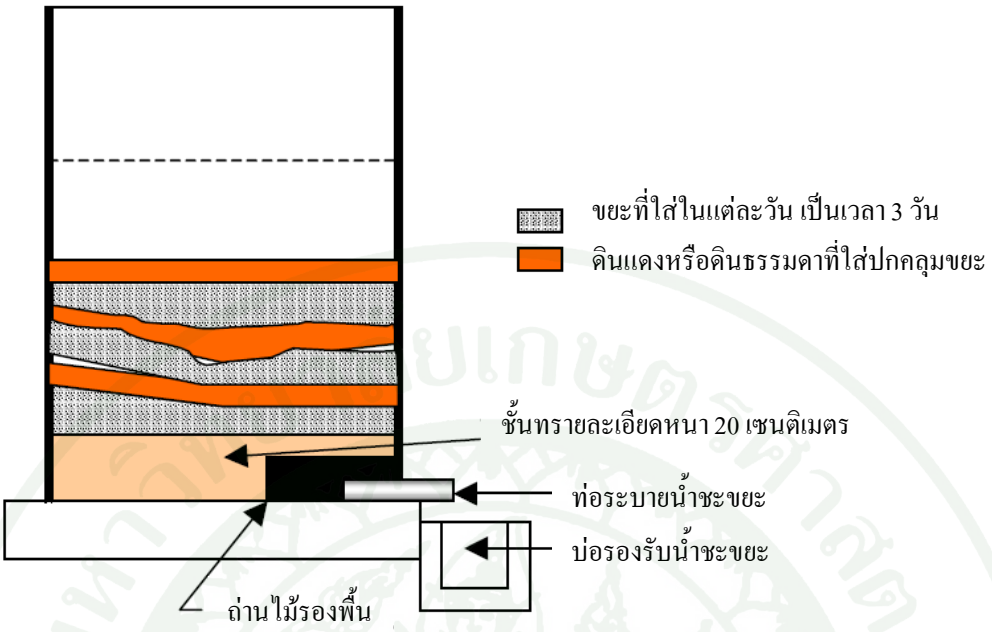
4) ตั้งกองทิ้งไว้โดยไม่ต้องกลับกองมูลฝอยเป็นระยะเวลา 90 วัน จึงได้ปุ๋ยหมัก



ภาพที่ 4 ลักษณะใส่ขยะและดินแดงหรือดินธรรมดาในการทำ ปุ๋ยหมักในกล่องคอนกรีตแบบชุมชนเพื่อการหมักทำปุ๋ยจากขยะแบบการฝังกลบประยุกต์

ที่มา: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ลักษณะใส่ขยะและดินแดงหรือดินธรรมดาในการทำ ปุ๋ยหมักในบ่อคอนกรีตแบบครัวเรือนเพื่อการหมักทำปุ๋ยจากขยะแบบการฝังกลบประยุกต์

ที่มา: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (2548)

6.7 ขั้นตอนการหมักทำปุ๋ย

การกำจัดมูลฝอยโดยการหมักทำปุ๋ย ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2536)

6.7.1 การเตรียมการ (preparation) เป็นขั้นตอนของการคัดแยกมูลฝอย ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ออกก่อนนำไปหมัก เช่น พลาสติก ยาง แก้ว โลหะต่างๆ รวมทั้งการบดย่อยมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นอาจนำ สารประกอบอื่นๆ มาผสมในการหมัก เพื่อเพิ่มแร่ธาตุในผลผลิตที่ได้และเสริมสร้างให้ขบวนการหมักได้ผลดีและรวดเร็วขึ้น อาจใช้เครื่องจักรกลหรือแรงงานคน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.7.2 การหมัก (decomposition) ประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ

6.7.2.1 การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (intensive rotting phase) จะเกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดการย่อยสลายโดจุลินทรีย์ประเภท mesophilic หลังจาก 24 ชั่วโมงแรกไปแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะสูงจนถึงประมาณ 75 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์ในช่วงนี้จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภท thermophilic อุณหภูมิที่สูง ระดับนี้จะทำให้ เชื้อโรคที่อยู่ในมูลฝอยส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้ขึ้นกับวิธีการหมักและองค์ประกอบของมูลฝอย โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 - 6 สัปดาห์ หรือ ตั้งแต่ 1 - 5 วัน

6.7.2.2 การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (final rotting phase) จะเกิดหลังจากกลไกการย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆ ลดลงเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลส ลิกนิน จะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ กลไกนี้จะใช้เวลา ตั้งแต่ 3 เดือน ถึง 1 ปี

6.7.3 ขั้นสุดท้าย (finishing) นำมูลฝอยที่ได้จากการหมักซึ่งอาจจะต้องทำ การร่อนหรือบดย่อยให้ได้ขนาดตามต้องการ ก่อนทำการรวบรวมและบรรจุถุง เพื่อรอการนำไปใช้งานต่อไป

6.8 การประเมินความสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

เมื่อปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์จะมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมัก คือ ชิ้นส่วนวัสดุหมักมีขนาดเล็กลงและยุบตัวลงกว่าเมื่อต้นเริ่มหมัก สีวัสดุหมักเปลี่ยนไป เกิดความร้อนและควันขึ้น เป็นต้น กรมพัฒนาที่ดิน (2540) กล่าวว่า การประเมินความสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้วก่อนนำไปใช้ มีดังนี้

6.8.1 สีของกองปุ๋ยหมักเข้มขึ้นกว่าเริ่มต้นหมัก โดยอาจมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ

6.8.2 อุณหภูมิภายในและภายนอกกองปุ๋ยหมักใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกันเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.8.3 เมื่อใช้นิ้วมือบี้ตัวอย่างปุ๋ยหมัก พบว่า วัสดุหมักยุ่ย มีลักษณะขาดออกจากกันได้ง่าย และไม่แข็งกระด้าง

6.8.4 พบต้นพืชที่มีระบบรากลึกขึ้นบนกองปุ๋ยหมัก บ่งชี้ว่า ปุ๋ยหมักสลายตัวดีแล้ว

6.8.5 วัสดุหมักเมื่อสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักมีการยุบตัวลงเหลือประมาณ 1/3 – 1/4 ของปริมาตรเดิม

6.8.6 กลิ่นของปุ๋ยหมัก ถ้าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ มีกลิ่นคล้ายดินธรรมชาติ แต่ถ้ามีกลิ่นฉุนหรือกลิ่นฟาง บ่งชี้ว่า กระบวนการย่อยสลายยังดำเนินการไม่สมบูรณ์

6.8.7 วิเคราะห์หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ถ้ามีค่าน้อยหรือเท่ากับ 20:1 บ่งชี้ว่า เป็นปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

6.9 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

กรมวิชาการเกษตร (2551) ได้กล่าวถึงมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่สมบูรณ์แล้ว ควรมีคุณภาพ ดังนี้

6.9.1 สัดส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่สูงกว่า 20 ต่อ 1

6.9.2 มี total nitrogen 1 %, P_2O_5 0.5 % และ K_2O 0.5 % หรือมากกว่า

6.9.3 มีความชื้นและสารที่ระเหยได้ไม่เกิน 30 % โดยน้ำหนัก

6.9.4 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่า 20% โดยน้ำหนัก

6.9.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-8.5

6.9.6 ไม่มีเชื้อโรคที่ร้ายแรง ไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาและมีอุณหภูมิตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. พื้นที่ศึกษา

เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี เป็นพื้นที่ที่ศึกษาขนาดของวัสดุหมักประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก โดยทำการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิดังนี้

7.1 สภาพทั่วไปของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์

เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอเมืองจันทบุรี ห่างจากที่ว่าการอำเภอเมืองจันทบุรีประมาณ 6 กิโลเมตร มีอาณาเขตดังนี้ ทิศเหนือ จรดอำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ทิศใต้ จรดลำคลองนารายณ์ ตำบลคลองนารายณ์ ทิศตะวันออก จรดหมู่ที่ 6, 7, 8, 9, 10 ตำบลพลับพลาและหมู่ที่ 1, 2 ตำบลคลองนารายณ์ ทิศตะวันตก จรดแม่น้ำจันทบุรี และเทศบาลตำบลจันทนิมิต มีพื้นที่ในการปกครองทั้งสิ้น 12.90 ตารางกิโลเมตร รวมพื้นที่บางส่วนของตำบล 2 ตำบล คือ ตำบลพลับพลาและตำบลคลองนารายณ์ รวม 15 หมู่บ้าน ดังแสดงในตารางที่ 3 จำนวนประชากร ในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 10,371 คน แยกเป็นชาย 5,006 คน หญิง 5,365 คน มีจำนวนครัวเรือน 5,218 ครัวเรือน (เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์, 2554)

ตารางที่ 3 เขตการปกครองและการบริหารเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์

ตำบล	หมู่บ้านในเขตเทศบาล		หมายเหตุ
	หมู่ที่	หมู่บ้าน (รวม)	
พลับพลา	11, 12, 13	3	อยู่ในเขตเทศบาลทั้งหมด
	6, 8, 9, 10	4	อยู่ในเขตเทศบาลบางส่วน
คลองนารายณ์	12, 14	2	อยู่ในเขตเทศบาลทั้งหมด
	1, 2, 3, 4, 11, 13	6	อยู่ในเขตเทศบาลบางส่วน

ที่มา: เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ (2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

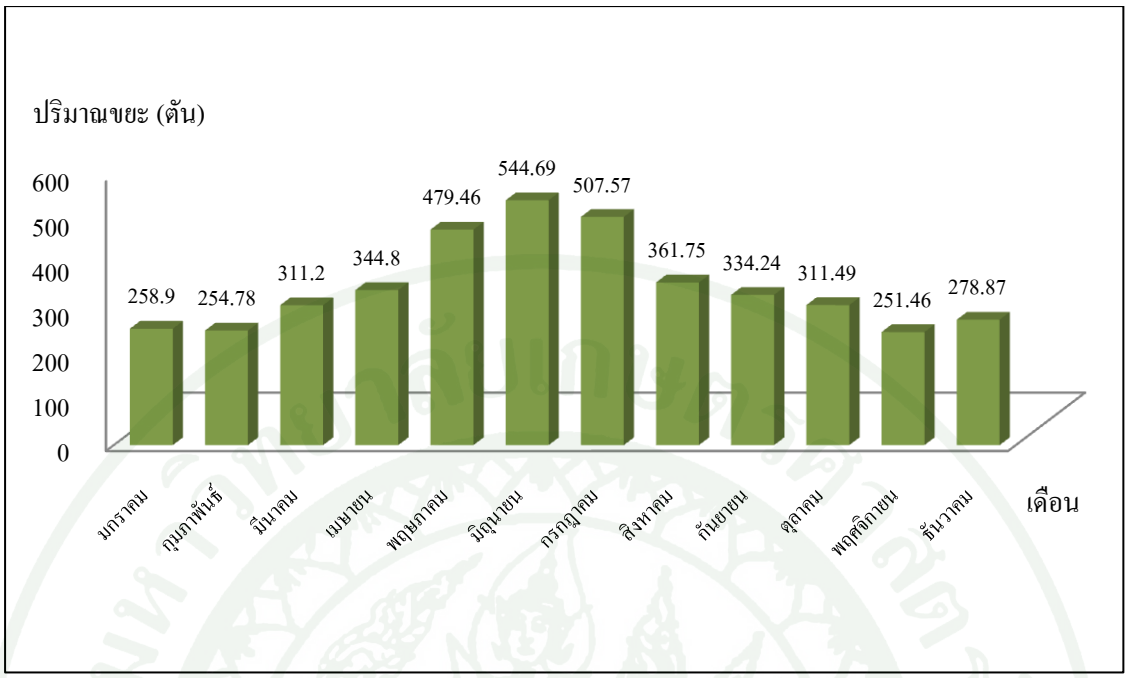
หมู่บ้านที่อยู่ในเขตตำบลพลับพลา ได้แก่ หมู่ที่ 6 บ้านพลับพลา หมู่ที่ 8 บ้านเนินเห็ด หมู่ที่ 9 บ้านโป่งล่าง หมู่ที่ 10 บ้านดาวเรือง หมู่ที่ 11 บ้าน เกาะรงค์ หมู่ที่ 12 บ้าน หนองทองหลาง หมู่ที่ 13 บ้านลาว และรายชื่อหมู่บ้านที่อยู่ในเขตตำบลคลองนารายณ์ ได้แก่ หมู่ที่ 1บ้านตีนเขา หมู่ที่ 2 บ้านสระบาป หมู่ที่ 3 บ้านสระบาปล่าง หมู่ที่ 4 บ้านพะเนียต หมู่ที่ 11บ้านศาลาแดง หมู่ที่ 13 บ้านคลองตะเฆ่ หมู่ที่ 14 บ้านไซมันต์

7.2 สถานภาพด้านขยะของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์

7.2.1 ปริมาณขยะ

จากข้อมูลของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ สามารถคาดการณ์จำนวนประชากรของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ในช่วง 17 ปีข้างหน้า (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ถึงปี พ.ศ. 2565) โดยคำนวณจากฐานข้อมูลประชากรในปี พ.ศ. 2546 ถึงปี พ.ศ. 2548 จะพบว่าในปี พ.ศ. 2565 จะมีประชากร 33,219 คน ซึ่งจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งต่อการเกิดขยะ เนื่องจากกิจกรรมต่างๆของประชาชนในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์นั้น ดังนั้นจำนวนประชากรควบคู่กับปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นพบว่าในปี พ.ศ. 2565 จะมีปริมาณขยะ 38.53 ตันต่อวัน หรือ ถึง 14,064.92 ตันต่อปี ซึ่งปัจจุบันเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ต้องกำจัดขยะถึงวันละประมาณ 11.71 ตันต่อวัน (อรอนงค์ และ กอบกาญจน์, 2546) เมื่อพิจารณาภาพที่ 6 จะพบว่าเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์มีปริมาณขยะในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคมมากที่สุด (เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์, 2554) เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวในท้องตลาดมีผลไม้ที่เกษตรกรนำมาขายในตลาดเป็นจำนวนมากกว่าในเดือนอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ปริมาณขยะมูลฝอยรายเดือน ปี พ.ศ.2554 เขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี

ที่มา: เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ (2554)

7.2.2 องค์ประกอบของขยะ

จากการศึกษาของอรอนงค์ และ กอบกาญจน์ (2546) เพื่อแยกองค์ประกอบทางกายภาพของขยะเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ โดยการเก็บองค์ประกอบของขยะใน 3 บริเวณ พบว่าองค์ประกอบขยะของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ส่วนมากเป็นขยะอินทรีย์ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 68.17 และมีองค์ประกอบของพลาสติกร้อยละ 18.61 กระดาษร้อยละ 4.79 ดังแสดงในตารางที่ 4 เหตุที่มีปริมาณขยะอินทรีย์ในปริมาณที่สูง เนื่องจากบริเวณที่สุ่มตัวอย่างเป็นตลาดสดที่ขายส่งผลไม้ ทำให้มีปริมาณเปลือกผลไม้รวมทั้งผลไม้ที่คัดทิ้งเป็นขยะจำนวนมาก จึงต้องมีการกำจัดขยะที่เหมาะสมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะในเขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี

ลำดับ	องค์ประกอบ	ร้อยละ			ค่าเฉลี่ย
		ตลาดวรรณการ	ตลาดผลไม้ปากแซง	ชุมชนพลับพลา	
1	อินทรีย์	82.62	70.97	50.93	68.17
2	พลาสติก	4.26	9.92	41.67	18.61
3	กระดาษ	2.13	9.92	2.31	4.79
4	โลหะ	0.35	0.76	1.16	0.76
5	โฟม	0.00	0.04	0.29	0.11
6	แก้ว	0.00	6.87	3.47	3.45
7	เศษผ้า	0.00	0.00	0.06	0.02
8	อื่นๆ	10.64	1.53	0.12	4.09
	รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

ที่มา: อรอนงค์ และ กอบกาญจน์ (2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ภาคสนาม

1.1 บ่อคอนกรีตทรงกลม (ต่อกัน 2 วง) เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูงประมาณ 100 เซนติเมตร

1.2 ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว

1.3 ผลไม้และเปลือกผลไม้ตามฤดูกาล

1.4 ดินแดงเนื้อละเอียด

1.5 ทรายหยาบ

1.6 เทอร์โมมิเตอร์

1.7 เข่งสำหรับใส่ดินและเปลือกผลไม้

1.8 ไม้บรรทัด ขนาดความยาว 3 ฟุต

1.9 มีด จอบ เสียม ถุงมือยาง

1.10 บัวรดน้ำ

1.11 เครื่องชั่ง ขนาด 10 และ 60 กิโลกรัม

1.12 ถ่านไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องมือวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)

2.2 ตู้อบ (drying oven) 75 - 100 °C

2.3 ตู้อบ (muffle) 600 - 650 °C

2.4 ตู้ดูดความชื้น (desiccator)

2.5 เครื่องบดตัวอย่าง (grinder)

2.6 เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด (analytical balance)

2.7 ถ้วยกระเบื้องทนไฟ (porcelain crucible)

2.8 ตู้ดูดควัน (hood)

2.9 แผ่นความร้อน (hot plate)

2.10 ชุดเครื่องมือในการย่อยตัวอย่าง (digestion apparatus)

2.11 Spectrophotometer ของ Shimadzu รุ่น UV – 2401 PC

2.12 Atomic Adsorption Spectrophotometer ของ GBC Avanta รุ่น FS 3000 auto sampling

2.13 เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ

2.14 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ parameter ตามที่กำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การเตรียมพื้นที่ศึกษาวิจัย

การเตรียมบ่อหมักขยะ สร้างโดยใช้วงขอบคอนกรีตทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูงประมาณ 100 เซนติเมตร ที่ฐานบ่อหมักเจาะรูขนาด 2 นิ้ว ใส่ท่อ PVC เพื่อเป็นทางออกของน้ำชะขยะ ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 การเตรียมบ่อหมักขยะโดยใช้วงขอบคอนกรีตทรงกลม

2. การเตรียมขยะที่ใช้ในการหมักทดลอง

นำขยะจากเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์และเทศบาลเมืองจันทบุรี ที่รวบรวมแล้วมาดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 แยกขยะโดยใช้แรงงานคน แยกเฉพาะขยะที่เป็นทุเรียนและเงาะ

2.2 ทำการบดสับขยะให้มีขนาดที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบของการหมัก

2.3 สุ่มตัวอย่างขยะเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. แผนการทดลองและรูปแบบของการหมัก

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial Experiment in Completely Randomized Design มี 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยการทดลองดังนี้

3.1 ปัจจัยแรก ขนาดของขยะ

3.1.1 ขยะขนาด > 3 เซนติเมตร (A)

3.1.2 ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร (B)

3.1.3 ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร (C)

3.2 ปัจจัยที่สอง สัดส่วนระหว่างขยะ : ดินเนื้อละเอียดโดยน้ำหนัก

3.2.1 ขยะ:ดิน 1:1 (ขยะ 50 กิโลกรัม ดินเนื้อละเอียด 50 กิโลกรัม)

3.2.2 ขยะ:ดิน 3:1 (ขยะ 50 กิโลกรัม ดินเนื้อละเอียด 16.7 กิโลกรัม)

3.2.3 ขยะ:ดิน 6:1 (ขยะ 50 กิโลกรัม ดินเนื้อละเอียด 8.4 กิโลกรัม)

3.3 รูปแบบตำรับการทดลองทั้งหมด มีดังนี้

ตำรับที่ 1 ขยะขนาด > 3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 (A1:1)

ตำรับที่ 2 ขยะขนาด > 3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 (A3:1)

ตำรับที่ 3 ขยะขนาด > 3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 (A6:1)

ตำรับที่ 4 ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน1:1 (B1:1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำรับที่ 5 ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 (B3:1)

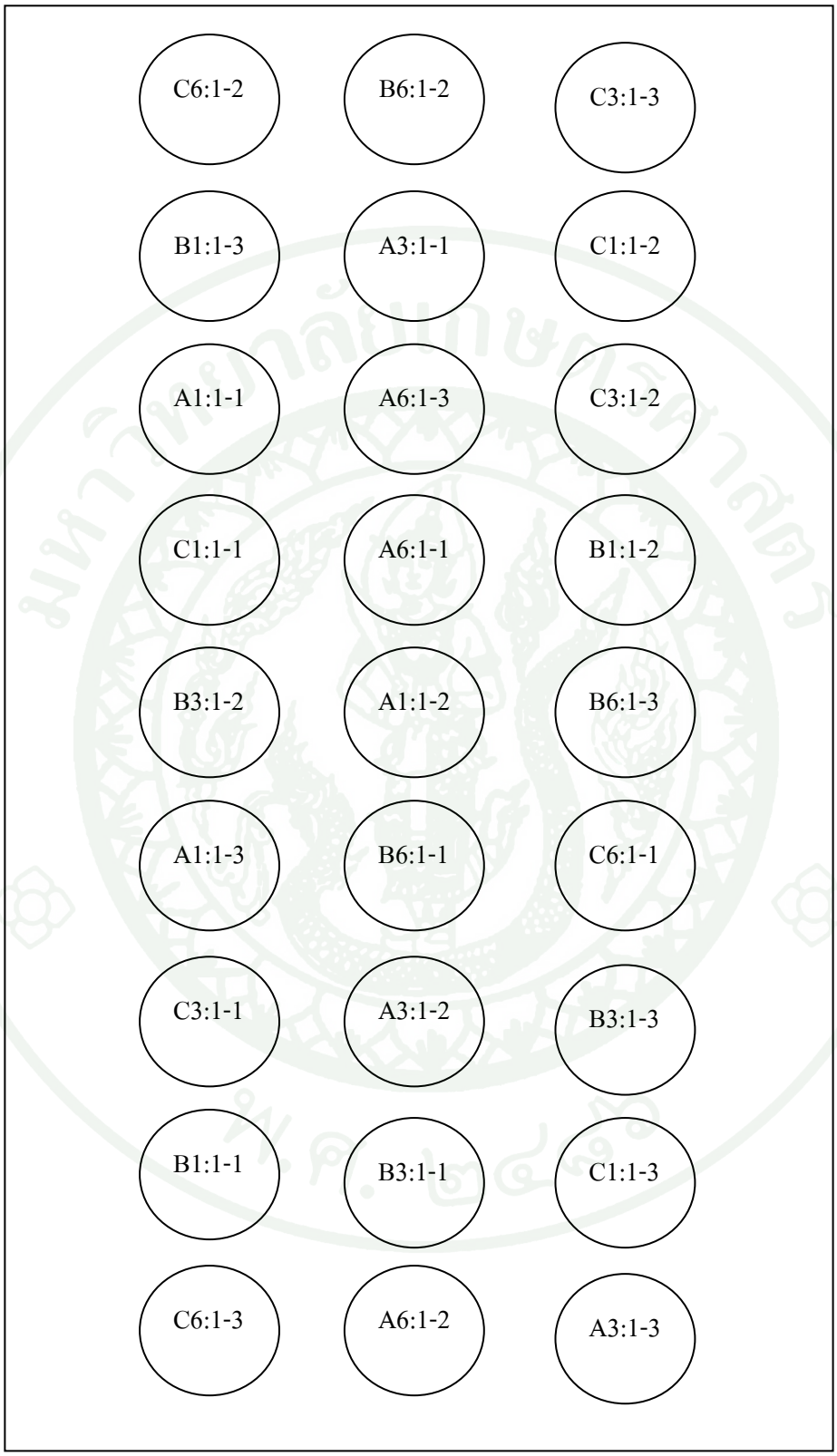
ตำรับที่ 6 ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 (B6:1)

ตำรับที่ 7 ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 (C1:1)

ตำรับที่ 8 ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 (C3:1)

ตำรับที่ 9 ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร สัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 (C6:1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 แผนการหมักขยะในแต่ละรูปแบบการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

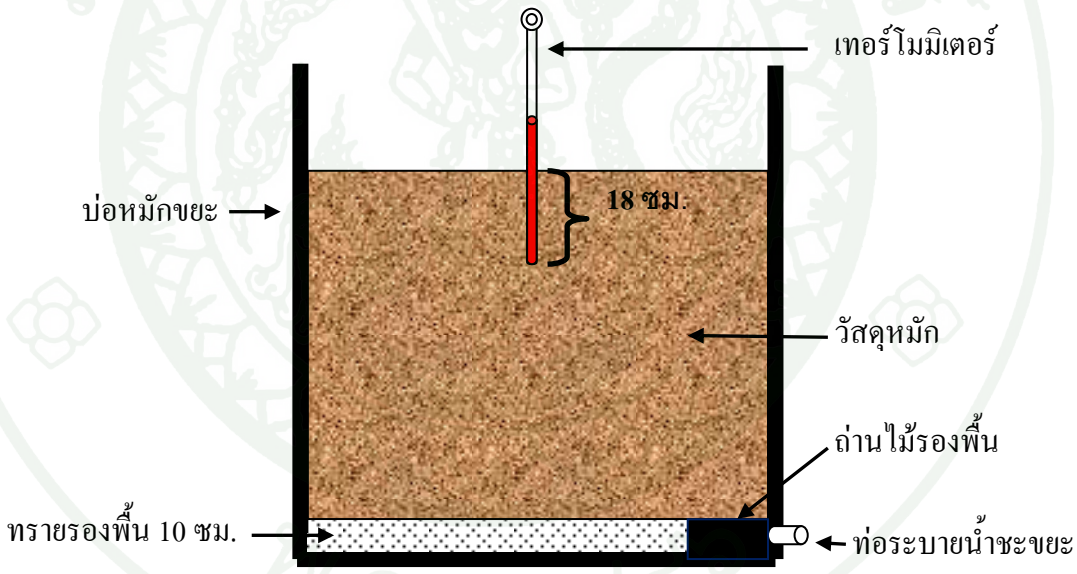
4. ขั้นตอนการหมัก

4.1 ใส่ทรายรองพื้นบ่อหมัก สูงประมาณ 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 9

4.2 ใส่วัสดุหมักตามตำรับการทดลองลงในบ่อหมัก

4.5 รดน้ำ 1-3 ลิตร ต่อหน่วยการทดลอง

4.6 เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในวัสดุหมักบริเวณตรงกลางบ่อหมัก โดยเสียบลึกลงไป 18 เซนติเมตร



ภาพที่ 9 วิธีการหมักขยะในบ่อหมักคอนกรีตทรงกลม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการหมักและตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังการทดลอง เพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

5.1 ตัวอย่างขยะก่อนหมัก จะถูกเก็บโดยการสุ่มจากจุดต่างๆ มาประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร นำไปทดสอบหาความหนาแน่นรวม จากนั้นนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วแบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน (quartering) เลือกตัวอย่าง 2 ส่วน ที่กองอยู่ตรงข้ามมารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกหน แล้วนำไปใส่ถาดอลูมิเนียม สำหรับอบในตู้อบ (hot air oven) เพื่อวิเคราะห์หาความชื้น ส่วนที่เหลือให้แยกออกไป จากนั้นทำ quartering จนกระทั่งเหลือตัวอย่างขยะ 50 ลิตร หรือ 15 กิโลกรัม (ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของตู้อบและอุปกรณ์ที่มีอยู่) จึงนำขยะจำนวนนี้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

5.2 ตัวอย่างดินที่ใช้ผสมในการหมัก ดำเนินการสุ่มจากกองดินที่เตรียมไว้ โดยแบ่งกองดินออกเป็นกอง กองละ 4 จุด แล้วนำรวมกันแล้วเก็บตัวอย่างดินโดยเก็บตัวอย่างประมาณ 500 – 1,000 กรัม นำไปใส่ถาดอลูมิเนียม สำหรับอบในตู้อบ (hot air oven) เพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการวิเคราะห์หาความชื้นและคุณสมบัติทางเคมี

5.3 ตัวอย่างปุ๋ยหมักดำเนินการโดยการสุ่มเก็บเป็นจุดต่างๆ ทั้งกอง กองละ 4 จุด แล้วนำมารวมกัน เพื่อเป็นตัวแทนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ จะมีน้ำหนักประมาณ 500 - 1,000 กรัม แล้วนำไปใส่ถาดอลูมิเนียม สำหรับอบในตู้อบ (hot air oven) เพื่อวิเคราะห์หาความชื้นและคุณสมบัติทางเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ในการศึกษาวิจัยทำการวิเคราะห์หาสมบัติด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวม ความชื้น อุณหภูมิ และความสูงของกองปุ๋ยหมักจากตัวอย่างการทดลอง ดังนี้

6.1 วิเคราะห์ความหนาแน่นรวม ตัวอย่างวัสดุที่ใช้หมักและตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังการทดลองทำการสุ่มใส่ภาชนะตวงให้เต็มยกสูงจาก พื้นประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วปล่อยกระแทกพื้น 3 ครั้ง เติมขยะให้ได้ระดับตามปริมาตร หลังจากนั้นนำภาชนะตวงที่บรรจุไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่น ทดลองทำซ้ำจนค่อนข้างคงที่แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย เป็นค่าความหนาแน่นรวมตามสูตร

$$D = \frac{W1 - W2}{V}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นรวม (bulk density)

W1 = น้ำหนักตัวอย่างทดลอง

W2 = น้ำหนักภาชนะตวงขยะ

V = ปริมาตรภาชนะตวงขยะ

6.2 วิเคราะห์หาความชื้น ตัวอย่างวัสดุที่ใช้หมักและตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังการทดลอง โดยนำตัวอย่างที่สุ่มได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง นำมาคำนวณตามสูตร

$$Wm = \frac{Wt1 - Wt2 \times 100}{Wt2}$$

เมื่อ Wm = ปริมาณความชื้นโดยน้ำหนัก

Wt1 = น้ำหนักขยะก่อนอบแห้ง

Wt2 = น้ำหนักขยะหลังอบแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 การวัดอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์ที่เสียบไว้บนกองวัสดุหมัก ตรวจวัดอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการทดลอง คือ 45 วัน และจะทำการตรวจวัดในเวลา 7.00 น. และ 17.00 น. ของทุกวัน และบันทึกผล สำหรับการวัดความสูงของกองปุ๋ยหมัก ทำการตรวจวัดทุกวัน ในเวลา 7.00 น. โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความลึกจากขอบบ่อถึงด้านบนของกองปุ๋ยหมัก 3 จุด นำมาหาค่าเฉลี่ยทุกสัปดาห์ แล้วคำนวณความสูงกองปุ๋ยหมักจากความลึกของบ่อลบด้วยความลึกจากขอบบ่อถึงด้านบนกองปุ๋ยหมัก

7. การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ทางเคมี

อบตัวอย่างในตู้อบความร้อน (hot air oven) ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 36 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ใน desiccator ปล่อยให้เย็น จากนั้นจึงนำไปบดด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 1 มิลลิเมตร ให้ได้ประมาณ 25 - 50 กรัม แล้วนำไปอบที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน desiccator สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

8. การวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

ในการศึกษาวิจัย ทำการวิเคราะห์หาสมบัติด้านเคมีของวัสดุที่ใช้ในการหมักและตัวอย่างปุ๋ยหมักหลังการทดลอง ดังนี้

8.1 สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง โดยการใช้ปุ๋ยหมัก เติมด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนของปุ๋ยต่อน้ำ 1:5 แล้ววัดด้วย pH meter (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2542)

8.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen content) โดยใช้วิธี Kjeldahl method โดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ย (Digest) ไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ปรับสภาพสารละลายให้เป็นด่างแก่ แล้วนำไปกลั่นจะได้แอมโมเนีย (NH_3) ไตรเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน นำปริมาณสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.4 การวิเคราะห์อินทรียวัตถุและสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) โดยวิธีของ Walkley and Black โดยการออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรดโครมิกที่มากเกินพอ โดยใช้ความร้อนจากกรดซัลฟูริกในการย่อย (Digest) ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นรีดิวซ์ กรดโครมิกส่วนที่เหลือด้วยสารละลายเฟอรัสซัลเฟต โดยมี blank เป็นตัวเปรียบเทียบ เพื่อคำนวณกลับหาปริมาณกรดโครมิกที่อินทรีย์คาร์บอนใช้ไป ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้จะมีค่าเป็น 77% ของอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่จริง ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในอินทรียวัตถุจะมีอยู่ประมาณ 58% (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

8.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ย (Digest) ด้วยกรดผสม ($HClO_4$: HNO_3 = 1:1) เพื่อให้ฟอสฟอรัสในตัวอย่างปุ๋ยหมักอยู่ในรูปฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (H_3PO_4) แล้ววิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate method โดยทำให้เกิดสีกับสารละลาย ammonium metavanadate (Barton's solution) วัดปริมาณด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

8.6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ย (Digest) ด้วยกรดผสม ($HClO_4$: HNO_3 = 1:1) แล้ววิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2542)

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลดัชนีชี้วัดขนาดขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดและคุณภาพของปุ๋ยหมัก นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT)

10. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ เขตเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี

ระยะเวลา ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม 2554 – ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียด ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก ซึ่งได้ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้ คือ

1. วิเคราะห์สมบัติของวัสดุหมัก

2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

3. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการยุบตัวในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน

4. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีบางประการ

จากการทดลองได้ผลการทดลองดังนี้

1. สมบัติของวัสดุหมัก

ในการทดลองครั้งนี้ วัสดุหมักประกอบด้วย ขยะซึ่งเป็นเปลือกเงาะกับทุเรียน และดินแดงเนื้อละเอียด ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

1.1 สมบัติของดินที่ใช้ในการหมัก

จากการศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 5) มีค่าความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH = 4.3) แต่อยู่ในช่วง pH 3.0-11.0 สามารถที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุหมักได้ (Bertoldi, 1993) มีปริมาณอินทรียวัตถุ ร้อยละ 3.1 และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 1.8 ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ นอกจากนั้นอินทรีย์คาร์บอนบางส่วนจะแปรสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ (Hellmann *et al*., 1997 ; Pare *et al*., 1998 ; Negro *et al*., 1999) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดมีปริมาณ 0.18 0.33 และ 0.14 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สอดคล้องกับงานวิจัยของทนุพงศ์ (2552) ที่พบว่าธาตุอาหารในดินแดงมีค่อนข้างต่ำ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 10 ซึ่งอยู่ในระดับปกติ และดินมีปริมาณความชื้นร้อยละ 31.23

1.2 สมบัติของขยะที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของขยะที่ใช้ (ตารางที่ 6) พบว่า มีค่าความเป็นกรดจัดมาก (pH = 4.6) แต่อยู่ในช่วง pH 3.0-11.0 สามารถที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุหมักได้ ปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 68.42 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 39.69 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด มีร้อยละ 1.23 0.20 และ 0.96 ตามลำดับ สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 32.27 ซึ่งจัดว่ามีความเหมาะสมเนื่องจากวัสดุที่ใช้ในกระบวนการหมักที่ควรมีค่า C/N ratio อยู่ระหว่าง 20-40: 1 (Neklyudov *et al*., 2008) และขยะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 48.17 มีความชื้นซึ่งจัดว่าค่อนข้างต่ำอาจส่งกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ต้องการน้ำในการเคลื่อนย้ายสารอาหารเข้าสู่เซลล์ เพื่อสร้างเซลล์ใหม่และเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hamoda *et al*. 1998) ดังนั้นในกระบวนการหมักควรมีการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 องค์ประกอบและคุณสมบัติบางประการของดินที่ใช้ผสมในการหมัก

คุณสมบัติ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH	4.3
O.M. (%)	3.1
O.C. (%)	1.8
Total N(%)	0.18
Total P(%)	0.33
Total K(%)	0.14
C/N ratio	10
Moisture (%)	31.23

ตารางที่ 6 องค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH	4.6
O.M. (%)	68.42
O.C. (%)	39.69
Total N(%)	1.23
Total P(%)	0.2
Total K(%)	0.96
C/N ratio	32.27
Moisture (%)	48.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

การทดลองนี้ ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของการหมักของแต่ละรูปแบบการทดลอง ได้แก่ การศึกษาความหนาแน่นรวม และความชื้น ของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก 45 วัน ซึ่งได้ผลการศึกษาดังนี้

2.1 ความหนาแน่นรวมของปุ๋ยหมัก

ความหนาแน่นของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 7 พบว่าความแตกต่างของขนาดขยะ ทำให้ปุ๋ยหมักมีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยขยะขนาด < 1 เซนติเมตร ให้ความหนาแน่นมากที่สุด (599.62 Kg/m^3) ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร มีความหนาแน่นเท่ากับ 503.44 Kg/m^3 และขยะขนาด > 3 เซนติเมตร ให้ความหนาแน่นน้อยที่สุด (444.43 Kg/m^3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ องอาจ (2542) ที่รายงานว่าเมื่อนำวัสดุหมักขยะ เช่น พืชผักและใบไม้ มาบดหรือสับให้มีขนาดเล็กลงจะพบว่าความหนาแน่นของกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะ:ดินไม่มีผลให้ความหนาแน่นรวมของกองปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีแนวโน้มที่จะให้ความหนาแน่นมากที่สุด (522.05 Kg/m^3) ส่วนสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีความหนาแน่นเท่ากับ 515.66 Kg/m^3 และสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 มีความหนาแน่นของปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (509.80 Kg/m^3)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีความหนาแน่นมากที่สุด (606.9 Kg/m^3) และขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด (424.19 Kg/m^3) แสดงว่าการทำให้ขยะมีขนาดเล็กลงผสมกับดินเนื้อละเอียดในปริมาณน้อยจะส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของกองปุ๋ยหมักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากขยะที่มีขนาดเล็กจะทำให้ลดช่องว่างของอากาศในกองปุ๋ยหมักส่งผลให้ความหนาแน่นรวมเพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ความหนาแน่นรวม (Kg/m^3) ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	466.59c	442.54c	424.19c	444.43c
1-3 เซนติเมตร	499.51b	512.55b	498.28b	503.44b
<1 เซนติเมตร	600.06a	591.88a	606.93a	599.62a
เฉลี่ย	509.80	515.66	522.05	
F-Test ขนาดขยะ				**
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				**
CV (%)				1.54

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ความชื้นของปุ๋ยหมัก

ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 8 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะ ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร มีแนวโน้มที่จะมีความชื้นมากที่สุด (ร้อยละ 50.88) ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นรองลงมาเท่ากับร้อยละ 50.83 และขยะขนาด > 3 เซนติเมตร ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นน้อยที่สุด (ร้อยละ 46.76) เนื่องจากขยะขนาด > 3 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างขยะมีขนาดใหญ่ระบายอากาศได้ดี ทำให้เก็บความชื้นได้น้อยกว่าขยะที่มีขนาดเล็ก สอดคล้องกับงานวิจัยของเกียรติชัย (2547) ที่รายงานว่าวัสดุหมักที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่มีการระบายอากาศได้ดีทำให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นต่ำ

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะต่อดิน พบว่า สัดส่วนขยะ:ดินทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นมากที่สุด (ร้อยละ 50.83) และสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นร้อยละ 49.81 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ที่ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นน้อยที่สุด ร้อยละ 38.39 สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร (2552) ที่รายงานว่าปริมาณความชื้นในกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณขยะ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สัดส่วนขยะที่มีปริมาณมากทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุมาก ซึ่งอินทรียวัตถุมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า มีผลให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นมากที่สุด (ร้อยละ 63.36) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นน้อยที่สุด ร้อยละ 35.98 ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ใช้ขยะขนาดใหญ่และใช้ดินในสัดส่วนที่มากจะทำให้ปุ๋ยหมักมีความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากขยะขนาดใหญ่มีช่องว่างขนาดใหญ่มีการระบายน้ำออกไปได้มาก ซึ่ง Peigne and Girardin (2004) รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอินทรีย์ควรอยู่ในช่วง 50-70 % โดยน้ำหนัก เมื่อนำปุ๋ยหมักจากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ที่กำหนดไว้ไม่ควรมีความชื้นเกิน 30 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2551) พบว่า มีความชื้นเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้น ควรผึ่งลมทิ้งไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ความชื้นลดลงก่อนนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) (%) ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	35.98e	48.45d	55.85bc	46.76
1-3 เซนติเมตร	40.28e	50.77cd	61.60ab	50.88
<1 เซนติเมตร	38.91e	50.21cd	63.36a	50.83
เฉลี่ย	38.39b	49.81a	50.83a	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				**
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				**
CV (%)				5.67

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการยุบตัวในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการยุบตัวในบ่อหมัก ได้ทำการศึกษาตลอดระยะเวลาการหมักเป็นเวลา 45 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการยุบตัวในบ่อหมัก ซึ่งสามารถอธิบายผลการทดลองได้ดังนี้

3.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามขนาดขยะในบ่อหมัก

อุณหภูมิเริ่มต้นในบ่อหมักที่มีความแตกต่างขนาดขยะ (ภาพที่ 19) เฉลี่ยที่ 39.03 องศาเซลเซียส ในช่วง 1-2 วันแรก พบว่า ขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร, 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 38.22, 38.89 และ 40.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นวันที่ 3-14 อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเป็น 34.26 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศที่อยู่ในช่วง 28.5 – 31.50 องศาเซลเซียส หลังจากวันที่ 14 ของการหมัก พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักมีแนวโน้มลดลงจนมีระดับใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก (45 วัน) พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.00 – 31.11 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของขนาดขยะที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในวันแรก พบว่า ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในบ่อหมักไม่แตกต่างกัน แต่บ่อหมักที่มีขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร มีอุณหภูมิสูงที่สุด 40.00 องศาเซลเซียส สูงกว่าบ่อหมักที่มีขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร และ 1-3 เซนติเมตร เนื่องจากขยะขนาดใหญ่มีความพรุนสูง ทำให้อากาศเข้าไปในกองหมักได้มากกว่าขนาดวัสดุหมักที่มีขนาดเล็ก ทำให้กองปุ๋ยหมักสูญเสียความร้อนได้ง่าย (เรียมสงวน, 2544) หลังจากนั้น 2 สัปดาห์ อุณหภูมิในบ่อหมักมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 30.67 – 38.37 องศาเซลเซียส จนมีระดับใกล้เคียงกับบรรยากาศจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก อุณหภูมิที่สูงในวันแรกของการหมักเกิดจากกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายและเกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อน (Gray *et al*., 1971 ; Finstein and Miller, 1985 ; Polprasert, 1996) เมื่อสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายถูกใช้อย่างต่อเนื่องจนเหลือน้อยลง กิจกรรมของจุลินทรีย์จะลดลงทำให้อุณหภูมิในบ่อหมักลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิของบรรยากาศ (Okinsky and Umbreit, 1959)

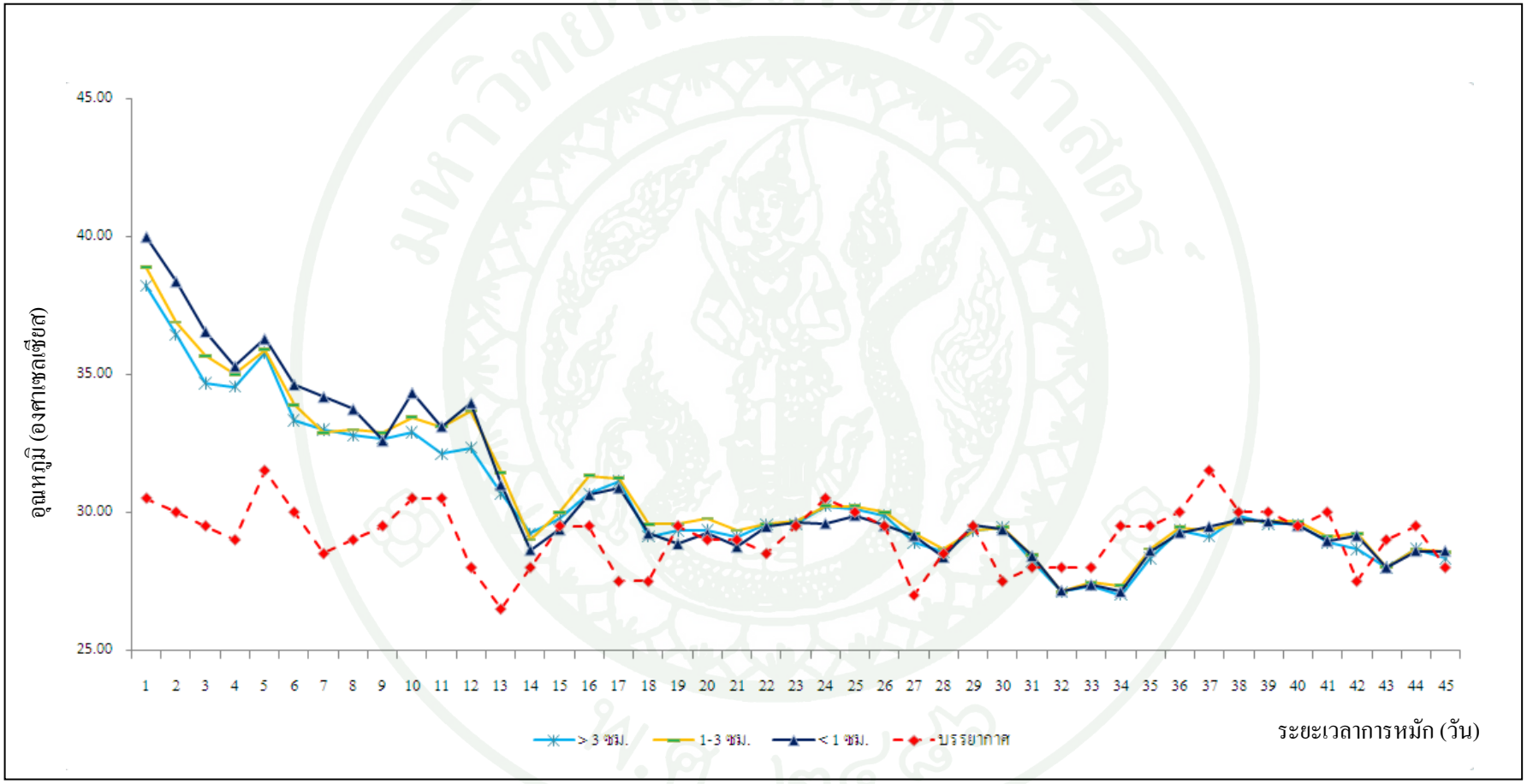
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบตามสัดส่วนขยะ:ดินในบ่อหมัก

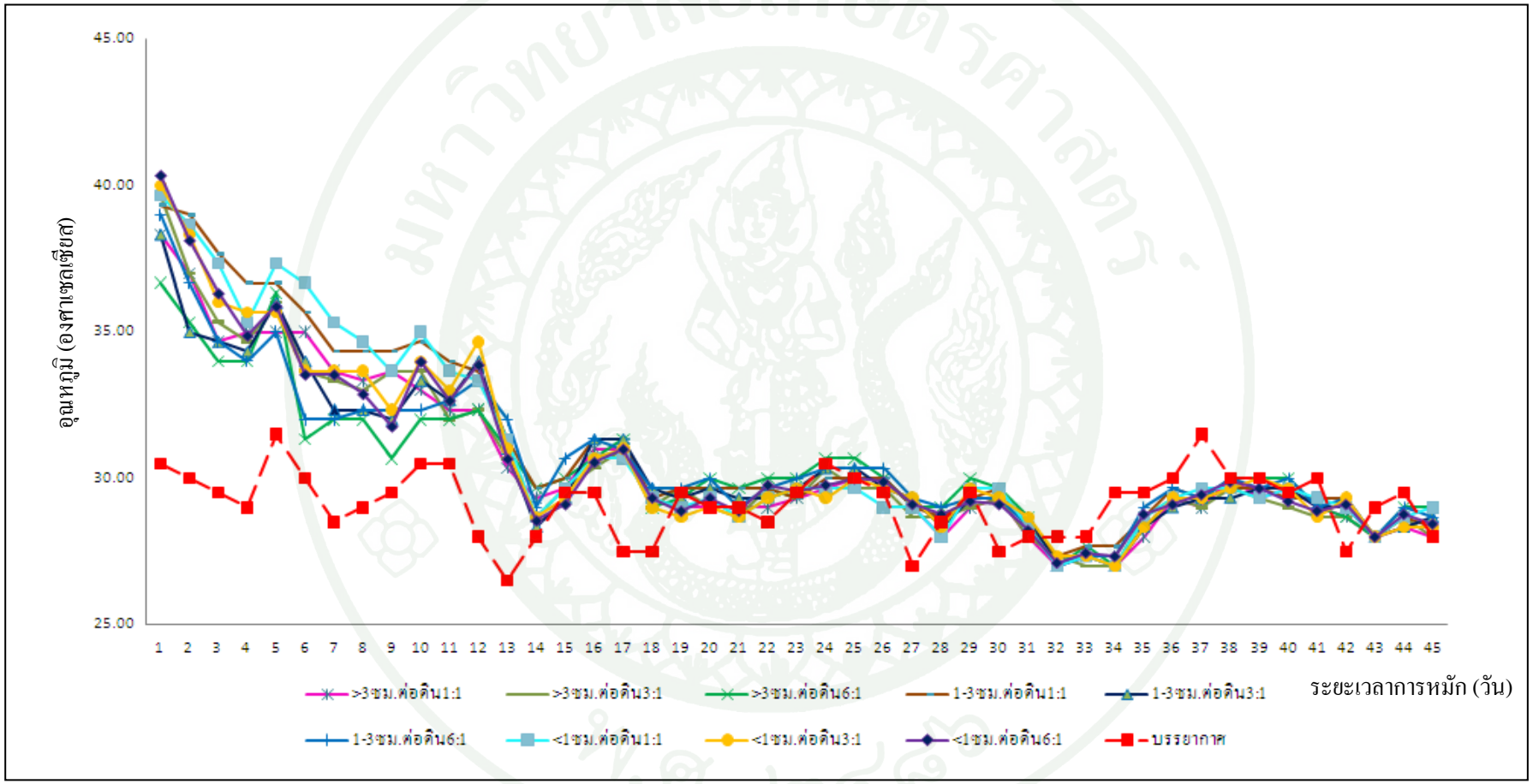
อุณหภูมิในบ่อหมักที่มีความแตกต่างกันตามสัดส่วนของขยะที่ผสมกับดิน (ภาพที่ 20) พบว่าในช่วง 1-2 วันแรก อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 39.03 องศาเซลเซียส วันที่ 3-14 อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงมาอยู่ในช่วง 28.33 – 37.33 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศที่อยู่ในช่วง 28.5 – 31.50 องศาเซลเซียส หลังจากวันที่ 14 จนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก (45 วัน) พบว่าอุณหภูมิในบ่อหมักลดต่ำลงจนมีระดับใกล้เคียงกับบรรยากาศ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 27.00 – 31.00 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในวันแรก พบว่า ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีอุณหภูมิสูงที่สุด 40.33 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่ารูปแบบการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับจุลบุตร (2548) ที่รายงานว่าการใช้สัดส่วนขยะในปริมาณที่มากจะส่งผลให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้สัดส่วนขยะที่มากกว่าจะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มาก และปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อนจนเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมักได้มากขึ้น จากนั้น 2 สัปดาห์แรก อุณหภูมิในบ่อหมักมีแนวโน้มลดลง จนมีระดับใกล้เคียงกับบรรยากาศจนสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก Allen and Brock (1967) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายเศษพืชโดยจุลินทรีย์ควรมีอุณหภูมิที่ 37.00 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลองในครั้งนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบขนาดของวัสดุหมักในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเปรียบเทียบขนาดของวัสดุหมักต่อสัดส่วนดินในบ่อหมักเป็นเวลา 45 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การยุบตัวของกองปุ๋ยหมัก

การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 9 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะ ไม่ทำให้การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 12.19) และพบว่าขยะขนาด < 1 เซนติเมตร มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 10.99) สอดคล้องกับงานวิจัยของทนุพงศ์ (2552) ที่รายงานว่า ขนาดของวัสดุหมักที่มีขนาดใหญ่มีผลทำให้ร้อยละการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักน้อยกว่าวัสดุหมักขยะที่มีขนาดเล็กกว่า 1-2 นิ้ว Cooperband (2000) รายงานว่า ขนาดของวัสดุหมักขนาดเล็กลงจะช่วยส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวสัมผัสมากจึงมีโอกาสย่อยสลายมากกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 12.03) และสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 10.68) สอดคล้องกับงานวิจัยของนฤมล (2552) ที่รายงานว่า สัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ทำให้ร้อยละการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักน้อยลงกว่าสัดส่วน 3:1 และ 6:1 เนื่องจากปริมาตรของกองขยะที่ลดลงนั้น เกิดจากปริมาตรของขยะที่ลดลงเมื่อเกิดการสลายตัว ดังนั้นการใช้สัดส่วนขยะที่มากย่อมมีผลทำให้การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักเกิดได้มากกว่า

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีแนวโน้มเกิดการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ12.83) และขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 มีแนวโน้มเกิดการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักน้อยที่สุด จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าขนาดขยะและสัดส่วนขยะ:ดินมีผลต่อการยุบตัวของกองปุ๋ยหมัก ดังนั้นการใช้ขยะขนาดเล็กลง และใช้ดินในสัดส่วนที่น้อยจะทำให้กองปุ๋ยหมักยุบตัวมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 การยุบตัว (%) ของกองปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	9.44	12.01	12.53	11.33
1-3 เซนติเมตร	11.68	12.83	12.06	12.19
<1 เซนติเมตร	10.93	11.23	10.81	10.99
เฉลี่ย	10.68	12.03	11.96	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
CV (%)				17.34

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีบางประการ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสมบัติด้านเคมีของการทดลองนี้ ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก 45 วัน ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 10 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะไม่มีผลให้ค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร ให้ปุ๋ยหมักที่มีค่า pH เท่ากับ 6.99, 6.98 และ 7.00 ตามลำดับ pH ของขยะที่ใช้ในการหมักมีค่า pH เท่ากับ 4.6 ซึ่งมีสภาพเป็นกรดจัด เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักมีค่า pH เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์พวกโปรตีน เมื่อถูกย่อยสลายจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแอมโมเนีย (NH_3) เมื่อทำปฏิกิริยากับความชื้นจะทำให้เกิดด่าง จึงส่งผลให้ค่า pH เพิ่มสูงขึ้น (Iqbal *et al*. 2010)

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะ:ดินมีผลทำให้ค่า pH ของปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีค่า pH ของปุ๋ยหมักสูงที่สุด (7.08) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสัดส่วนขยะต่อดิน 1:1 ที่มีค่า pH ของปุ๋ยหมักต่ำที่สุด เท่ากับ 6.89 ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้สัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 มีสัดส่วนของขยะน้อยกว่ามากทำให้ในการย่อยสลายเกิดด่างน้อยกว่า ทำให้ pH ของปุ๋ยหมักเพิ่มน้อยกว่า

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ค่า pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีค่า pH ของปุ๋ยหมักสูงที่สุด (7.13) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ที่มีค่า pH ของปุ๋ยหมักต่ำที่สุด (6.80) แสดงว่าการใช้ขยะขนาดเล็กกับสัดส่วนขยะในปริมาณมาก และย่อยสลายได้เร็วกว่าทำให้เกิดด่างมากกว่า ซึ่งค่า pH ของปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งกำหนดให้มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.50-8.50 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	6.80b	7.10a	7.07ab	6.99
1-3 เซนติเมตร	6.87ab	7.00ab	7.07ab	6.98
<1 เซนติเมตร	7.00ab	7.13a	6.87ab	7.00
เฉลี่ย	6.89b	7.08a	7.00ab	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				*
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				*
CV (%)				1.85

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมัก

ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 11 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 13.50, 10.64 และ 12.84 ตามลำดับ ซึ่งขยะขนาด > 3 เซนติเมตร มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของทนุพงศ์ (2552) ที่รายงานว่าวัสดุหมักที่มีขนาดใหญ่มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมีปริมาณสูงกว่าวัสดุหมักที่ทำให้ขนาดเล็กลง เนื่องจากวัสดุหมักขนาดใหญ่มีการถ่ายเทอากาศดีและเพียงพอ การสลายตัวของอินทรียวัตถุในกองปุ๋ยหมักเป็นไปค่อนข้างสมบูรณ์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะ:ดินมีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 15.79) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักร้อยละ 12.71 และสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักน้อยที่สุดร้อยละ 5.51 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สัดส่วนขยะที่มากกว่า ย่อมมีผลทำให้ได้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนฤมล (2552) ที่รายงานว่าการใช้สัดส่วนขยะในปริมาณมาก จะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมากกว่าสัดส่วนอื่นๆ

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ขนาดวัสดุหมัก > 3 เซนติเมตร ที่ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 17.82) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับกับขนาดวัสดุหมัก 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด (ร้อยละ 3.14) จะเห็นว่าการใช้สัดส่วนดินที่มากขึ้น ขยะที่มีขนาดเล็กลงจะยิ่งย่อยสลายตัวเร็วมากขึ้นและเหลือเป็นอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักในสัดส่วนที่น้อยลงมาก (Fang *et al*., 1999) ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองทุกรูปแบบการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	7.96cde	14.73bc	17.82ab	13.50
1-3 เซนติเมตร	3.14e	12.04bc	16.75ab	10.64
<1 เซนติเมตร	4.36de	11.35bcd	12.80a	12.84
เฉลี่ย	5.15c	12.71b	15.79a	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				**
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				**
CV (%)				14.68

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมัก

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 12 พบว่าความแตกต่างของขนาดขยะไม่มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 0.62, 0.60 และ 0.71 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของทนุพงศ์ (2552) ที่พบว่าขนาดของวัสดุหมักไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก โดยขยะที่ทำให้ขนาดเล็กลงจะให้ปริมาณไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมักสูงกว่าเพียงเล็กน้อย

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะ:ดินมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 0.93) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 และ 1:1 ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักร้อยละ 0.66 และ 0.33 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากขยะที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าดินที่ใช้ผสม ดังนั้น การใช้สัดส่วนที่มีขยะมากกว่าจะทำให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันวดี (2547) ที่พบว่าการเติมดินที่มีธาตุอาหารต่ำในปริมาณมากจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงได้ และวธิดา (2552) รายงานว่าการไม่เติมดินแดง ในกองปุ๋ยหมักจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าการเติมดินแดง

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า การใช้ขยะ:ดิน เท่ากับ 6:1 ปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาดใหญ่กว่าจะมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ขยะขนาดใหญ่ทำให้มีช่องขนาดใหญ่มาก ปุ๋ยหมักสูญเสียน้ำโดยน้ำชะขยะมาก ซึ่งน้ำชะขยะจะพาเอาไนโตรเจนสูญเสียออกไปด้วย สอดคล้องกับความชื้นของปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาดใหญ่จะมีค่าต่ำกว่า ส่วนการใช้ขยะ:ดิน เท่ากับ 1:1 ปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะที่มีขนาดต่างกันจะมีความชื้นใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีน้ำชะขยะพอๆกัน ส่งผลให้ไนโตรเจนสูญเสียออกมาจากบ่อหมักไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยหมักกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งกำหนดให้มีไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2551) พบว่าเฉพาะการทดลองที่ใช้ขยะขนาด < 1 เซนติเมตร และสัดส่วนขยะ:ดิน เท่ากับ 6:1 จะได้ปุ๋ยหมักที่มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	0.41d	0.63bc	0.83ab	0.62
1-3 เซนติเมตร	0.30d	0.64bc	0.85ab	0.60
<1 เซนติเมตร	0.29d	0.72bc	1.12a	0.71
เฉลี่ย	0.33c	0.66b	0.93a	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				**
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				**
CV (%)				14.83

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 13 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.77, 0.75 และ 0.75 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของทนุพงศ์ (2552) ที่พบว่าขนาดของวัสดุหมักไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมัก ซึ่งขยะที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักสูงกว่าเพียงเล็กน้อย

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะต่อดินไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1, 3:1 และ 6:1 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.73, 0.76 และ 0.78 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะปริมาณฟอสฟอรัสในดินและขยะที่ใช้ทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการใช้สัดส่วนขยะในปริมาณมากกว่ามีแนวโน้มทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบบางส่วนของขยะจะสูญหายไปเป็นก๊าซขณะเกิดจากย่อยสลาย แต่ฟอสฟอรัสในขยะไม่มีการสูญเสียเป็นก๊าซ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ทำให้ความเข้มข้น (ร้อยละ) ของฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 0.81) และขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.69) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองทุกรูปแบบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งกำหนดให้มีฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	0.76	0.77	0.78	0.77
1-3 เซนติเมตร	0.73	0.77	0.74	0.75
<1 เซนติเมตร	0.69	0.75	0.81	0.75
เฉลี่ย	0.73	0.76	0.78	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
CV (%)				6.53

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมัก

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 14 พบว่า ความแตกต่างของขนาดขยะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดร้อยละ 0.65, 0.79 และ 0.82 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใช้ขยะขนาดใหญ่ โดยเฉพาะเมื่อใช้สัดส่วนขยะมากมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่าการใช้ขยะขนาดเล็ก อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมเกิดการสูญเสียออกไปจากบ่อหมักมากกว่า เช่นเดียวกับไนโตรเจน

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าสัดส่วนขยะต่อดินมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าสัดส่วนขยะต่อดิน 6:1 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 0.96) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.59) เนื่องจากดินมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่าขยะ ดังนั้นเมื่อผสมดินลงไปในปริมาณมากจะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักมีปริมาณน้อยลง

ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักมากที่สุด (ร้อยละ 1.20) และขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ให้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.48) แสดงว่าการใช้ขยะเล็กกับสัดส่วนดินในปริมาณน้อยจะมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักมีปริมาณสูง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งกำหนดให้มีโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2551) พบว่าเฉพาะการทดลองที่ใช้ขยะขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%) ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	0.48	0.65	0.83	0.65
1-3 เซนติเมตร	0.76	0.73	0.87	0.79
<1 เซนติเมตร	0.54	0.71	1.20	0.82
เฉลี่ย	0.59b	0.69ab	0.96a	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				*
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
CV (%)				4.16

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.6 ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมัก

ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักที่ได้หลังสิ้นสุดระยะเวลาของการหมัก แสดงในตารางที่ 15 พบว่าความแตกต่างของขนาดขยะ ทำให้ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะขนาด > 3 เซนติเมตร 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร มีค่า C/N ratio เท่ากับ 12.43, 9.41 และ 10.80 ตามลำดับ การที่ขยะขนาดใหญ่มีแนวโน้มทำให้ปุ๋ยหมักมี C/N ratio สูง อาจเนื่องมาจากขยะขนาดใหญ่ทำให้มีช่องขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยน้ำชะขยะมาก

ในการพิจารณาสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากขยะผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1, 3:1 และ 6:1 มีค่า C/N ratio เท่ากับ 9.44, 11.24 และ 11.96 ตามลำดับ แสดงว่าการใช้ดินปริมาณมากมีแนวโน้มทำให้ค่า C/N ratio ลดลงมากที่สุด เนื่องจากค่า C/N ratio ของดินก่อนใช้หมักมีค่า C/N ratio ต่ำมาก เท่ากับ 10 ส่วนค่า C/N ratio ของขยะ เท่ากับ 32.27 ค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้สัดส่วนดินที่มากกว่าจะมีผลทำให้ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักที่ได้ต่ำลง

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่าค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร ผสมกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักสูงที่สุด (13.38) ส่วนขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 พบว่าค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักต่ำที่สุด (6.02) Samudro and Hermana (2007) รายงานว่า ปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20:1 เป็นปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์เหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน ค่า C/N ratio ในปุ๋ยหมักที่ได้จากการทดลองทุกรูปแบบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งกำหนดให้ค่า C/N ratio ไม่เกิน 20:1 โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมัก

ขนาดขยะ (S)	สัดส่วนขยะ:ดิน (RS)			เฉลี่ย
	1:1	3:1	6:1	
>3 เซนติเมตร	11.16	13.38	12.74	12.43
1-3 เซนติเมตร	6.02	10.81	11.41	9.41
<1 เซนติเมตร	11.15	9.53	11.72	10.80
เฉลี่ย	9.44	11.24	11.96	
F-Test ขนาดขยะ				ns
F-Test สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
F-Test ขนาดขยะ x สัดส่วนขยะ:ดิน				ns
CV (%)				13.06

หมายเหตุ ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้ขนาดต่างๆ กับสัดส่วนการคลุกเคล้าขยะต่อดินเนื้อละเอียด ด้วยเทคโนโลยีการฝังกลบในวงขอบปูนซีเมนต์ทรงกลม ในพื้นที่ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริภาคตะวันออก จังหวัดจันทบุรี ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ขยะ 3 ขนาด คือ > 3 เซนติเมตร, 1-3 เซนติเมตร และ <1 เซนติเมตร และปัจจัยสัดส่วนขยะ:ดินที่ใช้ คือ 1:1, 3:1 และ 6:1 สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบขนาดขยะ 3 ขนาด คือ > 3 เซนติเมตร, 1-3 เซนติเมตร และ < 1 เซนติเมตร พบว่า ขนาดขยะที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร มีแนวโน้มยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 12.19 คุณสมบัติทางเคมีพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ในปุ๋ยหมักไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักซึ่งพบว่า ขนาดของขยะที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยเป็นปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ค่า C/N ratio เท่ากับ 12.43, 9.41 และ 10.80 ตามลำดับ

2. เปรียบเทียบสัดส่วนขยะ:ดินในปุ๋ยหมัก คือ 1:1, 3:1 และ 6:1 พบว่า สัดส่วนขยะ:ดินที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้การยุบตัวของกองปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 12.03 คุณสมบัติทางเคมีพบว่า สัดส่วนขยะ:ดินมีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักซึ่งพบว่า สัดส่วนเขยะ:ดินที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยเป็นปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ค่า C/N ratio เท่ากับ 9.44, 11.24 และ 11.96 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ของขนาดขยะและสัดส่วนการผสมขยะ:ดิน พบว่า ขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร ผสมขยะกับดินในสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1 มีการยุบตัวของกองปุ๋ยหมักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 12.83 แตกต่างกับรูปแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับรูปแบบอื่นๆ สมบัติทางเคมีพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้ในแต่ละรูปแบบการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักประเมินจากค่า C/N ratio พบว่า ขนาดที่แตกต่างกันของขยะกับสัดส่วนขยะ:ดิน ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของขนาดขยะและสัดส่วนขยะ:ดิน พบว่า ขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1 มีประสิทธิภาพสูงสุด (C/N ratio = 6.02)

4. เปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยหมักแต่ละรูปแบบการทดลองกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2551) พบว่า ค่าความชื้นของปุ๋ยหมักแต่ละรูปแบบการทดลองสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมัก พบว่า ขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่รูปแบบอื่นต่ำกว่าเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ปริมาณอินทรียวัตถุทุกรูปแบบต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และ ค่า C/N ratio พบว่าทุกรูปแบบการทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาขนาดวัสดุหมักจากขยะผลไม้และเปลือกผลไม้ โดยเพิ่มแหล่งไนโตรเจนอื่นๆ ที่มีปริมาณสูง เช่น มูลสัตว์ และปุ๋ยยูเรีย เป็นต้น โดยไม่ใช้ดินเนื้อละเอียดเป็นส่วนผสม เพื่อหาประสิทธิภาพการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักและคุณภาพของปุ๋ยหมัก

2. ควรศึกษาการเจริญเติบโตของพืชในระยะสั้น เช่น คะน้า กะหล่ำปลี เป็นต้น ที่นำปุ๋ยหมักจากผลไม้และเปลือกผลไม้ไปใช้ในกระบวนการเพาะปลูก เพื่อหาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ควรศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้บ่อคอนกรีตกลมและผลตอบแทนที่ได้ เปรียบเทียบกับการผลิตด้วยวิธีอื่น เพื่อนำไปสู่การเผยแพร่องค์ความรู้แก่เกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย.** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. **การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ**. คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. **การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. **ประกาศกรมวิชาการเกษตร ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ108ง.** กรุงเทพฯ**.**

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. กระทรวงเกษตรและและสหกรณ์**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด**,** กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.** โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกียรติชัย ตั้งสิริวรกุล. 2547. **การทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของมูลสุกรและบัลกิง เอเจนต์**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. 2548. **เอกสารประกอบโครงการเผยแพร่ความรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการกำจัดและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ**. 84 หน้า.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิราพรรณ ทองหยอด. 2547. **การศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจากถังหมักขยะตลาดผลไม้เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุลบุตร จันทร์สูรย์. 2548. **การเปลี่ยนแปลงความร้อนในกล่องคอนกรีตที่ใช้หมักขยะชุมชนภายใต้การรดน้ำในปริมาณต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำรูญ ตันติพิศาลกุล, เดช พุทธเจริญทอง, สมยศ จันเกษม, สุนันท์ ศรัญยนิตย์, สุชัย ศศิวิมลพันธ์ และมรกต ตันติเจริญ. 2533. **รายงานการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาเรือต้นแบบกำจัดผักตบชวา และการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ชาย เจียมชัยศรี และอุบลวรรณ นนทพันธ์. 2543. **เอกสารสรุปการวิจัย การเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายมูลฝอยในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16 หน้า.

ชั่งทอง โอภาสศิริวิทย์, อนันตต์ ภูมิปุตรา, ทิพวรรณ แผ้วสกุล, นันทิยา ใจก้าวหน้า และทัศนีย์ เอี่ยมสกุล. 2539. **สำนักรักษาความสะอาด 2539**. สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพฯ.

ณัฐพร นากกรุงศรี. 2552. **การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยตลาดสดโดยใช้ชานอ้อยเป็น Bulking Agent**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ถวิล ครุฑกุล. 2540. **เกษตรยั่งยืน การใช้ดิน-ปุ๋ย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทนุพงศ์ รัตนะ. 2552. **การศึกษาการย่อยสลายเปลือกผลไม้ด้วยเทคโนโลยีการฝังกลบในถังพลาสติกโดยการบดสับร่วมกับการกลบด้วยดินแดงผสมกาบมะพร้าวสับหรือแกลบสด**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์. 2554. **แผนพัฒนาเทศบาล ประจำปี 2554**. เทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี, จันทบุรี.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2540. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2535. **ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธเรศ ศรีสถิตย์. 2538**. แนวทางการศึกษาสำรวจการวางแผนระบบเก็บขน ขนส่ง สำรวจออกแบบระบบกำจัดมูลฝอย**. เอกสารการฝึกอบรมการจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อลดและขจัดมลพิษ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ธัญญพรรณพร พัฒนเจริญ. 2551. **ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากเศษผักและผลไม้ของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้าและผักกาดหอม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์. 2547. **การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร**. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.

นภารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. **การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นฤมล วงษ์สวรรค์. 2552. **ประสิทธิภาพการหมักขยะชุมชนด้วยการคลุกเคล้ากับดินเนื้อละเอียดภายใต้การรดน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีดา แย้มเจริญวงศ์. 2531. **การจัดการขยะมูลฝอย**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และ วีรชน พลรบ. 2542. คุณภาพของปุ๋ยหมักและการใช้ประโยชน์เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนและทางการเกษตร, น 16 *ใน* **เอกสารสัมมนาวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี ระหว่างวันที่ 25-28 สิงหาคม 2542.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรี หอวิจิตร. 2529. **การจัดการสิ่งแวดล้อม**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2541. **อนามัยสิ่งแวดล้อม.** หจก.เอ็น.เอส.แอล. พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2542. **การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มรกต ตันติเจริญ. 2533. **รายงานการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาเรือต้นแบบกำจัดผักตบชวา และการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2539. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525.** อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ.

เรียมสงวน วรรณะยะลา. 2544. **ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีจังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วธิดา คะนะแนม. 2552. **ผลของมูลไก่ กากตะกอนดีแคนเตอร์ และดินแดง ในการผลิตปุ๋ยหมักจากทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2541. **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจินต์ เกตสา. 2530. **การกัดมูลฝอยโดยวิธีการหมักทำปุ๋ยด้วยการใช้สารตัวเร่ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2546. **จุลชีววิทยาทางดิน**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สุมาลี เหลืองสกุล, สมใจ ศิริโภค และขจีนาฏ โพธิเวชกุล. 2544. **รายงานการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ชนิดและการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารในขยะและน้ำเสีย**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2532. **ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **แผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมพ.ศ. 2550-2554**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี. 2552. **สรุปสถานการณ์ผลิตทุเรียน เงาะ มังคุด ลองกอง ปี 2552 จังหวัดจันทบุรี**, จันทบุรี.

ศิริลักษณ์ ใจบุญทา. 2550. **ผลของรำข้าวต่อการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

องอาจ เอี่ยมสำอางค์. 2542. **การใช้ระบบอัดอากาศในการทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชผักร่วมกับตะกอนน้ำทิ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรอนงค์ ผิวนิล และกอบกาญจน์ เผือกชอุ่ม. 2546. **คลินิกสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 1 ปีที่ 2**. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Akyuz, T., S. Akyuz and A. Bassari. 2000. The sorption of cesium and strontium ions onto red clay from Sivrihisar Eskisehir (Turkey). **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry** 38: 337-344.

Bertoldi, M.D., G. Vallini and A. Pera. 1983. The Biology of Composting : A Review Waste Manage. **Res**. 1:157-176.

Cooperband, L.R. 2000. **Composting : Art and Science of organic waste conversion to a valuable soil resource**. The department of soil science, University of Wisconsin. Laboratory Medicine. 31:283-290.

Day, M. and K. Shaw. 2001. Biological chemical and physical processes of composting. *In* Compost in horticultural cropping systems. **CRC Press**. PP. 17-50.

Diaz, M.J., E. Medejon, F. Lopez, R. Lopez and F. Cabrera. 2002. Optimization of the rate vinasse grape marc for co-composting process. **Process Biochemistry** 37: 1143-1150.

Gray, K.R., K. Sherman and A.J. Biddlestone. 1971**. Areview of composting part**. Process Biochem.

Fang, M., J.W.C. Wong, K.K. Ma and M.H. Wong. 1999. Co-composting of sewage sludge and coal ash : nutrient transformation. **Bio resource technology** 67: 19-24.

Finstein, M.S. and M.C. Miller. 1985. **Principle of composting leading to maximization of decomposition rate, odor control , and cost effectiveness**, *In* J.K.R, Gasser (ed.) Composting of Agricultural and Other Waste. Elsevier Applied Science Publishing Co. Inc., London.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hamoda, M.F., H.A. Qdais and J. Newham. 1998. Evaluation of municipal solid waste composting kinetics. **Resources Conservation and Recycling** 23:209-223.

Haug, R.T. 1993. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Lewis Publishers, Boca Ratan, Florida.

Hellmann, B., L.Zell es, A. Palojarvi and Q. Bai. 1997. Emission of Climate-relevant trace gases and succession of microbial communities during open-window composting. **Applied and Environmental Microbiology** 63(3) : 1011-1018.

Iqbal, M.K., T. Shafiq, A. Hussain and K. Ahmed. 2010. Effect of enrichment on chemical properties of MSW compost. **Bioresource Technology**.

Larney, F.J. and X. Hao. 2007. A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Aberta, Canada. **Bioresource Technology** 98: 3221-3227.

Liang, C., K.C. Das and R.W. Mcclendon. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a bio solids composting blend. **Bioresource Technology** 86:131-137.

Negro, N.J., M. L. Solano, P. Ciria and J. Carrasco. 1999. Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. **Bioresource Technology and Microbiology** 44(1): 9-23.

Neklyudov, A.D., G.N. Fedotov, and A.N. Ivankin. 2008. Intensification of composting Processes by Aerobic Microorganisms: A review. **Applied Biochemistry and Microbiology** 44(1) : 9-23.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pare, T., H. Dinel, M. Schniter and S. Dumontet. 1998. Transformation of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper. **Biology and Fertility of soil** 26: 173-178.

Poigne, J. and P. Girardin. 2004. Environmental impact of farm-scale composting practices. **Water and Soil Pollution** 153:45-68.

Polprasert, C. 1996. **Organic Waste Recycling**. 2nd ed., John Wiley and Son, Inc., New York, Newyork. 412 p.

Rabbani, K.R. , R. Jindal , H. Kubota and L. Obeng. 1983. **Composting of domestic refuse**. Environmental Sanitation Review. Report .

Robert, R . 2001. Getting Moisture into the compost Pile. J . **Bio Cycle.**

Samudro, G. and J. Hermana, 2007. Denitrification efficiency in a compost bed with various carbon and nitrogen content. **Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation** 2(2):57-62.

Sharma, V.K., M. Canditelli, F. Fortuna, and G. Cornacchia. 1997. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management** 38(5): 453-478.

Shi, W., J.M. Norton, B.E. Miller and M.G. Pace. 1999. Effect of aeration and moisture during windrow composting on nitrogen fertilizer of dairy waste composts. **Applied Soil Ecology** 11:17-28.

Suler, D.J., and M.S. Finstein. 1977. Effect of temperature aeration and moisture on CO_2 formation in bench-scale continuously thermophilic composting of solid waste. **Applied and Environmental Microbiology** 33 (2): 345-350.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vilal. 1993. **Integrated solid waste management engineering principles and management Issues.** Mcgraw-Hill, Inc. 978 pp.

Thambirajah , J. J., M. D. Zulkali and M. A. Hashin. 1995. Microbiological and biochemical changes during the composting of oil palm empty fruit bunches; effect of nitrogen supplementation on the substrate. **Bioresource Technology** 52: 133-144**.**

Tiquia, S.M. and N.F.Y. Tam. 2000. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced aeration. **Bioresource Technology** 72:1-7.

Okinsky, E.L. and W.W. Umbreit. 1959. **An Introduction to Bacterial Physiology.** 2nd ed., Toppan Company Ltd., Japan.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักในแต่ละรูปแบบการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0 วัน

45 วัน

ภาพผนวกที่ ก1 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน1:1

0 วัน

45 วัน

ภาพผนวกที่ ก2 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1

0 วัน

45 วัน

ภาพผนวกที่ ก3 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ > 3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก4 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก5 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก6 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ 1-3 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก7 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 1:1

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก8 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 3:1

0 วัน 45 วัน

ภาพผนวกที่ ก9 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักขนาดขยะ < 1 เซนติเมตร กับสัดส่วนขยะ:ดิน 6:1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด > 3 เซนติเมตร (รูปแบบ A) กับสัดส่วนดินเปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	A1:1				A3:1				A6:1				เฉลี่ย	
	A1:1-1	A1:1-2	A1:1-3	เฉลี่ย	A3:1-1	A3:1-2	A3:1-3	เฉลี่ย	A6:1-1	A6:1-2	A6:1-3	เฉลี่ย		
1	39.00	36.00	40.00	38.33	42.00	38.00	39.00	39.67	38.00	36.00	36.00	36.67	38.22	30.50
2	38.00	36.00	37.00	37.00	36.00	38.00	37.00	37.00	36.00	33.00	37.00	35.33	36.44	30.00
3	36.00	34.00	34.00	34.67	35.00	35.00	36.00	35.33	34.00	33.00	35.00	34.00	34.67	29.50
4	36.00	34.00	35.00	35.00	34.00	35.00	35.00	34.67	35.00	33.00	34.00	34.00	34.56	29.00
5	36.00	34.00	35.00	35.00	35.00	36.00	37.00	36.00	35.00	36.00	38.00	36.33	35.78	31.50
6	36.00	34.00	35.00	35.00	31.00	35.00	35.00	33.67	33.00	30.00	31.00	31.33	33.33	30.00
7	35.00	33.00	33.00	33.67	33.00	34.00	33.00	33.33	33.00	30.00	33.00	32.00	33.00	28.50
8	34.00	33.00	33.00	33.33	31.00	34.00	34.00	33.00	33.00	31.00	32.00	32.00	32.78	29.00
9	34.00	33.00	34.00	33.67	32.00	35.00	34.00	33.67	32.00	30.00	30.00	30.67	32.67	29.50
10	34.00	33.00	32.00	33.00	32.00	34.00	35.00	33.67	34.00	31.00	31.00	32.00	32.89	30.50
11	33.00	32.00	32.00	32.33	29.00	34.00	33.00	32.00	33.00	31.00	32.00	32.00	32.11	30.50
12	33.00	32.00	32.00	32.33	31.00	35.00	31.00	32.33	33.00	32.00	32.00	32.33	32.33	28.00
13	31.00	30.00	30.00	30.33	30.00	32.00	30.00	30.67	33.00	29.00	31.00	31.00	30.67	26.50
14	30.00	28.00	30.00	29.33	28.00	29.00	29.00	28.67	30.00	29.00	30.00	29.67	29.22	28.00
15	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	31.00	29.00	29.67	31.00	29.00	30.00	30.00	29.78	29.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	A1:1				A3:1				A6:1				เฉลี่ย	
	A1:1-1	A1:1-2	A1:1-3	เฉลี่ย	A3:1-1	A3:1-2	A3:1-3	เฉลี่ย	A6:1-1	A6:1-2	A6:1-3	เฉลี่ย		
16	31.00	31.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	30.33	31.00	30.00	31.00	30.67	30.67	29.50
17	31.00	31.00	31.00	31.00	30.00	32.00	31.00	31.00	32.00	31.00	31.00	31.33	31.11	27.50
18	29.00	29.00	30.00	29.33	28.00	30.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.11	27.50
19	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	29.00	29.00	29.33	29.33	29.50
20	29.00	29.00	29.00	29.00	28.00	30.00	29.00	29.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.33	29.00
21	29.00	29.00	29.00	29.00	28.00	30.00	28.00	28.67	30.00	29.00	30.00	29.67	29.11	29.00
22	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.56	28.50
23	30.00	29.00	29.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	30.00	30.00	30.00	29.56	29.50
24	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	31.00	30.00	30.33	30.00	31.00	31.00	30.67	30.22	30.50
25	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	30.00	30.00	29.67	31.00	30.00	31.00	30.67	30.11	30.00
26	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.89	29.50
27	29.00	29.00	29.00	29.00	28.00	29.00	29.00	28.67	29.00	29.00	29.00	29.00	28.89	27.00
28	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00	29.00	28.67	29.00	29.00	29.00	29.00	28.56	28.50
29	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	28.00	29.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.33	29.50
30	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	29.00	30.00	29.67	29.44	27.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	A1:1				A3:1				A6:1				เฉลี่ย	
	A1:1-1	A1:1-2	A1:1-3	เฉลี่ย	A3:1-1	A3:1-2	A3:1-3	เฉลี่ย	A6:1-1	A6:1-2	A6:1-3	เฉลี่ย		
31	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00	28.00	29.00	28.67	28.22	28.00
32	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00	27.00	27.33	27.00	27.00	27.00	27.00	27.11	28.00
33	27.00	27.00	28.00	27.33	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00	27.00	28.00	27.67	27.33	28.00
34	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	29.50
35	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	28.00	29.00	28.67	28.33	29.50
36	30.00	29.00	29.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	30.00	29.33	29.33	30.00
37	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	29.33	29.11	31.50
38	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.89	30.00
39	30.00	29.00	29.00	29.33	30.00	29.00	29.00	29.33	30.00	30.00	30.00	30.00	29.56	30.00
40	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.56	29.50
41	29.00	29.00	29.00	29.00	28.00	29.00	29.00	28.67	29.00	29.00	29.00	29.00	28.89	30.00
42	28.00	29.00	29.00	28.67	29.00	29.00	28.00	28.67	29.00	28.00	29.00	28.67	28.67	27.50
43	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00
44	28.00	28.00	29.00	28.33	28.00	29.00	29.00	28.67	29.00	29.00	29.00	29.00	28.67	29.50
45	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00	29.00	29.00	29.00	28.33	28.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด 1-3 เซนติเมตร (รูปแบบ B) กับสัดส่วนดินเปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	B1:1				B3:1				B6:1				เฉลี่ย	
	B1:1-1	B1:1-2	B1:1-3	เฉลี่ย	B3:1-1	B3:1-2	B3:1-3	เฉลี่ย	B6:1-1	B6:1-2	B6:1-3	เฉลี่ย		
1	39.00	41.00	38.00	39.33	40.00	38.00	37.00	38.33	39.00	40.00	38.00	39.00	38.89	30.50
2	39.00	39.00	39.00	39.00	34.00	36.00	35.00	35.00	36.00	38.00	36.00	36.67	36.89	30.00
3	38.00	38.00	37.00	37.67	33.00	36.00	35.00	34.67	33.00	36.00	35.00	34.67	35.67	29.50
4	37.00	36.00	37.00	36.67	33.00	35.00	35.00	34.33	33.00	34.00	35.00	34.00	35.00	29.00
5	37.00	38.00	35.00	36.67	34.00	37.00	37.00	36.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.89	31.50
6	35.00	37.00	35.00	35.67	34.00	34.00	34.00	34.00	32.00	33.00	31.00	32.00	33.89	30.00
7	35.00	35.00	33.00	34.33	31.00	33.00	33.00	32.33	32.00	32.00	32.00	32.00	32.89	28.50
8	34.00	35.00	34.00	34.33	32.00	33.00	32.00	32.33	32.00	34.00	31.00	32.33	33.00	29.00
9	34.00	35.00	34.00	34.33	32.00	33.00	31.00	32.00	33.00	33.00	31.00	32.33	32.89	29.50
10	35.00	35.00	34.00	34.67	33.00	33.00	34.00	33.33	32.00	33.00	32.00	32.33	33.44	30.50
11	34.00	34.00	34.00	34.00	33.00	33.00	32.00	32.67	32.00	33.00	33.00	32.67	33.11	30.50
12	33.00	34.00	34.00	33.67	34.00	33.00	35.00	34.00	32.00	33.00	35.00	33.33	33.67	28.00
13	31.00	32.00	31.00	31.33	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	32.00	33.00	32.00	31.44	26.50
14	29.00	31.00	29.00	29.67	28.00	29.00	28.00	28.33	30.00	28.00	29.00	29.00	29.00	28.00
15	29.00	31.00	30.00	30.00	29.00	30.00	29.00	29.33	32.00	29.00	31.00	30.67	30.00	29.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	B1:1				B3:1				B6:1				เฉลี่ย	
	B1:1-1	B1:1-2	B1:1-3	เฉลี่ย	B3:1-1	B3:1-2	B3:1-3	เฉลี่ย	B6:1-1	B6:1-2	B6:1-3	เฉลี่ย		
16	31.00	32.00	31.00	31.33	31.00	32.00	31.00	31.33	32.00	31.00	31.00	31.33	31.33	29.50
17	31.00	32.00	31.00	31.33	31.00	32.00	31.00	31.33	31.00	31.00	31.00	31.00	31.22	27.50
18	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	29.00	30.00	29.67	29.56	27.50
19	30.00	30.00	29.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	30.00	29.00	29.67	29.56	29.50
20	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	31.00	29.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.78	29.00
21	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.00	29.33	29.00
22	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	29.00	30.00	29.67	29.56	28.50
23	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.67	29.50
24	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	31.00	30.00	30.33	30.00	30.00	31.00	30.33	30.22	30.50
25	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	31.00	30.00	30.33	30.00	30.00	31.00	30.33	30.22	30.00
26	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	30.00	31.00	30.33	30.00	29.50
27	28.00	30.00	29.00	29.00	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	30.00	29.33	29.22	27.00
28	28.00	29.00	29.00	28.67	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	29.00	28.67	28.50
29	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	29.33	29.50
30	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	30.00	29.33	29.44	27.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	B1:1				B3:1				B6:1				เฉลี่ย	
	B1:1-1	B1:1-2	B1:1-3	เฉลี่ย	B3:1-1	B3:1-2	B3:1-3	เฉลี่ย	B6:1-1	B6:1-2	B6:1-3	เฉลี่ย		
31	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	28.00	28.67	28.00	28.00	29.00	28.33	28.44	28.00
32	27.00	28.00	27.00	27.33	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.11	28.00
33	27.00	28.00	28.00	27.67	27.00	28.00	27.00	27.33	27.00	27.00	28.00	27.33	27.44	28.00
34	27.00	28.00	28.00	27.67	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00	27.00	27.00	27.33	27.33	29.50
35	28.00	29.00	29.00	28.67	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	29.00	28.67	29.50
36	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	30.00	29.67	29.44	30.00
37	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	30.00	29.33	29.33	31.50
38	30.00	30.00	29.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	30.00	30.00	30.00	29.67	30.00
39	29.00	30.00	30.00	29.67	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	29.00	30.00	29.67	29.67	30.00
40	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	30.00	30.00	30.00	29.67	29.50
41	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.11	30.00
42	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	29.33	29.22	27.50
43	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	29.00
44	28.00	29.00	29.00	28.67	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	29.00	28.67	29.50
45	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	28.00	28.67	28.00	29.00	29.00	28.67	28.56	28.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 อุณหภูมิบ่อหมักขยะขนาด < 3 เซนติเมตร (รูปแบบ C) กับสัดส่วนดินเปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศตลอดเวลาการหมัก

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	C1:1				C3:1				C6:1				เฉลี่ย	
	C1:1-1	C1:1-2	C1:1-3	เฉลี่ย	B3:1-1	C3:1-2	C3:1-3	เฉลี่ย	C6:1-1	C6:1-2	C6:1-3	เฉลี่ย		
1	36.00	41.00	42.00	39.67	39.00	41.00	40.00	40.00	40.00	41.00	40.00	40.33	40.00	30.50
2	38.00	38.00	40.00	38.67	36.00	39.00	40.00	38.33	37.00	39.00	37.00	38.11	38.37	30.00
3	35.00	37.00	40.00	37.33	34.00	36.00	38.00	36.00	36.00	37.00	35.00	36.33	36.56	29.50
4	35.00	36.00	35.00	35.33	35.00	35.00	37.00	35.67	35.00	34.00	33.00	34.89	35.30	29.00
5	37.00	37.00	38.00	37.33	35.00	36.00	36.00	35.67	37.00	35.00	34.00	35.89	36.30	31.50
6	36.00	36.00	38.00	36.67	34.00	33.00	34.00	33.67	34.00	33.00	35.00	33.56	34.63	30.00
7	35.00	35.00	36.00	35.33	32.00	34.00	35.00	33.67	35.00	32.00	33.00	33.56	34.19	28.50
8	35.00	34.00	35.00	34.67	33.00	34.00	34.00	33.67	33.00	32.00	31.00	32.89	33.74	29.00
9	33.00	33.00	35.00	33.67	33.00	32.00	32.00	32.33	31.00	32.00	31.00	31.78	32.59	29.50
10	35.00	34.00	36.00	35.00	33.00	35.00	34.00	34.00	35.00	33.00	34.00	34.00	34.33	30.50
11	34.00	33.00	34.00	33.67	32.00	34.00	33.00	33.00	32.00	33.00	32.00	32.67	33.11	30.50
12	33.00	33.00	34.00	33.33	34.00	35.00	35.00	34.67	34.00	33.00	34.00	33.89	33.96	28.00
13	31.00	31.00	32.00	31.33	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	30.00	32.00	30.67	31.00	26.50
14	29.00	27.00	30.00	28.67	29.00	29.00	28.00	28.67	29.00	28.00	31.00	28.56	28.63	28.00
15	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	28.00	31.00	29.11	29.37	29.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	C1:1				C3:1				C6:1				เฉลี่ย	
	C1:1-1	C1:1-2	C1:1-3	เฉลี่ย	C3:1-1	C3:1-2	C3:1-3	เฉลี่ย	C6:1-1	C6:1-2	C6:1-3	เฉลี่ย		
16	31.00	30.00	31.00	30.67	31.00	31.00	30.00	30.67	31.00	30.00	32.00	30.56	31.33	29.50
17	31.00	30.00	31.00	30.67	31.00	31.00	31.00	31.00	32.00	30.00	31.00	31.00	31.22	27.50
18	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	30.00	28.00	29.00	30.00	29.00	29.00	29.33	29.56	27.50
19	30.00	28.00	29.00	29.00	29.00	29.00	28.00	28.67	29.00	29.00	29.00	28.89	29.56	29.50
20	30.00	28.00	30.00	29.33	29.00	30.00	28.00	29.00	30.00	29.00	29.00	29.33	29.78	29.00
21	29.00	28.00	29.00	28.67	29.00	29.00	28.00	28.67	30.00	28.00	29.00	28.89	29.33	29.00
22	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	30.00	30.00	30.00	29.78	29.56	28.50
23	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	29.00	30.00	29.56	29.67	29.50
24	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	29.00	29.00	29.33	30.00	30.00	31.00	29.78	30.22	30.50
25	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	31.00	29.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.22	30.00
26	30.00	28.00	29.00	29.00	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	30.00	29.00	29.89	30.00	29.50
27	30.00	28.00	29.00	29.00	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.11	29.22	27.00
28	28.00	27.00	29.00	28.00	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	28.78	28.67	28.50
29	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	30.00	30.00	29.67	29.00	29.00	29.00	29.22	29.33	29.50
30	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.11	29.44	27.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อุณหภูมิของแต่ละบ่อหมัก (องศาเซลเซียส)													อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
	C1:1				C3:1				C6:1				เฉลี่ย	
	C1:1-1	C1:1-2	C1:1-3	เฉลี่ย	C3:1-1	C3:1-2	C3:1-3	เฉลี่ย	C6:1-1	C6:1-2	C6:1-3	เฉลี่ย		
31	29.00	27.00	29.00	28.33	29.00	29.00	28.00	28.67	28.00	28.00	28.00	28.22	38.22	28.00
32	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00	27.00	27.33	27.00	27.00	27.00	27.11	36.44	28.00
33	27.00	27.00	28.00	27.33	28.00	27.00	27.00	27.33	28.00	27.00	28.00	27.44	34.67	28.00
34	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	28.00	27.00	27.33	34.56	29.50
35	29.00	28.00	29.00	28.67	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	28.78	35.78	29.50
36	30.00	29.00	29.00	29.33	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.11	33.33	30.00
37	30.00	29.00	30.00	29.67	29.00	30.00	29.00	29.33	29.00	30.00	30.00	29.44	33.00	31.50
38	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	30.00	29.00	29.67	30.00	30.00	30.00	29.89	32.78	30.00
39	29.00	29.00	30.00	29.33	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	29.00	30.00	29.67	32.67	30.00
40	30.00	29.00	30.00	29.67	30.00	30.00	29.00	29.67	29.00	29.00	29.00	29.22	32.89	29.50
41	29.00	29.00	30.00	29.33	29.00	29.00	28.00	28.67	29.00	29.00	29.00	28.89	32.11	30.00
42	29.00	29.00	29.00	29.00	30.00	29.00	29.00	29.33	29.00	29.00	29.00	29.11	32.33	27.50
43	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	30.67	29.00
44	28.00	29.00	29.00	28.67	28.00	29.00	28.00	28.33	29.00	29.00	29.00	28.78	29.22	29.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 คุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก

บ่อหมัก	คุณสมบัติทางกายภาพ		
	ความหนาแน่นรวม (Kg/m^3)	ความชื้น (%)	การยุบตัว (%)
A1:1-1	463.75	38.66	8.27
A1:1-2	479.23	33.93	7.79
A1:1-3	456.78	35.36	12.25
A3:1-1	452.12	50.72	13.52
A3:1-2	426.39	48.11	11.86
A3:1-3	449.11	46.52	10.66
A6:1-1	422.44	53.34	11.82
A6:1-2	437.24	56.17	12.98
A6:1-3	412.89	58.03	12.79
B1:1-1	501.98	41.72	10.13
B1:1-2	497.79	42.78	12.66
B1:1-3	498.75	36.34	12.25
B3:1-1	512.72	52.62	11.84
B3:1-2	510.10	52.17	11.91
B3:1-3	514.82	47.51	14.74
B6:1-1	500.12	58.44	11.27
B6:1-2	501.78	60.56	11.33
B6:1-3	492.93	65.79	13.57
C1:1-1	610.19	40.41	6.45
C1:1-2	589.20	37.74	16.25
C1:1-3	600.80	38.59	10.09
C3:1-1	590.88	52.55	9.62
C3:1-2	598.41	53.02	11.54
C3:1-3	586.36	45.05	12.54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

บ่อหมัก	คุณสมบัติทางกายภาพ		
	ความหนาแน่นรวม (Kg/m^3)	ความชื้น (%)	การยุบตัว (%)
C6:1-1	601.78	61.82	12.98
C6:1-2	610.23	65.51	10.63
C6:1-3	608.79	62.76	8.81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักในแต่ละบ่อหมัก

บ่อหมัก	คุณสมบัติทางเคมี					
	pH	O.M. (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	C/N ratio
A1:1-1	6.80	7.16	0.42	0.69	0.86	9.88
A1:1-2	6.70	6.19	0.37	0.80	0.82	9.70
A1:1-3	6.90	10.53	0.44	0.80	0.61	13.89
A3:1-1	7.10	13.10	0.56	0.73	0.29	13.57
A3:1-2	7.20	20.73	0.79	0.80	1.08	15.22
A3:1-3	7.00	10.37	0.53	0.78	0.81	11.36
A6:1-1	7.00	16.49	0.95	0.80	0.66	10.06
A6:1-2	7.10	20.75	0.88	0.78	1.07	13.68
A6:1-3	7.10	16.23	0.65	0.76	0.89	14.48
B1:1-1	6.80	3.69	0.33	0.71	0.41	6.48
B1:1-2	6.80	2.07	0.30	0.66	0.86	4.00
B1:1-3	7.00	3.66	0.28	0.82	0.17	7.57
B3:1-1	7.00	10.68	0.58	0.78	0.66	10.67
B3:1-2	6.80	14.88	0.77	0.76	0.51	11.20
B3:1-3	7.20	10.57	0.58	0.78	0.77	10.57
B6:1-1	7.00	14.07	0.84	0.69	1.04	9.71
B6:1-2	7.30	19.14	0.89	0.77	0.40	12.47
B6:1-3	6.90	17.03	0.82	0.76	1.05	12.05
C1:1-1	7.00	4.90	0.46	0.71	0.47	6.17
C1:1-2	7.00	2.69	0.09	0.69	0.73	17.33
C1:1-3	7.00	5.49	0.32	0.66	0.41	9.94
C3:1-1	7.00	13.43	0.70	0.80	0.86	11.13
C3:1-2	7.10	9.92	0.54	0.66	1.08	10.65
C3:1-3	7.30	10.71	0.91	0.78	0.19	6.82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

บ่อหมัก	คุณสมบัติทางเคมี					
	pH	O.M. (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	C/N ratio
C6:1-1	6.60	26.86	1.16	0.71	1.06	13.43
C6:1-2	7.00	18.40	1.02	0.87	1.31	10.46
C6:1-3	7.00	23.14	1.19	0.85	1.22	11.28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

แสดงค่าทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 ความแปรปรวนทางเดียว (ONE WAY ANOVA) ของคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในปุ๋ยหมักแต่ละรูปแบบการทดลอง

คุณสมบัติ	Sum of Squares	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	P
ความหนาแน่นรวม	Between Groups	113876.255	8	14234.532	188.114	.000	0.01
	Within Groups	1362.057	18	75.670			
	Total	115238.311	26				
ความชื้น	Between Groups	2285.379	8	285.672	33.948	.000	0.01
	Within Groups	151.471	18	8.415			
	Total	2436.850	26				
การยุบตัว	Between Groups	25.709	8	3.214	.631	.742	0.05
	Within Groups	91.710	18	5.095			
	Total	117.419	26				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

คุณสมบัติ	Sum of Squares	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	P
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	Between Groups	.333	8	.042	1.907	.122	0.05
	Within Groups	.393	18	.022			
	Total	.727	26				
ปริมาณอินทรียวัตถุ	Between Groups	999.572	8	124.946	14.530	.000	0.01
	Within Groups	154.790	18	8.599			
	Total	1154.362	26				
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Between Groups	1.822	8	.228	14.884	.000	0.01
	Within Groups	.275	18	.015			
	Total	2.097	26				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค6 (ต่อ)

คุณสมบัติ	Sum of Squares	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	P
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด	Between Groups	.030	8	.004	1.171	.368	0.05
	Within Groups	.057	18	.003			
	Total	.086	26				
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด	Between Groups	1.058	8	.132	1.566	.204	0.05
	Within Groups	1.520	18	.084			
	Total	2.577	26				
ค่า C/N ratio	Between Groups	109.008	8	13.626	2.019	.103	0.05
	Within Groups	121.486	18	6.749			
	Total	230.494	26				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายไพศาล ริมชลา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	5 ตุลาคม 2526
สถานที่เกิด	ตราด
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นหรือรางวัลทางวิชาการ	งานวิจัยเรื่องการศึกษาขนาดของวัสดุหมักขยะประเภทผลไม้และเปลือกผลไม้กับสัดส่วนการคลุกเคล้าด้วยดินเนื้อละเอียดที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมัก รางวัลชมเชยในการประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 4 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์