การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

วิทยานิพนธ์

ของ

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ตุลาคม 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

วิทยานิพนธ์

ของ

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ตุลาคม 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Culture of AF earthworms for the production of Bio-fertilizer for Chinese Flowering Cabbage (*Brassica rapa* var. parachinensis)

Pongsuda Chanwichaypote

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Agricultural Technology)

October 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ประภัสสร บุษหมั่น)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รศ. ประสิทธิ์ ชุติชูเดช)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(อ. ดร. เอกรินทร์ สารีพัว)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนุชิตา มุ่งงาม)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

ผู้วิจัย พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช

รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ ชุติชูเดช

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการเกษตร

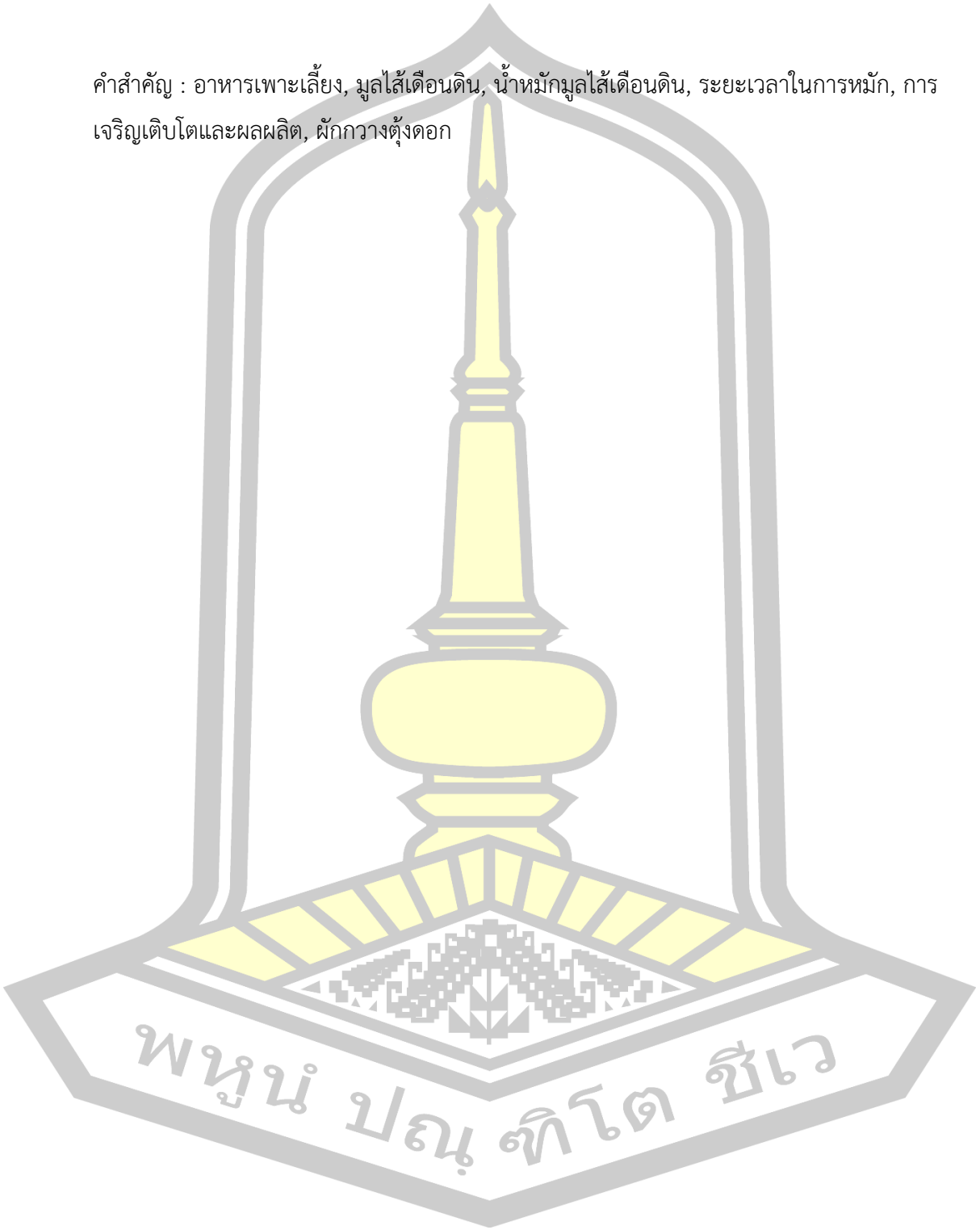
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

จากปริมาณวัสดุเหลือทิ้งโดยเฉพาะวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นกากของเสียในชุมชนที่มีปริมาณมากขึ้นในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นต้องหาทางนำมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับการผลิตผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และการทดลองที่ 3 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกวางตุ้งดอก ซึ่งจะประกอบด้วย Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา ซึ่งผลการทดลองพบว่าการให้อาหารไส้เดือนดินในรูปของฟางข้าวช่วยส่งเสริมให้ไส้เดือนดินมีจำนวนประชากร น้ำหนักตัวรวม ปริมาณมูลไส้เดือนดิน และปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูลไส้เดือนดินสูงที่สุดภายหลังเลี้ยงนาน 90 วัน (53.75 ตัวต่อภาชนะ 6.69 กรัมต่อภาชนะ 25.02 กรัมต่อภาชนะ และ 11.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) นอกจากนี้ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด (0.34 เปอร์เซ็นต์) ภายหลังหมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน ขณะที่ต้นกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกในด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความยาวราก น้ำหนักลำต้นสด น้ำหนักรากสด น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อต้นผักกวางตุ้งดอกในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้กาเยอมรับต้นผักกวางตุ้ง

ดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวโดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

คำสำคัญ : อาหารเพาะเลี้ยง, มูลไส้เดือนดิน, น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ระยะเวลาในการหมัก, การเจริญเติบโตและผลผลิต, ผักกวางตุ้งดอก



TITLE Culture of AF earthworms for the production of Bio-fertilizer for Chinese Flowering Cabbage (*Brassica rapa* var. parachinensis)

AUTHOR Pongsuda Chanwichaypote

ADVISORS Assistant Professor Benjawan Chutichudet , Ph.D.

Associate Professor Prasit Chutichudet , M.S.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Agricultural Technology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

Due to the accumulation of community's refuse, especially the organic wastes, there are attempts to use these organic wastes as food supply for the earthworm. Thus, the aims of this research were to study the utilization of organic wastes for culturing AF earthworms (African night crawler, *Eudrilus eugeniae*) which were beneficial for the production of bio-fertilizer for Chinese flowering cabbage (*Brassica rapa* var. parachinensis). This research contained 3 experiments. The first experiment was to study of the effects of different culture feeds on the growth of AF earthworms and the chemical properties of their vermicompost. The second experiment was to study of the effects of the amount of time used for fertilization on the physical and chemical properties of fermented liquid vermicompost derived from AF earthworms. The third experiment was to study the effects of this fermented liquid vermicompost derived from using different materials for culturing the earthworms, including the control, dried brewer's yeast, rice straw, residues from sunflower sprout planting, and dried water hyacinth, on the growth, yield and quality of Chinese flowering cabbage. The results indicated that the AF earthworms fed by rice straw could have the highest number of population (53.75 earthworms per container), total earthworm weight (6.69 g per container), total contents of vermicompost (25.02 g per container), and total contents of organic matters (11.10 percent) after feeding for 90 days. The fermented liquid vermicompost derived from the AF earthworm cultivation by using rice straw gave the maximal contents of

organic matter after fermentation for 7 days (0.34 percent). Moreover, the growth and yield of Chinese flowering cabbage were promoted by using fermented liquid vermicompost derived from the AF earthworm fed by rice straw, which resulting in the highest plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, stem diameter, root length, fresh weight, fresh root weight, dry weight and dry root weight. In addition, for the consumers' satisfaction on the texture, smell, taste and overall liking of the Chinese flowering cabbage, the results suggested that the highest scores were found in that Chinese flowering cabbage which received the fermented liquid vermicompost from rice straw.

Keyword : feed, vermicompost, fermented liquid vermicompost, fermentation time, growth and yield, chinese flowering cabbage

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร บุษหมั่น ประธานกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง และอาจารย์ ดร.เอกรินทร์ สารีพัว กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ ชุติชูเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ข้อเสนอแนะในเรื่องต่างๆ และตรวจสอบแก้ไขข้อพกพร่องด้วยความเอาใจใส่เสมอมา เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและให้วิชาความรู้ตลอดจนแนวความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเมตตาต่อศิษย์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอบคุณนางสาวจิราภรณ์ กระแสเทพ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์ ช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่เสมอมา และให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง ขอบคุณนายศักดิ์ดา แก้วสิทธิ์ และนายอภัย สีหานารถ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านพื้นที่ในการทำงานวิจัย อุปกรณ์ทางการเกษตร และให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง ขอบคุณนางสาวอริสรา ผาสุก นางสาวบุญยาพร สระทองรอด และนางสาวเจนทิรา ศรีแพ่ง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย และขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ สาขาเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่ให้ความดูแล ให้กำลังใจให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอดในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ประโยชน์และคุณค่าจากงานวิจัยเล่มนี้ ขออุทิศแด่ทุกท่านที่มีส่วนให้ชีวิตและปัญญาแก่ผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จ

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฒ

สารบัญภาพ ..... ต

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 5

2.1 ไส้เดือนดิน (earth worm) 5

2.2 ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน 5

2.3 สัณฐานวิทยาของไส้เดือนดิน 5

2.4 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน 5

2.5 ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน 6

2.6 ลักษณะภายในของไส้เดือนดิน 7

2.7 การกินอาหารของไส้เดือนดิน 8

2.8 ระบบขับถ่าย 8

2.9 ระบบการสืบพันธุ์ 8
2.10 การผสมพันธุ์ของไส้เดือนดิน 9
2.11 วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือน 9
2.12 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน 11
2.13 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน 11
2.14 บทบาทของไส้เดือนดินทางการเกษตร 12
2.15 ไส้เดือนดินกับการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 13
2.16 เทคโนโลยีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 13
2.17 การใช้เทคโนโลยีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อความเป็นประโยชน์ทางการเกษตร 14
2.18 ประโยชน์ของมูลไส้เดือนดินที่มีต่อพืชและดิน 14
2.19 แนวทางการนำไส้เดือนดินมาใช้ประโยชน์ 15
2.20 ผักกวางตุ้งดอก 15
2.21 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 15
2.22 สรรพคุณ 16
2.23 นิเวศวิทยา 17
2.24 วิธีการปลูกและการดูแลรักษา 17
2.25 การเก็บเกี่ยว 21
2.26 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 27
3.2 สิ่งมีชีวิตในงานวิจัย 27
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ 28
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล 29
3.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย 29

3.6 การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 30
3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในดิน 33
3.7.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 33
3.7.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) 34
3.7.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) 35
3.7.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 36
3.7.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) 36
3.7.6 การหาค่าอินทรียวัตถุ 36
3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 37
3.8.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 37
3.8.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) 38
3.8.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) 39
3.8.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 41
3.8.5 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 41
3.8.6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 41
3.8.7 ปริมาณกรดฮิวมิก (Humic acid) 43
3.8.8 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 43
3.8.9 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการสกัดสารและใช้สำหรับวิเคราะห์ 44
3.8.10 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 44
3.8.11 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 45
3.8.12 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน 46
3.8.13 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH 47
3.8.14 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP (Ferric reducing antioxidant power) 48

3.9 วิธีการศึกษา 49
3.10 การปลูกและการดูแลรักษา 50
3.10.1 การเตรียมวัสดุปลูก 50
3.10.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ 51
3.10.3 การดูแลรักษา 51
3.10.4 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรู 51
3.11 การบันทึกข้อมูล 52
3.12 การวิเคราะห์ข้อมูล 53
3.13 สถานที่ดำเนินการวิจัย 53
3.14 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 54
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 55
4.1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน 55
4.1.1 จำนวนประชากรไส้เดือนดิน 55
4.1.2 น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน 57
4.1.3 ปริมาณมูลไส้เดือนดิน 58
4.2 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน 59
4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 59
4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 61
4.2.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 62
4.2.4 ปริมาณกรดฮิวมิก (Humic acid) 63
4.2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 64
4.2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) 66
4.2.7 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) 67
4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 69

4.4 สมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 70
4.4.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 70
4.4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 72
4.4.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 73
4.4.4 ปริมาณไนโตรเจน (Total N) 74
4.4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) 77
4.4.6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) 79
4.5 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินก่อนหมักและหลังหมัก 28 วัน 81
4.6 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก 82
4.6.1 ความสูงต้น 83
4.6.2 จำนวนใบ 84
4.6.3 ความยาวใบ 85
4.6.4 ความกว้างใบ 86
4.6.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 88
4.7 ผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก 90
4.7.1 ความยาวราก 90
4.7.2 น้ำหนักสดลำต้นและราก 91
4.7.3 น้ำหนักแห้งลำต้นและราก 91
4.8 คุณภาพของผักกวางตุ้งดอก 93
4.8.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 93
4.8.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 95
4.8.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 96
4.8.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 97
4.8.5 ปริมาณแทนนินทั้งหมด 98

4.8.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (IC_{50}) 99
4.8.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ 99
4.9 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค 101
4.10 สมบัติทางเคมีในดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก 103
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 105
5.1 สรุป 105
5.2 ข้อเสนอแนะ 107
บรรณานุกรม 108
ภาคผนวก 117
ภาคผนวก ก มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ 118
ภาคผนวก ข สภาพภายในและภายนอกโรงเรือน และในวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 120
ภาคผนวก ค การเพาะเลี้ยง และการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) 124
ภาคผนวก ง การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 127
ภาคผนวก จ การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก 130
ประวัติผู้เขียน 137

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 จำนวนประชากรไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 56

ตาราง 2 น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 58

ตาราง 3 ปริมาณมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 59

ตาราง 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 61

ตาราง 5 ค่าการนำไฟฟ้าของมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน . 62

ตาราง 6 ปริมาณอินทรียวัตถุในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 63

ตาราง 7 ปริมาณกรดฮิวมิกในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 64

ตาราง 8 สมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 70

ตาราง 9 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 72

ตาราง 10 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 73

ตาราง 11 ปริมาณอินทรียวัตถุในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 74

ตาราง 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 76

ตาราง 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาใน การหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน..... 78

ตาราง 14 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน 80

ตาราง 15 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดก่อนและภายหลังหมัก 28 วัน 82

ตาราง 16 ความสูงของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 84

ตาราง 17 จำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 85

ตาราง 18 ความยาวใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 86

ตาราง 19 ความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน .. 87

ตาราง 20 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 90

ตาราง 21 ผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่ออายุต้น 39 วันภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 93

ตาราง 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่พบในใบของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 95

ตาราง 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 96

ตาราง 24 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 97

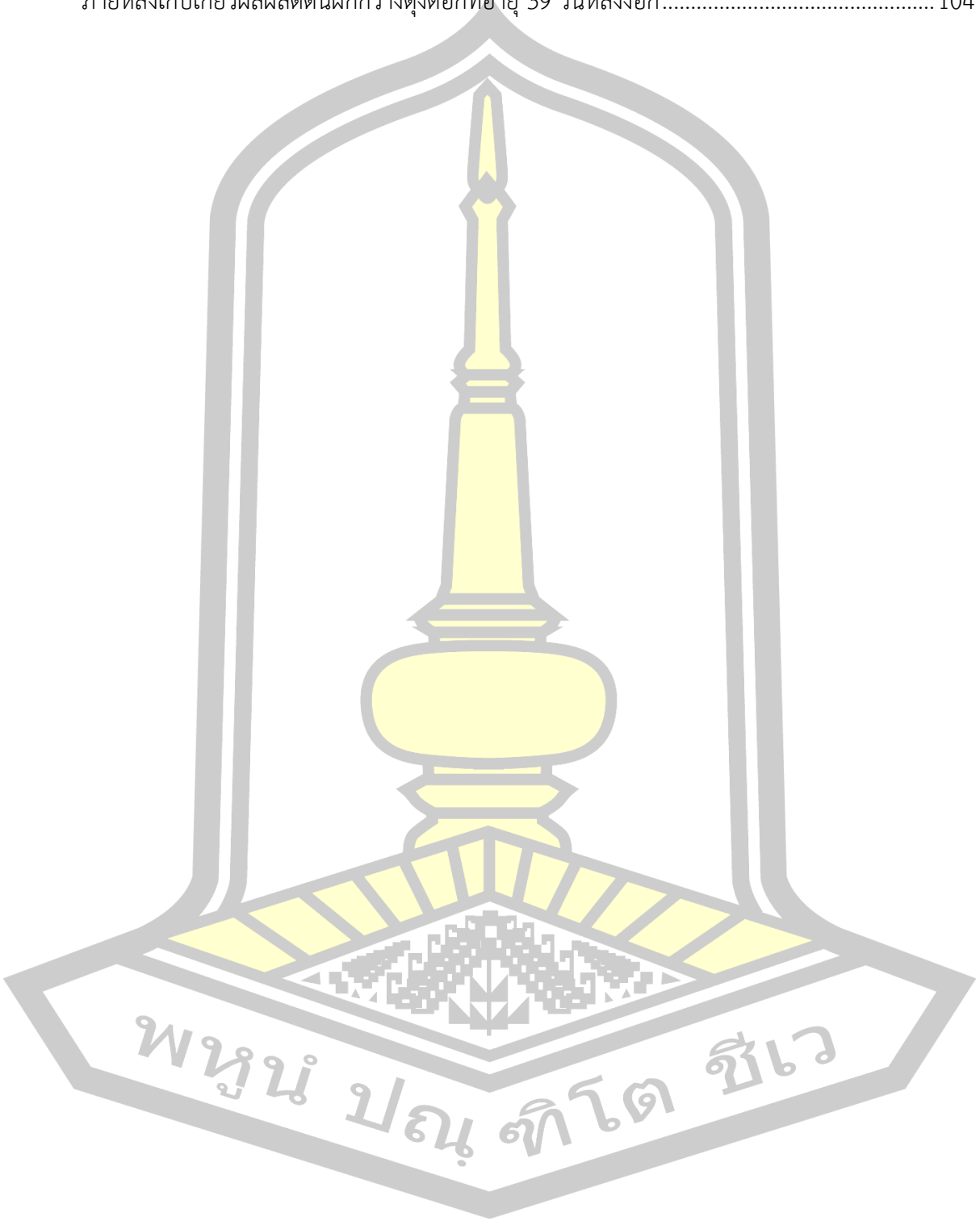
ตาราง 25 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 98

ตาราง 26 ปริมาณแทนนินทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 99

ตาราง 27 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในอต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก 101

ตาราง 28 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อต้นผักกวางตุ้งดอกที่รับน้ำหมักมูลไส้เดือนที่แตกต่างกัน 102

ตาราง 29 สมบัติทางเคมีของดินก่อนและดินหลังทดลองที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก 104



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน 6
ภาพประกอบ 2 โครงสร้างภายนอกของไส้เดือน 7
ภาพประกอบ 3 โครงสร้างภายในของไส้เดือน 7
ภาพประกอบ 4 การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน 31
ภาพประกอบ 5 การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน 32
ภาพประกอบ 6 ลักษณะของมูลไส้เดือนดิน 32
ภาพประกอบ 7 การทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 33
ภาพประกอบ 8 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูด้วยกับดักกาวเหนียว 52
ภาพประกอบ 9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 66
ภาพประกอบ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 67
ภาพประกอบ 11 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน 68
ภาพประกอบ 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 76
ภาพประกอบ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 78
ภาพประกอบ 14 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน 80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ไส้เดือนดิน (earth worm) เป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง ลำตัวเป็นปล้องจัดอยู่ในอาณาจักรสัตว์ (Kingdom: Animalida) ไฟลัมแอนนิลิดา (Phylum: Annelida) (สุลีลักและสุชาดา, 2557) ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ชื่อสามัญ African Night Crawler (AF) เป็นไส้เดือนดินพื้นเมืองในทวีปแอฟริกาที่ได้รับความนิยมนำมาเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่น คือ ตัวสีแดง ที่มีขนาดตัวค่อนข้างใหญ่ เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้อยู่ในสภาพอุณหภูมิค่อนข้างสูงได้ถึง 35 องศาเซลเซียส (นริสราและสาวิตรี, 2555) ไส้เดือนดินสามารถทำประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การกำจัดขยะอินทรีย์ เพื่อผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน ซึ่งปัจจุบันมีโครงการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดิน เพื่อเป็นธุรกิจทางการค้าและเพื่อใช้ในฟาร์มกันอย่างแพร่หลา (Muthukumaravel *et al*, 2008) มูลไส้เดือน (Vermicompost) เกิดจากเศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนกินเข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนแล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำออกน้ำตาล โปร่งเบา มีความพรุนระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ส่วนน้ำหมักมูลไส้เดือน เกิดจากการนำมูลไส้เดือนที่ได้จากการขับถ่ายเป็นมูลออกทางรูทวารโดยใช้มูลไส้เดือนต่อน้ำในอัตราส่วน 1:10 (มูลไส้เดือน 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 ลิตร) นำมาหมักกับกากน้ำตาลและหมักในสภาพที่มีออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินได้ทำงานอย่างเต็มที่ และจากการใช้มูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในการปลูกพืชจะส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นคือ ดินสามารถกักเก็บความชื้นได้มากขึ้น มีความโปร่งร่วนซุย รากพืชสามารถชอนไชและแพร่กระจายได้กว้าง มีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืชสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เพิ่มขึ้น และมูลไส้เดือนดินยังประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน (Theunissen *et al*, 2010)

ผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis) เป็นพืชผักในวงศ์ Cruciferaceae มีชื่อสามัญคือ Chinese Flowring Cabbage, False pakchoi (สุนิสา, 2551) ปัจจุบันผักกวางตุ้งดอกเป็นผักที่นิยมบริโภค เจริญเติบโตเร็ว และอายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 35-45 วัน ซึ่งเป็นพืชผักที่มี

คุณค่าทางอาหารสูง (สมชายและอัญชลี, 2558) และยังพบว่ากวางตุ้งเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเป็นอย่างสูง ซึ่งเป็นผักที่นิยมนำมาประกอบอาหารโดยรับประทานได้ทั้งลำต้น ใบ และดอกขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามการปลูกผักกวางตุ้งโดยทั่วไปมีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเร่งการเจริญเติบโต รวมทั้งสารที่ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชด้วยสารเคมี ทำให้ส่งผลกระทบทั้งทางตรงทางอ้อมต่อสภาพแวดล้อม เกิดการเสื่อมสภาพของระบบนิเวศ เนื่องจากเกิดสารเคมีตกค้างในธรรมชาติ เช่น ดิน แม่น้ำลำคลอง เป็นต้น ปัจจุบันการผลิตสินค้าทางการเกษตรเริ่มมีการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ผัก ผลไม้ วัชพืช มูลสัตว์ และเศษอาหาร เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพ และน้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น เพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนระบบการผลิต ที่พึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี โดยการผลิตปุ๋ยอินทรีย์และสารชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูก เพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตพืช เพื่อให้ผลิตผลทางการเกษตร สด สะอาด ปลอดสารเคมีตกค้าง และเป็นการฟื้นฟูระบบนิเวศของดินและทรัพยากรธรรมชาติ (วีณารัตน์ และคณะ, 2558) ซึ่งปุ๋ยชีวภาพเหล่านี้สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นพืชและเพิ่มปริมาณผลผลิต โดยปุ๋ยชีวภาพเหล่านี้ยังช่วยประหยัด ลดต้นทุน และค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทั้งเป็นการลดการใช้สารเคมีซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตอีกด้วย

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis) เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจได้ใช้ประโยชน์จากการศึกษาครั้งนี้ และเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปประยุกต์ใช้กับการผลิตพืชผักชนิดอื่นๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอลเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และต่อสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอลเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*)

3. เพื่อศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอลเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และต่อสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

2. ศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

3. ศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*)

2. ทราบระยะเวลาในการหมักต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด

3. ทราบผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ลชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae* ชื่อสามัญ African Night Crawler (AF) ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้เป็นไส้เดือนดินสีแดงที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ซึ่งจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการย่อยสลายขยะในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว

2. ผักกวางตุ้งดอก เป็นผักที่นิยมนำมาประกอบอาหารซึ่งมีรสชาติหวานกรอบ นิยมนำส่วนต่างๆ ของลำต้นที่อยู่เหนือดินมารับประทาน โดยสามารถรับประทานได้ทั้ง ลำต้น ใบ และดอก แต่ส่วนใหญ่นำมาปรุงให้สุกก่อนรับประทาน

3. มูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) คือ เศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไป แล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลไส้เดือนดินที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำมีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก

4. น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน คือ เศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนกินเข้าไป แล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุนำไปหมักให้ได้ปุ๋ยชีวภาพ โดยน้ำหมักที่ได้จะมี

ลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ไม่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชเมื่อใส่ลงในดินจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดิน

5. ปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) คือ ปุ๋ยที่ได้จากการย่อยสลายของวัสดุชีวภาพไม่ว่าจะเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือผลพลอยได้ชีวภาพที่ได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น กากยีสต์ ฟางข้าว ผักตบชวา และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก เป็นต้น ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งการย่อยสลายวัสดุชีวภาพเหล่านี้มักจะเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1 ไส้เดือนดิน (earth worm)

ไส้เดือน *Eudrilus eugeniae*

ชื่อสามัญ African Ning Crawler (AF).

เป็นไส้เดือนดินที่ได้รับความนิยมนำมาเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ไส้เดือนดินสายพันธุ์นี้เป็นไส้เดือนดินสีแดง ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ซึ่งจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงได้ถึง 35 องศาเซลเซียส ไส้เดือนสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ในปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว จุดประสงค์ของการเพาะเลี้ยงส่วนใหญ่เพื่อใช้ในธุรกิจตกปลา ปัจจุบันมีผู้คนให้ความสนใจใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดน้ำเสียต่างๆ มากขึ้นด้วย (นริสราและสาวิตรี, 2555)

2.2 ลักษณะทั่วไปของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดิน (earth worm) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ลำตัวเป็นปล้อง จัดอยู่ในอาณาจักรสัตว์ (Kingdom: Animalida) ไฟลัมแอนนิลิดา (Phylum: Annelida) ชั้นโอลิโกซีตา (Class: Oligochaeta) ตระกูลโอพิสโธโพรา (Order: Opisthopora) สำหรับวงศ์แลมบริซิลี (Family: Lambricidae) ไส้เดือนดินมีประมาณ 1,800 ชนิด สายพันธุ์ที่พบมากในประเทศและแถบเอเชียอาคเนย์ ได้แก่ พันธุ์ขี้ตาแร่ (*Pheretima peguana*) และพันธุ์ขี้คู้ (*Pheretima posthum*) (สุลีลักและสุชาดา, 2557)

2.3 สัณฐานวิทยาของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินมีขนแข็งอาจมีขนาดยาวหรือสั้นตรงอาจอยู่เดี่ยวหรือรวมเป็นกระจุก ลำตัวค่อนมาทางหัว มีปล้องรวมเรียกว่า ไคลเทลลัม เป็นบริเวณสร้างถุงรังไข่เพื่อนำไปปฏิสนธิกับอสุจิ ไส้เดือนดินมี 2 เพศ ในลำตัวเดียวกัน การผสมพันธุ์ต้องใช้อสุจิของตัวอื่นมาผสมกับไข่เพื่อเจริญเป็นตัวโดยตรง (ภฤศญาและวรรณี, 2555)

2.4 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ในดินที่มีวงจรชีวิตทุกระยะเกิดขึ้นในดิน ซึ่งประกอบด้วยระยะตัวเต็มวัย ระยะสืบพันธุ์ ระยะวางถุงไข่ ระยะฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อน ระยะเจริญเติบโตจากตัวเล็กจนโตเต็ม

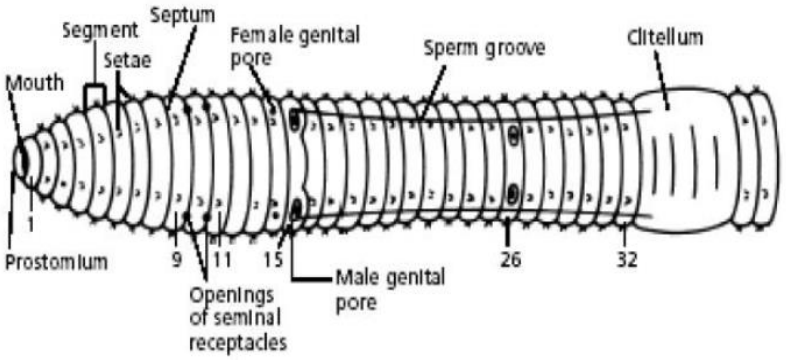
วัย และสามารถสืบพันธุ์ได้ ดังภาพประกอบ 1 ซึ่งไส้เดือนดินในประเทศต่างๆ จะมีระยะเวลาของวงจรชีวิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น ไส้เดือนดินในสกุล Pheretima ในประเทศอินเดีย จะสามารถสร้างถุงไข่ได้ตลอดทั้งปี ในประเทศญี่ปุ่น ถุงไข่จะฟักเป็นตัวในเดือนเมษายน (ในประเทศไทยถุงไข่จะไม่ฟักในเดือนเมษายนที่มีอากาศร้อนและแห้งแล้ง) ไส้เดือนดินจำพวก eudrilid ในประเทศไนจีเรียตัวอ่อนจะฟักในฤดูร้อน และหยุดนิ่งกิจกรรมต่างๆ จนกว่าฤดูร้อนจะผ่านไปแล้วจึงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยและวางถุงไข่ในช่วงฤดูฝนถัดไป นอกจากนี้ในประเทศอียิปต์ จะพบไส้เดือนดินจำพวกที่อาศัยอยู่ในโคลนและจะวางถุงไข่ก่อนที่โคลนจะแห้งในระหว่างฤดูร้อน สำหรับในประเทศไทย ไส้เดือนดินสายพันธุ์ ขี้ตาแร่ (*Pheretima peguana*) ที่นำมาเลี้ยงกำจัดขยะอินทรีย์ พบว่าสามารถสร้างถุงไข่ได้ตลอดทั้งปี แต่จะสร้างถุงไข่ได้มากที่สุดในช่วงฤดูฝน โดยจะฟักเป็นตัวอ่อนและเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ภายในระยะเวลา 6-10 เดือน ในสภาพที่มีอาหารสมบูรณ์และสภาพแวดล้อมดีจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นเวลา 2-4 ปี (ขวัญชัย, 2550)

ภาพประกอบ 1 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน
ที่มา: ขวัญชัย (2550)

2.5 ลักษณะภายนอกของไส้เดือนดิน

ลักษณะภายนอกที่เด่นที่สุดคือ ลักษณะการเป็นปล้องตั้งแต่หัวจนถึงส่วนท้ายของร่างกาย ไส้เดือนดินมีรูปร่างทรงกระบอกยาว หัวท้ายเรียวแหลมยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร เมื่อโตเต็มที่จะมี 120 ปล้อง มีช่องระหว่างปล้อง (Intersegmental groove) คั่นแต่ละปล้องไว้ แต่ละปล้องมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่โดยรอบปล้องประมาณปล้องละ 56 อัน ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา ไม่มีหนวด แต่มีไคลเทลลัม เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ ไคลเทลลัมจะเห็นได้ชัดเจนอยู่ตรงปล้องที่ 14-16 ไส้เดือนดินมี

รูปร่างทรงกระบอกยาว มีหัวและหางค่อนข้างแหลม ลำตัวมีเยื่อหุ้มเป็น cuticle ลักษณะเป็นมันและมีสีเรืองๆ ทำให้เกิดสีต่างๆ คล้ายสีรุ้ง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ดีในที่มืด สีตัวด้านบนคล้ำกว่าด้านล่าง และตามปกติจะมีเมือกเปียกที่ผิวหนังชั้น epidermis ลำตัวแบ่งเป็นปล้องๆ แต่ละปล้องเรียกว่า segment ตรงกลางปล้องมีเดือยเล็กๆ อยู่รอบทุกปล้อง เรียกว่า clitellum (ภฤศญาและวรรณี, 2555) ดังภาพประกอบ 2

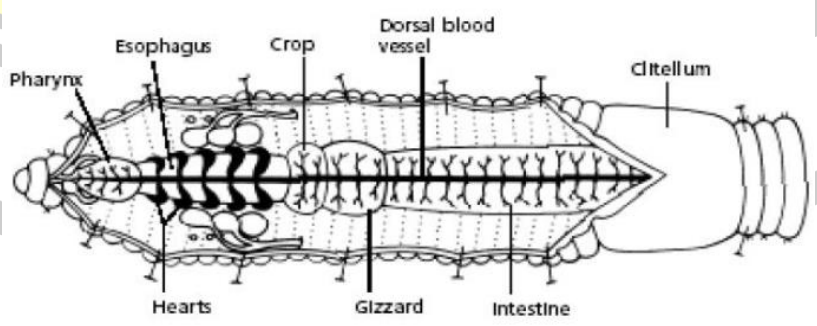


ภาพประกอบ 2 โครงสร้างภายนอกของไส้เดือน

ที่มา: บัญชา (2554)

2.6 ลักษณะภายในของไส้เดือนดิน

ลักษณะภายใน ประกอบด้วย ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย ระบบหายใจ ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ การจำแนกไส้เดือนดินแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ไส้เดือนแดงและไส้เดือนเทาหรืออาจจะแบ่งตามลักษณะ คือ ความยาว สีหรือแถบสีที่ลำตัว การเคลื่อนไหว ที่อาศัย ไส้เดือนสายพันธุ์ที่เหมาะสมใช้ย่อยสลายขยะอินทรีย์ เช่น ฟีเรทธิมา (*Pheretima* sp.) แลมบริคัสรูเบลลัส (*Lumbricus rubellus*) อายซิเนีย ฟูธิดา (*Eisenia foetida*) ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างภายในของไส้เดือน

ที่มา: บัญชา (2554)

2.7 การกินอาหารของไส้เดือนดิน

อาหารไส้เดือนดิน เช่น ขยะอินทรีย์หรือเศษอาหารจากตลาดหรือชุมชน อาหารของไส้เดือนดินส่วนใหญ่เป็นพวกซากสัตว์และพืชที่เน่าเปื่อยผุพัง รวมทั้งพืชและสัตว์ขนาดเล็กๆ ที่ปะปนอยู่ในอาหาร การกินอาหารของไส้เดือนดินนี้จะเป็นไปตลอดเวลาที่ไส้เดือนดินเคลื่อนที่อยู่ภายในดินหรือที่ที่ไส้เดือนอาศัยอยู่ โดยใช้ Prostomium และ Peristomium ฮุบดินแล้วกล้ามเหนือคอหอยก็ทำงานสูบเอาดินเข้าไป อาหารจะถูกบดจนละเอียดแล้วผ่านไปยังหลอดอาหารเข้าสู่ลำไส้ และจะถูกน้ำย่อยย่อยและถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อหมุนเวียนไปเลี้ยงเซลล์ทั่วร่างกายต่อไป ส่วนดินและกากอาหารก็จะถูกกำจัดออกจากทวารหนัก (ภฤศญาและวรรณี, 2555)

2.8 ระบบขับถ่าย

อวัยวะที่ขับถ่ายของเสียหลักในไส้เดือนดิน คือ Nephridia ซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่แยกของเสียต่างๆ ออกจากของเหลวในช่องลำตัวของไส้เดือนแต่ละปล้องของไส้เดือนจะมี Nephridia เป็นท่อขดไปมาอยู่ปล้องละ 1 คู่ ทำหน้าที่รวบรวมของเหลวในช่องตัวจากปล้องที่อยู่ถัดไปทางด้านหน้าของลำตัวของเหลวในช่องตัวจะเข้าทางปลายท่อ Nephrostome ที่มีซิเลียอยู่โดยรอบแล้วไหลผ่านไปตามส่วนต่างๆ ของท่อน้ำส่วนใหญ่พร้อมทั้งเกลือแร่บางชนิดที่ยังเป็นประโยชน์ ซึ่งจะดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือดส่วนของเสียพวกไนโตรจินัสเบสจะถูกขับออกสู่ภายนอกทางช่อง Nephridiopore

2.9 ระบบการสืบพันธุ์

ไส้เดือนดินตัวหนึ่งๆ มีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งสองเพศจึงเป็นกระเทย (hermaphrodite) มีทั้งรังไข่และอัณฑะอยู่ในตัวเดียวกันแต่ไม่ผสมในตัวเอง เนื่องจากตำแหน่งของอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งสองเพศไม่สัมพันธ์กัน และมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกัน ไส้เดือนดินทั้งสองตัวจึงต้องมีการแลกเปลี่ยนสเปิร์มกันและกัน การผสมพันธุ์ไม่ได้เกิดขึ้นในตัวเดียวกันแต่มีการผสมพันธุ์แบบข้ามตัว

2.9.1 อวัยวะสืบพันธุ์ตัวผู้ ประกอบด้วย Vesicular seminalis 2 คู่ อยู่ในปล้องที่ 11 และ 12 เป็นถุงใหญ่สำหรับเก็บเชื้ออสุจิที่อัณฑะสร้างขึ้น อัณฑะนี้มีสีขาวอยู่ด้านในใกล้ๆ กับหลอดอาหาร อัณฑะของไส้เดือนดินมีหน้าที่สร้าง Sperm mother cell ซึ่งออกจากอัณฑะไปยัง vesicular seminalis แล้วเจริญแบ่งตัวเป็น Sperm morula มีลักษณะคล้ายลูกน้อยหน่า และเจริญแบ่งตัวต่อไปเป็นตัวอสุจิ

2.9.2 อวัยวะสืบพันธุ์ตัวเมีย ประกอบด้วยรังไข่ 1 คู่ ซึ่งมีอยู่ทั้ง 2 ข้างของ ventral nerve cord ตรงด้านหน้าของปล้องที่ 13 ติดอยู่กับ septum จากรังไข่แต่ละข้างมีปากแตรและท่อนำไข่ไป Female pore ซึ่งจะอยู่ด้านล่างตรงกลางปล้องที่ 14 สำหรับรังไข่นั้นมีหน้าที่สร้างไข่ซึ่งจะเกาะกันเป็นพวง

2.10 การผสมพันธุ์ของไส้เดือนดิน

การสืบพันธุ์ของไส้เดือนดินต้องอาศัยตัวอื่นช่วยในการสืบพันธุ์ เพื่อแลกเปลี่ยนเชื้ออสุจิซึ่งกันและกันดังนี้ ไส้เดือนดิน 2 ตัวกลับหัวกลับหางกัน เอาท้องประกบกันโดยให้ปล้องที่ 18 ของตัวหนึ่งอยู่ตรงกับปล้องที่ 7 หรือ 8 ของอีกตัวหนึ่ง การจับคู่ประกบกันเพื่อแลกเปลี่ยนอสุจิกันนี้เรียกว่า Copulation การที่ประกบกันนี้ทำให้ male pore ของตัวหนึ่งอยู่ตรงกับ spermathecal pore ของอีกตัวหนึ่งต่อมาก็สร้างเมือกจากผนังลำตัวมาหุ้มตัวเอาไว้ ต่อจากนี้ก็จะมีการแลกเปลี่ยนเชื้ออสุจิให้แก่กันแล้วไปพักอยู่ใน ampulla of spermatheca ในที่สุดไส้เดือนดินทั้งสองจึงผลักออกจากกัน ต่อมาเมื่อไข่สุกต่อมบนผิวบริเวณ clitellium จะปล่อยน้ำเมือกเหนียวๆ ออกมาและแห้งจนกลายเป็นปลอกหุ้มเรียกว่า Cocoon ไข่ที่สุกนั้นจะออกมาจาก female pore เข้าสู่ปลอกที่หุ้มอยู่จากนั้นไส้เดือนดินจะดิ้นถอยหลังให้ปลอกเคลื่อนไปข้างหน้า เมื่อปลอกถึงปล้องที่ 9, 8 และ 7 ก็จะได้รับเชื้ออสุจิที่พักอยู่ใน ampulla ซึ่งจะออกมาทาง spermathecal pore มาผสมกับไข่ในปลอก และปลอกนี้จะเคลื่อนไปข้างหน้าจนออกไปทางหัวและผนึกติดกันกลายเป็นถุงสีขาวแกมเหลือง ข้างในมีไข่ที่ผสมแล้วหลายฟองแต่จะมีไข่ที่ผสมแล้วเพียงฟองเดียวที่เจริญเติบโตไปเป็นไส้เดือนดิน ส่วนไข่ฟองอื่นๆ ฝ่อและลีบไปหมด

2.11 วิธีการเลี้ยงไส้เดือนดินสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือน

2.11.1 การเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะต่างๆ เช่น กระถางปลูกต้นไม้ ลังไม้หรือบ่อซีเมนต์ เป็นต้น เป็นการเลี้ยงขนาดเล็กและทำได้ทุกครัวเรือน ใช้พื้นที่น้อย การดูแลง่าย แต่ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือนดินที่ได้น้อยตามขนาดของภาชนะที่เลี้ยง

2.11.2 การเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะเป็นชั้นๆ เช่น ชั้นไม้หรือชั้นตู้พลาสติก เป็นต้น เป็นการเลี้ยงที่ใช้พื้นที่จำกัดได้ดี แต่มีข้อจำกัดคือต้องใช้แรงงานในการจัดการค่อนข้างมากและสิ้นเปลืองเวลา

2.11.3 การเลี้ยงไส้เดือนดินแบบแปลงกลางแจ้ง เป็นการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ใช้เทคนิคง่ายๆ ด้วยการตั้งกองอาหารเป็นแปลงสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน คลุมอาหารของไส้เดือนดินด้วยฟางและตาข่ายสำหรับป้องกันสัตว์มาทำลาย แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไส้เดือนดินสามารถเลื้อยหนีออกได้ง่ายเมื่อสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อาหารหมดหรือน้ำท่วม เป็นต้น

2.11.4 การผลิตไส้เดือนดินแบบอัตโนมัติ เป็นการเลี้ยงไส้เดือนดินอย่างเป็นระบบทำให้จัดการได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดตรงที่ต้นทุนสูง ดังนั้นต้องมีการศึกษาพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด (ภฤศญาและวรรณี, 2555)

2.11.5 การเตรียมโรงเรือนผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือนดิน โดยวิธีของบัญชา (2554)

2.11.5.1 โรงเรือนกำจัดขยะเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์มูลไส้เดือนดินต้องมีหลังคากันฝนและพรางแสง เนื่องจากไส้เดือนดินไม่ชอบแสงสว่าง ในบริเวณบ่อเลี้ยงต้องมีตาข่ายปิดด้านบนหรือใช้ตาข่ายกั้นบริเวณด้านข้างรอบโรงเรือน เพื่อป้องกันสัตว์ที่จะเข้ามากินไส้เดือนดิน

2.11.5.2 บ่อเลี้ยงไส้เดือนดิน กว้างประมาณ 1 เมตร ความยาวแล้วแต่ต้องการและมีความลึกไม่เกิน 0.5 เมตร ใช้เป็นบ่อเลี้ยงที่ใช้ผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากวัสดุอินทรีย์ได้ดีและสะดวกในการจัดการ

2.11.5.3 บ่อเก็บน้ำหมักมูลไส้เดือนดินควรก่อสร้างบริเวณด้านข้างโรงเรือนหรือด้านหลังโรงเรือนให้น้ำหมักจากบ่อเลี้ยงไส้เดือนไหลเข้าไปเก็บไว้ในบ่อเก็บน้ำหมักได้ง่าย ขนาดของบ่อเก็บน้ำหมักจะมีขนาดเล็กกว่าบ่อเลี้ยงไส้เดือนตามความเหมาะสมของปริมาณน้ำหมักที่ได้

2.11.6 การเตรียมวัสดุรองพื้นเพื่อเป็นที่อาศัยของไส้เดือนดิน

ใช้วัสดุอินทรีย์สดเป็นวัสดุรองพื้นหนาประมาณ 6 นิ้ว โดยใช้ชิ้นส่วนที่เป็นผักสีเขียว เช่น วัชพืช ผักสด โดยจะใช้ปุ๋ยคอกโรยบนหน้าให้หนาประมาณ 2 นิ้ว โรยปูนขาวให้ทั่วบริเวณแล้วจึงให้ความชื้นเล็กน้อยประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหมักขยะสดหรือให้เปียกชุ่มแต่ไม่ให้มีน้ำแช่ขัง ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน จะพบว่าเกิดกระบวนการหมักโดยจะมีความร้อนที่สูงขึ้นทิ้งไว้ประมาณ 4-6 สัปดาห์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะหายไปหรืออาจจะเร็วกว่านี้ ถ้ามีการหมักในกองที่มีความหนาน้อยกว่าที่กำหนดการหมักที่สมบูรณ์จะทำให้วัสดุมีสีเข้มจนเป็นสีน้ำตาล มีลักษณะร่วนซุยไม่มีกลิ่นเหม็น

2.11.7 ปริมาณอาหารที่ให้ไส้เดือน

ปกติไส้เดือนดินชอบอาหารที่มีโปรตีนสูง รวมถึงในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุจำนวนมาก ไส้เดือนดินสายพันธุ์ไทย *Pheretima pegua* และ *Pheretima posthuman* จะกินอาหารเฉลี่ย 120-150 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และพบว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus* และ *Eisenia foetida* จะกินอาหารประมาณ 240-300 กรัมต่อวัน

2.11.8 การแยกไส้เดือนออกจากปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน

การแยกไส้เดือนออกจากปุ๋ยมูลไส้เดือนดินสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แสงไฟไล่ ใช้ตะแกรงร่อนด้วยมือ ในกรณีที่มีมูลไส้เดือนดินปริมาณน้อยและใช้เครื่องร่อนขนาดใหญ่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ช่วยแยกไส้เดือนดินออกมาจากกองปุ๋ยหมักในกรณีที่มีปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในปริมาณมาก

2.11.9 ปัญหาและการจัดการโรงเรือนเลี้ยงไส้เดือนดิน

2.11.9.1 ความร้อน จัดการโดยควบคุมความหนาของขยะที่ให้

2.11.9.2 กลิ่น จัดการโดยใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินในบ่อหรือใช้กากน้ำตาลรดลงในบ่อเลี้ยงไส้เดือนดินก็สามารถช่วยกำจัดกลิ่นได้

2.11.9.3 บ่อเลี้ยงมีสภาพเป็นกรด สามารถแก้ไขได้โดยการนำปูนขาวมาโรยบางๆ ที่บริเวณผิวดิน และรดน้ำสะอาดเดือนละครั้ง

2.11.9.4 สัตว์ที่กินไส้เดือนดิน เช่น เป็ด ไก่ นก พังพอน กบ หนู งู แก้ไขโดยการใช้ตาข่ายกั้นรอบบ่อเลี้ยง

2.11.10 ศัตรูของไส้เดือนดินเข้าทำอันตรายหลากหลายชนิด ได้แก่

2.11.10.1 ไรแดง (Red mites or fishworm mites) ไรแดงอาศัยอยู่ในมูลสัตว์และวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ในแปลงเลี้ยงไส้เดือนดินจะมีไรแดงที่สำคัญคือ *Uropoda agitans* (*syn. Fuscuropoda agitans*) มีลักษณะสีน้ำตาลจนถึงแดง ขนาดเล็กสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าพบมากบริเวณผิวดิน ขอบบ่อเลี้ยงและรอบๆ อาหารในสภาพที่ไรแดงระบาดมาก ไส้เดือนดินจะฝังตัวลึกลงไปในวัสดุเลี้ยง จะไม่ขึ้นมากินอาหารบนผิวดิน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ชะงักการเจริญเติบโตและอัตราการขยายพันธุ์ต่ำ

การป้องกันกำจัด สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของไส้เดือนดิน จะจำกัดประชากรของไรแดง การระบาดของไรแดงเกิดจากขาดการจัดการที่ดี เช่น ให้น้ำมากเกินไป ให้อาหารมากเกินไป อาหารเปียกและสด เป็นต้น ทำการเปิดวัสดุคลุมบ่อ 2-3 ชั่วโมง ลดปริมาณอาหารและน้ำ ใช้กระดาษเปียกน้ำวางบนแปลง ไรแดงจะเข้าไปอาศัยในกระดาษและนำกระดาษออกไปทำลาย

2.11.10.2 มด (Ant) มดเป็นศัตรูที่สำคัญของไส้เดือนดิน บางชนิดกินไข่และตัวอ่อน การระบาดเกิดจากการให้อาหารที่มีความเข้มข้นสูง

การป้องกันกำจัด ป้องกันไม่ให้มดเข้าไปในบ่อเลี้ยง เช่น ใช้สารเคมีฉีดรอบบ่อหรือใช้น้ำมันเครื่องเก่าทารอบบ่อ เป็นต้น (บพิธและนันทพร, 2554)

2.12 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

2.12.1 ความชื้น ความชื้นที่เหมาะสมต่อไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่ใต้ดิน คือ 40-70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไส้เดือนดินที่อาศัยใต้กองมูลสัตว์หรือซากอินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีที่ความชื้น 70-80 เปอร์เซ็นต์

2.12.2 อุณหภูมิ ควรอยู่ในช่วง 15-28 องศาเซลเซียส โดยไส้เดือนดินในเขตร้อนจะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินในเขตอบอุ่น

2.12.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยทั่วไปความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมต่อไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 6.0-8.0 (ภฤศญาและวรรณี, 2555)

2.13 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน

2.13.1 อุณหภูมิ (Temperature) ไส้เดือนดินสามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ที่อุณหภูมิ

ระหว่าง 29.5-30 องศาเซลเซียส แต่มีบางชนิดที่มีชีวิตอยู่ได้ในที่ชื้นและมีร่มเงาซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 37 องศาเซลเซียส ขณะที่ไส้เดือนดินจะตายที่อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง

2.13.2 ความชื้น (Moisture) ไส้เดือนดินต้องการความชื้นเล็กน้อยในการเจริญเติบโต และต้องไม่กระทบต่อแสงแดดที่ร้อนแรงโดยตรง

2.13.3 การระบายอากาศ (Aeration) ไส้เดือนดินสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในที่ซึ่งมีก๊าซออกซิเจนค่อนข้างต่ำ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสามารถอยู่ได้ในบริเวณน้ำท่วม ซึ่งมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่

2.13.4 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไส้เดือนดินจะเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 4.2-8.0 แต่จะดีที่สุดเมื่อ pH ประมาณ 7.0 หรือที่ระดับความเป็นกลาง

2.13.5 อาหาร เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน เศษซากอินทรีย์ที่อยู่บนดินเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญตามธรรมชาติของไส้เดือน การใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นการเพิ่มแหล่งอาหารให้แก่ไส้เดือนเป็นอย่างดี

2.14 บทบาทของไส้เดือนดินทางการเกษตร

ไส้เดือนดินมีประโยชน์ทำให้ดินร่วนซุย ส่งผลให้พืชได้เจริญงอกงามดีกว่าดินที่ไม่มีไส้เดือนดินอาศัยอยู่ ไส้เดือนดินเป็นผู้ย่อยสลายซากอินทรีย์สารในดินทำให้มีขนาดเล็กลง เพิ่มพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์ในดินสามารถย่อยสลายต่อเป็นสารที่มีขนาดเล็กลงจนพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของไส้เดือนดินเพิ่มมากขึ้น พบว่าไส้เดือนดินแต่ละชนิดอาศัยอยู่ในดินที่ระดับความลึกและความชื้นในดินที่แตกต่างกัน โดยไส้เดือนดินจะขุดโพรงอาศัยหากินในดินทำให้ดินเกิดเป็นโพรงอากาศ ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินและเป็นสัตว์ที่มีประโยชน์มาก เพราะช่วยย่อยสลายเศษพืชและอินทรียวัตถุ ช่วยให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้ดินโปร่ง ง่ายต่อการไหลลงของน้ำลงในดินหรือกรณีที่ดินชื้นและช่วยให้ดินระเหยน้ำออกได้ดีขึ้น แต่ในปัจจุบันไส้เดือนดินที่มีประโยชน์ค่อนข้างจะหายากจึงจำเป็นต้องมีการขยายพันธุ์ให้มีปริมาณมากขึ้น โดยประโยชน์ของไส้เดือนดินสามารถได้แบ่งเป็นข้อๆ ดังนี้

2.14.1 ช่วยพลิกกลับดินนำดินด้านล่างขึ้นมาด้านบน โดยการกินดินที่มีแร่ธาตุบริเวณด้านล่างและถ่ายมูลบริเวณผิวดินด้านบน ช่วยให้เกิดการผสมคลุกเคล้าแร่ธาตุในดิน นำแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินชั้นล่างขึ้นมาด้านบนให้พืชดูดนำไปใช้ได้

2.14.2 ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ซากพืช ซากสัตว์ และอินทรียวัตถุต่างๆ ทำให้แร่ธาตุอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน อยู่ในรูปแอมโมเนียและไนเตรท และอีกหลายชนิดรวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และวิตามินจะถูกปลดปล่อยออกมา

2.14.3 ช่วยเพิ่มและแพร่กระจายจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น ไรโซเบียม ไมคอร์ไรซาในบริเวณรากพืช

2.14.4 การชอนไชของไส้เดือนดินทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทน้ำและอากาศดี ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เพิ่มช่องว่างในดิน ทำให้รากพืชชอนไชได้ดี (สุลีลักและสุชาดา, 2557)

2.15 ไส้เดือนดินกับการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) หมายถึง เศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำมีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดิน ขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปจะผ่านกระบวนการย่อยสลายในลำไส้แล้วขับถ่ายมูลไส้เดือนดินซึ่งเรียกว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (ขวัญชัย, 2550)

2.16 เทคโนโลยีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

เทคโนโลยีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (vermitechnology) เป็นการใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพโดยการใช้ไส้เดือนดินย่อยสลายกากของเสียที่เป็นอินทรียวัตถุ และเศษเหลือทิ้งต่างๆ เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักทางชีวภาพ และสารอาหารจำพวกโปรตีน (Prabha *et al*, 2005) การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (vermicomposting) เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพอย่างง่ายที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์ โดยใช้ไส้เดือนดินในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกากของเสียและผลิตสารที่เป็นประโยชน์ออกมาด้วยกระบวนการผลิตปุ๋ย ซึ่งการใช้ไส้เดือนดินในการผลิตปุ๋ยหมักจะมีความแตกต่างจากการผลิตปุ๋ยชนิดอื่น คือ ผลผลิตที่ได้จากการกินอาหารของไส้เดือนดินออกมาเป็นมูลไส้เดือนดิน ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น และเร่งให้เกิดอัตราการย่อยสลายที่เร็วมากยิ่งขึ้น (Edwards, 1995) จากกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ทำให้มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และจากการศึกษาการทำปุ๋ยหมักแบบธรรมดาส่งผลให้เกิดอุณหภูมิสูงระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมักทำให้ลดปริมาณจุลินทรีย์ แต่ถ้ามีการเพิ่มกระบวนการโดยใช้ไส้เดือนดินร่วมด้วยจะเพิ่มศักยภาพของการผลิตปุ๋ย จากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยอาศัยออกซิเจนในการทำปุ๋ยหมักนำไปสู่การสะสมธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น ธาตุไนโตรเจน และเป็นตัวเร่งให้อัตราการสะสมธาตุไนโตรเจนดีมากขึ้น ด้วยกระบวนการเกิดสารฮิวมัสระหว่างที่ผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะเกิดขึ้นในปริมาณมากและเร็วกว่าการทำปุ๋ยหมักแบบธรรมดา เนื่องจากไส้เดือนดินสามารถช่วยย่อยสลายและช่วยลดปริมาณธาตุโลหะหนักที่สามารถดูดซึมเข้าสู่รากพืชได้มากกว่าการทำปุ๋ยหมักแบบธรรมดา และมีสารคล้ายฮอร์โมนที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช

2.17 การใช้เทคโนโลยีปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อความเป็นประโยชน์ทางการเกษตร

โดยกิจกรรมของไส้เดือนดินสามารถส่งผลต่อกิจกรรมต่างๆ ภายในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม คือ ความสัมพันธ์ต่อการสร้างความเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตรแบบยั่งยืน โดยการจัดการและควบคุมความสมดุลในระบบนิเวศของทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของระบบนิเวศต่อการเพิ่มคุณค่าทางการเกษตร เป็นที่ทราบกันดีว่ามูลไส้เดือนดินสามารถเพิ่มจุลินทรีย์และเพิ่มกิจกรรมการเกิดเมตาโบลิซึม โดยวิธีทางชีวภาพ ได้แก่ ฮอร์โมนพืชหลายชนิด เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลิน เป็นต้น นอกจากนี้มูลไส้เดือนดินยังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มพัฒนาการรวมทั้งการเพิ่มผลผลิตพืชได้มากกว่าการให้เพียงธาตุอาหารในรูปพร้อมใช้เพียงอย่างเดียว (Atiyeh *et al*, 2002) เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์และการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในมูลไส้เดือนดินมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์มีผลต่อการผลิตสารต่างๆ ตั้งแต่น้ำตาลโครงสร้างธรรมดาไปจนถึงสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนเพราะถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งย่อมยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพในมูลไส้เดือนดินโดยกิจกรรมที่มีในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน คือ ส่งผลต่อบทบาทของการเกิดกรดฮิวมิคที่เกิดจากไส้เดือนดินซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิจัยให้ความสนใจปัจจุบันมูลไส้เดือนดินมีฮิวมัสในปริมาณมากจากการสลายตัวของสารอินทรีย์โดยไส้เดือนดินจะช่วยเร่งการเกิดฮิวมัส กรดฮิวมิค และกรดฟลุวิค สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้มากกว่าแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่มีอยู่ในมูลไส้เดือนดินเอง โดยกรดฮิวมิคเป็นโมเลกุลซับซ้อนขนาดใหญ่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เกิดพื้นที่ยึดเกาะและดูดการยึดของธาตุอาหารพืชหลายชนิด ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่มีอยู่ในมูลไส้เดือนดิน ทำให้เกิดสารที่ออกฤทธิ์คล้ายออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลินได้ (นันทวุฒิ, 2560)

2.18 ประโยชน์ของมูลไส้เดือนดินที่มีต่อพืชและดิน

2.18.1 ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน

2.18.2 เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุแก่ดิน

2.18.3 เพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำและอากาศดียิ่งขึ้น

2.18.4 ส่งเสริมความพรุนของผิวหน้าดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน

2.18.5 ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้กว้าง

2.18.6 เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดินทำให้ดินชุ่มชื้น

2.18.7 เพิ่มธาตุอาหารพืชให้แก่ดินโดยตรงและเป็นแหล่งอาหารของสัตว์และจุลินทรีย์ดิน

2.18.8 เพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

2.18.9 ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไป

2.18.10 ช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-เบส (Buffer capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่เร็วเกินไปจนเป็นอันตราย

2.18.11 ช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะทำให้มีจุลินทรีย์ที่สามารถขับสารอัลคาลอยด์และกรดไขมันที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้เพิ่มขึ้น (สุนิสา, 2551)

2.19 แนวทางการนำไส้เดือนดินมาใช้ประโยชน์

2.19.1 นำมาย่อยสลายขยะอินทรีย์และเศษอาหารจากบ้านเรือน เพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เพื่อนำมาใช้ทางการเกษตร ช่วยในการลดต้นทุนการซื้อปุ๋ยเคมี

2.19.2 นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงมาก ช่วยลดค่าใช้จ่ายในต้นทุนค่าอาหารสัตว์

2.19.3 ใช้ฟื้นฟูสภาพดินที่เสื่อมโทรม เช่น ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเหมืองแร่เก่า

2.19.4 ใช้เป็นดัชนีทางสิ่งแวดล้อมในการตรวจสอบธาตุโลหะหนัก และสารเคมีที่ปนเปื้อนจากการเกษตรในดิน

2.19.5 ใช้เป็นอาหาร ยาบำบัดโรค ยาบำรุงทางเพศหรือใช้เป็นวัตถุดิบในวงการเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง (ภฤศญาและวรรณี, 2555)

2.20 ผักกวางตุ้งดอก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Brassica rapa* var. parachinensis

ชื่อวงศ์ : Cruciferaceae

ชื่อสามัญ : Chinese Flowering Cabbage, False pakchoi

ผักกวางตุ้งเป็นผักที่นิยมนำส่วนต่างๆ ของลำต้นที่อยู่เหนือดินมารับประทาน ซึ่งผักกวางตุ้งจัดเป็นอาหารจำพวกผัก และนิยมนำต้นอ่อนที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่มารับประทานสดหรือนำมาปรุงให้สุกร่วมกับผักชนิดอื่นและเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ

2.21 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.21.1 ราก รากผักกวางตุ้งเป็นระบบรากแก้วเจริญเติบโตอยู่ในระดับตื้น ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของรากแก้ว ประมาณ 1.20 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกจากรากแก้วจำนวนมาก โดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดินรากแก้วอาจมีขนาดใหญ่ขึ้นถ้าดินที่ปลูกมีความอุดมสมบูรณ์

2.21.2 ลำต้น ลำต้นตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 15-30 เซนติเมตร และอาจสูงสุดถึง 70 เซนติเมตร

2.21.3 ใบ ใบเรียงแบบสลับ แผ่นใบเรียบ มีสีเขียวเข้ม มีจำนวนใบประมาณ 15-30 ใบ ไม่ห่อหัว ก้านใบมีสีเขียวอ่อนมีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือเป็นแผ่นแบน ขนาดกว้าง 1.5-4 เซนติเมตร แผ่นใบหนา 0.5-1 เซนติเมตร ส่วนโคนก้านใบจะขยายกว้างมาก และเนื้อใบหนากรอบปลายใบมน

2.21.4 ดอกและการออกดอก ต้นผักกวางตุ้งจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 55-75 วัน ช่อดอกยาว 50-90 เซนติเมตร ดอกตูมอยู่รวมเป็นกลุ่มบนยอดช่อดอก ดอกจะบานจากด้านล่างไปหาด้านบน ดอกที่บานแล้วจะมีก้านดอกยาวกว่าดอกตูม

2.21.5 การผสมเกสร ดอกของผักกวางตุ้งเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีขนาดดอก 1.0-1.5 เซนติเมตร กลีบชั้นนอกมีสีเขียวอ่อนจำนวน 4 อัน มีขนาดลเล็ก กลีบดอกกว้าง 0.1-0.2 เซนติเมตร ยาว 0.7-0.8 เซนติเมตร กลีบชั้นในมีสีเหลืองสดจำนวน 4 อัน แยกเป็นกลีบๆ ขนาดกลีบกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาว 1.1-1.2 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 6 อัน อับเกสรมีสีเหลืองแก่ ก้านชูเกสรสีเหลืองรังไข่ยาว 0.5-0.6 เซนติเมตร มีตำแหน่งอยู่เหนือกลีบดอกและเกสรตัวผู้ ก้านเกสรตัวเมียมีสีเขียวยาว 0.2-0.25 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียเป็นตุ่มสีเหลืองอ่อน ดอกกวางตุ้งจะบานในเวลาเช้าประมาณเวลา 08.00 น.

2.21.6 ผลและการติดผล ผลมีลักษณะเป็นฝักรูปร่างเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนปลายไม่มีเมล็ดยาวประมาณ 0.9-1.5 เซนติเมตร และส่วนที่มีเมล็ดยาวประมาณ 3.0-4.1 เซนติเมตร กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.3-2.5 เซนติเมตร ผลจะชี้ตั้งขึ้น เมื่อผลแก่จะแตกตามยาวจากโคนไปหาส่วนปลาย ผลอ่อนมีสีเขียว ขณะที่ผลแก่มีสีน้ำตาล

2.21.7 เมล็ด เมล็ดมีรูปร่างค่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ น้ำหนัก 3.-5 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด เมล็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร (สุนิสา, 2551)

2.22 สรรพคุณ

ผักกวางตุ้ง มีสารบางชนิดเมื่อสัมผัสความร้อนจะกลายเป็นสารชนิดใหม่ชื่อ โอไซยาเนต สารนี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้ท้องเสีย ความดันเลือดต่ำ ร่างกายอ่อนเพลีย แต่สารนี้จะสลายไปกับไอน้ำเมื่อเปิดฝาทิ้งไว้ แต่เมื่อนำผักกวางตุ้งมารับประทานสดๆ จะมีความปลอดภัย ช่วยป้องกันความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางของทารก ช่วยในการบำรุงและรักษาสายตา ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง เมื่อรับประทานผักกวางตุ้ง วันละ 100 กรัม ประมาณ 3 วัน ผักกวางตุ้งจะ

ไปทำให้สารฟรีนิโมนหลั่ง ในขณะที่รับประทานเป็นประจำจะทำให้มีกลิ่นตัวหอม โดยพบว่าผักกวางตุ้งมีสรรพคุณทางยาดังนี้

2.22.1 ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย

2.22.2 ช่วยบำรุงและรักษาสายตา

2.22.3 ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง

2.22.4 ช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน

2.22.5 ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง

2.22.6 ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ

2.22.7 ช่วยป้องกันกล้ามเนื้อเสื่อม เพิ่มความกระฉับกระเฉงของกล้ามเนื้อ

2.22.8 ช่วยในการขับถ่าย ป้องกันโรคท้องผูก

2.22.9 ช่วยแก้อาการเป็นตะคริว เพราะกวางตุ้งดอกเป็นผักที่มีแคลเซียมสูง

2.23 นิเวศวิทยา

ผักกวางตุ้งสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีบนพื้นที่ราบ ส่วนการผลิตเมล็ดพันธุ์นั้นต้องกระทำบนพื้นที่สูง ซึ่งมีอากาศหนาวเย็นเพราะต้นต้องการอุณหภูมิเฉลี่ย 5-12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-40 วัน ในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด และสายพันธุ์ทนร้อนต้องการอุณหภูมิต่ำเป็นเวลาน้อยกว่า 40 วัน และการได้รับอุณหภูมิต่ำนานเกินไป จะทำให้มีการออกดอกเกิดขึ้นแม้ในระยะที่เป็นต้นกล้า ผักกวางตุ้งจะชอบสภาพแดดจัด ไม่ต้องการร่มเงา และไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง ชอบดินทราย ดินร่วนปนเหนียว มีธาตุอาหารและอินทรียวัตถุสูง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-7.0

2.24 วิธีการปลูกและการดูแลรักษา

สุนิสา (2551) กล่าวถึงการปลูกและการดูแลรักษาผักกวางตุ้ง ดังนี้

2.24.1 การปลูก

2.24.1.1 การเตรียมดินก่อนปลูก ควรตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน แล้วพรวนดินอีก 1-2 ครั้ง เพื่อกำจัดโรคแมลงและวัชพืช ก่อนปลูกควรโรยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายดีแล้ว โดยทั่วไปควรใส่ในอัตรา 2 ตันต่อไร่ต่อปี เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

2.24.1.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์มาแช่ในน้ำอุ่น 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที

2.24.2 วิธีการปลูก

2.24.2.1 การปลูกแบบหว่านเมล็ด เหมาะสำหรับผักกวางตุ้งพันธุ์ดอก วิธีนี้นิยมใช้ในการปลูกในแปลงที่ยกร่อง พื้นที่มีการเตรียมอย่างดีและเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจาก

เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งมีขนาดเล็กมากใช้เมล็ดอัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนหว่านควรผสมกับทราย โดยใช้เมล็ดพันธุ์ 1 ส่วนผสมกับทรายสะอาด 3 ส่วน หว่านให้กระจายทั่วแปลงสม่ำเสมอ แล้วหว่านกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักหนาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร หลังจากนั้นคลุมด้วยฟางข้าวบางๆ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นในดิน แล้วรดน้ำตามให้ชุ่มหลังจากเมล็ดงอกประมาณ 20 วัน ควรทำการถอนและจัดให้มีระยะระหว่างต้น 20-50 เซนติเมตร

2.24.2.2 การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว เหมาะสำหรับผักกวางตุ้งพันธุ์ใบ การปลูกวิธีนี้หลังจากเตรียมดินทำร่องปลูกลึกประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร ให้เป็นแถวโดยให้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 20-25 เซนติเมตร นำเมล็ดพันธุ์ผสมกับทรายโรยหรือหยอดเมล็ดเป็นแถวตามร่อง แล้วกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักบางๆ รดน้ำให้ชุ่มและสม่ำเสมอ หลังจากปลูกได้ประมาณ 20 วัน หรือต้นกล้ามีใบจำนวน 4-5 ใบ จึงทำการถอนแยกในแถว โดยพยายามจัดระยะระหว่างต้นให้ห่างกัน

2.24.3 การดูแลรักษา

2.24.3.1 การใส่ปุ๋ย เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักกินใบและก้านใบ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยควรใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟล อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นการเร่งการเจริญเติบโตทางใบและก้านใบให้เร็วขึ้น หรือใช้ปุ๋ยสูตร 20-0-0 หรือสูตรใกล้เคียงในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากใส่ปุ๋ยทุกครั้งควรมีการรดน้ำตามทันที

2.24.3.2 การให้น้ำ ผักกวางตุ้งเป็นผักที่ต้องการน้ำมากและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเกษตรกรจะต้องให้น้ำในปริมาณที่เพียงพอและสม่ำเสมออย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยใช้ระบบพ่นฝอย (Sprinkler) หรือใช้สายยางติดหัวฝักบัว ต้องระวังไม่ให้ผักกวางตุ้งขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตเพราะจะทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโตได้ และควรให้น้ำทันทีหลังการปลูกและใส่ปุ๋ยทุกครั้ง

2.24.4 การป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

2.24.4.1 โรคพืชที่สำคัญ

2.24.4.1 (1) โรคเน่าคอดิน (Damping off) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophtora* sp. เป็นโรคที่เกิดขึ้นในแปลงปลูกผักกวางตุ้งที่หว่านเมล็ดแน่นเกินไป อับลม และต้นเบียดกันแน่น แสงแดดส่องไม่ถึงโคนต้นหรือในแปลงมีเชื้อโรคอยู่แล้ว ลักษณะอาการ ต้นกล้าจะเกิดอาการเป็นแผลช้ำที่โคนต้นระดับดิน เนื้อเยื่อบริเวณแผลจะเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว ถ้าได้รับแสงแดดจะทำให้ต้นกล้าหักหรือพับเพราะมีแผลช้ำที่โคนต้นระดับดินต้นจะเหี่ยวตายในเวลารวดเร็ว บริเวณที่เป็นโรคจะค่อยๆ ขยายวงกว้างออกไปเป็นวงกลมกว้างขึ้น ภายในวงกลมที่ขยายออกไปจะไม่มีต้นกล้าเหลืออยู่เลย ส่วนต้นที่โตแล้วจะค่อยๆ เหี่ยวตายไป การป้องกันกำจัดแปลงปลูกควรมีการระบายน้ำที่ดี ไม่ควรหว่านเมล็ดผักแน่นเกินไป ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราละลายน้ำในอัตราความเข้มข้นน้อยๆ ราดลงไปบนผิวดินบนแปลงให้ทั่วสัก 1-2 ครั้ง เช่น เทอราคลอ

เบนฟอร์ด ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราในดินโดยตรงจะได้ผลยิ่งขึ้นหรือจะใช้ ริคโดมิล เอ็มแซด 72 ละลายน้ำรดก็ได้

2.24.4.1 (2) โรคใบจุดของผักกวางตุ้ง (Leaf spot) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria brasaiciala* ลักษณะอาการ อาการจะปรากฏที่ใบล่างของลำต้น โดยเริ่มแรกพบเป็นจุดสีเหลืองซีดขนาดเล็กต่อมาแผลจะขยายใหญ่ขึ้น และแห้งเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีลักษณะค่อนข้างกลมที่บริเวณแผลจะพบเชื้อขึ้นเป็นวงสีดำซ้อนกันอยู่ แผลเหล่านี้เมื่อรวมกันก่อให้เกิดอาหารใบไหม้ การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคมีไธแรม มาเน็บ 2-3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เก็บใบล่างที่แสดงอาการไปเผาทำลายหรือฉีดพ่นด้วยสารเคมีแมนโคเซปหรือไปโปรไดโอนในอัตรา 20-30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบอาการโดยฉีดพ่นทุก 15 วัน

2.24.4.1 (3) โรคราน้ำค้างของผักกวางตุ้ง (Downy mildew) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* ลักษณะอาการอาการจะปรากฏเป็นจุดสีขาวซีดบนใบ ต่อมาแผลมีขนาดใหญ่ขึ้น แผลซีดเป็นสีฟางข้าว ยุบตัวลง แผลมีขนาดรูปร่างไม่แน่นอน เมื่อพลิกดูใต้ใบในเวลาเช้าที่มีอากาศชื้นจะพบส่วนของเชื้อเจริญเป็นขุยสีขาวฟูขึ้นบริเวณใต้แผล อาการมักเริ่มแสดงที่ใบล่างก่อนแล้วจึงลุกลามสู่ใบที่อยู่ถัดมาหากเป็นรุนแรงใบจะแห้งตายไป การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดด้วยสารเมทาแลคซิลในอัตรา 7 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เก็บใบล่างที่แสดงอาการของโรคใส่ถุงพลาสติกแล้วนำไปเผาทำลายหรือฉีดพ่นด้วยสารเคมีซีเน็บหรือแคแทนในอัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบอาการ

2.24.4.2 แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญ

2.24.4.2 (1) เพลี้ยอ่อน (Aphid) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lipaphis erysimi* ตัวอ่อนของเพลี้ยอ่อนออกจากท้องแม่ได้โดยไม่ต้องได้รับการผสมพันธุ์ตัวอ่อนเมื่อออกจากแม่ใหม่ๆ จะพบว่ามีลำตัวขนาดเล็กมากต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ระยะเป็นตัวอ่อนจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง ตัวอ่อนมีอายุประมาณ 5-6 วัน หลังจากนั้นก็จะเป็นตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 6-18 วัน สามารถออกลูกได้ครั้งละประมาณ 75 ตัว ลักษณะการทำลาย เพลี้ยอ่อนสามารถเข้าทำลายได้ทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืช ลักษณะอาการที่เห็นได้ชัดคือ ส่วนยอดและใบจะหยิกเมื่อจำนวนเพลี้ยอ่อนเพิ่มมากขึ้น พืชจะเหี่ยว ใบถูกทำลายจะค่อยๆ มีสีเหลือง นอกจากนี้เพลี้ยอ่อนยังอยู่ตามซอกใบซึ่งเป็นที่รังเกียจของผู้บริโภค การป้องกันกำจัดเมื่อพบเพลี้ยอ่อนเข้าทำลายควรใช้สารเคมีกลุ่มมาลาไธออน เช่น มาลาเทน มาลาไธออน 83 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 30-55 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน นอกจากนี้อาจใช้ในอัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น

2.24.4.2 (2) หนอนใยผัก (Diamondback moth) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Plutella xylostella* ลักษณะตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดเล็ก วางไข่เป็นฟองกลุ่มเล็กๆ ทั้งบน

ใบและใต้ใบ ไข่มีสีเหลือง หนอนใยผักมีลักษณะลำตัวยาวเรียวหัวท้ายแหลมส่วนท้ายมีปุ่มยื่นออกเป็น 2 แฉก สีเขียวอ่อน เทาอ่อนหรือเขียวปนเหลือง เมื่อถูกตัวจะดิ้นและทิ้งตัวลงดินโดยการชักใยเข้าดักแด้ตามใบพืชโดยมีเส้นใยปกคลุม ลักษณะการทำลาย หนอนใยผักกัดกินใบและยอดผักตั้งแต่เริ่มงอกถึงระยะเก็บเกี่ยว การป้องกันกำจัดเมื่อเก็บเกี่ยวผักจากแปลงแล้วให้นำเศษผักออกจากแปลงให้หมด หากทิ้งไว้จะเป็นแหล่งขยายพันธุ์หนอนต่อไป ใช้กับดักกาวเหนียว อัตรา 80 กับดักต่อไร่ สูงเหนือระดับต้น 10 เซนติเมตรตลอดฤดูปลูก เพื่อกำจัดตัวเต็มวัย ใช้ผงเมล็ดสะเดาบริสุทธิ์แช่น้ำ อัตรา 70 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยการพ่นให้ทั่วทั้งต้นบนและด้านล่างของใบ ทุก 5-7 วัน เมื่อเริ่มพบหนอนระบาดใช้ BT (บาซิลลัส ทูริงเยนซิส) อัตรา 40-80 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อพบหนอน 3 ตัวต่อต้นในระยะก่อนเข้าปลีและเมื่อพบมากกว่า 2 ตัวต่อต้น ในระยะเข้าปลีจากการสุ่มทุก 4-7 วัน พ่นในเวลาเย็นหลัง 15.00 น. เป็นต้นไป และหยุดการใช้สารก่อนเก็บเกี่ยว 1 วัน หากมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีควรใช้สารดังนี้

1. ฟิโปรนิล 5 เปอร์เซ็นต์ เอสซี อัตรา 20-40 มิลลิลิตร หรือ 60-80 มิลลิลิตร
2. คลอร์ฟินาเพอร์ 10 เปอร์เซ็นต์ เอสซี อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
3. โพรไทโอฟอส 50 เปอร์เซ็นต์ อีซี อัตรา 30-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
4. ฟลูเฟนนอกซูรอน 5 เปอร์เซ็นต์ อีซี อัตรา 20-40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
5. สารกลุ่มไพรีทรอยด์ เช่น เดลทาเมทริน 3 เปอร์เซ็นต์ อีซี อัตรา 10-20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โดยหยุดพ่นสารเคมีก่อนการเก็บเกี่ยวตามคำแนะนำ เพื่อป้องกันการตกค้างของสารเคมีในผลผลิต

2.24.4.3 วัชพืชที่สำคัญ

2.24.4.3 (1) วัชพืชฤดูเดียว ซึ่งจะขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดที่สำคัญมี 3 ประเภท ได้แก่

(1.1) วัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าตีนนก หญ้านกสีชมพู และหญ้าตีนกา

(1.2) วัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ ผักเบี้ยหิน ผักเบี้ยใหญ่ ผักโขม และสาบแร้งสาบกา

(1.3) วัชพืชประเภทกก ได้แก่ กกทราย และหนวดปลาดุก

การป้องกันกำจัด เช่น ไถและตากดินก่อนหว่ายเมล็ด 7 วัน คลุกดินด้วยฟางหลังหว่านเมล็ด และถอนกำจัดวัชพืชออกจากแปลง เมื่อถอนแยกต้นกล้า

2.24.4.3 (2) วัชพืชข้ามปี เป็นวัชพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยหัว เหง้า ไหล ที่พบมากในแปลงผักการป้องกันกำจัด เช่น คราดส่วนขยายพันธุ์ออกจากแปลงขณะพรวนย่อยดิน และขุดทำลายหัวแห้วหมูทุกครั้งที่พบ

2.25 การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งค่อนข้างเร็วประมาณ 35-45 วัน เก็บเกี่ยวโดยเลือกต้นที่มีขนาดใหญ่ตามต้องการ แล้วใช้มีดคมตัดที่โคนต้นและทำการตัดแต่งใบนอกที่แก่หรือใบที่ถูกโรคหรือแมลงทำลายออก หลังจากตัดแต่งแล้วจึงบรรจุภาชนะ เพื่อจำหน่ายต่อไปตลอดจนการเก็บรักษา เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักอวบน้ำ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงควรเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิต่ำความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น

2.25.1 การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

หลังการเก็บเกี่ยว การสูญเสียของผลผลิตในพืชผักพบว่าเกิดขึ้นสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนของประเทศไทย ทั้งนี้ผักกินใบจะเกิดความเสียหายง่ายมากในสภาพอุณหภูมิสูงและมีอัตราการระเหยน้ำสูง เพราะทำให้การหายใจเพิ่มขึ้น และน้ำหนักแห้งที่จะสูญเสียไปด้วย นอกจากนี้ผักกวางตุ้งอาจจะบอบช้ำ ฉีกขาด เป็นแผลจากการเก็บเกี่ยว การขนย้าย ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย การสูญเสียเหล่านี้สามารถลดลงได้ถ้ามีการปฏิบัติอย่างถูกต้องทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปเมื่อเก็บเกี่ยวผักกวางตุ้งแล้วควรขนย้ายไปยังโรงคัดบรรจุ (Packing house) เพื่อทำการล้าง ตัดแต่ง คัดขนาด และบรรจุ ขั้นตอนในการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักกวางตุ้งมีดังนี้

2.25.1.1 การตัดแต่ง ตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียและผิดปกติทิ้งเพื่อให้ผลผลิตที่ได้คุณภาพดี และเป็นการตรวจสอบคุณภาพก่อนการบรรจุ การตัดแต่งส่วนที่ไม่ดีหรือเน่าเสียทิ้งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ลดการเสียหายที่จะขยายเพิ่มขึ้นจากส่วนที่เน่าเสียอยู่เดิม

2.25.1.2 การคัดขนาดและคุณภาพหรือคัดเกรด หลังจากตัดแต่ง ทำความสะอาดต้องคัดเลือกขนาดและคุณภาพด้วยเพื่อให้สามารถแยกการบรรจุได้อย่างเหมาะสม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้มากกว่าการขายคละเกรด

2.25.1.3 การบรรจุ โดยทั่วไปนิยมใช้เข่งแบบต่างๆ บรรจุขนย้ายผัก เพราะทำได้สะดวก หาง่าย ราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ ทำให้ผักบอบช้ำ เน่าเสียได้ง่าย ปัจจุบันมีการใช้ถุงพลาสติกเจาะรูหรือตะกร้าพลาสติก เพื่อบรรจุขนย้ายผักที่ได้รับคัดเลือกขนาด และคุณภาพเพื่อการส่งออกและส่งตามซุปเปอร์มาร์เก็ตหรือตลาดขายส่งต่างๆ

2.25.1.4 การขนย้ายและการเก็บรักษา ควรย้ายและเก็บรักษาด้วยความระมัดระวังเพื่อรักษาคุณภาพไว้ให้ดีที่สุด ตั้งแต่ช่วงขนย้ายผักออกจากแปลงสู่โรงคัดบรรจุ และขนส่งสู่ท้องตลาด เพราะการเกิดรอยช้ำ รอยฉีกขาด จะเพิ่มอัตราการหายใจและเชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น การขนย้ายผักและการเก็บรักษาผักกวางตุ้งควรเก็บในห้องเย็นหรือใช้รถห้องเย็นจะทำให้สามารถรักษาคุณภาพผักให้ยาวนานขึ้น แต่การลงทุนสูงจึงอาจจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสม

2.25.2 การเก็บรักษาผลผลิตสด

ผักกวางตุ้งเป็นผักกินใบซึ่งมีอัตราการหายใจสูงภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยการเสื่อม

สภาพจะเกิดขึ้นรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส หรือ 1 วัน ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส หรือ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส การลดความร้อนของผักกวางตุ้งหลังการเก็บเกี่ยวจากแปลง และเก็บรักษาผลผลิตในห้องเย็นจะทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 0-1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 จะสามารถเก็บรักษาผักกวางตุ้งได้นานประมาณ 10-14 วัน

2.26 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมชายและอัญชลี (2558) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis) บนวัสดุปลูกที่เติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยวัสดุปลูกมีส่วนผสมของขุยมะพร้าว ถ่านแกลบ และมูลโคในอัตราส่วน 1:1:1 (โดยปริมาตร) และเติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 2 ชนิด (*Eudrilus eugeniae* และ *Pheretima peguana*) ในอัตราส่วน 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมนั้นได้จากการเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยส่วนเหลือทิ้งจากผลไม้และมูลโค วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 10 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 วัสดุปลูกไม่ผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน (ควบคุม), สิ่งทดลองที่ 2 พีทมอส, สิ่งทดลองที่ 3 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน *E. eugeniae* 30 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 4 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *E. eugeniae* 40 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 5 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *E. eugeniae* 50 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 6 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *E. eugeniae* 60 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 7 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *P. peguana* 30 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 8 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *P. peguana* 40 เปอร์เซ็นต์, สิ่งทดลองที่ 9 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *P. peguana* 50 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งทดลองที่ 10 วัสดุปลูกผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *P. peguana* 60 เปอร์เซ็นต์ ทำสิ่งทดลองละ 10 ซ้ำ จากการวิจัยพบว่าการเจริญเติบโตของลำต้นและรากของผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *P. peguana* ทำให้ต้นกล้าผักกาดกวางตุ้งดอกเจริญเติบโตได้ดีกว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน *E. eugeniae* โดยเฉพาะเมื่อเติมในอัตราส่วน 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์

วีณารัตน์ และคณะ (2558) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1:1,000, 1:500 และ 1:250 ต่อความงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าความงอกของเมล็ดผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ระดับความเข้มข้น 1:1,000 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีการงอกของเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 0, 1:500 และ 1:250 ตามลำดับ และ

จากการทดลองหาอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในด้านความสูงต้น ความเข้มสีใบ (SPAD) ความยาวราก น้ำหนักสดและแห้งของต้น ใบ และรากพบว่าแต่ละระดับความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่ใบ และจำนวนใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้ที่ระดับความเข้มข้น 1:250 พบว่าต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบมากที่สุด (13.42 เซนติเมตร และ 10.75 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ) ขณะที่การให้ที่ระดับความเข้มข้น 1:500 ให้จำนวนใบมากที่สุด (11.03 ใบ)

สุชาดา และคณะ (2554) ศึกษาผลของมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักบุ้งจีนในสภาพโรงเรือนปลูกพืช ทำการทดลองปลูกในกระถางพลาสติกขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ใส่ดินผสมกับปุ๋ยคอก อัตรา 9:1 จำนวนกระถางละ 8 กิโลกรัม หยอดเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนกระถางละ 30 เมล็ด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 8 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัวแห้ง) อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (วัสดุรองพื้นจากปุ๋ยคอกหมัก) 5) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (วัสดุรองพื้นจากผักตบชวาหมัก) 6) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (วัสดุรองพื้นจากขุยมะพร้าวหมัก) 7) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (วัสดุรองพื้นจากหยวกกล้วยหมัก) และ 8) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (วัสดุรองพื้นจากเศษผักหมัก) โดยใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากันทุกกระถาง ผลของการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกันให้ความสูงจำนวนใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของผักบุ้งจีนไม่แตกต่างกัน แต่จะพบว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ผลิตจากเศษผักจะให้ความสูงต้น (19.73 เซนติเมตร) จำนวนใบ (9.40 ใบต่อต้น) และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (0.43 เซนติเมตร) ตลอดจนผลผลิต (10.93 กรัมต่อกระถาง) ได้เทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี (5.70 กรัมต่อกระถาง) แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินสามารถใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้กับพืชที่มีอายุสั้นได้ เพราะว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูก

วโรทัย และคณะ (2557) ศึกษาผลของการใช้วัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักชีวภาพ โดยมีวัสดุเพาะลี้ยงที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ มูลโค, มูลโคผสมกากถั่วเหลือง, มูลโคผสมใบมะรุม และมูลโคผสมใบกระถิน ในอัตราส่วนของมูลโคต่อวัตถุดิบทางการเกษตร (4:1.5) ไส้เดือนดินที่เลี้ยงใช้สายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ขนาดโตเต็มวัย น้ำหนักสุทธิ 500 กรัม ต่อวัสดุเพาะเลี้ยง 5,500 กรัม เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่ความชื้นร้อยละ 80 ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ให้อาหารเสริมจำนวน 250 กรัม 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เริ่มจากสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปรดน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ทุกครั้งหลังให้อาหารเสริมเพื่อให้วัสดุเพาะเลี้ยงมี

ความชื้นคงที่ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักจากมูลโคผสมกากถั่วเหลืองให้ปริมาณโดยเฉลี่ยของไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้สูงสุดร้อยละ 1.67, 0.10, 2.83 และ 1.09 ตามลำดับ โดยค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน คือ 16.15 หลังจากนั้นนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมาผลิตน้ำหมักชีวภาพโดยให้อากาศที่อัตราการไหล 0.05 ลิตรต่อนาที โดยมีน้ำ:กากน้ำตาล:รำข้าว ที่อัตราส่วน 1,000:1:50 เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามูลโคผสมกากถั่วเหลืองยังคงให้ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในปริมาณสูงสุดที่ร้อยละ 0.11, 0.067, 0.19 และ 0.30 ตามลำดับ

นริศราและสาวิตรี (2555) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในปุ๋ยหมักธรรมชาติ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และปุ๋ยหมัก พด.1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 3 สิ่งทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่ 1) ปุ๋ยหมักธรรมชาติในอัตราส่วน มูลโคต่อเศษผัก (3:1 โดยน้ำหนัก) 2) ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วนมูลโคต่อเศษผัก (3:1 โดยน้ำหนัก) และใส่ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ตัวโตเต็มวัยที่มีไคเทลลัมน้ำหนักสุทธิ 100 กรัม ลงไปด้วย 3) ปุ๋ยหมัก พด.1 ในอัตราส่วน มูลโคต่อเศษผัก (3:1 โดยน้ำหนัก) และใส่สารเร่ง พด.1 ลงไปด้วย ผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินแตกต่างจากปุ๋ยหมักธรรมชาติ และปุ๋ยหมัก พด.1 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีคุณสมบัติดังกล่าวมากที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักธรรมชาติ และปุ๋ยหมัก พด.1 ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดพบว่าปุ๋ยทั้งสามชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปุ๋ยหมัก พด.1 ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักธรรมชาติ มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 3.69, 3.38, 3.38 และ 3.10 ตามลำดับ

สิริวรรณและจักรพันธ์ (2557) ศึกษาคุณสมบัติของมูลไส้เดือนดินในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอาหาร 3 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้งจีน มูลวัว ผักบุ้งจีนผสมมูลวัว ในอัตรา 1:1 ส่วน สำหรับเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* แบบชั้นพลาสติก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ให้อาหารไส้เดือนดินทุก 7 วัน พบว่าการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยมูลวัวสามารถผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณสูงสุด โดยมีน้ำหนักของมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 3,886.20 กรัม รองลงมา คือ การเพาะเลี้ยงด้วยผักบุ้งจีนผสมมูลวัวอัตรา 1:1 และผักบุ้งจีนมีน้ำหนักสดของมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 2,258.64 และ 1,151.10 กรัม ตามลำดับ ในการทดสอบภายใต้สภาพโรงเรือนของมูลไส้เดือนดินต่อการปลูกโหระพาและกะเพรา พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าโหระพาและกะเพราที่ปลูกในวัสดุปลูก (ดินปลูก 300 กรัม, กาบมะพร้าวสับหยาบ 40 กรัม) ที่ผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วย

อาหาร 3 ชนิด ในอัตราส่วน 3, 15 และ 30 กรัม พบว่าการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพาเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ ความยาวใบของโหระพาและกะเพราที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วนต่างๆ สูงกว่าพืชทดสอบที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมปุ๋ยเคมี ผลจากการทดสอบในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีศักยภาพในการใช้สำหรับการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโหระพาและกะเพราในสภาพโรงเรือน โดยผสมลงในวัสดุปลูกหรือดินที่ใช้ในการปลูก

จิระพร และคณะ (2556) ศึกษาอิทธิพลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเร่งการเจริญเติบโตของราก และการแตกตาข้างของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยไม่แช่ท่อนพันธุ์, แช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น, แช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 50 เปอร์เซ็นต์ และแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้มันสำปะหลัง 3 สายพันธุ์ ระยอง 7, ระยอง 9 และ เกษตรศาสตร์ 50) ผลการศึกษาพบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินสามารถช่วยในการเร่งการเกิดรากของมันสำปะหลังได้ทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ระยะเวลา 14-21 วันหลังปลูก ส่วนในระยะแรก 7 วัน ยังไม่เห็นความแตกต่างในทางสถิติ โดยการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่เจือจาง 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทำให้การงอกของรากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 41.63 และ 36.56 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการแช่ด้วยน้ำเปล่าที่ระยะเวลา 21 วัน ทั้งนี้การแช่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินสามารถช่วยในการเร่งการเกิดตาข้างของมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ระยะเวลา 7-21 วัน อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ซึ่งการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่เจือจาง 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทำให้เกิดตาข้างของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 44.09 และ 44.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแช่ด้วยน้ำเปล่าเมื่อระยะ 21 วัน ทั้งนี้การแช่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินสามารถช่วยในการเจริญเติบโตของรากมันสำปะหลังได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่เจือจาง 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทำให้น้ำหนักรากแห้งของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 213 และ 292 กรัมต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการแช่ด้วยน้ำเปล่าเมื่อระยะเวลา 21 วัน แสดงให้เห็นว่าการแช่น้ำหมักโดยไส้เดือนดินมีอิทธิพลในทางบวกต่อพัฒนาการเริ่มต้นของราก ตาข้าง และการเจริญเติบโตของรากมันสำปะหลัง

ชุลีมาศและณัฏฐิรา (2559) ศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมักไส้เดือนดินในระหว่างการเก็บรักษา โดยปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่ใช้ในการศึกษาได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ให้อาหารเสริมได้แก่ กากมัน:ดิน:มูลไก่ ในอัตราส่วน 7:2:1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยมีระยะเวลาในการเก็บรักษาอยู่ 3 ระยะเวลา ได้แก่ 0, 1 และ 3 เดือน การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ใน

ถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ยังคงมีประสิทธิภาพดีคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์และมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงและรองสูงสุด คือ ไนโตรเจนทั้งหมด 0.60 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 1.30 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 1.10 เปอร์เซ็นต์ และแมกนีเซียม 0.44 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันปริมาณเชื้อรามีมากที่สุดในช่วงระยะการเก็บรักษา 3 เดือน เช่นเดียวกัน คือ 22.00 x 10^3 cfu/ก. และยังพบว่าแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีทเท่ากับ 11.33 x 10^3 cfu/ก. และ 1.67 x 10^3 cfu/ก. ตามลำดับ

Federico *et al*. (2007) ศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ (*Lycopersicum esculentum*) โดยใช้วัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากมูลแกะสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia fetida* ในอัตราส่วน 25 กรัมต่อมูลแกะ 2.5 กิโลกรัม ทำการทดลองในสภาพโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน:ดิน อัตราส่วน 0:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 (ปริมาตรโดยปริมาตร) ผลการทดลองจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ 85 วันหลังย้ายปลูก พบว่าความสูงของต้นมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (44, 50, 48, 53, 55 และ 51 เซนติเมตร ตามลำดับ) ขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีผลต่อปริมาณผลผลิตของมะเขือเทศ 100 วันหลังย้ายปลูก พบว่าให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่อัตรา 1:1, 1:2 และ 1:3 (ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน:ดิน) 604, 560 และ 512 กรัม ตามลำดับ

Muthukumaravel *et al*. (2008) ศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากเศษผักและมูลโค การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากเศษผักและมูลโค เพื่อใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนดิน *Megascolex mauritii* โดยเลี้ยงไส้เดือนดินในกล่องพลาสติกขนาด 45x30x30 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) เป็นเวลา 60 วัน ประกอบด้วย T1 ดินอย่างเดียว (Control), T2 ดิน+มูลโค, T3 ดิน+เศษผัก, T4 ดิน+เศษผัก+มูลโค ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จาก ดิน+เศษผัก+มูลโค (T4) มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงที่สุด (1.76, 1.60 และ 4.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เมล็ดผักกวางตุ้งดอก จากบริษัทเจียไต๋ เมล็ดพันธุ์ จำกัด
2. ถุงพลาสติกดำขนาด 6x9 เซนติเมตร
3. กะละมังพลาสติกสีดำสำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน ขนาดความสูง 12.50 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร
4. กระปุกพลาสติกทรงกระบอกขนาด 5,000 มิลลิลิตร สำหรับทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน
5. ผ้าขาวบางใช้สำหรับห่อมูลไส้เดือนดิน เพื่อนำมาหมักเป็นน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน
6. รำข้าว
7. กากน้ำตาล
8. ดิน จากแปลงทดลองเกษตรนาสีนวล ตำบลนาสีนวล อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
9. แกลบดิบ จากแปลงทดลองนิสิตเทคโนโลยีการเกษตร เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
10. ขุยมะพร้าว
11. มูลวัวนมแห้ง จากฟาร์มวัวนม ตำบลนาสีนวล อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
12. กากยีสต์ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด ตั้งอยู่ที่ตำบลท่าพระ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม
13. ฟางข้าวแห้ง จากชาลีฟาร์ม ตั้งอยู่ที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
14. วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก ได้จาก ร้านเพาะกล้าทานตะวันงอก ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
15. ผักตบชวาแห้ง จากแปลงทดลองนิสิตเทคโนโลยีการเกษตร เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

3.2 สิ่งมีชีวิตในงานวิจัย

ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงกำจัดขยะอินทรีย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

ลำดับ	เครื่องมือวิทยาศาสตร์	รุ่น	ยี่ห้อ	ประเทศผลิต
1.	เครื่อง pH Meter	STARTER3100	OHAUS	USA
2.	เครื่อง Conductivity meter	FiveEasy Plus	Mettler Toledo	China
3.	เครื่อง UV-Vis spectrophotometer	UV-Pharma Spec 1700	SHIMADZU	Japan
4.	เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง	BP4100S	Scientific promotion co., LTD	Germany
5.	เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	PA4102	OHAUS	USA
6.	เครื่อง Hot air oven	30-1060	Memmert	Germany
7.	เครื่อง Shaker	LSI-3016R	LabTech Daihan Labfech co., LTD	Koera
8.	เครื่องให้ออกซิเจน	AP-30	RESUN	China
9.	เครื่อง Nitrogen distillatory & Heating digester	UDK132	VELP SCIENTIFICA	Eurpoe
10.	เครื่อง Shaking Water bath	WNB45	Memmert	Germany
11.	เครื่อง Centrifuge	SIEMENSSTR.25 D-78564 WEHINGEN	Hermle Labortechnik Gmbh	Germany
12.	เครื่อง Havard Trip Balance	1400/1500	OHAUS	Poland
13.	เครื่อง Direct Soil Conductivity &Temperature Meter	HI98331	Hanna instruments	Romania
14.	เครื่อง Direct Soil pH meter	HI99121	Hanna instruments	Romania
15.	เครื่อง Soil pH & Moisture tester	DM-15	Takemura electric works LTD.	Japan
16.	เครื่อง Vernier caliper	CD-6 ASX	Mitutoyo	Japan

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล

1. ไม้บรรทัด
2. สมุดเพื่อจดบันทึก
3. ดินสอ
4. ปากกา
5. กรรไกร
6. ด้าย

3.5 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	สารเคมี	Grade	บริษัท	ประเทศผลิต
1.	2,2-diphenyl-1-picryihydrazyl	AR	Sigma-Aldrich	Germany
2.	2,4,6-Tripyridyl-s-Triazine	AR	Acros organics	USA
3.	Acetic acid	AR	Carlo Erba reagent	Spain
4.	Ammonium molybdate	AR	Ajax Finechem	Australia
5.	Ammonium metavanadate	AR	Fluka AG	Switzerland
6.	Ammonium acetate	AR	RCI Labscan	Thailand
7.	Ascorbic acid	AR	Lobachemie	India
8.	Aluminium chloride	AR	Quality Reagent Chemical Product	Malaysid
9.	Boric acid	AR	Merck KGaA	Germany
10	Bromocresol green	AR	APS	Australia
11.	Calcium carbonate	AR	Ajax Finecherm	Australia
12.	Copper sulfate	AR	APS	Australia
13.	Ethyl alcohol	AR	VWR International SAS	European
14.	Ferrous sulfate	AR	Quality Reagent Chemical Product	New Zealand
15.	Ferric chloride	AR	Carlo Erba reagent	Spain
16.	Folin-ciocalteu’s reagent	-	Lobal chemie	India
17.	Gallic acid	AR	Carlo Erba reagent	Rodano

ลำดับ	สารเคมี	Grade	บริษัท	ประเทศผลิต
18.	Hydrochloric acid	AR	Merck	Germany
19.	Methyl red	AR	Panreac Quimica SA	European
20.	Methanol	AR	RCI Labscan	Thailand
21.	Nitric acid	AR	VWR International	England
22.	O-phenanthroline indicator	HPLC	Sigma Aldrich	China
23.	Potassium dichromate	AR	Ajax Finechem	Australia
24.	Potassium sulfate	AR	Lobal chemie	India
25.	Potassium dihydrogen phosphate	AR	APS Finechem	Australia
26.	Potassium chloride	AR	Ajax Finechem	Australia
27.	Potassium antimony tartate	AR	Sigma Aldrich	Germany
28.	Perchloric acid	AR	Panreac Quimica SA	Barcelona
29.	Quercentin	HPLC	Rainbow BioTech	China
30.	Salicylic acid	AR	Ajax Finechem	Australia
31.	Selenium	AR	Sigma aldrich	Canada
32.	Silver Nitrate	AR	APS Ajax Finechem	Australia
33.	Sodium carbonate anhydrous	AR	Ajax Finechem	Australia
34.	Sodium hydroxide	AR	RCI Labscan	Thailand
35.	Sodium nitrite	AR	Quality reagent chemical product	New zealand
36.	Sodium acetate	AR	Flukachemika	Germany
37.	Sulfuric acid	AR	RCI Labscan	Thailand
38.	Tannic acid	AR	CarLo Erba reagent Quality Since	USA

3.6 การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

3.6.1 การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ประกอบด้วย ดิน:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนมแห้ง ในอัตราส่วน 1:1:1 คุกเคล้าให้เข้ากัน ซึ่งดินที่ใช้ต้องนำมาตากแดดจนแห้งเป็นเวลา 7 วัน เพื่อเป็นการ

ฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับดิน นำขุยมะพร้าวมาแช่น้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน เพื่อให้ขุยมะพร้าวอิ่มตัวด้วยน้ำและล้างสารแทนนินที่มีฤทธิ์เป็นกรดออกจากขุยมะพร้าว และนำมูลวัวนมแห้งไปแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน เพื่อลดความร้อน จากนั้นนำดิน ขุยมะพร้าว และมูลวัวนมมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันพร้อมกับรดน้ำให้ทั่วกอง นำวัสดุผสมที่ได้หมักแบบเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 15 วัน (กลับกองทุก 2-3 วัน จนครบกำหนดเวลาหมัก) เพื่อเตรียมเป็นวัสดุรองพื้นต่อไป โดยดัดแปลงวิธีของวิศรุตและคณะ (2555)

ภาพประกอบ 4 การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

3.6.2 การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

โดยการใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ขนาดโตเต็มวัยจำนวน 600 ตัว โดยการดัดแปลงวิธีของวโรทัยและคณะ (2557) ทำการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในภาชนะที่เป็นกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.50 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำการเจาะรูไว้ด้านล่างขนาด 2.5 เซนติเมตร จำนวน 1 รู และใช้มุ้งไนลอนสีฟ้ากับฝาขวดน้ำพลาสติกปิดรูที่เจาะไว้ (เพื่อไม่ให้รูที่เจาะด้านล่างกะละมังมีขนาดใหญ่เกินไป) เพื่อให้มีช่องระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ หลังจากเตรียมวัสดุรองพื้นเรียบร้อย นำวัสดุรองพื้นที่เตรียมไว้ใส่ในภาชนะปริมาณ 3 กิโลกรัมต่อภาชนะ และไส้เดือนดินขนาดตัวเต็มวัยจำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ และให้อาหารเสริม (Control, กากยีสต์, ฟางข้าวแห้ง, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวาแห้ง) โดยการให้อาหารเสริมทุก 7 วัน ซึ่งในแต่ละครั้งจะให้อาหารครั้งละ 20 กรัม หลังจากนั้นปิดบริเวณผิวหน้ากะละมังด้วยผ้าโปร่งสีดำ เพื่อป้องกันศัตรูของไส้เดือนดินและช่วยพรางแสง และหมั่นตรวจเช็คความชื้นแต่ละภาชนะพร้อมรดน้ำให้พอชื้น (ความชื้น 60-80 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้ขวดน้ำพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร มาวางรองใต้บริเวณที่เจาะรูไว้ เพื่อใช้เก็บของเหลวที่ไหลลงมา จากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินและมูลไส้เดือนดินทุกๆ 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง เป็นระยะนานเวลา 90 วัน ซึ่งก่อนการบันทึกข้อมูลทุกครั้งจะทำการเก็บอาหารเก่าออกก่อน

1 วัน แล้วค่อยทำการเก็บข้อมูล เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บมูลไส้เดือนดินที่ติดมากับเศษอาหารที่ให้ หลังจากบันทึกข้อมูลแล้วให้ใส่ไส้เดือนดินที่ได้จากการบันทึกข้อมูลลงในภาชนะเดิม เพื่อเป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันต่อไป

ภาพประกอบ 5 การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

3.6.3 การเก็บตัวอย่างมูลไส้เดือนดิน

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ซึ่งสังเกตเห็นได้จากสีของมูลไส้เดือนดินควรมีสีน้ำตาลปนดำไม่มีกลิ่นเหม็นฉุนของก๊าซต่างๆ จึงทำการเก็บตัวอย่างมูลไส้เดือนดิน โดยการเก็บเฉพาะบริเวณผิวหน้าดินซึ่งจะมีลักษณะเป็นขุย ทำการร่อนมูลไส้เดือนดินด้วยตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร (เพื่อแยกเอาเศษวัสดุที่ติดมาออก) แล้วผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินต่อไป โดยวิธีของสกุลเทพและคณะ (2559)

ภาพประกอบ 6 ลักษณะของมูลไส้เดือนดิน

3.6.4 การทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

หลังจากได้มูลไส้เดือนดินแล้วนำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารชนิดต่างๆ บรรจุลงในผ้าขาวบางชนิดละ 1 กิโลกรัม นำมาหมักเพื่อทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินโดยการหมักแบบเติมอากาศ ซึ่งสารผสมในการทำน้ำหมักจะประกอบด้วย น้ำ:กากน้ำตาล:รำข้าว ในอัตราส่วน 1,000:1:50 (โดย

น้ำหนัก) ทำการหมักตามระยะเวลาที่กำหนด โดยดัดแปลงวิธีการของวโรทัย และคณะ (2557) ส่วนการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้บีกเกอร์ตักตัวอย่างที่ที่กลางภาชนะครั้งละ 500 มิลลิลิตร จนครบ 2,000 มิลลิลิตร กวนผสมตัวอย่างให้เข้ากัน แล้วเก็บตัวอย่างซ้ำอีกครั้งจากตัวอย่าง 2,000 มิลลิลิตร นี้ที่กลางบีกเกอร์มา 1,000 มิลลิลิตร และนำตัวอย่างที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาพประกอบ 7 การทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

3.7 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในดิน

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุ ในดินก่อนปลูกและหลังปลูก 45 วัน โดยวิธีของพัชรี (2557) และมงคล (2557) หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3.7.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

1. ชั่ง Catalyst mixture 1 กรัม (เตรียมโดยใช้ Potassium sulfate: Copper (II) Sulfate: Selenium) ในอัตราส่วน 100:10:1 ใส่ในหลอดย่อยตัวอย่าง

2. เตรียมตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม ใส่ในหลอดย่อยตัวอย่างในข้อ 1

3. เติมสารละลาย Conc. sulfuric acid (ความเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้ graduate pipet ดูดสารขึ้นมา 10 มิลลิลิตร

4. นำหลอดตัวอย่างจากข้อ 3 ใส่ลงในเตาย่อยตั้งเวลา 3 Set ได้แก่ Set 1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ทิ้งไว้ให้เย็น) นำออกจากเตาย่อยหลังจากนั้นใส่น้ำกลั่น 10-15 มิลลิลิตร (ทิ้งไว้ให้เย็น)

5. นำตัวอย่างในหลอดย่อยเทใส่ Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นปรับปริมาณให้ได้ 100 มิลลิลิตร

6. ใช้ Volumetric pipet สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ใน digestion flask

7. นำ digestion flask ที่มีสารละลายตัวอย่างสวมเข้ากับเครื่องกลั่น

8. ใช้ graduate pipet สารละลาย 2% Boric acid-indicator solution โดยการชั่ง Bromocresol green ปริมาณ 0.099 กรัม และ methyl red ปริมาณ 0.066 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร เติม Ethanol absolute ปริมาณ 100 มิลลิลิตร คนให้สารละลายเข้ากัน ทำการชั่ง Boric acid ปริมาณ 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อนปริมาณ 200 มิลลิลิตร คนสารละลาย จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับสีของสารละลายให้เป็นสีม่วงอมแดงโดยใช้ 0.1 N Sodium hydroxide (สารละลายมีค่า pH=5.0) จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น) 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

9. นำขวดรูปชมพู่ไปรองใต้ condenser ของเครื่องกลั่น พยายามให้ปลายของ condenser จุ่มอยู่ใน Boric acid กลั่นจนกว่าจะได้ปริมาตรของสาร 50 มิลลิลิตร

10. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปทำการไตเตรทกับสารละลาย 0.005 N sulfuric acid (ที่จุดยุติได้สารละลายสีม่วง-แดง) ทำการจดบันทึกปริมาตรของ std. 0.005 N sulfuric acid เพื่อใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน

สูตรคำนวณ

$$\text{Total N (\%)} = \frac{0.014 \times (\text{mL std. } H_2SO_4 \text{ sample} - \text{mL std. } H_2SO_4 \text{ Blank}) \times \text{N std. } H_2SO_4 \times \text{Final volume (mL)} \times 100}{\text{Aliq. (mL)} \times \text{wt. of sample (g)}}$$

เมื่อกำหนดให้

mL std. H_2SO_4 sample = ปริมาตรของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

mL std. H_2SO_4 Blank = ปริมาตรของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

N std. H_2SO_4 = ความเข้มข้นที่แน่นอนของ std. H_2SO_4

Final volume (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างที่ปรับก่อนดูดใช้ตัวอย่างเพื่อการกลั่น (มิลลิลิตร)

Aliq. (มิลลิลิตร) = ปริมาณของสารละลายตัวอย่างที่ดูดใช้เพื่อการกลั่น (มิลลิลิตร)

Wt. of sample (กรัม) = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

3.7.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P)

1. เตรียมสารมาตรฐาน 50 ppm P จาก Potassium dihydrogen phosphate ปริมาณ 0.022 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติม Conc. Nitric acid ลงไป 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1, 3, 5, 7, 9, 10 และ 15 ppm โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน 100 ppm-P มา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

3. เติม Murphy reagent (ในดินใช้ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ส่วนน้ำหมักใช้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

4. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร และความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร

สูตรคำนวณ

$$\text{Total P (\%)} = \frac{\text{ppm from curve} \times \text{Final Volume}_1\ (\text{mL}) \times \text{Final Volume2 (mL)} \times 10^{-4}}{\text{Aliq. (mL)} \times \text{Wt. of sample (g)}}$$

เมื่อกำหนดให้

ppm from curve = ความเข้มข้นของ P ในสารละลายตัวอย่างเกี่ยวกับ Working standards

Final volume$_1$ (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

Final volume$_2$ (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับในการเจือจางสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

Aliq. (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ดูดมาเจือจาง (มิลลิลิตร)

Wt. of sample (กรัม) = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

3.7.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน 10 ppm-K จาก Potassium Chloride ปริมาณ 0.0019 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm-K โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน 100 ppm-K มา 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรจนครบ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. นำสารละลายมาตรฐาน K แต่ละความเข้มข้นไปตรวจวัดด้วยเครื่อง Flame Photometer

4. นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยไปตรวจวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Flame Photometer โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน K

สูตรคำนวณ

$$\text{Total K (\%)} = \frac{\text{ppm from curve} \times \text{Final volume}_1\ (\text{mL}) \times \text{Final volume}_2\ (\text{mL}) \times 10^{-4}}{\text{Aliq. (mL)} \times \text{Wt. of sample (g)}}$$

เมื่อกำหนดให้

ppm from curve = ความเข้มข้นของ K ในสารละลายตัวอย่างเกี่ยวกับ Working standards

Final volume1 (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

Final volume2 (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับในการเจือจางสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

Aliq. (มิลลิลิตร) = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ดูดมาเจือจาง (มิลลิลิตร)

Wt. of sample (กรัม) = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

3.7.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร (น้ำกลั่นโดยปริมาตร) ได้แก่ ดินก่อนปลูก และหลังปลูก นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter แล้วบันทึกผล

3.7.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (น้ำหนักโดยปริมาตร) ได้แก่ ดินก่อนปลูก และหลังปลูก นำไปวัดค่า EC ด้วยเครื่อง EC meter หน่วยเป็นเดซิซีเมนส์ต่อเมตร แล้วบันทึกผล

3.7.6 การหาค่าอินทรียวัตถุ

1. ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย 1N Potassium dichromate ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. เติม Conc. sulfuric acid ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
4. หยดสารละลาย O-phenanthroline ferrous complex indication 2 หยด
5. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.5 N Ferrous sulfate จุดยุติได้สารละลายสีน้ำตาลแดง
6. ทำ Blank โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 2-5 และคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุ

สูตรคำนวณ

$$OM\ (\%) = [(N\ K_2Cr_2O_7 \times mL\ K_2Cr_2O_7) - (N\ FeSO_4 \times mL\ FeSO_4)] \times \frac{0.003 \times 100 \times 100 \times 100}{\text{Wt. of soil} \quad 77 \quad 58}$$

3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

3.8.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธีของ Rutherford *et al.* (2006)

3.8.1.1 การเตรียมสารละลาย

1) Mixed catalyst ผสม Potassium sulfate: Copper (II) sulfate ในอัตราส่วน 8.8:1 (โดยน้ำหนัก)

2) สารละลาย Mixed indicator โดยการชั่ง Bromocresol green จำนวน 0.099 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Ethanol ลงไป 10-20 มิลลิลิตร คนให้ละลาย และชั่ง Methyl red จำนวน 0.066 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Ethanol ลงไป 10-20 มิลลิลิตร คนให้ละลาย จากนั้นนำสารละลายทั้งสองอย่างเทรวมกันและคนให้สารละลายเข้ากันปรับปริมาณให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3) สารละลาย 2% Boric acid โดยการชั่ง Boric acid จำนวน 80 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20-40 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว เติมน้ำ กลั่นลงไป 3 ใน 4 ส่วน และคนด้วยแท่งแก้ว เมื่อสารละลายเข้ากันแล้วเติม mixed indicator ประมาณ 80 มิลลิลิตร และปรับสีของสารละลายให้เป็นสีม่วงอมแดงโดยใช้ 0.1 *M* sodium hydroxide (สารละลายมีค่า pH= 4.8-5.0) จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 4,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

4) สารละลาย NaOH 10 *M* โดยการชั่ง Sodium hydroxide จำนวน 404.04 กรัม ใส่ ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 300-500 มิลลิลิตร คนให้สารละลายโดยการคนสารละลายในตู้ดูดควัน และตั้งบีกเกอร์ (Beaker) ไว้ในกะละมังที่มีน้ำเพื่อลดความร้อนของสารละลายที่อยู่ในบีกเกอร์ (Beaker) และตั้งทิ้งไว้ให้เย็นค่อยๆ เติมน้ำกลั่น คนสารละลายให้เข้ากัน และ ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.8.1.2 วิธีการวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างมูลไส้เดือนดินปริมาณ 2.00 กรัม ใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติม Mixed catalyst จำนวน 3.5 กรัม และเติม 98 เปอร์เซ็นต์ sulfuric acid ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2) นำไปตั้งบนเตาสำหรับย่อยตัวอย่าง (Digestion block) โดยการตั้งเวลาย่อย 4 Set ได้แก่ Set 1 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที Set 2 อุณหภูมิ 150 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที Set 3 อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และ Set 4 อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 210 นาที (ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน) นำออกจากเตาย่อย หลังจากนั้นใส่น้ำกลั่น 10-15 มิลลิลิตร (ทิ้งไว้ให้เย็น) แล้วเทใส่ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร

3) ใช้ Volumetric pipet สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ใน digestion flask นำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่น ปิเปต 2% Boric acid ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น (ตั้งค่าเครื่องกลั่นโดยการเติม NaOH 10 *M* ปริมาณ 30 มิลลิลิตร) โดยให้ปลายเครื่องกลั่นจุ่มอยู่ใน Erlenmeyer flask ที่บรรจุ 2% Boric acid ทำการกลั่นจนกว่าจะได้สารละลายใน Erlenmeyer flask ปริมาณ 40 มิลลิลิตร

4) นำสารละลายที่ได้ไปเตรทกับสารละลายมาตรฐาน sulfuric acid 0.01 *M* บันทึกผล

5) ทำ Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

สูตรคำนวณ

$$\text{Total N, g kg}^{-1} = \frac{(\text{mL sample} - \text{mL blank}) \times M \times 28.01 \times \text{Final volume (mL)}}{\text{Oven-dry mass of soil sample (g)}}$$

เมื่อกำหนดให้

mL sample = ปริมาตรของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

mL blank = ปริมาณของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

Final volume = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างที่ปรับก่อนดูดใช้ตัวอย่างเพื่อการกลั่น (มิลลิลิตร)

Oven-dry mass of soil sample (g) = น้ำหนักแห้งของดิน

3.8.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)

โดยวิธีของจริยา (2551) วิเคราะห์ด้วย Spectrophotometric molybdovanado phosphate method ใช้กรดผสม (Perchloric acid : Nitric acid อัตรา 1:1) ในการย่อยตัวอย่าง เพื่อให้ฟอสฟอรัสในตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนอยู่ในรูปสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับ Molybdovanadate reagent วัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วย Spectro-photometer ที่ความยาวคลื่น 400-420 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

3.8.2.1 การเตรียมสารละลาย

1) กรดผสม Perchloric acid : Nitric acid อัตรา 1:1 ผสม 69-70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid กับ 69-70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

2) Molybdovanadate reagent ชั่ง Ammonium molybdate ปริมาณ 40 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อน (น้ำกลั่น) ปริมาณ 400 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เย็น ชั่ง Ammonium metavanadate ปริมาณ 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อน (น้ำกลั่น) ปริมาณ 300 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติม 69-70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ปริมาณ 450 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เย็นค่อยๆ รินผสมกับสารละลาย Ammonium molybdate ลงในสารละลาย Ammonium metavanadate ใน Volumetric flask ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เขย่าให้เข้ากันและถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชา

3.8.2.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard P) 1,000 ppm ชั่ง Dipotassium phosphate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ปริมาณ 1.0984 กรัม ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

สูตรคำนวณ

$$\text{Total Phosphorus (\%)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 100}{10^6 \times V_a \times W}$$

เมื่อกำหนดให้

C = ความเข้มข้น P ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ Std.curve-P (ppm.)

V_f = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์

V_d = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย

V_a = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

3.8.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

โดยวิธีของวรรณรัตน์และชฎาพร (2551) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมด้วย Atomic Absorption Spectro-photometer โดยการวัดความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมาของตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรดผสม เปรียบเทียบสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม

3.8.3.1 การเตรียมสารละลาย

1) สารละลาย Suppressor ชั่ง Calcium carbonate ปริมาณ 12.50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม 36-38 เปอร์เซ็นต์ hydrochloric acid ปริมาณ 105 มิลลิลิตร ลงไปทีละน้อย นำไปต้มพอเดือด ทิ้งไว้ให้เย็น เทใส่ Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

2) กรดผสม กรดผสม Perchloric acid : Nitric acid อัตรา 1:1 ผสม 69-70 เปอร์เซ็นต์ Nitric acid กับ 69-70 เปอร์เซ็นต์ Perchloric acid ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

3.8.3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (Standard K) 100 ppm ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

2) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ppm (Working standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm ปริมาณ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric flask จนาด 100 มิลลิลิตร

3.8.3.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1) ชั่งตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดผสม Perchloric acid : Nitric acid ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน Hot plate หรือ Digestion block ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะสีใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที จากนั้นยกลงจาก Hot plate หรือ Digestion block ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2) เทสารสะลายตัวอย่าง และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ในกรณีที่เป็นสารละลายมีตะกอนขุ่นให้นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

3.8.3.4 วิธีการวิเคราะห์

1) ปิเปตสารละลายตัวอย่าง ข้อ 3.8.3.3 (2) ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0-15 ppm ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

2) นำ Working standard 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ppm เติมสารละลาย Suppressor 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

3) นำสารละลาย ข้อ 1) และ 2) ไปวัดค่า Intensive of emission ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความ

เข้มข้นของโพแทสเซียมกับค่า Intensive of emission ของ Working standard (Standard curve)

สูตรคำนวณ

$$\%K_2O = \frac{1.2046 \times \text{ppm K} \times \text{dilution factor} \times 100}{\text{Wt of sample} \times 10^6}$$

3.8.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัมต่อน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (น้ำหนักโดยปริมาตร) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด (Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา) คนตัวอย่างและน้ำให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter แล้วบันทึกผล (Lazcano *et al*, 2008)

3.8.5 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัมต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (น้ำหนักโดยปริมาตร) ในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด (Control กากยีสต์ ฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา) โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อน้ำ 1:10 คนตัวอย่างและน้ำให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วแล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง EC meter หน่วยเป็นเดซิซีเมนส์ต่อเมตร (dS/m) แล้วบันทึกผล (Lazcano *et al*, 2008)

3.8.6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในมูลไส้เดือนดิน และในน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน โดยวิธีของวรรณรัตน์และสงกรานต์ (2551)

3.8.6.1 การเตรียมสารละลาย

1) สารละลายมาตรฐาน Potassium dichromate (Oxidizing agent) 1N

1.1) ชั่งสารละลายมาตรฐาน Potassium dichromate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ปริมาณ 49.0247 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มิลลิลิตร

1.2) เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คนให้สารละลายจนหมดถ่ายและล้างสารละลายใส่ใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเขย่าให้เข้ากัน

2) สาละลาย Ferrous sulfate (Reducing agent) 0.5 N

2.1) ชั่ง Ferrous sulfate ปริมาณ 139.0085 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2.2) เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร คนให้สารละลายจนหมด ถ่ายและล้างสารละลายใส่ใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3) สารละลาย O-phenanthroline ferrous sulfate indicator sulfate

3.1) ชั่งสารละลาย O-phenanthroline ปริมาณ 0.1850 กรัม และชั่งสารละลาย Ferrous sulfate ปริมาณ 0.0875 กรัมใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันจนสารละลายหมด

4) สารละลาย Silver sulfate 98 เปอร์เซ็นต์ H_2SO_4

4.1) ชั่ง Silver sulfate ปริมาณ 15 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติม 98 เปอร์เซ็นต์ H_2SO_4 ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร คนให้สารละลายเข้ากัน

3.8.6.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

1) ชั่งตัวอย่างมูลไส้เดือนดินจำนวน 0.1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2) ปิเปตสารละลาย Potassium dichromate ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เติมลงไปในตัวอย่างมูลไส้เดือนดินในข้อ 1)

3) เติม 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid หรือสารละลาย Silver sulfate ใน 98 เปอร์เซ็นต์ Sulfuric acid (กรณีที่ตัวอย่างมี Chloride (Cl)) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างมูลไส้เดือนดินในข้อ 1 อย่างช้าๆ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควันเป็นเวลา 16 ชั่วโมง

4) เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย O-phenanthroline ferrous sulfate 0.5 มิลลิลิตร

3.8.6.3 วิธีการวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างมาไตเตรทด้วยสารละลาย Ferrous sulfate จนได้สารละลายสีเขียวและเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดง แสดงว่าถึงจุดยุติและบันทึกผล

สูตรคำนวณ

$$\% \text{ อินทรียคาร์บอน (OC)} = \frac{0.3896 \times N \times \text{ml of } K_2Cr_2O_7 \text{ (C-D)}}{\text{Wt. of sample (g)} \times C}$$

เมื่อกำหนดให้

B = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่เติมลงไปในตัวอย่างและ Blank (ml)

C = ปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ ที่ไตเตรทพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน Blank (ml)

D = ปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ ที่ไตเตรทพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน ตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$

% อินทรียวัตถุ (OM) = %OC x 1.7241 (Equtivalent to soil)

ค่า C/N = (%OC) / (%TN)

%TN = ปริมาณ Total Nitrogen (%)

3.8.7 ปริมาณกรดฮิวมิก (Humic acid)

โดยวิธีของ Valdrighi *et al*, (1996) ชั่งตัวอย่างมูลไส้เดือนดิน 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Sodium hydroxyl ความเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ตั้งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองส่วนที่ไม่ละลายออกเก็บส่วนที่ใสที่ได้จากการกรองไว้ นำส่วนที่ไม่ละลายมาเติม Sodium hydroxyl 0.5 N อีกครั้ง แล้วเทส่วนที่ใสรวมกับส่วนใสที่ได้จากการกรองครั้งแรกและใส่ Hydrochloric acid 0.5 N ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กรองตะกอนที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำตะกอนที่กรองได้พร้อมกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 ชั่วโมง นำมาใส่ใน Desiccator เป็นเวลา 20 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด และนำไปคำนวณหาปริมาณกรดฮิวมิก

สูตรคำนวณ

$$\% \text{ Humic acid} = \frac{(C-B) \times 100}{A}$$

เมื่อกำหนดให้

A = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองอบแห้ง (กรัม)

C = น้ำหนักกระดาษกรองที่กรองฮิวมิกแล้วอบแห้ง (กรัม)

3.8.8 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยวิธีการของ Sumanta *et al.* (2014)

3.8.8.1 การเตรียมตัวอย่าง

1) นำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 0.2 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge ขนาด 15 มิลลิลิตร

2) เติมสารละลาย Methanol ความเข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (เครื่อง Homogenized) ที่ 1,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

4) เทสารละลายที่ได้ใส่ในหลอด Centrifuge ขนาด 15 มิลลิลิตร เพื่อนำสารละลายที่ได้ไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง Havard Trip Balance

5) หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

6) ดูดสารละลายส่วนที่ใส (Supernatant) ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดเพื่อทำการทดลองต่อไป

3.8.8.2 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

1) นำส่วนที่ใสที่ได้จากการ Centrifuge ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร

2) สูตรคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังสมการ

$$C_a = 15.65\ A_{666} - 7.340\ A_{653}$$

$$C_b = 27.05\ A_{653} - 11.21\ A_{666}$$

$$C_{x+c} = 1000\ A_{470} - 2.860\ C_a - 129.2\ C_b\ /245$$

3.8.9 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการสกัดสารและใช้สำหรับวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างผักกวางตุ้งดอกที่บดละเอียด จำนวน 5 กรัม ใส่ขวดทดลองขนาด 4 ออนซ์

2. เติมสารละลาย Methanol ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

3. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 155 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยด์เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการทดลองต่อไป

3.8.10 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธีของจิราภรณ์และมัณฑนา (2555)

3.8.10.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยชั่ง Gallic acid มา 0.0255 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 25 มิลลิลิตร ด้วย Methanol ความเข้มข้น 99.9 เปอร์เซ็นต์

2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปตสารละลายที่ได้จาก 1.1) มา 0.25, 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 แล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วย Methanol

3) เตรียมสารละลาย Folin Ciocalteu ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยตวงสารละลาย Folin Ciocalteu 10 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน

4) เตรียมสารละลาย Sodium Carbonate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยชั่งสาร Sodium Carbonate 10 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3.8.10.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิก

1) ปิเปตสารละลาย Methanol (Blank) สารละลายมาตรฐาน Gallic acid แต่ละความเข้มข้นและสารสกัดตัวอย่าง ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มา 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2) เติมสารละลาย Folin Ciocalteu ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

3) เติมสารละลาย Sodium Carbonate ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

4) นำสารละลายจากข้อ 3. ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid แล้วรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของ Gallic acid equivalent ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg GAE/100 g of sample)

3.8.11 การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยดัดแปลงจากวิธีการของจิราภรณ์และมัณฑนา (2555)

3.8.11.1 การเตรียมสารละลาย

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1.1) การเตรียมสารละลาย Quercetin ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยชั่งสารละลาย Quercetin มา 0.0263 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 25 มิลลิลิตร ด้วย Methanol

1.2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Quercetin ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 1.1.1) มา 0.25, 0.50, 1.00 และ 2.00 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วย Methanol

2) การเตรียมสารละลาย Sodium nitrite ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Sodium nitrite 2.5510 กรัม ละลายละปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3) เตรียมสารละลาย Aluminium chloride ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่ง Aluminium chloride มา 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย Methanol ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

4) เตรียมสารละลาย Sodium hydroxide ความเข้มข้น 1 โมลาร์ โดยการชั่ง Sodium hydroxide มา 10.1010 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

3.8.11.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

1) ปิเปต Methanol สารละลายมาตรฐาน Quercetin แต่ละความเข้มข้น และสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มา 250 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร และสารละลาย Sodium nitrite ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 75 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที

3) เติมสารละลาย Aluminium chloride ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 6 นาที

4) เติมสารละลาย Sodium hydroxide ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 775 ไมโครลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

5) นำสารไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน Quercetin แล้วรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของ Quercetin ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg QE/g of sample)

3.8.12 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน โดยวิธีของจิราภรณ์และมัณฑนา (2555)

3.8.12.1 การเตรียมสารละลาย

1) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1.1) การเตรียมสารละลาย Tannic acid ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยการชั่ง Tannic acid มา 0.0250 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 25 มิลลิลิตร ด้วย Methanol

1.2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Tannic acid ความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 1.1) มา 0.025, 0.050, 0.100, 0.200, 0.300, 0.400 และ 0.500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วย Methanol

2) เตรียมสารละลาย Folin Ciocalteu ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยตวงสารละลาย Folin Ciocalteu 50 มิลลิลิตร และน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

3) เตรียมสารละลาย Sodium Carbonate ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ โดยการชั่งสารละลาย Sodium Carbonate 7 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

3.8.12.2 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน

1) ปิเปต Methanol (Blank) สารมาตรฐาน Tannic acid แต่ละความเข้มข้นและสารสกัดตัวอย่าง ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มา 120 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2) เติมน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin Ciocalteu ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 120 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที

3) เติมสารละลาย Sodium Carbonate ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที

4) นำสารละลายจากข้อ 3) ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน Tannic acid แล้วรายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลของ Tannic acid ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mg TTE/g of sample)

3.8.13 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH โดยประยุกต์ตามวิธีของ Singh *et al*. (2002), จิราภรณ์และมัณฑนา (2555)

1. การเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร โดยการชั่งสารละลาย DPPH มา 0.0394 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วย Methanol ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที เก็บในขวดสีชา (ควรใช้สารละลายให้หมดภายใน 24 ชั่วโมง)

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระแบบ DPPH

2.1 ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2.2 เติมสารละลาย DPPH จากข้อ 1. ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที

2.3 สำหรับหลอด Control เติมเฉพาะสารละลาย DPPH จากข้อ 1) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที

2.4 นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยใช้สารละลาย Methanol เป็น Blank

2.5 นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ คำนวณหา เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%inhibition) อนุมูล DPPH

3. การคำนวณหาปริมาณสารที่มีอยู่ในตัวอย่างโดยแทนค่าในสมการ

$$\%inhibition = [1 - (A_{sample}/A_{control})] \times 100$$

โดย $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

3.8.14 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP (Ferric reducing antioxidant power) โดยประยุกต์ตามวิธีของจิราภรณ์และมัณฑนา (2555)

3.8.14.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลาย Ferrous sulfate ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง Ferrous sulfate มา 0.0070 กรัม ละลายและปรับปริมาตรจนครบ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน Ferrous sulfate ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 1.1) มา 0.05, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.8.14.2 การเตรียมสารละลาย FRAP

1) เตรียมสารละลาย Acetate buffer ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.6 ความเข้มข้น 0.3 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร Sodium acetate มา 15.50 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 800 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับความเป็นกรดด้วย Acetic acid เข้มข้น จนกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะเท่ากับ 3.6 จากนั้นเทลงในขวดวัดปริมาตร แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

2) เตรียมสารละลาย Ferric chloride ความเข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยชั่ง Ferric chloride anhydrous มา 0.3277 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3) เตรียมสารละลาย Hydrochloric acid ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ โดยปิเปต Hydrochloric acid มา 0.33 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำปราศจากไอออนอยู่ประมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 มิลลิลิตร

4) เตรียมสารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง TPTZ มา 0.3154 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Hydrochloric acid ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ในข้อ 2.3) จนครบ 100 มิลลิลิตร

5) เตรียมสารละลาย FRAP โดยใช้สารละลายในข้อ 1.:2.:4. ในอัตราส่วน 10:1:1 ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที

3.8.14.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ

1) ปิเปตเอทานอลเข้มข้น (blank) สารมาตรฐาน Ferrous sulfate แต่ละความเข้มข้นและสารสกัดตัวอย่าง ความเข้มข้น 11.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มา 150 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2) เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 2.8500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที

3) นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐาน Ferrous sulfate แล้วรายงานผลในหน่วยของมิลลิโมลาร์ของ Ferrous sulfate ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (mMFe(II)/100 g of sample)

3.9 วิธีการศึกษา

3.9.1 แผนการทดลอง

3.9.1.1 ศึกษาผลของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และคุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

โดยการใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ขนาดโตเต็มวัยจำนวน 600 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) จำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ ซึ่งแต่ละภาชนะจะบรรจุวัสดุเพาะเลี้ยงภาชนะละ 3 กิโลกรัม ประกอบด้วย ดิน:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนมแห้ง ในอัตราส่วน 1:1:1 ทำการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกะละมังพลาสติกสีดำขนาดความสูง 12.50 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ร่วมกับการ

ให้อาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ Control, กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา โดยให้อาหารในการเพาะเลี้ยงทุก 7 วัน ซึ่งในแต่ละครั้งจะให้อาหารครั้งละ 20 กรัม จากนั้นทำการจดบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและเก็บมูลไส้เดือนดินทุกๆ 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง เป็นระยะนานเวลา 90 วัน เพื่อนำมูลไส้เดือนดินที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

3.9.1.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย มูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด (Control, กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา) โดยการชั่งมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดประมาณ 1 กิโลกรัม ห่อด้วยผ้าขาวบางและนำมาหมักแบบเติมอากาศในภาชนะที่มีวัสดุผสม ซึ่งประกอบด้วย น้ำ:กากน้ำตาล:รำข้าว ในอัตราส่วน 1,000:1:50 (โดยน้ำหนัก) และคนสารผสมให้เข้ากันก่อนทำการหมัก โดยทำการหมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทุก 7 วัน จำนวน 4 ครั้ง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อไป

3.9.1.3 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis)

โดยการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำๆละ 10 ต้น ประกอบด้วย น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 5 ชนิด ได้แก่ Control, กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, ผักตบชวา และชุดควบคุม (ไม่ให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) โดยการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากข้อ 3.9.1.2 มาเจือจางด้วยน้ำที่อัตราส่วน 1:500 มิลลิลิตร (น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อน้ำ) ซึ่งจะเริ่มราดน้ำหมักมูลไส้เดือนดินหลังจากเมล็ดงอก 15 วัน จากนั้นทำการเก็บบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอกทุก 5 วัน จำนวน 6 ครั้ง โดยการราดน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทุก 6 วัน และทำการเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อต้นมีอายุ 39 วันหลังงอก

3.10 การปลูกและการดูแลรักษา

3.10.1 การเตรียมวัสดุปลูก

การเตรียมวัสดุปลูกสำหรับปลูกผักกวางตุ้งดอก เริ่มจากการตากดินทิ้งไว้นาน 7 วัน เพื่อฆ่าเชื้อโรคและวัชพืชที่ติดมากับดิน และพรวนดินทุก 2-3 วัน เพื่อให้ดินร่วนซุย ต่อมานำมูลวัวนม

แห้งมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อเอาเศษหญ้าและสิ่งไม่พึงประสงค์ออกจากมูลวัว หลังจากนั้นนำดิน มูลวัวนมแห้ง และแกลบดิบมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ในอัตราส่วน 2:1:1 (โดยปริมาตร) แล้วกรอกวัสดุปลูกใส่ในถุงพลาสติกดำขนาด 6x9 เซนติเมตร โดยบรรจุวัสดุปลูกถุงละ 3 กิโลกรัม

3.10.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์

การเตรียมเมล็ดพันธุ์เพื่อนำไปปลูกลงในวัสดุปลูก เริ่มจากการนำเมล็ดผักกวางตุ้งดอกไปเพาะในกระดาษเพาะเมล็ด โดยการตัดกระดาษเพาะใส่ลงในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดจากนั้นฉีดพ่นน้ำใส่กระดาษเพาะจนเปียกชุ่มแล้วจึงใส่เมล็ดผักกวางตุ้งดอกลงไปแล้วปิดฝากล่องให้สนิทเพาะทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นนำเมล็ดที่ได้มาเพาะในถาดหลุมด้วยพีทมอส โดยหยอดเมล็ดลงในถาดหลุมหลุมละ 1 เมล็ด และรดน้ำให้ชุ่มอย่างสม่ำเสมอจนเมล็ดงอกประมาณ 7 วัน

3.10.3 การดูแลรักษา

หลังจากเมล็ดงอก 7 วัน ให้ถอนย้ายต้นกล้าผักกวางตุ้งดอกลงในถุงพลาสติกดำขนาด 6x9 เซนติเมตร ถุงละ 1 ต้น และรดน้ำสม่ำเสมอทุกวันในปริมาณถุงละ 500 มิลลิลิตร วันละ 2 ครั้ง หลังจากเมล็ดงอก 15 วัน นำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมาราดลงในวัสดุปลูกที่ระดับความเข้มข้น 1:500 มิลลิลิตร (น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อน้ำ) โดยการราดน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทุก 6 วัน จำนวน 5 ครั้ง และทำการเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อต้นอายุ 39 วัน

3.10.4 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรู

การป้องกันการใช้กับดักกาวเหนียวสามารถใช้ดักจับแมลงศัตรูผักได้หลายชนิด โดยส่วนใหญ่เป็นแมลงในเวลากลางวัน ได้แก่ เพลี้ยไฟ แมลงวันทอง หนอนชอนใบ และผีเสื้อกลางวันชนิดต่างๆ เช่น ผีเสื้อหนอนชอนใบ หนอนกระทู้หอม หนอนคืบ หนอนกินใบ เป็นต้น วัสดุที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้ คือ ฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลือง ถุงพลาสติกใส วัตถุประสงค์เพื่อใช้ล่อแมลงให้เข้ามาติดกับดักกาวเหนียวที่ทาไว้ โดยการปักกับดักกาวเหนียวด้วยระยะห่าง 4x4 เมตร ถ้าในฤดูหนาวมีการระบาดของแมลงน้อยให้ใช้กับดักกาวเหนียว 15-20 กับดักต่อพื้นที่ 1 ไร่ ถ้าในฤดูร้อนมีการระบาดของแมลงมากควรติดกับดักแมลงประมาณ 60-80 กับดักต่อพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งสามารถลดการใช้สารฆ่าแมลงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และควรทาป้ายกับดักซ้ำอีกครั้งหนึ่งจะทำให้กาวเหนียวอยู่ได้นานประมาณ 10-15 วัน หลังจากนั้นจึงทาหรือป้ายใหม่ แต่ก่อนทาหรือป้ายกาวเหนียวที่กับดักใหม่นั้นควรทำความสะอาดกับดักก่อนทุกครั้งแล้วจึงใช้ถุงพลาสติกใสครอบด้วยกาวเหนียว (การเปลี่ยนถุงควรดึงถุงเก่าแล้วนำถุงใหม่มาติดตั้งแทน) กาวเหนียวที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้ คือ บีเทิ้ล กลู เป็นผลิตภัณฑ์กาวน้ำดักแมลงที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ทำลายสภาวะแวดล้อม และเก็บไว้ได้นาน โดยไม่มีส่วนผสมของสารออกฤทธิ์จึงไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2552)

ภาพประกอบ 8 การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูด้วยกับดักกาวเหนียว

3.11 การบันทึกข้อมูล

3.11.1 การบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟรกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) โดยการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

3.11.1.1 นับจำนวนประชากรไส้เดือนดิน (ตัวต่อภาชนะ) วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ภายหลังการเพาะเลี้ยง

3.11.1.2 ชั่งน้ำหนักตัวรวมไส้เดือนดิน (กรัมต่อภาชนะ) วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ภายหลังการเพาะเลี้ยง

3.11.1.3 ปริมาณมูลไส้เดือนดิน (กรัม) วันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ภายหลังการเพาะเลี้ยง

3.11.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

3.11.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3.11.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

3.11.2.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

3.11.2.4 ปริมาณกรดฮิวมิก (Humic acid)

3.11.2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

3.11.2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)

3.11.2.7 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

3.11.2.8 อุณหภูมิ ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (องศาเซลเซียส)

3.11.3 การบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกทุก 5 วัน จำนวน 5 ครั้ง

3.11.3.1 ความสูงต้น (เซนติเมตรต่อต้น)

3.11.3.2 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

3.11.3.3 ความยาวใบ (เซนติเมตรต่อต้น)

3.11.3.4 ความกว้างใบ (เซนติเมตรต่อต้น)

3.11.3.5 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตรต่อต้น)

3.11.4 การบันทึกข้อมูลปริมาณผลผลิตเมื่อต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

3.11.4.1 น้ำหนักสดลำต้น (กรัมต่อต้น)

3.11.4.2 น้ำหนักแห้งลำต้น (กรัมต่อต้น)

3.11.4.3 ความยาวราก (เซนติเมตรต่อต้น)

3.11.4.4 น้ำหนักรากสด (กรัมต่อต้น)

3.11.4.5 น้ำหนักรากแห้ง (กรัมต่อต้น)

3.11.5 การวิเคราะห์คุณภาพผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก

3.11.5.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

3.11.5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

3.11.5.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

3.11.5.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

3.11.5.5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (IC_{50})

3.11.5.6 ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

3.11.6 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในดินก่อนปลูกและหลังปลูก 39 วัน

3.11.6.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3.11.6.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

3.11.6.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

3.11.6.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

3.11.6.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P)

3.11.6.6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

3.12 การวิเคราะห์ข้อมูล

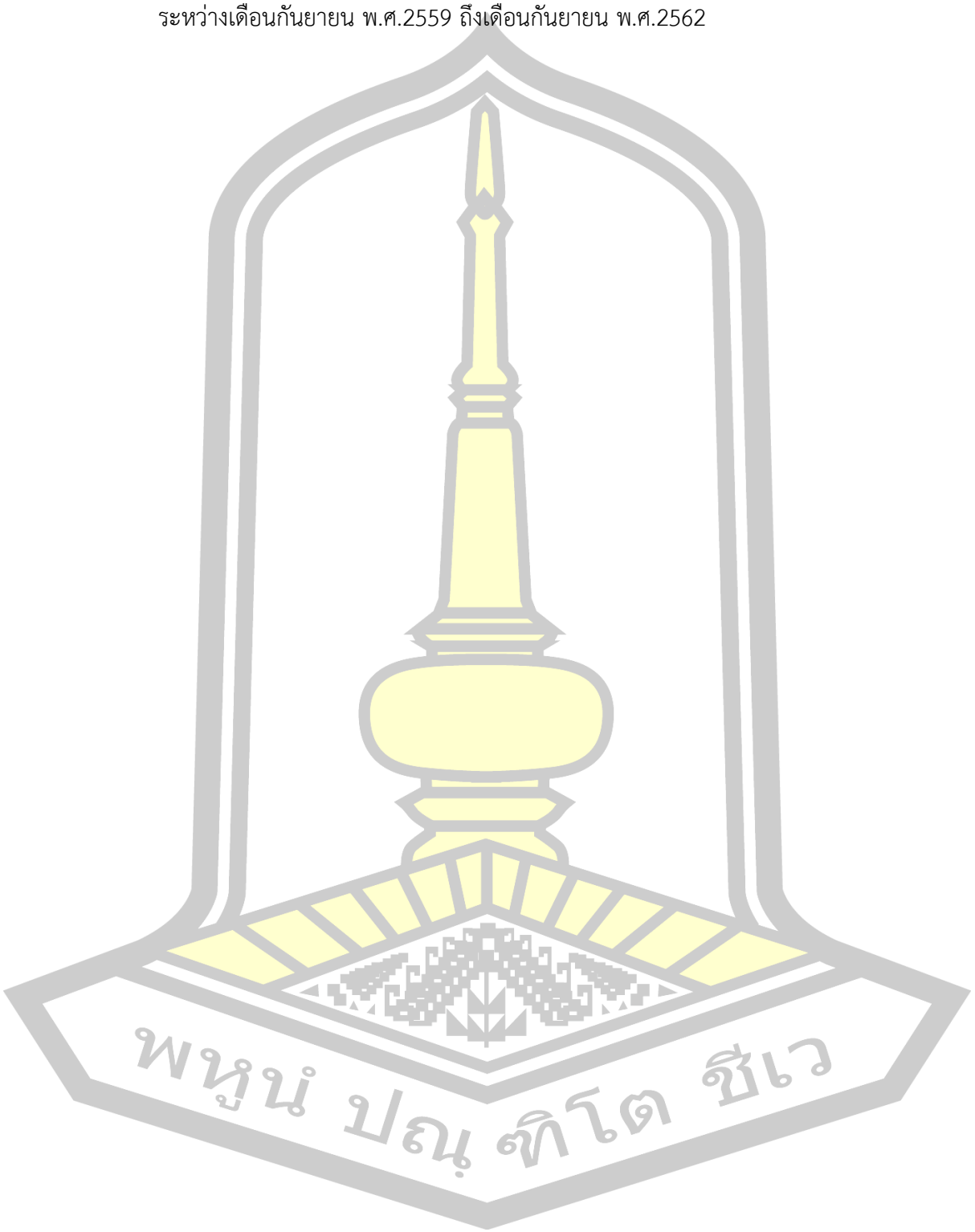
การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของข้อมูลในแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.13 สถานที่ดำเนินการวิจัย

ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองเกษตร เขตพื้นที่ขามเรียง และห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

3.14 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ.2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2562



บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

จากการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ Control, กากยีสต์ ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา ซึ่งจะได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงทุก 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 90 วัน ผลการทดลองพบว่า

4.1.1 จำนวนประชากรไส้เดือนดิน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด โดยมีจำนวนประชากรของไส้เดือนดินเริ่มต้นทดลองจำนวน 30 ตัวต่อภาชนะ ซึ่งผลการทดลองพบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินในช่วงแรกมีอัตราการเจริญเติบโตช้า จึงทำให้จำนวนประชากรของไส้เดือนดินค่อนข้างคงที่และไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 15 ของการเพาะเลี้ยง ขณะที่การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30 พบว่าไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้ผักตบชวา กรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหาร และกรรมวิธีที่ให้ Control มีจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมากที่สุด คือ 30.50±0.58, 30.50±0.58 และ 29.25±1.50 ตัว ตามลำดับ ภายหลังการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินตั้งแต่วันที่ 45 จนถึงวันที่ 90 พบว่าจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมีทิศทางไปในทางเดียวกัน โดยพบว่าไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรของไส้เดือนดินมากที่สุด คือ 33.50±1.73, 44.75±5.12, 49.50±8.06และ 53.75±10.69 ตัว ภายหลังการเพาะเลี้ยงนาน 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารพบว่ามีจำนวนประชากรของไส้เดือนดินน้อยที่สุดเท่ากับ 23.50±2.65, 17.75±1.50, 12.50±3.32 และ 7.75±1.89 ตัว ตามลำดับ (ตาราง 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นได้ว่าการให้อาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันส่งผลต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารมีจำนวนประชากรรวมเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากสมบัติของอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินมักจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีความชื้นประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และต้องมีการระบายอากาศที่ดี ซึ่งฟางข้าวมีคุณสมบัติในการกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าการให้อาหารชนิดอื่น (สามารถ, 2558) สอดคล้องกับรายงานของสามารถ (2558) ที่กล่าวว่าสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินควรเป็นวัสดุที่สามารถกักเก็บความชื้นได้ดี ซึ่งฟางข้าวเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย และถูกนำมาใช้เป็นแหล่ง

อาหารของไส้เดือนดิน โดยการใส่ฟางข้าวบางๆ ในชั้นบนสุดของวัสดุเพาะเลี้ยง เพื่อช่วยรักษาความชื้นและเป็นอาหารของไส้เดือนดิน โดยทิ้งไว้ประมาณ 1-5 เดือน จะทำให้ได้จำนวนประชากรของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นของเศษวัสดุอินทรีย์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกิจกรรมของไส้เดือนดินและช่วยให้ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายเศษวัสดุที่ใส่ลงไปในแต่ละครั้งได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพร (2548) ศึกษาการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates* และพบว่าวัสดุรองพื้นที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนดิน คือ วัสดุรองพื้นที่ได้จากฟางข้าว (ฟางข้าว:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนม) โดยพบว่ามีน้ำหนักรวมของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (198.20 กรัม) ขณะที่ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีจำนวนประชากรไส้เดือนดินรวมเฉลี่ยลดลง เนื่องมาจากลักษณะของอาหารที่ให้มีความละเอียด เมื่อรดน้ำจะทำให้เกิดการอัดแน่น ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของไส้เดือนดินจึงส่งผลเสียกระทบโดยตรงต่อจำนวนประชากรของไส้เดือนดินที่พบว่ามีจำนวนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารชนิดอื่น (จิรายุ และคณะ, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนิพนธ์ (2548) กล่าวว่าวัสดุรองพื้นที่ดีต้องมีคุณสมบัติสามารถรักษาความชื้นได้ มีความร่วนซุย ระบายอากาศได้ดี และไม่ควรมีส่วนผสมที่มีโปรตีนหรือวัสดุอินทรีย์ที่ให้ไนโตรเจนสูง เนื่องจากเมื่อย่อยสลายจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย ส่งผลกระทบทำให้วัสดุที่เพาะเลี้ยงไส้เดือนดินขาดออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการหายใจของไส้เดือนดิน ดังนั้นการนำกากยีสต์มาใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

ตาราง 1 จำนวนประชากรไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	จำนวนประชากรไส้เดือนดิน (ตัวต่อภาชนะ) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ						
	เริ่มต้น	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	30	29.50±1.00	29.25±1.50a	26.00±2.83cd	22.50±2.89c	19.00±1.15c	15.00±1.83c
กากยีสต์	30	29.75±2.63	26.75±2.63b	23.50±2.65d	17.75±1.50d	12.50±3.32d	7.75±1.89d
ฟางข้าว	30	30.00±0.58	30.50±0.58a	33.50±1.73a	44.75±5.12a	49.50±8.06a	53.75±10.69a
วัสดุเหลือใช้ฯ	30	30.00±0.00	28.50±1.00ab	26.75±2.22bc	22.75±2.06c	17.75±2.06c	13.75±2.87cd
ผักตบชวา	30	30.25±0.50	30.50±0.58a	29.75±2.63b	28.75±2.99b	27.50±2.52b	23.75±4.79b
F-test	-	ns	**	**	**	**	**
LSD	-	-	2.00	3.12	3.42	4.97	6.52
C.V. (%)	-	1.59	4.47	7.26	8.15	12.79	18.56

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.1.2 น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน

เมื่อชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันในการเพาะเลี้ยง โดยมีน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินเริ่มต้นทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 3.52 กรัมต่อภาชนะ (Control) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (กากยีสต์) 3.51 กรัมต่อภาชนะ (ฟางข้าว) 3.50 กรัมต่อภาชนะ (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก) และ 3.53 กรัมต่อภาชนะ (ผักตบชวา) การชั่งน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินทำโดยใช้น้ำล้างเอาเศษของวัสดุรองพื้นที่ติดมากับลำตัวของไส้เดือนดินออกก่อนแล้วนำไส้เดือนดินมาชั่งน้ำหนักตัวรวมในแต่ละภาชนะที่เลี้ยงทุกวันที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ผลการทดลองพบว่าภายหลังเพาะเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินในภาชนะที่ได้รับฟางข้าวและผักตบชวาเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะมากที่สุดคือ 4.81±0.31 และ 4.70±0.16 กรัมต่อภาชนะตามลำดับ เมื่อผ่านการเพาะเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่าภาชนะที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารแก่ไส้เดือนดิน ทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมมากที่สุดคือ 5.71±0.36 กรัมต่อภาชนะ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จากกรรมวิธีควบคุม (Control) พบว่าไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมน้อยที่สุด (4.01±0.32 กรัมต่อภาชนะ) ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 45, 60, 75 และ 90 ของการเพาะเลี้ยง พบว่าน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะที่เพาะเลี้ยงในกรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารมีน้ำหนักตัวรวมสูงที่สุดเท่ากับ 6.73±0.15, 7.55±0.31 7.03±0.09 และ 6.69±0.15 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารพบว่าไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวรวมต่อภาชนะน้อยที่สุดคือ 3.27±0.13, 2.49±0.10, 1.77±0.23 และ 1.29±0.22 กรัมต่อภาชนะ ตามลำดับ (ตาราง 2) แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติของอาหารที่นำมาเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยการให้ฟางข้าวเป็นอาหารส่งผลทำให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์มีน้ำหนักมากกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยวัสดุอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติของฟางข้าวที่สามารถเก็บกักความชื้นได้ดี จึงส่งผลให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน (กิตติ และคณะ, 2553) ขณะที่จิรายุ และคณะ (2560) ศึกษาผลของวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ที่มีผลต่อน้ำหนักตัวและปริมาณมูลไส้เดือนดิน พบว่าการใช้มูลม้าเป็นวัสดุรองพื้นในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่งผลทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากที่สุด เนื่องจากในวัสดุรองพื้นที่ได้จากมูลม้าซึ่งมีลักษณะเป็นมูลที่มีฟางข้าวจำนวนมาก จึงสามารถเก็บกักความชื้นได้ดีส่งผลให้เกิดความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของไส้เดือนดิน ขณะที่การให้อาหารไส้เดือนดินโดยใช้กากยีสต์ พบว่าน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินลดลงนั้นสาเหตุอาจเนื่องมาจากกากยีสต์ที่นำมาใช้มีความละเอียดเมื่อผสมเข้ากับวัสดุรองพื้นจะทำให้เกิดการอัดแน่นประกอบกับการเพิ่มความชื้นจากการให้น้ำขณะเลี้ยงจะส่งผลทำให้วัสดุรองพื้นเกิดการแน่นแข็งตัว ซึ่งทำให้ไส้เดือนดินที่เลี้ยงขาดอากาศประกอบกับการระบายและการถ่ายเทอากาศที่ลดลงในวัสดุ

เพาะเลี้ยงจึงเกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย และอาจเป็นผลทำให้ไส้เดือนดินทิ้งที่อยู่หรือตายลง

ตาราง 2 น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	น้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน (กรัมต่อภาชนะ) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ						
	เริ่มต้น	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	3.52	3.90±0.28b	4.01±0.32d	4.21±0.23d	3.25±0.37d	2.32±0.16d	1.71±0.08d
กากยีสต์	3.50	4.24±0.22b	4.10±0.11cd	3.27±0.13cd	2.49±0.10e	1.77±0.23e	1.29±0.22e
ฟางข้าว	3.51	4.81±0.31a	5.71±0.36a	6.73±0.15a	7.55±0.31a	7.03±0.09a	6.69±0.15a
วัสดุเหลือใช้ฯ	3.50	4.24±0.15b	4.41±0.14c	4.58±0.05c	3.95±0.03c	2.70±0.32c	2.10±0.37c
ผักตบชวา	3.53	4.70±0.16a	4.96±0.04b	5.33±0.13b	5.31±0.25b	4.65±0.23b	3.54±0.26b
F-test	-	**	**	**	**	**	**
LSD	-	0.39	0.36	0.21	0.34	0.25	0.31
C.V. (%)	-	5.78	5.18	2.95	4.99	4.51	6.74

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.1.3 ปริมาณมูลไส้เดือนดิน

ปริมาณมูลไส้เดือนดินเป็นมูลที่ได้จากการกินอาหารของไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ในช่วงระยะเวลา 15, 30 และ 45 วัน หลังการเพาะเลี้ยงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ต่อมาภายหลังการเพาะเลี้ยงในวันที่ 60 และ 75 พบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณต่ำที่สุด (17.52±2.24 กรัม และ ND คือ ไม่พบมูลไส้เดือนดิน) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ จากกรรมวิธีที่ไส้เดือนดินได้รับฟางข้าวเป็นอาหารพบว่าผลิตมูลไส้เดือนดินในปริมาณมากที่สุดคือ 33.40±8.17 และ 28.73±6.33 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 3) แสดงให้เห็นว่าปริมาณมูลไส้เดือนดินที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดิน จากผลการทดลองพบว่าการให้ฟางข้าวเป็นอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่เพาะเลี้ยงจึงส่งผลช่วยส่งเสริมให้มีการผลิตมูลไส้เดือนดินมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากการบันทึกน้ำหนักมูลไส้เดือนดินที่เก็บได้ภายหลังการเลี้ยงพบว่า

ภายหลังการเลี้ยง 15 วัน ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณสูงสุดในทุกวัสดุที่ใช้เพาะเลี้ยง ขณะที่การเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นเป็น 90 วัน ส่งผลให้ไส้เดือนดินผลิตมูลในปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานวิจัยใดที่กล่าวถึงระยะเก็บมูลไส้เดือนดินที่เหมาะสมแต่อย่างใด งานทดลองนี้จึงบันทึกข้อมูลปริมาณมูลไส้เดือนดินทุก 15 วัน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาที่นานขึ้นจะได้มูลไส้เดือนดินในปริมาณที่ลดลง

ตาราง 3 ปริมาณมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณมูลไส้เดือนดิน (กรัม) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	50.41±1.86	30.12±4.31	29.05±3.94	19.96±2.06b	16.99±3.93b	13.07±3.66
กากยีสต์	43.57±3.53	31.93±4.02	23.06±3.83	17.52±2.24b	ND	ND
ฟางข้าว	66.48±29.94	36.26±8.37	36.57±9.09	33.40±8.17a	28.73±6.33a	25.02±9.96
วัสดุเหลือใช้ฯ	67.84±19.25	53.51±20.80	27.17±5.41	26.91±2.23a	15.95±3.17b	11.52±1.48
ผักตบชวา	74.16±6.79	50.87±8.12	34.26±8.74	27.79±3.41a	20.94±4.54b	19.47±8.41
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns
LSD	-	-	-	6.62	5.44	-
C.V. (%)	24.03	25.72	24.52	17.11	17.90	30.48

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ND (Not Detected) ไม่พบมูลไส้เดือนดิน

4.2 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

จากการนำมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 5 ชนิด เมื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินที่ได้มีลักษณะดังต่อไปนี้

4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่า pH ของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันแรกของการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่ได้รับผักตบชวาเป็นอาหารมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากที่สุดคือ 7.71±0.01 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีดังกล่าวมีค่า

ความเป็นกรด-ด่าง ต่ำที่สุดคือ 6.56±0.01 ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30 ภายหลังการเลี้ยงเป็นต้นไป พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารทำให้ได้มูลไส้เดือนดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงที่สุดเท่ากับ 7.98±0.01, 7.71±0.04 7.74±0.06, 7.67±0.01 และ 7.57±0.02 ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหาร ซึ่งพบว่าทำให้มูลไส้เดือนดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำที่สุด ภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 30, 45 และ 60 (6.36±0.02 6.71±0.05 และ 6.04±0.00 ตามลำดับ) ขณะที่ภายหลังเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) ซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนประชากรและน้ำหนักตัวรวมของไส้เดือนดินที่ลดลง (ตาราง 4) ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารพบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากที่สุดอาจเกิดจากสมบัติทางเคมีของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน โดยพบว่าฟางข้าวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าอาหารชนิดอื่นๆ (pH 8.20) ในขณะที่กากยีสต์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.3 (โดยธรรมชาติของไส้เดือนดินสามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5-8) (นิพนธ์, 2548 และทิพยากร และคณะ, 2536) เมื่อตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ 5.5 ถึง 8.5 ใกล้เคียงกับรายงานของนริสราและสาวิตรี (2555) ที่กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นด่างเล็กน้อยประมาณ 7.5 ถึง 8.5 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Haddad *et al*, (2014) รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 7.9 ถึง 8.3 ซึ่งผลการทดลองเหล่านี้พบว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตราฐานที่ดีของปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากโปรตีนจะถูกย่อยสลายและมีการปลดปล่อยให้แอมโมเนียออกมา (Varma *et al*, 2016) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของมูลไส้เดือนดินในช่วงแรกจะเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างจะค่อยๆ ลดลงจนอยู่ในระดับเข้าสู่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suthar (2008) รายงานว่าการที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เปลี่ยนแปลงไปอาจเกิดจากการสลายตัวของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนดิน และเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลายภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน (ณัฏฐ์ชยธรและชุลีมาศ, 2561, Elvira *et al*, 1998)

ตาราง 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	7.65±0.00ab	7.47±0.01c	7.31±0.03d	7.22±0.04c	7.17±0.04c	7.10±0.04c
กากยีสต์	6.56±0.01c	6.36±0.02d	6.71±0.05e	6.04±0.00d	ND	ND
ฟางข้าว	7.64±0.04b	7.98±0.01a	7.71±0.04a	7.74±0.06a	7.67±0.01a	7.57±0.02a
วัสดุเหลือใช้ฯ	7.69±0.04ab	7.62±0.01b	7.52±0.01c	7.51±0.00b	7.48±0.01b	7.36±0.03b
ผักตบชวา	7.71±0.01a	7.60±0.03b	7.62±0.02b	7.55±0.01b	7.47±0.01b	7.34±0.02b
F-test	**	**	**	**	**	**
LSD	0.02	0.04	0.08	0.07	0.05	0.07
C.V. (%)	0.31	0.24	0.46	0.42	0.28	0.37

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ND (Not Detected) ไม่พบมูลไส้เดือนดิน

4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่าในช่วง 15 วันของการเพาะเลี้ยง มูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 1.72±0.12 และ 1.62±0.05 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ ขณะที่ตั้งแต่วันที่ 30, 45 และ 60 ภายหลังการเพาะเลี้ยง พบว่ามูลไส้เดือนดินจากกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดคือ 1.56±0.03, 2.18±0.08 และ 2.62±0.01 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากกรรมวิธีที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหาร พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ 1.09±0.02, 1.14±0.01 และ 1.28±0.02 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ (ตาราง 5) ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุมูลเกลือในมูลไส้เดือนดินที่ละลายอยู่ในน้ำ จากการวัดสารละลายที่สกัดได้จากมูลไส้เดือนดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำพอดี (มุกดา, 2544) เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามเกณฑ์ที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้

ตาราง 5 ค่าการนำไฟฟ้าของมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	1.30±0.03b	1.23±0.04c	1.55±0.11b	1.78±0.05b	1.54±0.09b	2.40±0.01a
กากยีสต์	1.72±0.12a	1.56±0.03a	2.18±0.08a	2.62±0.01a	ND	ND
ฟางข้าว	1.21±0.01b	1.09±0.02d	1.14±0.01c	1.28±0.02c	1.13±0.04c	1.52±0.03d
วัสดุเหลือใช้ฯ	1.62±0.05a	1.19±0.01c	1.34±0.05b	1.69±0.09b	1.98±0.02a	1.87±0.01c
ผักตบชวา	1.32±0.09b	1.37±0.02b	1.47±0.03b	1.81±0.02b	1.67±0.01b	2.32±0.00b
F-test	**	**	**	**	**	**
LSD	0.18	0.07	0.16	0.13	0.13	0.04
C.V. (%)	4.91	2.38	4.24	2.80	3.00	0.85

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ND (Not Detected) ไม่พบมูลไส้เดือนดิน

4.2.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุในมูลไส้เดือนที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน ผลการทดลองใน ตาราง 6 พบว่าภายหลังการเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 15, 45, 60 และ 75 พบว่าทุกกรรมวิธีที่ได้รับอาหารแตกต่างกันมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ภายหลังการเลี้ยงในวันที่ 90 พบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารและกรรมวิธีที่ให้วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวงอกเป็นอาหารมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือ 11.10±0.86 และ 11.61±0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณอินทรียวัตถุของมูลไส้เดือนที่ได้จากอาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตราฐานอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูลไส้เดือนที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตราฐาน โดยจะต้องมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Varma *et al*, (2016) ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตมูลไส้เดือนดินโดยใช้ไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูลไส้เดือนดินมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 8.8 ถึง 35.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตราฐาน ต่อมา Haddad *et al*, (2014) รายงานว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูลไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 29.8 ถึง 36.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินพบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน เป็นผลเนื่องมาจากการบริโภคของไส้เดือนดิน และความเร็วในการย่อยสลายอินทรียวัตถุด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในมูล

ไส้เดือนดินที่ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ต่างกันจะให้อินทรียวัตถุในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายมูลโคมีปริมาณอินทรียวัตถุประมาณ 58.98 เปอร์เซ็นต์ (นริสราและสาวิตรี, 2555)

ตาราง 6 ปริมาณอินทรียวัตถุในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	9.55±1.96	10.92±0.75b	12.04±0.64	9.45±1.72	7.97±0.63	5.95±0.26c
กากยีสต์	7.80±0.65	9.87±0.16c	12.60±0.31	9.97±3.84	ND	ND
ฟางข้าว	8.49±0.36	12.23±0.75a	13.13±0.36	10.38±0.12	8.39±0.94	11.10±0.86a
วัสดุเหลือใช้ฯ	10.28±1.03	9.83±0.21c	12.79±0.44	10.67±1.35	9.38±0.69	11.61±0.11a
ผักตบชวา	8.89±1.77	10.66±1.04bc	12.82±1.34	10.53±1.19	8.04±0.51	7.97±0.72b
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**
LSD	-	1.02	-	-	-	0.78
C.V. (%)	14.57	6.33	5.75	20.11	8.47	6.33

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ND (Not Detected) ไม่พบมูลไส้เดือนดิน

4.2.4 ปริมาณกรดฮิวมิก (Humic acid)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดฮิวมิกที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณกรดฮิวมิกที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงจากผักตบชวามีปริมาณกรดฮิวมิกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.98±0.12, 6.52±0.15 และ 7.46±0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเพาะเลี้ยงนาน 15, 30 และ 60 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงจากฟางข้าวพบว่ามีปริมาณกรดฮิวมิก 5.07±0.20, 5.98±0.13 และ 7.27±0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ภายหลังการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในวันที่ 45, 75 และ 90 พบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกันมีปริมาณกรดฮิวมิกไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงนาน 75 และ 90 วัน ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) (ตาราง 7) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงจากผักตบชวามีปริมาณกรดฮิวมิกเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากปริมาณกรดฮิวมิกที่พบในมูลไส้เดือนดินใน

แต่ละกรรมวิธีมีองค์ประกอบของกรดฮิวมิกค่อนข้างแตกต่างกัน โดยกรดฮิวมิกที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณกรดฮิวมิกที่พบนั้นจะผันแปรไปตามชนิดของสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลาย (Plaza *et al*, 2009) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pramanik *et al.* (2006) พบว่ากรดฮิวมิกที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างกันก็ให้ปริมาณกรดฮิวมิกแตกต่างกัน เช่น มูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายเศษหญ้ามีปริมาณกรดฮิวมิกประมาณ 0.80 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่มูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายมูลโคจะมีปริมาณกรดฮิวมิกประมาณ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัม เป็นต้น

ตาราง 7 ปริมาณกรดฮิวมิกในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณกรดฮิวมิก (เปอร์เซ็นต์) ขณะไส้เดือนดินอายุต่างๆ					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
Control	4.08±0.27c	5.40±0.09c	6.24±0.14	6.78±0.15c	6.60±0.25	6.11±0.66
กากยีสต์	4.84±0.15b	5.40±0.30c	6.40±0.40	6.84±0.02bc	ND	ND
ฟางข้าว	5.07±0.20b	5.98±0.13b	6.75±0.15	7.27±0.08ab	7.18±0.37	7.35±0.33
วัสดุเหลือใช้ฯ	5.06±0.04b	5.97±0.26bc	6.49±0.25	6.79±0.27bc	6.94±0.03	6.89±0.21
ผักตบชวา	5.98±0.12a	6.52±0.15a	6.96±0.12	7.46±0.25a	7.41±0.09	7.35±0.06
F-test	**	**	ns	*	ns	ns
LSD	0.45	0.53	-	0.48	-	-
C.V. (%)	3.57	3.58	3.68	2.66	3.34	5.61

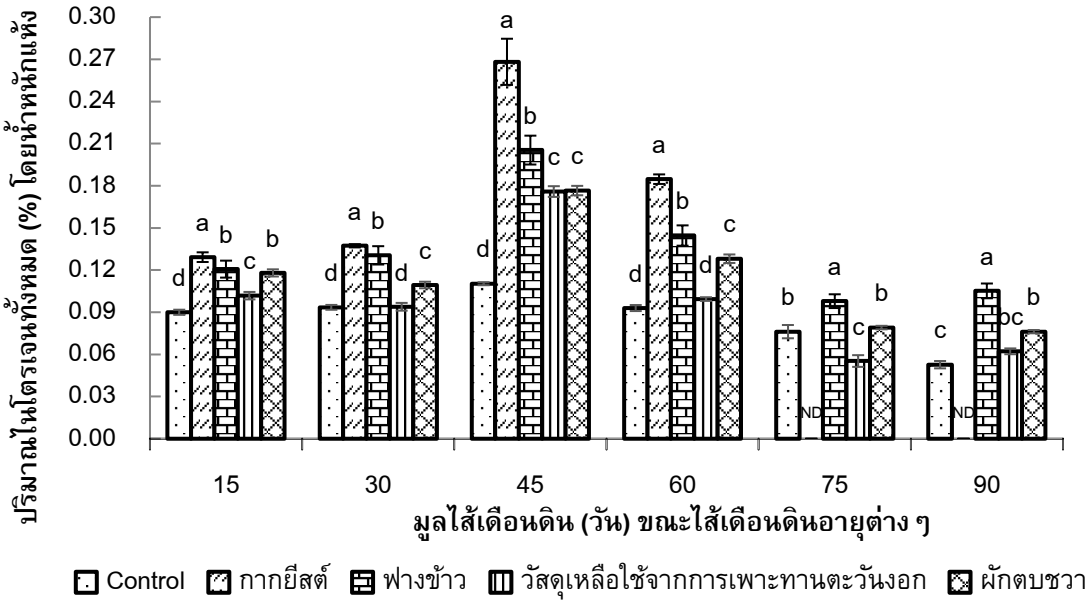
หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, ND (Not Detected) ไม่พบมูลไส้เดือนดิน

4.2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารชนิดต่างๆ แก่ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) มาย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการเพาะเลี้ยงนาน 45 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงจากฟางข้าวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ผักตบชวา 0.18 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก 0.18 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) (ภาพประกอบ 9) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากกากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมูลไส้เดือนดินจากอาหารชนิดอื่น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันตามชนิดของอาหารที่ให้ไส้เดือนดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของธันนิดา และคณะ (2561) กล่าวว่าขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายเป็นขยะที่มีความหลากหลายและยังเป็นแหล่งผลิตธาตุอาหารพืช โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดอยู่ในช่วง 0.020-0.440 เปอร์เซ็นต์ และจากการค้นข้อมูลพบว่ากากยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 3.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าในอาหารชนิดอื่น (ทิพยากร และคณะ, 2536) โดยทั่วไปไส้เดือนดินต้องการอาหารที่มีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ต่ำเพื่อให้มีการย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็ว ซึ่งการให้อาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้มากขึ้น และใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นกว่าอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (นิพนธ์, 2548 และ Cotrufo *et al*., 1995) ต่อมา Varma *et al*, (2016) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ซึ่งรวมไปถึงการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่เกิดจากความร้อนระหว่างปฏิกิริยาออกซิเดชันของอินทรียวัตถุ และส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของไส้เดือนดินและกิจกรรมการตรึงก๊าซไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์บางกลุ่มที่ไส้เดือนดินหลั่งออกมา สอดคล้องกับรายงานของ Suthar (2008) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากไส้เดือนดินมีการขับเมือกของเหลวในร่างกาย เอนไซม์ และเนื้อเยื่อที่ตายแล้วในกระบวนการย่อยอินทรียวัตถุออกมาจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

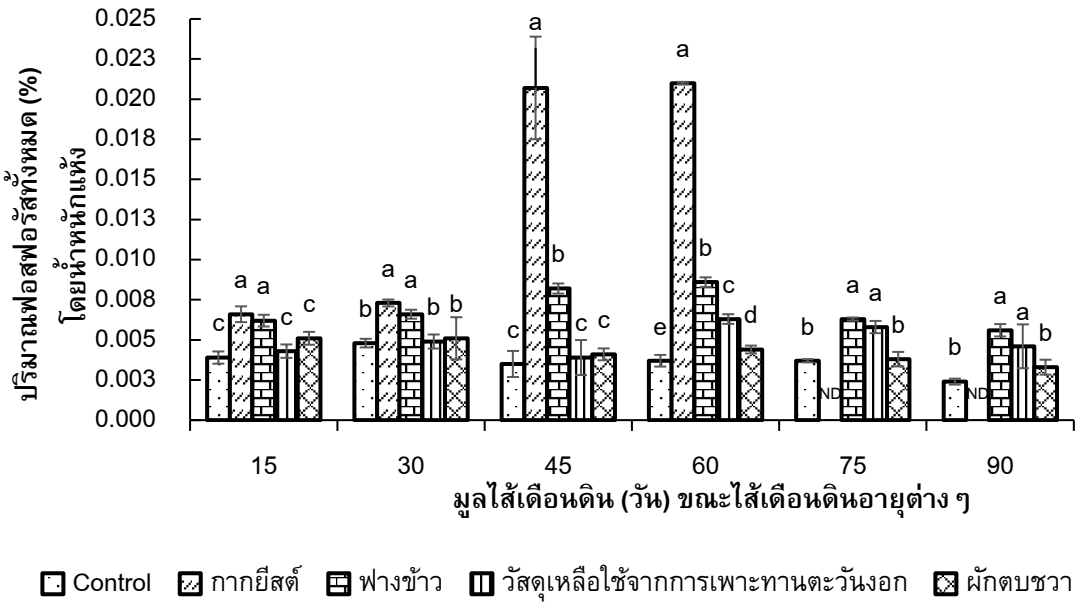


ภาพประกอบ 9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

4.2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากกากยีสต์มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.021 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 60 วัน รองลงมา คือ มูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.009 เปอร์เซ็นต์ วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก 0.006 เปอร์เซ็นต์ และผักตบชวา 0.004 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพประกอบ 10) แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารต่างชนิดกันจะส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินต่างชนิดกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบของขยะอินทรีย์ที่นำมาให้ไส้เดือนดินกิน เนื่องจากระหว่างการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน กิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatase) ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน สามารถเปลี่ยนอินทรียวัตถุให้อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Khawairakpam and Bhargava, 2009) จากรายงานการวิจัยของณัฏฐ์ชยธรและชุลีมาศ (2561) กล่าวว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละระยะเวลาเกิดจาก

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถละลายฟอสเฟตได้ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ซึ่งฟอสเฟตที่ละลายได้นี้ส่วนใหญ่เกิดจากการสร้างกรดแล้วปลดปล่อยออกมา และจากรายงานการวิจัยของ Le Bayon and Binet (2006) กล่าวว่าไส้เดือนดินเป็นสื่อกลางที่ช่วยเพิ่มปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทส ซึ่งจะไปช่วยเพิ่มปริมาณ Alkaline phosphatase โดยของเสียที่ถูกขับออกมาจากลำไส้จะกลายเป็นมูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น สำหรับการทดลองครั้งนี้พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินลดลงเนื่องจากอาหารที่ให้แต่ละชนิดทำให้มีความเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น โดยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะกับการทำงานของ phosphatizing bacteria ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธันนิดา และคณะ (2561) ศึกษาการเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.020-0.030 เปอร์เซ็นต์

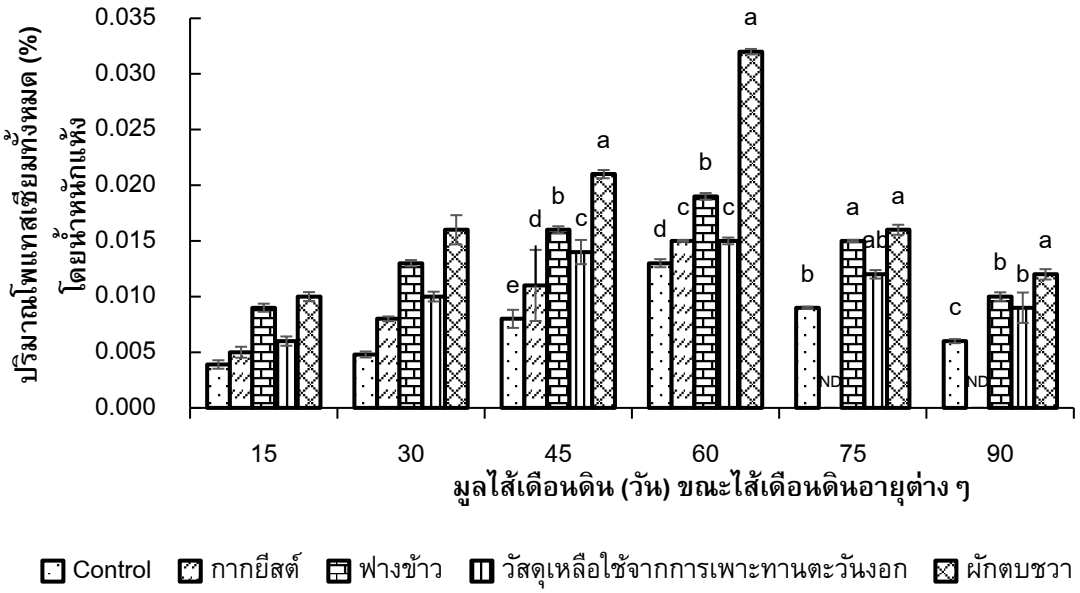


ภาพประกอบ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

4.2.7 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดิน เมื่อใช้อาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ผลการทดลองใน ภาพประกอบ 11 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหาร

ในการเพาะเลี้ยงจากผักตบชวามีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.021, 0.032, 0.016 และ 0.012 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 45, 60, 75 และ 90 วัน รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.016, 0.019, 0.015 และ 0.010 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และภายหลังการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในกรรมวิธีที่ให้กากยีสต์เป็นอาหารในวันที่ 75 และ 90 ไม่พบมูลไส้เดือนดิน (ND) จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินเมื่อใช้อาหารในการเพาะเลี้ยงต่างชนิดกัน พบว่ามีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากวัสดุเพาะเลี้ยงเริ่มต้นแต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน และระหว่างกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ มีจุลินทรีย์เกิดขึ้นจำนวนแตกต่างกันไปตามวัสดุเพาะเลี้ยงที่นำมาใช้ โดยจุลินทรีย์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้สารประกอบโมเลกุลใหญ่ๆ เล็กลงปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน (วโรทัย และคณะ, 2557)



ภาพประกอบ 11 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินภายหลังได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน

4.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยการวิเคราะห์อุณหภูมิเหนือภาชนะที่ใช้ในการทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดในภาชนะหมักที่ตำแหน่งกลางภาชนะ โดยการวัดอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 8) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการหมักและมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในระยะแรกของการหมักอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากจุลินทรีย์กำลังปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในภาชนะหมัก ต่อมาเมื่อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น อุณหภูมิในภาชนะหมักก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออินทรีย์สารถูกย่อยสลายมากขึ้นพลังงานความร้อนจากกระบวนการหมักจะสูญเสียความร้อนในการหมักออกสู่บรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิลดลงจนใกล้เคียงอุณหภูมิบรรยากาศ โดยรอบแสดงว่ากระบวนการหมักเสร็จสมบูรณ์ (ประกาศิต, 2549) โดยทั่วไปอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ จากการวัดอุณหภูมิในช่วงวันที่ 7 ของการหมักจะสังเกตุเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าในช่วงระยะเวลาของการหมักระยะอื่น เนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีกิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดขึ้น (วันวิสาข์, 2545) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดจากความร้อนที่มาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นหลัก (ธันวดี, 2543) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 26.87±0.25 จนถึง 29.87±0.25 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศที่อยู่ในช่วง 28.50±0.00 จนถึง 31.50±0.00 องศาเซลเซียส และตลอดระยะเวลาของการหมักอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เนื่องจากสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และสารอาหาร จะมีผลอย่างต่อเนื่องกับกิจกรรมและปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และสภาพแวดล้อมของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (กันยมาศ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของณัฐมณและกัณฑรีย์ (2556) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส

ตาราง 8 สมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

ระยะเวลาในการหมัก	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในภาชนะหมัก (องศาเซลเซียส)				
		Control	กากยีสต์	ฟางข้าว	วัสดุเหลือใช้ฯ	ผักตบชวา
7 วัน	31.50±0.00	29.00±0.71	29.00±0.00	29.25±0.87	29.62±0.25	29.87±0.25
14 วัน	30.50±0.00	28.37±0.75	28.75±0.50	29.00±0.82	28.25±0.50	28.25±0.50
21 วัน	29.50±0.00	28.62±0.95	28.50±0.41	29.00±0.82	28.37±0.48	28.50±0.41
28 วัน	28.50±0.00	27.00±0.41	27.00±0.41	27.00±0.41	26.87±0.25	26.87±0.25
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)				*		
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)				**		
ปัจจัย a × b				ns		
LSD				0.71		
C.V. (%)				1.78		

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4 สมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ซึ่งผลการทดลองพบว่า

4.4.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะเวลาของการหมักในช่วง 7 และ 14 วัน พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 8.01±0.05 ถึง 8.06±0.02 และ 7.45±0.08 ถึง 7.55±0.03 ตามลำดับ ต่อมาเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาของการหมัก 28 วัน พบว่ากรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้ฟางข้าวเป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมาหมัก ทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.19±0.07 รองลงมา คือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูล

ไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 8.14±0.06 (ตาราง 9) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในช่วงแรกมีค่า 8.01 ถึง 8.06 ต่อมาเมื่อเกิดกระบวนการหมักจุลินทรีย์จะผลิตสารประกอบพวกกรดอินทรีย์มากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากการหมักในช่วง 14 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินลดลง (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.45-7.55) เนื่องจากในระหว่างการผลิตน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจุลินทรีย์ได้ย่อยสลายอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีนจะเปลี่ยนโปรตีนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าลดลง (สมปอง, 2548, Komilis and Ham, 2006) และต่อมาเมื่อสารอาหารเริ่มหมดกิจกรรมของจุลินทรีย์ก็ลดลง ทำให้การหมักในวันที่ 28 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.91 ถึง 8.19 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสม สอดคล้องกับค่ามาตรฐานการทำน้ำหมักชีวภาพของกรมวิชาการเกษตรที่แนะนำว่าคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพด้านความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมคือ 5.5-8.5 และตลอดระยะเวลาของการหมักค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่ควรเกิน 8.5 อย่างเช่นในกรณีที่ปุ๋ยอินทรีย์หรือน้ำหมักชีวภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.5 จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์จะหยุดกิจกรรม แต่จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคจะทำงานได้ดีขึ้น แต่ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์หรือน้ำหมักชีวภาพมีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า 8.5 ไนโตรเจนในปุ๋ยจะเปลี่ยนเป็นก๊าซแล้วสูญเสียไปในอากาศ ทำให้สูญเสียธาตุอาหารบางอย่างหรือมีปริมาณธาตุอาหารที่ลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 9 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	8.01±0.05de	7.51±0.02hi	8.00±0.16de	8.12±0.12abc
กากยีสต์	8.03±0.06de	7.45±0.08i	7.84±0.08g	8.14±0.06ab
ฟางข้าว	8.05±0.03cde	7.55±0.03h	7.88±0.01g	8.19±0.07a
วัสดุเหลือใช้ฯ	8.06±0.02bcd	7.45±0.04i	7.91±0.07fg	7.91±0.05fg
ผักตบชวา	8.03±0.00de	7.50±0.03hi	7.97±0.05ef	7.98±0.04def
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			**	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			**	
LSD			0.08	
C.V. (%)			0.73	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

จากการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความการนำไฟฟ้าของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในระยะเวลาของการหมักช่วง 7, 14 และ 21 วัน พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างคงที่และใกล้เคียงกัน คือ 0.25±0.01 ถึง 0.26±0.01, 0.23±0.02 ถึง 0.25±0.02 และ 0.27±0.02 ถึง 0.29±0.03 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ ต่อมาเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากการหมักในช่วงระยะเวลา 28 วัน พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับกากยีสต์เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.38±0.04 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร รองลงมา คือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน (Control) และมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าวมีค่าการนำไฟฟ้า 0.35±0.06 และ 0.35±0.02 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ตามลำดับ แต่ในขณะที่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่

ได้รับอาหารจากผักตบชวาพบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.31±0.02 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (ตาราง 10)

ตาราง 10 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (เดซิซีเมนส์ต่อเมตร)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	0.25±0.01ghi	0.25±0.03ghi	0.28±0.02def	0.35±0.06ab
กากยีสต์	0.25±0.01ghi	0.23±0.02i	0.27±0.02defg	0.38±0.04a
ฟางข้าว	0.25±0.01ghi	0.24±0.02i	0.26±0.02fghi	0.35±0.02ab
วัสดุเหลือใช้	0.26±0.01fghi	0.24±0.01hi	0.29±0.03cde	0.32±0.04bc
ผักตบชวา	0.26±0.01fghi	0.25±0.02ghi	0.27±0.02efgh	0.31±0.02cd
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			ns	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			*	
LSD			0.03	
C.V. (%)			8.21	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.4.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ผลการทดลองใน ตาราง 11 พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมาหมักร่วมกับระยะเวลาของการหมักในช่วง 7 วัน มีปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.34±0.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกและผักตบชวามีปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน 0.33±0.00 และ 0.33±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อมาภายหลังการหมักน้ำ

หมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีในช่วงระยะเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีเริ่มลดลงและคงที่ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากช่วงระยะเวลาของหมักในวันที่ 21 และ 28 พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.06±0.00 ถึง 0.03±0.00 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 11 ปริมาณอินทรียวัตถุในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (เปอร์เซ็นต์)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	0.32±0.00bc	0.17±0.01d	0.05±0.00hi	0.04±0.01i
กากยีสต์	0.32±0.00c	0.16±0.00d	0.05±0.01fgh	0.05±0.01h
ฟางข้าว	0.34±0.00a	0.17±0.00d	0.06±0.00fgh	0.06±0.01f
วัสดุเหลือใช้ฯ	0.33±0.00b	0.15±0.00e	0.06±0.00fg	0.05±0.00h
ผักตบชวา	0.33±0.00ab	0.15±0.00e	0.05±0.00gh	0.03±0.00j
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			**	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			**	
LSD			0.00	
C.V. (%)			3.26	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.4.4 ปริมาณไนโตรเจน (Total N)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากกากยีสต์มาหมัก พบว่าในระยะเวลาของการหมักช่วง 7, 14 และ 21 วัน มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.09±0.00, 0.11±0.00 และ 0.05±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมา คือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารใน

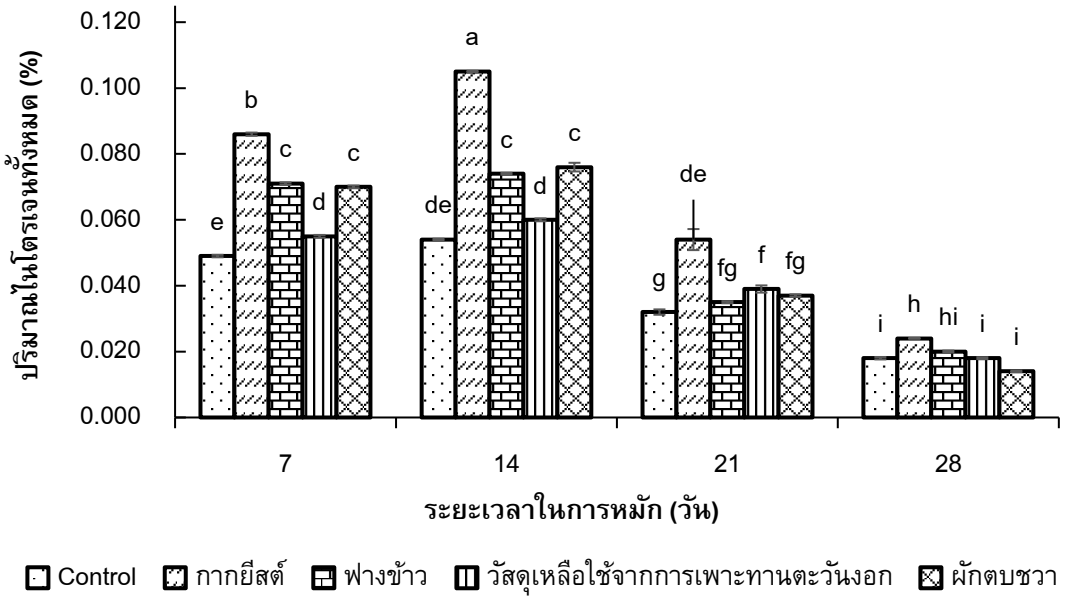
การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าว 0.07±0.00, 0.07±0.00, 0.04±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากผักตบชวา 0.07±0.00, 0.08±0.00 และ 0.04±0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหาร (Control) พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.05±0.00, 0.05±0.00 และ 0.03±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อมาเมื่อระยะเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นในช่วง 28 วัน พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.01±0.00 ถึง 0.02±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 12, ภาพประกอบ 12) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นดังตารางผลการทดลองในวันที่ 14 ของการหมัก ซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ โดยพบว่าในระยะเริ่มต้นของกระบวนการหมักจุลินทรีย์ต้องการไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักจึงควรมีแหล่งไนโตรเจนที่เพียงพอ เมื่อเริ่มกระบวนการหมักพบว่ามีปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) สูงขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดำเนินไป (Meunchang *et al*, 2005) เนื่องจากในระหว่างที่มีการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนถูกย่อยสลายมีสภาพเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสูญเสียไปในบรรยากาศดังนั้นจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาในการหมักน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น เศษวัสดุที่นำมาใช้ในการหมักที่ย่อยสลายได้ง่ายจะหมดไปเหลือเฉพาะส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก จึงทำให้อินทรีย์คาร์บอนเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยลง เป็นผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีการเพิ่มปริมาณน้อยลงตามไปด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของกันยมาส (2546) กล่าวว่าในระยะหลังการทดลองปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ได้นำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดการสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมดในรูปของก๊าซไนโตรเจนและแอมโมเนียมได้ ทำให้เมื่อนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระยะหลังจึงมีค่าของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดน้อยลง

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (เปอร์เซ็นต์)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	0.05±0.00e	0.05±0.00de	0.03±0.00g	0.02±0.00i
กากยีสต์	0.09±0.00b	0.11±0.00a	0.05±0.01de	0.02±0.00h
ฟางข้าว	0.07±0.00c	0.07±0.00c	0.04±0.00fg	0.02±0.00hi
วัสดุเหลือใช้ฯ	0.06±0.00d	0.06±0.01d	0.04±0.00f	0.02±0.00i
ผักตบชวา	0.07±0.00c	0.08±0.00c	0.04±0.01fg	0.01±0.00i
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			**	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			**	
LSD			0.00	
C.V. (%)			8.90	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบ 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

4.4.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)

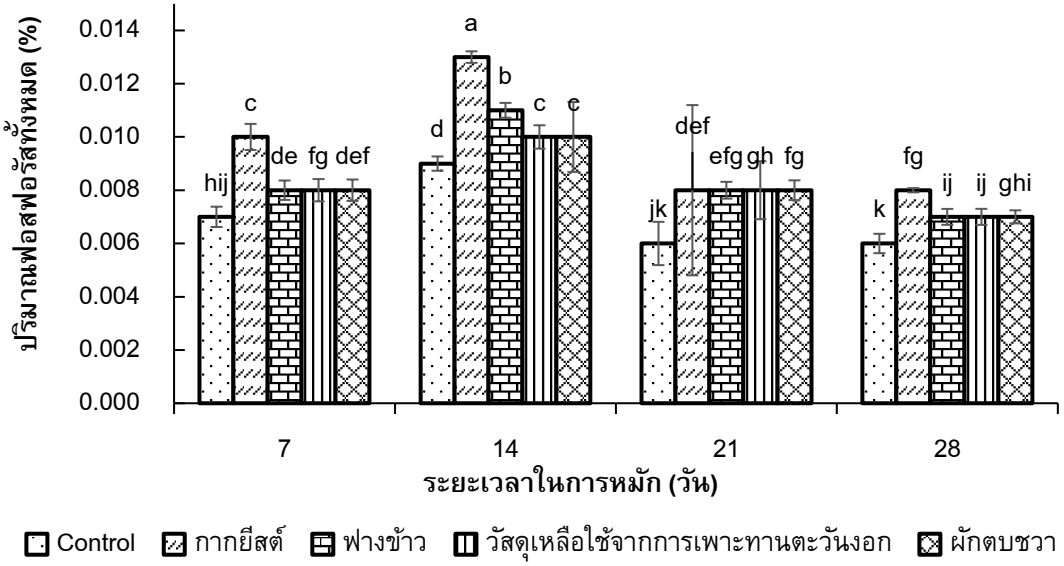
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากกากยีสต์มาหมักพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงระยะเวลา 14 วันของการหมัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013±0.00 เปอร์เซ็นต์ และลดลงอีกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักวันที่ 28 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.008±0.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ กรรมวิธีนำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมาหมักพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.011±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 13, ภาพประกอบ 13) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงระยะเวลา 14 วันของการหมัก และลดลงอีกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักวันที่ 28 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐมณและกัณฑรีย์ (2556) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่ต่างกัน ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 14 ของการหมัก แล้วลดลงเรื่อยๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (เปอร์เซ็นต์)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	0.007±0.00hij	0.009±0.00d	0.006±0.00jk	0.006±0.00k
กากยีสต์	0.010±0.00c	0.013±0.00a	0.008±0.00def	0.008±0.00fg
ฟางข้าว	0.008±0.00de	0.011±0.00b	0.008±0.00efg	0.007±0.00ij
วัสดุเหลือใช้	0.008±0.00fg	0.010±0.00c	0.008±0.00gh	0.007±0.00ij
ผักตบชวา	0.008±0.00def	0.010±0.00c	0.008±0.00fg	0.007±0.00ghi
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			**	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			**	
LSD			0.00	
C.V. (%)			4.80	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

4.4.6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

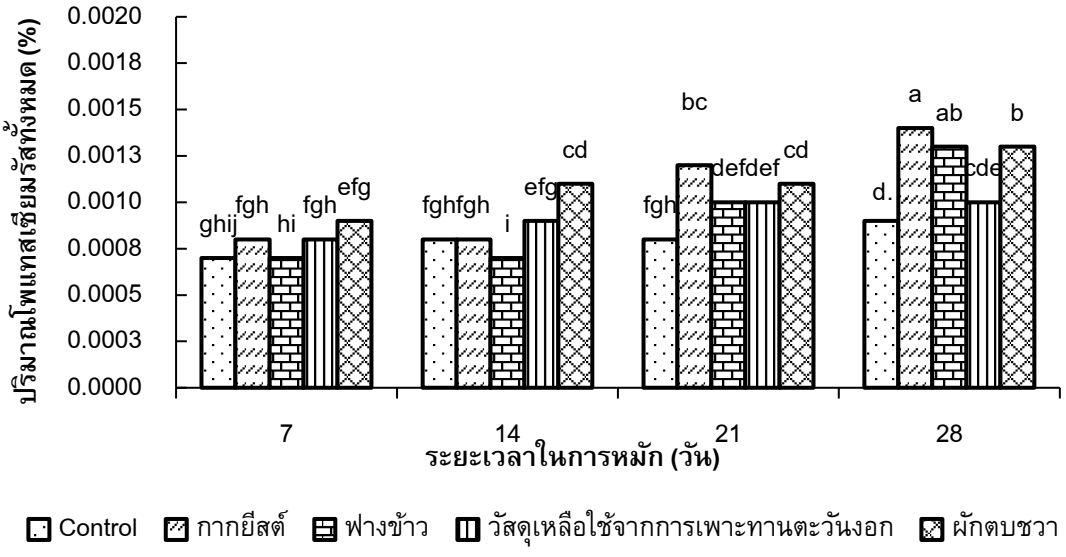
เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน ผลการทดลองใน ตาราง 14 และภาพประกอบ 14 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีนำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากกากยีสต์มาหมัก พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงระยะเวลา 28 วันของการหมัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0014±0.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ กรรมวิธีนำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมาหมักพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.0013±0.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่พบในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลา 28 วัน มีปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของเบญจวรรณและอรทัย (2555) ศึกษาการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม ผลการทดลองพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่ใช้ระยะเวลาในการหมัก 28 วัน มีปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักชีวภาพเฉลี่ยสูงที่สุด

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 14 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการหมัก (เปอร์เซ็นต์)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Control	0.0007±0.00ghi	0.0008±0.00fgh	0.0008±0.00fgh	0.0009±0.00defg
กากยีสต์	0.0008±0.00fgh	0.0008±0.00fgh	0.0012±0.00bc	0.0014±0.00a
ฟางข้าว	0.0007±0.00hi	0.0007±0.00i	0.0010±0.00def	0.0013±0.00ab
วัสดุเหลือใช้	0.0008±0.00fgh	0.0009±0.00efg	0.0010±0.00def	0.0010±0.00cde
ผักตบชวา	0.0009±0.00efg	0.0011±0.00cd	0.0011±0.00cd	0.0013±0.00b
ปัจจัย a (มูลไส้เดือนดิน)			**	
ปัจจัย b (ระยะเวลาในการหมัก)			**	
ปัจจัย a × b			**	
LSD			0.00	
C.V. (%)			6.40	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบ 14 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิด ร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7 14 21 และ 28 วัน

4.5 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินก่อนหมักและหลังหมัก 28 วัน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินก่อนเริ่มต้นทดลองและมูลไส้เดือนดินหลังหมัก 28 วัน โดยการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่พบในมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งผลการทดลองพบว่ามูลไส้เดือนที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมูลไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่พบในมูลไส้เดือนดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.14±0.11 รองลงมา คือ กรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน (Control) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่พบในมูลไส้เดือนดิน 8.00±0.11 เมื่อตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการให้อาหารแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2548) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.5-8.5 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดจะเห็นได้ว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากคุณสมบัติทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินแต่ละชนิดต่างกัน ต่อมาเมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่ามูลไส้เดือนดินในทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าการนำไฟฟ้าลดลงภายหลังการหมัก 28 วัน อยู่ในช่วง 0.20±0.21 จนถึง 0.33±0.33 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุของในมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่ามูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกและผักตบชวามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือ 1.03±0.17 และ 1.18±0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุของมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงหลังการหมัก 28 วัน เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจุลินทรีย์ได้ย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในมูลไส้เดือนดินทำให้มูลไส้เดือนดินหลังการหมักมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง (สมปอง, 2548) ต่อมาภายหลังการนำมูลไส้เดือนดินมาหมักพบว่ามูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีปริมาณกรดฮิวมิกแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่ามูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงจากผักตบชวามีปริมาณกรดฮิวมิกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 9.48±0.98 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ มูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 7.96±0.38 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดพบว่าไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากผักตบชวามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.31±0.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารจากฟางข้าว 7.96±0.38 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดพบว่ามูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีปริมาณโพแทสเซียมแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ไส้เดือนดินได้รับอาหารจากฟางข้าวพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุด คือ 0.006±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 15)

ตาราง 15 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดก่อนและภายหลังหมัก 28 วัน

กรรมวิธี		pH	EC (dS/m)	OM (%)	Humic acid (%)	Total N (%)	Total P_2O_5 (%)	Total K_2O (%)
Control	ก่อน	7.03±0.02	1.82±0.04	8.57±1.02	5.61±0.14	0.01±0.01	0.005±0.00	0.005±0.00
	หลัง	8.00±0.11ab	0.33±0.33a	0.19±0.07c	6.43±0.39d	0.16±0.02b	0.001±0.00	0.005±0.00b
กากยีสต์	ก่อน	6.25±0.01	2.07±0.03	14.05±0.27	5.42±1.08	0.02±0.02	0.007±0.00	0.004±0.00
	หลัง	7.76±0.14c	0.32±0.33a	0.66±0.10b	6.89±0.86cd	0.20±0.02b	0.001±0.00	0.005±0.00b
ฟางข้าว	ก่อน	7.35±0.03	1.46±0.06	12.15±0.56	6.67±0.66	0.02±0.02	0.005±0.00	0.007±0.00
	หลัง	7.86±0.11bc	0.20±0.21b	0.71±0.10b	7.96±0.38b	0.18±0.02b	0.001±0.00	0.006±0.00a
วัสดุเหลือใช้	ก่อน	7.04±0.06	1.82±0.08	12.00±0.85	6.31±0.41	0.01±0.01	0.003±0.00	0.008±0.00
	หลัง	8.14±0.11a	0.33±0.33a	1.03±0.17a	7.65±0.60bc	0.19±0.03b	0.001±0.00	0.004±0.00bc
ผักตบชวา	ก่อน	6.92±0.01	1.85±0.01	10.21±0.93	7.52±0.20	0.02±0.02	0.002±0.00	0.009±0.00
	หลัง	7.91±0.06bc	0.27±0.28a	1.18±0.09a	9.48±0.98a	0.31±0.06a	0.00±0.00	0.004±0.00c
F-test		**	**	**	**	**	ns	*
LSD		0.16	0.06	0.16	1.03	0.04	-	0.00
C.V. (%)		1.39	13.53	14.68	8.94	14.76	18.79	6.45

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.6 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก

จากการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ น้ำหมัก Control (น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารเสริม), กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, ผักตบชวา และชุดควบคุม (ไม่ให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) โดยการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน ด้วยวิธีการราดลงในวัสดุปลูกให้กับต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่ออายุ 15 วันหลังงอกที่ระดับความ

เข้มข้น 1:500 มิลลิลิตร (น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อน้ำ) โดยให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินทุก 6 วัน ผลการทดลองพบว่าผักกวางตุ้งดอกมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ดังนี้

4.6.1 ความสูงต้น

จากการวัดความสูงของต้นผักกวางตุ้งดอกที่มีอายุ 15 วันหลังงอก ซึ่งเป็นความสูงเริ่มต้นทดลองก่อนการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.01±0.32 เซนติเมตรต่อต้น (น้ำหมัก Control คือ น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยง) 3.88±0.28 เซนติเมตรต่อต้น (กากยีสต์) 4.31±0.55 เซนติเมตรต่อต้น (ฟางข้าว) 4.57±0.15 เซนติเมตรต่อต้น (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก) 4.19±0.62 เซนติเมตรต่อต้น (ผักตบชวา) และ 3.62±0.37 เซนติเมตรต่อต้น (ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) ตามลำดับ ซึ่งการวัดความสูงต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกทำโดยการวัดจากบริเวณลำต้นเหนือดินจนถึงบริเวณปลายยอดของต้นผักกวางตุ้งดอกในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีความสูงต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.95±0.51, 7.95±0.59, 12.97±3.01 และ 20.64±4.88 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในวันที่ 21, 27, 33 และระยะเก็บเกี่ยวที่อายุต้น 39 วันหลังงอก ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.65±0.56, 7.82±0.16, 11.72±0.34 และ 19.73±0.22 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ และต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.43±0.19, 6.86±0.10, 11.23±1.58 และ 19.15±2.40 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีความสูงต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4.82±0.45, 6.37±0.79, 9.20±0.95 และ 12.88±1.66 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตาราง 16) จากผลการทดลองพบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่ให้ต้นผักกวางตุ้งดอกมีความสูงต้นเฉลี่ยสูงกว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งการปลูกพืชผักเพียงแค่ดินอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต รวมทั้งการทดลองในถุงพลาสติกซึ่งอาจจะจำกัดการเจริญเติบโตของรากในถุงพลาสติกและอาจจะกำจัดการเจริญเติบโตของรากในการหาธาตุอาหารในดินจึงส่งผลให้ผลผลิตต่ำ จากหลายๆ งานทดลองที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ดินปลูกพืชเพียงอย่างเดียวไม่สามารถเพิ่มผลผลิตพืชได้ ในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชจึงควรใช้น้ำหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยพืชจึงจะได้ผลผลิตสูง (ทัณฑิกา และคณะ, 2553) การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่ก็ค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว (บัญชา, 2554)

ตาราง 16 ความสูงของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความสูงต้นผักกวางตุ้งดอก (เซนติเมตรต่อต้น) ขณะต้นมีอายุต่างๆ				
	15 วัน	21 วัน	27 วัน	33 วัน	39 วัน
น้ำหมัก (Control)	4.01±0.32	4.92±0.35bc	6.55±0.65b	9.72±0.28ab	14.03±1.22b
กากยีสต์	3.88±0.28	4.84±0.24bc	6.67±0.50b	9.21±1.26b	13.29±3.55b
ฟางข้าว	4.31±0.55	5.95±0.51a	7.95±0.59a	12.97±3.01a	20.64±4.88a
วัสดุเหลือใช้ฯ	4.57±0.15	5.43±0.19ab	6.86±0.10b	11.23±1.58ab	19.15±2.40a
ผักตบชวา	4.19±0.62	5.65±0.56a	7.82±0.16a	11.72±0.34ab	19.73±0.22a
ไม่ให้น้ำหมัก	3.62±0.37	4.82±0.45c	6.37±0.79b	9.20±0.95b	12.88±1.66b
F-test	ns	**	**	*	**
LSD	-	0.60	0.78	3.58	4.13
C.V. (%)	10.11	7.71	7.55	14.93	16.74

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.6.2 จำนวนใบ

จากการนับจำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเริ่มต้นทดลองก่อนได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 15 วันหลังงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกมีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 5.92±0.30 ใบต่อต้น (น้ำหมัก Control คือ น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยง) 5.88±0.41 ใบต่อต้น (กากยีสต์) 6.22±0.21 ใบต่อต้น (ฟางข้าว) 5.90±0.28 ใบต่อต้น (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก) 6.08±0.22 ใบต่อต้น (ผักตบชวา) และ 5.65±0.06 ใบต่อต้น (ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) ตามลำดับ ภายหลังการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่าเมื่อนับจำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอกที่กางเต็มที่ที่อายุ 21 วันหลังงอก ผลการทดลองพบว่าผักกวางตุ้งดอกมีจำนวนใบต่อต้นในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่มีอายุ 27, 33 และระยะเก็บเกี่ยวที่อายุ 39 วันหลังงอก ผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.33±1.13, 10.78±1.63 และ 13.97±2.60 ใบต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.15±0.89, 10.15±0.81 และ 12.75±0.99 ใบต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูล

ไส้เดือนดินพบว่ามีจำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอกต่อต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 6.93±0.67, 8.35±0.82 และ 10.32±0.78 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตาราง 17) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อไนโตรเจนในดินมีปริมาณพอเหมาะแก่ความต้องการของพืช จะส่งเสริมให้พืชตั้งได้รวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโตทำให้ลำต้น กิ่งก้าน และใบเจริญเติบโตได้ดี และเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยในการเพิ่มปริมาณผลผลิตโปรตีนและผลผลิตพืช (ศิริพรและเฉลิม, 2557)

ตาราง 17 จำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนใบของต้นผักกวางตุ้งดอก (ใบต่อต้น) ขณะต้นมีอายุต่างๆ				
	15 วัน	21 วัน	27 วัน	33 วัน	39 วัน
น้ำหมัก (Control)	5.92±0.30	6.85±0.17	7.25±0.17abc	8.65±0.29bc	10.90±0.59bc
กากยีสต์	5.88±0.41	6.60±0.65	7.05±0.70bc	8.50±0.64c	10.37±1.27c
ฟางข้าว	6.22±0.21	7.73±1.00	8.33±1.13a	10.78±1.63a	13.97±2.60a
วัสดุเหลือใช้ฯ	5.90±0.28	7.35±0.41	8.08±0.46ab	9.88±0.53ab	12.67±0.54ab
ผักตบชวา	6.08±0.22	7.53±0.90	8.15±0.89a	10.15±0.81a	12.75±0.99ab
ไม่ให้น้ำหมัก	5.65±0.06	6.58±0.67	6.93±0.67c	8.35±0.82c	10.32±0.78c
F-test	ns	ns	**	**	**
LSD	-	-	1.09	1.32	1.97
C.V. (%)	4.52	9.75	9.66	9.49	11.23

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.6.3 ความยาวใบ

จากการวัดความยาวใบของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน โดยวัดจากบริเวณขอบใบด้านบนจนถึงบริเวณขอบใบด้านล่างของต้นผักกวางตุ้งดอกที่มีอายุ 15 วันหลังงอก ซึ่งเป็นความยาวใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเริ่มต้นทดลองก่อนได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นผักกวางตุ้งดอกมีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 4.69±0.62 เซนติเมตรต่อต้น (น้ำหมัก Control คือ น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยง), 4.42±0.68 เซนติเมตรต่อต้น (กากยีสต์), 4.84±0.77 เซนติเมตรต่อต้น (ฟางข้าว), 5.01±0.15 เซนติเมตรต่อต้น (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก), 4.55±0.28 เซนติเมตรต่อต้น (ผักตบชวา) และ 4.17±0.71 เซนติเมตรต่อต้น (ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) ตามลำดับ ต่อมา

ภายหลังการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 21, 27, 28 และระยะเก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 39 วันหลังงอก พบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.19±0.52, 8.68±1.00, 10.34±1.05 และ 11.35±0.80 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 6.13±0.37, 8.16±0.36, 9.74±0.34 และ 10.59±0.45 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ และต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 6.03±0.24, 8.07±0.76, 9.54±0.77 และ 10.48±0.58 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีความยาวใบเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 5.21±0.14, 6.95±0.18, 8.11±0.13 และ 8.78±0.37 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตาราง 18)

ตาราง 18 ความยาวใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความยาวใบของต้นผักกวางตุ้งดอก (เซนติเมตรต่อต้น) ขณะต้นอายุต่างๆ				
	15 วัน	21 วัน	27 วัน	33 วัน	39 วัน
น้ำหมัก (Control)	4.69±0.62	5.43±0.24b	7.61±0.39bc	9.31±0.80ab	9.96±0.84bc
กากยีสต์	4.42±0.68	5.28±0.35b	7.10±0.78c	8.50±1.04bc	9.47±1.11cd
ฟางข้าว	4.84±0.77	6.19±0.52a	8.68±1.00a	10.34±1.05a	11.35±0.80a
วัสดุเหลือใช้ฯ	5.01±0.15	6.03±0.24a	8.07±0.76ab	9.54±0.77ab	10.48±0.58abc
ผักตบชวา	4.55±0.28	6.13±0.37a	8.16±0.36ab	9.74±0.34a	10.59±0.45ab
ไม่ให้น้ำหมัก	4.17±0.71	5.21±0.14b	6.95±0.18c	8.11±0.13c	8.78±0.37d
F-test	ns	**	**	**	**
LSD	-	0.49	0.95	1.13	1.09
C.V. (%)	12.65	5.84	8.29	8.28	7.28

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.6.4 ความกว้างใบ

จากการวัดความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 15 วันหลังงอก ซึ่งเป็นระยะก่อนการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยต้น

ผักกวางตุ้งดอกมีขนาดความกว้างใบเริ่มต้นทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 2.60±0.27 เซนติเมตรต่อต้น (น้ำหมัก Control คือ น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยง), 2.52±0.44 เซนติเมตรต่อต้น (กากยีสต์), 2.81±0.53 เซนติเมตรต่อต้น (ฟางข้าว), 2.98±0.14 เซนติเมตรต่อต้น (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก), 2.58±0.12 เซนติเมตรต่อต้น (ผักตบชวา) และ 2.33±0.40 เซนติเมตรต่อต้น (ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) ต่อมาภายหลังการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันทำให้ขนาดความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 21, 27, 28 และระยะเก็บเกี่ยวที่อายุ 39 วันหลังงอก พบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.49±0.28, 4.61±0.52, 5.41±0.56 และ 5.91±0.58 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยเท่ากับ 3.36±0.23, 4.37±0.26, 5.12±0.28 และ 5.66±0.35 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ แต่ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 2.93±0.17, 3.70±0.19, 4.36±0.26 และ 4.66±0.22 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตาราง 19)

ตาราง 19 ความกว้างใบของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความกว้างใบ (เซนติเมตรต่อต้น) ขณะต้นอายุต่างๆ				
	15 วัน	21 วัน	27 วัน	33 วัน	39 วัน
น้ำหมัก (Control)	2.60±0.27	3.08±0.06bc	4.19±0.30abc	5.05±0.41ab	5.41±0.45ab
กากยีสต์	2.52±0.44	2.96±0.14c	3.80±0.46bc	4.58±0.62bc	4.97±0.51bc
ฟางข้าว	2.81±0.53	3.49±0.28a	4.61±0.52a	5.41±0.56a	5.91±0.58a
วัสดุเหลือใช้ฯ	2.98±0.14	3.46±0.17a	4.30±0.38ab	5.11±0.45ab	5.61±0.36ab
ผักตบชวา	2.58±0.12	3.36±0.23ab	4.37±0.26a	5.12±0.28ab	5.66±0.35a
ไม่ให้น้ำหมัก	2.33±0.40	2.93±0.17c	3.70±0.19c	4.36±0.26c	4.66±0.22c
F-test	ns	**	*	*	**
LSD	-	0.27	0.54	0.66	0.63
C.V. (%)	13.36	5.82	8.88	9.08	7.94

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.6.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

จากการศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นผักกวางตุ้งดอก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกเริ่มต้นทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 0.15±0.00 เซนติเมตรต่อต้น (น้ำหมัก Control คือ น้ำหมักที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยง), 0.15±0.01 เซนติเมตรต่อต้น (กากยีสต์), 0.16±0.01 เซนติเมตรต่อต้น (ฟางข้าว), 0.16±0.01 เซนติเมตรต่อต้น (วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก), 0.16±0.01 เซนติเมตรต่อต้น (ผักตบชวา) และ 0.15±0.01 เซนติเมตรต่อต้น (ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) ต่อมาภายหลังต้นผักกวางตุ้งดอกอายุ 21 วันหลังงอก พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าว วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวาพบว่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.22±0.03 0.22±0.02 0.22±0.01 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 27 วันหลังงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ต่อมาภายหลังงอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 33 และ 39 วันหลังงอก ผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.47±0.09 และ 0.62±0.09 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.43±0.04 และ 0.55±0.05 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ และต้นผักวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.42±0.03 และ 0.54±0.02 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.33±0.01 และ 0.43±0.03 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตาราง 20)

จากการศึกษาผลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดที่ผ่านกระบวนการหมักในช่วงระยะเวลา 14 วัน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินเมื่อต้นผักมีอายุ 15 วันหลังงอก ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีผลทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกมีความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังเก็บเกี่ยวเมื่อต้นผักอายุ 39 วันหลังงอก ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่นำมาใช้จะมีองค์ประกอบของปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันไปตามวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตมูลไส้เดือนดิน แต่โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของ

มูลไส้เดือนดินที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกัน คือ จะมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้มีส่วนประกอบของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเกือบทุกชนิดที่พืชต้องการ มีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชซึ่งจะช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืชให้เกิดขึ้นได้อย่างปกติ (ชุลีมาศและณัฏฐิรา, 2559) นอกจากนี้ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพจำนวนมาก มีสารอินทรีย์ต่างๆ มากมาย เช่น กรดอินทรีย์ วิตามิน เอนไซม์ ฮอร์โมนทั้งที่ทำหน้าที่เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชทั้งด้านความสูงและการขยายขนาดวงรอบของต้น (สมเกียรติ, 2555) ซึ่งในน้ำหมักแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไป เช่น จากงานการวิจัยของกชพรรณ (2559) ศึกษาผลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการผลิตผักปลอดสารพิษ จังหวัดกาฬสินธุ์ ผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพจากเศษผักมีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงต้น จำนวนใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของต้นผักกวางตุ้งเฉลี่ยดีที่สุด คือ 16.93 เซนติเมตร 6.33 ใบต่อต้น และ 0.51 เซนติเมตร ตามลำดับ ต่อมาจากงานวิจัยของจิระพร และคณะ (2556) ศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเร่งการเจริญเติบโตของรากและการแตกตาข้างของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากกากมันสำปะหลังช่วยในเร่งการเกิดรากของมันสำปะหลังได้ทั้ง 3 สายพันธุ์ และจากงานวิจัยของบัญชา (2556) ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพจากมูลวัวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากมูลวัวช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นของต้นผักกาดเขียวที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ เป็นต้น สำหรับสมบัติต่างๆ ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงแตกต่างกันนั้นส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้นนั้น จากรายงานการวิจัยของ Galli *et al*. (1990) กล่าวว่ามูลไส้เดือนดินนั้นจะทำให้วัสดุปลูกมีความร่วนซุย ระบายน้ำและอากาศได้ดี รากพืชสามารถชอนไชได้ง่าย ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี นอกจากนี้ Norman *et al*. (2004) กล่าวว่าการใช้มูลไส้เดือนดินส่งผลทำให้สมบัติทางชีวภาพของวัสดุปลูกดีขึ้นอีกด้วย เนื่องจากในมูลไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์ที่เป็นตัวช่วยส่งผ่านธาตุอาหารต่างๆ จากดินไปสู่ต้นพืชได้ดี ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้บางส่วน แต่ไม่สามารถทดแทนได้ทั้งหมด เนื่องจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ลงสู่ดิน ดังนั้นการที่จะนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินไปใช้ในการปลูกพืชทางการเกษตรจึงควรมีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในช่วงแรกของการเพาะปลูกจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตดียิ่งขึ้น

ตาราง 20 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตรต่อต้น) ขณะต้นผักอายุต่างๆ				
	15	21	27	33	39
น้ำหมัก (Control)	0.15±0.00	0.20±0.01ab	0.27±0.03	0.38±0.02bc	0.51±0.04cd
กากยีสต์	0.15±0.01	0.18±0.02b	0.23±0.04	0.34±0.06c	0.47±0.05cd
ฟางข้าว	0.16±0.01	0.22±0.03a	0.31±0.06	0.47±0.09a	0.62±0.09a
วัสดุเหลือใช้ฯ	0.16±0.01	0.22±0.02a	0.29±0.05	0.43±0.04ab	0.55±0.05ab
ผักตบชวา	0.16±0.01	0.22±0.01a	0.30±0.02	0.42±0.03ab	0.54±0.02bc
ไม่ให้น้ำหมัก	0.15±0.01	0.18±0.01b	0.24±0.02	0.33±0.01c	0.43±0.03d
F-test	ns	*	ns	**	**
LSD	-	0.02	-	0.07	0.07
C.V. (%)	6.44	9.13	14.53	12.59	10.10

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.7 ผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก

จากการบันทึกข้อมูลด้านผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันโดยให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินทุก 6 วัน จำนวน 4 ครั้ง และทำการเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกที่ต้นผักอายุ 39 วันหลังงอก ซึ่งผลการทดลองได้แสดงใน ตาราง 21 พบว่า

4.7.1 ความยาวราก

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก เมื่อวัดความยาวรากของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวรากของต้นผักกวางตุ้งดอก โดยพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวให้ความยาวรากของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 31.88±2.97 เซนติเมตรต่อต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 29.47±3.89 เซนติเมตรต่อต้น และผักตบชวาที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุ

เหลือใช้จากการเพาะทานตะวังอกมีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 28.33±1.86 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีความยาวรากเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 18.01±2.25 เซนติเมตรต่อต้น เนื่องจากในน้ำหมักมูลไส้เดือนมีปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต จากรายงานของจิตสุภา (2551) กล่าวว่าธาตุฟอสฟอรัสมีส่วนช่วยในการสร้างรากได้ดี โดยเฉพาะทำให้รากชนิดสะสมอาหารมีความแข็งแรงและสมบูรณ์ ทำให้ต้นพืชเจริญเต็มที่

4.7.2 น้ำหนักสดลำต้นและราก

เมื่อต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วล้างต้นผักกวางตุ้งดอกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันส่งผลทำให้น้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดของต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อชั่งน้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนจากฟางข้าวที่อัตราส่วน 1:500 มิลลิลิตร (น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน:น้ำ โดยปริมาตร) ให้น้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 31.59±2.88 และ 9.57±1.59 กรัมต่อต้น ตามลำดับ รองลงมาคือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีน้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 31.08±0.68 และ 8.53±1.46 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีน้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 30.88±3.54 และ 8.24±0.74 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักลำต้นสดและน้ำหนักรากสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 17.91±1.65 และ 3.85±1.11 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

4.7.3 น้ำหนักแห้งลำต้นและราก

ภายหลังจากเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก นำต้นผักกวางตุ้งที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีมาอบให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง ซึ่งก่อนนำไปอบแห้งให้ตัดแยกเอาส่วนของลำต้นและรากออกจากกัน หลังจากนั้นนำลำต้นและรากของต้นผักกวางตุ้งดอกมาชั่งน้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักรากแห้ง ผลการทดลองพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีผลทำให้น้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักรากแห้งของต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีน้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.51±1.02 และ 0.51±0.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวาและวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีน้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 3.17±0.33, 0.43±0.09, 3.13±0.61 และ 0.39±0.10 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีน้ำหนักลำต้นแห้งและน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.74±0.29 และ 0.18±0.02 กรัมต่อต้น

จากผลการทดลองด้านปริมาณผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เก็บเกี่ยวเมื่อต้นมีอายุ 39 วันหลังงอก โดยได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน พบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้นทั้งในทางกายภาพ และเคมี จึงทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกมีแนวโน้มเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูงกว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดินชนิดอื่นๆ และอินทรียวัตถุนี้เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจึงเป็นปุ๋ยที่ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้ดี โดยที่การใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินติดต่อกันมีผลทำให้ดินมีความร่วนซุย มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และการถ่ายเทอากาศในดินเพิ่มขึ้น ในทางด้านเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินถึงแม้จะมีธาตุอาหารไม่สูง แต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว นอกจากนี้ยังจะต้องอาศัยผลพลอยได้จากกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ เช่น การสร้างคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงและการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตโดยการหายใจ หรือขบวนการสร้างสารประกอบอื่นๆ เช่น โปรตีน ไขมัน แล้วการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชตลอดจนสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ยังต้องอาศัยสารประกอบอินทรีย์มากมายหลายชนิด ซึ่งสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้จะมีผลและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็นอย่างมาก (ปฐพีวิทยา, 2530) จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำปุ๋ยชีวภาพมาใช้ทดสอบการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลายชนิด อาทิเช่น ณัฏฐ์วรินทร์และวัชรี (2562) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักชีวภาพช่วยส่งเสริมทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีจำนวนใบ ความยาวใบ และน้ำหนักสดมากที่สุด อัญชลี (2555) ศึกษาผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดหอม ผลการทดลองพบว่าดินที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินทำให้ต้นผักกาดหอมมีน้ำหนักสดใบและราก น้ำหนักแห้งใบและรากเฉลี่ยมากที่สุด วันวิสาข์ (2545) ศึกษาการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อทำสอบใช้กับผักกวางตุ้ง ซึ่งผลการทดลองพบว่าภายหลังที่ฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพส่งผลทำให้ต้นผักกวางตุ้งมีน้ำหนักสดต้นเฉลี่ยสูงที่สุด เป็นต้น จะเห็นได้ว่าจากการนำปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดมาใช้ในการผลิตพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชได้เป็นอย่างดี และเป็นการฟื้นฟูระบบนิเวศของดินและทรัพยากรธรรมชาติได้อีกด้วย

ตาราง 21 ผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่ออายุต้น 39 วันภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ความยาวราก (เซนติเมตรต่อต้น)	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น)		น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น)	
		ลำต้น	ราก	ลำต้น	ราก
น้ำหมัก (Control)	25.22±6.35bc	24.57±3.67b	7.06±1.41b	2.59±0.40bc	0.25±0.07b
กากยีสต์	21.70±2.62cd	19.40±1.46c	5.15±0.70c	1.78±0.45c	0.24±0.02b
ฟางข้าว	31.88±2.97a	31.59±2.88a	9.57±1.59a	3.51±1.02a	0.51±0.16a
วัสดุเหลือใช้ฯ	28.33±1.86ab	30.88±3.54a	8.24±0.74ab	3.13±0.61ab	0.39±0.10a
ผักตบชวา	29.47±3.89ab	31.08±0.68a	8.53±1.46ab	3.17±0.33ab	0.43±0.09a
ไม่ให้น้ำหมัก	18.01±2.25d	17.91±1.65c	3.85±1.11c	1.74±0.29c	0.18±0.02b
F-test	**	**	**	**	**
LSD	5.41	3.81	1.81	0.84	0.13
C.V. (%)	14.14	9.91	17.22	21.55	27.51

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.8 คุณภาพของผักกวางตุ้งดอก

จากการวิเคราะห์ปริมาณคุณภาพผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เก็บเกี่ยวผลผลิตขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก โดยการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า

4.8.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เก็บเกี่ยวเมื่อต้นผักมีอายุ 39 วันหลังงอก โดยการสกัดหาปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 13.87±2.64 และ 13.17±1.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวและผักตบชวาพบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 11.90±1.66 และ 10.70±1.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 9.82±1.15 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 22) จากการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่พบในใบของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูล

ไส้เดือนดิน ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากจุลินทรีย์มีการสลายตัวและดึงไนโตรเจนในรูปของไนเตรทไปจากดินหรือวัสดุปลูก เพื่อใช้ในการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทำให้พืชไม่สามารถได้รับสารไนเตรทในปริมาณที่เพียงพอเพื่อนำไปสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อย ส่วนต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์ภายในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีการย่อยสลายแล้วทำให้พืชได้รับสารไนเตรทในปริมาณที่เพียงพอในการสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้ใบของต้นผักกวางตุ้งดอกมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่มีบทบาท และหน้าที่สำคัญในการดูดซับพลังงานแสง เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ดังนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนใบของพืชจึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างอาหาร เพื่อการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆ ด้านสิ่งแวดล้อม (สัณห์, 2551) อย่างไรก็ตามต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ราดลงในวัสดุปลูกไม่ได้มีผลโดยตรงกับการเจริญเติบโตของพืช แต่มีส่วนช่วยให้พืชสามารถดูดซับสารอาหารจากดินได้ดีขึ้นเท่านั้น ซึ่งถ้าหากพืชเจริญเติบโตในดินที่มีค่าความเป็นกรดต่ำเกินไปใบก็จะเหลือง เนื่องจากไม่สามารถดูธาตุเหล็กเข้าไปบำรุงต้นได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่จะเหมาะกับการปลูกพืช จึงต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่พอสมควร เพื่อที่ความเป็นกรดจะได้แปลงธาตุอาหารให้พืชดูดกินได้สะดวก ซึ่งในงานทดลองครั้งนี้พบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่พบในใบของต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากกากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.45 อยู่ในระดับที่เหมาะสม ช่วยให้สารอาหารและสิ่งมีชีวิตในดินเจริญเติบโตได้ดี อีกทั้งยังช่วยแปลงธาตุไนโตรเจนให้พืชสามารถดูดซับได้ ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่พบในใบของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)
น้ำหมัก (Control)	10.01±1.15b
กากยีสต์	13.87±2.64a
ฟางข้าว	11.90±1.66ab
วัสดุเหลือใช้ฯ	13.17±1.22a
ผักตบชวา	10.70±1.02b
ไม่ให้น้ำหมัก	9.82±1.15b
F-test	**
LSD	2.33
C.V. (%)	13.60

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.8.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer ของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก ผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์พบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.50±0.58 °Brix รองลงมา คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวา ฟางข้าว และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยเท่ากับ 5.00±0.00, 4.75±0.50 และ 4.75±0.50 °Brix ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ไม่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 3.25±0.50 °Brix (ตาราง 23)

ตาราง 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)
น้ำหมัก (Control)	4.25±0.50c
กากยีสต์	5.50±0.58a
ฟางข้าว	4.75±0.50bc
วัสดุเหลือใช้ฯ	4.75±0.50bc
ผักตบชวา	5.00±0.00ab
ไม่ให้น้ำหมัก	3.25±0.50d
F-test	**
LSD	0.70
C.V. (%)	10.29

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.8.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

จากการบันทึกข้อมูลด้านคุณภาพผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก ผลการทดลองใน ตาราง 24 พบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่มีการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 143.64±13.15 mg GAE/g of sample รองลงมา คือ กรรมวิธีที่มีการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยเท่ากับ 141.83±20.69 mg GAE/g of sample แต่ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวพบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 99.06±11.14 mg GAE/g of sample ทั้งนี้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายน้ำได้ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลซึ่งน้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ น้ำตาลกลูโคส

ตาราง 24 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g of sample)
น้ำหมัก (Control)	121.31±8.79b
กากยีสต์	143.64±13.15a
ฟางข้าว	99.06±11.14c
วัสดุเหลือใช้ฯ	141.83±20.69ab
ผักตบชวา	138.69±19.48ab
ไม่ให้น้ำหมัก	124.33±4.72ab
F-test	**
LSD	21.05
C.V. (%)	11.06

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.8.4 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก พบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกพบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 201.75±9.13 mg QE/g of sample รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์พบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยเท่ากับ 200.24±20.08 mg QE/g of sample ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากจากฟางข้าวพบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 156.23±9.54 mg QE/g of sample (ตาราง 25)

ตาราง 25 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg QE/g of sample)
น้ำหมัก (Control)	195.13±22.24a
กากยีสต์	200.24±20.08a
ฟางข้าว	156.23±9.54b
วัสดุเหลือใช้ฯ	201.75±9.13a
ผักตบชวา	177.07±23.15ab
ไม่ให้น้ำหมัก	182.95±17.84a
F-test	*
LSD	26.62
C.V. (%)	9.66

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.8.5 ปริมาณแทนนินทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแทนนินทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก ซึ่งผลการทดลองพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณแทนนินที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกพบว่ามีปริมาณแทนนินทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.09±0.08 mg TTE/g of sample รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวามีปริมาณแทนนินทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกเฉลี่ยเท่ากับ 1.08±0.04 mg TTE/g of sample แต่ในขณะที่กรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวพบว่ามีปริมาณแทนนินทั้งหมดน้อยที่สุด คือ 0.80±0.15 mg TTE/g of sample (ตาราง 26)

ตาราง 26 ปริมาณแทนนินทั้งหมดที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ปริมาณแทนนินทั้งหมด (mg TTE/g of sample)
น้ำหมัก (Control)	0.93±0.05c
กากยีสต์	0.97±0.03bc
ฟางข้าว	0.80±0.15d
วัสดุเหลือใช้ฯ	1.09±0.08a
ผักตบชวา	1.08±0.04ab
ไม่ให้น้ำหมัก	0.95±0.00c
F-test	**
LSD	0.11
C.V. (%)	8.15

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.8.6 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (IC_{50})

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดของสารสกัดที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือ IC_{50} โดยวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองใน ตาราง 27 พบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่พบในต้นผักกวางตุ้งดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกและผักตบชวามีค่า IC_{50} เท่ากับ 7.98±0.82 และ 7.05±2.49 mg/mL ตามลำดับ ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 14.86±4.13 mg/mL

4.8.7 ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารสกัดจากต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ด้วยวิธี FRAP ซึ่งผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมี

ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กมากที่สุด คือ 284.57±31.46 mM Fe(II)/100 g of sample ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวา 271.59±20.61 mM Fe(II)/100 g of sample ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวพบว่ามีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กน้อยที่สุด คือ 186.00±61.02 mM Fe(II)/100 g of sample (ตาราง 27)

จากการวิเคราะห์ปริมาณคุณภาพผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เก็บเกี่ยวผลผลิตขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก จะเห็นได้ว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์และวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และปริมาณแทนนินทั้งหมด ซึ่งความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่ามีแนวโน้มสอดคล้องกัน นั้นคือ ถ้าสารสกัดจากผักกวางตุ้งดอกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณแทนนินทั้งหมดก็จะสูงตามไปด้วย (อรรถพล และคณะ, 2560) ทั้งนี้เนื่องจากสารกลุ่มฟีนอลิก สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และสารกลุ่มแทนนิน มีความสัมพันธ์กับสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่หมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่ ทำให้สามารถถ่ายอิเล็กตรอนแก่อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่หรือที่เรียกว่า อนุมูลอิสระ ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระหรือยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน และมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถละลายน้ำได้จึงทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยดีที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ชนิดที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ ภายในต้นพืช ซึ่งส่งผลต่อการขยายขนาดและการเพิ่มจำนวนของเซลล์พืช เนื่องจากในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันไปตามวัสดุเพาะเลี้ยงที่นำมาใช้ โดยจุลินทรีย์มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพทำให้สารประกอบโมเลกุลใหญ่ๆ เล็กลงปลอดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน จึงอาจมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก ทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตและคุณภาพแตกต่างกันไป

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 27 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในอต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) (mg/mL)	ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของต้านอนุมูลอิสระ (mM Fe(II)/100 g of sample)
น้ำหมัก (Control)	10.74±4.60ab	223.65±32.61bcd
กากยีสต์	12.40±1.36b	245.54±12.46abc
ฟางข้าว	14.86±4.13b	186.00±61.02d
วัสดุเหลือใช้	7.98±0.82a	284.57±31.46a
ผักตบชวา	7.05±2.49a	271.59±20.61ab
ไม่ให้น้ำหมัก	10.83±2.44ab	212.40±29.99cd
F-test	*	**
LSD	4.41	51.66
C.V. (%)	27.91	14.66

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.9 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด จากการสุ่มตัวอย่างของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังเก็บเกี่ยวที่อายุ 39 วันหลังงอก โดยได้รับความร่วมมือจากนิสิต บุคลากร และอาจารย์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีอายุเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ที่ 19-56 ปี จำนวน 50 ท่าน เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อต้นผักกวางตุ้งดอกในด้านขนาดของต้นผัก สีของใบผัก เนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีเกณฑ์ในการประเมินการให้คะแนนความพึงพอใจตั้งแต่ 1 จนถึง 5 คะแนน ดังต่อไปนี้ (1) ไม่ชอบ, (2) ชอบเล็กน้อย, (3) ชอบระดับปานกลาง, (4) ชอบมาก และ (5) ชอบมากที่สุด จากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคพบว่าขนาดของต้นและสีใบของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวพบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด คือ 4.10±0.25,

3.90±0.14 และ 4.02±0.03 คะแนน ตามลำดับ รองลงมาคือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากวัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอกพบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคเท่ากับ 3.94±0.20, 3.68±0.17 และ 3.80±0.06 คะแนน ตามลำดับ และต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวาพบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคเท่ากับ 3.82±0.03, 3.66±0.03 และ 3.76±0.06 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์พบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคน้อยที่สุด คือ 3.36±0.06, 2.90±0.20 และ 3.10±0.08 คะแนน ตามลำดับ (ตาราง 28) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าจากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์มีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติน้อยที่สุด ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกากยีสต์มีโปรตีนและเยื่อใยค่อนข้างสูง เนื่องจากในกระบวนการผลิตนั้นจะใช้ข้าวมอลล์ทั้งเปลือกจึงเป็นสาเหตุให้ระดับเยื่อใยสูง จึงช่วยส่งเสริมการสร้างเส้นใยของพืชในปริมาณมาก ทำให้ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากการยีสต์มีลักษณะเหนียว เคี้ยวยาก และจากการแสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อต้นผักกวางตุ้งดอกกล่าว คือ ต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์มีรสเผ็ด และกลิ่นหืน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมผักกวางตุ้งดอกที่มีรสชาติหวานกรอบ และไม่มีกลิ่นหืน

ตาราง 28 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อต้นผักกวางตุ้งดอกที่รับน้ำหมักมูลไส้เดือนที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	ขนาดของต้นผัก	สีของใบผัก	เนื้อสัมผัส	กลิ่นและรสชาติ	ความชอบโดยรวม
น้ำหมัก (Control)	3.52±0.11	3.68±0.11	3.50±0.03bc	3.22±0.14cd	3.54±0.14c
กากยีสต์	3.42±0.03	3.64±0.06	3.36±0.06c	2.90±0.20d	3.10±0.08d
ฟางข้าว	4.14±0.03	4.04±0.00	4.10±0.25a	3.90±0.14a	4.02±0.03a
วัสดุเหลือใช้	4.02±0.31	4.04±0.40	3.94±0.20a	3.68±0.17ab	3.80±0.06ab
ผักตบชวา	3.56±0.34	3.78±0.03	3.82±0.03ab	3.66±0.03ab	3.76±0.06bc
ไม่ให้น้ำหมัก	3.36±0.51	3.58±0.03	3.76±0.11ab	3.36±0.11bc	3.72±0.17bc
F-test	ns	ns	**	**	**
LSD	-	-	0.34	0.34	0.25
C.V. (%)	7.75	4.49	3.80	4.12	2.81

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.10 สมบัติทางเคมีในดินก่อนปลูกและดินหลังปลูก

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินก่อนและดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก ผลการทดลองใน ตาราง 29 พบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่มีการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์ด้วยวิธีการราดน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในอัตราส่วน 1:500 มิลลิลิตร (น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน:น้ำ) พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินหลังทดลองเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 7.87±0.01 รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจาก Control มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินหลังทดลอง 7.84±0.04 และเมื่อพิจารณาระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินก่อนและดินหลังทดลองจะเห็นได้ว่าสภาพดินหลังการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งในทุกกรรมวิธีจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.61±0.01 จนถึง 7.74±0.08 ต่อมาการวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินก่อนเริ่มทำการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24±0.14 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ภายหลังการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินในทุกกรรมวิธีพบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าลดลง โดยกรรมวิธีที่มีการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากกากยีสต์พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.13±0.01 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่มีการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวมีค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.10±0.00 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ส่วนการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 29 สมบัติทางเคมีของดินก่อนและดินหลังทดลองที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกันภายหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 39 วันหลังงอก

กรรมวิธี		pH	EC (dS/m)	OM	Total N	Available P	Total K
น้ำหมัก (Control)	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.84±0.04ab	0.08±0.00bc	2.22±0.15	0.09±0.01	0.005±0.00	0.014±0.00
กากยีสต์	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.87±0.01a	0.13±0.01a	2.23±0.06	0.11±0.01	0.005±0.00	0.014±0.00
ฟางข้าว	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.72±0.06cd	0.10±0.00b	2.35±0.06	0.11±0.02	0.004±0.00	0.015±0.00
วัสดุเหลือใช้ฯ	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.74±0.08bc	0.08±0.00c	2.35±0.07	0.12±0.02	0.005±0.00	0.013±0.00
ผักตบชวา	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.65±0.03cd	0.10±0.00b	2.32±0.06	0.12±0.00	0.005±0.00	0.016±0.00
ไม่ให้น้ำหมัก	ก่อน	7.60±0.06	1.24±0.14	8.03±0.96	0.06±0.00	0.007±0.00	0.095±0.01
	หลัง	7.61±0.01d	0.09±0.01bc	2.30±0.05	0.11±0.02	0.005±0.00	0.014±0.00
F-test		**	**	ns	ns	ns	ns
LSD		0.11	0.01	-	-	-	-
C.V. (%)		0.62	5.01	3.60	12.56	8.70	10.23

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD), ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, ** มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์, ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน AF เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับผักกวางตุ้งดอก (*Brassica rapa* var. parachinensis) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของชนิดอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*) และสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และการทดลองที่ 3 ศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักกวางตุ้งดอก สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 การเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินทุก 15 วัน จำนวน 6 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงนาน 90 วัน ซึ่งประกอบด้วยการให้อาหารจำนวน 5 ชนิด แก่ไส้เดือนดิน ได้แก่ Control, กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก และผักตบชวา ผลการทดลองพบว่าการให้อาหารไส้เดือนดินในรูปของฟางข้าว ช่วยส่งเสริมให้ไส้เดือนดินมีจำนวนประชากร น้ำหนักตัวรวม และปริมาณมูลไส้เดือนดินมากที่สุดภายหลังเพาะเลี้ยงนาน 90 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.75 ตัวต่อภาชนะ, 6.69 กรัมต่อภาชนะ และ 25.02 กรัม ตามลำดับ

5.1.2 สมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน

จากการนำมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมูลไส้เดือนดิน ซึ่งผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ให้ฟางข้าวเป็นอาหารทำให้ได้มูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดภายหลังเลี้ยงนาน 90 วัน (11.10 เปอร์เซ็นต์)

5.1.3 สมบัติทางกายภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยการวิเคราะห์อุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดในภาชนะที่ตำแหน่งกลางภาชนะ โดยการวัดอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาของการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในแต่ละกรรมวิธีร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกันทำให้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.1.4 สมบัติทางเคมีของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการนำน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 5 ชนิดร่วมกับระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ซึ่งผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่นำมูลไส้เดือนดินที่ได้รับอาหารในการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินจากฟางข้าวมาหมักพบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดภายหลังหมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน (0.34 เปอร์เซ็นต์)

5.1.5 การเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอก

จากการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ น้ำหมัก Control (คือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากมูลไส้เดือนดินที่ไม่ได้รับอาหารเสริม), กากยีสต์, ฟางข้าว, วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, ผักตบชวา และชุดควบคุม (ไม่ให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน) โดยการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลา 14 วัน ด้วยวิธีการราดน้ำหมักมูลไส้เดือนดินลงในวัสดุปลูกให้กับต้นผักกวางตุ้งดอกเมื่อต้นผักอายุ 15 วันหลังงอก ผลการทดลองพบว่าต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากฟางข้าวช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกในด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวใบ ความกว้างใบ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.64±4.88 เซนติเมตรต่อต้น, 13.97±2.60 ใบต่อต้น, 11.35±0.80 เซนติเมตรต่อต้น, 5.91±0.58 เซนติเมตรต่อต้น และ 0.62±0.09 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินในระยะเก็บเกี่ยวที่ต้นผักอายุ 39 วันหลังงอก

5.1.6 ผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอก

จากการบันทึกข้อมูลด้านผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน โดยทำการเก็บเกี่ยวต้นผักกวางตุ้งดอกที่ต้นอายุ 39 วันหลังงอก ซึ่งผลการทดลองพบว่าการให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากฟางข้าวส่งผลทำให้ความยาวราก น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักรากสด น้ำหนักลำต้นแห้ง และน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 31.88±2.97 เซนติเมตรต่อต้น 31.59±2.88 กรัมต่อต้น, 9.57±1.59 กรัมต่อต้น, 3.51±1.02 กรัมต่อต้น และ 0.51±0.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

5.1.7 คุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก

จากการวิเคราะห์ปริมาณคุณภาพผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เก็บเกี่ยวผลผลิตขณะที่ต้นผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 39 วันหลังงอก ภายหลังได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับต้นผักกวางตุ้งดอกที่ได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจากฟางข้าวโดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และความพึงพอใจโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 4.10±0.25, 3.90±0.14 และ 3.80±0.06 คะแนน ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของอาหารที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เพื่อเป็นข้อมูลเสริมในการวิจารณ์ผลการทดลอง

5.2.2 ควรมีการศึกษาผลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่หมักในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ต่อการเจริญเติบโตของผักกินใบชนิดอื่นๆ เช่น คะน้า ขึ้นฉ่าย ผักชี ผักบุ้ง เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลเสริมประสิทธิภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักชนิดอื่นๆ

5.2.3 ควรหาขยะอินทรีย์ชนิดอื่นๆ ให้ไส้เดือนดินย่อยสลาย เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในมูลไส้เดือนดินและวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลแต่ละชนิดที่ไส้เดือนดินได้รับขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชพรรณ วงศ์เจริญ (2559) การศึกษาปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการผลิตผักปลอดสารพิษ จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10, 627-634.

กรมควบคุมมลพิษ (2561) สถานการณ์มลพิษประเทศไทย ปี 2560. *กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม*, 1, 1-5.

กรมพัฒนาที่ดิน (2544) กระบวนการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. *เอกสารวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ*, 4, 63-85.

กรมพัฒนาที่ดิน (2548) *การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร (2548) *คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ).* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมวิชาการเกษตร (2548) *ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้มาตรฐาน และคุณภาพ.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กันยมาส คงรอด (2546) *ภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำทิ้งชุมชนและชานอ้อย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

กิตติ วิรุณพันธุ์, พัชรีสาร ฐิติธนานนท์, สุรีรัตน์ บุตรพรหม (2553) ชนิดไส้เดือนและวัสดุรองพื้นแบบต่างๆ ต่อการให้ผลผลิตของไส้เดือนดิน. *วารสารการเกษตรราชภัฏ*, 9 (2), 12-20.

ขวัญชัย นิ่มอนันต์ (2550) *ผลของสารสกัดจากไส้เดือนดินต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในพืช.* นครปฐม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยา วงศ์ตรี (2551) *คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิตสุภา คำรัศมี (2551) *การศึกษาวัสดุปลูกและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 แบบไม่ใช้ดิน.* ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จิระพร เชยชิต, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอุ่น (2556) อิทธิพลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการเร่งการเจริญเติบโตของราก และการแตกตาข้างของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์. *วารสารแก่นเกษตร*, 41 (1), 297-301.

จิราภรณ์ กระแสเทพ, มัณฑนา นครเรียบ (2555) การหาปริมาณรวมของสารฟีนอลิก แอนโธไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 8, 269-273.

จิรายุ นุชนนท์, กนก เลิศพานิช, อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น (2560) ผลของวัสดุเพาะเลี้ยงที่มีผลต่อจำนวนถุงไข่ น้ำหนักตัว ปริมาณมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ แอฟริกัน ไนท์ ครอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*). *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 35 (2), 41-48.

ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, ณัฏฐิรา แกล้วกล้าหาญ (2559) การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมัก โดยไส้เดือนดินระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 2 (3), 199-206.

ณัฏฐ์ชยธร ขัตติยะพุฒิเมธ, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย (2561) ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน. *วารสารแก่นเกษตร*, 46 (1), 1188-1192.

ณัฏฐ์วรินท์ ธุวะคำ, วัชรี ฟั่นเฟือนหา (2562) ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษผลไม้ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 47 (2), 266-272.

ณัฐมณ ขวัญไชย, กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์ (2556) การเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุ และวิธีการที่ต่างกัน. *เอกสารการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.* 21 กรกฎาคม 2561, ขอนแก่น, *ประเทศไทย*. หน้า 49-59.

ทัณฑิกา มุงคุณคำชาว, ดรุณี โชติษยางกรู, สำราญ พิมราช, บรรยง ทุมแสน (2553) น้ำหมักชีวภาพและน้ำส้มควันไม้เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ. *วารสารแก่นเกษตร*, 38, 225-236.

ทิพยากร ลิ่มทอง, วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์, เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์, ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, ประโสด ธรรมเขต (2536) ผลของการใช้น้ำส่าเบียร์ต่อการย่อยสลายกากอ้อย. *กรมพัฒนาที่ดิน*, 3-48.

ธันนิดา กงทอง, สุนันทา เลาวัณย์ศิริ, จุฑามาส แก้วสุข (2561) การเปรียบเทียบธาตุอาหารหลักของปุ๋ยมูลไส้เดือนจากการย่อยสลายกระดาษและขยะอินทรีย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 37 (5), 587-593.

ธันวดี ศรีธาวิวัฒน์ (2543) *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในกระบวนการทำปุ๋ยน้ำจากขยะเศษอาหาร.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นภาพร พิฆารัตน์ (2548) *การหมักขยะอินทรีย์ในตู้ลิ้นชักโดยใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ Perionyx excavates*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นริสรา พานพ่วง, สาวิตรี จันทรานุรักษ์ (2555) การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในปุ๋ยหมักธรรมชาติ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยไส้เดือน *Eudrilus eugeniae* และปุ๋ยหมัก

พด.1. เอกสาร*การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษศาสตร์ ครั้งที่ 50.* 31 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2555, กรุงเทพมหานคร, *ประเทศไทย*. หน้า 442-447.

นันทวุฒิ จำปางาม (2560) เทคโนโลยีปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสทิร์นเอเชีย*, 11 (2), 70-81.

นิพนธ์ ไชยมงคล (2548) *การเลี้ยงไส้เดือน.* เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บพิธ จารุพันธ์, นันทพร จารุพันธ์ (2554) *สัตววิทยา*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัญชา รัตนีทู (2556) ผลของน้ำสกัดชีวภาพจากมูลวัวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 5 (2), 76-82.

บัญชา เรืองศิลป์ประเสริฐ (2554) *การใช้ไส้เดือนดินในการจัดการขยะอินทรีย์เพื่อผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน*. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจวรรณ คำศรี, อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ (2555) การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม. *เอกสารการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9*, 6-7 ธันวาคม 2555, กำแพงแสน, ประเทศไทย. 460-467.

ปฐพีวิทยา (2530) *ปฐพีวิทยาก้าวไกล วิจัย-วิชาการ*. กรุงเทพมหานคร, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศิต อินทรสำอาง (2549) *การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัสและตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ.* ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ธีรจินดาขจร (2557) *คู่มือการวิเคราะห์พืชและวัสดุอินทรีย์ทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภฤศญา ปิยนุสรณ์, วรรณี สุทธใจดี (2555) *การศึกษาการเลี้ยงไส้เดือนเชิงพาณิชย์ในการจัดการขยะอินทรีย์*. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

มงคล ตัะอุ่น (2547) *การฟื้นฟู/จัดการ: ดินเค็ม-ดินอุดมสมบูรณ์ต่ำ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น.

มงคล ตัะอุ่น (2557) *เทคนิคและการวิเคราะห์ : ในห้องปฏิบัติการดิน พืช น้ำ และปุ๋ย.* พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มุกดา สุขสวัสดิ์ (2544) *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, โอเดียนสโตร์.

วรรณรัตน์ ชุติบุตร, ชฎาพร คงนาม (2551) *คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการ ผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรรณรัตน์ ชุติบุตร, สงกรานต์ พระอังคาร (2551) *คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรกรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วโรทัย รุ่งแสง, สาวิตรี จันทรานุรักษ์, พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ (2557) ผลของการใช้วัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักชีวภาพ. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52*, 4-7 กุมภาพันธ์ 2557, กรุงเทพมหานคร, *ประเทศไทย*. 353-359.

วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์ (2545) การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ. *เอกสารการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 40 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.* 4-7 กุมภาพันธ์ 2545, กรุงเทพมหานคร, *ประเทศไทย.* หน้า 307-316.

วิศรุต วิชัยวิทย์, เบญจมาศ รสโสภา, กรรณิการ์ สัจจาพันธ์ (2555) คุณภาพปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavates. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 30 (2), 69-86.

วีณารัตน์ มูลรัตน์, สมชาย ชคตระการ, อัญชลี จาละ (2558) ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้. *การประชุมทาง วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48.* 3-5 กุมภาพันธ์ 2553, กรุงเทพมหานคร, *ประเทศไทย*. หน้า 82-88.

วุฒิกร จันทร์มาก, ศศมล ผาสุก, ชาตรี เกิดธรรม (2552) การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพจากปลาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกแบบไร้ดิน. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, 3 (1), 85-94.

ศิริพร กาทอง, เฉลิม เรืองวิริยะชัย (2557) การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม. *วารสาวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 13, 55-58.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2552) การปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ. *เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ*, 1 (1), 1-30.

สกุลเทพ ชูพงษ์, กิตติ บุญเลศนิรันดร์, พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร (2559) การศึกษาศักยภาพการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินจากผักตบชวาบริเวณคลองส่งน้ำในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1*, 29 มิถุนายน 2559, พระนครศรีอยุธยา, *ประเทศไทย*. 519-524.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2555) น้ำหมักชีวภาพกับงานด้านการเกษตร. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 3 (1), 59-65.

สมชาย ชคตระการ, อัญชลี จาละ (2558) การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกวางตุ้งดอกบนวัสดุปลูกที่เติมปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 4 (3), 236-243.

สมปอง หมื่นแจ้ง (2548) *คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, สำนักวิจัยพัฒนาการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สัณห์ ละอองสี (2551) การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบชาสด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 39 (3), 178-181.

สามารถ ใจเตี้ย (2558) การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์. *วารสารวิชาการและวิจัย*, 9 (2), 189-200.

สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์, จักรพันธ์ พิณจีน (2557) คุณสมบัติของมูลไส้เดือนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกะเพราและโหระพา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 45 (2), 257-260.

สุชาดา สานุสันต์, ศรายุทธ ชุลีกรกูล, ภิญโญ มีแก้ว (2554) *ผลของมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. บุรีรัมย์, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

สุนิสา ประไพตะกูล (2551) *คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้า ผักกวางตุ้ง)*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, กรมส่งเสริมการเกษตร.

สุลีลัก อารักษณ์ธรรม, สุชาดา สานุสันต์ (2557) *อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ดินและการปรับปรุงโครงสร้างของดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อรนุช นาคาชาติ, วรรณา เอกทอง, อรนุช คงลัก (2554) สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงผักแขยง. *วารสารวิทยาศาสตร์คชสาส์น*, 36 (2), 55-64.

อรรถพล พันธุ์งาม, สุรพงศ์ รัตนะ, บันลือ สังข์ทอง (2560) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดตะขบฝรั่ง. *เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 13*, 7-8 กันยายน 2560, มหาสารคาม, *ประเทศไทย*. 563-570.

อัญชลี จาละ (2555) ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือน 2 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมใบ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 1 (1), 19-24.

Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Welch C, Metager JD (2004) Influences of vermicompost on field strawberries-I Effects on growth and yields. *Bioresour Technology,* 93 (2), 145-153.

Atiyeh RM, Arancon NQ, Edwards CA, Metzger JD (2002) The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology*, 81 (2), 103-108.

Atiyeh RM, Dominguez J, Subler S, Edwards CA (2000) Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44, 709-724.

Bansal S, Kapoor KK (2000) Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida. Biores Technology*, 73, 95-98.

Blanchart E, Albrecht A, Brown G, Decaens T, Duboisset A, Lavelle P, Mariani L, Roose E (2004) Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agricuture Ecosystems and Environment*, 104, 303-315.

Cotrufo MF, Ineson P, Robert JD (1995) Decomposition of Birch leaf litter with varying C-to-N-Ratios. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 1219-1221.

Edwards CA (1995) Commercial and environmental potential of vermicomposting: A historical overview. *Bio Cycle*, 36 (6), 62-63.

Edwards CA (1998) The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. *United States Department of Agriculture*, 327-354.

Elvira C, Sampeelro L, Benitez E, Nagales R (1998) Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei* : a plot scale study, Bioresour. *Technol*, 62, 205-211.

Federico AGM, Borraz JS, Molina JAM, Nafate CC, Archila MA, Llaven MAO, Rosales RR, Dendooven (2007) Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology,* 98, 2781-2786.

Galli E, Tomati U, Grappelli A, Di Lena G (1990) Effect of earthworm casts on protein synthesis in *Agaricus bisporus*. *Biology and Fertility of Soils*, 9 (4), 290-291.

Ghosh C (2004) Integrated vermi-pisciculture-an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource technology*, 93, 71-75.

Haddad ME, Zayed MS, Sayed GAM, Hassanein MK, Satar AM (2014) Evaluation of compost, vermicompost and their teas produ-ced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Annals of Agricultural Science*, 59 (2), 243-251.

Helich K (1990) Officail Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. *United States of America*.

Khawairakpam M, Bhargava R (2009) Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal Hazard Mater*, 161, 948-954.

Komilis DP, Ham RK (2006) Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper yard waste and food waste. *Waste Manage*, 26, 62-70.

Lazcano C, Brandón MG, Domínguez J (2008) Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Contents lists available at Science Direct*, 72, 1013-1019.

Le Bayon RC, Binet F (2006) Earthworm changes the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. *Soil Biology Biochemistry*, 38, 235-246.

Meunchang S, Panichuakpatana S, Wcavev RW (2005) Co-compasting of filter cake and bagasse; by product from a sugar mill. *Bioresource technology*, 96, 437-442.

Meunchang S, Panichudkpatana S, Wcavev RW (2005) Co-compasting of filter cake and bagassc: by product from a sugar mill. *Bioresource technology*, 96, 437-442.

Muthukumaravel K, Amsath A, Sukumaran M (2008) Vermicomposting of Vegetable Wastes Using Cow Dung. *E-Journal of Chemistry*, 5 (4), 810-813.

Norman QA, Clive AE, Rola A, James DM (2004) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93 (2), 139-144.

Orozco FH, Cegarra J, Trujillo LM, Roig A (1996) Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eudrilus eugeniae*: Effect on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*, 22, 162-166.

Plaza C, Xing B, Fernandez JM, Senesi N, Polo A (2009) Binding of polycyclic aromatic hydrocarbons by humic acids formed during composting. *Journal Environmental Pollution*, 157, 257-263.

Prabha L, Jayraaj M, Jeyaraaj R (2005) Macro and micronutrient changes in vermicomposting of vegetable wastes using *Eudrilus eugeniae*. *South Asian Journal of Socio-Political Studies*, 2 (1), 129-130.

Pramanik P, Ghosh GK, Ghosal PK, Banik P (2006) Changes in organic – C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Biotechnology*, 98, 2485-2494.

Rutherford PM, Mcgill WB, Arocena JM (2006) Total Nitrogen. Second edition. *United States of America Taylor & Francis Group*, 267-278.

Singh RP, Chidambara KN, Jayaprakasha GK (2002) Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 81-86.

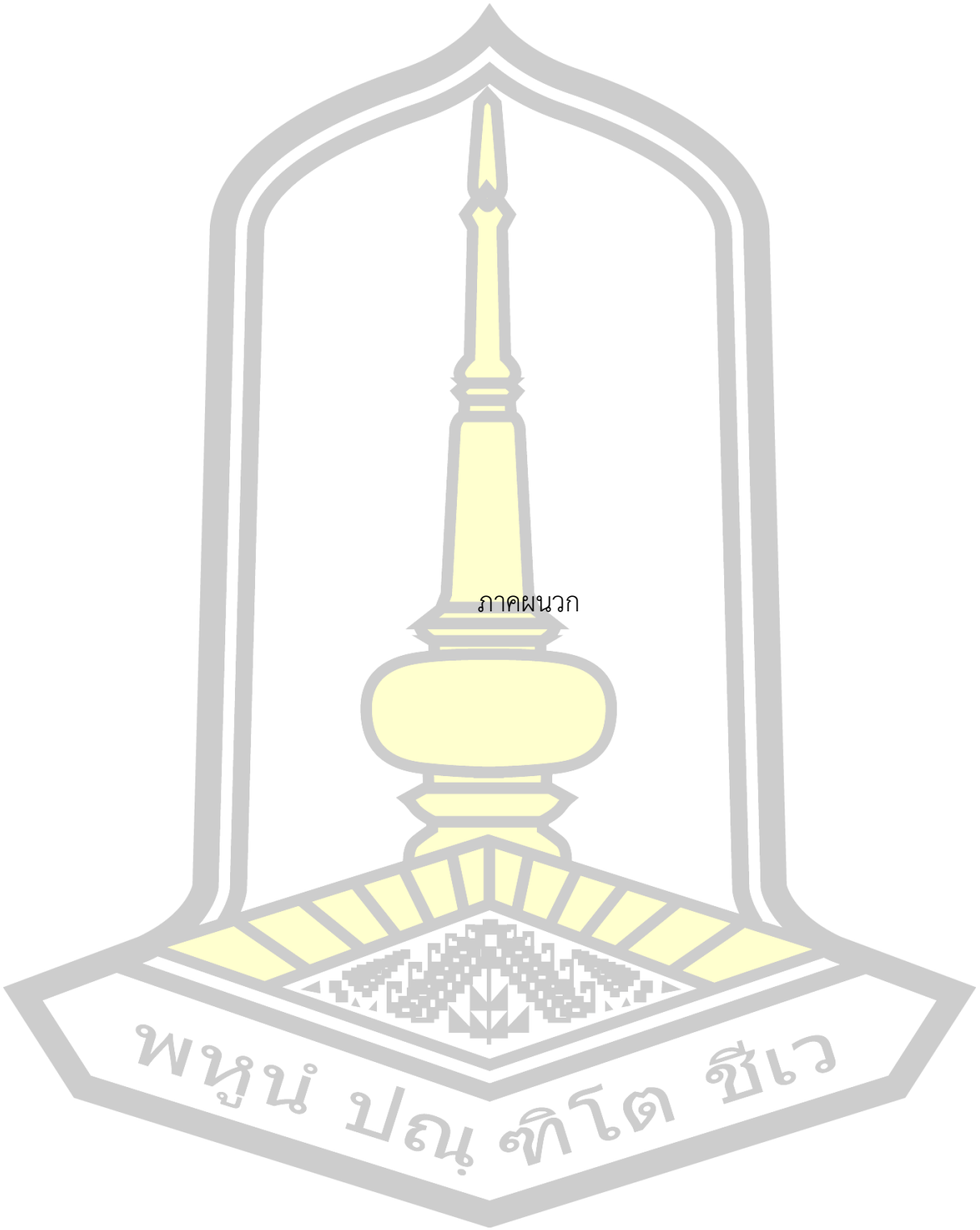
Sumanta N, Haque CI, Jaishee N, Roy S (2014) Spectrophotometric Analysis of Chlorophylls and Carotenoids from Commonly Grown Fern Species by Using Various Extracting Solvents. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4 (9), 63-69.

Suthar S (2008) Bioconversion of postharvest crop residues and cattle shed manure into value-added products using earthworm *Eudrilus eugeniae* Kinberg. *Ecological engineering*, 32, 206-214.

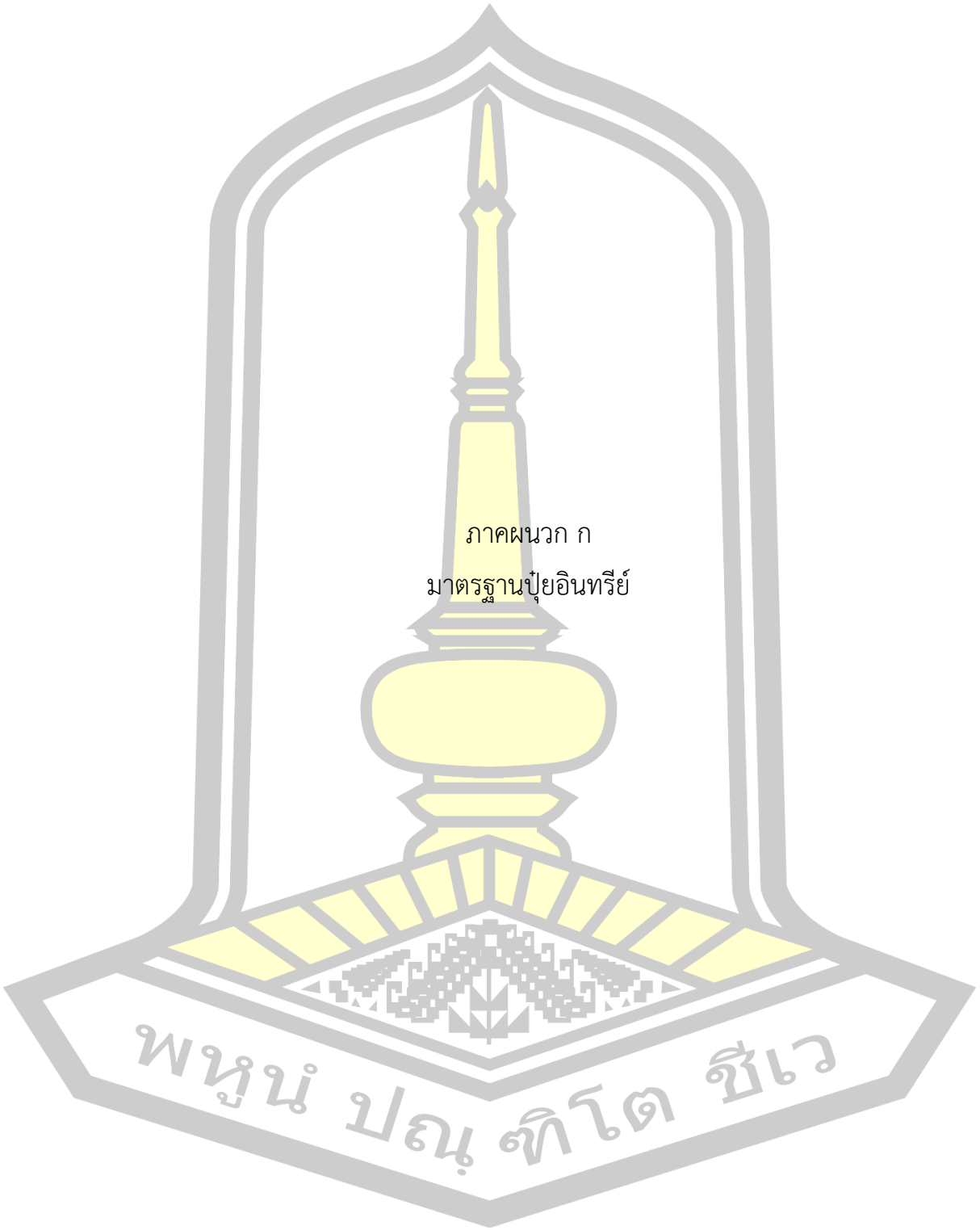
Theunissen J, Ndakidemi P.A, Laubscher C.P (2010) Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences*, 5 (13), 1964-1973.

Valdrighi MM, Pera A, Agnolucci M, Frassinetti S, Lunardi D, Vallini G (1996) Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 58, 133-144.

Varma VS, Kalamdhad AS, Khwairkpam M (2016) Feasibility of *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus* in vermicomposting of water hyacinth. *Ecological engineering*, 94, 127-135.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
มาตรฐานปุ่ยอินทรีย์

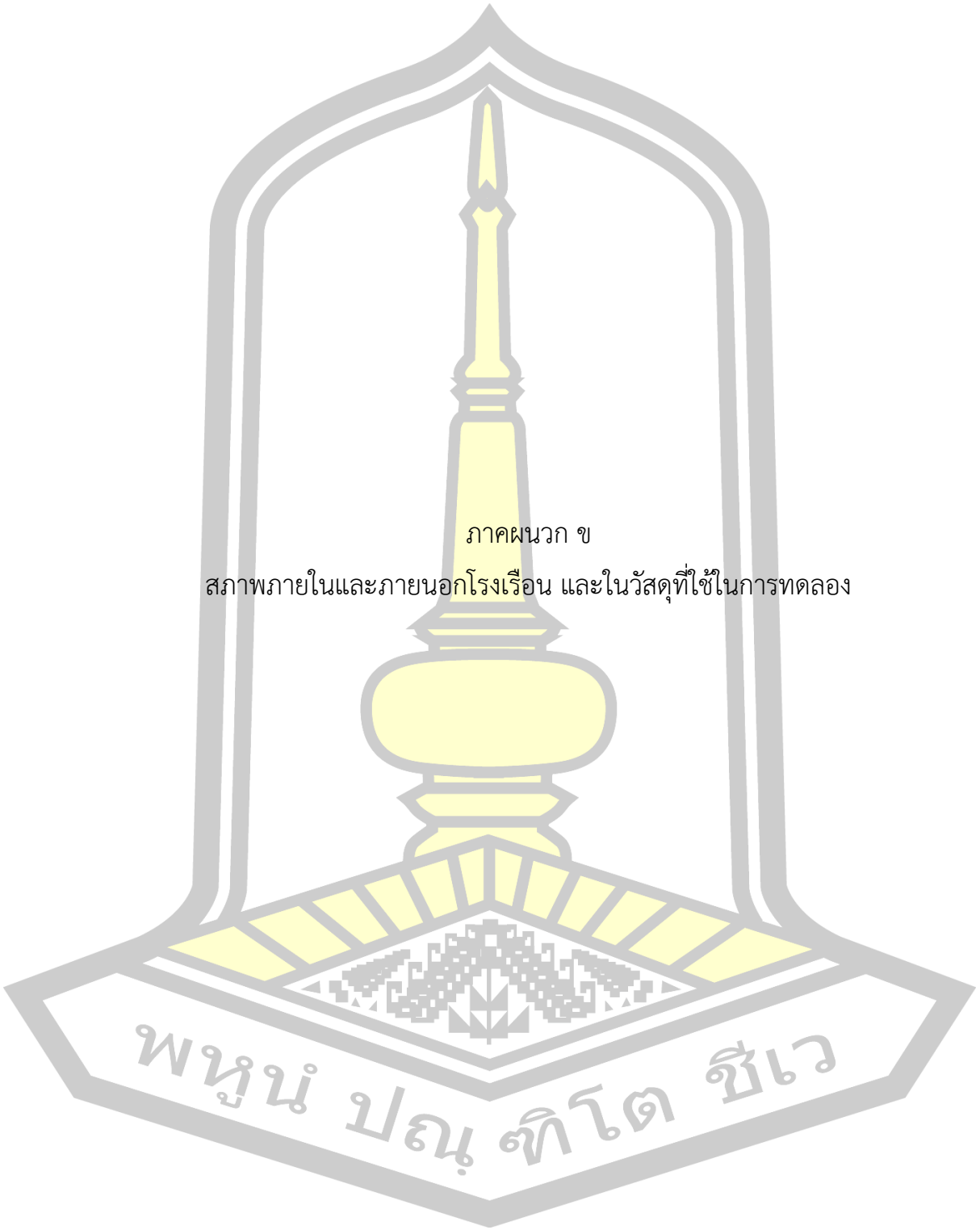
ตารางภาคผนวก 1 ก มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 × 12.5 มม.
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35%
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. ไม่เกิน 5%
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 30
6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.5-8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20:1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) - ไนโตรเจน (Total N) - ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) - โพแทสเซียม (Total K_2O)	 ไม่น้อยกว่า 1.0 ไม่น้อยกว่า 0.5 ไม่น้อยกว่า 0.5
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80%
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มก./กก. ไม่เกิน 5 มก./กก. ไม่เกิน 300 มก./กก. ไม่เกิน 500 มก./กก. ไม่เกิน 500 มก./กก. ไม่เกิน 2 มก./กก.

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2548)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ข
สภาพภายในและภายนอกโรงเรือน และในวัสดุที่ใช้ในการทดลอง



ตารางภาคผนวก 1 ข สภาพโรงเรือนเพาะเลี้ยงและภายในวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

วันที่	สภาพภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยง		กรรมวิธี	สภาพภายในวัสดเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน		
	อุณหภูมิ (°C)	ความชื่นสัมพัทธ์ (%)		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	pH
31/03/61	29.33	78.00	T1	28.45	63.33	7.19
			T2	28.55	63.89	6.75
			T3	28.55	67.77	7.31
			T4	28.45	67.07	7.29
			T5	28.55	63.75	7.28
07/04/61	30.67	66.00	T1	28.80	69.67	7.36
			T2	28.75	70.33	6.68
			T3	28.85	77.33	7.69
			T4	28.95	75.67	7.40
			T5	28.70	76.42	7.38
15/04/61	34.00	61.00	T1	30.40	72.91	7.77
			T2	30.50	70.83	6.57
			T3	30.55	78.33	7.79
			T4	30.60	75.00	7.54
			T5	30.60	76.24	7.68
22/04/61	31.00	59.00	T1	29.85	76.66	7.87
			T2	30.00	74.17	6.48
			T3	29.90	78.33	7.68
			T4	29.50	71.66	7.67
			T5	29.90	70.85	7.52
30/04/61	27.50	88.33	T1	27.50	76.16	7.57
			T2	27.20	76.66	6.33
			T3	27.25	79.16	7.97
			T4	27.40	77.91	7.37
			T5	27.25	77.50	7.43

หมายเหตุ: T1 = Control, T2 = กากยีสต์, T3 = ฟางข้าว, T4 = วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, T5 = ผักตบชวา

ตารางภาคผนวก 1 ข สภาพโรงเรือนเพาะเลี้ยงและภายในวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน (ต่อ)

วันที่	สภาพภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยง		กรรมวิธี	สภาพภายในวัสดเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน		
	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	pH
07/05/61	29.00	67.33	T1	28.55	71.00	7.75
			T2	28.75	72.00	6.21
			T3	28.20	79.16	7.89
			T4	28.45	75.00	7.47
			T5	28.25	77.91	7.63
15/05/61	30.00	76.00	T1	29.45	75.33	7.57
			T2	29.55	72.67	6.04
			T3	29.45	78.33	7.65
			T4	29.20	76.67	7.34
			T5	29.40	77.61	7.47
22/05/61	30.00	74.00	T1	29.20	72.33	7.37
			T2	29.60	74.16	6.03
			T3	29.40	78.67	7.77
			T4	29.25	75.33	7.85
			T5	29.30	77.00	7.53
30/05/61	32.33	68.33	T1	30.25	74.61	7.25
			T2	30.50	72.00	5.96
			T3	30.20	78.00	7.85
			T4	30.40	75.33	7.45
			T5	30.35	77.67	7.35
06/06/61	30.00	70.00	T1	29.50	71.83	7.18
			T2	29.45	70.50	6.01
			T3	29.40	78.91	7.78
			T4	29.40	71.91	7.68
			T5	29.40	77.25	7.45

หมายเหตุ: T1 = Control, T2 = กากยีสต์, T3 = ฟางข้าว, T4 = วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, T5 = ผักตบชวา

ตารางภาคผนวก 1 ข สภาพโรงเรือนเพาะเลี้ยงและภายในวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน (ต่อ)

วันที่	สภาพภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยง		กรรมวิธี	สภาพภายในวัสดเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน		
	อุณหภูมิ (°C)	ความชื่นสัมพัทธ์ (%)		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	pH
14/06/61	30.00	71.00	T1	28.50	73.33	7.20
			T2	28.60	74.44	5.95
			T3	28.45	76.44	7.77
			T4	28.40	75.00	7.43
			T5	28.55	76.66	7.31
21/06/61	32.00	69.00	T1	30.20	71.33	7.17
			T2	30.20	70.67	5.89
			T3	30.10	77.00	7.89
			T4	30.25	75.67	7.34
			T5	30.00	76.67	7.34
29/06/61	29.00	68.00	T1	28.20	72.00	7.19
			T2	28.40	70.00	5.63
			T3	28.00	78.00	7.89
			T4	28.20	76.33	7.57
			T5	28.25	76.67	7.43
06/07/61	32.00	70.00	T1	30.00	65.00	7.07
			T2	30.85	63.33	5.46
			T3	30.50	78.00	7.45
			T4	29.83	66.33	7.37
			T5	30.16	76.66	7.30

หมายเหตุ: T1 = Control, T2 = กากยีสต์, T3 = ฟางข้าว, T4 = วัสดุเหลือใช้จากการเพาะทานตะวันงอก, T5 = ผักตบชวา

พหุน ปณ ฑิโต ชีเวร

ภาคผนวก ค

การเพาะเลี้ยง และการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์แอฟริกันไนท์คลอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae*)

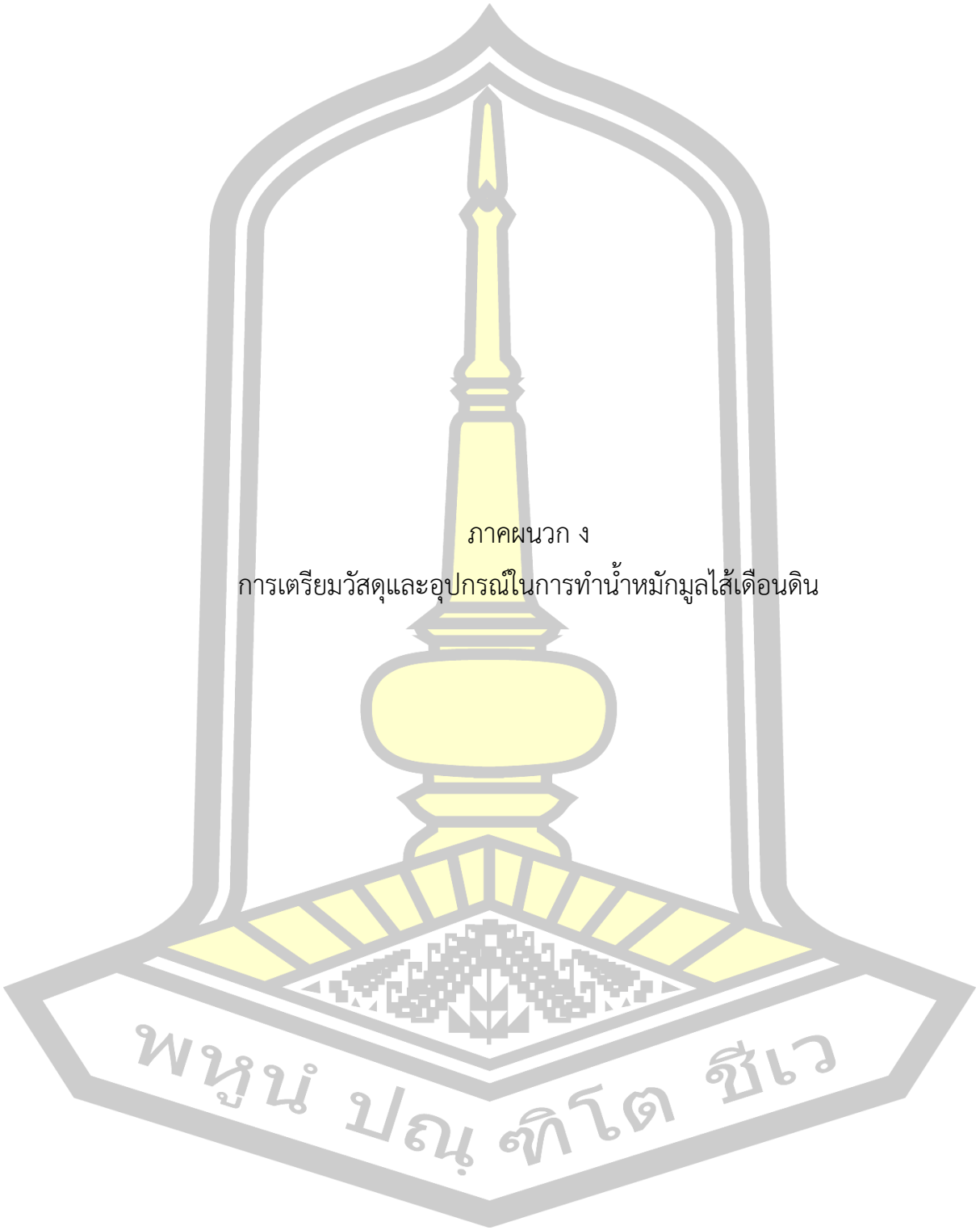
ภาคผนวก 1 ค การเตรียมวัสดุเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน
(ดิน:ขุยมะพร้าว:มูลวัวนมแห้ง ในอัตราส่วน 1:1:1)

ภาคผนวก 2 ค การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน

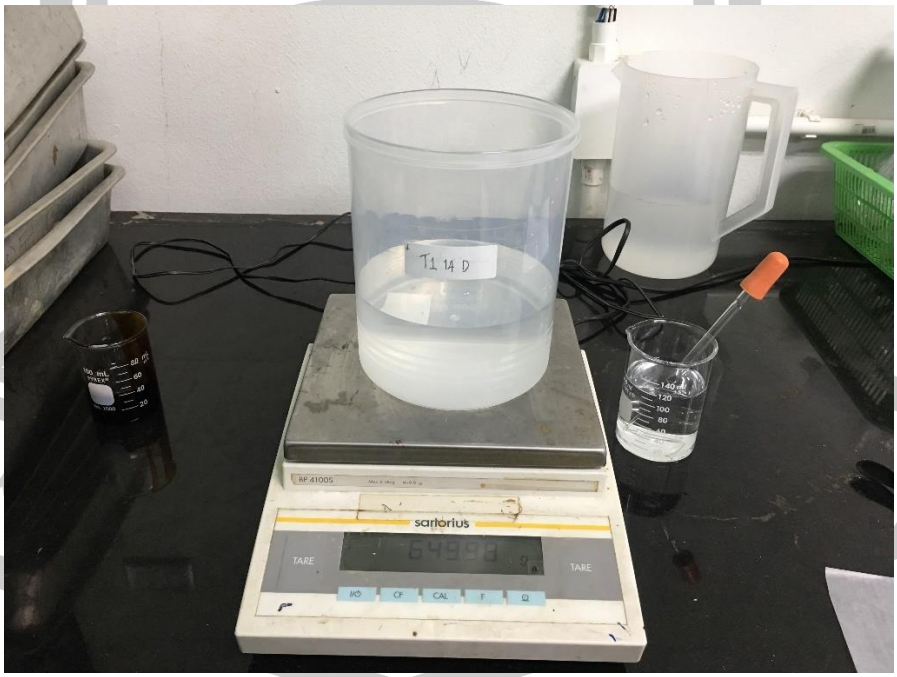
ภาคผนวก 3 ค การบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

ภาคผนวก 4 ค ลักษณะของมูลไส้เดือนดิน

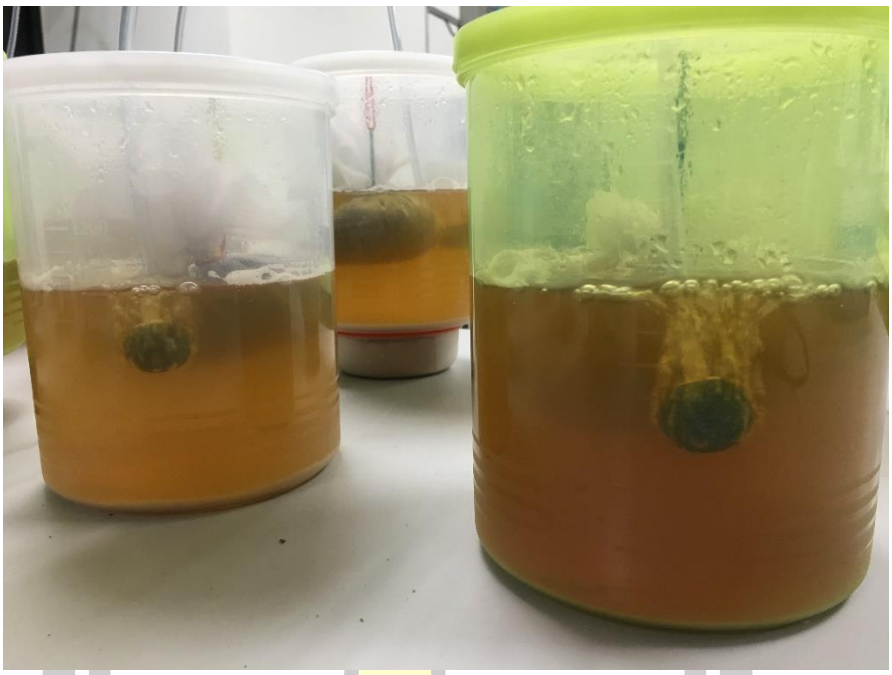
ภาคผนวก ง
การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน



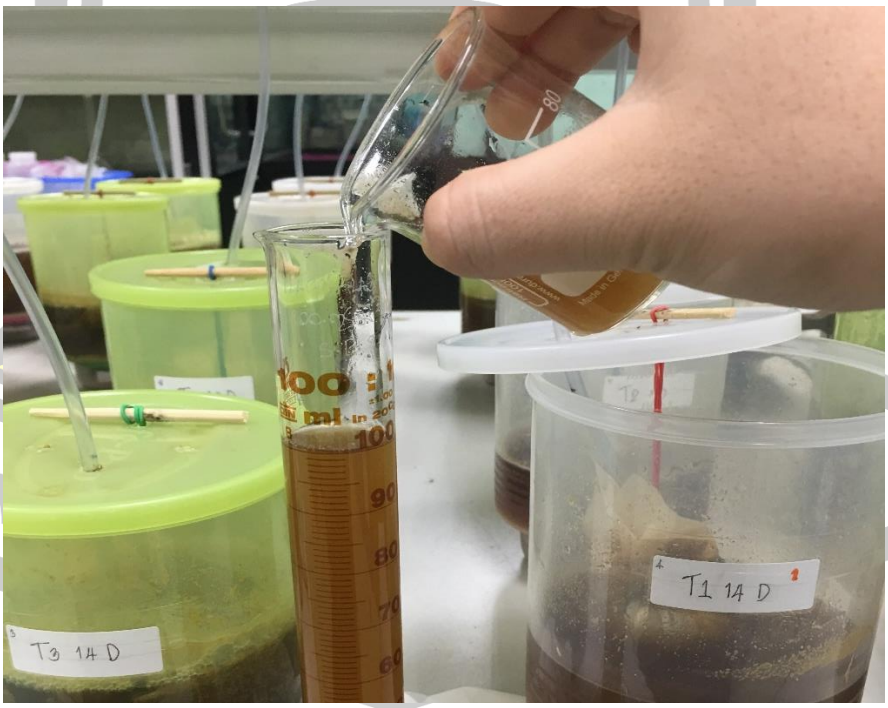
ภาคผนวก 1 ง การเตรียมภาชนะในการทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน



ภาคผนวก 2 ง การเตรียมวัสดุผสมในการทำน้ำหมัก (น้ำ:กากน้ำตาล:รำข้าว ในอัตราส่วน 1,000:1:50 โดยน้ำหนัก)



ภาคผนวก 3 ง การทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน



ภาคผนวก 4 ง การเก็บตัวอย่างน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาคผนวก จ

การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาคผนวก 1 จ การเตรียมวัสดุปลูก (ดิน:มูลวัวนม:แกลบดิบ ในอัตราส่วน 2:1:1)

ภาคผนวก 2 จ การเพาะเมล็ดพันธุ์กวางตุ้งดอกในถาดหลุมด้วยพีทมอส

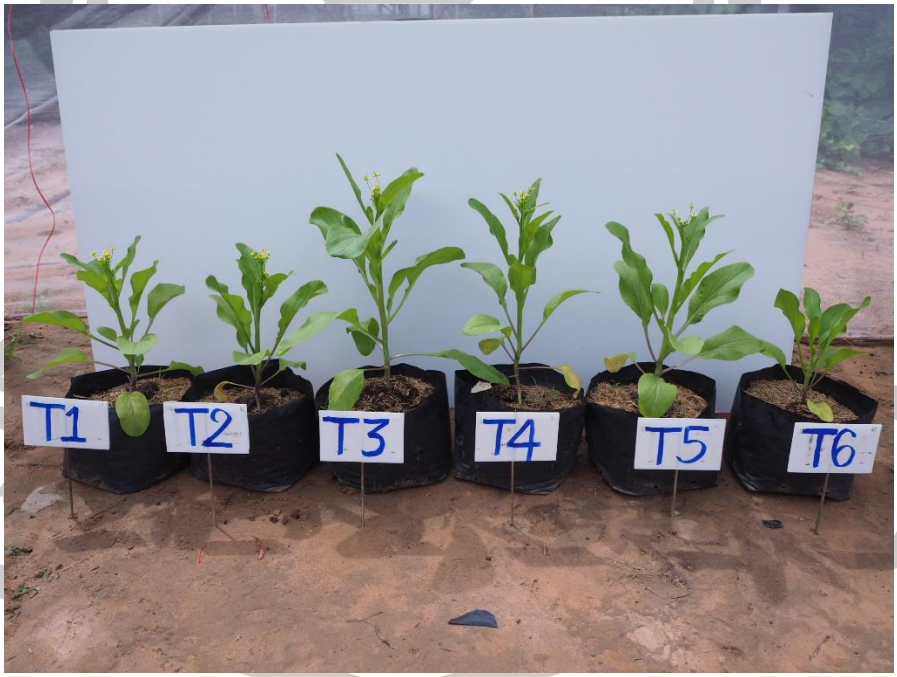
ภาคผนวก 3 จ การให้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาคผนวก 4 จ โรงเรือนที่ใช้ปลูกต้นผักกวางตุ้งดอก

ภาคผนวก 5 จ การเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 21 วันหลังงอก

ภาคผนวก 6 จ การเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 27 วันหลังงอก

ภาคผนวก 7 จ การเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่อายุ 33 วันหลังงอก

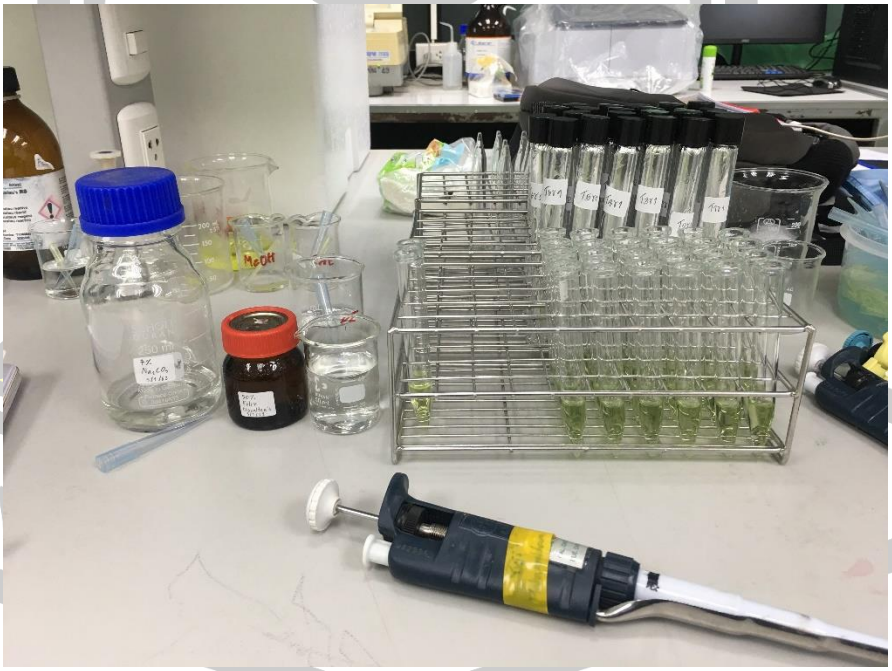


ภาคผนวก 8 จ การเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่ระยะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 39 วันหลังงอก

ภาคผนวก 9 จ การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอก

ภาคผนวก 10 จ การบันทึกข้อมูลด้านผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอก

ภาคผนวก 11 จ การทดสอบชิมต้นผักกวางตุ้งดอก



ภาคผนวก 12 จ การบันทึกข้อมูลด้านคุณภาพของต้นผักกวางตุ้งดอก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์
วันเกิด	วันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 5/3 หมู่ 6 บ้านสระมโนราห์ ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30280
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย ๒ จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2558 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว