การพัฒนาปุ๋ยหมักจากเศษอาหารและชีวมวล

DEVELOPMENT OF COMPOST FROM FOOD WASTE AND BIOMASS

นางสาวนิตยา เจดีมูนจัน รหัสนักศึกษา 61552006

โครงงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT © 2021 FOOD AND AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่.....
งานทะเบียนประมวลผล
ฉบับที่.....

ใบรับรองรายงานสหกิจศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

หัวข้อสหกิจศึกษา	การพัฒนาปุ๋ยหมักจากเศษอาหารและชีวมวล
Co-operative Education Title	Development of compost from food waste and biomass
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนิตยา เจดีมูนจัน
รหัสนักศึกษา	61552006
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ	
ผศ.ดร.วลัยพร มัฆพาน	
อ.ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	
ผศ.ดร.สิริฉัตร ขาวอิ่น	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 มิถุนายน 2565

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร รับรองแล้ว

(ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ)
ประธานหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา การพัฒนาปุ๋ยหมักจากเศษอาหารและชีวมวล
นักศึกษา นางสาวนิตยา เจดีมูนจัน **รหัสนักศึกษา** 61552006
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร
ปีการศึกษา 2564
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะเศษอาหารร่วมกับชีวมวลซังข้าวโพด โดยใช้เครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโน (Nano-composter) เปรียบเทียบกับการหมักปุ๋ยด้วยลังโฟม เป็นเวลา 62 วัน ในการทดลองมีการเติมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 และหัวเชื้อ EM เพื่อเพิ่มการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้วทุกการทดลองถูกนำไปบดโดยใช้เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยงเพื่อให้มีขนาด ≤2.0 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโนมีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยที่หมักด้วยลังโฟม ปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโน มีค่าความชื้นน้อยกว่าปุ๋ยที่ได้จากการหมักมือ โดยปุ๋ยที่ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ในอัตราส่วนขยะเศษอาหารต่อซังข้าวโพด เท่ากับ 2:1 มีค่าความชื้น 3.88 $\pm$ 0.15 % นอกจากนี้พบว่าค่า C/N ratio ของปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายระดับนาโน มีค่ามากกว่าการหมักแบบลังโฟม โดยปุ๋ยควบคุม (Control) ที่มีอัตราส่วนขยะเศษอาหารต่อซังข้าวโพด เท่ากับ 2:1 มีค่า C/N ratio เท่ากับ 17.49 $\pm$ 0.41 ค่าร้อยละของผลได้ (Yield) ของปุ๋ยที่หมักด้วยเครื่องย่อยสลายระดับนาโน ที่หมักแบบไม่เติมหัวเชื้อ (Control) เติมหัวเชื้อ EM และเติมหัวเชื้อ พด.1 มีค่าเท่ากับ 23.82% 23.84% และ 15.47% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า pH ของปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายระดับนาโน ยังมีค่าค่อนข้างเป็นกรด เมื่อนำปุ๋ยที่ได้มาทดลองปลูกต้นอ่อนทานตะวันเปรียบเทียบกับดินธรรมดา พีทมอส และปุ๋ยที่ผลิตได้ผสมกับดิน พบว่าการปลูกโดยใช้ปุ๋ยไม่ผสมดิน มีอัตราการงอกไม่ดีเท่ากับการที่ผสมดินลงไปในปุ๋ย อย่างไรก็ตามการปลูกต้นอ่อนทานตะวันที่ดีที่สุดกลับพบว่าเป็นการทดลองที่ใช้พีทมอส ดิน ปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายระดับนาโนผสมดิน และปุ๋ยหมักมือผสมดิน ตามลำดับ โดยปุ๋ยที่หมักแบบไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีอัตราการงอกสูงกว่าแบบเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ จึงสรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยที่ได้จากเครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโน และปุ๋ยหมักมือ ควรใช้เป็นวัสดุส่งเสริมการปลูกมากกว่าวัสดุปลูก

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก ขยะอาหาร ชีวมวล เครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโน ต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of compost from food waste and biomass	
Student	Miss. Nittaya Jadeemoonjan	**Code 61552006**
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Food and Agricultural Biotechnology	
Academic Year	2021	
Advisor	Asst. Prof. Dr. Patcharaporn Narkthewan	

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the production of compost from food waste and corncob using a Nano-composter, compared with conventional method. In the experiment, PD 1 and EM inoculum were added to increase the activity of microorganisms for composting. The finished compost of all experiments was crushed using a centrifugal grinder to obtained partical size ≤2.0 mm. The results showed that the quality of the compost obtained from the Nano-composter was better than that from the conventional method. The moisture content of fertilizer obtained from the Nano-composter was less than the compost obtained from hand composting. The compost added with PD. 1 in the ratio of food waste to corncobs was 2:1 contained 3.88 ± 0.15% of moisture content. The control compost with a ratio of food waste to corncobs 2:1 had C/N ratio of 17.49 ± 0.41. The Yield of the compost from the nanoscale composter fermenting without inoculum, with EM, and PD. 1 was 23.82% 23.84% and 15.47%, respectively. However, obtained compost from the Nano-composter had acid property. Then, the obtained compost were used for planting sunflower compared with soil, peat moss and the produced compost mixed with the soil. It was found that the best cultivation of sunflower seedlings was found to be the experiment using peat moss, soil, soil-the obtained compost mixing, respectively. The compost from the Nano-composter and the conventaional method should be used as a soil amendment rather than a planting material.

Keywords: Compost, food waste, biomass, nano-scale organic waste shredder sunflower sprout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือของหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณ ดร.สัญชัย คูบูรณ์ ที่เล็งเห็นความสำคัญของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และเปิดโอกาสให้ได้มาปฏิบัติงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงคอยให้ความรู้แนวทาง ให้ความช่วยเหลือ ดูแล และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงานวิจัย ตลอดจนให้ประสบการณ์ในการปฏิบัติงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการปฏิบัติงานวิจัยให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่เลี้ยงปฏิบัติงานฝึกประสบการณวิชาชีพในศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่คอยช่วยเหลือในการปฏิบัติงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พัชราภรณ์ นาคเทวัญ อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา รวมถึงอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร ทั้ง 4 ท่าน คือ อ.ดร. กมลวรรณ ชูชีพ ผศ.ดร. วลัยพร ทองประดับ และ ผศ.ดร. สิริฉัตร ขาวอิ่น ที่ให้โอกาสได้ฝึกปฏิบัติงานประสบการณ์วิชาชีพที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) รวมทั้งคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุกด้าน

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่คอยอยู่เคียงข้างกันเสมอมา คอยให้กำลังใจและสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษา

นิตยา เจดีมูนจัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร	4
2.1 ขยะ (Solid waste)	4
2.2 ขยะอาหาร (Food waste)	6
2.3 ปุ๋ยหมัก	9
2.4 ปัจจัยที่ผลต่อปุ๋ยหมัก	11
2.5 มาตรฐานปุ๋ยหมัก	13
2.6 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก	14
2.7 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	15
2.8 หัวเชื้อ EM	17
2.9 สารเร่งซุปเปอร์ พด.1	18
2.10 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสู่ชีวมวล	20
2.11 ซังข้าวโพด	21
2.12 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช	22
2.13 ต้นอ่อนทานตะวัน	23
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	24
3.1 วัสดุอุปกรณ์	24
3.2 เครื่องมือ	25
3.3 สารเคมีและวัตถุดิบ	25
3.4 วิธีการทดลอง	26
3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบทำปุ๋ย	26
3.4.2 การผลิตปุ๋ยหมัก	26
3.4.3 การวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.4 การทดสอบปุ๋ยหมักโดยนำไปปลูกต้นอ่อนทานตะวัน	28
บทที่ 4 ผลและอภิปรายการทดลอง	31
4.1 วิเคราะห์หาความชื้นตัวอย่างวัตถุดิบ	31
4.2 การวิเคราะห์ปุ๋ยหมักที่ผลิตปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano-composter และการใช้ลังโฟม	32
4.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าความชื้นปุ๋ยหมัก	33
4.4 ผลการวิเคราะห์ Particle size ของปุ๋ยหมัก	34
4.5 ผลการวิเคราะห์ Sand and stone content ของปุ๋ยหมัก	35
4.6 ผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis	35
4.7 ผลการวิเคราะห์ pH	39
4.8 การทดสอบปุ๋ยหมักโดยนำไปปลูกต้นอ่อนทานตะวัน	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	43
5.1 สรุปผลการทดลอง	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก การผลิตปุ๋ยหมัก และการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก	46
ภาคผนวก ข องค์ประกอบของเศษอาหารที่ใช้ในการทดลอง และผลการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก	52
ภาคผนวก ค การคำนวณหาค่าความชื้น	61
ประวัติผู้เขียน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณอาหารที่สูญเสียทั่วโลก	7
2.2 การจัดการขยะอาหารโดยภาคธุรกิจ	8
2.3 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ	10
2.4 ค่าคาร์บอนและไนโตรเจนของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการหมัก	12
4.1 ค่าความชื้นของวัตถุดิบสำหรับทำปุ๋ย	31
4.2 ค่าร้อยละ (Yield) ของปุ๋ยหมักที่วิเคราะห์ได้	32
4.3 ตารางผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis ของตัวอย่างวัตถุดิบ	37
4.4 ตารางผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis ของปุ๋ยที่ได้หลังการผลิตและวัสดุที่ใช้ในการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ซังข้าวโพด	21
2.2	ต้นอ่อนทานตะวัน	23
3.1	ตัวอย่างขยะเศษอาหาร	26
3.2	เครื่อง Nano-composter	27
3.3	โรงเรือนที่ใช้ในการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน (ปริณวดี, 2565)	29
4.1	ค่าความชื้นของปุ๋ยและวัสดุปลูก	34
4.2	ปุ๋ยหมักด้วยเครื่อง Nano-composter ก่อนบด (a) และหลังบด (b)	34
4.3	ปุ๋ยหมักมือด้วยลังโฟมก่อนบด (a) และหลังบด (b)	35
4.4	ดินก่อนคัดขนาดให้มีขนาด ≤2.36 มิลลิเมตร (a) ภาพดินหลังจากคัดขนาด และอบฆ่าเชื้อ (b)	35
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่า pH ปุ๋ยที่ได้และวัสดุปลูก	39
4.6	ผลการวิเคราะห์ร้อยละการงอกของเมล็ด (22/04/2022-28/04/2022)	41
4.7	รูปแสดงผลจำนวนใบ ความยาวรากสูงสุด ความสูงลำต้น และน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากวิกฤตการณ์ในปัจจุบันที่เรากำลังเผชิญกับปัญหาขยะและเศษอาหารที่มีปริมาณมากและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี จนกระทั่งขยะเหล่านั้นมีการสะสมตกค้างเป็นจำนวนมากในลักษณะของการกองทิ้ง (Open Dump) ในพื้นที่ต่าง ๆ โดยไม่ได้รับการจัดการให้ถูกต้องตามหลักวิชาการส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพอนามัยต่อคนโดยรอบ จากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีปริมาณขยะและเศษอาหารเกิดขึ้นประมาณ 26.774 ล้านตัน และข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ พบว่าขยะอาหารคิดเป็นร้อยละ 64 ของขยะทั้งหมด องค์การกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (WWF) พบว่าในแต่ละปีมีขยะอาหารทั่วโลกมากกว่า 2.5 พันล้านตัน โดยอาหารร้อยละ 40 ถูกทิ้งให้กลายเป็นขยะ ขณะที่ประเทศไทยสร้างขยะ 27 - 28 ล้านตันต่อปี จึงทำให้ตอนนี้โลกกำลังประสบกับปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้ขยายวงกว้างและก่อให้เกิดผลกระทบตอหลาย ๆ ประเทศจนกลายเป็นปัญหาที่ต้องการความร่วมมือในการแก้ไขซึ่งตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดเจนในขณะนี้ได้แก่ การที่โลกมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Climate change) (ทวีทองสว่าง, 2523) ก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนนั้นถูกสร้างขึ้นจากการสะสมของของเสียและเศษอาหารประเภทสารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 เท่า และสัดส่วนของปัญหาก๊าซเรือนกระจกจากอาหารคิดเป็นร้อยละ 8 - 10 ปัญหาเศษอาหารนอกจากส่งผลกระทบกับโลกแล้ว ในส่วนของระดับชุมชนพบว่า เมื่อมีการเน่าเปื่อยจะส่งกลิ่นเหม็นกลายเป็นแหล่งสะสมของสัตว์นำโรคสารพัดชนิด เช่น ยุง แมลงวัน หนู แมลงสาบ ซึ่งที่ผ่านมาได้มีนโยบายในการกำจัดขยะเศษอาหารแบบต่าง ๆ โดยการกำจัดขยะเศษอาหารในชุมชนส่วนใหญ่ยังไม่เป็นระบบมากนัก เนื่องจากขาดการให้ความรู้รวมทั้งขาดการให้ความสำคัญกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขยะ ในเขตเทศบาลต่าง ๆ ก็มีการจัดการกับขยะที่เป็นระบบโดยส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะฝังกลบโดยการ ขุดหลุมและฝังกลบขยะตามมาตรฐานสากล ข้อดีของระบบนี้คือใช้ต้นทุนต่ำในการดำเนินการต่าง ๆ เมื่อนำมาเทียบกับระบบอื่น ๆ แต่ก็ยังมีข้อเสีย คือ อาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดิน และหาสถานที่ฝังกลบยากเพราะถูกต่อต้านจากชาวบ้านในพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นระบบจัดการขยะและของเสียเหล่านี้ที่ดีที่สุด คือ การนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยกรรมวิธีการย่อยสลายทางชีวภาพให้เป็นชีวมวล (Biomass) ซึ่งการกำจัดขยะด้วยวิธีการหมักปุ๋ยเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นการกำจัดขยะได้อย่างยั่งยืนอีกทั้งยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ในรูปแบบของปุ๋ย ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ผู้วิจัยสนใจการนำขยะมาหมักปุ๋ยรวมทั้งได้มีการนำซังข้าวโพดที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาร่วมด้วย

สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยในปี 2559 เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง โดยผลผลิตร้อยละ 95 ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เพื่อการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในประเทศและส่งออก คิดเป็นมูลค่าทั้งหมดประมาณ 8 หมื่นล้านบาทต่อปี และเกี่ยวข้องกับเกษตรกรประมาณ 404,941 ครัวเรือน (กลุ่มงานกิจการพิเศษสำนักนโยบายและแผนสำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, 2560) จากนั้นเมื่อเกิดซังข้าวโพดที่เหลือเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ โดยซังและเปลือกข้าวโพด จำนวน 1.7 ล้านตัน/ปี เกษตรกรจะกำจัดโดยการไถ ฝังกลบ และเผาเพื่อใช้สำหรับเป็นพื้นที่เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไปและส่วนใหญ่เกษตรกรมักเลือกวิธีการเผาซังข้าวโพดเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว ไม่มีค่าใช้จ่าย แต่การเผาซังข้าวโพดนั้นก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ส่งผลทำให้เกิดหมอกควัน ฝุ่นละออง PM 2.5 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะในช่วงหลังเก็บเกี่ยวและช่วงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกจะมีฝุ่นควันเขม่ากระจายทั่วบริเวณ ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2561) ระบุว่าการเผาในพื้นที่แปลงเกษตรก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 ร้อยละ 5 ของปริมาณ PM 2.5 ทั้งหมดที่เกิดขึ้น และหลักการให้ปุ๋ยบำรุงพืชปลูกที่ดีที่สุด คือ การนำเศษชิ้นส่วนของพืชชนิดนั้น ๆ กลับคืนสู่ผืนดินเพื่อเป็นการคืนธาตุอาหารแก่ดินหลังจากพืชดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต (จิรพงษ์ และคณะ, 2548) ซังข้าวโพดจึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการเพิ่มแร่ธาตุให้ปุ๋ยที่กำลังจะพัฒนาขึ้นรวมถึงส่งเสริมการทำเกษตรแบบธรรมชาติ ทำให้ไม่มีสารเคมีตกค้างอยู่ในดินและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจที่จะศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ให้มีคุณภาพดี โดยการหมัก 2 แบบ คือ การทำปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano-composter และการหมักมือแบบธรรมชาติ จากนั้นนำปุ๋ยที่ได้ไปทดลองปลูกต้นอ่อนทานตะวันซึ่งเป็นผักที่ได้รับความนิยมนำมารับประทาน เนื่องจากมีรสหวานและอุดมไปด้วยคุณค่าสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมีโปรตีน วิตามินเอ และวิตามินอีสูง ซึ่งช่วยบำรุงสายตา ผิวพรรณ และช่วยปกป้องการทำหน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกัน มีวิตามินบี 1, 2 โอเมก้า 3, 6 และ 9 ช่วยบำรุงเซลล์สมอง และมีธาตุเหล็กสูงซึ่งเป็นส่วนประกอบของเลือด (จิราภา, 2559) อย่างไรก็ตามการปลูกต้นอ่อนทานตะวันจะต้องศึกษาปัจจัยและสัดส่วนของปุ๋ยให้เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการศึกษาปุ๋ยที่ผลิตได้มาทดลองปลูกในต้นอ่อนทานตะวันเพื่อประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากขยะเศษอาหาร โดยใช้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องระหว่างการหมักเพื่อผลิตปุ๋ย และประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

1.2.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของลักษณะปุ๋ยในการใช้เครื่อง Nano-composter และการหมักมือแบบธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ผลิตปุ๋ยหมักจากขยะเศษอาหาร โดยการหมัก 2 แบบ คือ การทำปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano-composter และการหมักมือแบบธรรมชาติ

1.3.2 ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในการช่วยเร่งต่างชนิดกันและศึกษาการใช้ชีวมวลซังข้าวโพด

1.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักโดยการนำมาปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถผลิตปุ๋ยหมักจากขยะเศษอาหารและชีวมวลซังข้าวโพดที่มีประสิทธิภาพสูง

1.4.2 สามารถเป็นแนวทางในพัฒนาเครื่องย่อยสลายขยะอินทรีย์ระดับนาโน (Nano-composter) ได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
บทตรวจเอกสาร

2.1 ขยะ (Solid waste)

2.1.1 นิยามความหมาย

มีคนให้ความหมายของคำว่า “ขยะ” หรือ “ขยะมูลฝอย” หรือ “มูลฝอย” ไว้แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาความหมายโดยรวมแล้วพบว่ามีความหมายที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

Shah (2000) ได้ให้ความหมายว่า ขยะ หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์แล้วถูกทิ้งขว้างเนื่องจากไม่สามารถใช้งานได้อีกหรือไม่เป็นที่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภค ทำให้กลายสภาพเป็นสิ่งที่หมดคุณค่าหรือไม่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตอีกต่อไป

กรมควบคุมมลพิษ (2550) ให้นิยามของคำว่า “ขยะมูลฝอย” ไว้ดังนี้ คือ เป็นเศษวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษกระดาษ เครื่องใช้ที่ชำรุด เศษพลาสติก เศษอาหาร ของเหลือการเกษตร เศษวัสดุจากอุตสาหกรรม กิ่งไม้ใบหญ้าหรือซากสัตว์ ตลอดจนเศษวัสดุจากการก่อสร้าง

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2550 ได้ให้ความหมายของ “มูลฝอย” ไว้ในมาตรา 4 ว่า หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัสดุ ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนนตลาดที่เลี้ยงสัตว์หรือที่ส่วนอื่น

2.1.2 การจำแนกประเภทของขยะ

2.1.2.1 การจำแนกตามแหล่งกำเนิดของขยะมีอยู่ 4 ประเภท ดังต่อไปนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

1) ขยะจากชุมชน (municipal waste) ได้แก่ ขยะที่ได้จากการใช้ชีวิตประจำวันของคนที่อาศัยอยู่ภายในชุมชน ได้แก่ ขยะจากบ้านเรือน อาคารสำนักงาน โรงเรียน สถาบันการศึกษา และตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น

2) ขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial waste) ได้แก่ ขยะที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการ ซึ่งโดยปกติแล้วขยะที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้ ขยะทั่วไปที่เกิดจากกิจกรรมซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตสินค้าโดยตรง อีกส่วนหนึ่งก็ คือ ขยะที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของกระบวนการผลิตสินค้า (process waste) ซึ่งขยะในส่วนนี้มีทั้งขยะที่ไม่เป็นอันตรายและขยะที่เป็นอันตราย

3) ขยะจากภาคเกษตรกรรม (agricultural waste) ได้แก่ ขยะที่เกิดจากการเกษตร เช่น การเพาะปลูกในสวน ไร่ นา และการเลี้ยงสัตว์ อาทิ ซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ ตอซัง ชานอ้อย เศษหญ้า และเศษใบไม้ รวมไปจนถึงภาชนะบรรจุสารเคมีและเคมีภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพแล้ว เป็นต้น

4) ขยะจากสถานพยาบาล (hospital waste) ได้แก่ ขยะที่ได้จากโรงพยาบาลหรือคลินิกรักษาโรคคนและสัตว์ ซึ่งเป็นขยะที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณมากโดยที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่สัมผัส และรวมไปถึงขยะที่เกิดจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 การจำแนกตามลักษณะทางกายภาพ เป็นการจำแนกขยะตามลักษณะที่ปรากฏและมองเห็นจากภายนอก ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ดังนี้ (อาณัติ, 2553)

1) ขยะเปียก (garbage) คือ ขยะที่เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และมีความชื้นสูงสามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น เศษอาหาร เศษพืชผักและผลไม้ เศษหญ้า เป็นต้น จึงจำเป็นต้องนำไปกำจัดอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการส่งกลิ่นเหม็นจากการเน่าเสียของขยะ

2) ขยะแห้ง (rubbish and trash) คือ ขยะที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งมีความชื้นต่ำย่อยสลายได้ยาก เช่น เศษกระดาษ กล่อง เศษกิ่งไม้ ใบไม้ ผ้า เศษแก้วหรือขวดแก้ว เศษกระป๋องโลหะ เศษพลาสติก เป็นต้น

3) เถ้า (ash) คือ ของแข็งที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทฟืนหรือถ่านหิน เป็นต้น

4) เศษสิ่งก่อสร้าง (demolition and construction waste) คือ วัสดุที่ได้จากการรื้อถอนอาคารหรือการก่อสร้าง

5) ซากสัตว์ต่าง ๆ (dead animals) คือ ซากสัตว์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น สัตว์เลี้ยงตามบ้านเรือน จากภาคเกษตรกรรม เช่น ซากสัตว์ที่ได้จากฟาร์มที่ตายลงอาจเกิดจากการเกิดโรคระบาด และจากภาคอุตสาหกรรม เช่น เศษชิ้นส่วนของสัตว์ที่เหลือจากโรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูปหรืออาหารกระป๋อง เป็นต้น

6) ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (Sludge) คือ กากตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนหรือภายในโรงงาน โดยอาจมีลักษณะเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง มีทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ ซึ่งกากตะกอนเหล่านี้หากปล่อยทิ้งไว้โดยที่ไม่ได้รับการกำจัดก็อาจถูกชะล้างสู่แหล่งน้ำหรือไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินได้

7) ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Waste from Electrical and Electronic Equipment, WEEE) คือ ขยะที่เกิดขึ้นจากภาคธุรกิจที่ผลิตสินค้าประเภทผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ และเมื่อสินค้าเหล่านี้กลายเป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัดซึ่งส่วนใหญ่มักมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก

2.1.2.3 การจำแนกตามองค์ประกอบ

1) ขยะอินทรีย์ (organic waste) คือ ขยะที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยมีจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลาย ซึ่งขยะประเภทนี้จะสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปของการนำมาหมักทำปุ๋ยหรือนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนซึ่งถือว่าเป็นพลังงานทดแทนได้

2) ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือขยะรีไซเคิล (recycle waste) คือ ขยะที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น แก้ว กระดาษ โลหะ เหล็ก พลาสติก อะลูมิเนียม หนัง และยาง เป็นต้น

3) ขยะที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ (non-recycle waste) คือ ขยะที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ซึ่งขยะเหล่านี้ไม่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ได้อีกจึงต้องนำไปกำจัดยังสถานที่ฝังกลบเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ขยะติดเชื้อ (infectious waste) คือ ขยะที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ เช่น เนื้อเยื่อหรือชิ้นส่วนอวัยวะต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องใช้ที่สัมผัสกับผู้ป่วย เช่น สำลี ผ้าพันแผล เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด และเสื้อผ้าผู้ป่วย เป็นต้น

2.2 ขยะอาหาร (Food waste)

ขยะอาหาร (Food waste) คือ เศษเหลือจากมื้ออาหารในแต่ละครัวเรือนรวมไปถึงวัตถุดิบที่เน่าเสียและไม่สามารถวางจำหน่ายได้ ในทุกปีจะมีอาหารที่ถูกทิ้งให้เน่าเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์ จากผลสำรวจในปี พ.ศ.2563 ปริมาณอาหารขยะทั้งหมดในประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 64 จากขยะทุกประเภท ขยะเหล่านี้ล้วนมาจากโรงอาหาร ร้านอาหาร ถูกกำจัดออกจากภาคการเกษตร อุตสาหกรรมการผลิตการขนส่ง การกระจายผลิตภัณฑ์อาหารไปสู่ร้านค้า ทั้งหมดนี้ล้วนสร้างขยะจำนวนมากตั้งแต่ยังไม่ถึงมือผู้บริโภคซึ่งถือว่าระบบจัดการและการคัดแยกที่ยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ เนื่องจากเทศบาลส่วนใหญ่ไม่มีการแยกขยะ ทั้งนี้การทำงานของแต่ละส่วนก็ยังไม่เชื่อมโยงกัน จึงส่งผลให้การแก้ปัญหาที่ต้นทางเป็นไปได้ยากพอสมควร ซึ่งขยะอาหารเมื่อทับถมกันมากจะส่งกลิ่นเหม็น ก่อให้เกิดเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์และแมลงนำโรค รวมทั้งกระจายความเน่าเสียสู่แหล่งน้ำ จนไปถึงการผลิตก๊าซมีเทนออกมาจำนวนมาก ซึ่งในเชิงสถิติก๊าซมีเทนมีความร้ายแรงในการทำลายชั้นโอโซนเหนือกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 20 เท่า ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยขยะอาหารจะมีคำจำกัดความมี 2 ส่วนที่มีความแตกต่างกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

อาหารส่วนเกิน (Food Surplus) หมายถึง อาหารที่ผลิตหรือซื้อมาเกินความต้องการจนต้องทำให้ต้องทิ้งทั้งที่ยังไม่ได้บริโภคหรือยังสามารถเก็บไว้ได้ เช่น ของสดที่กินไม่ทัน อาหารที่ซื้อมาสต๊อกไว้เกินจำเป็น อาหารบุฟเฟต์ที่ยังกินได้ อาหารที่ช้ำจากการบรรจุหีบห่อรวมถึงการขนส่งที่ไม่ได้คุณภาพ เป็นต้น

ขยะอาหาร หมายถึง เศษอาหาร เปลือกอาหาร อาหารแห้ง อาหารกระป๋องที่หมดอายุแล้ว อาหารที่เอาไว้แต่งจานให้สวยงาม หรืออาหารที่เน่าเพราะจัดการไม่ดี เป็นต้น ข้อแตกต่างที่สำคัญ ก็คือ บริโภคไม่ได้แล้ว หากฝืนกินไปอาจมีปัญหาด้านความปลอดภัย (สสส, 2556)

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) ได้ให้คำนิยามของการสูญเสียอาหาร (Food losses) หมายถึง การลดลงของอาหารที่สามารถบริโภคได้ในระหว่างผ่านห่วงโซ่อุปทานอาหารเพื่อการบริโภคของมนุษย์

2.2.1 ปัญหาขยะอาหาร

จากข้อมูลของ Greenpeace ระบุว่า ขยะอาหารเป็นปัญหาที่ถูกซ่อนอยู่ในระบบอุตสาหกรรมอาหาร รวมถึงพฤติกรรมการบริโภค (Greenpeace, 2562) ค่านิยมการบริโภคอาหารของคนไทยนั้นที่ว่ากันว่า “เหลือย่อมดีกว่าขาด” ทำให้เกิดอาหารที่เป็นส่วนเกินจำนวนมาก เมื่ออาหารส่วนเกินดังกล่าวรวมกับขยะอาหารจึงกลายเป็นของเสียจำนวนมาก เมื่อไม่ได้รับการจัดการปัญหาขยะอาหารอย่างเหมาะสมในที่สุดจึงก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ, 2562)

จากการรายงานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า วิกฤตขยะอาหารเป็นปัญหาระดับโลกทั้งในประเทศพัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา โดยในแต่ละปีมีอาหารที่ถูกทิ้งทั่วโลกมากถึง 1.3 พันล้านตันหรือประมาณ 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตให้มนุษย์บริโภค (Gustavsson *et al*, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้กระทั่งในสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วก็มีขยะอาหารมากถึง 89 ล้านตัน/ปี หรือเฉลี่ย 180 กิโลกรัม/คน/ปี นับว่าเป็นระดับที่สูงมากเมื่อเทียบกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีขยะอาหารประมาณ 34 ล้านตัน/ปี ในขณะที่ผลการศึกษาจาก Institution of Mechanical Engineers ชี้ให้เห็นว่าอาหารที่ผลิตขึ้นทั้งหมดบนโลกต้องสูญเสียและกลายเป็นขยะถึงร้อยละ 30 - 50 โดยไม่ได้ตกถึงท้องมนุษย์ (Institution of Mechanical Engineers, 2013) ในทางกลับกันมีประชากรทั่วโลกต้องเผชิญความหิวโหยมากถึง 870 ล้านคน (UN News Center, 2012) และการขาดแคลนอาหารจะเพิ่มความรุนแรงตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี โดยมีการคาดการณ์ว่าจำนวนประชากรโลกจะเพิ่มเป็น 9 พันล้านคนในปี 2593 และเชื่อว่าอาหารที่ถูกทิ้งเหล่านี้มีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำไปเลี้ยงประชากรนับพันทั่วโลกได้ (Institution of Mechanical Engineers, 2013) นอกจากนี้ขยะอาหารยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมจากการปลดปล่อย CO_2 ที่ไม่จำเป็น (unnecessary CO_2 emission) อีกทั้งอาหารที่ถูกทิ้งดังกล่าวไม่เพียงแต่สิ้นเปลืองทรัพยากรที่ใช้เพาะปลูก เช่น ที่ดิน น้ำ พลังงาน และปัจจัยการผลิตอื่น ๆ แต่ยังรวมถึงการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเปล่าประโยชน์อีกด้วย (Gustavsson *et al*, 2011)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณอาหารที่สูญเสียทั่วโลก

อาหารที่ถูกทิ้งต่อคนต่อปี	รวม	การสูญเสียระหว่างขั้นตอนการผลิตและจำหน่าย	การสูญเสียโดยผู้บริโภค
ยุโรป	280 กิโลกรัม (617 ปอนด์)	190 กิโลกรัม (419 ปอนด์)	90 กิโลกรัม (198 ปอนด์)
อเมริกาเหนือและโอเชียเนีย	295 กิโลกรัม (650 ปอนด์)	185 กิโลกรัม (408 ปอนด์)	110 กิโลกรัม (243 ปอนด์)
ประเทศอุตสาหกรรมในเอเชีย	240 กิโลกรัม (529 ปอนด์)	160 กิโลกรัม (353 ปอนด์)	80 กิโลกรัม (176 ปอนด์)
แอฟริกาใต้สะฮารา	160 กิโลกรัม (353 ปอนด์)	155 กิโลกรัม (342 ปอนด์)	5 กิโลกรัม (11 ปอนด์)
แอฟริกาเหนือเอเชียตะวันตกและเอเชียกลาง	215 กิโลกรัม (474 ปอนด์)	180 กิโลกรัม (397 ปอนด์)	35 กิโลกรัม (77 ปอนด์)
เอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	125 กิโลกรัม (276 ปอนด์)	110 กิโลกรัม (243 ปอนด์)	15 กิโลกรัม (33 ปอนด์)
ลาตินอเมริกา	225 กิโลกรัม (496 ปอนด์)	200 กิโลกรัม (441 ปอนด์)	25 กิโลกรัม (55 ปอนด์)

ที่มา : UN News Center (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การจัดการกับอาหารขยะที่มีอยู่ในประเทศไทย

เป้าหมายสำคัญของการจัดการขยะอาหารของประเทศไทย คือ เลิกการเผาขยะอาหารและการฝังกลบ เพราะการเผาคือสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก (Thai Health Watch, 2565) โดยการจัดการขยะอาหารโดยภาคธุรกิจในปัจจุบัน 3 รูปแบบ ได้แก่

ตารางที่ 2.2 การจัดการขยะอาหารโดยภาคธุรกิจ

รูปแบบ	การปฏิบัติที่ก่อให้เกิดขยะอาหาร	แนวทางการลดขยะอาหาร
รูปแบบ 1 ขยะจากโรงแรมในต่างจังหวัด	- การบริการอาหารเช้าแบบบุฟเฟต์	- คำนวณการผลิตอาหารให้พอดีกับลูกค้าโดยการสำรวจและพิจารณาปริมาณลูกค้าที่เข้าพัก - ผลิตอาหารในปริมาณไม่มาก แล้วคอยสังเกตปริมาณอาหาร และปรุงอาหารเพิ่มเติมตามความต้องการบริโภค - อาหารที่เหลือจากบุฟเฟต์มื้อเช้า จะนำไป (1) เป็นอาหารกลางวันของพนักงาน (2) ปรุงเป็นอาหารกลางวันเพื่อจำหน่าย
รูปแบบ 2 ขยะอาหารจากโรงแรมขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร	- การตกแต่งจานอาหาร เช่น แครอท กะหล่ำปลี แตงกวา มะเขือเทศ หัวไชเท้า - ผักหรือผลไม้ที่ใช้ตกแต่งจานเป็นส่วนที่ผู้บริโภคไม่บริโภค ทำให้เกิดของเหลือปริมาณมากจากอาหารที่ใช้ในการตกแต่งจาน	- กำจัดด้วยวิธีการของโรงแรม - คัดแยกให้กับองค์กรการกุศล อาทิ มูลนิธิรักษ์อาหาร (SOS) ด้วยรถขนส่งที่รักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อไม่ให้อาหารเน่าเสีย
รูปแบบ 3 ขยะอาหารจากร้านค้าปลีกขนาดใหญ่	- การจำหน่ายสินค้าประเภทอาหารหรือวัตถุดิบประกอบอาหาร	- ร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ไปรับสินค้าจากหน้าฟาร์มโดยตรงและบรรจุสินค้าลงบรรจุภัณฑ์หน้าฟาร์มเพื่อลดการสูญเสียขณะขนส่ง - การจัดโปรโมชั่นลดราคาสินค้าในช่วงเย็นเมื่อมีอาหารเหลือ - คัดแยกบริจาคให้กับมูลนิธิรักษ์อาหารที่รับบริจาคอาหารสด และมูลนิธิกระจกเงาที่รับบริจาคเฉพาะอาหารแห้ง

ที่มา : Thai Health Watch (2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 แนวทางการกำจัดขยะอาหาร

ขยะอาหารที่เกิดขึ้นในครัวเรือน โดยส่วนมากถูกกำจัดโดยการทิ้งลงถังขยะเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาเก็บขนเพื่อนำไปกำจัดหรือฝังกลบ ถึงแม้จะมีการแนะนำให้ลดขยะอาหาร ณ แหล่งกำเนิด เพื่อให้มีปริมาณขยะอาหารที่จะต้องนำไปกำจัดหรือทำลายให้น้อยที่สุด โดยแนวทางการลดขยะอาหารก่อนนำไปจัดการที่ผ่านมามีหลายวิธี เช่น

1. หมักทำปุ๋ย เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพดินในการทำการเกษตร (Sharp and Sang-Arun, 2012)

2. ผลิตก๊าซชีวภาพ นำขยะอาหารและขยะอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ไปหมักในถังหมักก๊าซชีวภาพ โดยอาศัยหลักการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะเปลี่ยนขยะอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ใช้เป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือน ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า (Sharp and Sang-Arun, 2012)

3. ผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นของเหลวที่เกิดจากการหมักสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร พืชผัก ผลไม้ รวมทั้งสมุนไพรกับสารให้ความหวาน เช่น กากน้ำตาล น้ำตาล น้ำผึ้ง โดยสารอินทรีย์เหล่านั้นจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และเมื่อเสร็จสิ้นแล้วจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นสีน้ำตาลที่จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และสารอินทรีย์หลากหลายชนิดซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์แทนการใช้สารเคมีในครัวเรือน เช่น ผสมน้ำยาล้างจาน ซักผ้า แชมพู และประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ส่งเสริมการเจริญของพืช ส่งเสริมสุขภาพสัตว์ (Chaiyasut, 2010)

2.3 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (composting) คือ ปุ๋ยที่ได้จากหมักสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้เกิดการสลายตัวและผุพังไปบางส่วน ทำให้ได้ปุ๋ยที่มีลักษณะสีดำคล้ำ เป็นผงละเอียดเหมาะสำหรับปรับปรุงดินและมีแร่ธาตุอาหารสำหรับพืช ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่ใช้หมักอาจเป็นเศษพืช วัสดุอินทรีย์เผา รวมถึงอาจจะมีส่วนผสมซากสัตว์หรือปุ๋ยคอก และนำมากองรวมกันพร้อมทั้งรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ จุลินทรีย์ก็จะทำการย่อยสลายขึ้น โดยส่วนมากจะสามารถสังเกตได้จากการที่กองปุ๋ยหมักที่ได้จะมีความร้อนเกิดขึ้น เมื่อเกิดความร้อนจึงต้องคลุกกลับกองปุ๋ยและรดน้ำให้ทั่ว ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง และหากความร้อนในกองปุ๋ยหมักที่ได้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกจุดและมีความร้อนลดน้อยลง แสดงได้ว่า ปุ๋ยหมักพร้อมใช้งานแล้วโดยปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายได้ดีจะมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียด สีน้ำตาลดำ มีความร่วนซุย มีกลิ่นฉุนของการหมัก และเมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้ในแปลงเกษตรก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินรวมทั้งช่วยเพิ่มแร่ธาตุ อินทรียวัตถุปรับสภาพความเป็นกรด - ด่าง และช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.3.1 กระบวนการหมักของปุ๋ยหมัก

1. การหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Composting) เมื่อวัสดุหมักเกิดการย่อยสลายจนได้สารอินทรีย์ตั้งต้น ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส ลิกนิน ฯลฯ สารเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์จำพวกที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายโดยการดึงออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการ และท้ายที่สุดก็จะได้ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฮิวมัส น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และพลังงานความร้อน

กระบวนการหมักปุ๋ยประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1) การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive rotting phase) เกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียประเภทมีโซฟิลิค (Mesophilic) หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วอุณหภูมิจะสูงขึ้นจนถึงประมาณ 75 องศาเซลเซียส ช่วงนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียประเภทเทอร์โมฟิลิค (Thermophilic) และอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในวัสดุหมักส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้จะประมาณ 3 - 6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1 - 5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของวัสดุหมัก

2) การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final rotting phase) หลังจากที่การย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของการหมักจะค่อย ๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปจนถึง 1 ปี โดยการย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะมีกลุ่มจุลินทรีย์พวกรา ได้แก่ ฟังไจ (fungi) และแอคติโนมัยซิส (actinomycetes) ช่วยในการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายได้ยากที่เหลืออยู่ด้วย

2. การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Composting) สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์สร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างมีเทน ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) และพลังงานความร้อน

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ

ลักษณะที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	การหมักแบบมีออกซิเจน	การหมักแบบไร้ออกซิเจน
วัตถุประสงค์	ลดปริมาตรขยะ	ผลิตพลังงาน
ระยะเวลาหมัก	20 - 30 วัน	20 - 40 วัน
ผลิตภัณฑ์จากการหมัก	ฮิวมัส, น้ำ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	สลัดจ์, ก๊าซมีเทน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ปริมาตรขยะคงเหลือ	น้อยกว่าร้อยละ 50	มากกว่าร้อยละ 50
แหล่งพลังงาน	ใช้พลังงานภายนอก	ได้พลังงานจากการหมัก
ผลพลอยได้	ปุ๋ยหมัก	ลดปริมาณขยะและได้ขยะที่คงตัว

ที่มา : Tchobanoglous *et al*, (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ชนิดของปุ๋ยหมัก

1. ปุ๋ยหมักแบบทั่วไป คือปุ๋ยที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มาหมักตามกระบวนการทางธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเร่งการหมัก ซึ่งการหมักจะเกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจากจุลินทรีย์ทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้รวดเร็วขึ้น

2. ปุ๋ยหมักชีวภาพ คือการทำปุ๋ยหมักที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้การย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ หรือ EM เพื่อเร่งกระบวนการหมักทำให้เกิดปุ๋ยจากอินทรีย์วัตถุที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้เร็วขึ้น

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมัก

2.4.1 ความชื้นเหมาะสม

ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนส่วนใหญ่พบว่า หากความชื้นสูงเกินไปจะทำให้สัดส่วนของออกซิเจนที่มีอยู่ตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของขยะต่ำลง เนื่องจากถูกแทนที่ด้วยความชื้นซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (anaerobic condition) รวมทั้งทำให้อุณหภูมิภายในกองขยะลดต่ำลงด้วย อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะของจุลินทรีย์จะสูงขึ้นเมื่อความชื้นของกองปุ๋ยหมักมีประมาณร้อยละ 50 - 60 ซึ่งสภาวะเช่นนี้ถือได้ว่าไม่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ แต่ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 50 ก็จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดช้าลงด้วยเช่นกัน ความชื้นที่เหมาะสมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยมีค่าร้อยละ 50 - 60 (โดยน้ำหนัก) ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้า แต่ถ้าความชื้นมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 จะทำให้การระบายอากาศไม่ดีจนทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิคขึ้นทำให้กระบวนการย่อยเกิดช้าเช่นกัน

2.4.2 ขนาดของขยะหรือวัสดุหมักที่เหมาะสม

ชิ้นขยะมูลฝอยมีขนาดพอเหมาะประมาณ 0.5 - 1.5 นิ้ว ซึ่งขยะที่มีขนาดเล็กจะสามารถย่อยสลายได้เร็วเพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับจุลินทรีย์มากและอยู่ใกล้ชิดกัน ทำให้จุลินทรีย์เติบโตได้ทั่วถึง แต่มีข้อเสีย คือ ทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในกองปุ๋ยหมักลดลง ส่วนขยะที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ภายในกองปุ๋ยหมักมีช่องว่างมากส่งผลให้กองปุ๋ยไม่ร้อนและย่อยสลายช้าลง

2.4.3 อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสม

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับหมักปุ๋ยควรอยู่ในช่วงระหว่าง 15 - 40 องศาเซลเซียส หรือไม่ควรสูงเกินกว่า 60 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองขยะให้สูงขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าหากสูงมากเกินไปก็มีผลยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ได้เช่นกัน

2.4.4 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่เหมาะสม

ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กันโดยเรียกว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ซึ่งมีผลต่อกระบวนการหมักและคุณภาพของปุ๋ยหมัก เนื่องจากไนโตรเจนมีผลต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์ หากอัตราส่วนนี้มีคาสูงเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนน้อยจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มจำนวนน้อยลงไปด้วย เพราะต้องอาศัยไนโตรเจนในการเจริญเติบโต แต่ในทางตรงกันข้ามหากอัตราส่วนต่ำเกินไปซึ่งหมายถึงมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้นก็จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) แพร่กระจายออกสู่บรรยากาศมาก โดยปกติอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมควรมีค่าอยู่ในช่วง 25 – 30 ซึ่งถ้าหากมีอัตราส่วนที่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็จำเป็นตองปรับสภาพของขยะให้มีอัตราสวนอยู่ในช่วงดังกลาวก่อนนำไปทำการหมักเป็นปุ๋ยตอไป นอกจากนี้ C/N ratio สามารถนำมาพิจารณาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักหลังสิ้นสุดกระบวนการได้ (ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20) เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดกับพืช โดย C/N ratio ของวัตถุดิบแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าคาร์บอนและไนโตรเจนของวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย (C/N ratio < 100:1 คือ วัสดุย่อยสลายง่าย)

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (%)		C/N ratio
	คาร์บอน	ไนโตรเจน	
ฟางข้าว	48.82	0.55	88.76
ผักตบชวา	43.56	1.27	34.30
หญ้าขน	48.66	1.38	35.26
เปลือกสับปะรด	46.80	1.79	26.15
ต้นข้าวโพด	33	0.53	62.26
ซังข้าวโพด	49.9	1.00	49.9
เปลือกถั่วลิสง	58.36	0.73	79.94
แกลบ	54.72	0.36	152
เปลือกมันสำปะหลังแห้ง	48.85	0.60	81.42
เปลือกมันสำปะหลังสด	31.52	0.59	53.42
ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ	62.70	0.32	195.93
ขี้เลื่อยไม้ยางเก่า	56.37	0.25	225.48
เศษใบอ้อย	51.52	0.49	105.14
ชานอ้อย	57.69	0.40	144.23
ขุยมะพร้าว	60.13	0.36	167.03
เศษหญ้าจากการตัด	–	–	12 – 25
เศษผัก	–	–	12 – 20
เศษผลไม้	–	–	35
มูลสัตว์ปีกสด	–	–	10

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2553)

2.4.5 ปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะ (O_2)

ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ สำหรับการหมักแบบใช้ออกซิเจนจำเป็นต้องมีการเติมอากาศเข้าไปเพื่อลดการเกิดการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ช้าและทำให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยทั่วไประดับออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วงร้อยละ 6 - 16 และร้อยละ 20 รอบผิวกองปุ๋ยหมัก ถ้าระดับออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 5 การแยกสลายจะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหม็นตามมา ดังนั้นออกซิเจนยิ่งมากการย่อยสลายยิ่งเกิดมาก กองปุ๋ยหมักเมื่อเริ่มต้นควรมีช่องว่างอากาศประมาณร้อยละ 30 ถึง 35 เพื่อให้สภาวะการหมักที่ดีที่สุดเกิดขึ้น และควรรักษาระดับออกซิเจนให้เกินร้อยละ 5 ทั่วทั้งกองปุ๋ยหมัก

2.4.6 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ในระหว่างการหมักค่าพีเอชจะอยู่ระหว่าง 6.0 - 9.0 (Miller, 1992) โดยแบคทีเรียและเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีที่พีเอช 6.0 - 7.5 และ 5.5 - 8.0 ตามลำดับ (Gray, 1971) สารอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นบัฟเฟอร์ที่ดีจะช่วยรักษาระดับพีเอชไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก การที่กองปุ๋ยหมักมีค่าพีเอชต่ำเนื่องจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอเกิดกรดอินทรีย์จากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ถ้ากองปุ๋ยมีค่าพีเอชสูงเกินไปนั้นเกิดจากแอมโมเนียมไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จะเห็นได้ว่าวัสดุหมักที่มีค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไปส่งผลให้กระบวนการหมักเกิดช้า จึงต้องปรับให้ค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เป็นกลางก่อน โดยช่วงแรกค่า pH อาจจะลดลงไปที่ 5.5 และเพิ่มขึ้นเป็น 7 – 8 ในช่วงของ Thermophilic Phase จากนั้นจะลดลงเป็น 6 – 7 ซึ่งเป็นช่วงที่ปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์

2.4.7 การกลับกองปุ๋ย

ในระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญวัตถุอินทรีย์ ขณะที่ออกซิเจนถูกใช้หมดกระบวนการหมักปุ๋ยจะช้าลงและอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลง จึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเพื่อให้อากาศหมุนเวียนในกองปุ๋ย เพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์และเป็นการกลับวัสดุที่อยู่ด้านนอกเข้าข้างในซึ่งช่วยให้การย่อยสลายเร็วขึ้น

2.5 มาตรฐานปุ๋ยหมัก

โดยทั่วไปวัสดุเหลือใช้หรือของเสียต่าง ๆ ที่นำทำปุ๋ยหมักควรมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชคือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) อย่างเหมาะสม ดังนั้นการทำปุ๋ยหมักจากขยะจึงต้องเลือกประเภทของขยะที่จะนำมาใช้หมักให้เหมาะสมด้วย เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อพืชให้มากที่สุด ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้กำหนดคุณภาพของปุ๋ยหมักโดยออกประกาศมาตรฐานปุ๋ยหมักขั้นต่ำตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2550) ดังนี้ (สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550)

2.5.1 ปุ๋ยหมักเกรด 1 หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดไม่เป็นของเหลวที่มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เป็นปุ๋ยที่ทำจากวัสดุอินทรีย์และผ่านการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จนแปรสภาพจากรูปเดิม และจะให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.5.2 ปุ๋ยหมักเกรด 2 หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดไม่เป็นของเหลวที่มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก เป็นปุ๋ยที่ทำจากวัสดุอินทรีย์ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัดหรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพ

2.5.3 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดไม่เป็นของเหลวที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 9 และไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก โดยได้จากการนำวัสดุอินทรีย์และอนินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูงมาผ่านกระบวนการหมักจนสลายตัวสมบูรณ์ หรือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการสลายตัวสมบูรณ์แล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์ และอนินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหาร

2.6 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักปุ๋ย

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกองปุ๋ยหมักมีหลายประเภท ประกอบด้วยเชื้อรา แบคทีเรียและแอคติโนมัยซิท ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ บทบาทของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยมีดังนี้ (Polprasert, 1989)

2.6.1 เชื้อรา (Fungi) ในกองปุ๋ยจะพบเชื้อราอยู่เสมอ โดยเชื้อรามีบทบาทในการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักให้มีขนาดเล็กลง ในระยะแรกของการหมักในกองปุ๋ยหมักจะพบเชื้อราพวก *Geotrichum candidium* และ *Aspergillus Fumigitus* เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 45 - 55 องศาเซลเซียสจะพบเชื้อราพวก *Cladosporium* sp. *Aspergillus* และ *Mucor* sp. ซึ่งชนิดและปริมาณของเชื้อราจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก เชื้อราจะเจริญได้ดีในระยะแรกของการหมักปุ๋ย เนื่องจากในระยะแรกของการหมักกองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนักเพราะถ้ากองปุ๋ยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสูงก็จะเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้น จึงมักพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมักซึ่งมีอุณหภูมิ และความชื้นต่ำกว่าภายในกองปุ๋ยหมัก แต่เมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียสจะไม่พบเชื้อรา แต่ถ้าอยู่ในสภาพมีความแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เชื้อราจะยังสามารถเจริญอยู่ได้ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบเชื้อราพวก *Penicilium duponti* ซึ่งแต่ละชนิดของเชื้อราดังกล่าวที่พบนี้อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก

2.6.2 แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากในกองปุ๋ยหมัก แบคทีเรียที่พบจะเป็นพวก *Bacillus* sp. *Pseudomonas* sp. *Cellulomonas* sp. *Favobacterium* sp. *Micrococcus* sp. *Achromobacter* sp. ประมาณร้อยละ 80 – 90 ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมัก ปริมาณทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมักมักมีค่าประมาณ 2.3 เซลล์ต่อกรัม ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้เพื่อที่จะทำปุ๋ยหมัก แบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของการหมักอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะไม่สูงมาก ระยะต่อมาเมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงมากขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเป็นพวก *Bacillus subtilis* และ *Bacillus stearothermophilus* ในช่วงอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูง ในบางกรณีอาจสูงถึง 65 – 70 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้และสามารถทนความร้อนได้สูงได้แก่ พวก *Thermus sp*. ที่สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และพวก *Bacillus* sp. ที่สามารถสร้างสปอร์ นอกจากนี้ ยังพบแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ได้แก่ *Clostridium* sp.

2.6.3 แอคติโนมัยซิท (Actinomycetes) จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าเชื้อราและแบคทีเรียเจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศพอเพียงได้แก่ *Thermoactinomyces* sp. *Thermomonospora* sp. เป็นพวกที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจจะพบ *Streptomyces* sp. และ *Micropolyspora* sp. เช่นกัน เป็นจุลินทรีย์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 65 – 75 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส มักจะไม่พบเชื้อชนิดนี้ ลักษณะของเชื้อแอคติโนมัยซิทที่พบบนกองปุ๋ยหมักจะเจริญเป็นกลุ่มเห็นเป็นจุดสีขาวคล้าย ๆ ผงปูน หลังจากอุณหภูมิสูงขึ้นจนสูงมากเชื้อแอคติโนมัยซิทมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียสาร เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน และโปรตีนที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักขณะที่มีอุณหภูมิสูง

2.7 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

1. การปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีสมบัติในการปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียด อัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยให้มีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ทำให้การระบายน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น ช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มหรือดูดซับน้ำที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้มากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้เร็วแข็งแรงแตกแขนงได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์จึงดูดซับแร่ธาตุต่าง ๆ และน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สารอินทรีย์อยู่น้อยไม่อุ้มน้ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทำให้สามารถดูดซับน้ำไว้ให้พืชได้มากขึ้น ในดินเนื้อหยาบจึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ นอกจากสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าว ปุ๋ยหมักยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่น ๆ อีก เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน (soilcrust) ทำให้การงอกของเมล็ดและการซึมของน้ำไหลลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำขณะฝนตกเป็นการลดการพัดพาหน้าดินที่สมบูรณ์ไป เมื่อกล่าวโดยรวมแล้วปุ๋ยหมักสามารถทำให้สมบัติต่าง ๆ ของดินดีขึ้น

2. ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ดินที่มีอินทรียวัตถุสูง (มากกว่าร้อยละ 3) มีสมบัติทางฟิสิกส์ดี คือ โครงสร้างดินมีเสถียรภาพ ความหนาแน่นรวมต่ำการแทรกซึมน้ำและการซึมน้ำของดินสะดวก การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดี ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลางให้มีมากขึ้นจะทำให้สมบัติดินทางฟิสิกส์ดังที่กล่าวข้างต้นดีขึ้น ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ระบบรากพืชพัฒนาและกระจายออกไปได้กว้างและลึกจึงมีโอกาสดูดธาตุอาหาร และน้ำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิมสำหรับดินเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวและดินร่วนเหนียวที่มีอินทรียวัตถุต่ำจะมีความหนาแน่นรวมสูงรวมทั้งการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศช้า การใส่ปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุจะทำให้สมบัติดังกล่าวของดินดีขึ้น การใช้ปุ๋ยหมักในดินเนื้อหยาบที่มีอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลางจะช่วยพัฒนาโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เนื่องจากฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารเชื่อมที่ดีทำให้อนุภาคดินเกาะกลุ่มเป็นเม็ดดินและก้อนดิน ตามลำดับจนได้โครงสร้างดินที่มีเสถียรภาพและทนต่อการกร่อน (Alexander, 2001; Fullen and Catt, 2004)

3. ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน ปุ๋ยหมักมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง เมื่อใส่ในดินจึงช่วยเพิ่ม CEC ตามสัดส่วนของอัตราปุ๋ยที่ใส่ด้วยการที่ดินมี CEC สูงขึ้นมีผลดี 2 ประการ คือ เพิ่มปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้จึงลดการสูญเสียของธาตุอาหารรูปแคตไอออนไปกับการชะล้าง และดินมีความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) สูงขึ้นจึงต้านทานต่อการเปลี่ยน pH กล่าวคือ เมื่อมีกรดหรือด่างเพิ่มขึ้นในดินเพียงเล็กน้อย pH ของดินก็จะไม่เปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของดินมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเพิ่มศักยภาพของดิน ทั้งในด้านการปรับปรุงลักษณะโครงสร้างของดิน เพิ่มประสิทธิภาพความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแก่พืชในดินและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประหยัดในการใช้ปุ๋ยเคมี ผลของการใช้ปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน (Qui and Calcinai, 1978)

3.1 การใส่ปุ๋ยหมักเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่ก็ค่อย ๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำมาจากวัสดุเศษพืชต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมที่พืชต้องการอย่างครบถ้วน

3.2 เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างสูงมากกว่าดินเหนียวประมาณ 5 ถึง 10 เท่า จึงจะมีส่วนช่วยให้ปุ๋ยเคมีที่อยู่ในรูปของแคตไอออนบางชนิดถูกดูดยึด ไม่สูญเสียไป และพืชก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในบางกรณี

3.3 ปุ๋ยหมักช่วยลดความเป็นพิษของการที่มีธาตุอาหารบางธาตุมากเกินไป เช่น การใช้ปุ๋ยหมักในดินกรด สามารถลดความเป็นพิษของอลูมินัมและแมงกานีสโดยช่วยดูดยึดธาตุอาหารทั้ง 2 ไว้ ทำให้ปริมาณในสารละลายดินลดลง การใช้ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยหมักจะลดความเป็นพิษของอลูมินัมและแมงกานีสได้ดีที่สุด

3.4 การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นการช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด - ด่าง (buffer capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช

4. ปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน การใส่ปุ๋ยหมักในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลางจะช่วยเพิ่มชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ดินรวมทั้งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตมากขึ้น สำหรับสัตว์ในดิน เช่น ไส้เดือนก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน กิจกรรมของไส้เดือนในการสร้างโพรงที่ต่อเนื่องช่วยในการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ อันส่งผลให้รากเจริญเติบโตดีขึ้น (ยงยุทธ, 2551) โดยวัสดุอินทรีย์เหล่านี้จะเป็นแหล่งของพลังงานและธาตุอาหารแก่เชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดสภาวะการแก่งแย่งหรือแข่งขันเพื่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ในดินส่งผลกระทบทำให้ประชากรของเชื้อ สาเหตุโรคพืชลดลงด้วย ผลของการใช้ปุ๋ยหมักที่มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดินสามารถ สรุปได้ดังนี้ (ธงชัย, 2540)

4.1 การใส่ปุ๋ยหมักลงในดินเป็นการเพิ่มอาหารให้แก่จุลินทรีย์ โดยพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชขึ้น เช่น กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน รวมทั้งกิจกรรมของพวกเชื้อราไมคอร์ไรซ่าบริเวณรากพืชด้วย

4.2 การใส่ปุ๋ยหมัก ทำให้ปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น เช่น เชื้อ *Azotobacter* sp. จะมีปริมาณมาก (Marchesini et al, 1988) มีผลต่อการยับยั้งการเจริญ และความสามารถในการก่อให้เกิดโรคบางชนิดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้รากพืช ปุ๋ยหมักเป็นธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อ *Trichorderma* sp. จึงมักพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักลงดินจะช่วยลดปริมาณของเชื้อโรคบางชนิดในดินทำให้พืชเกิดโรคน้อยลง นอกจากนี้แล้วจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญเติบโตอยู่สามารถขับสารปฏิชีวนะ รวมทั้งสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้หลายชนิดเป็นการลดการระบาดและความรุนแรงของโรคพืชบางชนิดลงได้ (Hoitink, 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดฟอร์มิกและอะซีติก เป็นต้น ซึ่งกรดอินทรีย์บางชนิดจะถูกพืชนำไปใช้โดยตรง อีกทั้งบางชนิดมีผลต่อการปลดปล่อยและการเปลี่ยนแปลงอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

4.4 การใส่ปุ๋ยหมักมีผลต่อการควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน จุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูของไส้เดือนฝอยสามารถเจริญเติบโตได้ดีรวมทั้งขับสารพวกอัลคาลอยด์และกรดไขมันบางชนิดที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอย การใส่ปุ๋ยหมักจึงส่งผลให้มีปริมาณไส้เดือนฝอยลดลงปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นคล้ายคลึงกันกับการลดลงของเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว

5. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งแร่ธาตุอาหารที่จะปลดปล่อยออกมาให้แก่ต้นพืชอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอโดยทั่วไปแล้วปุ๋ยหมักจะมีแร่ธาตุอาหารพืชที่สำคัญครบถ้วน กล่าวคือ มีไนโตรเจนทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.4 - 2.5 ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 0.2 - 2.5 และโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 0.5 - 1.8 ปริมาณแร่ธาตุดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเศษพืชที่นำมาหมักและวัสดุอื่น ๆ ที่ใส่ลงไปในกองปุ๋ย (ธงชัย, 2546) นอกจากธาตุอาหาร 3 ธาตุ ที่กล่าวมาแล้วปุ๋ยหมักยังมีธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น แคลเซียม กำมะถัน แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และธาตุอื่น ๆ ซึ่งปกติแล้วปุ๋ยเคมีจะไม่มีหรือมีเพียงบางธาตุเท่านั้น ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก เพียงแต่ต้องการในปริมาณน้อยเท่านั้น นอกจากจะเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชแล้ว ปุ๋ยหมักยังมีคุณค่าในแง่ของการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินหลายประการ อาทิเช่น ช่วยทำให้แร่ธาตุอาหารพืชในดินแปรสภาพไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชเอาไว้ไม่ให้ถูกน้ำฝนหรือน้ำชลประทานชะล้างสูญหายไปได้ง่ายเป็นการช่วยถนอมแร่ธาตุอาหาร หรือความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้อีกทางหนึ่ง จะเห็นได้ว่า แม้ปุ๋ยหมักจะมีปริมาณแร่ธาตุอาหารในปุ๋ยไม่เข้มข้นเหมือนปุ๋ยเคมีแต่ก็มีลักษณะดีอื่น ๆ ที่ช่วยรักษาและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็นอย่างดี (อานัฐ, 2558)

2.8 EM (Effective Microorganisms)

สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองนครปฐม (2551) กล่าวว่า EM คือกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพที่ได้รับการคัดสรรเป็นอย่างดี มีประโยชน์ต่อคน พืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมซึ่งประกอบด้วย

1. กลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria) มีคุณสมบัติสังเคราะห์สารอินทรีย์และสร้างความอุดมสมบูรณ์
2. กลุ่มจุลินทรีย์สร้างกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นโทษ
3. กลุ่มจุลินทรีย์หมัก เช่น ยีสต์ (Yeast) มีคุณสมบัติช่วยในการย่อยสลายประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ EM

<u>ประโยชน์ใช้สอยของจุลินทรีย์ EM</u>

1) การเกษตร เช่น การเตรียมแปลง การดูแลพืช ผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ ฯลฯ
2) ปศุสัตว์ เช่น ผสมน้ำและอาหารให้สัตว์กิน พ่นล้างคอก สมานบาดแผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ในครัวเรือน ใช้ทำความสะอาด กำจัดกลิ่นในบริเวณต่าง ๆ เช่น ห้องครัวหรือใช้เทลงท่อป้องกันการอุดตันของท่อและรางระบายน้ำ
4) การประมง เช่น การเตรียมบ่อ ปรับสภาพน้ำ
5) ปรับสภาพดิน น้ำ อากาศ ให้ดีขึ้น
6) สามารถเปลี่ยนสภาพความเป็นกรด - ด่าง ให้สมดุล
7) เพิ่มประสิทธิภาพในการหมักและการย่อยสลายทำให้เกิดสารอาหารเป็นปุ๋ย
8) ลดการใช้สารพิษ สารเคมี
9) สามารถป้องกันเชื้อโรค รวมทั้งสร้างภูมิคุ้มกันให้กับพืชและสัตว์
10) ใช้เพื่อปรับสมดุลให้กับดิน
11) ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย
12) ใช้เพื่อกำจัดกลิ่นจากขยะมูลฝอย

<u>วิธีเก็บรักษาจุลินทรีย์ EM</u>

1) เก็บในที่ร่มที่อุณหภูมิ 20 - 45 องศาเซลเซียส
2) ถ้ายังไม่เปิดใช้ เก็บไว้ได้นาน 1 ปี

ถ้าเปิดใช้แล้ว เก็บไว้ได้นาน 6 เดือน (เปิดแล้วควรปิดฝาให้สนิท)

<u>ข้อสังเกต</u>

1) EM ดี สีน้ำตาล กลิ่นหอมเปรี้ยว
2) EM เสีย สีดำ กลิ่นเหม็นเน่า (ควรเทลงส้วมหรือนำไปกำจัดวัชพืช)

2.9 สารเร่งซุปเปอร์ พด.1

เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเพื่อผลิตปุ๋ยหมักในเวลารวดเร็วและมีคุณภาพสูงขึ้น ประกอบด้วยเชื้อราและแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสารประกอบเซลลูโลสและแบคทีเรียที่ย่อยไขมัน

<u>จุดเด่นของสารเร่งซุปเปอร์ พด.1</u>

1. มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสารประกอบเซลลูโลสที่ย่อยสลายยาก
2. สามารถย่อยสลายน้ำมัน ไขมันในวัสดุหมัก
3. ผลิตปุ๋ยหมักในระยะเวลารวดเร็วและมีคุณภาพสูง
4. เป็นจุลินทรีย์ที่ทนอุณหภูมิสูง
5. เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างสปอร์ จึงเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน
6. สามารถย่อยวัสดุเหลือใช้ได้หลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

<u>การผลิตปุ๋ยหมักจากสารเร่งซุปเปอร์ พด.1</u>

1. ส่วนผสมของวัสดุ ในการกองปุ๋ยหมัก 1 ต้น ประกอบด้วย
    1.1 เศษพืชแห้ง 1,000 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม

1.3 ปุ๋ยไนโตรเจน 2 กิโลกรัม

1.4 สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 1 ซอง

2. วิธีการกองปุ๋ยหมัก

การกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน จะมีขนาดความกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1.5 เมตร การกองมี 2 วิธี ขึ้นกับชนิดของวัสดุ วัสดุที่มีขนาดเล็กให้คลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันแล้วจึงกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนวัสดุที่มีชิ้นส่วนยาวให้กองเป็นชั้น ๆ ประมาณ 3 - 4 ชั้น โดยแบ่งส่วนผสมที่จะกองออกเป็น 3 - 4 ส่วนตามจำนวนชั้นที่จะกอง มีวิธีการกองดังนี้

2.1. ผสมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ในน้ำ 20 ลิตร นาน 10 - 15 นาที เพื่อกระตุ้นให้จุลินทรีย์ออกจากสภาพที่เป็นสปอร์และพร้อมที่จะเกิดกิจกรรมการย่อยสลาย

2.2. การกองชั้นแรกให้นำวัสดุที่แบ่งไว้ส่วนที่หนึ่งมากองเป็นชั้นมีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 30 - 40 เซนติเมตร ย่ำให้พอแน่นและรดน้ำให้ชุ่ม นำมูลสัตว์โรยที่ผิวหน้าเศษพืชให้ทั่ว โรยปุ๋ยไนโตรเจนทับบนชั้นของมูลสัตว์แล้วราดสารละลายสารเร่งให้ทั่ว โดยแบ่งใส่เป็นชั้นๆหลังจากนั้นนำเศษพืชมากองทับเพื่อทำชั้นต่อไป ปฏิบัติเหมือนการกองชั้นแรก ทำเช่นนี้อีก 2 - 3 ชั้น ชั้นบนสุดของการกองปุ๋ยควรปิดทับด้วยเศษพืชที่เหลืออยู่เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น

การปฏิบัติและการดูแลรักษากองปุ๋ยหมักหลังจากกองปุ๋ยเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการดูแลรักษา (นันทกร, 2554)

1. รดน้ำเพื่อรักษาความชื้นในกองปุ๋ย รดน้ำให้กองปุ๋ยชุ่มอยู่เสมอให้มีความชื้นประมาณ 50 - 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตรวจสอบโดยการหยิบวัสดุภายในกองปุ๋ยมาบีบดูอย่าให้เปียกถึงขนาดมีน้ำออกจากง่ามนิ้วมือหรือคลายมือออกไม่มีน้ำติดตามฝ่ามือ ถ้าหากความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า แต่ถ้ากองปุ๋ยแฉะจนเกินไปจะทำให้การถ่ายเทอากาศไม่ดี เกิดสภาพขาดออกซิเจนจะมีผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยกระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าเช่นกัน

2. การกลับกองปุ๋ยหมัก ให้กลับกองปุ๋ยประมาณ 7 - 10 วันต่อครั้ง เพื่อเป็นการระบายอากาศเพิ่มออกซิเจนให้กับกองปุ๋ยหมักและช่วยให้วัสดุคลุมเคล้าเข้ากันตลอดจนช่วยลดความร้อนในกองปุ๋ย ซึ่งจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่ไม่มีแรงงานในการกลับกองปุ๋ยสามารถใช้ไม้ไผ่เจาะรูให้ทะลุตลอดทั้งลำและเจาะรูด้านข้างตามข้อปักลงไปในกองปุ๋ยหมักให้ลึกรอบ ๆ กองปุ๋ยอาจจะห่างกันลำละ 50 - 70 เซนติเมตรก็จะช่วยการถ่ายเทอากาศของกองปุ๋ยได้ดีขึ้น

3. การเก็บรักษากองปุ๋ยหมักที่เสร็จแล้ว ถ้ายังไม่ได้นำปุ๋ยหมักไปใช้ทันทีควรนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปเก็บไว้ในโรงเรือน การที่ปล่อยให้ปุ๋ยหมักตากแดดและฝนจะทำให้ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักสูญเสียไปได้

<u>หลักการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว</u>

1. สีของวัสดุเศษพืช ปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ

2. ลักษณะของวัสดุเศษพืช ปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะไม่มีกลิ่นเหม็น

4. ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมักประมาณ 2 - 3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงขึ้นระยะหนึ่งแล้วจะค่อยลดลงจะกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยจะถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามควรจะพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่ความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจจะทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงเช่นกัน

5. สังเกตเห็นการเจริญของพืชบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักใช้ได้แล้วอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้แสดงว่าปุ๋ยหมักนำไปใส่ในดินได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2.10 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสู่ชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร ได้แก่ เศษไม้ยางพารา ทะลายปาล์ม กาบหรือกะลามะพร้าว แกลบ ฟางข้าว กากอ้อย ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง ฯลฯ ล้วนสามารถผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพได้ โดยมีมูลค่าทางทฤษฎีเฉลี่ยสูงถึงแสนกว่าล้านบาทต่อปีหรือผลิตได้ถึง 33 ล้านลิตร/วัน ครอบคลุมความต้องการใช้ภายใต้เงื่อนไข คือ สามารถจัดเก็บชีวมวลที่มีอยู่ในประเทศได้ทั้งหมดโดยไม่มีต้นทุนค่าขนส่ง และการนำวัสดุเหลือใช้/เหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในงานเกษตร (reform) คือ การนำเอาสิ่งที่เหลือจากการเกษตรซึ่งโดยทั่วไปไม่มีราคาแล้วหรือมีราคาที่ค่อนข้างต่ำนำมาใช้ในกิจกรรมการเกษตรที่เป็นงานผลิตอีกครั้ง โดยนำมาใช้ในรูปแบบเดิมหรือรูปแบบใหม่ก็ได้ กระบวนการของการนำมาใช้มี 3 ขั้นตอน (บัญชา, 2561)

1. การเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้/เหลือทิ้งให้มีปริมาณที่มากพอที่จะนำมาใช้งานได้
2. นำวัสดุเหล่านั้นไปผ่านกระบวนการอย่างง่าย ๆ เช่น ตากแห้ง ย่อย สับ หมัก
3. นำวัสดุ/วัตถุไปใช้ตามกรรมวิธีและวัตถุประสงค์เฉพาะ

ประเภทของชีวมวลในประเทศไทยที่สามารถนำมาผลิตพลังงานได้ สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

1. ไม้ (woody biomass) ไม้เป็นชีวมวลที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ แต่การใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงนั้นทำให้พื้นที่ป่าลดลงส่งผลต่อระบบนิเวศทำให้สัตว์บางชนิดลดลงหรือสูญหาย ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้ปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และช่วยฟื้นฟูสภาพป่าที่เสื่อมโทรม

2. ชีวมวลประเภทไม่ใช่ไม้ (non-woody biomass) ชีวมวลที่ได้จากพืชที่ไม่ใช่ต้นไม้ โดยมากเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ใบ/ยอดอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ซังข้าวโพด การนำเศษวัสดุเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดแล้วยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้ชีวมวลได้อีกด้วย

3. ชีวมวลประเภทอื่น ๆ นอกเหนือจากชีวมวล 2 ชนิดที่กล่าวไปข้างต้น ได้แก่ ของเสียจากชุมชนและฟาร์มปศุสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้อาจจะแบ่งประเภทของชีวมวลออกเป็น 6 ประเภทจากแหล่งกำเนิดของชีวมวลนั้น ๆ (Hoogwijk, 2003 ; นคร, 2553) ได้แก่

1) ชีวมวลที่เกิดจากการเพาะปลูก ซึ่งชีวมวลประเภทนี้มีการปลูกขึ้นมาแล้วเหลือจากใช้ในจุดประสงค์หลักของการปลูก เช่น ปาล์มน้ำมัน ข้าวโพด ถั่วเหลือง และมันสำปะหลัง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ชีวมวลที่เกิดขึ้นหลังการเกิดไฟไหม้ป่าโดยชีวมวลประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นพวกเศษกิ่งไม้และลำต้นของต้นไม้ที่หลงเหลือจากไฟไหม้ป่า

3) ชีวมวลที่เกิดขึ้นจากของเสียทางการเกษตร ชีวมวลประเภทนี้จะเกิดขึ้นระหว่างการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปพืชผลทางการเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว กะลาปาล์มและกาบ

4) ชีวมวลที่เกิดขึ้นในป่าและอุตสาหกรรมป่าไม้ ชีวมวลประเภทนี้สามารถหาได้ในป่าหรือจากต้นไม้ที่ตายไปแล้วแม้กระทั่งของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ เช่น ขี้เลื้อย และปีกไม้ เป็นต้น

5) ชีวมวลจากมูลสัตว์ ชีวมวลประเภทนี้เป็นสิ่งปฏิกูลที่เกิดจากการขับถ่ายของสัตว์ เช่น มูลวัว มูลแพะ มูลไก่

6) ชีวมวลจากขยะชุนชน ชีวมวลประเภทนี้คือขยะที่เราทิ้งกันทุก ๆ วัน ซึ่งสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ขยะชุมชน (Municipal Solid Waste) เป็นต้น ซึ่งชีวมวลเหล่านี้จะมีความชื้นที่สูงมาก

2.11 ซังข้าวโพด

ซังข้าวโพด คือ ส่วนหนึ่งของข้าวโพดที่เหลือจากการสีเมล็ดข้าวโพดออกไป เมื่อก่อนเกษตรกรไม่ได้ใช้ประโยชน์จากซังข้าวโพดก็จะทิ้งให้ย่อยสลายไปเองหรืออาจนำมาเผาทิ้งเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกในฤดูกาลถัดไป จนกระทั่งมีการศึกษาและนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมทำให้ซังข้าวโพดในปัจจุบันเป็นสิ่งที่มีมูลค่าด้วยในซังข้าวโพดให้ค่าความร้อนอยู่ที่ประมาณ 3,000 Kcal/kg. ซังข้าวโพดมีความชื้นมากกว่า 30 - 20 และได้มีการนำมาผลิตพลังงานไฮโดรเจนตลอดถึงก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากทั้งน้ำตาลกลูโคส และไซโลสที่หลงเหลืออยู่ในเศษพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

รูปที่ 2.1 ซังข้าวโพด
ที่มา: ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (2565)

2.11.1 ปัญหาของซังข้าวโพดที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและแนวทางการจัดการ

การจัดการเศษซากทางการเกษตรของเกษตรกรไทยในปัจจุบัน มีทั้งหมด 3 วิธีด้วยกัน

1) การใช้เป็นอาหารปศุสัตว์ ซึ่งจะมีเพียงฟางข้าวเท่านั้น

2) การย่อยสลายตามธรรมชาติ ซึ่งวิธีนี้เป็นที่วิธีที่เกษตรกรส่วนใหญ่

3) การเผา วิธีนี้เป็นที่นิยมมากในสมัยอดีต แต่ในปัจจุบันวิธีนี้เป็นที่ไม่ค่อยนิยม เนื่องจากทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ (PM 2.5) และมาตรการของภาครัฐที่เข้มงวดมากขึ้นจึงทำให้เกษตรกรไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เผาเศษซากทางการเกษตรได้การเผาในพื้นที่เกษตรเหล่านั้นเป็นแหล่งที่มาของฝุ่นควันที่เห็นได้ชัด โดยเฉพาะในช่วงหลังเก็บเกี่ยวและช่วงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2561) ระบุว่าเป็นการเผาในพื้นที่เกษตรก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5 ของปริมาณ PM 2.5 ทั้งหมดที่เกิดขึ้น และยังมีแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ได้แก่ รถยนต์และการจราจรร้อยละ 72.5 โรงงานอุตสาหกรรมร้อยละ 17 และแหล่งที่มาอื่น ๆ อีกบางส่วนประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจกระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ เกษตรกรส่วนหนึ่งมุ่งเน้นการเพิ่มปริมาณผลผลิต จึงเร่งการผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อให้ได้หลายรอบต่อปี โดยขาดการจัดการที่ดี และเลือกใช้วิธีการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรแทนวิธีการอื่น ๆ เพราะเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ต้นทุนต่ำ โดยเฉพาะการเผาใบอ้อย ตอซังและฟางข้าว และตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เผาในพื้นที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร้อยละ 35 และเผาในพื้นที่ข้าวนาปีร้อยละ 29 (Attavanich and Pengthamkeerati, 2018)

2.12 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุอาหารพืช (mineral plant nutrition) เป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความชื้น ชนิดและปริมาณของก๊าซต่าง ๆ ในบรรยากาศ โรคแมลงและสมบัติต่าง ๆ ของดิน ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เหล่านี้เมื่อพืชได้รับอย่างเหมาะสมจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่และให้ผลผลิตสูง แต่เมื่อหากมีปัจจัยหนึ่งขาดแคลนหรือไม่เหมาะสมการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชจะถูกจำกัดด้วยปัจจัยนี้ เรียกว่า หลักของปัจจัยที่ขาดแคลน (principle of limiting factors)

ธาตุอาหารที่พบในพืชมีมากกว่า 60 ธาตุ แต่ไม่ได้จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชทั้งหมด ซึ่งการที่จะกำหนดว่าธาตุใดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช (essential nutrient elements) มีหลักพิจารณา 3 ข้อ คือ

1) พืชต้องการเพื่อให้ดำรงชีพจนครบชีพจักรหรือเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืชเมื่อพืชขาดไม่อาจดำรงชีวิตจนครบวงจรได้

2) ไม่มีธาตุใดทำหน้าที่ทดแทนธาตุนั้นได้อย่างสมบูรณ์

3) พืชโดยทั่วไปต้องการธาตุนั้นเป็นผลมาจากผลการทดลองของนักวิจัยทั่วโลก สำหรับพืชชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการทดสอบแล้วล้วนต้องการธาตุอาหารพืชทั้งหมด 17 ชนิด ประกอบด้วย คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) โบรอน (B) คลอรีน (Cl) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) สังกะสี (Zn) และนิเกิล (Ni) การจำแนกธาตุอาหารพืชตามความต้องการของพืช สามารถจำแนกออกได้ 2 กลุ่ม คือ มหาธาตุ (macronutrient elements) และจุลธาตุ (micronutrient elements)

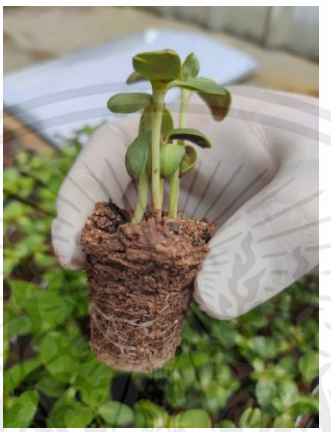
มหาธาตุ คือ ธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน สำหรับธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน และคาร์บอน พืชได้รับมาในรูปของน้ำและแก๊สทำให้พืชได้รับในปริมาณที่เพียงพอจึงไม่รวมไว้ในกลุ่มนี้ สำหรับธาตุอาหารพืชในกลุ่มมหาธาตุยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นธาตุอาหารพืชที่มักขาดแคลนในดินทั่วไป เรียกว่า ธาตุหลัก (primary elements) ประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกลุ่มที่ 2 เป็นธาตุอาหารพืชที่มีปัญหาความขาดแคลนไม่กว้างขวางเหมือนธาตุหลัก เรียกว่า ธาตุอาหารรอง (secondary elements) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน

จุลธาตุ คือ ธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม สังกะสีและนิเกิล (ยงยุทธ, 2552)

2.13 ต้นอ่อนทานตะวัน



รูปที่ 2.2 ต้นอ่อนทานตะวัน
ที่มา: ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (2565)

ชื่อไทย : ต้นอ่อนทานตะวัน
ชื่ออังกฤษ : Sunflower Sprouts
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Helianthus annuus.*

ต้นอ่อนทานตะวันที่เพิ่งงอกออกจากเมล็ดทานตะวันเพียง 7 - 11 วัน กลายเป็นวัตถุดิบดีเด่นของคนรักสุขภาพเพราะจากหลายๆ งานวิจัยได้กล่าวถึงประโยชน์ของต้นอ่อนทานตะวันบำรุงสุขภาพผิวพรรณ บำรุงสายตา ชะลอความแก่ มีกรด Linoleic ในปริมาณมากช่วยบำรุงเซลล์สมองและกระดูกให้แข็งแรง มีสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า GABA (gamma aminobotyric acid) ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ อุดมไปด้วยวิตามิน A B1 B6 E โอเมก้า 3, 6, 9 มีโปรตีนสูงกว่าถั่วเหลือง มีโฟเลตสูงช่วยเสริมภูมิต้านทานให้กับร่างกาย ป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็ง มีไฟเบอร์ช่วยในเรื่องระบบขับถ่ายและมีธาตุเหล็กสูง จากงานวิจัย พบว่าต้นอ่อนทานตะวันปริมาณ 100 กรัม สามารถให้พลังงานแก่ร่างกายได้ประมาณ 500 กิโลแคลอรี่ มีไขมัน แคลเซียม สังกะสีคาร์โบไฮเดรต โพแทสเซียม มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่มีหน้าที่ผลิตเซลล์ในร่างกายซ่อมแซมเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อและระบบประสาท รวมถึงช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีสังกะสีปริมาณมาก ซึ่งดีต่อการบำรุงตัวอสุจิและระบบสืบพันธุ์ในเพศชาย มีธาตุเหล็ก แคลเซียม และโฟเลตสูงจำเป็นต่อคุณแม่ตั้งครรภ์ ปกป้องไม่ให้เกิดความบกพร่องต่อท่อประสาทและการพัฒนาการของทารก และกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดทำให้รู้สึกผ่อนคลายและลดความตึงเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 ตัวอย่างขยะเศษอาหาร (food waste)

1) ผักบุ้ง
2) หอมหัวใหญ่
3) ถั่วฝักยาว
4) กะหล่ำปลี
5) แตงกวา
6) มะเขือเทศ
7) เปลือกแตงโม
8) เปลือกสับปะรด
9) กากถั่วเหลือง
10) เปลือกถั่วแระ
11) ข้าวสวย
12) เปลือกถั่วลิสง
13) ขิง
14) ข่า
15) ใบเตย
16) มันฝรั่ง
17) เปลือกไข่

3.1.2 ตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (agricultural waste) ได้แก่ ซังข้าวโพด

3.1.3 ถุงซิปล็อคสีใส 23 × 35 เซนติเมตร

3.1.4 มีดและเขียง

3.1.5 ถาดสแตนเลส

3.1.6 ฟอยล์อลูมิเนียมสำหรับห่ออาหาร (Aluminium Foil)

3.1.7 เครื่องแก้วต่างๆ

3.1.8 ช้อนตักสาร (Spatula Stainless)

3.1.9 เข็ม (Needle)

3.1.10 คีมคีบ (forceps)

3.1.11 ถาดฟอยล์พร้อมฝา

3.1.12 ลังโฟมขนาด 20 กิโลกรัม

3.1.13 ท่อ PVC 4 หุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.14 ข่อต่อท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว
3.1.15 ฝาครอบ ½ นิ้ว
3.1.16 ข้อต่อตรงเกลียวนอก-หนา 18 (½ นิ้ว)
3.1.17 ข้องอ 90 เกลียวในทองเหลือง-หนา 180 (½ นิ้ว)
3.1.18 ตัวล็อคสแลน ตัวล็อคคพลาสติก ½ (4 หุน)
3.1.19 พลาสติกโรงเรือน กว้าง 3 เมตร หนา 150 ไมครอน
3.1.20 มุ้งขาวกันแมลง
3.1.21 ตะกร้าพลาสติก
3.1.22 มุ้งไนล่อน
3.1.23 ถังน้ำหูหิ้ว 5.5 แกลลอน
3.1.24 ผ้าขาวบาง
3.1.25 กระบวย/ไม้พาย
3.1.26 sieve ขนาด ≤2.0 มิลลิเมตร
3.1.27 พีทมอส 5 ลิตร ตราเจียไต๋
3.1.28 เมล็ดพันธุ์ต้นอ่อนทานตะวันตราไร่ลุงท็อป 1 กิโลกรัม
3.1.29 ถาดหลุม 104 หลุม
3.1.30 ถ้วยตวง
3.1.31 ไม้บรรทัด

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Electronic balance)
3.2.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3.2.3 เครื่อง Nano-composter
3.2.4 เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง
3.2.5 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)
3.2.6 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อน
3.2.7 เครื่อง CHNS/O analyzer

3.3 สารเคมี และวัตถุดิบ

3.3.1 สารเร่งซุปเปอร์ พด.1
3.3.2 จุลินทรีย์ EM ชนิดน้ำ 1,000 ml
3.3.3 น้ำกลั่น
3.3.4 น้ำยาทำความสะอาด อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (CRC Co Contact Cleaner)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตุดิบทำปุ๋ย

3.4.1.1 ตัวอย่างขยะอาหาร ซึ่งได้แก่ ผักบุ้ง หอมหัวใหญ่ ถั่วฝักยาว กะหล่ำปลี แตงกวา มะเขือเทศ เปลือกแตงโม เปลือกสับปะรด กากถั่วเหลือง เปลือกถั่วแระ ข้าวสวย เปลือกถั่วลิสง ขิง ข่า ใบเตย มันฝรั่ง เปลือกไข่ และซังข้าวโพด

ตัวอย่างขยะอาหารและซังข้าวโพดได้มาจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ส่วนเปลือกไข่ได้มาจากร้านอาหารในศูนย์อาหารของ สวทช. และกากถั่วเหลือจากร้านน้ำเต้าหู้ในจังหวัดปทุมธานี

3.4.1.2 การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ นำตัวอย่างขยะอาหารมาหั่นเป็นชิ้นให้มีขนาดประมาณ 1 - 1.5 นิ้ว จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักใส่ถุงซุปล็อคตามน้ำหนักในแต่ละการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 แล้วจึงนำไปแช่ในตู้แช่แข็ง ส่วนซังข้าวโพดที่ได้นำมาตากแดดและบดเพื่อให้มีขนาดเล็ก จากนั้นนำไปถุงซิปล็อค ชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมทำการทดลองต่อไป

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างขยะเศษอาหาร

3.4.1.3 วิเคราะห์หาความชื้นตัวอย่างวัตถุดิบ

นำขยะอาหารทั้งหมดที่ต้องการศึกษารวมถึงซังข้าวโพดไปวิเคราะห์ความชื้นโดยชั่งตัวอย่าง 15 - 200 กรัม ใส่ถ้วยอลูมิเนียมที่รู้น้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้นนำกลับไปอบซ้ำ และทำเช่นเดิมจนได้น้ำหนักคงที่

3.4.2 การผลิตปุ๋ยหมัก

3.4.2.1 การหมักปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano-composter ตั้งค่าความชื้นของเครื่องที่ 40 – 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อัตราในการกวนของใบพัด 5 รอบต่อนาที (หรือหมุนไปที่ 80 เปอร์เซ็นต์) และเนื่องจากเครื่องมีข้อจำกัดในการตั้งค่าเวลาสูงสุดที่ 300 min ทำให้ต้องสร้าง Temperature Profile ให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัดแปลงจากกราฟการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมื่อครบ 24 ชั่วโมง เมื่อหมักปุ๋ยครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงใส่ถุงซิปล็อค จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อทำการวิเคราะห์ปุ๋ยหมักต่อไป

รูปที่ 3.2 เครื่อง Nano-composter

3.4.2.2 การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้เครื่อง Nano-composter เตรียมขยะอาหารและซังข้าวโพด (Biomass) ทั้งหมด 4 การทดลองโดยแบ่งเป็น

- การทดลองที่ 1 ใช้ขยะอาหาร 3 กิโลกรัม (เรียกว่าปุ๋ย 3:0)
- การทดลองที่ 2 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม (เรียกว่าปุ๋ยควบคุม 2:1)
- การทดลองที่ 3 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม และเติมจุลินทรีย์ พด.1 (10:1) (เรียกว่าปุ๋ย พด.1 2:1)
- การทดลองที่ 4 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม และเติมจุลินทรีย์ EM (10:1) (เรียกว่าปุ๋ย EM 2:1)

3.4.2.3 การผลิตปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม

เตรียมลังโฟมขนาด 20 กิโลกรัม ทั้งหมด 3 ลัง โดยจะเจาะรูขนาด 1 นิ้วด้านหน้าของลังจำนวน 6 รู เพื่อใส่ท่อพีวีซีช่วยในการระบายอากาศ โดยจะเจาะรูแถวล่างขนาด 0.5 นิ้ว ด้านละ 3 รู เพื่อใส่ท่อพีวีซีขนาด 0.5 นิ้ว และทำการเจาะรูแถวบนขนาด 1 นิ้ว ด้านละ 3 รู เพื่อใส่ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว บริเวณด้านล่างของลังโฟมเจาะรูขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 4 รู เพื่อระบายน้ำชะที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักปุ๋ย หลังจากติดตั้งท่อทั้งหมดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก่อนนำวัสดุหมักลงหมักจะมีการวางตัวรับน้ำหนักของวัสดุหมัก จากนั้นเตรียมขยะอาหารและซังข้าวโพด (Biomass) ทั้งหมด 3 การทดลองดังนี้

- การทดลองที่ 1 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม (ปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1)
- การทดลองที่ 2 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม และเติมจุลินทรีย์ พด.1 (10:1) (เรียกว่าปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1)
- การทดลองที่ 3 ใช้ขยะอาหาร 2 กิโลกรัมและซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม และเติมจุลินทรีย์ EM (10:1) (เรียกว่าปุ๋ยหมักมือ EM 2:1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำไปหมักเป็นเวลา 62 วัน และนำไปวิเคราะห์ปุ๋ยหมักต่อไปโดยเราจะปุ๋ยที่มาเตรียมวิเคราะห์การทดลองโดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือปุ๋ยที่ได้จากการเครื่อง Nano-composter 4 การทดลอง (3:0, ปุ๋ยควบคุม 2:1, ปุ๋ย พด.1 2:1, ปุ๋ย EM 2:1) จากลังโฟม 3 การทดลอง (ปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1, ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1, ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1) และเอาตัวอย่างปุ๋ยที่ได้มาผสมกับดิน 6 การทดลอง (ปุ๋ยควบคุม 2:1 + ดิน, ปุ๋ย พด.1 2:1 + ดิน, ปุ๋ย EM 2:1 + ดิน, ปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน, ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน, ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน) ตัวควบคุม คือ ดินและพีทมอส รวมทั้งหมด 15 การทดลอง

3.4.3 การวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก

3.4.3.1 การวิเคราะห์หาค่าความชื้นปุ๋ยหมักและวัสดุเตรียมปลูก ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ถ้วยอลูมิเนียมที่รู้น้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่ 100 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้นนำกลับไปอบซ้ำ และทำเช่นเดิมจนได้น้ำหนักคงที่ติดต่อกันไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น

3.4.3.2 Particle size นำปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้วและวัสดุเตรียมปลูกทุกการทดลองไปบด โดยใช้เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง ให้มีขนาด ≤2.0 มิลลิเมตร

3.4.3.3 Sand and stone content เนื่องจากปุ๋ยที่ได้เป็นส่วนผสมระหว่างขยะเศษอาหารและซังข้าวโพดเท่านั้น จึงมีการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยโดยเปรียบเทียบกับการนำปุ๋ยมาผสมดินในการทดลองปลูกต้นอ่อนทานตะวัน โดยการไปตักดินบริเวณใกล้ตึก Nano pilot plant จากนั้นนำไปคัดขนาดให้มีขนาด ≤2.36 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนจากนั้นนำดินไปอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

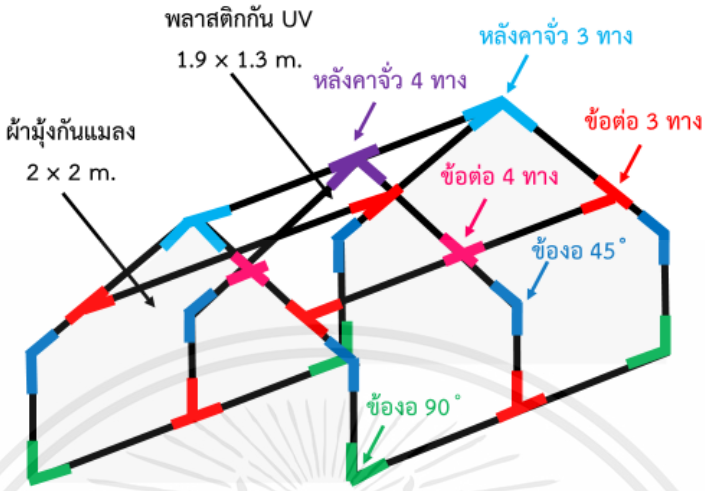
3.4.3.4 CHN analysis และ S – analysis นำตัวอย่างขยะเศษอาหาร ปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้ว และวัสดุเตรียมปลูกทุกการทดลองที่ผ่านการอบมาแล้ว มาบดให้มีลักษณะเป็นผงละเอียดนำตัวอย่างขยะอาหารที่บดแล้วทั้งหมดใส่ขวดสีชาที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว โดยต้องชั่งตัวอย่างไม่น้อยกว่าตัวอย่างละ 100 มิลลิกรัม ปิดฝาด้วยฟอล์ยนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ทั้งหมดมาอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุโดยอาศัยหลักการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว (flash combustion) เพื่อเปลี่ยนธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในตัวอย่างไปเป็นแก๊สที่สัมพันธ์กับธาตุนั้น ๆ อย่างมีสัดส่วนที่แน่นอน ในการทดลองจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง CHN analyzer ยี่ห้อ LECO รุ่น 628 Series และเครื่อง S - analyzer ยี่ห้อ LECO รุ่น DH603

3.4.3.5 การวิเคราะห์ pH โดยใช้ pH meter นำตัวอย่างปุ๋ยที่ได้ปุ๋ยและวัสดุเตรียมปลูกทุกการทดลอง มาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2 แล้วนำไปวิเคราะห์ pH โดยใช้ pH meter

3.4.4 การทดสอบปุ๋ยหมักโดยนำไปปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

3.4.4.1 การสร้างโรงเรือน ออกแบบโรงเรือนสำหรับปูกต้นอ่อนทานตะวัน ขนาดกว้าง× ยาว×สูง 1.3×1.5×1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โรงเรือนที่ใช้ในการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน (ปริณวดี, 2565)

3.4.4.2 การเตรียมเมล็ดทานตะวัน นำเมล็ดทานตะวันจากไร่คุณลุงท็อปที่มีอายุไม่เกิน 6 เดือน แช่น้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบ่มด้วยวิธีใช้ผ้าชุบน้ำบิดให้หมาดห่อไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง เพื่อให้รากงอกเร็วขึ้น เมื่อเปิดผ้าที่ห่อเพื่อบ่มเมล็ดจะพบว่ารากงอกออกมาเป็นเส้นสีขาว ๆ สามารถนำไปเพาะได้ทันที

3.4.4.3 ทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยหมักที่ได้โดยปลูกต้นอ่อนทานตะวัน หลังจากเตรียมเมล็ดทานตะวันแล้วนำลงแปลงปลูกโดยใช้เวลาปลูกทั้งหมด 7 วันจากนั้นค่อยนำไปวิเคราะห์ต้นอ่อนทานตะวันต่อไป โดยการแบ่งตัวอย่างการทดลองดังนี้

1. ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
2. พีทมอส = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
3. ปุ๋ยควบคุม 2:1 = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
4. ปุ๋ยควบคุม 2:1 + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
5. EM = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
6. EM + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
7. พด.1 = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
8. พด.1 + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
9. ปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม 2:1 = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
10. ปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม Control 2:1 + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)
11. ปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม + EM = 20 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม + EM + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)

13. ปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม + พด.1 = 15 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)

14. ปุ๋ยหมักโดยการใช้ลังโฟม + พด.1 + ดิน = 25 หลุม (หลุมละ 5 เมล็ด)

3.4.4.4 วิเคราะห์ต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกได้

1. ความสูงลำต้น วัดความสูงลำต้นโดยเก็บตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันจากเมล็ดที่งอกเท่านั้น เริ่มวัดจาก hypocotyl ถึงใต้ใบเลี้ยงมีหน่วยวัดเป็นเซนติเมตร (cm.) และนำความสูงลำต้นทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

2. ความยาวราก วัดความยาวรากโดยเก็บตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันจากเมล็ดที่งอกเท่านั้น เริ่มวัดจากส่วนที่งอกใต้ hypocotyls ลงไปถึงปลายราก ความยาวรากมีหน่วยวัดเป็นเซนติเมตร (cm.) และนำความยาวรากทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

3. น้ำหนักสด เก็บตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันจากเมล็ดที่งอกเท่านั้น นำไปชั่งครั้งละ 1 ต้น น้ำหนักของต้นอ่อนมีหน่วยเป็นกรัม (g) และนำน้ำหนักสดต้นทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

4. นับจำนวนใบ เก็บตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันจากเมล็ดที่งอกเท่านั้น นำมานับจำนวนใบทีละต้นและนำจำนวนใบทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและอภิปรายการทดลอง

4.1 วิเคราะห์หาความชื้นตัวอย่างวัตถุดิบ

4.1.1 ผลการวิเคราะห์หาความชื้นตัวอย่างวัตถุดิบ

จากตัวอย่างขยะและชีวมวลได้แก่ ซังข้าวโพดสามารถวิเคราะห์หาความชื้นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าความชื้นของวัตถุดิบสำหรับทำปุ๋ย

ขยะอาหาร	ค่าความชื้น
แตงกวา	97.38 $\pm$ 0.28
มะเขือเทศ	95.88 $\pm$ 0.18
เปลือกแตงโม	93.89 $\pm$ 0.03
เปลือกสับปะรด	82.69 $\pm$ 0.39
ผักบุ้ง	93.81 $\pm$ 0.22
หอมหัวใหญ่	90.75 $\pm$ 0.76
ถั่วฝักยาว	91.98 $\pm$ 0.06
กะหล่ำปลี	92.78 $\pm$ 0.17
กากถั่วเหลือง	80.92 $\pm$ 0.13
เปลือกถั่วแระ	79.81 $\pm$ 0.18
ข้าว	60.84 $\pm$ 0.11
เปลือกถั่วลิสง	21.51 $\pm$ 2.05
ขิง	90.28 $\pm$ 0.61
ข่า	79.64 $\pm$ 0.49
ใบเตย	87.75 $\pm$ 0.98
มันฝรั่ง	83.95 $\pm$ 0.89
เปลือกไข่	17.18 $\pm$ 1.07
ซังข้าวโพด	55.74 $\pm$ 1.11

จากผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นของแตงกวามีความชื้นมากที่สุดคือ 97.38 $\pm$ 0.28 แตงกวามีคุณคาทางอาหารคอนข้างต่ำประกอบด้วยน้ำร้อยละ 96.4 จากสวนที่เป็นอาหารได้ 100 กรัม (Food Composition Table, 1964) จึงทำให้แตงกวามีความชื้นสูงมากกว่าขยะอาหารชนิดอื่น ๆ ซึ่งปริมาณความชื้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในอาหารนั้น ๆ โดยอาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่เสื่อมเสียง่าย เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และเปลือกไข่มีความชื้นน้อยที่สุดคือ 17.18 ± 1.07 โดยส่วนประกอบสำคัญของเปลือกไข่ คือ คอลลาเจน (collagen) ที่สานเป็นตัวตาข่าย และมีหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) ทำให้เปลือกแข็งโดยเปลือกไข่จะมีรูขนาดเล็กมาก มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นซึ่งจะทำให้อากาศและความชื้นสามารถแทรกผ่านรูเล็กที่เปลือกไข่ได้ทำให้ที่เปลือกไข่จะพบปริมาณความชื้นน้อย (พิมพ์เพ็ญ, 2559) โดยความชื้นจะเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณน้ำในกองหมัก ซึ่งจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิตการเจริญเติบโตและกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยปกติอุณหภูมิในกองหมักจะสูงทำให้น้ำระเหยออกตลอดเวลาจึงต้องมีการเติมน้ำเพื่อปรับความชื้นไม่ให้มีมากหรือน้อยเกินไป ความชื้นนี้ยังมีผลต่อซึ่งความชื้นที่เหมาะสมในการการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยมีค่าร้อยละ 50 - 60 โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

4.2 การวิเคราะห์ปุ๋ยหมักที่ผลิตปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano-composter และการใช้ลังโฟม

การทดลองสำหรับการผลิตปุ๋ยทั้ง 2 แบบโดยใช้เครื่อง Nano-composter และการใช้ลังโฟมนั้นได้แบ่งการทดลองออกเป็น 7 การทดลองดังที่แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า Yield ของปุ๋ยหมักที่วิเคราะห์ได้

การทดลอง	Before Experiment			After Experiment	
	Food waste (kg)	Biomass (kg)	Microorganism (g)	Mass (kg)	Yield (%)
1. 3:0	3	0	0	0.4674	15.58
2. 2:1	2	1	0	0.7147	23.82
3. พด.1 2:1	2	1	0.3	0.4641	15.47
4. EM 2:1	2	1	0.3	0.7151	23.84
5. ปุ๋ยหมักมือ 2:1	2	1	0	0.3993	13.31
6. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	2	1	0.3	0.2289	7.63
7. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	2	1	0.3	0.3143	10.48

จากการวิเคราะห์ค่าร้อยละ Yield ที่ได้จากการวิเคราะห์ปุ๋ยหมักที่ได้จากเครื่อง Nano-composter และการใช้ลังโฟม จะพบว่า การทดลองที่ 2 ที่ใช้ขยะอาหารและซังข้าวโพด อัตราส่วน 2.1 และการทดลองที่ 4 ใช้ขยะอาหารและซังข้าวโพดอัตราส่วน 2.1 และใส่ EM มีค่าร้อยละ Yield 23.82 และ 23.84 ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น ๆ เนื่องจากการใช้เครื่องมีการควบคุมอุณหภูมิและอัตราในการกวนปุ๋ยของใบพัดซึ่งส่งผลให้ปริมาณ Yield ที่ได้มากเนื่องจากไม่สูญเสียการผลิตไปเยอะเพราะถูกควบคุมโดยเครื่อง Nano-composter และการทดลองที่ 6 ซึ่งใช้ปุ๋ยหมักมือขยะอาหารและซังข้าวโพดอัตราส่วน 2.1 และใส่ พด.1 ซึ่งมีปริมาณ Yield ร้อยละ 7.63 ซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุดเนื่องจากสำหรับการหมักปุ๋ยจะมีกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยย่อยสลายวัสดุสารอินทรีย์

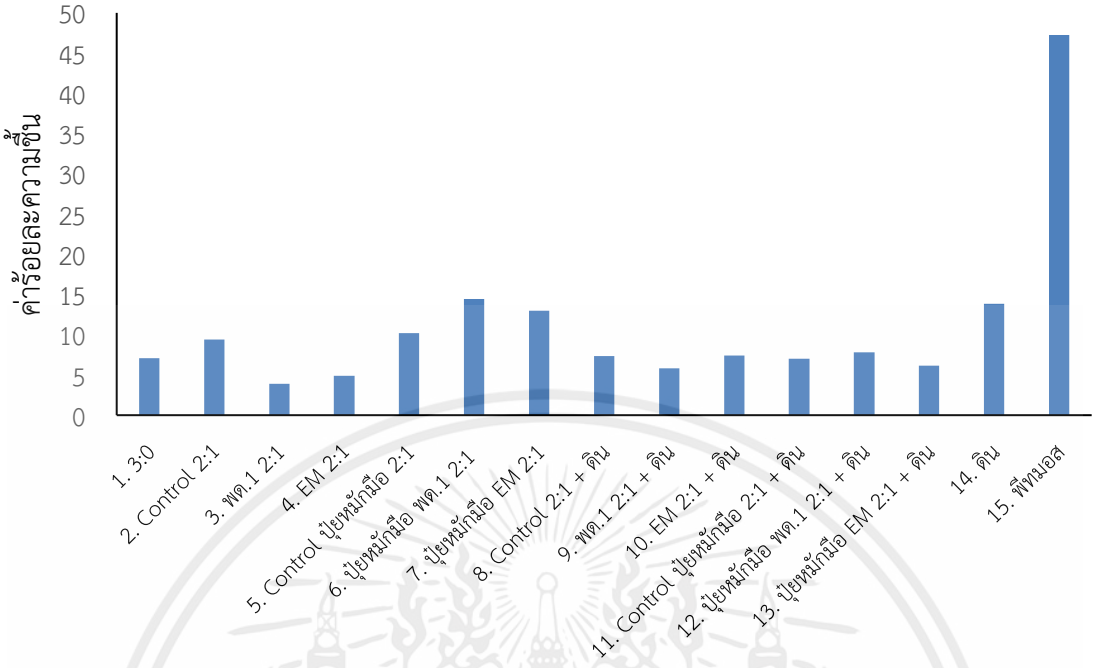
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ (Organic Decomposition) ให้เป็นธาตุอาหาร เปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งในกระบวนการย่อยสลาย เกิดจากน้ำย่อยที่ปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์หรือเซลลูโลส ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา แอคติโนมัยซิทและโปรโตซัว เช่น *Bacillus, Aspergillus, Trichoderma, Penicillium, Thermoactinomyces* เป็นต้น โดยพบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ (วารสารดินและปุ๋ย, 2558) ซึ่งการหมักโดยใช้ลังโฟมจะพบว่าในระยะแรกจะเกิดหนอนและมีกลิ่นที่เหม็นที่เกิดจากเน่าเสียของขยะอาหารและลักษณะเปียก จากนั้นเมื่อผ่านระยะแรกไปจะพบว่ามีเห็ดเกิดขึ้น จนถึงระยะสุดท้ายที่เห็ดตาย ปุ๋ยที่หมักได้เริ่มแห้งและไม่มีกลิ่นซึ่งการใส่เชื้อ พด.1 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และอุตสาหกรรมแปรรูป ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อผลิตปุ๋ยหมักในเวลารวดเร็วและมีคุณภาพสูงขึ้น ประกอบด้วยเชื้อราและแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสารประกอบเซลลูโลสและแบคทีเรียที่ย่อยไขมัน (กรมที่ดิน, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าการทดลองที่ 6 ซึ่งใช้ปุ๋ยหมักมือขยะอาหารและซังข้าวโพดอัตราส่วน 2.1และใส่ พด.1 มีปริมาณ Yield น้อยที่สุด

4.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าความชื้นปุ๋ยหมัก

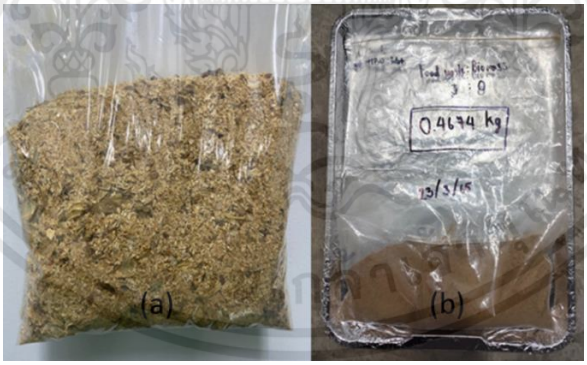
การวิเคราะห์ความชื้นของปุ๋ยหมักหลังจากการผลิตปุ๋ยนั้นแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าค่าปริมาณความชื้นที่มากที่สุดคือ ค่าความชื้นของการทดลองที่ 6 ซึ่งเป็นการทดลองของปุ๋ยหมักมือและ พด.1 อัตราส่วน 2:1 ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 14.42 $\pm$ 0.26 เนื่องจากในกองปุ๋ยหมักความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงและมีความชื้นสูงซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ (ธีรเดช, 2014) ซึ่งมากกว่าการใช้เครื่อง Nano-composter เนื่องจากเครื่องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับกระบวนการหมักและเครื่องมีกลไกสำหรับการพลิกกลับกองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสอากาศและลดความชื้นในการย่อยสลายและความร้อนที่เกิดขึ้น การหมักในเครื่องจึงมีกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นเร็วเนื่องจากมีการเติมอากาศเข้าในถังจึงทำให้ใช้ระยะเวลาน้อยในการหมัก และสามารถควบคุมกลิ่นได้ การหมักในถังปฏิกิริยาจะใช้พื้นที่น้อยจึงเหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการหมักอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของกองหมักเกิดจากความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์การได้ปุ๋ยหมักที่ปลอดภัยในการนำไปใช้ประโยชน์และมีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในระหว่างการหมัก (Polprasert, 1989) จึงเห็นได้ว่าการที่ใช้เครื่อง Nano-composter มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ทำให้ความชื้นที่ได้มีค่าน้อยกว่าการหมักปุ๋ยแบบลังโฟมซึ่งไม่มีการควบคุมอุณภูมิ จากนั้นได้มีการวัดความชื้นของการเตรียมวัสดุที่ใช้ในการปลูก โดยแบ่งเป็นปุ๋ยที่ผลิตได้ ปุ๋ย ปุ๋ยกับดิน ดินและพีทมอส โดยจะเห็นได้ว่าพีทมอสมีค่าความชื้นมากที่สุด ซึ่งพีทมอสเป็นอินทรียวัตถุจากธรรมชาติ คือซากพืชที่ทับถมกันมานานเป็นเวลานานนับพันปี เป็นวัสดุที่ดีที่สุดสำหรับการเพาะเมล็ด และต้นกล้าสะอาด ปราศจากเชื้อโรคและแมลง เป็นวัสดุที่ต่อต้านเชื้อราที่จะหยุดการเจริญเติบโตของเมล็ด รวมทั้งเป็นแหล่งที่อยู่ของแบคทีเรียชั้นดีสำหรับการงอกของเมล็ดและต้นอ่อน โดยค่าความชื้นที่เหมาะสำหรับปลูกพืชคือความชื้นร้อยละ 50 - 69 ซึ่งเป็นสภาวะที่พืชชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ค่าความชื้นของปุ๋ยและวัสดุปลูก

4.4 ผลการวิเคราะห์ Particle size ของปุ๋ยหมัก

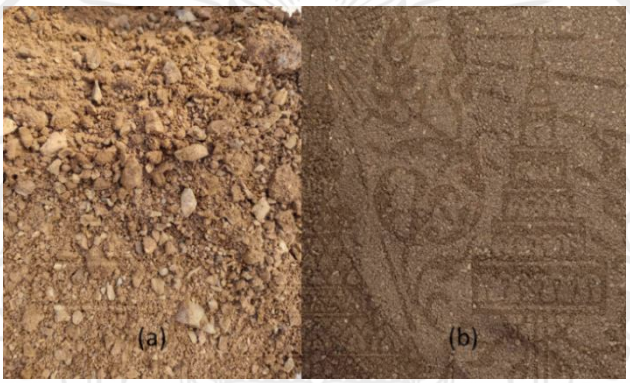


รูปที่ 4.2 ปุ๋ยหมักด้วยเครื่อง Nano-composter ก่อนบด (a) และหลังบด (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ปุ๋ยหมักมือด้วยลังโฟมก่อนบด (a) และหลังบด (b)

4.5 ผลการวิเคราะห์ Sand and stone content ของปุ๋ยหมัก



รูปที่ 4.4 ดินก่อนคัดขนาดให้มีขนาด ≤2.36 มิลลิเมตร (a) ภาพดินหลังจากคัดขนาด และอบฆ่าเชื้อ (b)

4.6 ผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis

จากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis ของวัตถุดิบ โดยวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์หรือจุลวิเคราะห์ธาตุ คือ การระบุปริมาณของคาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ซัลเฟอร์ (S) และออกซิเจน (O) ที่อยู่ในตัวอย่างก่อนนำไปผลิตปุ๋ย จะเห็นได้ว่าขยะอาหารที่เตรียมสำหรับทำปุ๋ยนั้นมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ เพื่อใช้ในกระบวนการย่อย และค่าอัตราส่วน C/N มีความสำคัญในการย่อยสลายทางชีวภาพมากเพราะคาร์บอนและไนโตรเจน จะถูกจุลินทรียนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ โดยอัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมในการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนคือ 20-30 (Yen, 2007)

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดลองจะพบว่าธาตุ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) มีค่าใกล้เคียงกัน ตั้งแต่การทดลองที่ 1 – 7 ซึ่งเป็นธาตุที่พืชได้มาจากอากาศและน้ำอยู่แล้ว แต่ธาตุเสริมที่ได้จากปุ๋ย คือธาตุไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักและรอง ตามลำดับ พบว่าการหมักด้วยลังโฟมจะมีปริมาณมากกว่าที่ใช้เครื่อง Nano-composter ส่วนค่า C/N ratio จะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าสัดส่วนของอัตราส่วน C/N ที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับวัสดุหมักที่เป็นสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 - 30 (Haug, 1980) ปุ๋ยหมักควรมีค่าสัดส่วนของ C/N ประมาณ 26 - 35 ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อพืช แต่ค่าปุ๋ยที่ได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 10 - 18 นั้นต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม โดยถ้าวัสดุหมักมีค่าสัดส่วนของ C/N ค่าต่ำคือ มีปริมาณไนโตรเจนมากทำให้การเจริญเติบโตและการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้าหากกองปุ๋ยมีการเติมอากาศไม่เพียงพออาจทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิคได้และหากปริมาณไนโตรเจนมีมากเกินจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซแอมโมเนียซึ่งจะเป็นพิษ (Haug, 1980) จึงจำเป็นต้องมีการทดลองโดยการเพิ่มดินเข้าไปในปุ๋ยที่หมักได้ และเปรียบเทียบกับดินและพีทมอสที่นิยมใช้เพราะปลูก เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่าดินมีค่าออกซิเจน (O) มากที่สุด ซึ่งมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดินปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า C/N Ratio เท่ากับหรือน้อยกว่า 20 และปุ๋ยหมักที่มีค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่า 25 ไม่เหมาะสมต่อการนำไปคลุกลงในดิน ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อปุ๋ยยังมีวัสดุอินทรีย์ส่วนที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์หลงเหลืออยู่จะทำให้จุลินทรีย์ใช้ธาตุไนโตรเจนในดินไปในการย่อยสลายปุ๋ยหมักต่อ อันจะส่งผลให้พืชปลูกขาดธาตุไนโตรเจนในดินช่วงแรกได้แต่ปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N สูงนั้นเหมาะสมสำหรับใช้คลุมดินในแปลงปลูก ซึ่งสามารถรักษาความชื้นในแปลงได้ดีและธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชได้ใช้ในลำดับถัดไป ในส่วนปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว และวัดค่า C/N ได้ไม่เกิน 20:1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง (วารสารดินและปุ๋ย, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis ของตัวอย่างวัตถุดิบ

ขยะอาหาร	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	C/N
แตงกวา	44.01 ± 0.18	5.60 ± 0.05	4.80 ± 0.24	0.18 ± 0.02	45.42 ± 0.37	9.19 ± 0.46
มะเขือเทศ	44.41 ± 0.17	5.36 ± 0.01	3.08 ± 0.06	0.04 ± 0.01	47.10 ± 0.22	14.40 ± 0.22
เปลือกแตงโม	42.19 ±0.34	5.60 ± 0.05	2.36 ± 0.09	0.01 ± 0.01	49.84 ± 0.38	17.90 ± 0.50
เปลือกสับปะรด	43.61 ± 0.18	5.87 ± 0.09	1.09 ± 0.02	0.02 ± 0.00	49.42 ± 0.11	40.04 ± 0.75
ผักบุ้ง	42.81 ± 0.61	5.44 ± 0.06	5.64 ± 0.12	0.04 ± 0.02	46.06 ± 0.74	7.59 ± 0.10
หอมหัวใหญ่	45.45 ± 0.12	5.51 ± 0.04	2.80 ± 0.17	0.72 ± 0.02	45.52 ± 0.27	16.29 ± 0.95
ถั่วฝักยาว	44.15 ± 0.56	5.76 ± 0.05	5.73 ±0.14	0.06 ± 0.04	44.30 ± 0.71	7.71 ± 0.11
กะหล่ำปลี	43.54 ± 0.15	5.49 ± 0.02	3.00 ± 0.16	0.49 ± 0.08	47.48 ± 0.15	14.54 ± 0.77
กากถั่วเหลือง	50.31 ± 0.30	7.27 ± 0.04	5.27 ± 0.08	0.03 ± 0.01	37.11 ± 0.37	9.54 ± 0.14
เปลือกถั่วแระ	40.88 ± 0.07	5.18 ± 0.03	1.67 ± 0.07	0.01 ± 0.01	52.26 ± 0.09	24.54 ± 1.06
ข้าว	43.94 ± 0.05	6.58 ± 0.05	1.68 ± 0.12	0.02 ± 0.00	47.79 ± 0.21	26.17 ± 1.96
เปลือกถั่วลิสง	45.33 ± 0.07	5.56 ± 0.01	1.70 ± 0.03	0.32 ± 0.03	47.10 ± 0.06	26.73 ± 0.40
ขิง	43.75 ± 0.47	5.75 ± 0.20	1.82 ± 0.05	0.03 ± 0.00	48.64 ± 0.71	24.04 ± 0.42
ข่า	43.09 ± 0.11	6.19 ± 0.05	0.91 ± 0.06	0.03 ± 0.00	49.78 ± 0.10	47.29 ± 3.37
ใบเตย	45.86 ± 0.31	5.75 ± 0.04	3.26 ± 0.07	0.02 ± 0.01	45.12 ± 0.30	14.08 ± 0.38
มันฝรั่ง	41.61 ± 0.04	5.86 ± 0.01	2.84 ± 0.02	0.02 ± 0.02	49.67 ± 0.05	14.63 ± 0.09
เปลือกไข่	13.54 ± 0.12	0.17 ± 0.09	1.29 ± 0.05	0.01 ± 0.01	85.00 ± 0.10	10.53 ± 0.36
ซังข้าวโพด	46.64 ± 0.05	5.65 ± 0.04	1.51 ± 0.17	0.04 ± 0.01	46.15 ± 0.15	31.08 ± 3.46

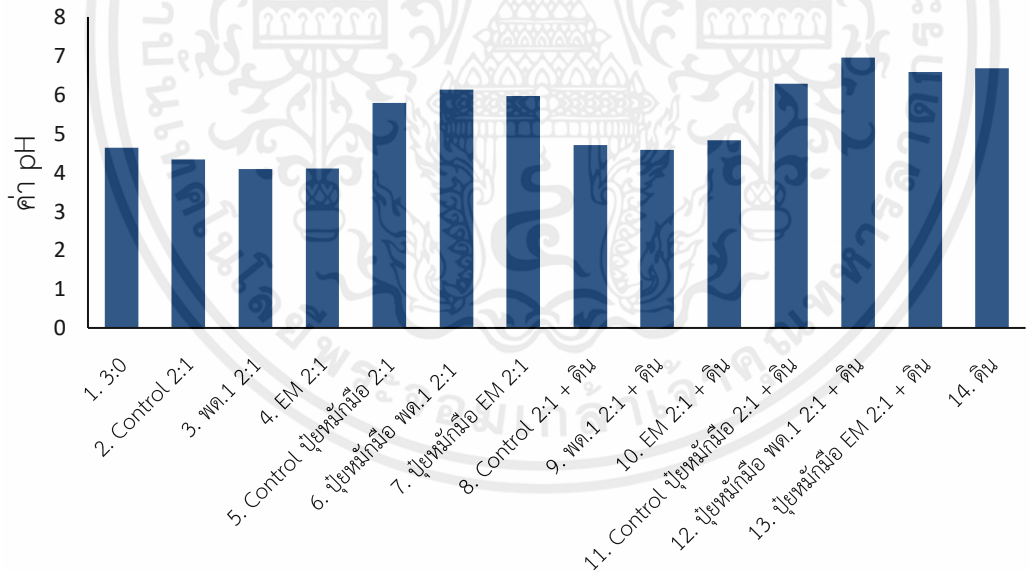
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ CHN analysis และ S – analysis ของปุ๋ยที่ได้หลังการผลิตและวัสดุที่ใช้ในการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน .

Compost	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	C/N ratio
1. 3:0	43.05 ± 0.32	5.39 ± 0.03	3.29 ± 0.03	0.20 ± 0.01	48.07 ± 0.39	13.08 ± 0.06
2. Control 2:1	46.49 ± 0.37	5.76 ± 0.14	2.66 ± 0.07	0.14 ± 0.01	44.96 ± 0.33	17.49 ± 0.41
3. พด.1 2:1	45.48 ± 0.50	5.67 ± 0.17	2.71 ± 0.13	0.16 ± 0.01	45.98 ± 0.52	16.82 ± 1.00
4. EM 2:1	44.44 ± 0.41	5.66 ± 0.14	2.58 ± 0.08	0.15 ± 0.01	47.18 ± 0.31	17.27 ± 0.70
5. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	46.04 ± 1.23	5.87 ± 0.17	3.51 ± 0.16	0.36 ± 0.03	44.22 ± 1.21	13.17 ± 0.94
6. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	43.31 ± 0.37	5.28 ± 0.02	4.22 ± 0.21	0.44 ± 0.04	46.75 ± 0.31	10.28 ± 0.57
7. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	45.23 ± 0.20	5.69 ± 0.05	3.74 ± 0.21	0.38 ± 0.04	44.96 ± 0.01	12.13 ± 0.73
8. Control 2:1 + ดิน	8.36 ± 2.70	0.98 ± 0.24	1.13 ± 0.07	0.01 ± 0.01	89.52 ± 3.02	7.31 ± 1.94
9. พด.1 2:1 + ดิน	6.33 ± 0.46	0.57 ± 0.02	1.14 ± 0.00	0.13 ± 0.14	91.83 ± 0.58	5.54 ± 0.39
10. EM 2:1 + ดิน	8.68 ± 0.10	1.09 ± 0.20	0.97 ± 0.27	0.02 ± 0.01	89.24 ± 0.03	9.36 ± 2.70
11. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	6.85 ± 0.90	0.69 ± 0.13	1.35 ± 0.09	0.03 ± 0.00	91.08 ± 1.11	5.05 ± 0.33
12. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	9.55 ± 0.32	0.96 ± 0.10	1.47 ± 0.23	0.08 ± 0.01	87.94 ± 0.64	6.57 ± 0.81
13. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	12.38 ± 0.75	1.36 ± 0.10	1.53 ± 0.21	0.05 ± 0.02	84.68 ± 0.62	8.21 ± 1.64
14. ดิน	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.79 ± 0.02	0.01 ± 0.00	99.20 ± 0.03	0.00 ± 0.00
15. พีทมอส	47.79 ± 0.23	4.97 ± 0.12	2.20 ± 0.07	0.18 ± 0.02	44.85 ± 0.33	21.69 ± 0.67

4.7 ผลการวิเคราะห์ pH

จากผลการทดลองค่า pH ที่แสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าค่า pH ที่ในการทดลองที่ 1 - 7 เป็นการวัดค่า pH ที่ได้จากปุ๋ยที่ผลิตได้จะพบว่าค่า pH ที่ได้จากการหมักด้วยลังโฟมมีค่ามากกว่าการหมักโดยใช้เครื่อง Nano-composter เนื่องจากเพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด จึงจะเห็นว่าในการเริ่มต้นของการหมักจะมีสภาพเป็นกรดอันเนื่องมาจากวัสดุหมักที่ใช้เป็นจำพวกเศษผักผลไม้ทำให้มีสภาพเป็นกรดสอดคล้องกับการทดลองของฐนียา (2017) ที่มีค่า pH ของปุ๋ยที่หมักได้อยู่ในช่วงของ 4.5 - 5 ส่วนการหมักโดยใช้เครื่องเนื่องจากมีการควบคุมสภาวะของเครื่องทำให้กระบวนการหมักมีค่า pH ที่ใกล้เคียงกัน สำหรับค่าความเป็นกรดด่างคือค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเป็นการแสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างในปุ๋ยหมัก ซึ่งการหมักปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 5.5 และไม่ควรเกิน 9 อันเป็นช่วงที่จุลินทรีย์และราสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี โดยวัสดุหมักที่เราจะนำมาปลูกต้นอ่อนทานตะวัน จะพบว่าเมื่อใส่ดินลงไปในปุ๋ยที่หมักได้จะทำให้ค่า pH เพิ่มมากขึ้นแต่ไม่ถึงกับทำให้ดินเป็นด่าง ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แล้วจะพบว่ามีค่าเป็นกรดอ่อน สำหรับพืชส่วนใหญ่ ช่วง pH ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 7.0 ความเป็นกรดด่างของดินไม่ได้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงแต่ค่า pH ของดินแต่ละช่วงเป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของดิน (คณวัฒน์, 2561)



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ปุ๋ยที่ได้และวัสดุปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การทดสอบปุ๋ยหมักโดยนำไปปลูกต้นอ่อนทานตะวัน

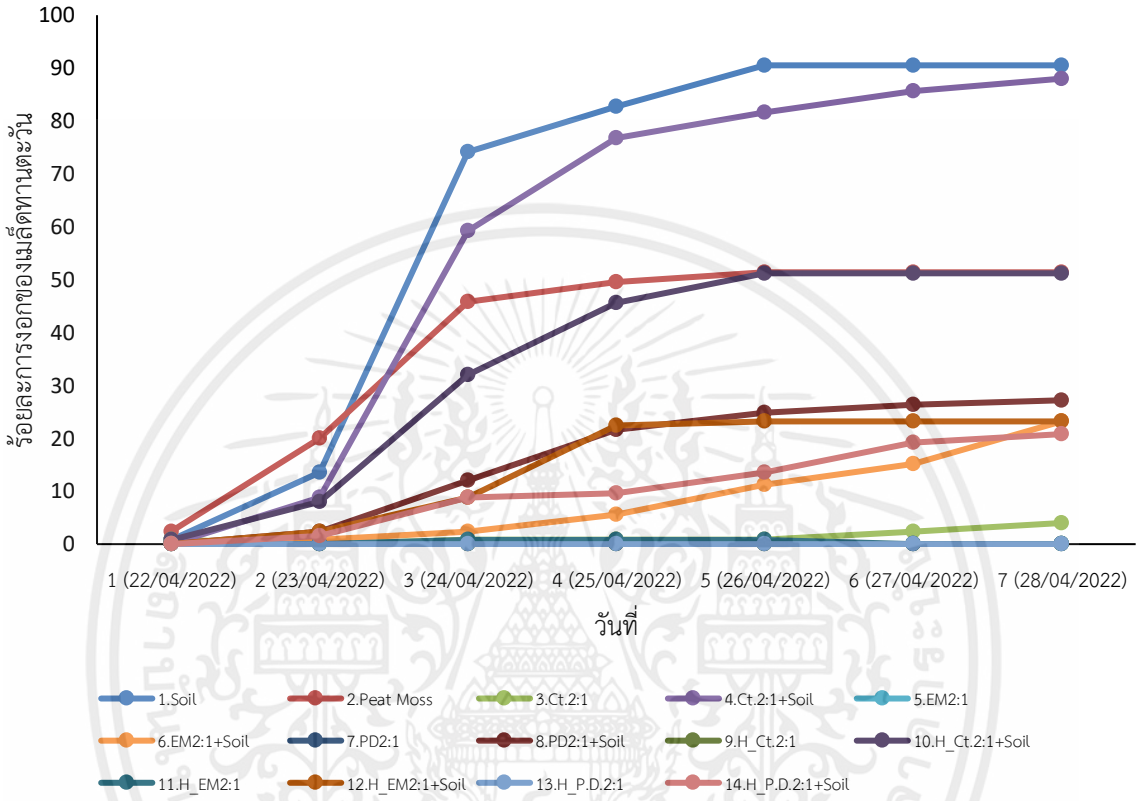
จากรูปที่ 4.6 พบว่า การนำปุ๋ยที่ผลิตได้มาปลูกพบว่าไม่มีการงอกของเมล็ดหรืออัตราการงอกน้อยกว่าปุ๋ยที่ผสมดินลงไป เนื่องจากปุ๋ยที่ได้เป็นปุ๋ยที่ใช้เสริมการปลูกเพราะปุ๋ยที่ได้มีการอุ้มน้ำมากเกินไป ทำให้เมล็ดเน่าไม่เหมาะแก่การปลูก โดยพบว่าการงอกของเมล็ดของปุ๋ยควบคุม 2:1 + ดิน มีการงอกใกล้เคียงกับการใช้ดินล้วน โดยการใช้ดินล้วนมีอัตราการงอกของเมล็ดมากที่สุด โดยการงอกของเมล็ดการกระตุ้นให้เมล็ดแห้งงอกและเจริญมาเป็นต้นใหม่จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการ 4 กลุ่ม คือ

1. การดูดน้ำ (Imbibition of Water)
2. การสร้างระบบเอนไซม์ และการใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจ
3. การเจริญและงอกของ Radicle
4. การเจริญของต้นอ่อน

ซึ่งสำหรับปุ๋ยที่เราใส่เพิ่มเข้าไปนั้นที่มีอัตราการงอกของเมล็ดน้อยกว่าซึ่งเกิดจากความหนาแน่นของปุ๋ยและดินที่ผสมกันหนาแน่นเกินไป เพราะปัจจัยในการเจริญจำเป็นต้องใช้อากาศในการงอกจึงทำให้อัตราการงอกของดินที่มีความโปร่งมากกว่า จึงทำให้อัตราการงอกมากกว่าดินที่มีส่วนผสมของปุ๋ย สำหรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยล้วนที่ไม่พบอัตราการงอก เนื่องจากปุ๋ยที่ผลิตได้มีการอุ้มน้ำมาเกินไปซึ่งมีผลต่อการงอกของเมล็ดโดยอาจเกิดจากความชื้นและอุณหภูมิ การรดน้ำน้อยหรือมากเกินไปจนทำให้เมล็ดเน่าและมีเชื้อราเข้าทำลาย (บ้านและสวน, 2020) เหมาะสมสำหรับใช้คลุมดินในแปลงปลูก ซึ่งสามารถรักษาความชื้นในแปลงได้ดีและธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชได้ใช้ในลำดับถัดไป ในส่วนปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว นอกจากนี้ ในการนำปุ๋ยหมักไปใช้ให้เหมาะสมนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงสมบัติของดินและความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดควบคู่กันไปด้วย (สุนทรี, 2554) ซึ่งต้นอ่อนทานตะวันไม่จำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารเยอะ และจากการทดลองวิเคราะห์ความสูงลำต้นอ่อนทานตะวันจากตารางที่ 4.9 พบว่า พีทมอส ดิน และปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน มีความสูงมากตามลำดับ โดยธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสช่วยให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2541) สอดคล้องกับผลการทดลองของความยาวรากดังแสดงในตาราง 4.7 โดยรากของดิน พีทมอส และปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน มีความยาวของรากตามลำดับ การที่รากยาวเพื่อแสดงให้เห็นว่ารากได้มีการเจริญเติบโตเพื่อดูดน้ำและแร่ธาตุที่จากดินเข้าไปในลำต้นโดยธาตุโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก เป็นหนึ่งตัวช่วยที่ต้องทำงานร่วมกับธาตุฟอสฟอรัส (smart green, 2020) ดังนั้น จึงทำให้การวิเคราะห์หาวัดน้ำหนักสดต้นอ่อนทานตะวันดังตาราง 4.7 ที่มีน้ำหนักของพีทมอส ดิน และปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน น้ำหนักมากตามลำดับ เนื่องจากมีการดูดสารอาหารมากทำให้ลำต้นเจริญเติบโตได้ดี ส่วนการวิเคราะห์หาจำนวนใบต่อต้นที่แสดงในตาราง 4.9 โดยมีจำนวนใบต่อต้นใกล้เคียงกันคือ 3 - 5 ใบ จากผลการทดลองพบว่าปุ๋ยที่ผลิตได้มีผลผลิตน้อยกว่าดินกับพีทมอส เนื่องจากแร่ธาตุอาหารบางตัวไม่พอ จากการศึกษาของฐิติพร (2553) พบว่าการปลูกต้นอ่อนทานตะวันแล้วใส่แร่ธาตุโบรอนเพิ่มจะมีการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันที่ดี ซึ่งสารอาหารจากพีทมอสเป็นอินทรียวัตถุจากธรรมชาติ คือซากพืชที่ทับถมกันมานานเป็นเวลานานนับพันปี เป็นวัสดุที่ดีที่สุดสำหรับการเพาะเมล็ด และแหล่งที่อยู่ของแบคทีเรียชั้นดีสำหรับการงอกของเมล็ดและต้นอ่อน ดังนั้นจึงกล่าวได้ปุ๋ยที่ผลิตได้จะเป็นวัสดุเสริมดินที่ดีเนื่องจากปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ

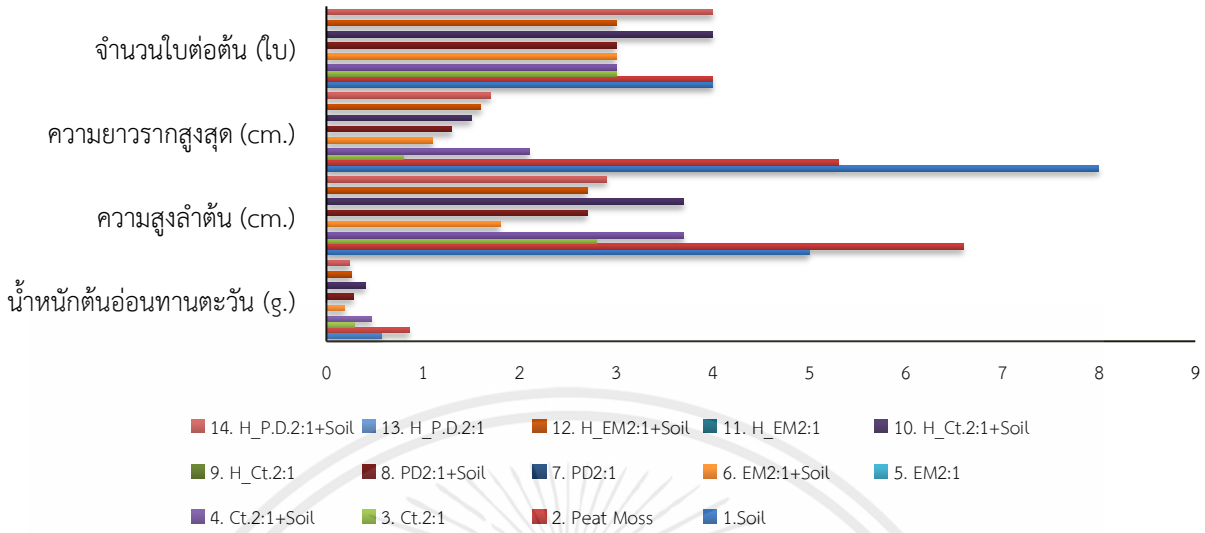
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2:1 + ดิน ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพีทมอส และการผลิตปุ๋ยแบบเครื่อง Nano-composter ให้ผลที่ไม่ดีนัก อาจเนื่องมาจากการควบคุมสภาวะที่ไม่เหมาะสมและการใช้ปุ๋ยไม่เหมาะแก่การปลูก แต่ควรเป็นวัสดุเสริมการปลูกมากกว่า



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการงอกของเมล็ด (22/04/2022-28/04/2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 จำนวนใบ ความยาวรากสูงสุด ความสูงลำต้น และน้ำหนักสดของต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดลองการพบว่าการผลิตปุ๋ยจากลังโฟมมีความชื้นและค่า pH มากกว่าแบบเครื่อง Nano-composter และมีผลผลิตค่า C/N ratio น้อยกว่าแบบเครื่อง Nano-composter ซึ่งค่าทางการวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยพบว่าการใช้เครื่อง Nano-composter ให้ค่าที่ดีกว่าการผลิตปุ๋ยแบบลังโฟม

5.1.2 ผลการทดลองเมื่อนำปุ๋ยที่ผลิตได้ไปทดสอบปลูกต้นอ่อนทานตะวัน พบว่าการใช้ปุ๋ยที่ไม่ได้ผสมดินลงไปาในการปลูกอัตราการงอกไม่ดีเท่าการที่ผสมดินลงไปในปุ๋ย แต่การปลูกต้นอ่อนทานตะวันที่ดีที่สุดกลับพบว่าเป็นการทดลองที่ใช้พีทมอส ดิน และปุ๋ยควบคุมปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน ตามลำดับ

5.1.3 สรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยที่ได้ควรเป็นวัสดุส่งเสริมการปลูกมากกว่าวัสดุปลูก

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เพิ่มการวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ย (Germination Index) ซึ่งจะมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้เนื่องจากถ้าเนื้อปุ๋ยยังมีวัสดุอินทรีย์ส่วนที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์หลงเหลืออยู่จะทำให้จุลินทรีย์ใช้ธาตุไนโตรเจนในดินไปในการย่อยสลายปุ๋ยหมักต่ออันจะส่งผลให้พืชปลูกขาดธาตุไนโตรเจนในดินช่วงแรกได้ซึ่งทำให้เมล็ดไม่งอกขึ้น

5.2.2 วิเคราะห์สารปนเปื้อนของปุ๋ย เช่น โลหะหนัก ตะกั่ว ปรอท เป็นต้น เนื่องจาการปนเปื้อนของโลหะหนักจะทำให้ปุ๋ยที่นำมาเพาะปลูกไม่มีประสิทธิภาพทำให้พืชไม่เจริญเติบโตจากการทดลองของนุชจรี (2021) พบว่า มีการปนเปื้อนโลหะหนักในดินนาข้าวมีปริมาณสังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียม อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดยกเว้นปริมาณเหล็กมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดซึ่งมีค่าเฉลี่ยโดยอาจเป็นสาเหตุทำให้ข้าวขาดธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมได้ ทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชลดลงทำให้ข้าวเจริญเติบโตไม่ดี

5.2.3 จากผลการทดลองพบว่าค่า pH ของปุ๋ยมีความเป็นกรด ซึ่งเกณฑ์ชี้วัดคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์จากวรสารดินและปุ๋ย, 2537 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะต้องอยู่ในช่วง 5.5 – 8.5 จึงเสนอว่าควรปรับปุ๋ยที่ผลิตได้ให้มีความเป็นด่างมากขึ้นโดยใช้ถ่านหรือไบโอชาล์ จากงานวิจัยของสายชล (2018) ผลของการใส่ถ่านชีวภาพกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตถั่วฝักยาวพบว่าทำให้ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและปริมาณผลผลิต ซึ่งถ่านมีสภาพที่เป็นด่างเล็กน้อย จึงช่วยลดสภาพความเป็นกรดของดินลงได้บางส่วน นอกจากนี้ถ่านชีวภาพมีธาตุไนโตรเจน (ที่เป็นประโยชน์กับพืช) รวมทั้งน่าจะมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (ทำให้เก็บกักธาตุอาหารได้มาก) ซึ่งถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติที่เหมาะกับปรับปรุงดินหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุดก็คือ รูพรุนที่ผิวถ่าน ซึ่งทำให้ถ่านชีวภาพสามารถเก็บกักน้ำและธาตุอาหาร รวมทั้งเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์

5.2.4 เนื่องจากปุ๋ยที่ได้มีการอุ้มน้ำควรมีการปลูกกับพืชตัวอย่างที่ชอบน้ำ หรือเจริญเติบโตได้ดีที่มีน้ำเยอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรชนก และ อมรรัตน์. 2559.ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไก่ ชีวมวล และปุ๋ยที่ส่งผลต่อการผลิตคะน้าเห็ดหอม. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. รายงานฉบับสมบูรณโครงการสำรวจและวิเคราะห์องคประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. ดินสำหรับเยาวชน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/pdf/D_ easysoils_editvol2. สืบค้น 10 พฤษภาคม 2565.

กุลวดี สอนกลิ่น. 2553. เกษตรกรรม. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก https://www.l3nr.org/posts/403148. สืบค้น 3 พฤษภาคม 2565.

เกษม จันทร์แก้ว. 2550. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มลพิษทางดิน : อักษรสยามการพิมพ์.

ชัญญา ทิพานุกะ. 2557. กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย: ดินและการกำเนิดของดิน. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อจาก http://www.nakhamwit.ac.th/ สืบค้น 7 พฤษภาคม 2565.

ชัยรัตน มงคลสวัสดิ์. 2550. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://negistda.kku.ac.th สืบค้น 20 พฤษภาคม 2565.

ชูศักดิ์ คงคานนท์. 2550. เกษตรกรรม. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://ebook.ram.edu/e-book/g/GE253(50)/GE253-9. สืบค้น 15 พฤษภาคม 2565.

ณัฐพงศธีระแก้ว, ธนวรรณ ทองมา, การกำจัดขยะเศษอาหารจาก ครัวเรือน. ปริญญานิพนธภาควิชาวิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาพระนครเหนือ; 2543.

นัทกร และ สุวิทย์. 2561. การเปรียบเทียบปุ๋ยสูตรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ายอด. คณะเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.เชียงใหม่.

พัชรี ธีรจินดาขจร. คูมือการวิเคราะหดินทางเคมี. ขอนแกน : โรงพิมพ มหาวิทยาลัยขอนแกน ; 2552.

พัชรี และ สกุลกานต์. 2015. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นชมจันทร์. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม. รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540.

วรชัย และ ณัฐชา. 2562. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของคะน้ายอดที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี และการใช้น้ำหมักชีวภาพ (EM) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2551. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ในชุดดินบ้านทอน. งานวิจัย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.mcc.cmu.ac.th/ สืบค้น 10 มิถุนายน 2565.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2552. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 18: ดินและปุ๋ย [ออนไลน์]. สืบค้น จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/Ebook/BOOK18/ book18_8/Default.html สืบค้น 18 มิถุนายน 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สาคร สีมุข. 2554. สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. ผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยเคมีทางการเกษตรของ ประเทศไทย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://library.senate.go.th/ สืบค้น 20 พฤษภาคม 2565.

อนุชา นามภิญโญ. 2557. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อปุ๋ยอินทรีย์ของ ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. งานวิจัย. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.teacher.ssru.ac.th สืบค้น 30 มิถุนายน 2565.

Diaz LF, Savage GM, Eggerth LL, Golueke CG. 1993. Composting and recycling municipal solid waste. Boca Raton: Lewis Publishers.

Kaosol, T. 2009. Sustainable solutions for municipal solid waste management in Thailand; 60: 665-670.

Liao, P. H., Jones, L., Lau, A. K., Walkemeyer, S., Egan, B., Holbek, N. 1996. Composting of fish wastes in a full – scale in-vessel system. Bioresource Technology. 59:163-168 Iyengar, S.R and Bhave, P.P. In-vessel composting of household wastes. Waste Management 2005; 26: 1070- 1080.

Polprasert, C. 1996. Organic Waste Recycling: Technology and Management. 2nd ed. West Sussex: John Wiley.

Tchobanoglous, G., Kreith, F. 2002. Handbook of Solid Waste Management. 2 nd ed. New York: McGraw Hill.

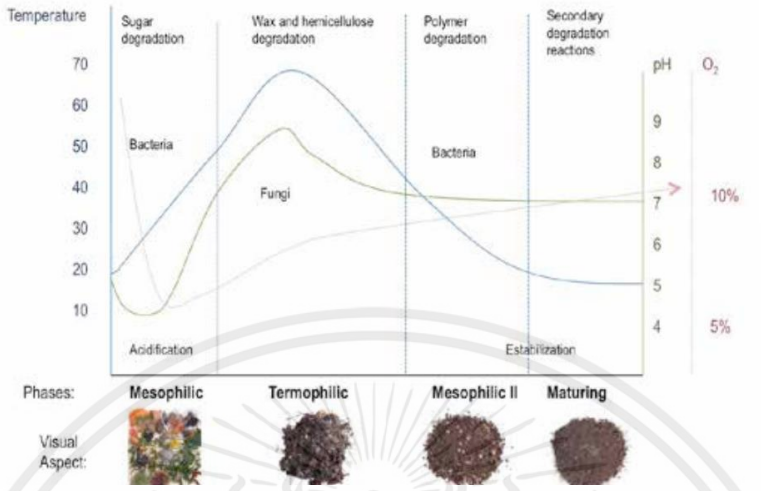
Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. Singapore: McGraw-Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

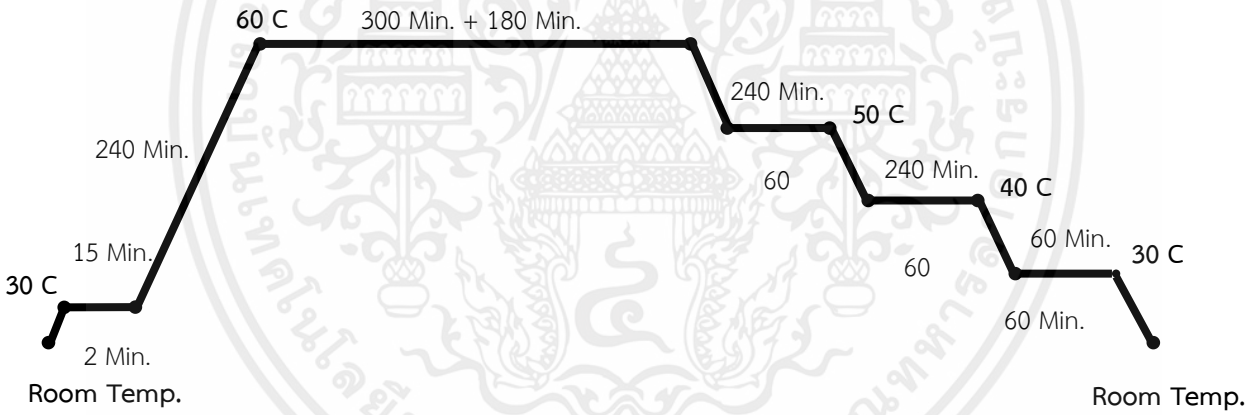
ภาคผนวก ก.

การผลิตปุ๋ยหมัก และการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

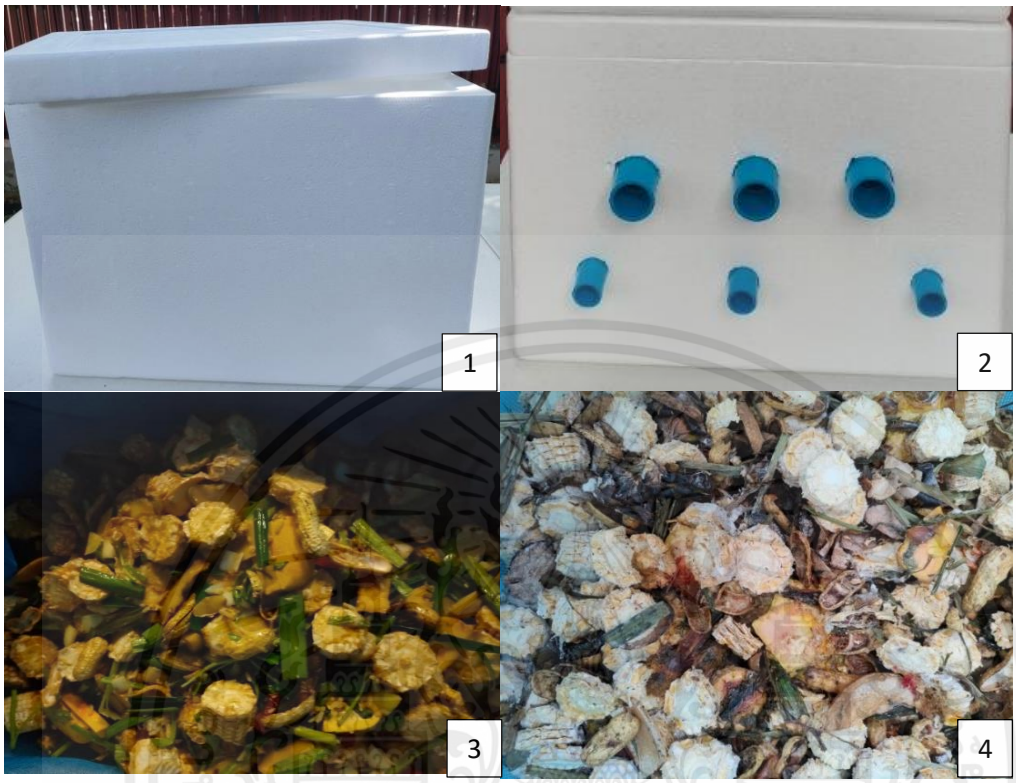


รูปที่ ก-1 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่ออ้างอิงการควบคุมอุณหภูมิของเครื่อง Nano-composter

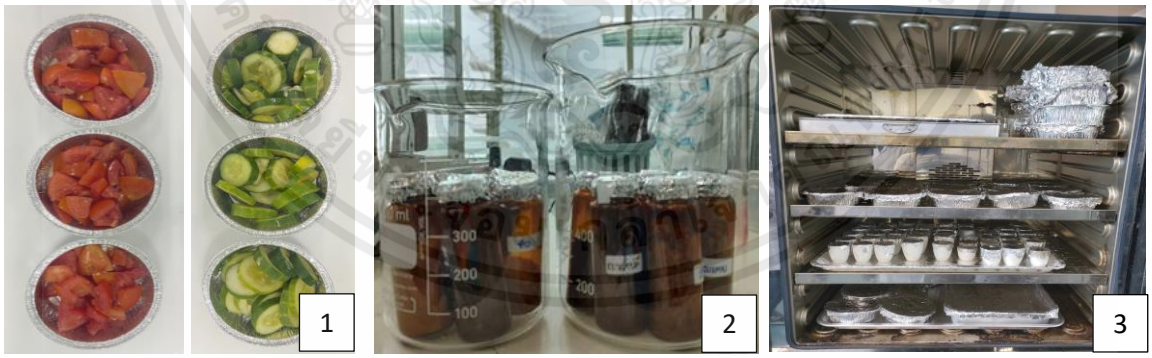


รูปที่ ก-2 Temperature Profile ของเครื่อง Nano-composter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

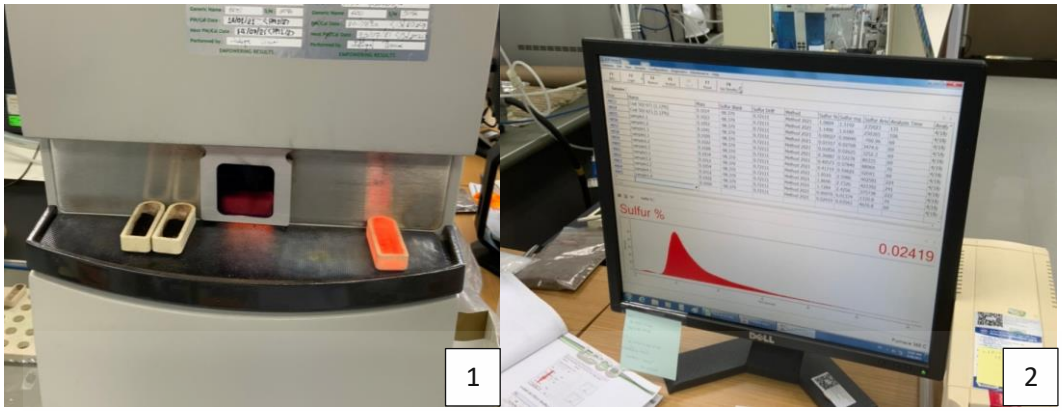


รูปที่ ก-3 การทดลองหมักปุ๋ยด้วยลังโฟม

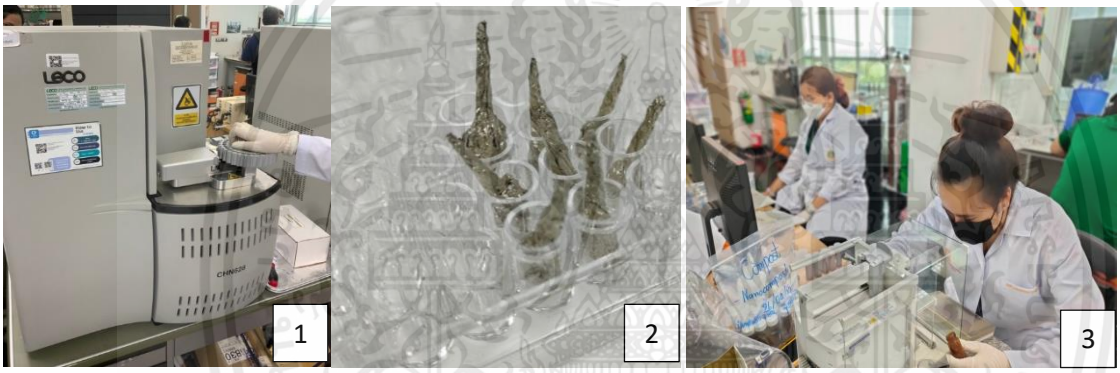


รูปที่ ก-4 การทดลองวิเคราะห์ความชื้นค่าความชื้นของวัตถุดิบ ปุ๋ยหมัก ดิน และวัสดุเตรียมปลูก

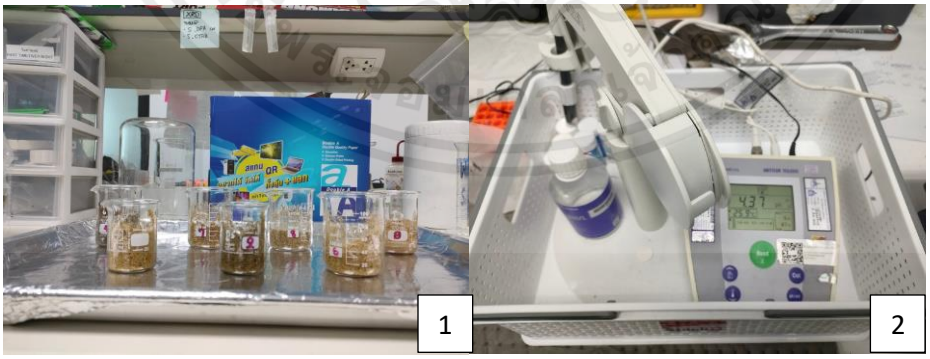
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 การทดลองวิเคราะห์ค่า S

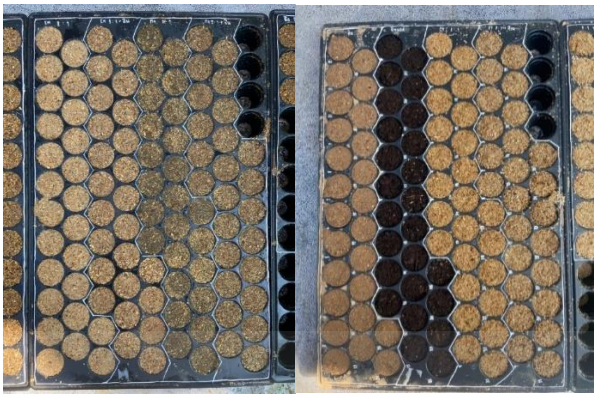


รูปที่ ก-6 การทดลองวิเคราะห์ค่า CHN



รูปที่ ก-7 การทดลองวิเคราะห์ค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

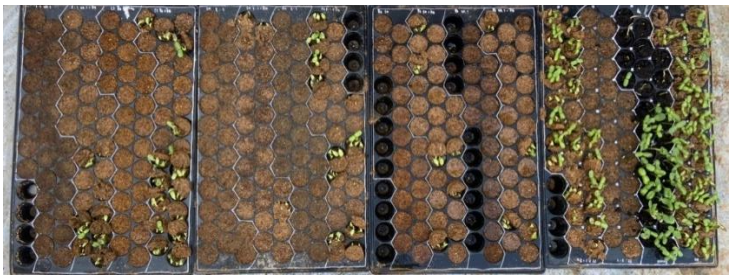


รูปที่ ก-8 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 22/04/2022 (วันที่ 1)

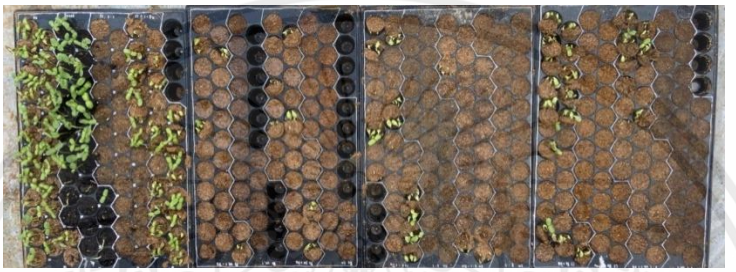
รูปที่ ก-9 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 23/04/2022 (วันที่ 2)

รูปที่ ก-10 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 24/04/2022 (วันที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-11 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 25/04/2022 (วันที่ 4)



รูปที่ ก-12 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 26/04/2022 (วันที่ 5)

รูปที่ ก-13 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 27/04/2022 (วันที่ 6)

รูปที่ ก-14 การทดลองปลูกต้นทานตะวัน 28/04/2022 (วันที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

องค์ประกอบของเศษอาหารที่ใช้ในการทดลอง และผลการวิคราะห์ปุ๋ยหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของเศษอาหารที่ใช้ในการทดลองโดยอ้างอิงจากสัดส่วนขยะอินทรีย์จากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา

หมักปุ๋ยโดยใช้เครื่อง Nano- composter																				
การทดลอง (Food waste: Biomass)	Conditions		Foodwaste (kg)																	**รวมน้ำหนักทั้งหมด (kg)**	**Biomass**
	สารอินทรีย์:จุลินทรีย์		ผัก (30%)				ผลไม้ (18%)				โปรตีน (31%)	ธัญพืช (10%)			เศษอาหารอื่นๆ (11%)						**ซังข้าวโพด**
	เติมจุลินทรีย์ (10:1)	ไม่เติมจุลินทรีย์	ผักบุ้ง	หอมหัวใหญ่	ถั่วฝักยาว	กะหล่ำปลี	แตงกวา	มะเขือเทศ	เปลือกแตงโม	เปลือกสับปะรด	กากถั่วเหลือง	เปลือกถั่วแระ	ข้าวสวย	เปลือกถั่วลิสง	ขิง	ข่า	ใบเตย	มันฝรั่ง	เปลือกไข่		
การทดลอง 1 (3:0)			0.225	0.225	0.225	0.225	0.135	0.135	0.135	0.135	0.93	0.1	0.1	0.1	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	3	0
การทดลอง 2 (2:1)			0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1
การทดลอง 3 (2:1+พด.1)	พด.1		0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1
การทดลอง 4 (2:1+ EM)	EM		0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1
หมักปุ๋ยโดยใช้ลังโฟม																					
การทดลอง 1 (2:1)			0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1
การทดลอง 2 (2:1+พด.1)	พด.1		0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1
การทดลอง 3 (2:1+ EM)	EM		0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.09	0.09	0.09	0.62	0.067	0.067	0.067	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	2	1

ตารางที่ 4.5 ค่าความชื้นของปุ๋ยที่ได้จากการผลิต

Compost	Humidity (%)
1. 3:0	7.09 ± 0.09
2. Control 2:1	9.38 ± 0.11
3. พด.1 2:1	3.88 ± 0.15
4. EM 2:1	4.91 ± 0.06
5. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	10.23 ± 0.02
6. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	14.42 ± 0.26
7. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	12.95 ± 0.08
8. Control 2:1 + ดิน	7.33 ± 0.50
9. พด.1 2:1 + ดิน	5.82 ± 0.31
10. EM 2:1 + ดิน	7.43 ± 0.35
11. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	7.00 ± 0.17
12. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	7.84 ± 0.00
13. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	6.17 ± 0.60
14. ดิน	13.82 ± 11.85
15. พีทมอส	47.26 ± 1.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ pH

Compost	pH
1. 3:0	4.63 ± 0.03
2. Control 2:1	4.34 ± 0.25
3. พด.1 2:1	4.09 ± 0.08
4. EM 2:1	4.10 ± 0.13
5. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	5.79 ± 0.05
6. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	6.13 ± 0.04
7. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	5.96 ± 0.14
8. Control 2:1 + ดิน	4.70 ± 0.03
9. พด.1 2:1 + ดิน	4.58 ± 0.02
10. EM 2:1 + ดิน	4.83 ± 0.52
11. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	6.28 ± 0.01
12. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	6.96 ± 0.05
13. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	6.59 ± 0.02
14. ดิน	6.68 ± 0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ร้อยละการงอกของเมล็ด (22/04/2022-28/04/2022)

การทดลอง	ร้อยละการงอกของเมล็ด (%)						
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
1. Control 2:1	0.80	0.00	0.80	0.80	0.80	2.40	4.00
2. พด.1 2:1	-	-	-	-	-	-	-
3. EM 2:1	-	-	-	-	-	-	-
4. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	-	-	-	-	-	-	-
5. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	-	-	-	-	-	-	-
6. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	-	-	0.80	0.80	0.80	-	-
7. Control 2:1 + ดิน	-	8.80	59.20	76.80	81.60	85.60	88.00
8. พด.1 2:1 + ดิน	0.00	2.40	12.00	21.60	24.80	26.40	27.20
9. EM 2:1 + ดิน	0.00	0.80	2.40	5.60	11.20	15.20	23.20
10. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	0.80	8.00	32.00	45.60	51.20	51.20	51.20
11. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	-	1.60	8.80	9.60	13.60	19.20	20.80
12. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	-	0.80	2.40	5.60	11.20	15.20	23.20
13. ดิน	0.80	13.60	74.17	82.76	90.52	90.52	90.52
14. พีทมอส	2.40	20.00	45.79	49.53	51.40	51.40	51.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความสูงลำต้น

การทดลอง	ความสูงลำต้น (cm)
1. Control 2:1	2.8 ± 0.30
2. พด.1 2:1	-
3. EM 2:1	-
4. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	-
5. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	-
6. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	-
7. Control 2:1 + ดิน	3.7 ± 1.19
8. พด.1 2:1 + ดิน	2.7 ± 0.98
9. EM 2:1 + ดิน	1.8 ± 0.71
10. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	3.7 ± 0.97
11. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	2.9 ± 0.98
12. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	2.7 ± 0.75
13. ดิน	5.0 ± 1.19
14. พีทมอส	6.6 ± 1.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์หาความยาวรากสูงสุด

การทดลอง	ความยาวรากสูงสุด (cm)
1. Control 2:1	0.8 ± 0.26
2. พด.1 2:1	-
3. EM 2:1	-
4. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	-
5. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	-
6. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	-
7. Control 2:1 + ดิน	2.1 ± 1.11
8. พด.1 2:1 + ดิน	1.3 ± 0.68
9. EM 2:1 + ดิน	1.1 ± 0.52
10. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	1.5 ± 0.69
11. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	1.7 ± 1.29
12. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	1.6 ± 1.28
13. ดิน	8.0 ± 2.65
14. พีทมอส	5.3 ± 2.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์หาจำนวนใบต่อต้น

การทดลอง	จำนวนใบต่อต้น (ใบ)
1. Control 2:1	3 ± 1.10
2. พด.1 2:1	-
3. EM 2:1	-
4. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	-
5. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	-
6. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	-
7. Control 2:1 + ดิน	3 ± 1.10
8. พด.1 2:1 + ดิน	3 ± 0.90
9. EM 2:1 + ดิน	3 ± 1.01
10. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	4 ± 0.91
11. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	4 ± 0.00
12. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	3 ± 0.91
13. ดิน	4 ± 0.71
14. พีทมอส	4 ± 0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์หาวัดน้ำหนักสดต้นอ่อนทานตะวัน

การทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)
1. Control 2:1	0.29 ± 0.06
2. พด.1 2:1	-
3. EM 2:1	-
4. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1	-
5. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1	-
6. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1	-
7. Control 2:1 + ดิน	0.47 ± 0.18
8. พด.1 2:1 + ดิน	0.28 ± 0.10
9. EM 2:1 + ดิน	0.19 ± 0.10
10. Control ปุ๋ยหมักมือ 2:1 + ดิน	0.40 ± 0.15
11. ปุ๋ยหมักมือ พด.1 2:1 + ดิน	0.24 ± 0.13
12. ปุ๋ยหมักมือ EM 2:1 + ดิน	0.26 ± 0.09
13. ดิน	0.57 ± 0.17
14. พีทมอส	0.86 ± 0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การคำนวณหาค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาความชื้น

นำพืชมาอบให้แห้ง แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักที่หายไป คำนวณเป็นร้อยละ ดังสูตร

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) = (น้ำหนักเริ่มต้น – น้ำหนักหลังการอบ) x 100/ น้ำหนักเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนิตยา เจดีมูนจัน

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ.2542

ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช

ที่อยู่ 102/14 หมู่ที่ 5 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

E-mail 61552006@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จังหวัดนครศรีธรรมราช
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและอาหาร ปีการศึกษา 2564 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้