



การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก
บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

The Study of Nutrient Components in Co-composted Sludge,
From Serm Suk Co.,Ltd. Applied on *Brassica chinensis* Growth

ประภาพร พระอภิรักษ์
เมธาวี นายสุวรรณ
วรรณษา พึ่งคุ้ม

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2555



การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก
บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

The Study of Nutrient Components in Co-composted Sludge,
From Serm Suk Co.,Ltd. Applied on *Brassica chinensis* Growth

ประภาพร พระอภิรักษ์
เมธาวี ฉายสุวรรณ
วรรณิษา พึ่งคุ้ม

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้	
ชื่อ สกุล	ประภาพร	พระอภิรักษ์
	เมธาวี	ฉายสุวรรณ
	วรรณิษา	พืงคุ้ม
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ มาโนช หลักฐานดี	

คณะกรรมการสอบปริญญาบัตรได้ให้ความเห็นชอบปริญญาบัตรฉบับนี้แล้ว

ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ
ประธานกรรมการ

นางสาว วรนุช ดีละมัน
กรรมการ

นาย มาโนช หลักฐานดี
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้รับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้	
ชื่อ สกุล	ประภาพร	พระอภิรักษ์
	เมธาวี	ฉายสุวรรณ
	วรรณิษา	พึ้งคุ้ม
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา และคณะ	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ปีการศึกษา	2555	

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม เนื่องจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มในแต่ละครั้งจะมีปริมาณของกากตะกอนออกมาเป็นจำนวนมาก และทางโรงงานไม่ได้มีการนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี การวิจัยเชิงทดลองนี้จึงเป็นการช่วยลดปัญหาการกำจัดกากตะกอน ด้วยการใส่กากตะกอนเป็นส่วนผสมในการหมักปุ๋ย และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ 1) ใช้ใบไม้แห้งและเศษอาหารเป็นส่วนประกอบ 2) ใช้ใบไม้แห้ง เศษอาหารและกากตะกอนเป็นส่วนประกอบ ดำเนินการหมัก 60 วัน แล้วทำการทดลองปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้เป็นระยะเวลาทั้งหมด 30 วัน เก็บข้อมูลทุก ๆ 5 วัน วัดการเจริญเติบโตในส่วนต่าง ๆ ทั้งความสูงของลำต้นและจำนวนใบ พบว่าในชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารดีที่สุดในครั้งนี้ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ร้อยละ 30.64 ของน้ำหนักปุ๋ยทั้งหมดมีปริมาณคาร์บอนอยู่ร้อยละ 17.11 ของน้ำหนักปุ๋ยทั้งหมด ค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน คือ 22:1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ร้อยละ 0.80 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ร้อยละ 0.43 และ ค่าความเป็นกรดต่าง คือ 6.35 ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 โดยมีระดับความสูงมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.7 ซม. และมีจำนวนใบเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ใบ ชุดการทดลองนี้จึงเป็นส่วนสำคัญของกากตะกอนและวัสดุปลูกที่ดีที่สุด เหมาะสำหรับการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้และลดปริมาณของเสียจากโรงงานได้เป็นอย่างดี

Independent Study Title	The Study of Nutrient Components in Co-composted Sludge, from Serm Suk Co., Ltd. Applied on <i>Brassica chinensis</i> Growth
Authors	Prapaporn Praapiruk Methawi Chaisuwan Wanisa Phungkhum
Degree	Bachelor of Science
Major program	Environmental Sciences and Natural Resources Faculty of Science and Technology
Academic year	2012

ABSTRACT

The study of nutrient components in co-composted sludge, from Serm Suk Co., Ltd. applied on *Brassica chinensis* growth had the objective to reduce the amount of waste from beverage processing which the factory did not eradicate properly. This experimental research helped reducing the problem of sludge eradication by using the sludge as a fertilizer. The experiment was divided into 2 sets. 1) The dried leaves and garbage 2) The dried leaves, garbage and sludge. All sets have 60 days fermentation, and growing *Brassica chinensis* until day 30th. Collect data every 5 days. The growth rate of each part was measured, including the height of trunk and number of leaves. Found that in the set 2 was the best nutrients, the values are as follows, organic matter is 30.64% (w/w), carbon is 17:11% (w/w), the ratio of carbon : nitrogen is 22:1, total nitrogen is 0.80%, total phosphorus is 0.43% and pH is 6.35. It also affected to the growth of the *Brassica chinensis* better than set 1 and set 3. The growth of the highest level at average at 7.7 cm and the average number of leaves at 4. This set was the best ratio for growing *Brassica chinensis* and reducing the waste from factory as well.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อ.มานิช หลักฐานดี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ภทริกา สูงสมบัติ ประธานกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ อ.วรรณุช ดีละมัน กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ คุณรัชพล เขียมสกุล ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างภาคตะกอนในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณครอบครัวฉายสุวรรณ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยในการเตรียมพื้นที่สำหรับการทดลอง ขอขอบพระคุณ อ.มานิช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยรวมทั้งอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้อุดหนุนทุนวิจัยสำหรับการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คณะครูบาอาจารย์ที่เคยอบรม สั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความสามารถต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้วิจัยในอดีตและปัจจุบันทุกท่าน จนคณะผู้วิจัยสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน รวมถึงเพื่อน ๆ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติรุ่น 2 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการศึกษาวิจัยทดลอง จนปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ประภาพร	พระอภิรักษ์
เมธาวี	ฉายสุวรรณ
วรรณิษา	พิ่งคุ้ม

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญแผนภูมิ	(ซ)
สารบัญภาพ	(ฌ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 น้ำเสีย	7
2.1.1 ประเภทของน้ำเสีย	8
2.1.2 การบำบัดน้ำเสีย	8
2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ร่วมกับ Activated Sludge (AS)	9
2.3 กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	11
2.4 ปุ๋ยหมัก	12
2.4.1 นิยามความหมายของปุ๋ยหมัก	12
2.4.2 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	13
2.4.3 การผลิตปุ๋ยหมัก	14
2.4.4 วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก	14
2.4.5 ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
2.4.6	จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักทำปุ๋ย	21
2.4.7	การดูแลรักษาของปุ๋ยหมัก	22
2.4.8	หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์	23
2.4.9	ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก	24
2.4.10	การใช้ปุ๋ยหมัก	25
2.4.11	ความสำคัญของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติ ของปุ๋ยหมักที่ใช้ในการวิจัย	26
2.5	พืชที่ใช้ในการวิจัย	29
2.5.1	ลักษณะผักกวางตุ้งฮ่องเต้	29
2.5.2	การปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้	31
2.6	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3	วิธีดำเนินการ	36
3.1	รูปแบบการวิจัย	36
3.2	ภาคตะกอนตัวอย่าง	36
3.3	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	36
3.3.1	วัสดุหมัก	36
3.3.2	วัสดุปลูก	36
3.4	ขั้นตอนการวิจัย	39
3.4.1	ขั้นเตรียมการ	39
3.4.2	ขั้นดำเนินการ	39
3.4.3	ขั้นเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล	43
3.4.4	อภิปรายผล	43
3.4.5	สรุปและนำเสนอ	43
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย	44
4.1	สมบัติของปุ๋ยหมัก	44
4.2	ลักษณะของปุ๋ยหมักและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก	45
4.2.1	ลักษณะของปุ๋ยหมัก	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักร่วมกับวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้	47
4.3.1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้	47
4.4 การอภิปรายผล	58
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการวิจัย	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้	59
5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	60
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก ก เอกสารและผลวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก	65
ภาคผนวก ข วิเคราะห์ปุ๋ยหมัก	68
ประวัติผู้วิจัย	77

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในปุ๋ยหมัก	25
3.1	ชุดการทดลองที่ใช้ในการศึกษา	40
4.1	ธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก	44
4.2	ความสูงของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้	55
4.3	จำนวนใบของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้	56



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB+AS	10
3.1 วัสดุหมัก	37
3.2 วัสดุปลูก	38
3.3 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 ในอัตราส่วน 1: 1	41
3.4 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 ในอัตราส่วน 1: 1	41
3.5 ดินชุดการทดลองที่ 3	41
3.6 การนำเมล็ดกวางตุ้งฮ่องเต้มาปลูกในกระถาง	42-43
4.1 ลักษณะของปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1	46
4.2 ลักษณะของปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 2	46
4.3 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 5 วัน	47-48
4.4 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 10 วัน	49
4.5 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 15 วัน	50-51
4.6 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 20 วัน	51-52
4.7 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 25 วัน	53
4.8 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งในระยะ 30 วัน	54-55
4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสูงกับระยะเวลาของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้	56
4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนใบกับระยะเวลาของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้	57

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
1.1 กรอบความคิดเดิมของกระบวนการจัดการกับกากตะกอน	4
1.2 ผังกรอบความคิดใหม่ของกระบวนการจัดการกับกากตะกอน โดยการทำปุ๋ยหมัก	5



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยขยายตัวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิต หรือแม้แต่การใช้พลังงานในการแปรรูปผลผลิต ล้วนก่อให้เกิดปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น มลพิษอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาแก่สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน คือ ปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดจากการผลิตของโรงงาน โดยน้ำที่ผ่านการใช้จากกระบวนการผลิตแล้วจะเป็นส่วนที่เรียกว่า น้ำเสีย หากไม่มีการบำบัดน้ำทิ้งที่ดีก็จะเกิดการเน่าเสีย หรือหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สารพิษจากน้ำเสียเหล่านี้จะทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดการเน่าเสียได้ด้วย

ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรม จึงต้องมีการทำระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้ก่อนที่จะระบายลงแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น และจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดส่วนของกากตะกอน (Sludge) ออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะต้องทำการบำบัดเสียก่อนที่จะนำไปกำจัดต่อไป กากตะกอนน้ำเสียเหล่านี้จะมีสมบัติแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบ ขั้นตอนและวิธีการบำบัดของแต่ละโรงงาน ซึ่งหากโรงงานไม่สามารถนำกากตะกอนเหล่านี้ไปกำจัดให้ถูกวิธี หรือไม่นำไปใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมก็จะก่อให้เกิดปัญหาในการทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษเช่นเดียวกับน้ำเสีย

ปัจจุบันนี้กากตะกอนได้เพิ่มปริมาณมากขึ้นตามจำนวนโรงงานอุตสาหกรรม จึงเป็นทรัพยากรที่มีค่ามากและเป็นทางเลือกใหม่ในการใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้ จึงควรได้มีการศึกษาถึงวิธีการนำกากตะกอนเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ให้เหมาะสมในแต่ละโรงงานและวัตถุดิบที่ใช้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการนำไปกำจัดซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสียหลายประการ เช่น ทำอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยหมัก ทำแท่งเพาะชำ ผลิตไฟฟ้า ทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง และทำวัสดุก่อสร้าง

การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนที่น่าสนใจ คือ การทำปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นการย่อยวัตถุดิบอินทรีย์ ให้เป็นฮิวมัส (Humus) ด้วยจุลินทรีย์หลัก ๆ ได้แก่ เชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย วัตถุดิบอินทรีย์ได้แก่ เศษอาหาร เศษหญ้า กระดาษ เป็นต้น กระบวนการการหมักปุ๋ยสามารถทำได้ 2 แบบ คือ แบบใช้อากาศ (Aerobic Compost) และ แบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Compost)

การใช้ปุ๋ยหมักกับดินจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินและเนื้อดิน ช่วยเพิ่มโพรงอากาศ ช่วยระบายน้ำและอากาศดีขึ้นและเพิ่มการอุ้มน้ำของดิน ลดการอัดตัวของดิน ช่วยให้ต้นไม้ต้านทานความแล้งดีขึ้น เป็นอาหารให้จุลินทรีย์ที่ช่วยรักษาสภาพดินให้สมบูรณ์และสมดุล และธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ยังผลิตขึ้นตามธรรมชาติด้วยการเลี้ยงจุลินทรีย์เหล่านี้ (ฉัตรชัย, 2552)

ขยะของเสียเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม จึงมีความจำเป็นต้องวางแผนการจัดการขยะการนำขยะมาหมักเป็นปุ๋ยเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณขยะได้ทั้งยังได้ผลผลิตที่มีประโยชน์ โดยใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2540) ในการหมักหากใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงผลผลิตที่ได้ก็จะมีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้กับพืชได้ □

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองและเป็นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ เพื่อนำกากตะกอนของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมัก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) กับปุ๋ยหมักที่ไม่มีส่วนผสมของกากตะกอน

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) มาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการปลูกพืชได้

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักที่มีกากตะกอนเป็นส่วนผสมกับปุ๋ยหมักที่ไม่มีกากตะกอนเป็นส่วนผสม ในระยะเวลา 1 เดือน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 กากตะกอนที่ใช้ทำการศึกษาเป็นกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย UASB ร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสีย AS ของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) เลขที่ 63 หมู่ที่ 3 ถนนนนทบุรี-ปทุมธานี ตำบลบางชะแยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

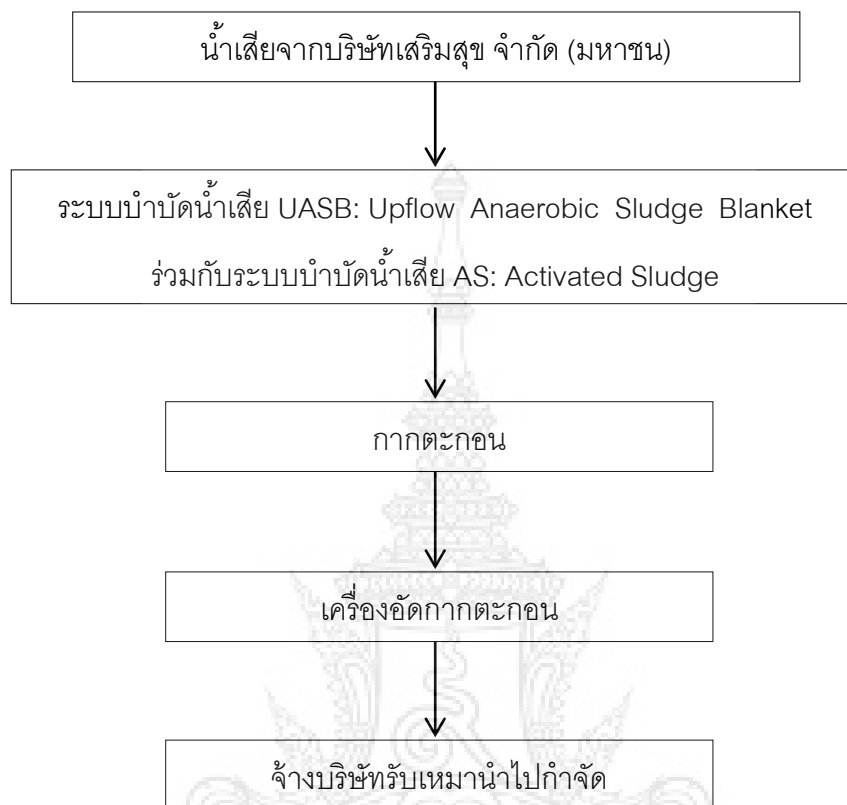
1.3.2 พืชที่นำมาใช้สำหรับศึกษาอัตราการเจริญเติบโตภายในระยะเวลา 1 เดือน คือ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

1.3.3 ใช้วัสดุในการหมักปุ๋ยทั้งหมด 3 ชนิด คือ เศษอาหาร ใบไม้แห้งที่ย่อยแล้ว กากตะกอน

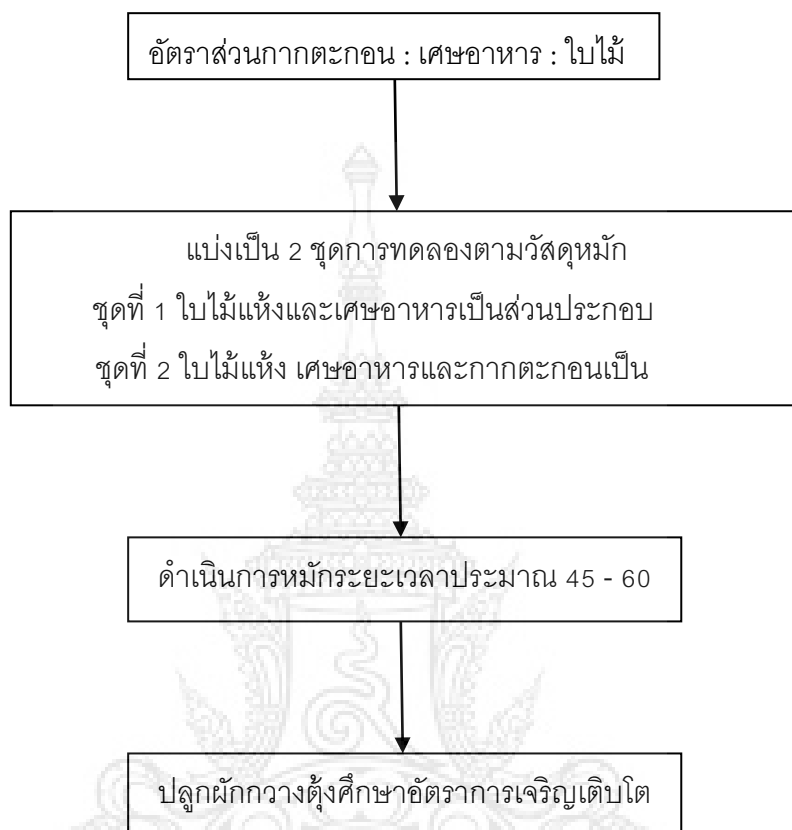
1.3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ปุ๋ยหมักมี 5 พารามิเตอร์ ได้แก่

- ความเป็นกรด-ด่าง
- ปริมาณคาร์บอน
- ปริมาณอินทรีย์วัตถุ
- ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

1.4 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย



แผนภูมิ 1.1 กรอบความคิดเดิมของกระบวนการจัดการกับกากตะกอน
ของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน)



แผนภูมิ 1.2 ผังกรอบความคิดใหม่ของกระบวนการจัดการกับกากตะกอนโดยการทำปุ๋ยหมัก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถทำปุ๋ยหมักที่มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเพาะปลูก
- 1.5.2 สามารถนำกากตะกอนของบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) มาใช้ประโยชน์ ทำให้ลดการเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอน
- 1.5.3 ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนทำให้อัตรากาการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ดีกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่มีส่วนผสมของกากตะกอน

1.6 นิยามศัพท์

- 1.6.1 ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยธรรมชาติ ชนิดหนึ่งที่ได้มาจากการนำเอาเศษซากพืช เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง ผักตบชวา ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตลอดจนขยะมูลฝอยตามบ้านเรือนมาหมักร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยเคมีหรือสารเร่งจุลินทรีย์เมื่อหมัก โดยใช้ระยะเวลาหนึ่งแล้วเศษพืชจะเปลี่ยนสภาพเป็นผงเปื่อยยุ่ยสีน้ำตาลปนดำ
- 1.6.2 น้ำเสีย หมายถึง น้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจสำหรับคนทั่วไป เป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม
- 1.6.3 ตะกอนน้ำทิ้ง หมายถึง ของแข็งที่แยกออกจากน้ำเสียหรือของแข็งส่วนเกินที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางชีวภาพหรือทางเคมี
- 1.6.4 การทำปุ๋ยหมัก หมายถึง การนำเอาเศษซากหรือวัสดุต่างๆ ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่ได้มาจากพืช เช่น เศษหญ้า ใบไม้ หรือแม้แต่เศษอาหาร ตามบ้านเรือนหมักไว้จนกระทั่งวัสดุหรือเศษพืช เหล่านั้นย่อยสลายและแปรสภาพไป
- 1.6.5 ธาตุอาหาร หมายถึง ธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ย เช่นธาตุอาหารไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่าง ๆ ซึ่งต้องนำมาใช้ประโยชน์ เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้อย่าง ชัดเจน ภายในบทนี้จึงกำหนดหัวข้อความรู้ไว้ ดังนี้

- 2.1 น้ำเสีย
- 2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB+AS
- 2.3 กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย
- 2.4 ปุ๋ยหมัก
- 2.5 พีชที่ใช้ในการวิจัย
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2524 : 280) ได้กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้งานต่าง ๆ เช่น การชำระล้างร่างกาย อาหาร การขับถ่ายของเสีย การเกษตร การล้างวัตถุดิบในโรงงาน อุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ทำให้คุณลักษณะของน้ำเสียเปลี่ยนไป จากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรกทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ถ่ายเทเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่ง สกปรกในน้ำเสีย หรือความสกปรกของน้ำเสียจึงมีลักษณะไม่เหมือนกัน

กรมควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม (2537 : 8) ได้กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ถูกนำไปใช้ใน กิจกรรมของมนุษย์ และระบายทิ้งลงมา มีสิ่งปะปนซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์ อนินทรีย์ หรือสารพิษ ทำ ให้น้ำนั้นไม่เหมาะสมสำหรับใช้อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำธารธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพของ น้ำธรรมชาติเสียหาย

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จาก กิจกรรมต่าง ๆ ทั้งจากบ้านเรือน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งน้ำเสียนั้นมีสารปนเปื้อนทั้ง สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารพิษ ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนไป ไม่สามารถนำมาใช้ ประโยชน์ได้อีก และถ้ามีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ก็จะทำให้คุณภาพของน้ำธรรมชาติ เสียหายได้

2.1.1 ประเภทของน้ำเสีย แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

2.1.1.1 น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งการนำไปใช้ในครัวเรือน รวมถึงสถานประกอบการต่าง ๆ ในชุมชน ลักษณะน้ำเสียชุมชนจะมีค่า พีเอช เป็นกลาง มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งแขวนลอย และเป็นของแข็งละลายน้ำ โดยจะมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักและอาจมีเชื้อโรคปะปนอยู่

2.1.1.2 น้ำเสียจากการเกษตร หมายถึง น้ำเสียที่ใช้ในกิจกรรมในด้านการเกษตร เช่น การใช้สารปราบศัตรูพืช การใช้ปุ๋ย รวมถึงน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ฟาร์มสุกร ฟาร์มไก่ เป็นต้น

2.1.1.3 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงงาน เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร น้ำที่ใช้ในกระบวนการลดความร้อนของเครื่องจักร รวมทั้งการใช้น้ำของคนในโรงงาน เป็นต้น โดยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกประเภทน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่จะสามารถบำบัดได้ง่าย เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานแปรรูปอาหาร เป็นต้น และกลุ่มที่สองคือ น้ำเสียที่มีโลหะหนักหรือสารประกอบปนเปื้อน ซึ่งจะเป็น้ำเสียที่ค่อนข้างบำบัดยาก เช่น โรงงานชุบโลหะ ปิโตรเลียม แบตเตอรี่ เป็นต้น

2.1.2 การบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดของน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น การลงทุน การดำเนินงาน การบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับลักษณะของน้ำเสียและสภาพท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำมีอยู่ 3 แบบ ได้แก่

2.1.2.1 การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนซึ่งมีขนาดใหญ่ออกจากน้ำ เช่น เศษกระดาษ เศษพลาสติก เศษอาหาร กรวด ททราย เศษไม้ ไขมัน และน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวด ททราย ถังดักไขมันและน้ำมัน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสียเป็นหลัก

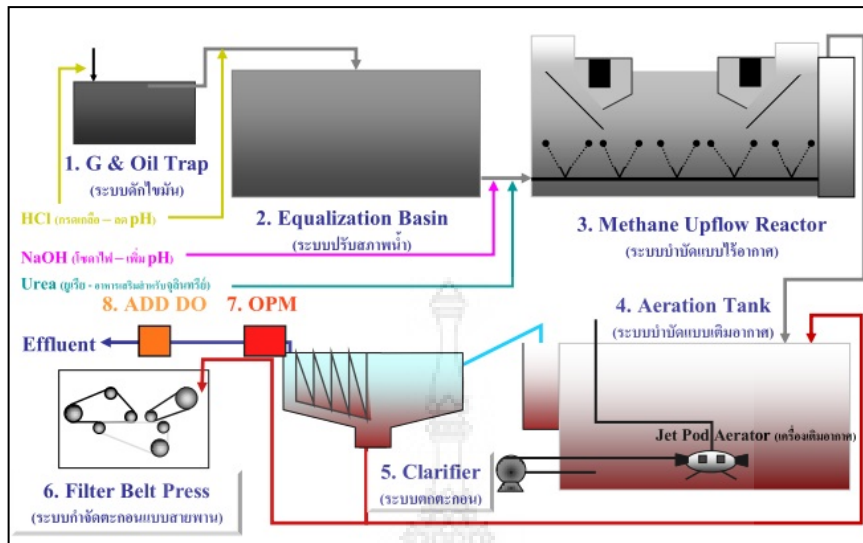
2.1.2.2 การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งเจือปนอยู่และมีปริมาณสูงหรือต่ำเกินไป เช่น ค่าพีเอชสูงเกินหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันหรือน้ำมันที่ละลายน้ำได้ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสสูงเกินไป และมีเชื้อโรค เป็นต้น ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี อาจประกอบด้วย ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรองหรือถังฆ่าเชื้อ

2.1.2.3 การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นวิธีการบำบัดโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำ โดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ร่วมกับ

Activated Sludge (AS)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB + AS คือระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยนำน้ำเสียจากโรงงานที่มีค่าความสกปรกในรูปของ BOD จะถูกสูบผ่านตะแกรงกำจัดขยะ จากนั้นจะไหลเข้าสู่บ่อดักไขมัน เพื่อแยกไขมันและน้ำมันออกก่อนที่น้ำเสียจะไหลมารวมกันในบ่อปรับสภาพ ดังแสดงในภาพ 2.1



ภาพ 2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB+AS

ที่มา : บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) (2551)

จากภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB + AS แบ่งออกเป็นดังนี้

1. บ่อดักไขมัน (Oil/Grease Trap) กระบวนการทำงานของบ่อดักไขมันนั้นเป็นกระบวนการทางกายภาพ โดยน้ำเสียที่เข้าบ่อดักไขมันค่อนข้างเป็นด่าง ส่วนมากเป็นน้ำเสียจากเครื่องล้างขวด จะพักน้ำเสียไว้ในบ่อดักไขมันประมาณ 1-1.5 ชั่วโมง จะพบว่ามีการบวมไขมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำจำนวนมาก จากนั้นพนักงานจะตักคราบไขมันทิ้ง เพื่อไม่ให้ไขมันเกาะกันจนมีขนาดใหญ่แล้วตกลงสู่ก้นบ่อ เพราะจะทำให้ปริมาตรของบ่อดักไขมันลดลง จากนั้นน้ำเสียที่ผ่านบ่อดักไขมันแล้วจะไหลมารวมกันในบ่อปรับสภาพ

2. บ่อปรับสภาพ (Equalizing Basin) บ่อนี้มีระยะเวลาเก็บกักน้ำประมาณ 7 ชั่วโมง จึงจะช่วยลดความแปรปรวนของปริมาณและสมบัติของน้ำเสีย จากนั้นจะถูกสูบเข้าไปบำบัดด้วยระบบ UASB คือ ถึง Methane Upflow Reactor (MUR)

3. ถังบำบัดแบบไร้อากาศ (Methane Upflow Reactor : MUR) น้ำเสียจะถูกสูบเข้าสู่ก้นถัง MUR โดยผ่าน Inline Mixer เพื่อเติมอาหารเสริมและปรับ pH ของน้ำเสียให้ได้ประมาณ 7 ก่อนผ่านเข้าไปยังระบบกระจายน้ำเสียซึ่งเรียงขนานบริเวณก้นถัง MUR โดยน้ำเสียจะไหลด้วยความเร็วที่เหมาะสมผ่านชั้นตะกอนล่าง (Sludge Bed) ที่มีความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่จับตัวกันเป็นเม็ดตะกอน (Granular Sludge) จำนวนมากและชั้นถัดมาของตะกอนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าที่เรียกว่าชั้นตะกอนเบา (Sludge Blanket) น้ำเสียซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย

สารอินทรีย์นี้จะไหลจากด้านล่างขึ้นด้านบนและถูกย่อยกลายเป็นก๊าซชีวภาพ ส่วนทางตอนบนของถัง MUR จะติดตั้งท่อแยกตะกอนแบบ Plate Settler และเครื่องแยกก๊าซ เพื่อทำหน้าที่แยกตะกอน น้ำ และก๊าซชีวภาพออกจากกัน

น้ำที่ไหลล้นออกจากถัง MUR ถึงแม้จะมีลักษณะใสแต่ยังคงมีค่า BOD เหลืออยู่ประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงต้องทำการบำบัดต่อด้วยระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยบำบัดที่สำคัญ คือ บ่อเติมอากาศ และถังตกตะกอน

4. บ่อเติมอากาศ (Aeration Tank) น้ำเสียจากบ่อพัก (Holding Tank) จะไหลเข้าสู่บ่อเติมอากาศซึ่งภายในบ่อนี้มีเครื่องเติมอากาศ (Air Blower) เป็นตัวให้อากาศและใช้กังหันตีน้ำ (Jet Pod Aerator) ทำหน้าที่เป็นตัวผสมอากาศกับน้ำตะกอน สารอินทรีย์ที่เหลืออยู่จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน จนกระทั่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลงจนเหลือน้อยที่สุด

5. ถังตกตะกอน (Clarifiers) น้ำตะกอน (MLSS) จากบ่อเติมอากาศจะไหลไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยน้ำใสนี้มีค่า BOD และพารามิเตอร์อื่นตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

6. เครื่องรีดตะกอน (Filter Belt Press) ระบบจัดการตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถจัดการตะกอนได้อย่างต่อเนื่องและได้ปริมาณตะกอนแห้ง (Sludge Cake) ออกมาค่อนข้างมาก ซึ่งปริมาณการรีดตะกอนจะขึ้นอยู่กับขนาดหน้ากว้างของสายพานรีดตะกอน (Sludge Belt) อัตราการรีดตะกอนสำหรับสายพานขนาดหน้ากว้าง 1 เมตรจะอยู่ที่ประมาณ 90 ถึง 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความแห้งของตะกอนที่ได้โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 16% ถึง 50% ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของน้ำตะกอนที่เข้าสู่เครื่องรีดตะกอน

2.3 กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ความสำคัญ แหล่งกำเนิด และลักษณะของกากตะกอน

กระบวนการสำคัญที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียก็คือ การกำจัดของแข็งออกจากน้ำเสียทั้งที่อยู่ในรูปของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) และของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Dissolved Solids) ของแข็งเหล่านี้จะมีน้ำปนอยู่ด้วย เมื่อแยกออกมาเรียกว่ากากตะกอน (Sludge) ปัญหาที่เกิดขึ้นคือหลังจากที่แยกกากตะกอนเหล่านี้ออกมาแล้ว มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำจัดหรือบำบัดด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป หากไม่ได้กำจัดหรือบำบัดโดยวิธีที่เหมาะสมแล้วกากตะกอนเหล่านี้จะ

ก่อให้เกิดปัญหาที่น่ารังเกียจตามมา เช่น มีกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน และสัตว์น้ำโรคต่าง ๆ รวมทั้งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมข้างเคียงอีกด้วย

แหล่งกำเนิดของกากตะกอน

กากตะกอนเกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ถังตะกอนหรือถังปฏิกริยาเป็นต้น ทั้งนี้จะขึ้นกับประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย และวิธีการในการเดินระบบ

ลักษณะของกากตะกอน

กากตะกอนจากกระบวนการทางเคมี (Chemical Precipitation) อาจจะมีสีดำหรือสีแดง ขึ้นกับสารเคมีที่ใช้ช่วยในการตกตะกอน ถ้าเป็นกากตะกอนจากระบบ AS หรือระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) จะเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม และจะไม่ส่งกลิ่นเหม็นมากนัก ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะนำมาเป็นธาตุอาหารไนโตรเจนแก่พืชที่ดีแหล่งหนึ่ง

(ชัยสิทธิ์ ทองจุ, 2543 : 35)

กากตะกอนเหล่านี้จะย่อยสลายตัวเองอย่างช้า ๆ ด้วยกระบวนการย่อย (Digestion) ทั้งที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ถ้าหากเป็นกระบวนการย่อยที่ไม่ใช้อากาศ และไม่มีการบำบัดที่เหมาะสม ก็จะมีสภาพเน่าดำ (Septic) และส่งกลิ่นเหม็นเนื่องจากก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายตัวเองได้ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเสร็จสิ้นลง ไม่ว่าจะเกิดการปล่อยให้ย่อยตัวเองหรือจากระบบบำบัดที่เหมาะสมก็ตาม สีของกากตะกอนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำ และจะไม่มีกลิ่นเหม็นต่อไป

กระบวนการบำบัดและกำจัดกากตะกอน

การเลือกวิธีการหรือกระบวนการในการบำบัด และกำจัดกากตะกอนขึ้นกับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย กระบวนการในการบำบัดน้ำเสีย สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ข้อบังคับด้านกฎหมายของท้องถิ่น และสภาพที่ตั้งของระบบบำบัด และกำจัดกากตะกอน นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย และความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบและการดำเนินการ

2.4 ปุ๋ยหมัก

2.4.1 นิยามความหมายของปุ๋ยหมัก

ธงชัย มาลา (2546) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่าง ๆ มาหมักรวมกันแล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายสีน้ำตาลปนดำ ปุ๋ยหมักมีความสำคัญและมีคุณค่าสูงในทางการเกษตร

มุกดา สุขสวัสดิ์ (2545) กล่าวว่า ปุ๋ยที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ให้สลายตัวผู้พังตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งเหล่านั้นมากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้น แล้วปล่อยให้แห้งให้เกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงนำไปใช้ปรับปรุงดิน ในการเตรียมกองปุ๋ยหมักอาจใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์และเป็นการเพิ่มคุณค่าด้านธาตุอาหารของปุ๋ยหมักด้วย

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์ (2542) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้น โดยเลียนแบบธรรมชาติ ได้จากเศษพืช มูลสัตว์มากองรวมกันแล้วเกิดการย่อยสลาย โดยกระบวนการทางจุลินทรีย์จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลายซึ่งมีสีน้ำตาลดำ มีคุณสมบัติในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินโปร่ง เพิ่มความพรุนให้แก่ดิน ทำให้การระบายน้ำและอากาศในดินดีขึ้น ทั้งช่วยให้ดินอุ้มน้ำและดูดซึมธาตุอาหารพืชดีขึ้น

นัยนา คุณคุณลักษณะ (2542) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ทำขึ้น โดยการนำเอาวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ใบไม้ ฟางข้าว เศษหญ้า หรือขยะตามบ้านเรือนมากองรวมกัน แล้วปรับความชื้นให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักจากจุลินทรีย์หลายชนิดที่ปะปนและอาศัยที่อยู่ในกองปุ๋ยหมักช่วยกันแปรสภาพของเศษพืชหรือวัสดุต่าง ๆ ให้กลายเป็นวัสดุชนิดใหม่ที่มีสีดำ ลักษณะพรุนร่วนซุย

2.4.2 ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

2.4.2.1 การปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน

ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียด อัดตัวกันแน่น เช่น ดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ไม่อัดตัวแน่นทึบ ทำให้การระบายน้ำและระบายอากาศดีขึ้นทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แข็งแรง แดกแขนงได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ จึงดูดซับแร่ธาตุต่างๆ และน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีสารอินทรีย์อยู่น้อย ไม่อุ้มน้ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทำให้ดินเหล่านั้นสามารถดูดซับน้ำไว้ให้พืชได้มากขึ้น ในดินเนื้อหยาบจึงควรต้องใส่ปุ๋ยหมักให้มากกว่าปกติ นอกจากคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ปุ๋ยหมักยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่นอีก เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน (Soil Crust) ทำให้การงอกของเมล็ดและการซึมของน้ำลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำขณะฝนตก เป็นการลดการพัดพาหน้าดินที่สมบูรณ์ไป (จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง, 2549)

2.4.2.2 การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ปุ๋ยหมักเป็นแหล่งแร่ธาตุอาหารที่จะปลดปล่อยออกมาให้แก่ต้นพืชอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ โดยทั่วไปแล้วปุ๋ยหมักจะมีธาตุอาหารพืชที่สำคัญครบถ้วน กล่าวคือ มีไนโตรเจน ทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.4-2.5 ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 0.2-2.5 และโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 0.5-1.8 ปริมาณแร่ธาตุดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเศษพืชที่นำมาหมักและวัสดุอื่น ๆ ที่ใส่ลงไปในกองปุ๋ยหมัก

นอกจากธาตุอาหาร 3 ธาตุ ที่กล่าวมาแล้ว ปุ๋ยหมักยังมีธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น แคลเซียม กำมะถัน แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน คลอรีน และธาตุอื่น ๆ ซึ่งปกติแล้วปุ๋ยเคมีจะมีหรือไม่มีเพียงบางธาตุเท่านั้น ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก เพียงแต่ต้องการในปริมาณน้อยเท่านั้น นอกจากนี้เพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชแล้ว ปุ๋ยหมักยังมีคุณค่าในแง่การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกหลายประการ เช่น ช่วยทำให้แร่ธาตุอาหารพืชในดินแปรสภาพไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชเอาไว้ไม่ให้ถูกน้ำฝนหรือน้ำชลประทานชะล้างสูญหายไปได้ง่าย เป็นการช่วยถนอมแร่ธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้อีกทางหนึ่ง จะเห็นได้ว่า แม้ว่าปุ๋ยหมักจะมีปริมาณแร่ธาตุอาหารในปุ๋ยไม่เข้มข้นเหมือนปุ๋ยเคมี แต่ก็มีลักษณะดีอื่น ๆ ที่ช่วยรักษา และปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างดี (จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง, 2549)

2.4.3 การผลิตปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของพืชมาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรือในหลุม เศษชิ้นส่วนพืชนั้นต้องผ่านกระบวนการย่อยสลาย จนแปรสภาพไปจากรูปเดิม โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้อินทรีย์วัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ และมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเศษพืชและวัสดุเสร็จสมบูรณ์ ก็จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการปรับปรุงดิน วิธีการทำปุ๋ยหมักมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.4 วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้นส่วนใหญ่มักจะเป็นวัสดุเหลือใช้ประเภทต่าง ๆ และมีปริมาณเหลือทิ้งในแต่ละปีสูงมาก ซึ่งธงชัย มาลา (2546) ได้แบ่งประเภทไว้ดังนี้

2.4.4.1 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีอยู่ทั่วไปและหลายรูปแบบ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวจะมีอยู่สูงถึง 73

ล้านไร่ ดังนั้นฟางข้าวน่าจะเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเหมาะสมที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก นอกจากนั้นก็จะเป็นส่วนของลำต้น ใบ และเปลือกของพืชชนิดอื่น ๆ ที่สามารถนำมาทำปุ๋ยได้ เช่น ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกถั่วชนิดต่าง ๆ และเศษต้นอ้อยเป็นต้น

2.4.4.2 วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ประเทศไทยจัดเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังพัฒนา เพื่อเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับผลผลิตทางด้านการเกษตรกรรม โดยการแปรรูปผลผลิตเหล่านี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จึงก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมากมายหลายชนิด เช่น กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบจากโรงงานสีข้าว ขี้เถ้าจากโรงเลื่อย ขุยมะพร้าวจากโรงงานบางประเภท ใ้ปอ และขุยมะพร้าวจากโรงงานกระดาษและกากตะกอนน้ำเสียเป็นต้น อย่างไรก็ตามวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ ชานอ้อย เนื่องจากมีปริมาณมากกว่าวัสดุประเภทอื่นและมีคุณสมบัติต่าง ๆ เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิต นอกจากวัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็งแล้ว ยังมีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด ที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ โดยใช้แทนน้ำในการรักษาระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักและยังเป็นแนวทางในการกำจัดน้ำทิ้งเหล่านี้ด้วย เช่น กากน้ำสำจากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรส น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น หลายชนิดสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นแนวทางการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าว

2.4.4.3 วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน ในเขตชุมชนที่มีปริมาณประชากรรวมกันอย่างหนาแน่นมักจะมีปัญหาในด้านวัสดุเหลือใช้ ซึ่งได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือน ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำขยะเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้ คือ การนำมาทำปุ๋ยหมักซึ่งเรียกกันว่า ปุ๋ยอินทรีย์ ในเขตกรุงเทพมหานครได้นำแนวทางนี้ไปใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์มานานแล้ว แต่มีปัญหาอยู่บ้างในการแยกวัสดุที่ประปนมา เช่น เศษแก้ว เศษโลหะ และเศษพลาสติก ปัจจุบันกำลังผลิตปุ๋ยอินทรีย์ กรุงเทพมหานครไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นทุกวันจึงเหลือขยะอยู่มาก และเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและก่อกำเนิดพาหะนำโรคมายังคน ดังนั้นการนำเศษขยะจากครัวเรือน รวมทั้งใบไม้ เศษหญ้า และมูลสัตว์มาเป็นวัสดุทำปุ๋ยหมัก นอกจากเป็นการทำปุ๋ยหมักไว้ใช้ในครัวเรือนแล้วยังช่วยลดมลพิษอีกด้วย

2.4.4.4 วัสดุอื่น ๆ และวัชพืช วัชพืชบกและวัชพืชน้ำหลายชนิดที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมัก เช่น หญ้ายาง หญ้าดอกขาว ต้นกกชนิดต่าง ๆ สะเดาดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักตบชวาที่เป็นปัญหาในการกำจัดอยู่ขณะนี้ ซึ่งเป็นวัชพืชที่เจริญได้อย่างรวดเร็ว จึงก่อให้เกิดปัญหามากมาย การนำผักตบชวามาทำปุ๋ยหมักจึงเป็นแนวทางในการกำจัดที่ดี โดยเปลี่ยนให้เป็นปุ๋ยหมัก

ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินและยังช่วยทำลายแหล่งของศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยรัฐบาลให้ประหยัดงบประมาณที่ใช้ในการกำจัดได้

จากวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นเศษซากพืชวัสดุอินทรีย์และมูลสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งวัตถุดิบที่สลายตัวง่ายและวัตถุดิบที่สลายตัวยาก มีปริมาณธาตุอาหารมากน้อยแตกต่างกัน

2.4.5 ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายเศษพืชภายในกองปุ๋ยหมักนั้น เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพของการย่อยสลายวัสดุเศษพืชนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักหลายประการ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายนั้น อาจส่งเสริมหรือลดอัตราการย่อยสลายของวัสดุได้ แต่โดยจุดมุ่งหมายหลักได้เน้นถึงคุณสมบัติของวัสดุเศษพืชและหลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง เพื่อเพิ่มอัตราการย่อยสลายในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักเป็นประการสำคัญ ดังนั้นสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในกองปุ๋ยหมักจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ และมีผลต่อไปกับอัตราการย่อยสลายด้วย สำหรับสภาวะแวดล้อมดังกล่าว ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายวัสดุเศษพืชในกองปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (ประกาศิต อินทรสำอางค์, 2549) คือ

ลักษณะของเศษวัสดุ ได้แก่ ชนิดของวัสดุ, ขนาดของวัสดุ และความสดของเศษวัสดุ เป็นต้น

1) ชนิดของวัสดุ วัสดุที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักมีหลายประเภท แต่ละปีจะมีปริมาณมากมาย วัสดุเหล่านี้บางชนิดก็ย่อยสลายง่าย รวดเร็ว บางชนิดก็ย่อยสลายได้ช้า ขึ้นอยู่กับเนื้อวัสดุ ว่ามีส่วนที่จุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่าย และมีแร่ธาตุอยู่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ ดังนั้นจึงอาจแบ่งวัสดุเหล่านี้ออกเป็น 2 พวก คือ

ก) เศษพืชสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษพืชอบน้ำ เศษผัก กากเมล็ดข้าวฟ่าง ชั่งข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น

ข) เศษพืชสลายตัวยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ ชายอ้อย ชี้อ้อย ชูยมะพร้าว ต้นข้าวโพด ชั่งข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น

2) ขนาดของเศษพืช ก็เป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ ถ้าเศษพืชที่นำมาหมักมีขนาดใหญ่เกินไป ภายในกองจะมีช่องว่างอยู่มาก กองปุ๋ยจะแห้งได้ง่าย ความร้อนที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยกระจายหายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้กองปุ๋ยไม่ร้อนเท่าที่ควร การย่อยสลายพืชจะช้า ศัตรูที่ติดมาก็คจะไม่ถูกทำลายไป ดังนั้นควรสับหรือหั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 นิ้ว จะทำให้จุลินทรีย์

เจริญเติบโตในชั้นส่วนของพืชได้ทั่วถึง เมื่อเศษพืชอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น การแพร่ขยายของจุลินทรีย์ ก็เป็นไปอย่างรวดเร็ว และกองปุ๋ยจะอุ่นขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการทำปุ๋ยหมักเป็นปริมาณมาก การหันหรือการกลับเศษพืชก็เป็นไปอย่างสิ้นเปลืองแรงงานมาก อาจเปลี่ยนไปใช้วิธีอื่นได้ตามความเหมาะสม

3) ความสดของเศษพืช ปกติจะทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชที่แห้ง เนื่องจากความ สะดวกในการกองและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักในด้านความชื้นและการระบาย อากาศ ในบางกรณีอาจใช้เศษพืชสด ซึ่งก็สามารถทำปุ๋ยหมักได้ แต่ต้องระมัดระวังในเรื่องความชื้น เพราะการใช้เศษพืชสด จะมีปริมาณน้ำมากและการระบายอากาศไม่ดี อาจเกิดกระบวนการเน่า เสียภายในกองปุ๋ยจนเกิดกลิ่นเหม็นได้ ดังนั้นในกรณีที่เป็เศษวัสดุพืชสดเช่น ผักตบชวา อาจนำ ผักตบชวานั้นมากองตากแดดประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้น้ำระเหยออกจากวัสดุ มาผสมกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ฟางข้าว ในระหว่างการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งจะเป็นการลดความชื้นให้กับกองปุ๋ยหมักด้วย

4) มูลสัตว์ ในการตั้งกองปุ๋ยหมักนั้น ถ้าใส่มูลสัตว์ต่าง ๆ เช่น มูลวัว มูลสุกร มูล เป็ด มูลไก่ ผสมคลุกเคล้าลงไปด้วยแล้ว กองปุ๋ยหมักจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดการย่อยสลายได้ ดีกว่าเศษพืชอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะมูลสัตว์มีสารประกอบและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นอาหารของ จุลินทรีย์อยู่มากมายหลายชนิด จึงเป็นการเร่งจุลินทรีย์ย่อยเศษพืชได้อย่างรวดเร็ว และมูลสัตว์มี จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการย่อยเศษพืชได้ดีอย่างมากด้วย จึงเป็นการใส่ เชื้อจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากลงไปในการกองปุ๋ย จุลินทรีย์เหล่านี้จะไปสมทบกับจุลินทรีย์ที่ติดมากับ เศษพืช ช่วยย่อยและแปรสภาพเศษพืชให้กลายเป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น

ปริมาณมูลสัตว์ที่ต้องใช้ในการทำปุ๋ยหมักนั้นไม่คงที่ตายตัว ถ้ามีมากก็ใส่มาก ตามที่ต้องการ เพราะถ้ายิ่งใส่มากก็ยิ่งเป็นการเร่งให้เศษพืชแปรสภาพได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ ควรใส่น้อยกว่า 1 ส่วน ต่อเศษพืช 10 ส่วน ถ้ามีมูลสัตว์น้อยกว่านี้ และเศษพืชที่ใช้เป็นเศษพืชที่ สลายตัวได้ยาก ก็ควรรหาเศษวัสดุอื่น ๆ ที่มีไนโตรเจนมาก ๆ เช่น ปุ๋ยเคมีมาเสริมแทนได้

5) ปุ๋ยเคมี เศษพืชประเภทที่สลายตัวได้ยากจะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอ ต่อความต้องการจุลินทรีย์ แร่ธาตุสำคัญที่ปกติมักจะมีแคลเซียมมากที่สุดในเศษพืชพวกนี้ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ดังนั้นจึงเน้นเฉพาะการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยยูเรีย สำหรับแร่ธาตุอื่น ๆ นอกเหนือไปจากไนโตรเจนนั้น ปกติเศษพืชจะมีอยู่มากพอสมควร แม้ว่าจะไม่ค่อยเพียงพอ แต่การใส่แร่ธาตุเหล่านั้นเพิ่มเติมลงไป ก็มักไม่ทำให้เศษพืชสลายตัวได้ รวดเร็วนัก ปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้องใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาหมัก

ก) พวกที่ย่อยสลายได้ง่าย ก็ไม่จำเป็นต้องปุ๋ยเคมีลงไปอีก หรืออาจใส่ในปริมาณเล็กน้อยเพียงเสริมหรือกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น

ข) ถ้าเป็นพวกที่ย่อยสลายได้ยาก ก็ควรใส่ปุ๋ยในโตรเจนด้วย ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในกรณีที่เป็นเศษพืชที่ย่อยสลายยากนั้น อาจประมาณได้ว่าถ้าใช้ปุ๋ยยูเรียควรใส่ในอัตรา 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อขนาดของกองที่เสร็จแล้ว 2 ลูกบาศก์เมตร หรือถ้าเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตก็ใช้ประมาณ 3-4 กิโลกรัมต่อกองปุ๋ยขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร

6) การระบายอากาศของกองปุ๋ย ในการตั้งกองปุ๋ยหมักนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพการระบายอากาศในกองปุ๋ย เพราะถ้าไม่มีอากาศให้จุลินทรีย์ใช้หายใจแล้ว การย่อยสลายของกองปุ๋ยหมักจะเปลี่ยนไปเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ ทำให้การสลายตัวเกิดอย่างช้าๆ และมักเกิดกลิ่นเหม็น ลักษณะนี้เกิดขึ้นได้เสมอกับกองปุ๋ยที่แน่นทึบหรือรดน้ำจนเปียกแฉะ ถ้าหากหมักเศษพืชในสภาพนี้จะใช้เวลานาน ถ้าต้องการให้เศษพืชสลายตัวอย่างรวดเร็ว ไม่มีกลิ่นเหม็นและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยมากพอที่กำจัดเชื้อโรค เมล็ดวัชพืชตัวอ่อนหรือไข่แมลงวันที่มีอยู่แล้ว จำเป็นต้องปฏิบัติดูแลให้กองปุ๋ยมีสภาพการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยที่ดีที่สุดเสมอ

7) ขนาดของกองปุ๋ย ไม่ควรตั้งกองปุ๋ยให้สูงมากนัก ถ้ากองปุ๋ยสูงมากส่วนล่างของกองจะถูกน้ำหนักจากส่วนบนกดทับ ทำให้อัดตัวแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเศษพืชสลายตัวไประยะหนึ่งแล้ว จะมีเนื้อละเอียดขึ้น กองปุ๋ยจะยุบตัวลง เนื้อปุ๋ยด้านล่างของกองก็ถูกกดจนแน่นทึบ ไม่สามารถระบายอากาศได้ ความสูงของกองปุ๋ยที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.50-1.80 เมตร ความกว้างของกองปุ๋ยก็ไม่ควรมากเกินไป เพราะมีผลต่อการระบายของอากาศด้านข้างของกองปุ๋ยเช่นกัน ถ้ากว้างมากเกินไป การกลับกองปุ๋ยอาจทำได้ไม่สะดวก ปกติควรกว้างประมาณ 2.0-3.0 เมตร ในทางตรงกันข้าม กองปุ๋ยไม่ควรเตี้ยหรือแคบเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายออกไปได้ง่าย ควรมีด้านกว้าง ยาว และสูง ด้านละไม่ต่ำกว่า 1 เมตร

8) การรดน้ำของปุ๋ยขณะตั้งกองปุ๋ยหมัก จะต้องรดน้ำจนเศษพืชขึ้นพอนที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ และต้องไม่รดมากเกินไปจนกระทั่งการระบายอากาศของกองปุ๋ยไม่ดี ถ้าเศษพืชนั้นแห้งและมีขนาดใหญ่ เช่น ช้างข้าวโพด ต้นข้าวโพด เศษวัชพืชแห้ง ไม่มีปัญหาเรื่องการระบายอากาศในกองปุ๋ย แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องเศษพืชไม่ค่อยเปียกน้ำ ต้องรดน้ำจำนวนมากเศษพืชจึงจะขึ้นพอน แต่ถ้าเศษพืชมีขนาดเล็ก จะดูดซับน้ำได้ดี เช่น ชานอ้อย ชี้เลื่อย ขุยมะพร้าว กากตะกอนน้ำเน่า กากสาเหล้ม ต้องรดน้ำเล็กน้อยแค่ทำให้วัสดุเหล่านั้นเปียกชื้นเสมอเท่านั้น อย่าให้แฉะจนรดน้ำ ควรหลีกเลี่ยงการขึ้นไปเหยียบย่ำบนกองวัสดุ เพราะจะทำให้กองปุ๋ยแน่นทึบเกินไป

เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในกรณีของเศษพืชที่อบน้ำ เช่น ผักตบชวา หลังจากนำขึ้นมาจากน้ำ จะอบน้ำไว้มาก ถ้านำมากองปุ๋ยทันทีจะอัดตัวกันแน่น ควรปล่อยให้แห้งให้เพียงพอสมควร แล้วค่อยนำไปกอง จะช่วยให้กองปุ๋ยมีการระบายอากาศดีขึ้น

9) การระบายอากาศ ถ้าวัสดุมีขนาดค่อนข้างเล็ก คาดว่าเมื่อกองปุ๋ยไปแล้วระยะหนึ่ง กองปุ๋ยจะมีลักษณะค่อนข้างทึบ หรือเมื่อหมักเศษพืชไประยะหนึ่งแล้วเห็นว่าเศษพืชอัดตัวกันแน่นมากขึ้น เกรงว่าการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยไม่เพียงพอ ก็อาจจะช่วยระบายอากาศในกองปุ๋ยได้โดยวิธีง่าย ๆ คือ เมื่อเริ่มตั้งกองปุ๋ยใหม่หลังจากการกลับกอง ก็หาไม้ไผ่หรือท่อพีวีซีมาหลาย ๆ ลำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-6 นิ้ว มาปักตั้งไว้บนพื้นดินที่จะตั้งกองปุ๋ย โดยกะว่าเมื่อตั้งกองไปแล้ว ถ้าไม้ไผ่จะกระจายอยู่ทั่ว ๆ กอง แล้วจึงทำการตั้งกองปุ๋ย เมื่อตั้งกองปุ๋ยเรียบร้อยแล้วก็ถอนลำไม้ไผ่ออก กองปุ๋ยก็จะมีช่องระบายอากาศตามที่ต้องการ ก่อนถอนลำไม้ไผ่ควรโยกไม้ไปมารอบ ๆ จะทำให้ช่องระบายอากาศคงรูปได้ดีขึ้นไม่ยุบตัว ควรทำช่องระบายอากาศเช่นนี้ทุกครั้งที่มีการกลับกองปุ๋ย

10) การกลับกองปุ๋ย หลังจากตั้งกองปุ๋ยไประยะหนึ่งแล้ว ควรกลับกองปุ๋ยโดยการคุ้ยกองลงมาทั้งหมด เกลี่ยผสมคลุกเคล้ากัน แล้วนำวัสดุทั้งหมดกลับตั้งเป็นกองใหม่ในรูปทรงเดิม โดยพยายามกลับเอาเศษพืชที่เคยอยู่ด้านบนนอกของกองให้กลับเข้าไปอยู่ด้านในของกอง การกลับของกองปุ๋ยจะทำให้สภาพของกองปุ๋ยโปร่งขึ้น การระบายอากาศดีขึ้น รวมทั้งเป็นการหมุนเวียนเอาวัสดุด้านบนนอกของกองที่ยังไม่ย่อยสลายตัวให้เข้าไปรับความร้อนภายในกอง และช่วยกำจัดหนอนตัวอ่อนของแมลงวันที่อาจเกิดขึ้นบริเวณขอบนอกของกอง ขณะเดียวกันก็เป็นการผสมคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากัน มีความชื้นสม่ำเสมอทั้งกอง

การกลับกองมีความสำคัญมากต่อการแปรสภาพของกองปุ๋ย ยิ่งสามารถกลับกองได้บ่อยครั้งจะยิ่งช่วยให้เศษพืชแปรสภาพไปเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เช่น การกลับกองทุก ๆ 3-5 วัน หรือทุกสัปดาห์ จะทำให้เศษพืชสลายตัวได้รวดเร็ว แต่การกลับกองเป็นขั้นตอนที่สิ้นเปลืองแรงงานอย่างมาก ถ้าไม่มีความจำเป็นต้องรีบใช้ปุ๋ยหมัก ก็สามารถลดจำนวนครั้งในการกลับกองปุ๋ยลงได้ตามเวลา หรือแรงงานที่มีอยู่ แต่อย่างน้อยที่สุดก็ควรจะมีการกลับกองประมาณ 3-4 ครั้ง คือ กลับกองครั้งแรกประมาณ 10 วัน หลังจากเริ่มตั้งกองปุ๋ย ครั้งที่สองประมาณ 15 วัน หลังจากกลับกองปุ๋ยครั้งแรก จากนั้นก็อาจกลับกองทุก ๆ 20 วัน จนสามารถนำไปใช้ได้

11) ความชื้นของกองปุ๋ย จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้กลายเป็นปุ๋ยนั้น ต้องอาศัยน้ำหรือความชื้นในการดำรงชีพ วัสดุที่นำมากองจึงต้องเปียกชื้น การรดน้ำต้อง

ระมัดระวังพอสมควร คือ รดน้ำแค่พอให้เศษพืชในกองเปื่อยขึ้นพอสมควร ไม่ให้แฉะ ส่วนใหญ่แล้วเศษพืชไม่ค่อยดูดซับน้ำ จึงอาจต้องรดน้ำให้มากเป็นพิเศษในวันแรก จากนั้นก็เพียงคอยตรวจตราเป็นระยะ ๆ ดูแลให้กองปุ๋ยขึ้นอยู่เสมอ ความชื้นที่พอดีของกองปุ๋ยอยู่ช่วงร้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก กระจ่าง ๆ ได้โดยวิธีใช้มือหยิบเอาเศษพืชในกองออกมา แล้วกำบีบให้แน่น ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาตามซอกนิ้วไหลเป็นทาง แสดงว่ากองปุ๋ยแฉะเกินไป ไม่ควรรดน้ำ แต่ควรทำการกลับกองปุ๋ยบ่อยขึ้น ถ้าบีบแล้วน้ำซึมออกมาตามซอกนิ้ว แต่ไม่ถึงกับไหลเป็นทาง แสดงว่าความชื้นพอดีแล้ว แต่เมื่อบีบแล้วไม่มีน้ำซึมออกมาเลย แสดงว่าเศษพืชนั้นแห้งเกินไป ต้องรดน้ำเพิ่มเติม

12) อุณหภูมิ หลังจากกองปุ๋ยหมักแล้วประมาณ 2-4 วัน อุณหภูมิภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลาย และคุณสมบัติการเก็บความร้อนของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมัก การที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นดังกล่าว ทำให้สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยเปลี่ยนแปลงไป ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็เปลี่ยนแปลงไป เช่นเดียวกัน ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ พบว่าจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ พวกที่ทนต่ออุณหภูมิสูง และพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง หลังจากอุณหภูมิสูงสุดแล้วจะค่อย ๆ ลดลง

ระดับของอุณหภูมิในกองปุ๋ยจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ชนิดของวัสดุเหลือทิ้ง และขนาดของกองปุ๋ยหมักด้วย สำหรับชนิดและลักษณะของวัสดุเศษพืชนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักด้วย โดยวัสดุที่เป็นเส้นขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟางข้าว และผักตบชวา จะมีอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงระหว่าง 45-50 องศาเซลเซียส แต่วัสดุที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ ชานอ้อย แกลบ และเศษปอ จะมีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายโดยเชื้อรา อยู่ในช่วง 45-55 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมในการย่อยสลายสารประกอบพวกโพลีเมอร์สายยาว (Long Chain Polymers) ต่าง ๆ ของสารเซลลูโลสและลิกนิน

ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของจุลินทรีย์จะลดลงตามไปด้วย ทำให้อุณหภูมิลดลง ๆ ลดลงถึงระดับที่เหมาะสม เชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่จะเริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป

13) ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง วัสดุที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3-11 สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-8 เนื่องจากแบคทีเรียชอบ pH ในช่วงที่เป็นกลาง ส่วนเชื้อราสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรดได้ แต่โดยปกติแล้ว

pH เริ่มต้นในการหมักมักจะค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อย คือ อยู่ในช่วงประมาณ 6.0 ซึ่งถือเป็น pH ที่พบในเซลล์ของพืช เป็นส่วนใหญ่

14) อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก เป็นค่าที่บ่งบอกความยากหรือง่ายต่อการย่อยสลายและใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ถ้าวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ๆ อัตราการย่อยสลายจะเกิดช้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนกับไนโตรเจน ในสภาพเช่นนี้จุลินทรีย์จะใช้สารประกอบคาร์บอนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นแหล่งของพลังงานคาร์บอนในการเจริญ ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็ต้องใช้สารประกอบไนโตรเจนด้วย สารประกอบไนโตรเจนมีปริมาณน้อย จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้กิจกรรมในการย่อยสลายเกิดช้า การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าประมาณ 30-35:1 ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้เป็นตัวกำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ 20 ต่อ 1 ซึ่งปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินจะไม่เกิดผลเสียต่อดินและพืช

2.4.6 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักทำปุ๋ย

การหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศเป็นกระบวนการซึ่งจุลินทรีย์หลายชนิดมีบทบาทเกี่ยวข้องร่วมกัน แต่ละชนิดของจุลินทรีย์จะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแต่ละช่วงเวลา และแต่ละเชื้อจะมีกิจกรรมการย่อยสลายในรูปแบบเฉพาะของตัวเอง จุลินทรีย์ในกองหมักมูลฝอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 จำพวก คือ Psychrophilic, Esophilic และ Thermophilic อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแต่ละจำพวก

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการหมักทำปุ๋ย

ระยะเร่งของการหมักตะกอนน้ำทิ้งเป็นปุ๋ยวัสดุหมักจะถูกย่อยด้วย Mesophilic Fungi และ Aerobic Bacteria มากกว่าพวก Thermophilic Actinomyces และพบว่า การออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดความร้อนสูงในกองหมัก

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยเซลลูโลสในกองปุ๋ยหมักกว่าแบ่งได้เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ ดังนี้

1) พวกที่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง (Aerobic Mesophilic Microorganisms) มีทั้งแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีต ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยจุลินทรีย์ในสกุล (Genus) ต่อไปนี้

1.1 เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Curvularia*, *Phoma*, *Fusarium*, *Memnoniella* และ *Trichoderma* เป็นต้น

1.2 แบคทีเรีย ได้แก่ *Cytophage*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Cellulomonas* และ *Sporcytophage* เป็นต้น

1.3 แอคติโนมัยซีต ได้แก่ *Streptomyces*, *Micromonospora* และ *Nocardia* จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส และเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 35 องศาเซลเซียส

2) พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง (Anaerobic Mesophilic Microorganisms) จุลินทรีย์ที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่ แบคทีเรียจีส *Clostridium* ส่วนเชื้อราและแอคติโนมัยซีตมีความสำคัญน้อยมาก เพราะไม่สามารถเจริญอยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจนได้

3) พวกที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 45 ถึง 65 องศาเซลเซียส (Thermophilic Microorganisms) จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทในการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ *Clostridium thermocellum* และ *Clostridium thermocellulaseum*

สำหรับพวก Facultative Aerobes นั้นสามารถหายใจและทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไร้ออกซิเจน ตราบใดที่ยังคงมี Electron Acceptors อยู่ในกองหมัก (ไพบูลย์ ประพฤติธรรมและคณะ, 2542)

2.4.7 การดูแลรักษาของปุ๋ยหมัก

ต้องคอยควบคุมให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นอย่างเหมาะสม โดยการใช้ไม้ไผ่เสียบเข้าไปในกองปุ๋ยหมัก ถ้ามีละอองน้ำเกาะแสดงว่ามีความชื้นพอเหมาะ แต่ถ้าไม้ไผ่เปียกแสดงว่ามีน้ำมากเกินไป ต้องทำการกลับกองปุ๋ยเพื่อช่วยให้น้ำระเหยออกไป และทำให้อากาศถ่ายเทได้ดี ในระยะ 2 สัปดาห์แรก เนื่องจากอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าจุลินทรีย์ มีการเจริญเติบโตและทำกิจกรรมในการย่อยสลายวัสดุในกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้การกลับกองปุ๋ยหมักยังช่วยทำให้เศษวัสดุรอบนอกที่ยังไม่ถูกย่อยสลายให้พลิกกลับไว้ในกองปุ๋ย ในกรณีที่ไม่สามารถกลับกองปุ๋ยได้บ่อยๆ รวมทั้งมีน้ำในปริมาณจำกัด ควรใช้วิธีการกองปุ๋ยแบบไม่ต้องกลับกอง โดยใช้ไม้ไผ่ที่ทะลุปล้องมีรูตลอดลำ หรือท่อพีวีซีเสียบผ่านเข้าไปในกองปุ๋ย โดยให้มีรูระบายอากาศผ่านเข้าออกภายในกองปุ๋ยให้ตั้งไม้ไผ่หรือท่อน้ำออก จึงทำให้เกิด

ช่องระบายอากาศและไม่ต้องรดน้ำ แต่ต้องทำให้เศษพืชชุ่มน้ำอย่างเพียงพอในขณะที่เริ่มทำกองปุ๋ย (จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง, 2549)

2.4.8 หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

โดยทั่วไปมักจะมีปัญหาอยู่เสมอว่าวัสดุเหลือใช้ที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้นย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะใส่ลงในดินแล้วหรือยัง ข้อกำหนดในการที่จะบ่งบอกว่าปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์ คือ ค่าอัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุควรมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 20:1 ซึ่งค่าของอัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระดับดังกล่าว เมื่อนำปุ๋ยหมักใส่ลงในดินแล้วจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อพืช สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ปุ๋ยหมักที่มีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้วสังเกตได้ดังนี้ (กองปฐพีวิทยา, 2540)

- 1) สีของวัสดุเศษพืช หลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน
- 2) ลักษณะของวัสดุเศษพืช ที่เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก
- 3) กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหรือกลิ่นฉุน แสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์
- 4) ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมักประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้ว จึงค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยจึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ แต่ควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไป อาจจะทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักลดลงได้เช่นกัน
- 5) ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้ว บางครั้งอาจจะมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ แสดงว่ากองปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินโดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2.4.9 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก

ธาตุอาหาร หมายถึง ธาตุอาหารเคมีที่พืชต้องการนำไปใช้บำรุงส่วนต่าง ๆ เพื่อดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น แต่ในธรรมชาติธาตุต่าง ๆ ไม่ได้อยู่ในรูปลักษณะเดียว ๆ มักจะทำปฏิกิริยารวมกับธาตุอื่น ๆ อยู่ในรูปสารประกอบ เรียกว่า วัสดุปุ๋ย ปุ๋ยยังสามารถผลิตได้จากสิ่งของที่เกิดจากธรรมชาติ เรียกว่า ปุ๋ยอินทรีย์หรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งทั้งสองประเภทนั้นปริมาณธาตุอาหารจะมีมากขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ในการทำปุ๋ย (เวียมสงวน วรรณยะลา, 2544) กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดคุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมักไว้ ดังนี้ (2553)

- 1) มีอัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ไม่เกิน 20:1
- 2) เกรดปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 0.5 ถึง 1.0 (ร้อยละ N, P₂O₅, K₂O ตามลำดับ)
- 3) ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่ควรมากกว่าร้อยละ 25 ถึง 50 (โดยน้ำหนัก)
- 4) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ประมาณ ร้อยละ 25 ถึง 50 โดยน้ำหนัก
- 5) ความเป็นกรดต่าง (pH) ประมาณ 6.0 ถึง 7.5
- 6) ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่น ๆ

ในการหมักกากตะกอนน้ำเสียกับกากตะกอนอุจจาระและวัสดุอื่น ๆ โดยหมักแบบ Windrow การหมักย่อยสลายสมบูรณ์ระหว่าง 75 ถึง 117 วัน ปุ๋ยหมักที่ได้พบ Fecal Coliform มีปริมาณอาหารหลัก ดังนี้ ไนโตรเจน (N) ร้อยละ 1.0 ถึง 2.1 ฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ 0.48 ถึง 1.0 โพแทสเซียม (K) ร้อยละ 0.41 ถึง 0.8 และกรดลิกนิน บัญแสน (2537) พบว่าในปุ๋ยหมักมีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญแตกต่างกันไป ดังแสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในปุ๋ยหมัก

สารอาหาร	ระดับที่พบต่ำที่สุด (ร้อยละ)
ไนโตรเจน (N)	0.06
ฟอสฟอรัส (P)	0.50
โพแทสเซียม (K ₂ O)	0.30
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	2.00
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	3.05
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.30

ที่มา : อรลัดดา บุญแสน (2537)

2.4.10 การใช้ปุ๋ยหมัก

กองปฐพีวิทยา (2540) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้ปุ๋ยหมักกับพืชไร่ นั้น ควรใส่ปริมาณเท่าที่สามารถจัดหาเองได้ การใส่ในปริมาณมาก ๆ นั้นอาจจะไม่คุ้มทุน เนื่องจากราคาปุ๋ยหมักหรือแม้แต่ปุ๋ยมูลสัตว์มีราคาค่อนข้างแพง ส่วนราคาผลผลิตพืชไร่ต่าง ๆ นั้นอยู่ในระดับต่ำ การใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยมูลสัตว์กับพืชไร่ควรใช้กับดินที่มีปัญหา เช่น ดินจอมปลวก ดินเกลือ หรือดินที่ได้มีการปรับหน้าดินไปที่อื่น การปลูกพืชหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ จะเหมาะสมกว่าปลูกพืชเดี่ยวติดต่อกัน การปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยสดแล้วไถกลบลงไปดินในไร่ จะสามารถช่วยเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินอย่างน้อย 5-10 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ การปลูกพืชปุ๋ยสดควรปลูกก่อนพืชไร่ (พืชหลัก) แล้วทำการไถกลบเมื่อมีอายุได้ 50-60 วัน ก่อนปลูกพืชหลักอย่างน้อย 10-15 วัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพริ้ว เหมาะที่จะปลูกในดินทราย ดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว

นอกจากใช้พืชปุ๋ยสดแล้ว เศษซากพืช เช่น ตอซังข้าวโพด ถั่วลิสง ช้างฟาง และถั่วเหลือง ที่เหลือทิ้งอยู่ในแปลง ควรไถกลบลงดินหรือปล่อยคลุมดินไว้ตามเดิมจะมีคุณค่ามากกว่าเผาทิ้ง อย่างไรก็ตามวิธีนี้ช่วยชะลอการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากตอซังข้าวโพด ถ้ามีปริมาณมากเกินไปและต้องการปลูกพืชตามทันทีควรเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5-10 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทั้งนี้เพราะตอซังเหล่านี้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากกว่า 40 หรือมีไนโตรเจนต่ำกว่า 1.5 ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายตัวของเศษซากพืชเหล่านี้ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่แล้วในดินจะถูกจุลินทรีย์ที่อาศัยในดินแย่งนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลาย เป็นผลให้พืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอและจะแสดงอาการเหลืองซีดแต่ไถกลบก่อนปลูก 15 วัน ก็ไม่มีปัญหา เพราะไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการสลายตัวของพืชแล้ว

ไม้ผล ใช้รองกันหลุมก่อนปลูกไม้ผลอัตรา 1-2 กิโลกรัม/หลุม ขึ้นอยู่กับขนาดของหลุมปลูก และความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งใช้หว่านใส่เพิ่มการเจริญเติบโตให้กับไม้ผล อัตรา 1-2 กิโลกรัม/ตารางเมตร/ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและขนาดทรงพุ่มไม้ผล

พืชผัก ใช้ปุ๋ยหมักผสมดินในช่วงเตรียมแปลงปลูกพืชผัก อัตราปุ๋ยหมัก 1-2 กิโลกรัม/ตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและใช้รองกันหลุมก่อนปลูกพืชผักที่มีอายุเกิน 2 เดือน เช่น กะหล่ำปลี แตงกวา พริกทอง ฯลฯ ประมาณ 1 กำมือ/หลุม รวมทั้งใช้ใส่เพิ่มความเจริญเติบโตให้กับพืชผักที่ปลูกอยู่ในแปลง

ปุ๋ยที่หมักแล้วเมื่อใช้ไม่หมด สามารถใส่กระสอบเก็บไว้ในที่ร่มไม่ถูกแสงแดดและฝน จะเก็บได้นานประมาณ 1 ปี

ปุ๋ยที่เหลือทิ้งจากขยะอุตสาหกรรม มีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีกากอุตสาหกรรมเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต แล้วมีลักษณะคล้ายสารอินทรีย์ที่มีสารเคมีปนเปื้อนมาจากกระบวนการผลิตทิ้งรวมมาด้วย ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ได้จากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานนี้จะมีทั้งรูปของแข็งและของเหลว รูปของแข็งนั้นจะสะดวกในการขนส่ง แต่มักจะมีน้ำหนักเบาต่อการฟุ้งกระจาย ซึ่งจะเปลืองค่าขนส่ง ถ้าใส่ในปริมาณมากต้องไกลกลับแล้วปล่อยทิ้งให้นานจนแปรสภาพถึงขั้นสุดท้าย มิฉะนั้นจะขาดธาตุไนโตรเจนได้ ส่วนในรูปของเหลวก็ยากในการปฏิบัติเช่นกัน ควรใช้พร้อมกับการใช้น้ำชลประทาน

2.4.11 ความสำคัญของคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ใช้ในการวิจัย

2.4.11.1 ความชื้น

ความชื้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำภายในกองปุ๋ยหมัก ถ้าความชื้นภายในกองหมักต่ำกว่าร้อยละ 40 อินทรีย์วัตถุจะย่อยสลายได้ช้าและถ้าเกิน 60 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้กระบวนการหมักเปลี่ยนแปลงไป ในทางปฏิบัติปริมาณความชื้นที่เหมาะสม มีค่าระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากระดับความชื้นร้อยละ 50-60 และมีปริมาณออกซิเจนอย่างเพียงพอ อัตราการสลายจะเกิดได้สูงสุด

2.4.11.2 อินทรีย์วัตถุ

ดินส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยซากพืชและสัตว์ และซากจุลินทรีย์ในดิน ปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่พบในดินทั่วไป อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยธาตุหลายชนิด แต่ที่สำคัญที่สุดคือคาร์บอน นอกจากนี้มีธาตุไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ถึงแม้ว่าอินทรีย์วัตถุอาจได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ และพบว่าส่วนใหญ่มาจากซากพืช และเศษซากพืช โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยพวกสารประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลไม่ซับซ้อนจะถูกย่อยสลายก่อน จากนั้นจึงเป็นการย่อยสลายของสารที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ ผลของการสลายตัวดังกล่าวนี้จะได้สารซึ่งเรียกว่า ฮิวมัส (Humus) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนคงทนต่อการสลายตัวสูง จึงสลายตัวได้ช้ามาก มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ประกอบด้วยธาตุอาหารพืชที่สำคัญหลายชนิด เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน นอกจากนี้ฮิวมัสยังช่วยให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี สามารถอุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี (จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง, 2549)

2.4.11.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะบอกเป็นค่าตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 14 ถ้าดินมีค่าความเป็นกรดน้อยกว่า 7 ดินนั้นจะเป็นกรด ยิ่งน้อยกว่า 7 มากก็จะเป็นกรดมาก ถ้าดินมีค่าความเป็นกรดมากกว่า 7 จะเป็นดินด่าง ดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7 พอดี แสดงว่าดินเป็นกลาง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จะเป็นตัวควบคุมความมากน้อยของธาตุอาหารที่จะละลายออกมาอยู่ในน้ำในดิน การละลายได้มากน้อยของธาตุอาหารพืชในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างต่าง ๆ พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีช่วงความเป็นกรดเป็นด่างต่างกัน แต่พืชทั่ว ๆ ไปจะเจริญได้ดีในช่วงความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0-7.0 ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.4.11.4 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการใช้ทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ต่าง ๆ โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนจะอยู่ในช่วง 8-23 ค่าอัตราส่วนดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่กรณี อินทรีย์วัตถุแต่ละชนิดประกอบด้วยสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N Ratio) แตกต่างกัน

2.4.11.5 ค่าการนำไฟฟ้า

ในน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อน้ำมีเกลือละลายอยู่ เกลือเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวก (Cation) และประจุลบ (Anion) ซึ่งประจุบวกและลบที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าทำให้สารละลายที่มีเกลือที่แตกตัวได้มีค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ

ดังนั้น จึงสามารถใช้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นตัวบอกปริมาณเกลือที่ละลายในสารละลาย เช่น เมื่อเกลือแกงละลายในน้ำจะแตกตัวได้น้ำตาลและยูเรีย สามารถละลายน้ำได้เหมือนกัน แต่เมื่อละลายแล้วจะไม่แตกตัว ดังนั้นก็จะไม่เพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย จึงไม่สามารถวัดความเข้มข้นด้วยค่าการนำไฟฟ้าได้ แต่เนื่องจากปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ ส่วนใหญ่เป็นสารที่สามารถแตกตัวได้ สารที่มีประจุบวกและประจุลบทุกตัวจึงสามารถวัดความเข้มข้นโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าได้

2.4.11.6 ไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนทั้งหมดปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่ว ๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อยให้ นอกจากนั้นก็ได้มาจากการที่เราใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินด้วย พืชเมื่อขาดไนโตรเจนจะแคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่าง ๆ จะแห้ง ร่วงหล่นเร็วทำให้แลดูต้นโกร๋น การออกดอกออกผลจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ดินโดยทั่ว ๆ ไปมักจะมีไนโตรเจนไม่เพียงพอกับความ ต้องการของพืช ดังนั้นเวลาปลูกพืชจึงควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมให้กับพืชด้วย

2.4.11.7 โปแทสเซียมทั้งหมด

โปแทสเซียมทั้งหมดในดินที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้ มีกำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โปแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุมูลบวกหรือโปแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชจะดึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้าธาตุโปแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุมูลบวก (K^+) พืชก็ยังไม่ดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์อะไรไม่ได้ อนุมูลโปแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้ เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P)

และโพแทสเซียม (K) ดินมักจะมีไม่พอ ประกอบกับพืชดึงธาตุจากดินขึ้นมาใช้เป็นประโยชน์อะไรไม่ได้ (เรียบเรียง วรณยะลา, 2544)

2.5 พืชที่ใช้ในการวิจัย

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ เป็นผักตระกูลเดียวกันกับ ผักกะหล่ำ และกัผักกาด เหมือนผักสายพันธุ์ผสม ลักษณะของผักกวางตุ้งฮ่องเต้นั้น จะเป็นผักที่อวบน้ำ ใบบาง และมีความกรอบ ใบจะเป็นสีเขียวเข้ม ผักกวางตุ้งฮ่องเต้จะมี 2 สายพันธุ์ก็คือ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้พันธุ์สีขาว กับพันธุ์สีเขียว

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Brassica chinensis</i> Justl var <i>parachinensis</i> (Bailey)	
	Tsen & Lee	
ชื่อสามัญ	Chinese Cabbage-PAI TSAI	
วงศ์	Cruciferae	
ถิ่นกำเนิด	ทวีปยุโรป	
ฤดูกาล	ตลอดปี	
ความสูง	43-54 เซนติเมตร	

2.5.1 ลักษณะผักกวางตุ้งฮ่องเต้

เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว อายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 35-45 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้ เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นำมาประกอบอาหารประเภทผัด แกงจืด ผักจิ้ม เป็นต้น สามารถปลูกได้ทุกฤดูและนิยมปลูกกันทั่วประเทศ

2.5.1.1 ราก เป็นระบบรากแก้ว อยู่ในระดับตื้น ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของรากแก้วประมาณ 1.20 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกจากรากแก้วมาก โดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดิน รากแก้วอาจมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าดินมีสภาพชื้นและเย็น

2.5.1.2 ลำต้น ตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43-54 เซนติเมตร ก่อนออกดอก ลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเหมือนกระดูกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดผักต้นจะสูงขึ้นมาก โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 85-144 เซนติเมตร

2.5.1.3 ใบ มีใบเลี้ยง 2 ใบ สีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระดูกที่บริเวณโคนต้น เป็นใบเดี่ยว ใบเรียบไม่ห่อหุ้ม สีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ขอบใบ

เป็นรอยฟันเลื่อยเล็กน้อย ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ใบเรียบหรืออาจมีรอยเว้าตื้น ๆ ขนาดเล็ก โคนใบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมน ก้านใบที่ติดกับลำต้นมีสีเขียวอ่อนเป็นร่องและเรียวกลมขึ้นไปหาแผ่นใบ ก้านใบหนาและมีสีเขียวอมเขียว สำหรับใบที่ช่อดอกจะมีก้านใบยาว 2-3 เซนติเมตร รูปใบเรียวแหลมไปทางฐานใบและปลายใบ ขอบใบเรียบ

2.5.1.4 ช่อดอกและดอก ฝักกว้างตั้งสองเตี้ยจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 55-75 วัน ช่อดอกยาว 50-90 เซนติเมตร ดอกตูมรวมกลุ่มอยู่บนยอดดอกช่อดอก ดอกบานจากด้านล่างไปหาด้านบน ดอกที่บานแล้วมีก้านดอกยาวกว่าดอกที่ตูม ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ ขนาดดอก 1-1.5 เซนติเมตร กลีบชั้นนอกสีเขียวอ่อน 4 อัน ขนาดเล็กกลีบกว้าง 0.1-0.2 เซนติเมตร ยาว 0.7-0.8 เซนติเมตร กลีบชั้นในสีเหลืองสด 4 อัน แยกเป็นกลีบ ๆ ขนาดกลีบกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาว 1.1-1.2 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 6 อัน อับเกสรสีเหลืองแก่ ก้านชูเกสรสีเหลือง รังไข่ยาว 0.5-0.6 เซนติเมตร ซึ่งอยู่เหนือกลีบดอกและเกสรตัวผู้ ก้านเกสรตัวเมียสีเขียว ยาว 0.2-0.25 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียเป็นตุ่มสีเหลืองอ่อน ดอกบานในตอนเช้าประมาณ เวลา 08.00 น.

2.5.1.5 ผล ผลมีลักษณะเป็นฝัก รูปทรงเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายไม่มีเมล็ดยาวประมาณ 0.9-1.5 เซนติเมตร และส่วนที่มีเมล็ดยาวประมาณ 3-4.1 เซนติเมตร กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.3-2.5 เซนติเมตร ผลตั้งขึ้น เมื่อผลแก่จะแตกตามยาวจากโคนไปหาปลายผล เมื่ออ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

2.5.1.6 เมล็ด ค่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเมล็ดมีลายแบบร่างแห เห็นไม่ค่อยชัด น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 2.5 กรัม

ฝักกว้างตั้งสองเตี้ยที่ปลูกมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากคือ ฝักกว้างตั้งสองเตี้ยใบ สำหรับพันธุ์ฝักกว้างตั้งสองเตี้ยใบที่ทางกรมวิชาการเกษตรส่งเสริมแนะนำคือ พันธุ์น่าน 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร ลักษณะประจำพันธุ์เป็นฝักกาดชนิดไม่ห่อปลี ส่วนกลางของก้านใบค่อนข้างหนา ใบมีสีเขียวอ่อน ความยาวเฉลี่ย 19.5 เซนติเมตร (อายุ 40 วัน) ความหนาของก้านใบเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 1.3 เซนติเมตร ใบสีเขียวลักษณะยาวรี ความยาวของใบ เฉลี่ย 30 เซนติเมตร กว้าง 19 เซนติเมตร ความสูงเมื่ออายุ 40 วัน เฉลี่ย 57.26 เซนติเมตร น้ำหนักต้นเฉลี่ย 550 กรัม ออกดอกเมื่ออายุ 50 วัน

เนื่องจากฝักกว้างตั้งสองเตี้ยเป็นฝักที่มีระบบรากตื้น ดังนั้นในการเตรียมดินควรขุดไถดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วทำการตากดินทิ้งไว้ประมาณ 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือ

ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายตัวแล้วให้มาก คลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วทำการไถพรวนให้ดินละเอียด ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับ pH ของดินให้เหมาะสม ขนาดของแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตร หรือ ตามความเหมาะสม

2.5.2 การปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ นิยมทำกัน 2 วิธีด้วยกัน คือ

2.5.2.1 การปลูกแบบหว่านเมล็ดโดยตรง วิธีนี้นิยมใช้ในการปลูกแปลงที่ยังร่องมีร่องน้ำกว้าง และพื้นที่ควรมีการเตรียมอย่างดี และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นก่อนหว่านควรผสมกับทรายเสียก่อน โดยใช้เมล็ดพันธุ์ 1 ส่วนผสมกับทรายสะอาด 3 ส่วน แล้วหว่านให้กระจายทั่วแปลงสม่ำเสมอแล้วหว่านกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักหนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร หลังจากนั้นคลุมด้วยฟางข้าวบาง ๆ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นในดิน เสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่มหลังจากงอกได้ประมาณ 20 วัน ควรทำการถอนและจัดให้มีระยะระหว่างต้น 20-25 เซนติเมตร

2.4.2.2 การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว การปลูกวิธีนี้หลังจากเตรียมดินแล้วจึงทำร่องลึกประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร ให้เป็นแถวโดยให้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 20-25 เซนติเมตร นำเมล็ดพันธุ์ผสมกับทราย แล้วทำการโรยหรือหยอดเมล็ดเป็นแถวตามร่อง แล้วกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักบาง ๆ คลุมด้วยฟางข้าวบาง ๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยสม่ำเสมอ หลังจากปลูกได้ประมาณ 20 วัน หรือต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ จึงทำการถอนแยกในแถว โดยพยายามจัดระยะระหว่างต้นให้ห่างกันประมาณ 20-25 เซนติเมตร ให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

การให้น้ำเนื่องจากผักกวางตุ้งฮ่องเต้เป็นผักที่ต้องการน้ำมาก และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเกษตรกรจะต้องให้น้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยใช้ระบบพ่นฝอยหรือใช้สายยางติดหัวฝักบัว อย่าให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ขาดน้ำในระหว่างการเจริญเติบโต เพราะจะทำให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ชะงักการเจริญเติบโตได้

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ค่อนข้างเร็ว คือ ประมาณ 35-45 วัน การเก็บเกี่ยวโดยเลือกต้นที่มีขนาดใหญ่ตามต้องการ แล้วใช้มีดคม ๆ ตัดที่โคนต้น แล้วทำการตัดแต่งใบนอกที่แก่หรือใบที่ถูกโรคหรือแมลงทำลายออก หลังจากตัดแต่งแล้วจึงบรรจุภาชนะเพื่อส่งจำหน่ายตลาดต่อไป

สำหรับการเก็บรักษา เนื่องจากผักกวางตุ้งฮ่องเต้เป็นผักอวบน้ำ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณศูนย์องศาเซลเซียสที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 3 สัปดาห์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และ นันทพร วิเศษสมบัติ (2548) ศึกษาการใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบจานหมุนชีวภาพ เป็นวัสดุร่วมในการทำปุ๋ยหมักร่วมกับใบไม้และเศษอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับปุ๋ยหมัก และเป็นการใช้ประโยชน์กากตะกอน ซึ่งเป็นของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย ทำการหมักแบบใช้อากาศเป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมักทุกสัปดาห์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ จากผลการวิเคราะห์ และการคำนวณค่าทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 พบว่า ในเตรตของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น แต่ในชุดทดลองที่มีกากตะกอนเป็นวัสดุร่วม จะมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าชุดทดลองที่ไม่มีกากตะกอนเป็นวัสดุร่วมซึ่งมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณฟอสเฟตของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างของแสงไม่มีผลต่อการหมักปุ๋ย และปริมาณปุ๋ยหมักที่ได้ลดลง 92 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักจากปริมาณเริ่มต้น

ชินจิต กิ่งนรา (2543) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะ (Fed-batch Composting) ในถังขนาด 5 ลิตร ที่มีกรรวนผสมเพื่อใช้อากาศ และมีการเติมเศษอาหารสดในอัตราคงที่ทุกวัน จากการศึกษพบว่าซีลี้อยขนาด 60 mesh ซานอ้อยขนาด 40 mesh และกากมันสำปะหลังขนาด 40 mesh มีสมบัติทางกายภาพและเคมี ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น Bulking Agent ในการทำปุ๋ยหมัก โดยซีลี้อยและซานอ้อย และไม่ค่อยก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นระหว่างการทำ สำหรับผลของสารเร่งปุ๋ยหมักในการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะจากขยะเศษอาหารโดยมีซีลี้อยเป็น Bulking Agent โดยมีค่า C/N Ratio เริ่มต้นอยู่ที่ 37 ใช้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้นในการทำปุ๋ยหมักเป็นเวลาเกินกว่า 1 เดือน ซีลี้อยที่ใช้เป็น Bulking Agent จะมีสมบัติทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนไป เนื่องจากอนุภาคของซีลี้อยถูกย่อยสลายไประหว่างการทำ ทำให้ความสามารถในการระบายอากาศของ ซีลี้อยลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้สภาวะในการหมักเปลี่ยนไปเป็นการหมักแบบไม่มีอากาศได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนซีลี้อยที่นำมาใช้เป็น Bulking Agent ใหม่ทุก ๆ เดือน จากการศึกษายังพบว่าปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนในกระบวนการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะ

ลดาวลัย วัฒนะจีระ และ ครรชิต เงินคำคง (2550) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักแบบกองแถวจากเศษใบไม้แห้งและเศษผัก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีที่มีต่อกระบวนการหมักปุ๋ย และคุณภาพของปุ๋ยที่ได้จากการหมักแบบกองแถว การทดลองใช้วัสดุหมักที่มีสัดส่วนของเศษใบไม้แห้งต่อเศษผักในอัตราส่วน 1 ต่อ 7 โดยน้ำหนักเปียก ผสมหัวเชื้อ

EM การทดลองได้กำหนดกองปุ๋ยให้มีระดับความสูงกองแตกต่างกัน คือ 0.4, 0.8 และ 1.0 เมตร ตามลำดับ โดยพลิกกลับกองทุก ๆ 7 วัน ปรับสภาวะเหมาะสมของกองปุ๋ยให้มีความชื้นร้อยละ 50-60 โดยน้ำหนักและควบคุมไว้ตลอดการทดลอง สำหรับค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เริ่มต้นปรับให้มีค่าเท่ากันทุกชุดการทดลอง คือ 26.07/1

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการหมักปุ๋ยแบบกองแถวสามารถลดมวลขยะได้ร้อยละ 78-84 โดยน้ำหนัก และสภาวะหมักปุ๋ยในการทดลองชุดที่ 3 ซึ่งเป็นการหมักปุ๋ยที่ระดับความสูง 1 เมตร เป็นสภาวะหมักปุ๋ยที่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีเหมาะสมที่สุดรวมทั้งให้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีที่สุดด้วย โดยมีค่าธาตุอาหารหลักของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสต่อโพแทสเซียมเป็น 1.70-3.35-1.19

สุธีรา สุนทรารักษ์ (2553) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เศษผัก ฟางข้าว ผักตบชวา และเศษใบไม้พบว่า ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบไม้ (ใบจามจุรี) มีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยหมักในทุกตัวรับทดลอง ทั้งในด้านลักษณะภายนอกและปริมาณธาตุอาหารหลัก อีกทั้งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก จัดอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าตัวรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบไม้ (ใบจามจุรี) สามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยนำมาเป็นปุ๋ยหมักได้ และเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้นควรมีการปรับปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมให้ได้ตามเกณฑ์ด้วย เนื่องจากยังมีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย โดยการเติมวัสดุธรรมชาติที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงลงไป เช่น กระดูกสัตว์ป็นหรือขี้เถ้ากระดูกกับปุ๋ยหมักที่ได้ก่อนการนำมาใช้งาน

ธัญพรรณพร พัฒนเจริญ (2551) การศึกษาของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักเศษผักและผลไม้ของเทศบาลตำบลพลับพลานารายณ์ จังหวัดจันทบุรี ด้วยเทคโนโลยีกล่องคอนกรีต ถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนัก เพื่อนำมาใช้ลดหรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกผักคะน้าและผักกาดหอม เมื่อนำปุ๋ยหมักดังกล่าวมาใช้ 6 ต้นต่อไร่ ทำให้ผลผลิตของผักคะน้าระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 50 วัน) (55.03 กรัมต่อต้น) มีค่าใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี 50 กิโลกรัมต่อไร่ (56.65 กรัมต่อต้น) แต่เมื่อนำปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้มาใช้ร่วมกันในระดับต่างๆ พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก 9 ต้นต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักคะน้าระยะเก็บเกี่ยวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด รวมทั้งทำให้มีการสะสมธาตุอาหาร สูงสุดเช่นกัน การใช้ปุ๋ยหมัก 9 ต้นต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักกาดหอมระยะเก็บเกี่ยวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด กล่าวคือ มีความสูง 24.26 เซนติเมตร จำนวนใบ 13.5 ใบต่อต้น พื้นที่ใบ 9.97 ตารางเซนติเมตร

ต่อไป น้ำหนักสด 78.47 กรัมต่อตัน และน้ำหนักแห้ง 4.157 กรัมต่อตัน และทำให้ผักกาดหอมมีการสะสมธาตุอาหารสูงสุด อีกทั้งยังมีความเข้มข้นของตะกั่ว (5.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ต่ำสุดด้วย จึงกล่าวได้ว่าปุ๋ยหมักจากเศษผักและผลไม้ที่นำมาใช้ทดลองนี้ สามารถนำมาใช้ปลูกผักกินใบได้ผลเป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่ง

อนุภาพ แก้วทอง (2541) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีการกองแบบมีการระบายอากาศ ดำเนินการโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 Run ซึ่งชุดการทดลอง Run ที่ 1 เป็นการหมักปุ๋ยจากเศษหญ้าผสมกับกากตะกอนน้ำเสีย และการทดลอง Run ที่ 2 เป็นการหมักปุ๋ยจากเศษใบไม้แห้งผสมกับกากตะกอนน้ำเสีย วิธีการหมักที่ใช้เป็นวิธีการกองวัสดุที่ใช้ในการหมักให้มีขนาดความกว้างและยาว นอกจากนี้ยังได้มีการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 14 วัน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นและความชื้นของกองปุ๋ยหมักได้ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 25-30 และร้อยละ 50-70 ตามลำดับในการทดลอง

นอกจากนี้ยังพบว่าปุ๋ยหมักทุกกองมีค่าขององค์ประกอบแร่ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักปุ๋ยจากเศษหญ้ากากตะกอนน้ำเสียและเศษใบไม้แห้งกับกากตะกอนน้ำเสียอยู่ในช่วง 100-115 วัน

ธนิวัต ศิริธาวีรัตน์ (2547) ศึกษาการกระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ เศษผัก ผักตบชวาและฟางข้าว โดยการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) การศึกษาองค์ประกอบของเศษอาหารและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 2) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำปุ๋ยหมัก 3) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และ 4) การศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมัก พบว่าปริมาณเศษอาหารต่อวัสดุหมักที่เหมาะสมเท่ากับ 1:4 โดยได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมัก

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุในปุ๋ยหมัก พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดคือร้อยละ 2.70 ส่วนเศษผักและฟางข้าวมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.18 และ 1.77 โดยปุ๋ยหมักทุกชุดการทดลองมีค่าไนโตรเจนสูงกว่ามาตรฐาน และพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่ามาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้นในการใช้งานควรมีการปรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ภาณุพงศ์ บางรักษ์ (2550) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทำ ปุ๋ยหมัก พบว่าเส้นใยปาล์มมีปริมาณคาร์บอนสูงสุด (ร้อยละ 53.44 ต่อน้ำหนักแห้ง) กากตะกอน

ดีแคนเตอร์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด (ร้อยละ 2.37 ต่อน้ำหนักแห้ง) ส่วนซี้ไถ้ป่าล้มี ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากที่สุด (ร้อยละ 0.92 และ 1.93 ต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ)

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของเส้นใยป่าล้กับกากตะกอนดีแคนเตอร์ (1:1, 3:1 และ 5:1) ในการทำปุ๋ยหมักโดยใช้หัวเชื้อพด.1 ปรับความชื้นให้ได้ 50-70 เปอร์เซ็นต์ และปรับพีเอชเป็น 7-8 โดยใช้ซี้ไถ้ป่าล้ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยป่าล้และกากตะกอนดีแคนเตอร์ เท่ากับ 1:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมและใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยที่สุด (40-45 วัน) อัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงจาก 37.88:1 เหลือ 17.53:1 อุณหภูมิสูงสุดระหว่างการหมัก 67.5 องศาเซลเซียส ปุ๋ยหมักที่ได้มีความชื้น 48.87 เปอร์เซ็นต์ค่าพีเอช 7.61 และค่า $N-P_2O_5-K_2O$ เท่ากับ 2.26-0.86-1.85 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการหมัก 60 วัน อย่างไรก็ตาม ผักน้และต้นหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยผสม ALA ที่ระดับความเข้มข้น 6 และ 60 ไมโครโมลาร์ ให้ผลการทดลองที่มีค่าต่าง ๆ ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการปลูกผักน้และต้นหอมกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15



บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเป็นการศึกษาการทดลอง เพื่อเป็นการพัฒนาวิธีการจัดการกับกากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องดื่ม โดยรวบรวมข้อมูลในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการใช้กากตะกอนในทำปุ๋ยหมัก เพื่อนำมาปลูกพืชได้

3.2 กากตะกอนตัวอย่าง

กากตะกอนจาก บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) สถานที่ตั้ง เลขที่ 63 หมู่ที่ 3 ถนนนนทบุรี-ปทุมธานี ตำบล บางชะแยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 วัสดุหมัก

3.3.1.1 กากตะกอน (ภาพ 3.1 ก.)

3.3.1.2 เศษอาหารจากครัวเรือน (ภาพ 3.1 ข.)

3.3.1.3 ใบไม้แห้ง (ภาพ 3.1 ค.)

3.3.2 วัสดุปลูก

3.3.2.1 ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1 (ภาพ 3.2 ก.)

3.3.2.2 ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 2 (ภาพ 3.2 ข.)

3.3.2.3 ดินสำเร็จรูปสำหรับการปลูกพืช (ภาพ 3.2 ค.)

3.3.2.4 เมล็ดควางดั่งฮ่องเต้ (ภาพ 3.2 ง.)

3.3.2.5 กระถาง (ภาพ 3.2 จ.)



ก



ข



ค

ภาพ 3.1 วัสดุหมัก

ก. กากตะกอน

ข. เศษอาหารจากครัวเรือน

ค. ใบไม้แห้ง



ก



ข



ค



ง



จ

ภาพ 3.2 วัสดุปลูก

- ก. ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1
- ข. ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 2
- ค. ดินสำเร็จรูปสำหรับการปลูกพืช
- ง. เมล็ดคางทูมตั้งห่อได้
- จ. กระถาง

3.4 ขั้นตอนการวิจัย

3.4.1 ขั้นเตรียมการ

3.4.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และรวบรวมความคิดของเรื่องที่ทำกรวิจัย โดยศึกษา ค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตลอดจนศึกษาสอบถามจากบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.2 ตั้งกรอบแนวคิด ซึ่งเป็นการเสนอแนวคิด เป็นการช่วยนำทางการศึกษาในขั้นต่อ ๆ ไปให้ชัดเจนขึ้น

3.4.1.3 กำหนดตัวอย่างภาคตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) เลขที่ 63 หมู่ที่ 3 ถนนนันทบุรี-ปทุมธานี ตำบลบางชะแยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000 เหตุผลที่เลือกบริษัทนี้เพราะเป็นบริษัทที่มีขนาดใหญ่ มีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพ มีกำลังการบำบัดสูง จึงทำให้ในแต่ละวันมีจำนวนภาคตะกอนเป็นจำนวนมาก โดยผู้วิจัยเห็นว่าจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวคิดในการนำของเหลือใช้น่ากลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก โดยการสร้างมูลค่าให้กับของสิ่งนั้น

3.4.2 ขั้นดำเนินการ

3.4.2.1 ขั้นเตรียมการทดลอง

1) นำภาคตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ปรับสภาพด้วยการตากแดด 3 วัน

2) เตรียมเชื้อใบไม้แห้งโดยทำการย่อยให้มีขนาดเล็กเพื่อต่อการย่อยสลาย

3) จัดเตรียมวัสดุหมักเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

ก) ใช้ใบไม้แห้งและเศษอาหาร

ข) ใช้ใบไม้แห้ง เศษอาหารและภาคตะกอน

4) จัดเตรียมวัสดุปลูกเป็น 3 ชุดการทดลอง คือ

ก) ดินกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1

ข) ดินกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2

ค) ดิน ชุดการทดลองที่ 3

3.4.2.2 ขั้นการทดลอง

1) ทำการหมักปุ๋ย 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 ใบไม้แห้งและเศษอาหารเป็นส่วนประกอบ อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กิโลกรัม) 0.7:4 ใช้ระยะเวลาการหมัก 45-60 วัน

ชุดที่ 2 ใบไม้แห้ง เศษอาหารและกากตะกอนเป็นส่วนประกอบ อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กิโลกรัม) 0.7:4:4 ใช้ระยะเวลาการหมัก 45-60 วัน

2) นำปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 กับ ปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 มาเป็นวัสดุปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตในระยะเวลา 1 เดือน ดังนี้

ก) ขั้นตอนการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้

การเตรียมวัสดุปลูกสำหรับการทดลอง ผสมวัสดุปลูกในชนิดและอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองดังตาราง 3.1

ชุดการทดลองที่ 1 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 ในอัตราส่วน 1: 1 (ภาพ 3.3)

ชุดการทดลองที่ 2 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 ในอัตราส่วน 1: 1 (ภาพ 3.4)

ชุดการทดลองที่ 3 ดิน (ภาพ 3.5)

ตาราง 3.1 ชุดการทดลองที่ใช้ในการศึกษา

ชุดการทดลอง	ส่วนผสม	อัตราส่วนผสม (กก.)
1	ดิน+ปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1	1:1
2	ดิน+ปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2	1:1
3	ดิน	-

หมายเหตุ : ใช้ดินเป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ระหว่างชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 2



ภาพ 3.3 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 ในอัตราส่วน 1: 1



ภาพ 3.4 ดินผสมกับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 ในอัตราส่วน 1: 1



ภาพ 3.5 ดินชุดการทดลองที่ 3

ข) การเพาะต้นกล้ากว้างต้งฮ่องเต้สำหรับการทดลอง

นำเมล็ดกว้างต้งฮ่องเต้เพาะลงในกระถางโดยการใช่วิธีหว่านโดยตรง ซึ่งแต่ละชุดการทดลองของแต่ละกระถางจะใส่ดินและปุ๋ยในอัตราส่วนที่ตามที่กล่าวไว้และรดน้ำทุกเช้าเย็น (ภาพ 3.6)



ก.



ข.

ภาพ 3.6 การนำเมล็ดกว้างต้งฮ่องเต้มาปลูกในกระถาง

ข. ชุดการทดลองที่ 1

ค. ชุดการทดลองที่ 2



ภาพ 3.6 การนำเมล็ดกวางตั้งฮ่องเต้มาปลูกในกระถาง (ต่อ)
ค. ชุดการทดลองที่ 3

3) เก็บรวบรวมข้อมูลและวัดค่าการเจริญเติบโตของผักกวางตั้งฮ่องเต้ใน
ระยะเวลา 1 เดือน

3.4.3 ชั้นเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

3.4.3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก 2 ชุดการทดลอง โดยส่งวิเคราะห์ที่
ห้องปฏิบัติการ กรมพัฒนาที่ดิน โดยวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณ
ฟอสฟอรัสและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

3.4.3.2 วัดความสูงของผักกวางตั้งฮ่องเต้ โดยใช้ตลับเมตรเป็นเครื่องมือในการวัด

3.4.3.3 วัดจำนวนใบของต้นบานขึ้น โดยนับจำนวนใบจากการสังเกต

3.4.3.4 นับจำนวนดอกต่อต้น โดยนับจำนวนดอกจากการสังเกต

3.4.4 อภิปรายผล

เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของวัสดุร่วมในการหมักปุ๋ยทั้ง 2 ชุดการทดลอง ที่มีผล
ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตั้งฮ่องเต้

3.4.5 สรุปและนำเสนอ

3.4.5.1 สรุปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.4.5.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกวางตั้งฮ่องเต้ ทั้งความสูง และ
จำนวนใบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอน วัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้และศึกษาคุณสมบัติของกากตะกอนจากบริษัทเสริมสุข จำกัด (มหาชน) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ สามารถสรุปเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

4.1 สมบัติของปุ๋ยหมัก

4.2 ลักษณะของปุ๋ยหมักและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักกับวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

4.4 อภิปรายผล

4.1 สมบัติของปุ๋ยหมัก

ในการวิจัยครั้งนี้นำตัวอย่างกากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) จากระบบ AS ร่วมกับระบบ UASB

ปุ๋ยหมักที่ใช้ในการวิจัยเป็นปุ๋ยหมักจากเศษอาหารและกากตะกอนซึ่งทำการทดลองโดยแบ่งเป็นปุ๋ยหมัก 2 ชุดการทดลองตามวัสดุหมัก นำส่งวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทั้ง 2 ชุดการทดลอง โดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก

ชุดการทดลอง	OM (% w/w)	OC (% w/w)	C/N ratio	N (%)	P (%)	pH
ชุดการทดลองที่ 1	18.27	10.60	32	0.33	0.22	6.68
ชุดการทดลองที่ 2	30.64	17.11	22	0.80	0.43	6.35

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

หมายเหตุ : - OM (Organic Matter) คือปริมาณอินทรีย์วัตถุ - N คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
- OC (Organic Carbon) คือปริมาณคาร์บอน - P คือ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
- C/N ratio คือสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน - pH คือ ความเป็นกรด-ด่าง

ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละโดยน้ำหนักอยู่ที่ 18.27 จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมัก ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 10.60 มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ที่ 0.22 มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ที่ 0.33 มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.68 (ภาพ 4.1)

ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอินทรีย์วัตถุร้อยละโดยน้ำหนักอยู่ที่ 30.64 ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 17.11 มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ที่ 0.43 มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ที่ 0.80 มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.35 (ภาพ 4.2)

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 ใบไม้แห้งและเศษอาหารเป็นวัสดุหมักกับปุ๋ยหมัก ชุดการทดลองที่ 2 ใบไม้แห้ง เศษอาหารและกากตะกอนเป็นวัสดุหมัก พบว่าปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยหมัก ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 22 ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน ได้กำหนดคุณภาพของปุ๋ยหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20 : 1 และมีค่า pH เท่ากับ 6.35 ซึ่งมีความเป็นกรดเล็กน้อย

ดังนั้นแสดงว่าปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีวัสดุหมัก คือ ใบไม้แห้ง เศษอาหารและกากตะกอน เป็นปุ๋ยหมักที่มีปริมาณธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าชุดการทดลองที่ 1

4.2 ลักษณะของปุ๋ยหมักและประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก

4.2.1 ลักษณะของปุ๋ยหมัก

ลักษณะปุ๋ยหมักที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นั้นควรมีสีของเศษวัสดุเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนดำ และมีลักษณะอ่อนนุ่มและเปื่อยยุ่ยไม่มีกลิ่นฉุน อาจมีหญ้าหรือเห็ดขึ้นบนกองปุ๋ยหมักได้จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทั้งที่มองเห็นได้และที่มองเห็นไม่ได้ ที่มองเห็นได้ก็คือขึ้นส่วนของพืชจะมีขนาดเล็กลงและยุบตัวลงกว่าเมื่อเริ่มกอง สีของเศษพืชก็จะเปลี่ยนไป ส่วนที่มองเห็นไม่ได้ก็คือปริมาณของจุลินทรีย์ ที่นี้จะสังเกตว่าปุ๋ยหมักสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้



ภาพ 4.1 ลักษณะของปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1



ภาพ 4.2 แสดงลักษณะของปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 2

4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักร่วมกับวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้

4.3.1 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้

ทำการวัดความสูงและใบของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ทุกๆ 5 วัน ในระยะเวลา 1 เดือน

4.3.1.1 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 5 วัน

เมื่อต้นกวาดั่งฮ่องเต้อายุได้ 5 วัน มีลักษณะคล้ายคลึงกัน พบว่าชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันทั้งหมด ในชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงประมาณ 3.9 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 4.8 เซนติเมตร และชุดการทดลองที่ 3 สูง 3.0 เซนติเมตร และจำนวนใบที่ใกล้เคียงกัน (ภาพ 4.3) หลังจากวันที่ 5 ผู้วิจัยทำการถอนต้นอ่อนทิ้งบางส่วน เพื่อเป็นการเร่งการเจริญเติบโต



ภาพ 4.3 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 5 วัน

ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1

ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2



ภาพ 4.3 การเจริญเติบโตของต้นกวาดตุงฮ่องเต้ในระยะ 5 วัน (ต่อ)

ค. ต้นกวาดตุงฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

4.3.1.2 การเจริญเติบโตของต้นกวาดตุงฮ่องเต้ในระยะ 10 วัน

เมื่อต้นกวาดตุงฮ่องเต้อายุได้ 10 วัน มีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้ง 2 ชุดการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงประมาณ 5.6 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 6.0 เซนติเมตร และชุดการทดลองที่ 3 มีความสูง 5.0 เซนติเมตร ซึ่งความสูงของต้นกวาดตุงฮ่องเต้มีส่วนต่างจากวันที่ 5 ประมาณ 2.0 เซนติเมตร ส่วนใบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น (ภาพ 4.4)



ภาพ 4.4 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 10 วัน

- ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1
- ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2
- ค. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

4.3.1.3 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 15 วัน

เมื่อต้นกวาดั่งฮ่องเต้อายุได้ 15 วัน ในชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงประมาณประมาณ 5.7 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 6.8 เซนติเมตร เมื่อต้นเริ่มออกติดกันจะต้องทำการถอนต้นที่ออกติดกันออกเพื่อไม่ให้ต้นกวาดั่งฮ่องเต้เจริญเติบโตติดกันมากจนเกินไป และชุดการทดลองที่ 3 มีความสูง 5.3 เซนติเมตร ส่วนใบมีจำนวนใกล้เคียงกับในระยะ 5 และ 10 วัน (ภาพ 4.5)



ภาพ 4.5 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 15 วัน

ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1

ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2



ภาพ 4.5 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 15 วัน (ต่อ)

ค. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

4.3.1.4 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 20 วัน

เมื่อต้นกวาดั่งฮ่องเต้อายุได้ 20 วัน มีความสูงมากขึ้นจากวันที่ 15 ในส่วนต่างของความสูงต้นกวาดั่งฮ่องเต้ ประมาณ 2.0 เซนติเมตร ในชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงอยู่ที่ประมาณ 7.0 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 8.2 เซนติเมตร ซึ่งทั้งสองชุดการทดลองมีความสูงและจำนวนใบที่แตกต่างกัน ชุดการทดลองที่ 2 จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า และชุดการทดลองที่ 3 มีความสูง 6.2 เซนติเมตร ส่วนใบมีจำนวนเท่ากับในระยะ 15 วัน (ภาพ 4.6)



ภาพ 4.6 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 20 วัน

ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1



ภาพ 4.6 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 20 วัน (ต่อ)

ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2

ค. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

4.3.1.5 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 25 วัน

เมื่อต้นกวาดั่งฮ่องเต้อายุได้ 25 วัน มีความสูงมากขึ้นจากวันที่ 20 ในส่วนต่างของความสูงต้นกวาดั่งฮ่องเต้ ประมาณ 2.0 เซนติเมตร ทั้งสองชุดการทดลองมีความสูงและจำนวนใบที่แตกต่างกัน ในชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงอยู่ที่ประมาณ 9.2 เซนติเมตร ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 10.0 เซนติเมตร มีใบที่ใหญ่ขึ้น จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น และชุดการทดลองที่ 3 มีความสูง 6.5 เซนติเมตร ส่วนใบมีจำนวนประมาณ 4 ใบ (ภาพ 4.7)

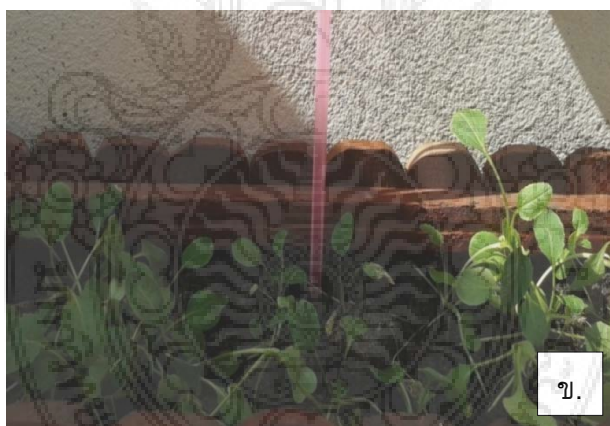


ภาพ 4.7 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 25 วัน

- ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1
- ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2
- ค. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

4.3.1.5 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 30 วัน

เมื่อต้นกวาดั่งฮ่องเต้อายุได้ 30 วัน ชุดการทดลองที่ 1 มีความสูงอยู่ที่ประมาณ 9.8 เซนติเมตร ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงประมาณ 10.3 เซนติเมตร มีใบที่ใหญ่ขึ้น จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตส่วนต่างของความสูงเริ่มคงที่ ทั้งสองชุดการทดลองมีความสูงและจำนวนใบที่แตกต่างกันชุดการทดลองที่ 2 จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า และชุดการทดลองที่ 3 มีความสูง 6.7 เซนติเมตร ส่วนใบมีจำนวนประมาณ 5 ใบ (ภาพ 4.8)



ภาพ 4.8 การเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในระยะ 30 วัน

ก. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 1

ข. ต้นกวาดั่งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 2



ภาพ 4.8 การเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้ในระยะ 30 วัน (ต่อ)

ค. ต้นกวางตุ้งฮ่องเต้ชุดการทดลองที่ 3

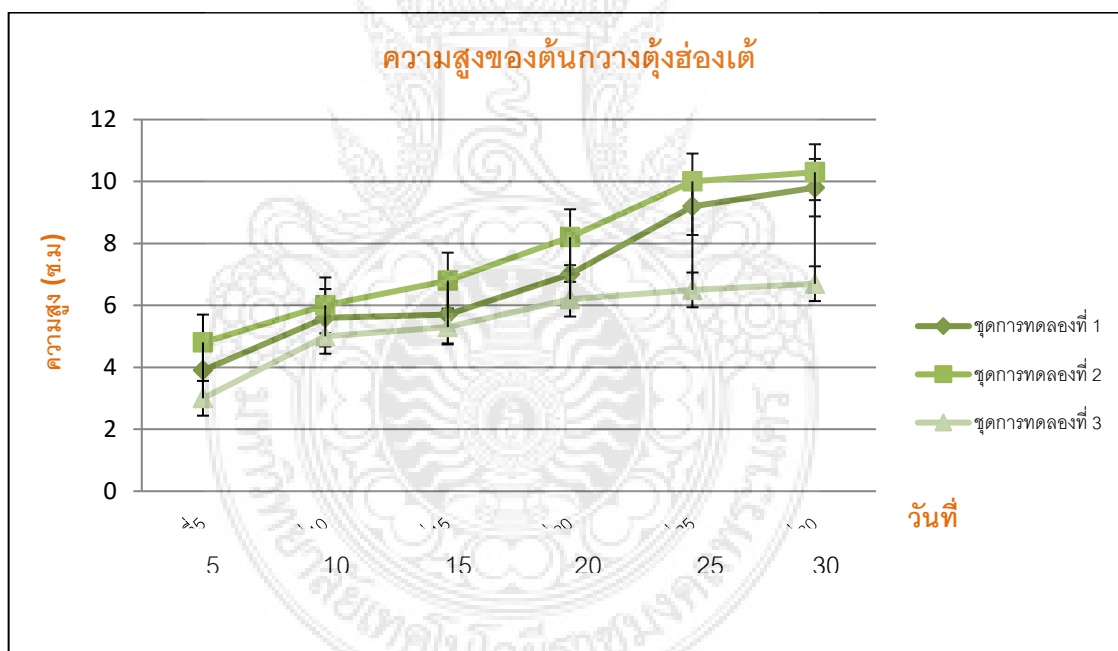
จากการวัดความสูงและนับจำนวนใบของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้ สรุปได้ดังแสดงในตาราง 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ และเมื่อนำผลไปแสดงเป็นกราฟจะได้ดังภาพ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ

ตาราง 4.2 ความสูงของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้

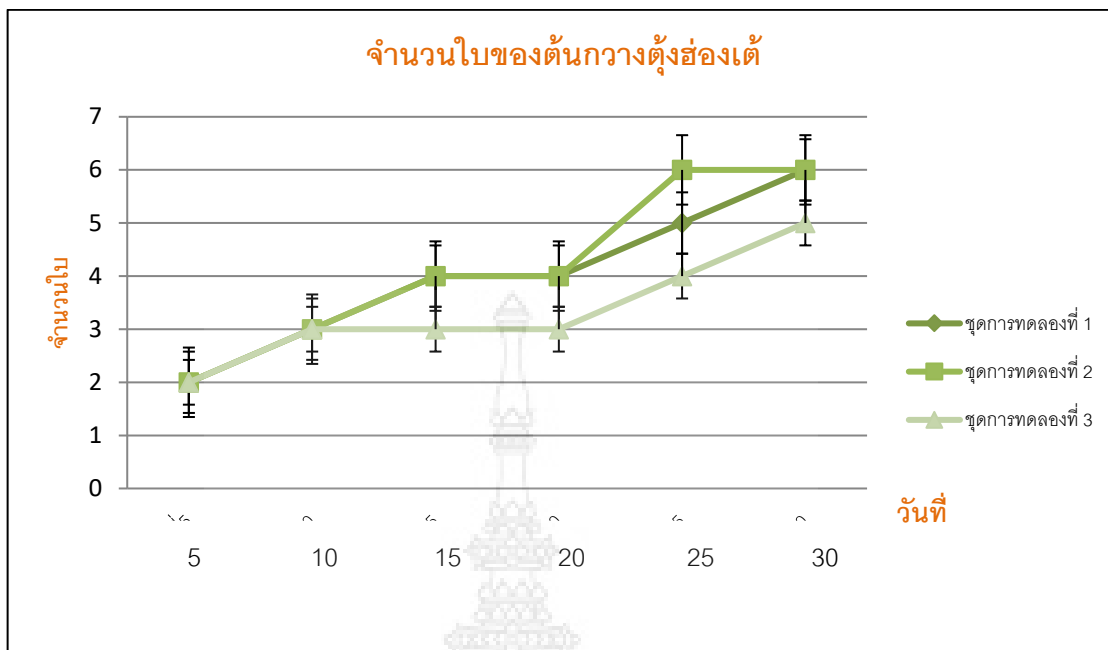
วันที่	ความสูงของต้นกวางตุ้งฮ่องเต้ (ซม.)		
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
5	3.9	4.8	3.0
10	5.6	6.0	5.0
15	5.7	6.8	5.3
20	7.0	8.2	6.2
25	9.2	10.0	6.5
30	9.8	10.3	6.7
ค่าเฉลี่ย	6.9	7.7	5.45

ตาราง 4.3 จำนวนใบของต้นกวาดั่งฮ่องเต้

วันที่	ใบของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ (จำนวนใบ)		
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3
5	2	2	2
10	3	3	3
15	4	4	3
20	4	4	3
25	5	6	4
30	6	6	5
ค่าเฉลี่ย	4	4	3



ภาพ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสูงกับระยะเวลาของต้นกวาดั่งฮ่องเต้



ภาพ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนใบกับระยะเวลาของต้นกวาดั่งฮ่องเต้

จากตาราง 4.2 และภาพ 4.9 ความสูงของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในทุก ๆ 5 วัน ในระยะเวลา 1 เดือน พบว่าค่าความสูงของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ในชุดการทดลองที่ 2 มีความสูงมากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 3 ทุกช่วงเวลา

จากตาราง 4.3 และภาพ 4.10 จำนวนใบของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ พบว่าจำนวนใบของปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 2 กับปุ๋ยหมักชุดการทดลองที่ 1 มีจำนวนใบที่เท่ากันหรือมากกว่าเล็กน้อย ในระยะเวลาต่าง ๆ

ดังนั้น ดังตารางข้างต้นที่ได้กล่าวมา เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 พบว่าชุดที่ใส่ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอน (ชุดการทดลองที่ 2) ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของต้นกวาดั่งฮ่องเต้ ทั้งด้านความสูงและจำนวนใบได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมกากตะกอน (ชุดการทดลองที่ 1) และดิน (ชุดการทดลองที่ 3)

4.4 การอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ใช้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้เป็นพืชทดลองประสิทธิภาพปุ๋ยหมัก เนื่องจากเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตง่าย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเครื่องดื่มบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) มีคุณภาพที่เหมาะสมเป็นวัสดุร่วมกับใบไม้และเศษอาหารในการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และ นันทพร วิเศษสมบัติ (2548) ที่กล่าวว่า กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นวัสดุร่วมในการทำปุ๋ยหมักร่วมกับใบไม้และเศษอาหาร พบว่า ในชุดการทดลองที่มีกากตะกอนจะมีปริมาณไนเตรทสูง

จากการศึกษาพบว่า ปุ๋ยหมักในชุดการทดลองที่ 2 มีธาตุอาหารที่สำคัญของปุ๋ยหมัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธีรา สุนทรารักษ์ (2553) ที่กล่าวว่า ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบไม้มีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยหมักในทุกตัวรับทดลองทั้งในด้านลักษณะภายนอกและปริมาณธาตุอาหารหลัก

จากผลวิเคราะห์ของกาก ตะกอนของสำนักงานวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินพบว่ากากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานเครื่องดื่ม มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชในระดับหนึ่งสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้ ซึ่งกากตะกอนมีสมบัติในการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ดี เมื่อใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยวัดการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ วัดจากความสูงและจำนวนใบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการปฏิบัติภาคสนาม และการตรวจทางห้องปฏิบัติการ นำมาสรุปผลและข้อเสนอแนะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยมีการปลูกซึ่งใช้ดินเป็นตัวควบคุมและปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักจากชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีส่วนผสมกากตะกอน โดยปลูกตามระยะเวลา 1 เดือนที่กำหนด สรุปได้ว่า กากตะกอนจากบริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) มีธาตุอาหารเหมาะสมในการใช้เป็นปุ๋ยเพื่อการปลูกผักกวางตุ้ง พบว่า แต่ละชุดการทดลองจะมีการเจริญเติบโตได้ดีตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 2 มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดจากการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ากากตะกอนมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นปุ๋ยในการปลูกผักกวางตุ้งได้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความสูงอยู่ที่ 7.7 ซม. เมื่อเทียบกับการปลูกด้วยดินเพียงอย่างเดียวและชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่กากตะกอน ค่าเฉลี่ยของจำนวนใบอยู่ที่ 4 ใบ ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำกากตะกอนไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตร และอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยได้ ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่ำ และยังคงประสิทธิภาพได้ดี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกากตะกอนที่ออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสียด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

การศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักต้นทุนต่ำ ซึ่งได้วัตถุดิบมาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเป็นการนำของเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งตัวกากตะกอนมี

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช หรือสามารถนำกากตะกอนมาหมักเป็นปุ๋ยน้ำ EM (Effective Microorganisms จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล กลิ่นหวานอมเปรี้ยว) ได้อีกทาง และเป็นการลดขั้นตอนที่ยุ่งยากในการกำจัดกากตะกอนของเสีย

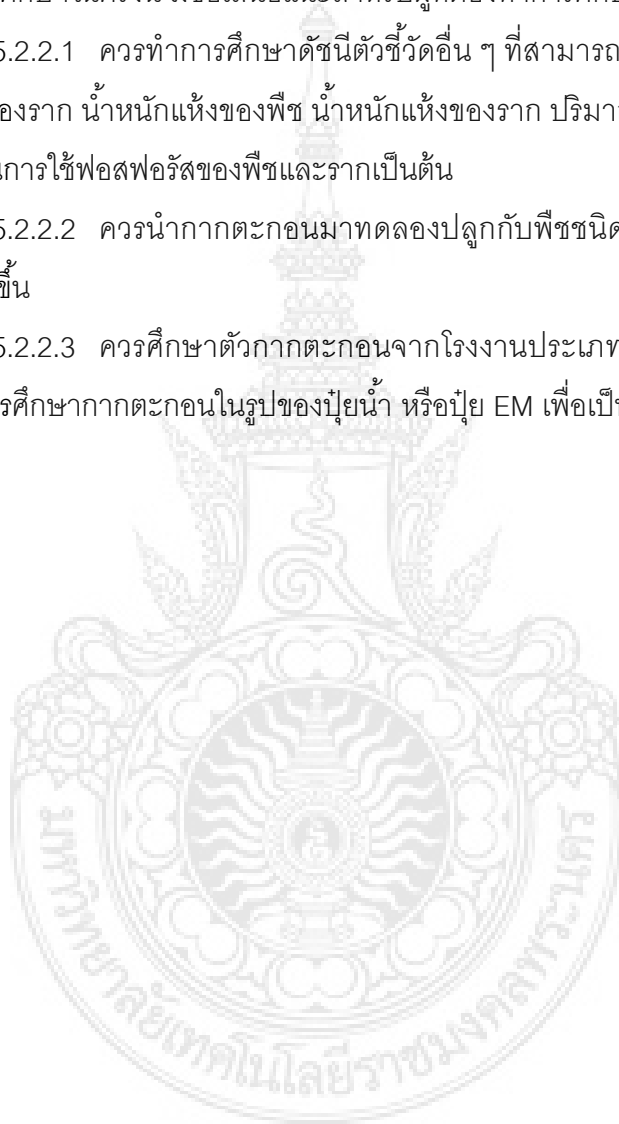
5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ต้องทำการศึกษาในครั้งต่อไป ดังนี้

5.2.2.1 ควรทำการศึกษาดัชนีตัวชี้วัดอื่น ๆ ที่สามารถวัดได้ เช่น น้ำหนักสดของพืช น้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของพืช น้ำหนักแห้งของราก ปริมาณการใช้ไนโตรเจนของพืช และราก ปริมาณการใช้ฟอสฟอรัสของพืชและราก เป็นต้น

5.2.2.2 ควรนำกากตะกอนมาทดลองปลูกกับพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อเป็นทางเลือกที่หลากหลายมากขึ้น

5.2.2.3 ควรศึกษากากตะกอนจากโรงงานประเภทอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการปลูกต้นไม้ได้ ควรศึกษากากตะกอนในรูปของปุ๋ยน้ำ หรือปุ๋ย EM เพื่อเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง



เอกสารอ้างอิง

- กองปรุพีวิทยา. 2538. **รายงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพ** เล่มที่ 1 กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ □ ดิน.
กรมวิชาการเกษตร
- กรมควบคุมมลพิษสิ่งแวดล้อม. 2537. **ระบบบำบัดน้ำเสีย**. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html, 19 มกราคม 2556.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. **ดิน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
http://www.idd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.htm, 15 กุมภาพันธ์ 2556.
- กรมพัฒนาที่ดิน. **องค์ประกอบของดิน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
http://osl101.idd.go.th/easysoils/s_compo.htm, 15 กุมภาพันธ์ 2556.
- กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. 2540. **ปุ๋ยหมัก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
<http://www.oatthailand.org/index.php/production-factor/67-compost->,
15 กุมภาพันธ์ 2556.
- จุฑามาศ รัตนศรีบัวทอง. 2549. **“อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชน
และขานอ้อยในการผลิตปุ๋ยหมัก.”** ปริญญาสาธาณสุขมหาบัณฑิต
(การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. 2552. **การทำปุ๋ยหมัก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
<http://www.vcharkarn.com/varticle/38803>, 15 กุมภาพันธ์ 2556.
- ชื่นจิต กิ่งนรา. 2543. **“การทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารแบบกึ่งกะ.”** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน.**
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย. 280
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2543. **“การศึกษาและพัฒนาคุณภาพของวัสดุปลูกจากวัสดุเหลือใช้ทาง
การเกษตร.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2542. **ปุ๋ยหมักดินหมักและปุ๋ยน้ำชีวภาพ**. โอเดียนสโตร์.
กรุงเทพมหานคร
- ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการใช้และการใช้ประโยชน์** □.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ธัญพรรณพร พัฒนเจริญ. 2551. “ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากเศษผักและผลไม้เทศบาลตำบลพลับพลาณารายณ์ จังหวัดจันทบุรีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- ธันวดี ศรีธาวีรัตน์. 2547. “การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
- นัยนา คุณคุณลักษณะ. 2542. “การใช้กากตะกอนน้ำเสียชุมชนในการปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยวจัด.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล
- ประกาศิต อินทรลำอาจค์. 2549. “การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อยซีลี้อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พัฒนา อนุรักษพงษ์ธร และ นันทพร วิเศษสมบัติ. 2548. “การใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย RBC เป็นวัสดุร่วมในการทำปุ๋ยหมัก.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร. ภาควิชาวิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ไพบุลย์ ประพฤติธรรมและคณะ. 2542. **คุณภาพของปุ๋ยหมักและการใช้ประโยชน์เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนและทางการเกษตร.** มูลนิธิชัยพัฒนา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรมชลประทาน. กรุงเทพมหานคร
- ภาณุพงศ์ บางวัช. 2548. “การผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มผสมน้ำหมักของ *Rhodobacter capsulatus* SS3 และการใช้ในการปลูกผักบุ้งและต้นหอม.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. บ้านและสวน. กรุงเทพมหานคร
- เรียมสงวน วรรณยะลา. 2544. “ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ลดาวลัย วัฒนะจีระ และ ครรชิต เงินคำคง. 2550. “การทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะโดยวิธีหมักแบบไบโอออกซิเจน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุธีรา สุนทรารักษ์. 2553. “การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

อนุภาพ แก้วทอง. 2541. “การศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีการกองแบบมีการระบายอากาศ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อนวัช พิณจศักดิ์กุล 2547. การทำปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนน้ำเสีย. [ออนไลน์]

เข้าถึงได้จาก : http://science.kmutt.ac.th/chm/km/KM_2554.pdf,

15 กุมภาพันธ์ 2556

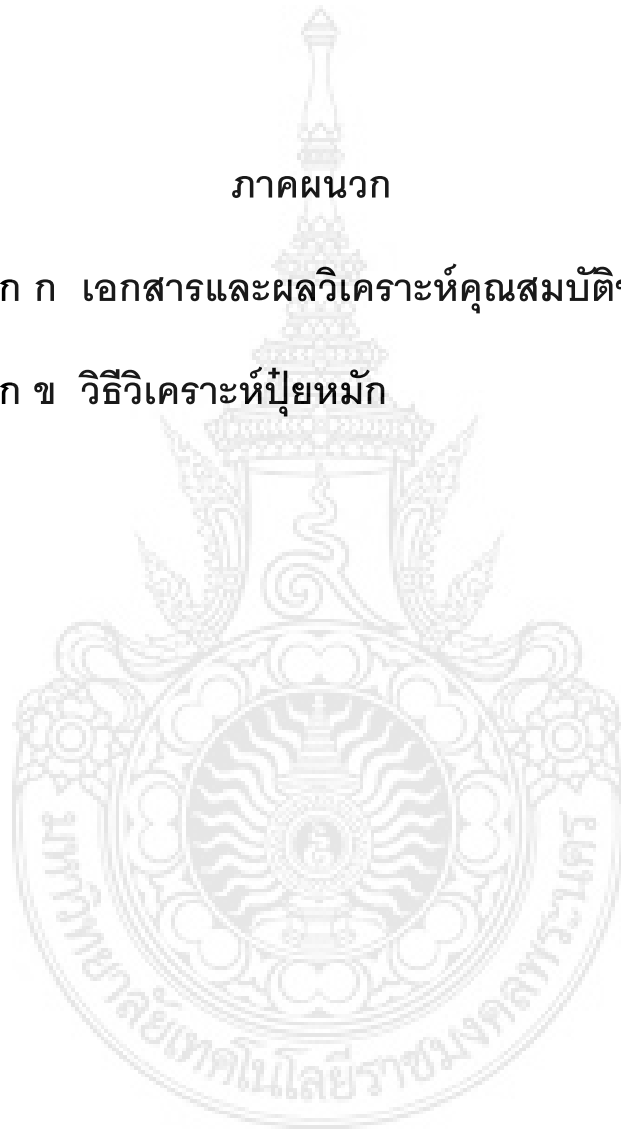
อรลัดดา บุญแสน. 2537. การศึกษาการสร้างเอนไซม์จากจุลินทรีย์อุณหภูมิต่ำแยกได้จากปุ๋ยหมักจากชุมชน. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารและผลวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

ภาคผนวก ข วิธวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก



ภาคผนวก ก



ที่ ศธ ๐๕๘๑.๐๖/๐๙/๐

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
๑๓๘๑ ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร ๑๐๘๐๐

๑๕ มกราคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจหาปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างปุ๋ย

เรียน ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมที่ดิน

ด้วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้จัดการเรียนการสอนรายวิชาโครงการพิเศษทางสิ่งแวดล้อม ให้แก่นักศึกษาชั้นปีที่ ๔ ของสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ในภาคการศึกษาที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๕๕ ซึ่งนักศึกษาที่เรียนในรายวิชาดังกล่าว คือ น.ส.วรรณิษา พึ่งคุ้ม น.ส.ประภาพร พระอภิรักษ์ และน.ส.เมธาวี ฉายสุวรรณ มีความประสงค์จะทำโครงการพิเศษ เรื่อง “การศึกษาปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจาก บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง” ซึ่งนักศึกษาจะต้องตรวจหาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่ได้จากการหมักดังกล่าว เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการศึกษาและจัดทำโครงการพิเศษ

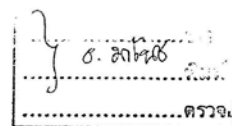
การนี้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานของท่านตรวจหาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส อินทรีย์วัตถุ และความชื้นในตัวอย่างของปุ๋ยที่นักศึกษานำไปพร้อมหนังสือฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรา อมรแก้ว)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
โทร. ๐ ๒๘๑๓ ๒๔๒๔ ต่อ ๑๘๙
โทรสาร ๐ ๒๘๑๓ ๒๔๒๔ ต่อ ๑๙๔



สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2003/61 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2561-3086 โทรสาร 0-2561-3521



ชหัดจำนวนตัวอย่าง กากตะกอน 1 ตัวอย่าง ดำเนินการโดย ส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ยและสิ่งปรับปรุงดิน
 เลขรับ 56-1334 นางสาวเมทวีย์ ฉายสุวรรณ นางนฤมล จันทร์ชรากร
 เจ้าของตัวอย่าง นางสาวเมทวีย์ ฉายสุวรรณ ผู้อำนวยการส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ยและสิ่งปรับปรุงดิน
 ผู้ส่งตัวอย่าง นางสาวเมทวีย์ ฉายสุวรรณ
 แหล่งที่มาของตัวอย่าง ต.ตลาดขวัญ อ.เมือง จ.นนทบุรี 15 มีนาคม 2556

F56 : 1658		รายการวิเคราะห์																		
ลำดับ	เลขที่	Code	OM	OC	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	EC	moisture	particle	gravel	วัสดุ	Na	CaO	MgO	S	GI	
ต.ย.	ปฏิบัติ	NO.	(% w/w)	(% w/w)	ratio	(%)	(%)	(%)		(dS/m)	(% w/w)	size	> 5 mm	แหลกคม	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	56019100					5.95	2.34	0.43												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> ส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน ผลการวิเคราะห์นี้รับรอง เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาเท่านั้น ห้ามนำไปเผยแพร่ต่อใครใด ๆ ทั้งสิ้น </div>																				



สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2003/61 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2561-3086 โทรสาร 0-2561-3521

ที่ กษ ๖๔

ชนิด/จำนวนตัวอย่าง

เลขรับ

เจ้าของตัวอย่าง

ผู้ส่งตัวอย่าง

แหล่งที่มาของตัวอย่าง

ปุ๋ยหมัก 2 ตัวอย่าง

56-1335

นางสาวรรณิษา พึ่งคุ้ม

นางสาวรรณิษา พึ่งคุ้ม

ต.ลาดขัวญ อ.เมือง จ.นนทบุรี

ดำเนินการโดย ส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ยและสิ่งปรับปรุงดิน

นางนงนุช จันทวีธรากร

ผู้อำนวยการส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ยและสิ่งปรับปรุงดิน

15 มีนาคม 2556

F56 : 1659-1660

รายการวิเคราะห์

ลำดับ	เลขที่	Code	OM	OC	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	EC	moisture	particle	gravel	visu	Na	CaO	MgO	S	GI	
ด.ย.	ปฏิบัติการ	NO.	(% w/w)	(% w/w)	ratio	(%)	(%)	(%)	(dS/m)	(% w/w)	size	> 5 mm	แหลมคม	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	56019101		18.27	10.60	32	0.33	0.22		6.68											
2	56019102		30.64	17.77	22	0.80	0.43		6.35											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>ส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน ผลการวิเคราะห์ที่รับรอง เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาเท่านั้น ห้ามนำไปโฆษณาเพื่อการใด ๆ ทั้งสิ้น</p> </div>																				

ภาคผนวก ข

ตาราง ข.1 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมัก

ลำดับ	รายการวิเคราะห์	วิธีการ/หลักการ	เครื่องมือที่ใช้ของกลุ่มงานฯ
1	OC	Titration method Walkley and Black	อุปกรณ์ไทเทรต
2	OM	Titration method Walkley and Black	อุปกรณ์ไทเทรต
3	N	Kjeldahl method	ชุดเตาย่อย ชุดเตากลั่น และอุปกรณ์ไทเทรต
4	P	Colorimetric method	UV-Spectrophotometer
5	pH	Electrometric method	pH meter

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน



การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุของปุ๋ย โดยวิธี Titration method จากหลักการ Walkley Black

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยนิยมใช้วิธีของ Walkley และ Black ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ

1. ใช้ Oxidizing Agent ($K_2Cr_2O_7$) ที่มากเกินไปทำปฏิกิริยากับ Reducing Agent ที่มีอยู่ในปุ๋ยจนหมด ซึ่งในที่นี้หมายถึงอินทรีย์คาร์บอน
2. ใช้ Reducing Agent ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หรือ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือ
3. ทำ Bank อีกครั้งหนึ่งโดยไม่รวมปุ๋ยตัวอย่าง
4. ปริมาณของ $FeSO_4$ ที่ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ จะนำมาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ $FeSO_4$
5. เนื่องจากปริมาณของ Easily Oxidizable Material ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นเพียงการวัด Reducing Power ของปุ๋ยเท่านั้นเอง ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนให้เป็นปริมาณของอินทรีย์วัตถุก็ต้องผ่านสมมุติฐานหลายข้อคือ
 - 1) ถือว่าไม่มี Reducing Agent อื่นที่เป็นอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยเลย จะมีแต่อินทรีย์คาร์บอนเท่านั้นที่ถูก oxidized ในการทำปฏิกิริยาครั้งนี้
 - 2) ถือว่า Equivalent Weight ของ Carbon ซึ่งถูก Oxidized นั้นเท่ากับ 3
$$2H_2Cr_2O_7 + 3C + 6H_2SO_4 \longrightarrow 2Cr(SO_4)_3 + 3CO_2 + 8H_2O$$
 - 3) ให้ค่าเฉลี่ยของร้อยละ Recovery ของ Carbon ในปุ๋ยเท่ากับร้อยละ 74-76 ซึ่งค่านี้ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธี Day Combustion ซึ่งเราสมมุติว่าเป็นวิธีที่ให้ร้อยละ Recovery
 - 4) คำนวณร้อยละอินทรีย์วัตถุจากค่าที่สมมุติให้อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยมี Carbon ร้อยละ 5 (เป็นอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปของ Carbohydrate เช่น Glucose เป็นต้น)

อุปกรณ์

1. ขวดชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. Dispenser ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

5. เครื่องกวน (Magnetic Stirrer)

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
3. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate) 0.5 N
4. สารละลายออร์โทไฟฟีนแอนโทรอลีน อินดิเคเตอร์

วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N โดยละลาย $K_2Cr_2O_7$ (A.R Grade อบที่ 105 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง) 49.04 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำสารละลายให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5N โดยละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ที่มีกรด H_2SO_4 เข้มข้นอยู่ 20 มิลลิลิตร แล้วทำเป็นสารละลาย 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล
3. สารละลายออร์โทไฟฟีนแอนโทรอลีน อินดิเคเตอร์ โดยละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.7 กรัม และออร์โทไฟฟีนแอนโทรอลีน 1.48 กรัม ในน้ำกลั่น และทำให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีทำ

1. ชั่งปุ๋ย 1 กรัม ใส่ขวดชมพู ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาณตัวอย่างปุ๋ยอาจลดลงได้ตามความเหมาะสมถ้าปุ๋ยนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง สังเกตได้จากสีของปุ๋ย ถ้าเป็นปุ๋ยสีดำหรือสีน้ำตาลเข้มต้องชั่งปุ๋ยให้ลดลง
2. เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N 10 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser
3. เติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser พยายามให้กรดไหลลงข้าง ๆ ขวดให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้ปุ๋ยเกาะติดอยู่ตามข้างขวด เขย่าเบา ๆ ให้ตัวอย่างเข้ากันดีเป็นเวลาประมาณ 1 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
5. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

6. หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทไฟแนนโทรลีน 5 หยด
7. ไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5 N ที่จุด End point สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง
8. ทำ Blank โดยเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง ขั้นตอนี่ 6

วิธีคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon, O.C.)} &= \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W} \\ \% \text{ อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter, O.M.)} &= \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W} \\ \text{หรือ } \% \text{ OM} &= \% \text{ O.C.} \times 1.724 \end{aligned}$$

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักปุ๋ยที่ใช้ (กรัม)

N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (ในกรณีที่มีความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 N) (หน่วย Normality)

คำแนะนำ

เนื่องจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N จะเตรียมคราวละมาก ๆ ดังนั้น Normality ของสารละลาย จะไม่เท่ากับ 1.0 N ในกรณีเช่นนี้ควรเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 1.0 N ที่แน่นอน 100 มิลลิลิตร เพื่อเอาไปหาความเข้มข้นของสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่เตรียมไว้มาก

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method

เป็นการวิเคราะห์โปรตีนในอาหารโดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง วิธีนี้ พัฒนาโดย Dane Johan Kjeldahl เป็นชาวเดนมาร์ก ในช่วงปี ค.ศ.1800 เป็นวิธีที่ใช้วัดปริมาณโปรตีนอย่างแพร่หลาย ได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำ สามารถใช้ได้กับอาหารหลากหลายชนิด รวมทั้งอาหารสัตว์

หลักการ

Kjeldahl method การย่อยสลายโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน (Amino Acid) ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบใน Amino Group การย่อยสลายโปรตีน จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา และถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย

การวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือ

1. การย่อยตัวอย่าง (Digestion) ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น ไนโตรเจนในตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงโดยมีสารเร่งปฏิกิริยา เช่น CuSO_4 , Se , HgSO_4 , HgO หรือ FeSO_4
2. การกลั่นแอมโมเนีย (Distillation) โดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างแล้ว จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริก
3. การไตเตรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน (Titration) เป็นการนำสารละลายกรดบอริก ซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้ มาไตเตรต กับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก
4. การคำนวณ นำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ที่ใช้ในการไตเตรต ไปคำนวณ หาปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกับ Kjeldahl Factor ซึ่งค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 16 ได้เป็นค่าโปรตีนหยาบ (Crude Protein)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยการเปรียบเทียบความเข้มของสี โดยวิธี

Colorimetric method

วิธีการนี้มีการใช้ตัวอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะต้องทำให้เกิดสีในตัวอย่างน้ำด้วยการเติมสารเคมีที่จำเพาะลงไปตามวิธีการ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะทำให้สารประกอบที่เป็นตัวแปรคุณภาพน้ำเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเกิดขึ้น ซึ่งความเข้มของสีจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารที่มีในตัวอย่างแล้วนำไปวัดกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนของสารละลายมาตรฐานที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน

วิธีการทำให้เกิดสี (Colorimetric Method)

หลักการ

1. ไนโตรที่อิออนจะทำปฏิกิริยาไดอะโซไทเซชัน (Diazotization) กับกลุ่มอะมิโนของซัลฟาไนลาไมด์ ได้เกลือไดอะโซเนียม แล้วทำปฏิกิริยาคัพเพิล (Coupled) กับ 1-แนพทิลเอทิลีนไดอามีน ไดไฮโดรคลอไรด์ N-(1-Naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride ได้สีม่วงแดงของ azo dye ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

การจัดการและการเก็บรักษาตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างในขวดพลาสติกปริมาณไม่น้อยกว่า 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ขนส่งตัวอย่างในสภาวะแช่เย็น และไม่ให้ถูกแสงโดยตรง
3. กรองตัวอย่างน้ำทันทีเมื่อถึงห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันแบคทีเรียในน้ำที่สามารถเปลี่ยนแปลงไนโตรที่ไปเป็นไนเตรตหรือแอมโมเนีย ถ้าจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างไว้ไม่ควรเก็บตัวอย่างเกิน 3 วัน โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่สามารถวัดการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
2. เตาแผ่นเหล็กความร้อน (Hot Plate)
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
4. ชุดกรองตัวอย่าง
5. ปิเปตขนาด 2, 3, 5, 10, 15, 20, 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. Pipette Man ขนาด 0.2, 1, 5, 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50, 100, 500, 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. บิวเรตต์ขนาด 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9. กระดาษกรองชนิด Cellulose Nitrate เส้นผ่าศูนย์กลางตามความเหมาะสมกับชุดกรองตัวอย่าง ในที่นี้ 47 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน
10. หลอดทดลอง (Test Tube)
11. คีมคีบ (Forceps)
12. นาฬิกา

สารเคมี

1. Deionized Water (DW ถ้าเป็นไปได้ควรจะปราศจากไนไตรท์และไนเตรต) สำหรับใช้ในการเตรียมน้ำยาเคมี และสารละลาย มาตรฐานไนไตรท์
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)
3. กรดฟอสฟอริก 85 % (H_3PO_4)
4. สารละลายโซเดียมออกซาเลต (Sodium Oxalate Solution $Na_2C_2O_4$) 0.05 นอร์มัล (0.025): ละลายโซเดียมออกซาเลต 3.350 กรัม ด้วย DW ปริมาตรเป็น 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร
5. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate Solution) 0.05 นอร์มัล (0.01N) ละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) 1.6 กรัม ด้วย DW ปริมาตรเป็น 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร
6. สารทำให้เกิดสี (Color Reagent)
7. สารละลายสต็อกไนไตรท์ (Stock Standard Nitrite Solution)
8. Secondary Source Standard Nitrite Solution

วิธีการ

1. สร้างกราฟมาตรฐานไนไตรท์-ไนโตรเจน
 - 1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์-ไนโตรเจนสำหรับสร้างกราฟมาตรฐานที่มีระดับความเข้มข้น อย่างน้อย 5 ระดับความเข้มข้น โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน ไนไตรท์ (1 มิลลิกรัม ไนไตรท์ -ไนโตรเจน/ลูกบาศก์เดซิเมตร) ตามความต้องการลงในขวดปริมาตรปริมาตรตามความต้องการด้วย DW ผสมให้เข้ากัน
 - 1.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร ลงสู่หลอดทดลอง (Test Tube)
 - 1.3 เติม Color Reagent 0.2 ลูกบาศก์เดซิเมตร ผสมให้เข้ากัน
 - 1.4 ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 เซนติเมตร
 - 1.5 นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ตามคู่มือการทำงานหวนวิธีการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) M350T S070 WI -20-1-1-S070 และบันทึกผลการวัดตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนดำเนินงานหวนตรวจควบคุมบันทึก QP -14-1
 - 1.6 นำผลที่ได้จากการวัดไปสร้างกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์หาค่า pH โดยวิธี Electrometric Method

หลักการ

การวัดพีเอช คือการวัดสภาพความเป็นกรหรือความเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous Solution) โดยวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออน (Ionic Potential) ให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดพีเอช (Potentiometer)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องวัดพีเอช
 - เครื่องวัดพีเอชเป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัดพีเอชของสารละลายโดยหลักการวัดความต่างศักย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อิเล็กโทรดและตัวเครื่อง
1. อิเล็กโทรดทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับ ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นอิเล็กโทรดรวม (Combination pH Electrode) ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกในการทำงาน โดยรวมอิเล็กโทรดอ้างอิงและอิเล็กโทรดตรวจวัดมาอยู่ด้วยกัน อิเล็กโทรดตรวจวัดทำด้วยแก้วพิเศษที่ยอมให้ไฮโดรเจนไอออนผ่าน ภายในบรรจุฟอสเฟอไรต์ อิเล็กโทรดอ้างอิงทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเกิดครบวงจร โดย KCl ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเล็กโทรดอ้างอิงซึมผ่านออกมาเป็น Salt bridge เชื่อมกับอิเล็กโทรดตรวจวัด
 2. ตัวเครื่อง (Potentiometer) ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการคือ
 - ปรับความต่างศักย์ให้กับอิเล็กโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์และคงที่
 - แปลสัญญาณจากความต่างศักย์ของไอออนของอิเล็กโทรดให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
 - ขยายสัญญาณของความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นอย่างเพียงพอให้เข็มหรือตัวเลขแสดงออกมาทางมิเตอร์
 3. ปีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร
 4. Magnetic Stirrer

สารเคมี

- สารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์) สามารถทำได้โดยดูจากตารางที่ 1 สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารอินทรีย์ จึงอาจเสื่อมคุณภาพเพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือจากการปนเปื้อนของสารอื่น ดังนั้นจึงมีการเตรียมไว้ใช้ใหม่ๆ เสมอ สำหรับน้ำกลั่นที่นำมาใช้เตรียมควรมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ 20 องศาเซลเซียส น้อยกว่า 2 mho/cm และมี pH อยู่ในช่วง 5.6–6.0 สารละลายบัฟเฟอร์ควรเก็บในขวด Polyethylene

วิธีวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 1 เปิดเครื่องวัดพีเอชโดยการกดปุ่ม On

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากเปิดเครื่องแล้วควรปล่อยให้เครื่องทำงานอย่างน้อย 15 นาทีก่อนใช้งานเลือกโหมด pH

ขั้นตอนที่ 3 ตวงตัวอย่างน้ำใส่บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร

ขั้นตอนที่ 4 ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นและซับด้วยกระดาษเบาๆ

ขั้นตอนที่ 5 จุ่มอิเล็กโทรดแล้วแกว่งเบา ๆ วนรอบบีกเกอร์ จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง อ่านค่าและบันทึกผล

ขั้นตอนที่ 6 ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นและซับด้วยกระดาษเบา ๆ ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นางสาวประภาพร พระอภิรักษ์	
วัน เดือน ปีเกิด	16 มิถุนายน 2533	
ภูมิลำเนา	อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี	
ประวัติการศึกษา		
2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดแค่นอก (คณะราษฎรบำรุง1) จังหวัดนนทบุรี
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวเมธาวิ นายสุวรรณ
 วัน เดือน ปีเกิด 15 มกราคม 2534
 ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดปากน้ำ จังหวัดนนทบุรี
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นางสาววรรณิษา พึ่งคุ้ม	
วัน เดือน ปีเกิด	3 ตุลาคม 2533	
ภูมิลำเนา	อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี	
ประวัติการศึกษา		
2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนชุมชนวัดสมรโกวิท จังหวัดนนทบุรี
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร