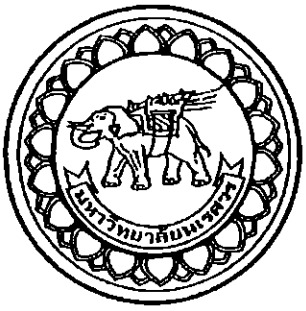


การเติมขยะเศษอาหารอย่างต่อเนื่องสำหรับการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ PERIONYX EXCAVATUS ในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้น

CONTINUOUS FEED OF FOOD WASTE FOR VERMICOSTING BY PERIONYX EXCAVATUS IN MODIFIED 5 LEVEL DRAWER

นางสาวเวียงคำ แซ่ว้าง รหัส 51384277

นางสาวกนกวรรณ กรรณิการ์ รหัส 51381375

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 160287
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเติมขยะเศษอาหารอย่างต่อเนื่องสำหรับการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* ในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้น
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเวียงคำ แซ่ว้าง รหัส 51384277
	นางสาวกนกวรรณ กรรณิการ์ รหัส 51381375
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ
(ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเติมขยะเศษอาหารอย่างต่อเนื่องสำหรับการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* ในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้น
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเวียงคำ แซ่ว้าง รหัส 51384277
	นางสาวกนกวรรณ กรรณิการ์ รหัส 51381375
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* ในการหมักขยะเศษอาหารในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้น โดยทำการเติมขยะแบบต่อเนื่องทุกวัน วันละ 87 กรัม ยกเว้นเสาร์-อาทิตย์ โดยใส่ไส้เดือนเริ่มต้น50 กรัม ใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และใช้ตู้ลิ้นชัก 5 ชั้น หมักขยะโดยไม่ใส่ไส้เดือนเป็นการทดลองควบคุม

ผลการทดลองพบว่าไส้เดือน สามารถกระจายตัวอยู่ทั้ง 4 ชั้น โดยพบว่า เมื่อเสร็จสิ้นในสัปดาห์ที่ 7 ไส้เดือนกระจายตัวจากชั้นบนสุด จนถึงชั้นล่างสุด ของกล่องที่ 1 ดังนี้ 17.5,25.7,20.8,7.5 กรัม และกล่องที่ 2 17.65,24.7,20.8,6.75 กรัมตามลำดับ ซึ่งพบการกระจายตัวของไส้เดือนอยู่ในชั้นกลางของลิ้นชักมากที่สุด สำหรับขยะเศษอาหารพบว่า ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าลดลงในสัปดาห์แรกและมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 จนเสร็จสิ้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในสัปดาห์ที่ 7 ใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไส้เดือน

นอกจากนี้พบว่าในชั้นดินที่มีการเลี้ยงไส้เดือนด้วยขยะเศษอาหารมีค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สูงกว่าชั้นดินที่ไม่มีไส้เดือน ในการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การเลี้ยงไส้เดือน *Perionyx excatus* ด้วยขยะเศษอาหาร สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใช้ในครัวเรือนได้เนื่องจากมีเศษขยะอาหารที่เหลือทุกวัน สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ที่จำกัด สามารถนำดินรองพื้นไปใช้เป็นสารการปรับปรุงดิน และได้ปริมาณไส้เดือนเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

Project title CONTINUOUS FEED OF FOOD WASTE FOR VERMICOSTING BY *PERIONYX EXCAVATUS* IN MODIFIED 5 LEVEL DRAWER

Name Mrs.Wiangkam Saewang ID. 51384277

Mrs.Kanokwan Kannika ID. 51381375

Project advisor Dr.Dondej Tungtrakarnpong

Major Environmental Engineering

Department Civil engineering

Academic year 2011

Abstract

In this study, vermicomposting by *Perionyx excavatus* was examined the efficiency for composing of food waste in the 5 levels of a drawer. 87 g of food waste was added continually to the drawer everyday excepted Saturday and Sunday. Whereas 50g of the worm was placed initially in the drawer at the beginning. 2 replicates of the experiment were carried out for 7 weeks. The composting with no worm is the control experiment.

The result showed that the worm could move around the four levels. At the end (7^{th} week), distribution of the worm in the drawer was 17.5, 25.7, 20.8, 7.5 g for the 1^{st} reactor and 17.65, 24.7, 20.8, 6.75 g for the 2^{nd} reactor, respectively. It is quite certain that a lot worm was in the middle level. For food waste characteristic, the C/N was reduced in the first week and then increased in the second week. At the end, C/N is about the same as the control.

Moreover, it found that Nitrogen and Phosphorus in the soil bedding was higher than that of the control. In conclusion, it can be said that the vermicomposting of food waste by *Perionyx excavatus* is able to apply for each household because of using small space, having everyday food waste, getting nutrient benefit from soil bedding and getting more worm for other benefits.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้สำเร็จลงด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.คลเดช ตั้งตระการพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเป็นผู้ให้ความกรุณาในการให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษา นอกจากนี้ยังได้ตรวจแก้โครงงานเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ อ.อำพล เตโชวาณิชย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ได้ประสิทธิ์ประศาสน์วิชาความรู้ให้แก่ผู้เรียน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ได้อำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณประชาชน ชุมชนบรมไตรโลกนารถ 21 จ.พิษณุโลก ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างขยะชุมชน ในการทดลองครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ผู้ประกอบการร้านค้าในมหาวิทยาลัยนเรศวรที่กรุณาให้ความช่วยเหลือให้ขยะอินทรีย์ มาใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคารพรักอย่างสูง และขอขอบคุณญาติพี่น้องที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุน ส่งเสริมช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดมา

นางสาวเวียงคำ แซ่ว้าง

นางสาวกนกวรรณ กรรณิการ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 สมมติฐานผลการทดลอง 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.6 แผนการดำเนินโครงงาน 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก 4
2.2 วิธีการทำปุ๋ยหมัก 13
2.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำปุ๋ยหมัก 13
2.4 ลักษณะโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน 14
2.5 ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน 15
2.6 โครงสร้างภายในของไส้เดือนดิน 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 21

3.1 การเตรียมขยะเศษอาหารที่นำมาใช้ในการศึกษา 45

3.2 การดำเนินการของแต่ละสัปดาห์ 51

3.2 ระยะเวลาทำการวิจัยและสถานที่ทำการวิจัย 51

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง 25

4.1 การเคลื่อนไหวของไส้เดือนในตู้ลิ้นชัก 25

4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไส้เดือน 45

4.3 อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน 51

4.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและทางกายภาพ 51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 43

5.1 สรุปผลการทดลอง 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 46

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก 48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 3

3.1 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์....22

4.1.4 การกระจายตัวของไส้เดือนในตู้ลิ้นชักตามชั้นต่างๆเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 27

4.4.1.1 ค่าองค์ประกอบไนโตรเจนในดิน 34

4.4.2.1 องค์ประกอบฟอสฟอรัสในดิน 27

1 ความชื้นกล่องที่1 49

2 ความชื้นกล่องที่2 50

3 ความชื้นกล่องทดลองควบคุม....51

4 pHกล่องที่1 52

5 pHกล่องที่2 52

6 pHกล่องควบคุม....52

7 อุณหภูมิกล่องที่1....53

8 อุณหภูมิกล่องที่2....53

9 อุณหภูมิกล่องกล่องควบคุม 53

10 C/Nกล่องที่1....54

11 C/Nกล่องที่2....54

12 C/Nกล่องควบคุม....54

13 O.Cกล่องที่1....55

14 O.Cกล่องที่2....55

15 O.Cกล่องควบคุม 55

16 TNกล่องที่1 56

17 TNกล่องที่2....56

18 TNกล่องควบคุม 56

สารบัญตาราง(ต่อ)

19 ของแข็งระเหยกล่องที่1 57
20 ของแข็งระเหยกล่องที่2 57
21 ของแข็งระเหยกล่องควบคุม 57
22 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือนกล่องที่1 58
23 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือนกล่องที่2 58
24 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือนแต่ละสัปดาห์ 58
25 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือนมิลลิกรัมต่อวัน 58

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ถังกลมแบบหมุนได้ 12

2.2 วงกลมติดพื้น 12

2.4 สี่เหลี่ยมแบบ3ช่อง 13

3.1 วิธีการเลื่อนลิ้นชัก 22

3.2 ลิ้นชักพลาสติก 5 ชั้นที่ใช้ในการทดลอง 23

3.3 แบบแปลนตู้ลิ้นชัก 5 ชั้นที่ใช้ในการทดลอง 23

3.4 ไส้เดือนและอาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือน 24

3.5 ลิ้นชักที่ใช้ในการทดลอง 24

3.6 ภาพวิธีการทดลอง 24

4.1.1 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของไส้เดือน 25

4.1.2 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของไส้เดือน 26

4.1.3 แสดงการเลื่อนลิ้นชัก 26

4.2.1 น้ำหนักไส้เดือนกรัมต่อตัวกล่องที่1และกล่องที่2 28

4.3.1 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นแต่ละสัปดาห์ 29

4.3.2 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นกรัมต่อวัน 30

4.4.1.1 องค์ประกอบคาร์บอนที่ไส้เดือน 50 ก.กล่องที่ 1 31

4.4.1.2 องค์ประกอบคาร์บอนที่ไส้เดือน 50 ก.กล่องที่ 2 31

4.4.1.3 องค์ประกอบคาร์บอนที่ไม่ใส่ไส้เดือน กล่องควบคุม 31

4.4.1.4 องค์ประกอบไนโตรเจนทีใส่ไส้เดือน 50ก.กล่อง 1 32

4.4.1.5 องค์ประกอบไนโตรเจนทีใส่ไส้เดือน 50ก.กล่อง 2 32

4.4.1.6 องค์ประกอบไนโตรเจนทีไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม 32

4.4.1.7 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1 33

4.4.1.8 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2 33

4.4.1.9 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไม่ไส้เดือน กล่องควบคุม) 33

สารบัญรูป(ต่อ)

4.4.3.1 ค่าอุณหภูมิที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1 36
4.4.3.2 ค่าอุณหภูมิที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2 36
4.4.3.3 ค่าอุณหภูมิที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม3 36
4.4.4.1 ค่าpHที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1 37
4.4.4.2 ค่าpHที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2 37
4.4.4.3 ค่าpHที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม 38
4.4.5.1 ค่าความชื้นที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1 39
4.4.5.2 ค่าความชื้นที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2 39
4.4.5.3 ค่าความชื้นที่ ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม 39
4.4.6.1 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1 40
4.4.6.2 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2 40
4.4.6.3 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม 41
4.4.7.1 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องที่ 1 40
4.4.7.2 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องที่ 2 40
4.4.7.3 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องควบคุม 40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย

การจัดการขยะและสิ่งปฏิกูลในชุมชนเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบันหากไม่ได้รับการจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพจะส่งผลให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อมในหลายด้าน ในขยะและสิ่งปฏิกูล เหล่านี้ประมาณครึ่งหนึ่งจะเป็นขยะอินทรีย์ที่มาจากครัวเรือนและขยะจาก สวน ขยะเหล่านี้จะนำไปฝังกลบ (landfill) หรือเผา (incinerator) ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่อนข้างสูง และยังก่อให้เกิดปัญหาด้านมลพิษในสิ่งแวดล้อมตามมาด้วย เพื่อเป็นการลดปัญหาด้านค่าใช้จ่ายดังกล่าว การหมักขยะโดยทั่วไปก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปใช้พิจารณาและนำไปใช้กับขยะอินทรีย์

นอกจากนี้ Vermicomposting คือ เป็นวิธีหนึ่งที่นำเอาไส้เดือนดินมาเลี้ยงในขยะเพื่อให้อินทรียวัตถุเสื่อมสภาพในทางชีววิทยา กระบวนการในการกำจัดของเสียในลักษณะนี้นำเอากฎเกณฑ์ทางธรรมชาติที่ว่าเมื่อกินอิ่มแล้วก็ต้องถ่ายออกมา กล่าวคือ เมื่อนำไส้เดือนดินไปปล่อยให้หากินบนของเสีย ไส้เดือนดินก็จะกัดกินของเสีย เช่น ขยะ แล้วถ่ายมูลก้อนเล็กๆ ขนาดเท่าๆกัน เอาไว้ มูลของไส้เดือนจะมีสมบัติทางเคมีเหมือนกับของเสีย ที่มันกินเข้าไปสามารถนำมูลที่ได้ไปเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน(บุษพรรณ,2547.)

ในปัจจุบันที่ชุมชนบรมไตร โลกนารถ 21 จ.พิษณุโลก ได้มีการเลี้ยงไส้เดือนเพื่อนใช้ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยไส้เดือนดังกล่าวทางชุมชนได้รับมาจากในโอกาสที่ไปร่วมศึกษาดูงานร่วมกับบริษัท วงศ์พานิชและคณะ ในโครงการจัดการขยะแบบมีส่วนร่วมที่นครเวียงจันทร์ สาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว หลังจากนั้นทางชุมชนได้นำตัวไส้เดือนมาทดลองใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก โดยขั้นตอนในการทำปุ๋ยหมักและการเพาะพันธุ์โดยใช้ไส้เดือนแดง เริ่มจากหาวงบ่อคอนกรีตเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 เมตร นำไปตั้งไว้ในที่มืดมิดชิดกันแดดกันฝนได้ จากนั้นนำดินร่วนผสมมูลสัตว์แห้ง และเศษผลไม้ มาคลุกเคล้าให้เข้ากันในวงบ่อ หลังจากนั้นใส่ไส้เดือนแดงในการย่อยสลายขยะและเพาะพันธุ์เพื่อใช้ในการค้า แต่วิธีการใช้ไส้เดือนในการหมักขยะอินทรีย์ในวงขอบซีเมนต์เป็นวิธีที่เป็นระบบเปิดไม่สามารถควบคุมความชื้น และแมลงที่มารบกวนได้ นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำที่ไม่ดี เนื่องจากด้านล่างขอบซีเมนต์มีการเทคอนกรีต

โดยไม่ยอมให้น้ำไหลออก และการให้เศษขยะมากเกินความสามารถที่ไส้เดือนจะย่อยสลายได้ก็เป็นอีกปัญหาที่ทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ไม่ดี ทำให้เกิดกลิ่นตามมาอีกด้วย จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นและประกอบกับการศึกษาค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติมพบว่าการใช้ตู้ลิ้นชักมาหมักขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนก็เป็นอีกวิธีที่จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการระบายน้ำ และยังสามารถลดปัญหาเรื่องกลิ่นได้ จึงได้มีแนวคิดที่ใช้ไส้เดือนในการหมักขยะอินทรีย์ในตู้ลิ้นชัก โดยเลือกใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionix excavates* เป็นไส้เดือนที่มีความสามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้ดี และมีการเพาะพันธุ์อยู่ที่ชุมชนบรมไตรโลกนารถที่ 21 อยู่แล้วโดยในการทำวิจัยครั้งนี้ยังได้ศึกษาการใช้เศษอาหารจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยนเรศวร และทดลองเติมอาหารอย่างต่อเนื่องสำหรับการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนและศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือน และคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากการหมักขยะในครั้งนี้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงการเลี้ยงไส้เดือนด้วยเศษอาหารที่มาจากโรงอาหารในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทดลองเติมเศษอาหารต่อเนื่องทุกวัน

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนที่เลี้ยงด้วยเศษอาหารในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้นอย่างต่อเนื่อง

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนในตู้ลิ้นชัก

1.2.4 เพื่อศึกษาอัตราการกระจายตัวของไส้เดือน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงอัตราส่วนไส้เดือนที่ใช้ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ในตู้ลิ้นชัก

1.3.2 ทราบถึงการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินที่เลี้ยงด้วยเศษอาหารในตู้ลิ้นชัก

1.3.3 ทราบถึงคุณภาพของผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงไส้เดือนด้วยเศษอาหารในตู้ลิ้นชัก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 งานวิจัยนี้ใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavates*

1.4.2 งานวิจัยนี้ใช้ขยะเศษอาหารที่โรงอาหารของมหาวิทยาลัยในการเลี้ยงไส้เดือน

1.4.3 ศึกษาการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือนดินในตู้ลิ้นชักชนิดที่ทำด้วยพลาสติก จำนวน 5 ชั้นโดยใช้หมักขยะ 4 ชั้น และในชั้นล่างสุดเป็นชั้นที่ใส่น้ำ

1.4.4 ศึกษาคุณภาพวัสดุหมักที่ได้ในรูปของความหนาแน่น พีเอช ความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

1.4.5 ศึกษาจำนวนประชากรไส้เดือนโดยการนับจำนวนตัวของไส้เดือน

1.4.6 ศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนโดยการชั่งน้ำหนักของไส้เดือน

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	ศึกษาวิธีการเลี้ยงไส้เดือนด้วยขยะเศษอาหาร	←	→						
2	วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไข โดยการวางแผนและปรับปรุงวิธีการเลี้ยงไส้เดือน		←	→					
3	ทดลองเลี้ยงไส้เดือนเบื้องต้น และ หาความรู้เพิ่มเติม			←	→	→	→		
4	ปฏิบัติการจริง เริ่มเลี้ยงไส้เดือนและบันทึกผล						←	→	
5	วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำรายงาน							←	→

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก

การย่อยสารอินทรีย์วัตถุในกองหมักมูลฝอย เกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ โดยมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ (องอาจ เอี่ยมสำอาง, 2542) ดังนี้

2.1.1 ขนาดของวัสดุที่ใช้หมัก ขนาดของมูลฝอยที่เป็นชิ้นขนาดเล็ก จะมีพื้นที่ในการสัมผัสออกซิเจนได้มาก ทำให้ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีววิทยามากขึ้น การย่อยสลายมูลฝอยเกิดขึ้นได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามขนาดของวัสดุหมักที่เล็กเกินไป จะทำให้ช่องต่างๆภายในกองหมักเล็กลงไปด้วยทำให้ไปขัดขวางการแพร่ของอากาศในกองหมักเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสลายจะใช้เวลานานขึ้น หากขนาดของวัสดุหมักมีขนาดใหญ่เกินไป ภายในกองหมักจะมีช่องว่างอยู่มาก กองหมักจะแห้งได้ง่าย ความร้อนที่เกิดขึ้นในกองหมักจะกระจายหายไปได้อย่างรวดเร็วทำให้กองหมักไม่ร้อนเท่าที่ควร ดังนั้นควรบดหรือสับวัสดุที่นำมาหมักให้มีขนาดเล็กลง ให้สั้นกว่า 5-7 เซนติเมตร จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตในชิ้นส่วนของวัสดุหมักได้ทั่วถึง การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ก็เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยหลายท่านศึกษาการหมักทำปุ๋ยได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขนาดของวัสดุหมักทำปุ๋ยควรมีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 1.25-7.5 เซนติเมตร

2.1.2 สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) ค่า C/N ratioมีความสำคัญต่อการหมัก เนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเป็นตัวกำหนดอัตราการย่อยสลายในขบวนการหมัก ถ้า C/N ratio ต่ำ การย่อยสลายจะใช้ระยะเวลาสั้น เพราะว่าจำนวนคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ จนถึงสภาวะเสถียรมีน้อย คาร์บอนส่วนมากจะใช้ได้ง่ายกว่าในขณะที่ C/N ratio สูงๆ จะมีปริมาณคาร์บอนส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปของเซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งจะมีความต้านทานต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในระยะแรกของการย่อยสลายสารอินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ไนโตรเจนในการสร้างโครงสร้างของเซลล์ ซึ่งต้องการคาร์บอนมากกว่าไนโตรเจน ถ้าคาร์บอนมากเกินไปการย่อยสลายจะลดลง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์จะเติบโตไม่ดีเมื่อมีไนโตรเจนน้อย เวลาในการหมักก็จะนาน แต่ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินไปจะถูก

เปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย เป็นการสูญเสียไนโตรเจนจากกองหมัก และยังก่อให้เกอดกลิ่นจากกระบวนการหมักนี้ได้

ในการหมักทำปุ๋ย สัดส่วน C/N จะต้องมีความสมดุล โดยที่อินทรีย์คาร์บอนควรมีค่าระหว่างร้อยล่ะ 20-40 สัดส่วนของ C/N ควรมีค่าประมาณ 25:1 ถ้าสัดส่วนสูงกว่านี้จะทำให้ใช้เวลาการย่อยสลายยาวนานขึ้นสารอาหารของพืชที่ได้จากการหมักขั้นสุดท้ายจะอยู่ในปริมาณต่ำแต่ในความเป็นจริงเป็นสิ่งที่ยากมากที่สรุปถึงค่าสัดส่วน C/N ที่เหมาะสมจริงๆ สำหรับวัสดุหมักทุกชนิด เพราะสัดส่วน C/N จะมีค่าตามธรรมชาติของวัสดุหมักอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามสำหรับการหมักมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์หลายชนิด C/Nratio ควรมีค่าประมาณ 25-35 นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยหลายท่านศึกษาการหมักทำปุ๋ยได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับค่า C/Nratio ว่าควรมีค่าอยู่ในช่วง 25-35

2.1.3 ความชื้น เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนพื้นผิวของวัสดุหมัก เนื่องจากเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหาร และก๊าซออกซิเจนจากวัสดุหมักและอากาศไปยังจุลินทรีย์ และยังเป็นตัวกลางในการส่งผ่านเอนไซม์เข่าย่อยสลายวัสดุหมักด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นตัวกำหนดปริมาณก๊าซในวัสดุหมัก ถ้าความชื้นมากขึ้นปริมาณก๊าซจะลดลงจะทำให้กระบวนการย่อยสลายช้าลง เพราะน้ำจะเข้าไปแทนที่อากาศที่อยู่ระหว่างอนุภาคของวัสดุหมัก การส่งผ่านก๊าซออกซิเจนลดลงทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (anaerobic) ในทางตรงกันข้ามปริมาณความชื้นที่ต่ำเกินไปทำให้มีน้ำไม่เพียงพอสำหรับปฏิกิริยา จะไปยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักทำปุ๋ยจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและขนาดของวัสดุที่ใช้ เช่นกระดาษหากมีความชื้นมาก การหมักจะเกิดสภาวะไร้อากาศ (anaerobic) ได้ ในทางตรงข้ามวัสดุที่แข็ง เช่น ฟาง จะสามารถเก็บความชื้นได้นาน นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยหลายท่านทำการทดลองเพื่อหาความชื้นที่เหมาะสมโดยสรุปว่าควรมีค่าประมาณ 50-70%

2.1.4 การระบายอากาศ หรือการให้อากาศแก่กองหมัก เป็นสิ่งจำเป็นในการหมักทำปุ๋ยใช้อากาศ ซึ่งเป็นการให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ และเป็นการถ่ายเทของเสียก็คือคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกจากกองหมัก การถ่ายเทอากาศที่ไม่ดีหรือมีการถ่ายเทอากาศน้อย จะก่อให้เกิดสภาพไร้อากาศ แต่ในทางตรงกันข้ามการถ่ายเทอากาศมากเกินไปจะทำให้มวลของปุ๋ยหมักลดลงและบางครั้งอาจทำให้กองหมักแห้งเกินไป ปริมาณอากาศที่กองปุ๋ยหมักต้องการปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ และเคมีของวัสดุที่นำมาหมัก สำหรับความต้องการอากาศที่เพียงพอนั้น มีค่าประมาณ 480-585 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของของแข็งระเหยต่อวัน และไม่ควรต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อชั่วโมงต่อกรัมของของแข็งระเหย ซึ่งถือว่าเป็นภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของวัตถุหมักได้ดีที่สุด

2.1.5 อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกิจกรรมทางชีวภาพ และเป็นดัชนีที่ดีในการหมัก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับช่วงเวลา จะเป็นตัวชี้นำถึงปฏิกิริยา ของจุลินทรีย์ ซึ่งในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุของกองหมักอาจแบ่งอุณหภูมิออกเป็น 4 ขั้นได้แระดับ อุณหภูมิปานกลาง(mesophilic) อุณหภูมิสูง (thermophilic) เย็นตัวลง และคงที่ (maturation) อุณหภูมิที่สูงเกิน ไปเหมาะสำหรับการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค และเมล็ดพืชที่ไม่ต้องการแต่ก็จะไปมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลง ฉะนั้นอุณหภูมิสูงสุดของการหมักทำปุ๋ยจึงไม่ควรเกิน 70 องศาเซลเซียส และไม่ควรเกิดต่อเนื่องเป็นเวลานานเกินไป สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการหมักมูลฝอยควรอยู่ในช่วง 50-70องศาเซลเซียส

2.1.6 ระดับความเป็นกรดด่าง โดยทั่วไปช่วงของความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อแบคทีเรีย (bacteria) และ แอคติโนไมซีส (actinomycetese) จะมีค่าระหว่าง6-8 ในขณะที่เชื้อราต่างๆสามารถเติบโตได้ในความเป็นกรดด่างที่ 5.5-8.0ซึ่งในการย่อยสลายในระยะอุณหภูมิปานกลางความเป็นกรดด่างที่ 5.0-5.5และจะมีค่าระหว่าง8.0-9.0ในระยะอุณหภูมิสูง เมื่อมีการย่อยสลายของมูลฝอยสมบูรณ์ จะมีค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0-8.0ตลอดระยะเวลาของการหมักไม่ควรให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8.5 เพราะจะทำให้สูญเสียไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย

2.1.7 ขนาดของความสูงของกองหมัก กองหมักปุ๋ยที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดความร้อนสูงจนทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายได้แต่จะมีการระบายอากาศน้อยในทางตรงกันข้ามกองหมักปุ๋ยมีขนาดเล็กเกินไปจะรักษาอุณหภูมิและความชื้นไม่ค่อยได้ทำให้การสลายตัวของวัสดุหมักช้าลง ความสูงของกองหมักโดยทั่วไปไม่ควรน้อยกว่า 0.9 เมตร และไม่ควรสูงเกิน1.8เมตร เพราะถ้ากองหมักมูลฝอยสูงมากไปหรือน้อยไปจะทำให้การย่อยได้ไม่ดีเท่าที่ควร

2.2 วิธีการทำปุ๋ยหมัก

วิธีการทำปุ๋ยหมักสามารถแบ่งได้ 2 วิธีคือ วิธีกองบนพื้นหรือในหลุม กับวิธีหมักมูลฝอยโดยใช้เครื่องจักรกล การใช้เครื่องจักรกลในขบวนการหมัก จะช่วยให้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุสั้นลงกว่าวิธีตามธรรมชาติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การทำปุ๋ยหมัก (Composting)

การทำปุ๋ยหมักเป็นการย่อยวัตถุอินทรีย์ให้เป็นฮิวมัส (humus) ด้วยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์หลักๆ ได้แก่ เชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย วัตถุอินทรีย์ได้แก่ เศษอาหาร เศษหญ้า กระดาษ เป็นต้น กระบวนการการหมักปุ๋ยสามารถทำได้ 2 แบบ คือ 1. แบบใช้อากาศ และ 2. แบบไม่ใช้อากาศ

2.2.1.1 การทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ(aerobic compost) จะอาศัยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนช่วยในการย่อยวัตถุอินทรีย์โดยจะต้องมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานดังนี้ 1. อากาศมีออกซิเจน 2. วัตถุอินทรีย์จะต้องมีอัตราส่วนของไนโตรเจน 1 ส่วนต่อคาร์บอน 30-70 ส่วน 3. จะต้องมีน้ำอยู่ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ 4. มีออกซิเจนให้จุลินทรีย์ใช้เพียงพอ ถ้าขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่งใน 4 สิ่งนี้การทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศไม่เกิดขึ้น ผลผลิตที่ได้จากการทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ คือ ไอน้ำคาร์บอนไดออกไซด์ และวัตถุอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้วที่เรียกว่า ฮิวมัส(humus)

การทำปุ๋ยหมักเป็นการเลียนแบบระบบย่อยสลายที่เกิดขึ้นช้า ๆตามธรรมชาติในผืนป่าซึ่งมีอินทรีย์สารแตกต่างกันหลายร้อยชนิดรวมทั้งจุลินทรีย์ รา หนอน และแมลงแต่เราสามารถเร่งการย่อยสลายนี้ให้เร็วขึ้นได้ด้วยการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมที่สุด ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมักคือ อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ และวัตถุอินทรีย์ วัตถุอินทรีย์เกือบทั้งหมดใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ส่วนผสมของวัตถุอินทรีย์ที่ดีสำหรับการทำปุ๋ยหมักจะต้องประกอบด้วยอัตราส่วนผสมที่ถูกต้องระหว่างวัตถุอินทรีย์ที่มีคาร์บอนมาก(carbon-rich materrials) หรือเรียกว่า วัตถุสีน้ำตามได้แก่ (browns) และวัตถุอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนมาก (notrogan-rich materials) ที่เรียกว่าวัตถุสีเขียว (greens) วัตถุสีน้ำตาลได้แก่ ใบไม้แห้ง ฟางข้าว เศษไม้เป็นต้น ส่วนวัตถุสีเขียวได้แก่ เศษหญ้า เศษพืชผักจากครัว เป็นต้นอัตราส่วนผสมที่ดีจะทำให้การทำปุ๋ยหมักเสร็จเร็วและไม่มีกลิ่นเหม็น ถ้ามีส่วนของคาร์บอนมากเกินไปจะทำให้ย่อยสลายช้ามาก และถ้ามีไนโตรเจนมากประทำให้เกิดกลิ่นเหม็น คาร์บอนจะเป็นตัวให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ ส่วนไนโตรเจนจะช่วยสังเคราะห์โปรตีน การผสมวัตถุอินทรีย์ที่แตกต่างกันหรือใช้อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันจะทำให้อัตราย่อยสลายแตกต่างกันไปด้วย

2.2.1.2 การทำปุ๋ยหมักแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic compost) จะอาศัยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนย่อยวัตถุจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนสามารถอยู่ได้โดยไม่มีออกซิเจน และสามารถย่อยวัตถุอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนไนโตรเจนสูงกว่าและอัตราส่วนคาร์บอนต่ำกว่าการทำปุ๋ยหมักแบบใช้การใช้อากาศและการย่อยสามารถเกิดขึ้นได้ที่ความชื้นสูงกว่า ผลผลิตของการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์คือแก๊สมีเทน (methane gas) และวัตถุอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว ถ้าต้องการนำแก๊สมีเทนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงการทำปุ๋ยหมักต้องเป็นระบบปิดที่มีความดัน

การใช้ปุ๋ยหมัก (ฮิวมัส) กับดินจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินและเนื้อดินช่วยเพิ่มโพรงอากาศ ช่วยระบายน้ำและอากาศดีขึ้น และเพิ่มการอุ้มน้ำของดิน ลดการอัดตัวของดิน ช่วยให้ต้นไม้ต้านทานความแล้งดีขึ้น และเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ที่ช่วยรักษาสภาพดินให้สมบูรณ์และสมดุลและธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและฟอสฟอรัสยังผลิตขึ้นตามธรรมชาติด้วยการเลี้ยงจุลินทรีย์เหล่านี้

2.2.2 ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมักให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.2.2.1 อุณหภูมิ : อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลโดยตรงกับกิจกรรมย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ยิ่งอัตราการเผาผลาญอาหาร (metabolic rate) ของจุลินทรีย์มากขึ้น (เจริญเติบโตมากขึ้น)อุณหภูมิภายในระบบหมักปุ๋ยก็จะสูงขึ้นในทางกลับกันถ้าอัตราการเผาผลาญอาหารลดลง อุณหภูมิของระบบก็ลดลงจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัตถุอินทรีย์และก่อให้เกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมักมี 2 ประเภท คือ 1. แบคทีเรียชนิดเมโซฟีลิก (mesophilic bacteria) ซึ่งจะมีชีวิตเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ที่อุณหภูมิระหว่าง$10^0C - 45^0C(50^0F - 113^0F)$ และ 2. แบคทีเรียชนิดเทอร์โมฟีลิก(thermophilic bacteria) ซึ่งเจริญเติบโตดีที่อุณหภูมิระหว่าง $45^0C - 70^0C(113^0F - 158^0F)$ การรักษาอุณหภูมิของระบบไว้เกินกว่า$55^0C(130^0F)$ เป็นเวลา 3-4 วัน จะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนแมลงวัน และโรคพืชได้ ถ้าอุณหภูมิของระบบสูงถึง $69^0C(155^0F)$ การย่อยสลายจะเร็วขึ้นเป็นสองเท่าของที่อุณหภูมิ 55^0C ถ้าอุณหภูมิเกิน 69^0C ประชากรของจุลินทรีย์จะทำลายบางส่วน ทำให้อุณหภูมิของระบบลดลง อุณหภูมิของระบบจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น ออกซิเจนที่มีอยู่ และกิจกรรมของจุลินทรีย์มีอิทธิพลของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น เมื่อมีการปฏิบัติที่ถูกต้อง อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มขึ้นและควรปล่อยทิ้งไว้เฉยๆจนกระทั่งอุณหภูมิถึงจุดสูงสุดและเริ่มลดลง จึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าถึงทั่วกองปุ๋ยหมัก อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะกลับสูงขึ้นอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนกว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการทำปุ๋ยหมักเสร็จสิ้นสมบรูณ์ ขนาดของกองปุ๋ยหมักก็มีผลต่ออุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ โดยทั่วไปสำหรับกองปุ๋ยหมักที่เปิดโล่งควรมีขนาดของกองปุ๋ยหมักไม่น้อยกว่า 3 ฟุต x 3 ฟุต x 3 ฟุต

2.2.2.2 การเติมอากาศ (aeration) : ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ การย่อยสลายของอินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ช้าและทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นจึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเป็นระยะเพื่อให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ซึ่งจะช่วยเร่งกระบวนการหมักปุ๋ยให้เร็วขึ้น กองปุ๋ยหมักที่ไม่ได้กลับ จะใช้เวลาย่อยสลายนานกว่า 3-4 เท่า การกลับกองปุ๋ยหมักจะทำให้อุณหภูมิสูงมากกว่า ซึ่งจะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืชและโรคพืชได้ กองปุ๋ยหมักเมื่อเริ่มต้นควรมีช่องว่างอากาศประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้สภาวะหารหมักที่ดีที่สุดเกิดขึ้น และควรรักษาระดับออกซิเจนให้เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ทั่งทั้งกองปุ๋ยหมัก โดยทั่วไปรับออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วง 6-16 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ รอบผิวกองปุ๋ยหมัก ถ้าระดับออกซิเจนต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์การ

ย่อยสลายจะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นตามมา ดังนั้น ออกซิเจนยิ่งมาก การย่อสลายยิ่งเกิดมาก

2.2.2.3 ความชื้น (mpisture) : ความชื้นที่เพียงพอมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กองปุ๋ยหมักควรมีความชื้นที่เหมาะสมที่45 เปอร์เซ็นต์ ถ้ากองปุ๋ยหมักแห้งเกินไปการย่อยสลายจะไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ ถ้ากองปุ๋ยหมักมีน้ำมากเกินไปการย่อยสลายการใช้อากาศอยู่ระหว่าง 40-70 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบความชื้นที่เหมาะสมในกองปุ๋ย สามารถทำได้โดยใช้มือกำวัตถุอินทรีย์ในกองปุ๋ยแล้วบีบ จะมีหยดน้ำเพียง1-2 หยด เท่านั้น หรือมีความรู้สึกชื้นเหมือนฟองน้ำที่บีบน้ำออกแล้ว

2.2.2.4 ขนาดวัตถุอินทรีย์ (particle size) : ขนาดวัตถุอินทรีย์ยิ่งเล็กจะทำให้กระบวนการย่อยสลายยิ่งเร็วขึ้น เนื่องจากพื้นที่ให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายมากขึ้น บางครั้งวัตถุดิบมีความหนาแน่นมากหรือมีความชื้นมากเช่นเศษหญ้าที่ตัดจากสนาม ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าไปในกองปุ๋ยหมักได้ จึงควรผสมด้วยวัตถุที่เบาแต่มีปริมาณมากเช่น ฟางข้าว ใบไม้แห้ง กระดาษเพื่อให้อากาศไหลหมุนเวียนได้ถูกต้อง หรือจะผสมวัตถุที่มีขนาดต่างกันและมีเนื้อต่างกันก็ได้ ขนาดของวัตถุอินทรีย์ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2 นิ้วแต่บางครั้งขนาดวัตถุอินทรีย์ที่ใหญ่กว่านี้ก็จำเป็นต้องใช้บ้างเพื่อช่วยให้การระบายอากาศดีขึ้น

2.2.2.5 การกลับกอง (turning) :ในระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญวัตถุอินทรีย์ ขณะที่ออกซิเจนถูกใช้หมด กระบวนการหมักปุ๋ยจะช้าลงและอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลง จึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเพื่อให้อากาศหมุนเวียนในกองปุ๋ยหมักเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กลับจุลินทรีย์และเป็นการกลับวัสดุที่อยู่ด้านนอกเข้าข้างใน ซึ่งช่วยในการย่อยสลายเร็วขึ้น ระยะเวลาในการกลับกองสังเกตได้จากเมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักขึ้นสูงสุดและเริ่มลดลงแสดงว่าได้เวลาในการกลับกองเพื่อให้อากาศถ่ายเท

2.2.2.6 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (carbon to nitrogen ratio) : จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนสำหรับพลังงานและไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน จุลินทรีย์ต้องการใช้คาร์บอน 30 ส่วนต่อไนโตรเจน 1 ส่วน (C:N=30:1โดยน้ำหนักแห้ง)ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ อัตราส่วนนี้จะช่วยในการควบคุมความเร็วในการย่อยจุลินทรีย์ ถ้ากองปุ๋ยหมักมีส่วนผสมที่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก (มีคาร์บอนมาก)การย่อยสลายจะช้า ถ้ากองปุ๋ยหมักมีส่วนผสมที่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำมาก (ไนโตรเจนสูง)จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนียสู่บรรยากาศและจะเกิดกลิ่นเหม็น วัตถุอินทรีย์ส่วนมากไม่ได้มีอัตราส่วน C:N = 30:1 จึงต้องทำการผสมวัตถุอินทรีย์เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ถูกต้องคือใกล้เคียงเช่น การผสมมูลวัวที่

มี C:N = 20:1 จำนวน 2 ถุง เข้ากับลำต้นข้าวโพดที่มี C:N =60:1 จำนวน 1 ถุง จะได้กองปุ๋ยหมักที่มี C:N =(20:1+10:1+60:1)/3=33:1 ตารางข้างล่างแสดงค่า C:N ของวัตถุอินทรีย์ต่างๆปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้วจะต้องมีค่า C:N ไม่เกิน 20:1 เพื่อป้องกันการดึงไนโตรเจนจากดินเมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้งาน

2.2.3 วิธีทำปุ๋ยหมัก (Composting Method)

2.2.3.1 การทำปุ๋ยหมักแบบร้อน (hot composting) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการผลิตฮิวมัสที่มีคุณภาพโดยใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ยังช่วยทำหลายเมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนแมลงวันและโรคพืช การทำปุ๋ยหมักแบบใช้ถัง (bin) หรือแบบกองบนลาน (windrow) จะต้องอาศัยการจัดการในระดับสูง ส่วนแบบ in-vessel จะใช้การจัดการน้อยกว่า

2.2.3.2 การทำปุ๋ยหมักแบบเย็น (cold composting) เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการเพิ่มอินทรียวัตถุที่โคนต้นไม้ แปลงสวนเล็กๆและพื้นที่ที่มีการกัดกร่อน เวลาในการทำปุ๋ยหมักถูกควบคุมด้วยสภาวะสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะใช้เวลา 2 ปีหรือมากกว่า

2.2.3.3 การทำปุ๋ยหมักแบบผืนแผ่น (sheet composting) เป็นการนำอินทรียวัตถุมาโปรยกระจายตามผิวหน้าดินที่ราบเรียบและปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไปสิ่งที่ได้ย่อยสลายจะซึมผ่านลงในดิน วิธีนี้เหมาะสมสำหรับผืนดินที่ใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์ ภูมิประเทศข้างทางหรือใช้ควบคุมการกัดกร่อน วิธีนี้ไม่สามารถกำจัดเมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนแมลงวันและโรคพืช ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ซากพืชและมูลสัตว์ระยะเวลาการย่อยสลายถูกควบคุมด้วยสภาวะสิ่งแวดล้อมซึ่งอาจจะใช้เวลานาน

2.2.3.4 การทำปุ๋ยหมักแบบสนามเพาะ (trench composting) เป็นวิธีที่ค่อนข้างง่ายเพียงแต่ขุดหลุมลึก 6-8 นิ้ว แล้วใส่วัตถุอินทรีย์ลงไปให้หนา 3-4 นิ้ว แล้วกลบด้วยดิน รอประมาณ 2-3 อาทิตย์ ก็สามารถปลูกต้นไม้ตรงหลุมได้เลยวิธีนี้ไม่สามารถทำลายเมล็ดวัชพืชตัวอ่อนแมลงวันและโรคพืชได้ กระบวนการย่อยสลายค่อนข้างช้า

2.2.4 ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมักแบบใช้ถัง (bin) และแบบกองบนลาน(windrow) จะวางวัตถุดิบเป็นชั้นๆ โดนใช้หลักการสมดุลระหว่างวัตถุที่มีคาร์บอนสูง(ชื้น)และคาร์บอนต่ำ(แห้ง)และมีขั้นตอนการทำดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใส่วัตถุหยาบลงที่ก้นถังหรือบนพื้นดินให้หนา 4-6 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 2 เติมวัตถุที่มีคาร์บอนต่ำลงให้หนา 3-4 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 3 เติมวัตถุที่มีคาร์บอนสูงให้หนา 4-6 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 4 เติมดินทำสวนหรือฮิวมัสหนา 1 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 5 ผสมให้เข้ากัน

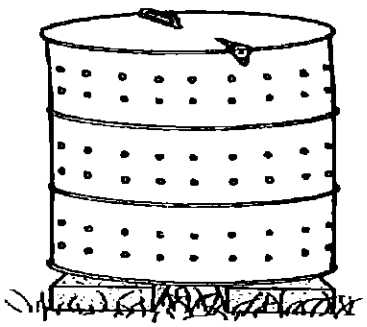
ขั้นตอนที่ 6 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-5 จนเต็มถังหรือสูงไม่เกิน 4 ฟุต แล้วปกคลุมด้วยวัตถุแห้ง

2.2.4.1 การเติมวัตถุดิบระหว่างการหมักปุ๋ย

การเติมวัตถุดิบใหม่ระหว่างการหมักปุ๋ยจะทำในช่วงเวลาที่มีการกลับกองปุ๋ยหมักและคลุกเคล้าผสมโดยทั่วไปการเติมวัตถุดิบที่มีความชื้นเข้าไป จะช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลาย แต่ถ้าเติมวัตถุดิบที่แห้งไปกระบวนการย่อยสลายจะช้าลง

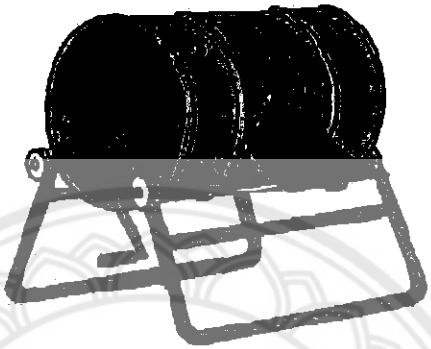
2.2.4.2 การทำถังหมักปุ๋ยสวนหลังบ้าน

การทำถังหมักปุ๋ยสำหรับสวนหลังบ้านสามารถทำได้หลายวิธีโดยแบ่งตามขนาดที่ต้องการใช้ปุ๋ยหมัก วิธีแรกเหมาะสำหรับสวนขนาดเล็กโดยนำถังขนาด 200 ลิตรมาเจาะรูด้านข้างถังขนาด 0.5 นิ้ว 6-9 แถวดังรูปที่ 2.1 แล้ววางถังบนอิฐบล็อกเพื่อให้อากาศหมุนเวียนก้นถัง เติมวัตถุอินทรีย์ลงไปประมาณ 3 ส่วน 4 ของถังแล้วเติมปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง (ประมาณ 30%N)1/4 ถ้วยลงไปพร้อมเติมน้ำให้มีความชื้นพอเหมาะแต่ไม่ถึงกับเปียกโชก ทุกๆ 2-3 วัน ให้กลิ้งถังกับพื้นรอบสวนเพื่อให้มีการผสมและระบายอากาศภายในถัง เมื่อกลิ้งถังเสร็จแล้วสามารถเปิดฝาถังเพื่อให้อากาศซึมผ่านเข้าถัง การทำวิธีนี้จะใช้เวลาในการย่อยสลาย 2-4 เดือน



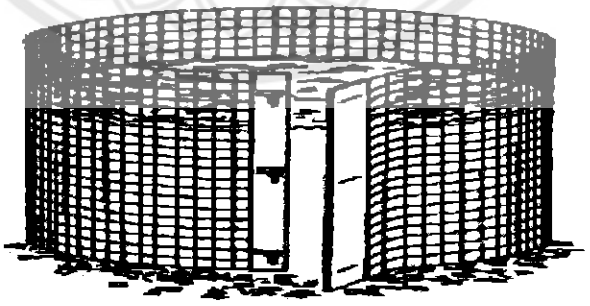
รูปที่ 2.1

วิธีที่สองใช้ถังกลมแบบหมุนได้ ตามรูปที่ 2.2 การหมักทำโดยการเติมวัตถุสีเขียว และสีน้ำตาลเข้าถังประมาณ ¾ ส่วนของถัง ผสมให้เข้ากันและทำให้ชื้นพอเหมาะ หมุนถังหนึ่งครั้งทุกวันเพื่อให้อากาศหมุนเวียนและคลุกเคล้าส่วนผสมให้ทั่ว วิธีนี้สามารถหมักปุ๋ยได้เสร็จภายใน 3 สัปดาห์ ไม่ควรเติมวัสดุจนเต็มถังเพราะจะไม่สามารถคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันได้และการระบายอากาศไม่ดี การหมักแบบนี้ทำได้ทีละครั้ง (batch size)



รูปที่ 2.2

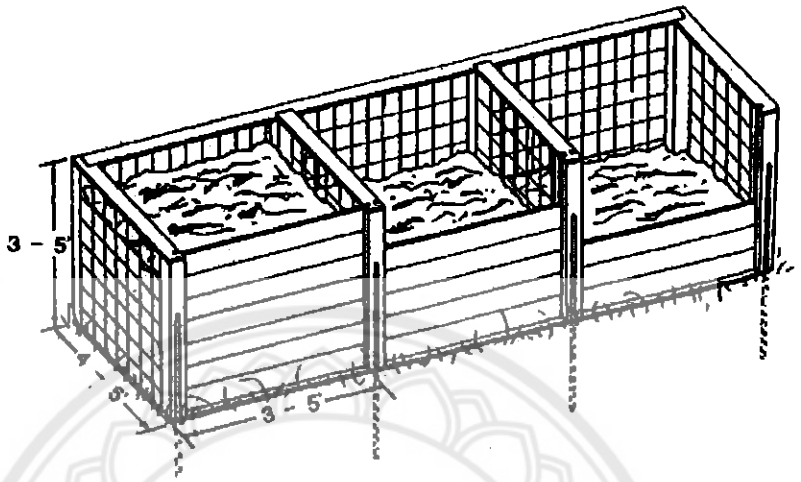
สำหรับสวนที่มีขนาดใหญ่ การสร้างถังหมักปุ๋ยอย่างง่ายสามารถทำได้โดยการใช้ลวดตาข่ายเล็ก ๆมาล้อมเป็นวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 ฟุต และสูงอย่างน้อย 4 ฟุต พร้อมกับมีที่เกี่ยวติดกันดังรูปที่ 2.3 ควรจะมีเสาปักตรงกลางถังก่อนใส่วัตถุอินทรีย์เพื่อรักษารูปร่างของกองปุ๋ยหมักและช่วยอำนวยความสะดวกในการเติมน้ำ การกลับกองปุ๋ยหมักสามารถทำได้ง่ายดายโดยการแกะลวดตาข่ายออกแล้วย้ายไปตั้งที่ใหม่ข้างๆ จากนั้นตักกองปุ๋ยหมักใส่กลับเข้าไป



รูปที่ 2.3

อีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการทำปุ๋ยหมักอย่างเร็วและมีโครงสร้างที่ทนทานคือการสร้างถังสี่เหลี่ยมแบบ 3 ช่อง (three-chambered bin) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งสามารถทำปุ๋ยหมักได้มากและมีการหมุนเวียนอากาศที่ดี โดยแต่ละช่องจะทำการย่อยสลายวัสดุในช่วงเวลาที่ต่างกัน การทำปุ๋ยหมักเริ่มจากการใส่วัตถุดิบลงไปในช่องแรกและปล่อยให้ย่อยสลาย (อุณหภูมิสูงขึ้น)เป็นเวลา 3-5 วัน

จากนั้นตักไปใส่ในช่องที่สองและปล่อยทิ้งไว้ 4-7 วัน (ในส่วนช่องแรกก็เริ่มใส่วัตถุดิบลงไปใหม่) แล้วตักใส่ในช่องที่สามต่อไปซึ่งการหมักปุ๋ยใกล้จะเสร็จสมบูรณ์ การทำวิธีนี้สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.4

การหาทำเลสำหรับการตั้งปุ๋ยหมัก ไม่ควรจะตั้งใกล้บ่อน้ำหรือที่ลาดชันไปสู่แหล่งน้ำบนดินเช่นธารน้ำหรือสระน้ำควรตั้งในที่ไม่มีลมและโดนแสงแดดบางส่วนเพื่อช่วยให้ความร้อนแก่กองปุ๋ยหมัก การตั้งถังหมักปุ๋ยใกล้ต้นไม้อาจทำให้รากต้นไม้ชอนไชเข้าถังได้ ทำให้ลำบากในการตักได้ ปริมาตรของปุ๋ยหมักที่เสร็จแล้วจะลดลงเหลือ 30-40 เปอร์เซ็นต์ปริมาตรเริ่มต้น

2.3 ปัญหาที่เกิดระหว่างการทำปุ๋ยหมัก

ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยได้แก่ การเกิดกลิ่นเหม็น แมลงวันและสัตว์รบกวน กองปุ๋ยไม่ร้อนปัญหาเหล่านี้เกิดจากหลายสาเหตุและมีวิธีแก้ไขดังนี้

กลิ่นเหม็นเกิดจากการหมักแบบใช้อากาศเปลี่ยนเป็นการหมักแบบไม่ใช้อากาศเนื่องจากขาดออกซิเจนในกองปุ๋ยซึ่งมีสาเหตุจากกองปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปและอัดตัวกันแน่น ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ การแก้ไขทำได้โดยการกลับกองปุ๋ยเพื่อเติมอากาศและเติมวัตถุสีน้ำตาลประเภทฟางข้าว กิ่งไม้แห้งเพื่อลดความแน่นของกองปุ๋ยและให้อากาศผ่านเข้าไปในกองปุ๋ยได้

แมลงวันและสัตว์ เช่น หนูรบกวน มีสาเหตุมาจากการใส่เศษอาหารลงในกองปุ๋ย ซึ่งเศษอาหารเหล่านี้ล่อแมลงวันและหนูให้เข้ามา วิธีแก้ปัญหาคือให้ฝังเศษอาหารลงในกองปุ๋ยและกลบด้วยดินหรือใบไม้แห้ง หรือทำระบบปิดป้องกันแมลงวันและหนู

กองปุ๋ยไม่ร้อนร้อนมีสาเหตุได้แก่ 1. มีไนโตรเจนไม่เพียงพอ 2 มีออกซิเจนไม่เพียงพอ 3. ความชื้นไม่เพียงพอ และ 4. การหมักเสร็จสมบรูณ์แล้ว สาเหตุแรกแก้ไขได้โดยการเติมวัตถุสีเขียวซึ่งมีไนโตรเจนสูง เช่น เศษหญ้าสดเศษอาหาร สาเหตุที่สองแก้ไขโดยกลับกองปุ๋ยเพื่อเติมอากาศ ส่วนสาเหตุที่สามให้กลับกองและเติมในกองปุ๋ยชื้น

2.4 ลักษณะโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินมักพบโดยทั่วไปในดิน เศษกองซากพืชมูลสัตว์ที่ๆมีความชื้นพอสมควร ปัจจุบันไส้เดือนมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดโดยมีโครงสร้างที่มีลักษณะเหมือนกันคือ

- เป็นสัตว์ที่มีลำตัวยาวลำตัวเป็นปล้องทั้งภายนอกและภายในร่างกายโดยมีเยื่อกั้นระหว่างปล้อง
- มีช่องลำตัวที่แท้จริงแบบ Schizocoelomateซึ่งเป็นซีลอมที่เกิดจากเนื้อเยื่อชั้นกลางแยกออกเป็นช่องและช่องนี้ขยายตัวออกจนเป็นซีลอม
- ผนังลำตัวชั้นนอกสุดเป็นคิวติเคิล ที่ประกอบด้วยสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ เจลาติน และชั้นอิพิเดอร์มิส มีเซลล์ต่อมชนิดต่างๆ ที่ทำหน้าที่สร้างน้ำเมือกทำให้ผิวลำตัวชุ่มชื้นถัดลงไปเป็นกล้ามเนื้อตามขวางและกล้ามเนื้อตามยาวและชั้นในสุดเป็นเยื่อบุช่องท้องแบ่งแยกระหว่างช่องลำตัวกับผนังร่างกาย
- มีขนแข็งสั้นที่เป็นสารจำพวกไคติน งอกออกมาในบริเวณรอบลำตัวของแต่ละปล้อง
- มีระบบทางเดินอาหารที่สมบูรณ์ คือมีปาก และ ทวารหนัก โดยมีลำไส้เป็นท่อตรงยาวตลอดลำตัว
- ระบบขับถ่ายประกอบด้วยอวัยวะที่เรียกว่า เนฟริเดีย ตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของลำตัวปล้องละ 1 คู่
- ระบบหมุนเวียนโลหิตเป็นแบบปิด
- ระบบแลกเปลี่ยนก๊าซเป็นแบบการแพร่ผ่านผนังลำตัว
- มีระบบประสาท ประกอบด้วย ปมประสาทสมองด้านหลังลำตัวในบริเวณส่วนหัว 1 คู่ เส้นประสาทรอบคอหอย 1 คู่ และเส้นประสาทด้านท้องทอดตามความยาวของลำตัวอีก 1 คู่
- มีอวัยวะรับสัมผัส ประกอบด้วย ปุ่มรับรส กลุ่มเซลล์รับแสง
- เป็นสัตว์ที่มีสองเพศอยู่ในตัวเดียวกัน คือ ประกอบด้วย รังไข่และถุงอัณฑะ

2.5 ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของไส้เดือนดิน

ลักษณะภายนอกที่เด่นชัดของไส้เดือนดินคือการที่มีลำตัวเป็นปล้องตั้งแต่ส่วนหัวจนถึงส่วนท้าย มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก มีความยาว ในแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เมื่อโตเต็มที่จะมีปล้องประมาณ 120 ปล้อง แต่ละปล้องจะมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่โดยรอบปล้อง ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา มีไคลเทลลัม ซึ่งจะเห็นได้ชัด ในระยะสืบพันธุ์ และยังประกอบด้วยอวัยวะต่างๆที่สำคัญ ดังนี้

2.5.1 พรอสโตเมียม (Prostomium) มีลักษณะเป็นพูเนื้อที่ยืดหดได้ติดอยู่กับผิวด้านบนของช่องปาก เป็นตำแหน่งหน้าสุดของไส้เดือนดิน ทำหน้าที่คล้ายริมฝีปาก ไม่ถือว่าเป็นปล้อง มีหน้าที่สำหรับกวาดอาหารเข้าปาก

2.5.2 เพอริสโตเมียม (Peristomium) ส่วนนี้นับเป็นปล้องแรกของไส้เดือนดิน มีลักษณะเป็นเนื้อบางๆ อยู่รอบช่องปากและยืดหดได้

2.5.3 ช่องปาก อยู่ในปล่องที่ 1-3 เป็นช่องทางเข้าออกของอาหารเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะมีต่อมน้ำลายอยู่ในเยื่อบุช่องปากด้วย

2.5.4 เดือนหรือขน (Setae) จะมีลักษณะเป็นขนแข็งสั้น ซึ่งเป็นสารพวกไคติน ที่งอกออกมาบริเวณผนังชั้นนอก สามารถยืดหดหรือขยายได้ เดือนนี้มีหน้าที่ ในการช่วยเรื่องการยึดเกาะและเคลื่อนที่ของไส้เดือนดิน

2.5.5 ช่องเปิดกลางหลัง (Dorsal pore) เป็นช่องเปิดขนาดเล็กตั้งอยู่ในร่องระหว่างปล้อง บริเวณแนวกลางหลังสามารถพบช่องเปิดชนิดนี้ได้ในไส้เดือนดินเกือบทุกชนิด ยกเว้นไส้เดือนจำพวกที่อาศัยอยู่ในน้ำหรือกึ่งน้ำ ในร่องระหว่างปล้องแรกๆ บริเวณส่วนหัวจะไม่ค่อยพบช่องเปิดด้านหลัง ช่องเปิดดังกล่าวจะเชื่อมต่อกับช่องภายในลำตัวและของเหลวในช่องลำตัว มีหน้าที่ขับของเหลวหรือเมือกภายในลำตัวออกมาช่วยลำตัวภายนอกชุ่มชื้นป้องกันการระคายเคือง ทำให้เคลื่อนไหวง่าย

2.5.6 รูขับถ่ายของเสีย (Nephridiopore) เป็นรูที่มีขนาดเล็กมาก สังเกตเห็นได้ยาก เป็นรูสำหรับขับของเสียออกจากร่างกาย เป็นรูเปิดภายนอก ซึ่งมีอยู่เกือบทุกปล้อง ยกเว้น 3-4 ปล้องแรก

2.5.7 ช่องสืบพันธุ์เพศผู้ (Male pore) เป็นช่องสำหรับปล่อยสเปิร์ม จะมีอยู่ 1 คู่ ตั้งอยู่บริเวณลำตัวด้านท้องหรือข้างท้อง ในแต่ละสายพันธุ์ช่องสืบพันธุ์อยู่ในปล้องที่ไม่เหมือนกัน มีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายหลอดเล็กยาวเข้าไปภายใน

2.5.8 ช่องสืบพันธุ์เพศเมีย (Female pore) เป็นช่องสำหรับออกไข่ โดยทั่วไปมักตั้งอยู่ในปล้องถัดจากปล้องที่มีรังไข่ (avary) มักจะพบเพียง 1 คู่ ตั้งอยู่ในร่องระหว่างปล้องหรือบนปล้อง ตำแหน่งที่ตั้งมักจะแตกต่างกันในไส้เดือนแต่ละพันธุ์

2.5.9 ช่องเปิดสเปิร์มมาทีกา (Spermathecalporse) เป็นช่องรับสเปิร์มจากไส้เดือนดินคู่ผสมอีกตัวหนึ่งขณะมีการผสมพันธุ์แลกเปลี่ยนสเปิร์มซึ่งกันและกัน เมื่อรับสเปิร์มแล้วจะนำไปเก็บไว้ในถุงเก็บสเปิร์ม (Seminal receptacle)

2.5.10 ปุ่มยึดสืบพันธุ์ (Genital papilla) เป็นอวัยวะที่ช่วยในการยึดเกาะขณะที่ไส้เดือนดินจับคู่ผสมพันธุ์กัน

1. Clitellum,

2. Genital setae (segment 26). During mating, the pair of genital setae are used to help bind two worms together while facing in opposite directions. 3. Sperm grooves As two worms mate, sperm released at the sperm ducts travels in the worm's sperm grooves to the seminal receptacle opening of the other worm

4. Sperm ducts.

5. Female genital pores. These are only visible when the worm is in reproductive condition.

6. Seminal receptacles. These are only visible whenthe worm is in reproductive condition

2.5.11 ไคลเทลลัม(Clitellum) เป็นอวัยวะที่ใช้ในการสร้างไข่ขาวหุ้มไข่ และสร้างเมือกโคคูน ไคลเทลลัมจะพบในไส้เดือนดินที่โตเต็มไวพร้อมที่ผสมพันธุ์แล้วเท่านั้น โดยจะตั้งอยู่บริเวณปล้องด้านหน้าใกล้กับส่วนหัว ครอบคลุมปล้องตั้งแต่ 2-5 ปล้อง

2.5.12 ทวารหนัก (Anus) เป็นรูเปิดที่ค่อนข้างแคบเปิดออกในปล้องสุดท้าย ซึ่งใช้สำหรับขับกากอาหารที่ผ่านการย่อยและดูดซึมแล้วออกนอกลำตัว

2.6 โครงสร้างภายในของไส้เดือนดิน

2.6.1 ผนังร่างกายของไส้เดือนดิน

ประกอบด้วย ชั้นนอกสุดคือ คิวติเคิล และถัดลงมาคือ ชั้นอิพิเดอร์มิส ชั้นเนื้อเยื่อประสาท ชั้นกล้ามเนื้อตามขวางและชั้นกล้ามเนื้อตามยาวและถัดจากชั้นกล้ามเนื้อตามยาวจะเป็นเนื้อเยื่อเพอริโตเนียม ซึ่งเป็นเยื่อบุที่กั้นผนังร่างกายจากช่องภายในลำตัว

2.6.1.1 ชั้นคิวติเคิล (Cuticle) เป็นชั้นที่บางที่สุด เป็นชั้นที่ไม่มีเซลล์ ไม่มีสี และโปร่งใส ประกอบด้วยคิวติเคิล2 ชั้น หรือมากกว่า แต่ละชั้นประกอบด้วยเส้นใย โปรตีนคอลลาจีเนียส ที่สานเข้าด้วยกันและมีชั้นของ โฮโมจีเนียส จำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีโพลีแซคคาไรด์ และมีเจลลาติน เล็กน้อย ในชั้นคิวติเคิลจะมีบริเวณที่บางที่สุด คือ บริเวณที่มีอวัยวะรับความรู้สึก ซึ่งบริเวณนี้จะมีรอยนุ่มของรูขนขนาดเล็กมากมายและมีขนละเอียดออกมาจากรูดังกล่าว เป็นเซลล์รับความรู้สึก

2.6.1.2 ชั้นอิพิเดอร์มิส (Epidermis) คือเซลล์ชั้นเดียวที่เกิดจากเซลล์หลายชนิดที่แตกต่างกันรวมเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ค้ำจุนที่มีรูปร่างเป็นแท่ง และเซลล์ต่อม โดยเซลล์ค้ำจุนเป็นเซลล์โครงสร้างหลักของชั้นอิพิเดอร์มิส ที่มีรูปร่าง เป็นแท่งเซลล์แท่งดังกล่าว นอกจากเป็นเซลล์โครงสร้างค้ำจุนแล้วยังเป็นเซลล์ที่สร้างสารคิวติเคิลให้กับชั้นคิวติเคิลด้วย สำหรับเซลล์ต่อม จะมีอยู่ 2 แบบ คือเซลล์เมือก (Goblet cell) และเซลล์ต่อมไข่ขาว (Albumen cell) โดยเซลล์ขับเมือกเหล่านี้จะขับเมือกผ่านไปยังผิวคิวติเคิลเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกจากตัว ทำให้ลำตัวชุ่มชื่นและเคลื่อนไหวในดินได้สะดวกและทำให้ออกซิเจนละลายในบริเวณผนังลำตัวได้ และยังมีกลุ่มเซลล์รับความรู้สึกรวมกันเป็นกลุ่มแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์ค้ำจุน ซึ่งจะทำหน้าที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นของการสัมผัสสิ่งต่างๆ

2.6.1.3 ชั้นกล้ามเนื้อเส้นรอบวง (Circular muscle) เป็นชั้นกล้ามเนื้อที่ถัดจากชั้นอิพิเดอร์มิส ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่ขยายรอบๆ ลำตัวของไส้เดือนดิน ยกเว้นบริเวณตำแหน่งร่องระหว่างปล้องจะไม่มีเส้นใยกล้ามเนื้อนี้อยู่ เส้นใยกล้ามเนื้อตามเส้นรอบวงจะมีการจัดเรียงเส้นใยเป็นเป็นระเบียบกลายเป็นกลุ่มเส้นใย โดยเส้นใยแต่ละกลุ่มจะถูกล้อมรอบด้วยแผ่นเนื้อเยื่อเชื่อมต่อรวมกลุ่มเส้นใยแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเป็นมัดกล้ามเนื้อ

2.6.1.4 ชั้นกล้ามเนื้อตามยาว (Longitudinal muscle) อยู่ใต้ชั้นกล้ามเนื้อตามขวาง มีความหนามากกว่ากล้ามเนื้อรอบวง โดยกล้ามเนื้อชั้นในจะเรียงตัวเป็นกลุ่มลักษณะคล้ายบล็อกรอบลำตัวและยาวต่อเนื่องตลอดลำตัว

2.6.2 ระบบย่อยอาหาร

ทางเดินอาหารของไส้เดือนดิน มีรูปร่างเป็นหลอดตรงธรรมดา ที่เชื่อมต่อจากปากในช่องแรกยาวไปจนถึงทวาร ซึ่งประกอบด้วยอวัยวะดังนี้

2.6.2.1 ปาก (Mouth) อยู่ใต้ริมฝีปากบน เป็นทางเข้าของอาหาร นำไปสู่ช่องปากซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีต่อมน้ำลายผลิตสารหล่อลื่นอาหารที่กินเข้าไป ช่องปากจะอยู่ในปล้องที่ 1- 3

2.6.2.2 คอหอย (Pharynx) เป็นกล้ามเนื้อที่หนา และมีต่อมขับเมือก ตั้งอยู่ระหว่างปล้องที่ 3 ถึงปล้องที่ 6 ไส้เดือนดินใช้คอหอยในการดูดอาหารต่างๆ เข้าปากโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งจะทำให้เกิดแรงดึงดูดให้อนุภาคอาหารภายนอกผ่านเข้าไปในปาก

2.6.2.3 หลอดอาหาร (Esophagus) อยู่ระหว่างปล้องที่ 6 ถึงปล้องที่ 14 มีต่อมแคลซิเฟอรัส ช่วยดึงไอออน ของแคลเซียมจากดินที่ปนมากับอาหารจำนวนมากนำเข้าสู่ทางเดินอาหารเพื่อไม่ให้แคลเซียมในเลือดมากเกินไป เฉพาะพวกที่กินอาหารที่มีดินปนเข้าไปมากๆ เท่านั้นจึงจะมีต่อมแคลซิเฟอรัส ต่อจากหลอดอาหารจะพองโตออกเป็นหลอดพักอาหาร มีลักษณะเป็นถุงผนังบางๆ และ กึ๋น ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่แข็งแรง และ ทำหน้าที่บดอาหารให้ละเอียดเพื่อส่งต่อไปยังลำไส้

2.6.2.4 ลำไส้ (Intestine) มีลักษณะเป็นท่อตรงที่เริ่มจากปล้องที่ 14 ไปถึงทวารหนัก ผนังลำไส้ของไส้เดือนดินค่อนข้างบางและผนังลำไส้ด้านบนจะพับเข้าไปข้างในช่องทางเดินอาหารเรียกว่า Typhlosole ทำให้มีพื้นที่ในการย่อยและดูดซึมอาหารได้มากขึ้น โดย สำหรับไส้เดือนน้ำจืดไม่มี Typhlosole ผนังลำไส้ประกอบด้วยชั้นต่างๆ คือเยื่อบุช่องท้อง วิสเซอรอล อยู่ชั้นนอกสุดของลำไส้ ติดกับช่องลำตัว เซลล์บางเซลล์บนเยื่อนี้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์พิเศษ เรียกว่า เซลล์คลอราโกเจน ทำหน้าที่คล้ายตับของสัตว์ชั้นสูง คือสังเคราะห์และสมสมสารไกลโคเจน ไขมัน โดยเซลล์ไขมันในเนื้อเยื่อคลอราโกเจนที่มีขนาดโตเต็มที่จะหลุดออกมาอยู่ในช่องลำตัวเรียกว่า Eleocytesซึ่งจะกระจายไปยังอวัยวะต่างๆและยังมีหน้าที่รวบรวมของเสียจากเลือดและของเหลวในช่องลำตัวโดยเป็นตัวดึงกรดอะมิโน ออกจากโปรตีน สกัดแอมโมเนีย ยูเรีย และสกัดสารซิลิกาออกจากอาหารที่กินเข้าไปแล้วขับถ่ายออกนอกร่างกายทางรูขับถ่ายของเสียหรือเนฟริเดีย ถัดจากเยื่อบุช่องท้องวิสเซอรอลจะเป็นชั้นของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อในลำไส้ของไส้เดือนดินประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชั้น คือชั้นในเป็นกล้ามเนื้อเส้นรอบวงและชั้นนอกเป็นกล้ามเนื้อตามยาว ซึ่งสลับกันกับกล้ามเนื้อของผนังร่างกาย และชั้นในสุดของลำไส้จะเป็นเยื่อบุลำไส้ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์รูปแท่งและเซลล์ต่อม ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยชนิดต่างๆ

2.6.3 ระบบขับถ่าย

อวัยวะขับถ่ายของเสียหลักในไส้เดือนดินคือ เนฟริเดีย (Nephridia) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่แยกของเสียต่างๆออกจากของเหลวในช่องลำตัวของไส้เดือนดิน

แต่ละปล้องของไส้เดือนดินจะมี nephridiaที่เป็นท่อขดไปมาอยู่ปล้องละ 1 คู่ ทำหน้าที่รวบรวมของเหลวในช่องตัวจากปล้องที่อยู่ถัดไปทางด้านหน้าของลำตัว ของเหลวในช่องตัวจะเข้าทางปลายท่อ nephrostomeที่มีซิเลียอยู่โดยรอบ แล้วไหลผ่านไปตามส่วนต่างๆของท่อ น้ำส่วนใหญ่พร้อมทั้งเกลือแร่บางชนิดที่ยังเป็นประโยชน์จุถูกดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือด ส่วนของเสียพวกไนโตรจินัสเบสจะถูกขับออกสู่ภายนอกทางช่อง nephridioporeที่อยู่ทางด้านท้อง

2.6.4 ระบบหมุนเวียนเลือด

เป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดที่ยังไม่แบ่งเส้นเลือดแดง และ เส้นเลือดดำ โดยไส้เดือนดินจะใช้เส้นเลือด (Vessel) ในการกระจายเลือดไปทั่วร่างกายโดยตรง ซึ่งในระบบการลำเลียงเลือดของไส้เดือนดิน ประกอบด้วยเส้นเลือดหลักอยู่ 3 เส้น คือเส้นเลือดกลางหลัง เส้นเลือดใต้ลำไส้ และเส้นเลือดด้านท้องและด้านข้างของเส้นประสาท โดยเส้นเลือดทั้ง 3 จะทอดตัวไปตลอดความยาวของลำตัว นอกจากนี้จะมีเส้นเลือดด้านข้าง ซึ่งเป็นเส้นเลือดเชื่อมระหว่างเลือดกลางหลังกับเส้นเลือดใต้ลำไส้ในช่วง 13 ปล้องแรก เป็นเส้นเลือดขนาดใหญ่บีบหดตัวได้ดีมาก เรียกว่าหัวใจเทียม (Pseudoheart) ,us]kp8^jน้ำเลือด จะมีฮีโมโกลบินละลายอยู่หรืออาจไม่มีก็ได้

2.6.5 ระบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน ไม่มีอวัยวะพิเศษที่ใช้ในการหายใจ แต่จะมีการแลกเปลี่ยนกาซผ่านทางผิวหนังโดยไส้เดือนดินจะขับเมือกและของเหลวที่ออกมาจากรูขับถ่ายของเสียเพื่อเป็นตัวทำละลายออกซิเจนจากอากาศแล้วซึมผ่านผิวตัวเข้าไปในหลอดเลือดแล้ว ละลายอยู่ใน น้ำเลือดต่อไป

2.6.6 ระบบประสาท

ระบบประสาทของไส้เดือนดิน ประกอบสมองที่มีลักษณะเป็นสองพู เพราะเกิดจากปมประสาทด้านหน้าหลอดอาหารมาเชื่อมรวมกันอยู่เหนือหลอดอาหาร ปมประสาทสมอง 1 คู่ อยู่เหนือคอหอยปล้องที่ 3 เส้นประสาทรอบคอหอย 2 เส้น อ้อมรอบคอหอยข้างละเส้น เส้นประสาทใหญ่ด้านท้องจะมีปมประสาทที่ปล้องประจำอยู่ทุกปล้อง ไส้เดือนดินยังไม่มีอวัยวะรับความรู้สึกใดๆ มีเพียงเซลล์รับความรู้สึก (Sensory Cells) ที่กระจายอยู่บริเวณผิวหนัง โดยเซลล์รับความรู้สึกแต่ละเซลล์จะมีขนเล็กๆ ยื่นออกมาเพื่อรับความรู้สึกจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งเซลล์รับความรู้สึก

เหล่านี้เชื่อมต่อกับระบบประสาท นอกจากเซลล์รับความรู้สึกแล้ว ยังมีเซลล์รับแสง (Photoreceptor cells) ในชั้นของเอพิเดอร์มิส โดยจะมีมากบริเวณริมฝีปากบน ปล้องส่วนหัวและส่วนท้ายของลำตัว มีหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับแสงไปยังระบบประสาท ถ้ามีแสงสว่างมากเกินไปพวกมันจะเคลื่อนที่หนีเข้าไปอยู่ในที่มืด

2.6.7 ระบบสืบพันธุ์

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มีทั้งรังไข่และอัณฑะอยู่ในตัวเดียวกัน โดยทั่วไปจะไม่ผสมในตัวเองเนื่องจากตำแหน่งของอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งสองเพศไม่สัมพันธ์กัน และมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ไม่พร้อมกัน ไส้เดือนดินจึงต้องมีการแลกเปลี่ยนสเปิร์มซึ่งกันและกัน

2.6.7.1 อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ ประกอบด้วย

- อัณฑะ (Testes) ลักษณะเป็นก้อนสีขาวขนาดเล็กยื่นออกมาจากผนังของปล้อง
- ปากกรวยรองรับสเปิร์ม (Sperm funnel) เป็นช่องรับสเปิร์มจากอัณฑะ
- ท่อนำสเปิร์ม (Vas deferens) เป็นท่อรับสเปิร์มจากปากกรวยไปยังช่องสืบพันธุ์เพศผู้
- ต่อมพรอสเตท (Prostate gland) เป็นต่อมสีขาวขนาดใหญ่มีรูปร่างเป็นก้อนแตกแขนงคล้ายกิ่งไม้ 1 คู่ ทำหน้าที่สร้างของเหลวหล่อเลี้ยงสเปิร์ม
- ช่องสืบพันธุ์เพศผู้ (male pores) มี 1 คู่ อยู่ตรงด้านท้องปล้องที่ 18
- ถุงเก็บสเปิร์ม (Seminal Vesicles) มี 2 คู่ เป็นถุงขนาดใหญ่อยู่ในปล้องที่ 11 และ 12 ทำหน้าที่เก็บและพัฒนาสเปิร์มที่สร้างจากอัณฑะ

2.6.7.2 อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย ประกอบด้วย

- รังไข่ (Ovaries) ทำหน้าที่สร้างไข่ 1 คู่ ติดอยู่กับเยื่อกั้น (Septum) ของปล้องที่12/13 ใน Pheretima ไข่จะเรียงตัวกันเป็นแถวอยู่ในพูรังไข่
- ปากกรวยรองรับไข่ (Ovarian funnel) ทำหน้าที่รองรับไข่ที่เจริญเต็มที่แล้วจากถุงไข่
- ท่อนำไข่ (Oviducts) ท่อนำไข่เป็นท่อที่ต่อจากปากกรวยรองรับไข่ในปล้องที่ 13 เปิดออกไปยังรูตัวเมีย ตรงกึ่งกลางด้านท้องของปล้องที่ 14
- สเปิร์มมาทีกา (Spermatheca หรือ Seminal receptacles) เป็นถุงเก็บสเปิร์มตัวอื่นที่ได้จากการจับคู่แลกเปลี่ยน เพื่อเก็บไว้ผสมกับไข่ มีอยู่ 3 คู่

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมขยะเศษอาหารที่นำมาใช้ในการศึกษา

เศษอาหารที่นำมาทดลองเป็นขยะเศษอาหาร จากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

3.1.1 ทำการย่อยกระดาษให้มีขนาด 1-2 ซม. ด้วยเครื่องย่อยกระดาษ

3.1.2 นำขยะเศษอาหารที่เตรียมไว้มาผสมกับกระดาษที่ผ่านการย่อยแล้วกันอัตราส่วน 70:17 (ขยะเศษอาหาร : ขี้เลื่อย)

3.1.3 ใช้ลิ้นชักพลาสติก จำนวน 5 ชั้นขนาด 23ซม.x32ซม.x47ซม. จำนวน 3 กล่อง

3.1.4 เจาะรูด้านข้างขนาด ¼ นิ้ว โดยเว้นระหว่าง 2.5 ซม. เพื่อเป็นการระบายอากาศ ทุกข้าง

3.1.5 เจาะรูที่ด้านล่างขนาด ¼ นิ้ว โดยเว้นระหว่าง 2.5 ซม. เพื่อเป็นการระบายน้ำ

3.1.6 เจาะรูที่ฝาบนขนาด ¼ นิ้ว โดยเว้นระหว่าง 2.5 ซม. เพื่อเป็นการระบายอากาศ เตรียมชั้นดิน (ดินหน้ามหาวิทยาลัย ร้านอเนก จ.พิษณุโลก) ที่ใช้เป็นวัสดุรองพื้นให้มีความหนาชั้นประมาณ 2-3 เซนติเมตร ทุกชั้น เนื่องจากไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionix excavates* เป็นไส้เดือนที่อาศัยอยู่ในฮิวมัส และใบไม้ที่กองอยู่บนดิน (Gajalakshmi,Ganesh&Abbasi ,2005)

3.1.7 หล่อน้ำด้านล่างเพื่อป้องกันมด

3.2 การดำเนินการของแต่ละสัปดาห์

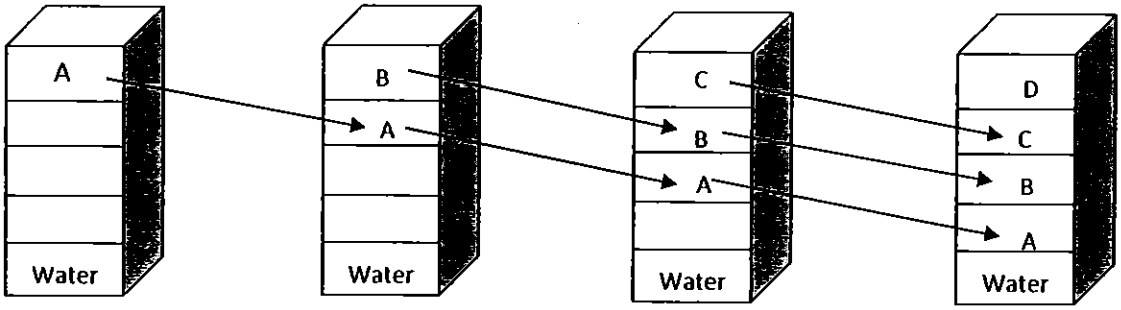
3.2.1 สัปดาห์ที่ 0 หมักขยะที่ลิ้นชัก A ชั้นบนสุดพร้อมกับใส่ไส้เดือนแต่ละกล่องในอัตราส่วน 50 ก.

3.2.2 สัปดาห์ที่ 1 เลื่อนลิ้นชัก A ที่ใส่ขยะจากชั้นที่ 1 ชั้นบนสุดลงมาชั้นที่ 2 และพร้อมกับหมักขยะลงไปในลิ้นชัก B ในชั้นที่ 1 ชั้นบนสุด

3.2.3 สัปดาห์ที่ 2 เลื่อนลิ้นชัก B ที่ใส่ขยะจากชั้น 1 มาชั้นที่ 2 เลื่อนลิ้นชัก A ที่ใส่ขยะจากชั้นที่ 2 ลงมาชั้นที่ 3 และหมักขยะใหม่ลงไปในชั้นที่ 1 ของลิ้นชัก C

3.2.4 สัปดาห์ที่ 3 เลื่อนลิ้นชัก C ที่ใส่ขยะจากชั้น 1 มาชั้นที่ 2 เลื่อนลิ้นชัก B ที่ใส่ขยะจากชั้นที่ 2 ลงมาชั้นที่ 3 เลื่อนลิ้นชัก A จากชั้น 3 ลงมาชั้นที่ 4 และหมักขยะใหม่ลงไปในชั้นที่ 1 ของลิ้นชัก D

3.2.5 เมื่อทำครบสี่ลิ้นชัก พอสัปดาห์ที่ 4 ลิ้นชัก A ก็กลับมาอยู่ ชั้นที่ 1 ชั้นบนสุดพร้อมกับใส่อาหารใหม่ลงไป ทำการเลื่อนลิ้นชักเรื่อยๆ จนครบ 7 สัปดาห์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



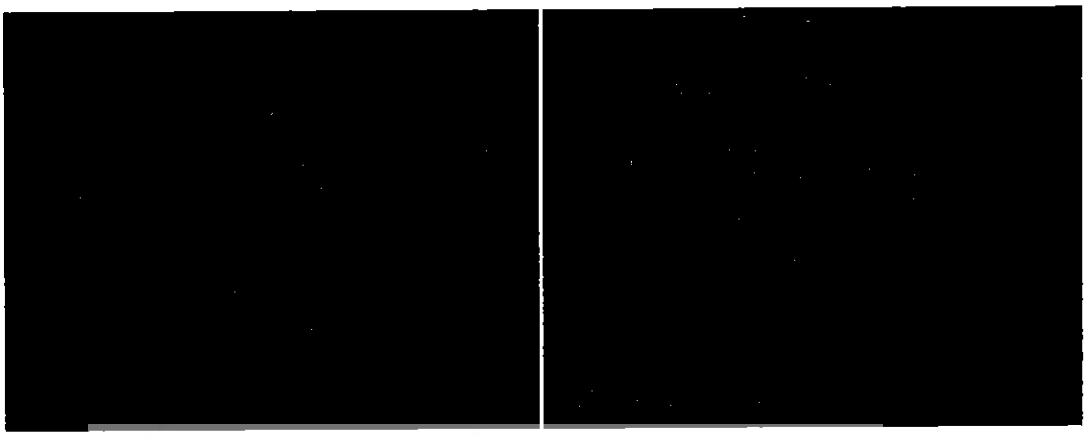
รูปที่ 3.1 วิธีการเลื่อนลิ้นชักการเลี้ยงใช้ไส้เดือน*Perionyxexcavatus* ด้วยเศษอาหารในตู้ลิ้นชัก 5 ชั้นแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

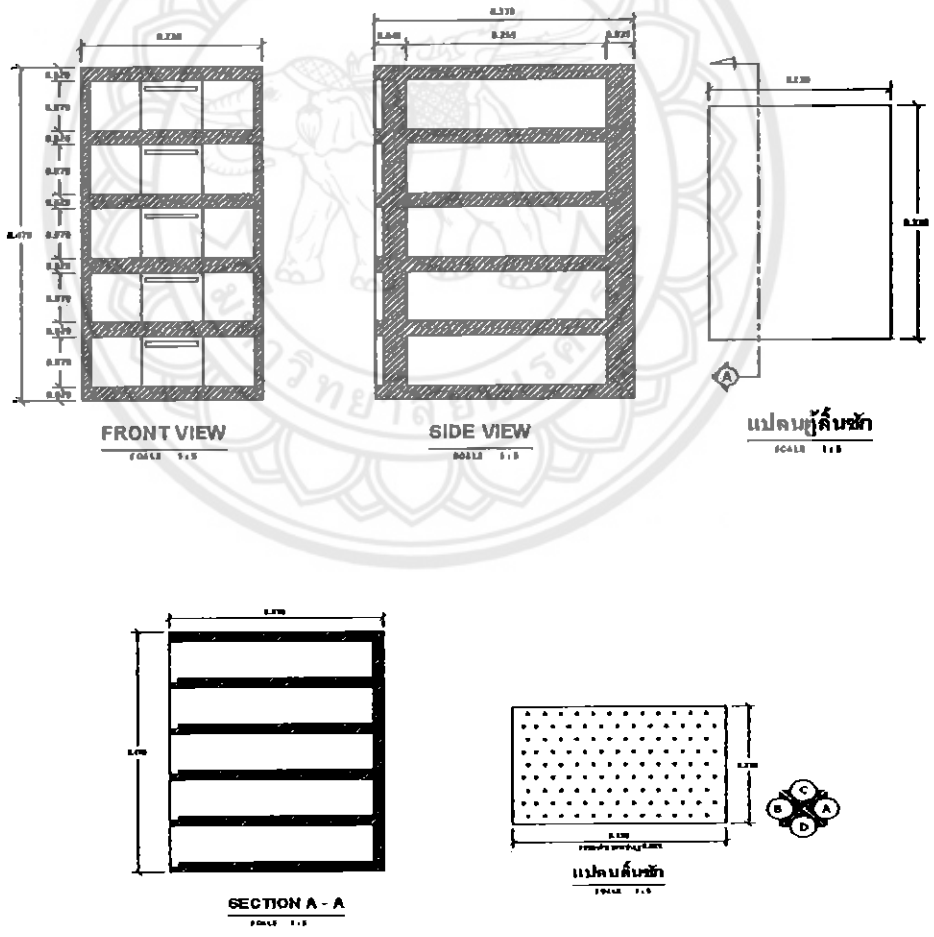
ไส้เดือน(ทุกอาทิตย์)	ขยะเศษอาหาร(ทุกอาทิตย์)	ดิน(ก่อน-หลังการทดลอง)
1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	1. ความชื้น	1. ไนโตรเจน
2. น้ำหนักไส้เดือน ก./ตัว	2. pH	2. ฟอสฟอรัส
	3. อุณหภูมิ	
	4. ไนโตรเจน	
	5. ออแกนิกคาร์บอน	
	6. วัดน้ำหนักขยะ	
	7. สารอินทรีย์ระเหยได้	

3.3 ระยะเวลาที่ทำการวิจัยและสถานที่ที่ทำการทดลอง

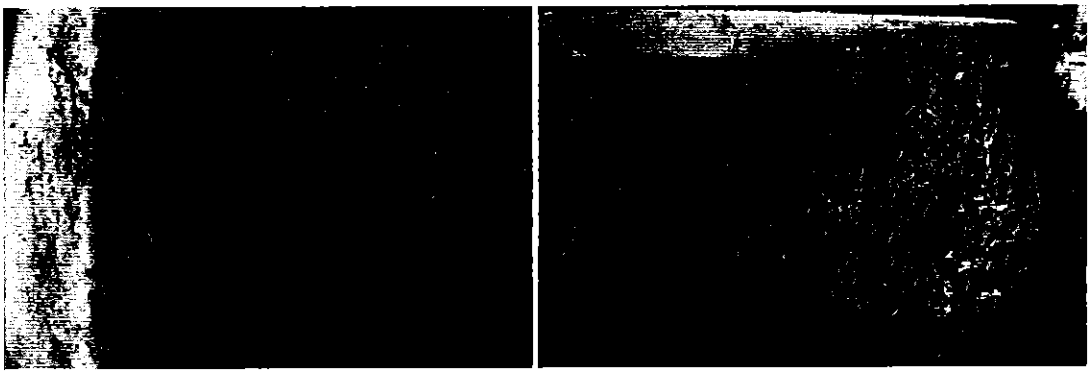
ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ 3 เดือน จากเดือน ธันวาคม 2554 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555 ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



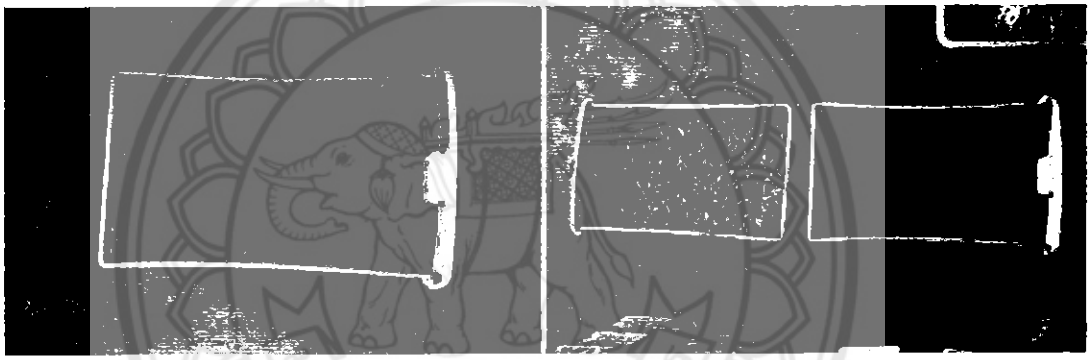
รูปที่ 3.2 ลิ้นชักพลาสติก 5 ชั้นที่ใช้ในการทดลอง



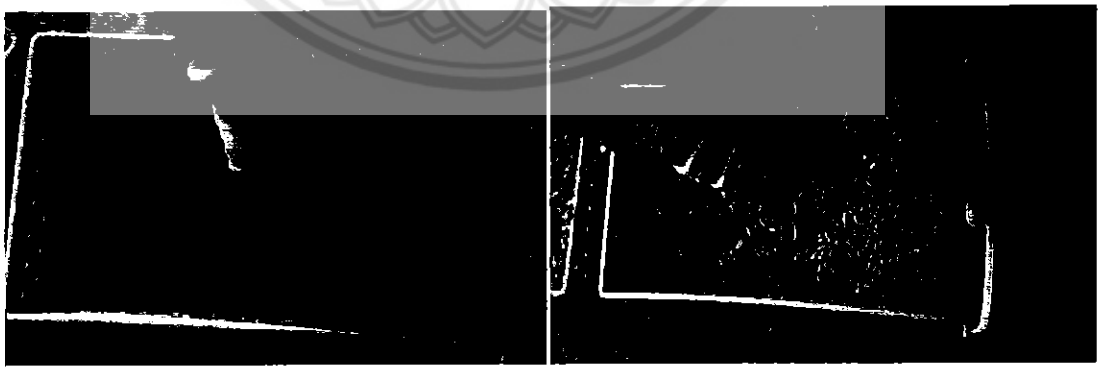
รูปที่ 3.3 แบบแปลนตู้ลิ้นชัก 5ชั้นที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.4 ไส้เดือนและอาหารที่ใช้เลี้ยงไส้เดือน



รูปที่ 3.5 ลิ้นชักที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.6 ภาพวิธีการทดลอง

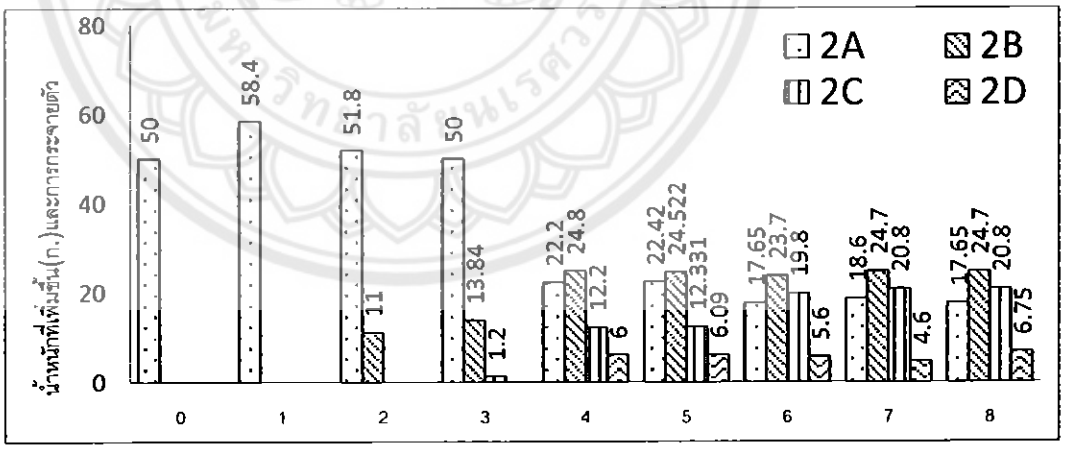
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การเคลื่อนไหวของไส้เดือนในตู้ลิ้นชัก

ในการทดลองครั้งนี้ได้มีการสุ่มชั่งน้ำหนัก และนับจำจวนไส้เดือนสัปดาห์ละครั้งตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 7 สัปดาห์โดยได้แสดงผลการทดลองดังนี้

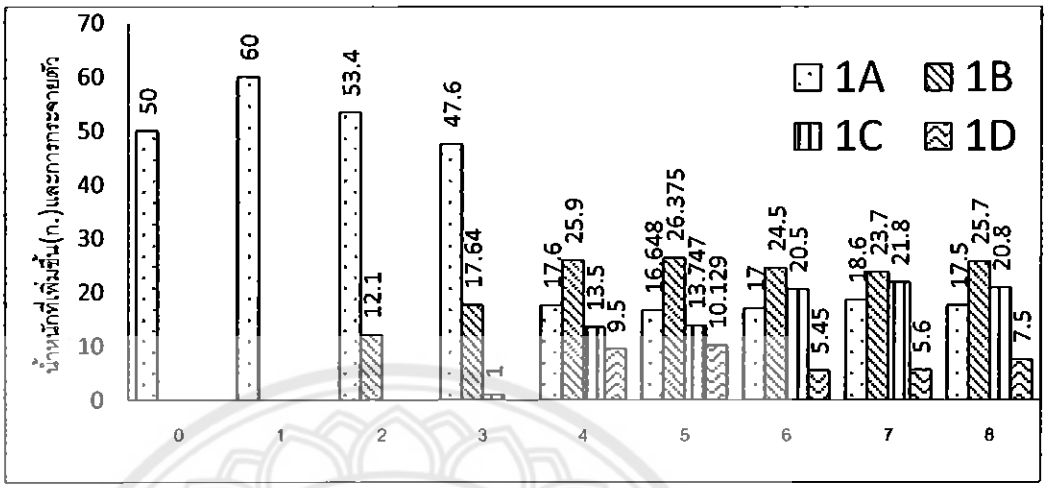
ผลการทดลองการหมักขยะโดยใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก.ทั้งสองการทดลองพบว่าไส้เดือนส่วนมากจะเคลื่อนที่อยู่ระหว่างในลิ้นชัก B และ C เท่านั้น โดยที่ไส้เดือนจะขึ้นไปที่ลิ้นชัก B หลังจากที่ทำการหมักไปแล้ว 2 สัปดาห์ และทำการขึ้นไปที่ลิ้นชักC หลังจากทำการหมักไปแล้ว 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นไส้เดือนจะขึ้นไปกินอาหารในลิ้นชัก B และ C เพิ่มมากขึ้นและเมื่อทำการวัดปริมาณไส้เดือนครั้งสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ามีไส้เดือนอยู่ที่กล่อง 1 ที่ลิ้นชัก A,B,C และD เท่ากับ 17.5,25.7,20.8 และ7.5 กรัม กล่องที่ 2 ที่ลิ้นชัก A,B,C, และ D เท่ากับ 17.65,24.7,20.8 และ 6.75 กรัม เมื่อพิจารณารวมน้ำหนักรวมสุดท้ายพบว่าไส้เดือนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นที่ กล่อง 1และ 2 เป็น 71.5 และ 69.9 กรัม ตามลำดับ



ปริมาณไส้เดือนเริ่มต้น = 50 กรัม			
สัปดาห์ที่ 1	= 60.00 กรัม	สัปดาห์ที่ 5	= 66.89 กรัม
สัปดาห์ที่ 2	= 65.50 กรัม	สัปดาห์ที่ 6	= 67.45 กรัม
สัปดาห์ที่ 3	= 66.24 กรัม	สัปดาห์ที่ 7	= 69.70 กรัม
สัปดาห์ที่ 4	= 66.50 กรัม	สัปดาห์ที่ 8	= 71.50 กรัม

รูปที่ 4.1.1 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของไส้เดือน

160288 ๙
๒๕.
๒๕๔๙
๒๕๕๔



ปริมาณไส้เดือนเริ่มต้น = 50 กรัม			
สัปดาห์ที่ 1	= 58.40 กรัม	สัปดาห์ที่ 5	= 65.36 กรัม
สัปดาห์ที่ 2	= 62.80 กรัม	สัปดาห์ที่ 6	= 66.75 กรัม
สัปดาห์ที่ 3	= 65.04 กรัม	สัปดาห์ที่ 7	= 68.70 กรัม
สัปดาห์ที่ 4	= 65.20 กรัม	สัปดาห์ที่ 8	= 69.90 กรัม

รูปที่4.1.2 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของไส้เดือน

A	B	C	D	A	B	C	D
D	A	B	C	D	A	B	C
C	D	A	B	C	D	A	B
B	C	D	A	B	C	D	A
Water	Water	Water	Water	Water	Water	Water	Water
สัปดาห์ 0	1	2	3	4	5	6	7

รูปที่ 4.1.3 แสดงการเลื่อนลิ้นชัก

ตาราง 4.1.4 การกระจายตัวของไส้เดือนในตู้ลิ้นชักตามชั้นต่างๆเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

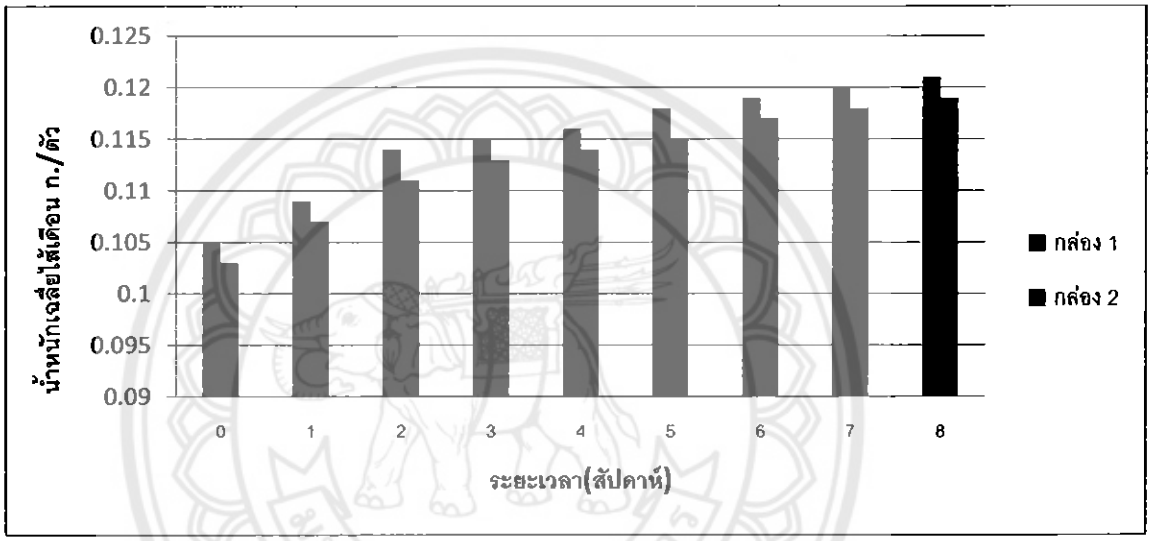
ชั้น	ลิ้นชัก	น้ำหนักไส้เดือนในตู้ลิ้นชักเมื่อครบ 8 สัปดาห์ (กรัม)	
		กล่อง 1 : 50 กรัม	กล่อง 2 : 50 กรัม
บนสุด	D	7.5	6.75
กลางบน	C	20.8	20.8
กลางล่าง	B	25.7	24.7
ล่างสุด	A	17.5	17.65
น้ำหนักไส้เดือนรวม		71.5	69.9

4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเฉลี่ย/ตัวไส้เดือน

การทดลองในครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนเพื่อทราบถึงการเจริญเติบโตของไส้เดือน และการเพิ่มจำนวนตัวของไส้เดือน

ผลการทดลองการเลี้ยงไส้เดือนด้วยเศษอาหาร โดยใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก. เมื่อเริ่มต้นน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 103มก.หลังจากนั้นพบว่าในลิ้นชัก A มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนถึงสัปดาห์ที่ 3 หลังจากนั้นน้ำหนักตัวไส้เดือนเริ่มมีการคงที่เนื่องจากอาหารในสัปดาห์ที่ 4 หมดทำให้ไส้เดือนไม่มีอาหารเพียงพอต่อการกิน และอาจเนื่องมาจากการเพิ่มของจำนวนประชากรไส้เดือน โดยสังเกตจากมีลูกไส้เดือนเกิดขึ้น ส่วนในลิ้นชัก B พบว่าค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนจะคงที่ในสัปดาห์ที่ 5 เนื่องจาก อาหารหมดและไส้เดือนบางส่วนจากลิ้นชัก Aที่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวน้อยขึ้นมากินอาหารในลิ้นชัก B นี้ เมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนที่ลิ้นชัก C พบว่ามีค่าลดลงในสัปดาห์ 6 เนื่องจากปริมานอาหารหมดและไส้เดือนบางส่วน

จากลิ้นชักBที่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวน้อยขึ้นมากินอาหารในลิ้นชัก C ส่วนลิ้นชัก D ที่มีไส้เดือนขึ้นไปกินเพียงประมาณ 10-15 ตัวนั้นพบว่ามีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนครั้งสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าในลิ้นชัก A,B,C และ D ของกล่องที่ 1 มีค่า 121 ,119,121 และ 120 มก.ส่วนในลิ้นชัก A,B,C และ D ของกล่องที่ 2 มีค่า 119,120,119,และ 119 ตามลำดับ



A	B	C	D	A	B	C	D
D	A	B	C	D	A	B	C
C	D	A	B	C	D	A	B
B	C	D	A	B	C	D	A
Water	Water	Water	Water	Water	Water	Water	Water

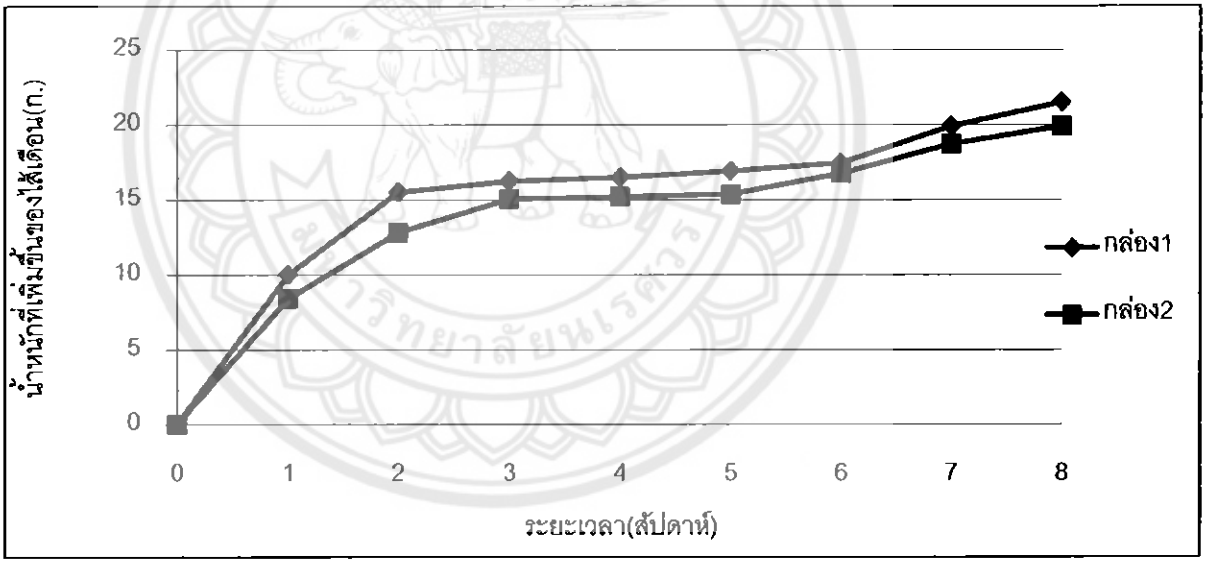
สัปดาห์ 1 2 3 4 5 6 7 8

รูปที่ 4.2.1 น้ำหนักเฉลี่ยไส้เดือนกรัมต่อตัว

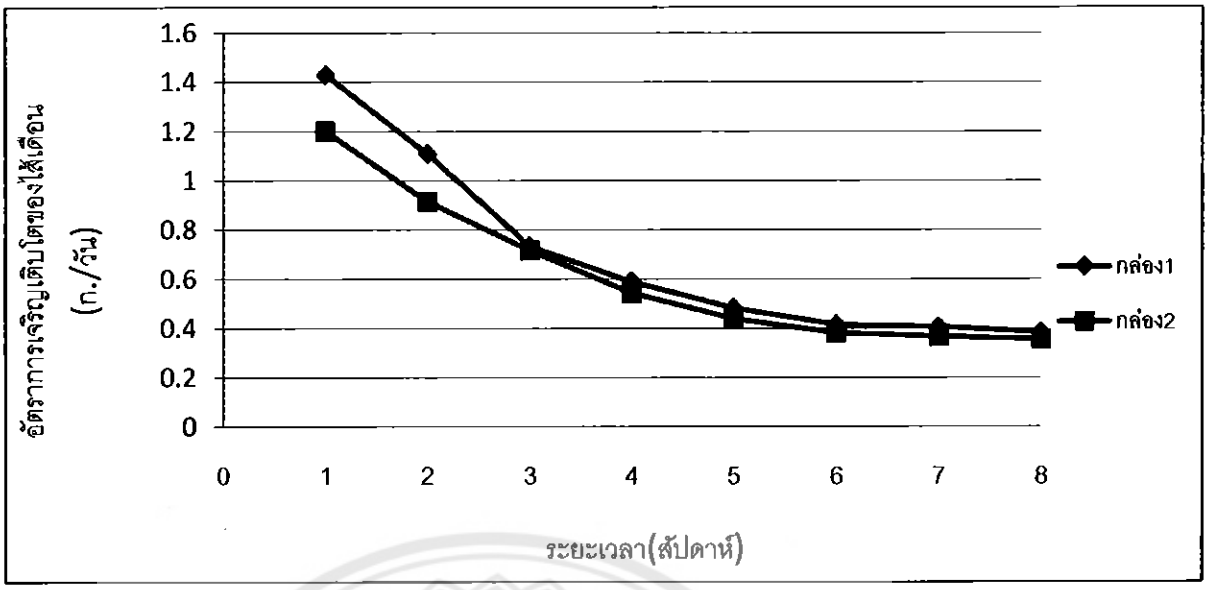
4.3 อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน

จากผลการทดละอองพบว่าในสัปดาห์ที่ 1-3 ไส้เดือนทั้งสองกล่องมีการเพิ่มน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปริมาณอาหารที่เพียงพอกับปริมาณไส้เดือนในแต่ละชั้นและจะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 1และสัปดาห์ที่ 2ไส้เดือนจะมีปริมานการเติบโตมากที่สุด ซึ่งผลสอดกล้องกับ Domingguez & Edward (1997) รายงานว่ารายงานว่าไส้เดือนที่มีความหนาแน่นมากที่สุดจะมีน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด เนื่องจากไส้เดือนมีการผสมพันธุ์ได้เร็วกว่า

หลังจากน้ำหนักไส้เดือนมีปริมาณคงที่ ในสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งการที่ไส้เดือนมีปริมานน้ำหนักคงที่เนื่องจากไส้เดือนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นแต่อาหารลดลงทำให้มีอาหารไม่พอต่อปริมาณไส้เดือน (Chaudhuri&Bhattahari,2002) ดังแสดงดังรูป 4.3.1



รูปที่ 4.3.1 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นแต่ละสัปดาห์



รูปที่ 4.3.2 น้ำหนักไส้เดือนที่เพิ่มขึ้นกรัมต่อวัน

4.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี และทางกายภาพ

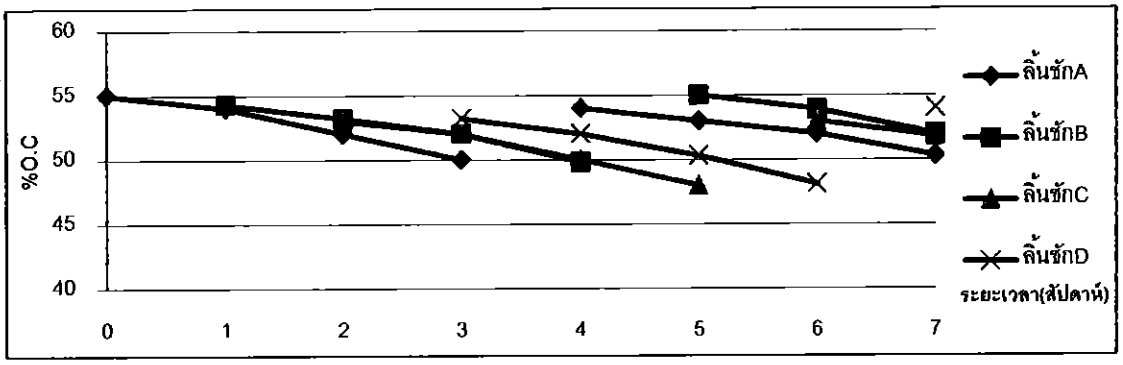
4.4.1 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

อินทรียวัตถุมีความสำคัญต่อองค์ประกอบของดินอย่างมากด้วยเหตุที่เป็นแหล่งอาหารสำรองในดินและมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของดินให้เหมาะสมต่อความเจริญเติบโตของพืชในแง่ของอาหารพืช กล่าวได้ว่าเป็นแหล่งสำรองของธาตุไนโตรเจนในสภาพมีอุณหภูมิความชุ่มชื้นที่เหมาะสม ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์ค่าองค์ประกอบคาร์บอน และไนโตรเจน สัปดาห์ละ 1 ครั้งตั้งแต่เริ่มต้นจนตลอดการสิ้นสุดกระบวนการหมักของการทดลอง

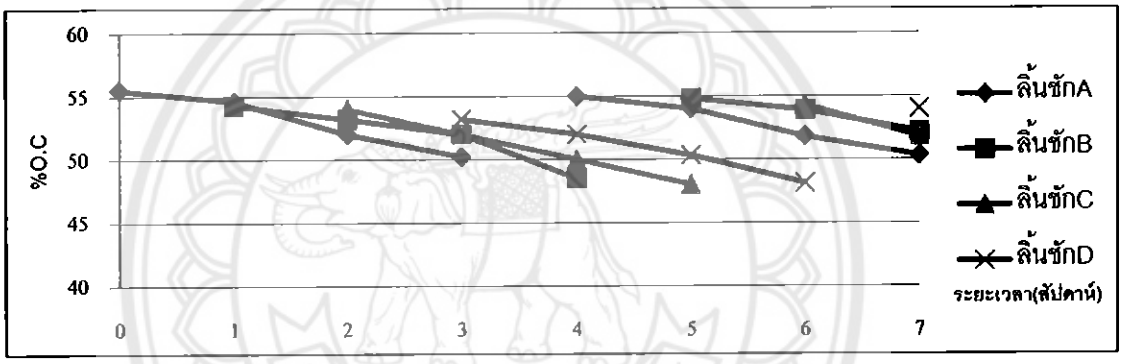
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในขยะ

จากผลการทดลองพบว่า ในชุดการทดลองควบคุม และการทดลองที่ไส้เดือนปริมาณ 50 ทั้งสองการทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าองค์ประกอบคาร์บอนที่เหมือนกันคือเริ่มต้นกระบวนการหมักมีค่าองค์ประกอบคาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 52.02 ในระหว่างการหมักค่าองค์ประกอบคาร์บอนลดลง เนื่องจากแบคทีเรียได้เปลี่ยนรูปองค์ประกอบคาร์บอนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Loh et al .,2005)และเมื่อวัดค่าองค์องค์ประกอบคาร์บอนในครั้งสุดท้ายพบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 47.52

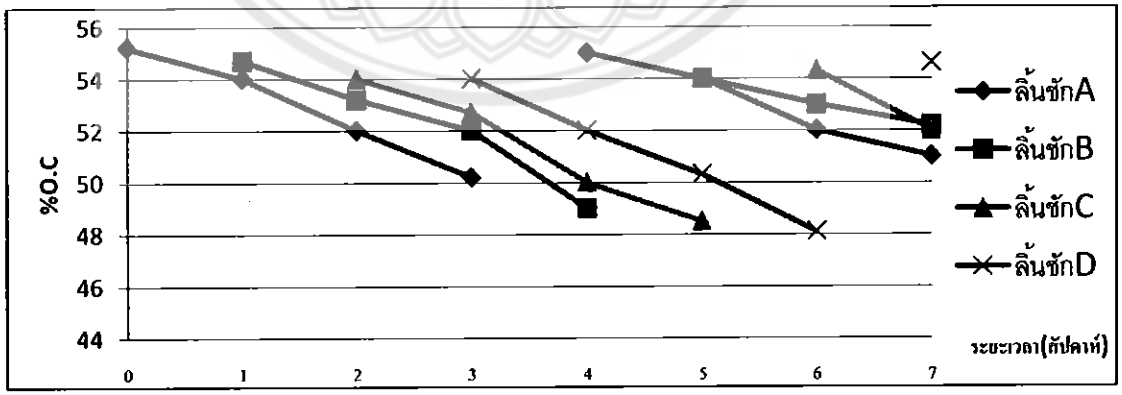
รูปที่ 4.4.1.1 องค์ประกอบคาร์บอนที่ไส้เดือน 50 ก.กล่องที่ 1



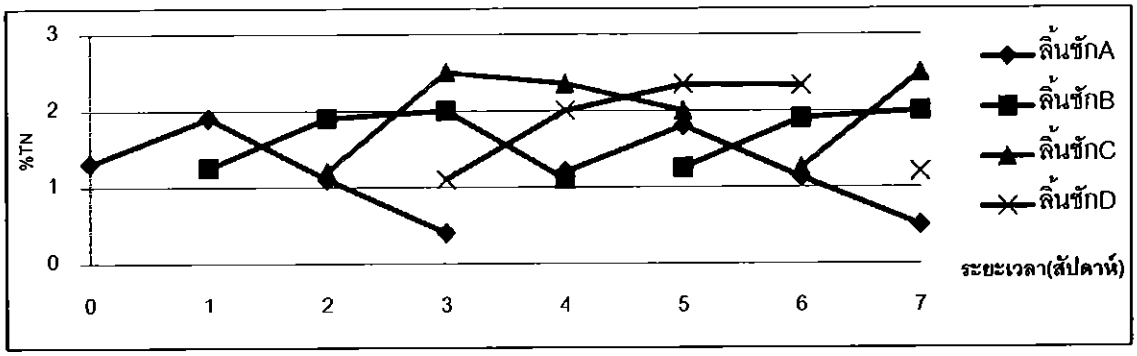
รูปที่ 4.4.1.2 องค์ประกอบคาร์บอนที่ไส้เดือน 50 ก.กล่องที่ 2



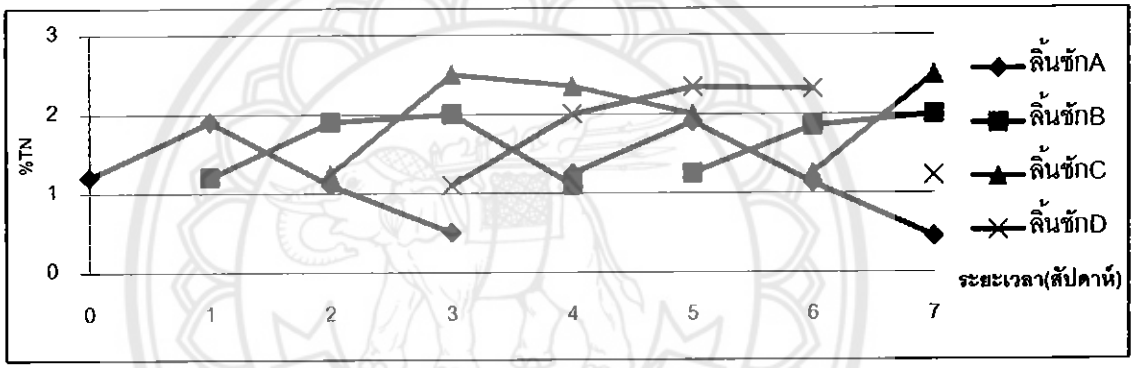
รูปที่ 4.4.1.3องค์ประกอบคาร์บอนที่ไม่ใส่ไส้เดือน กล่องควบคุม



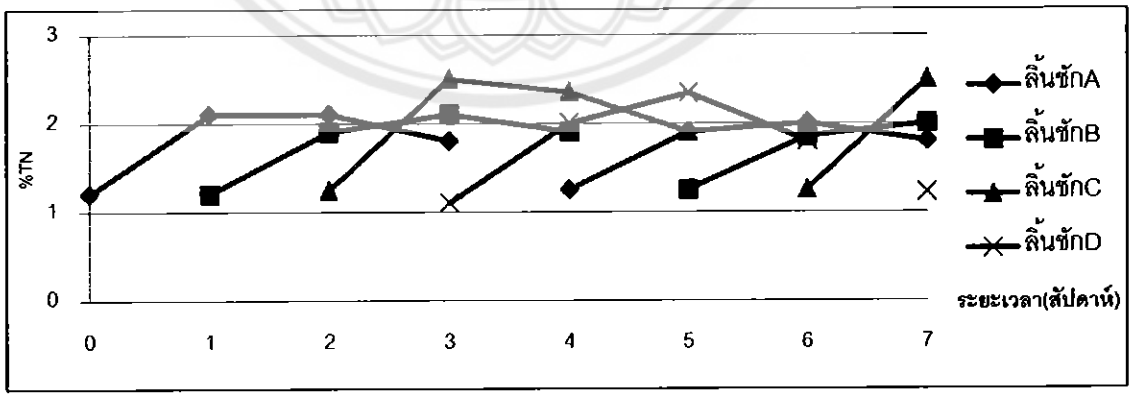
รูปที่ 4.4.1.4 องค์ประกอบไนโตรเจนทีใส่ไส้เดือน 50ก.กล่อง 1



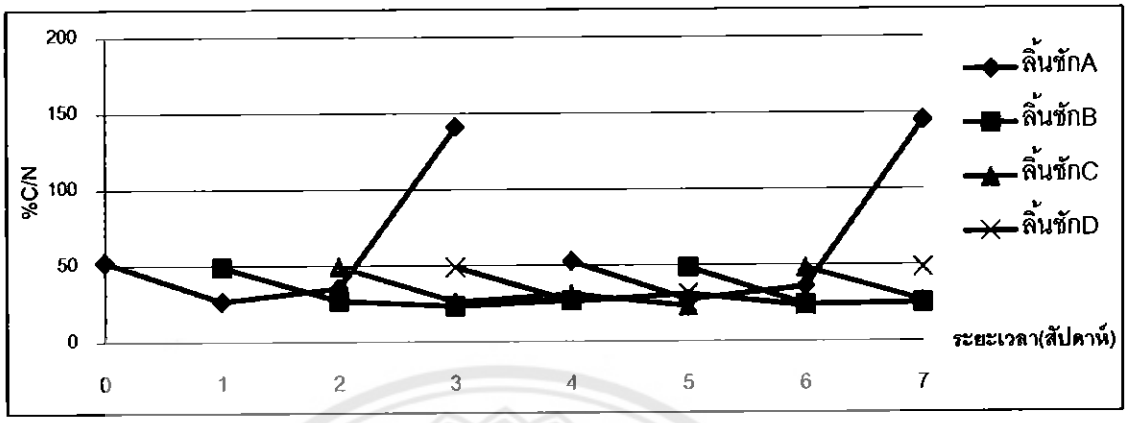
รูปที่ 4.4.1.5 องค์ประกอบไนโตรเจนทีใส่ไส้เดือน 50ก.กล่อง 2



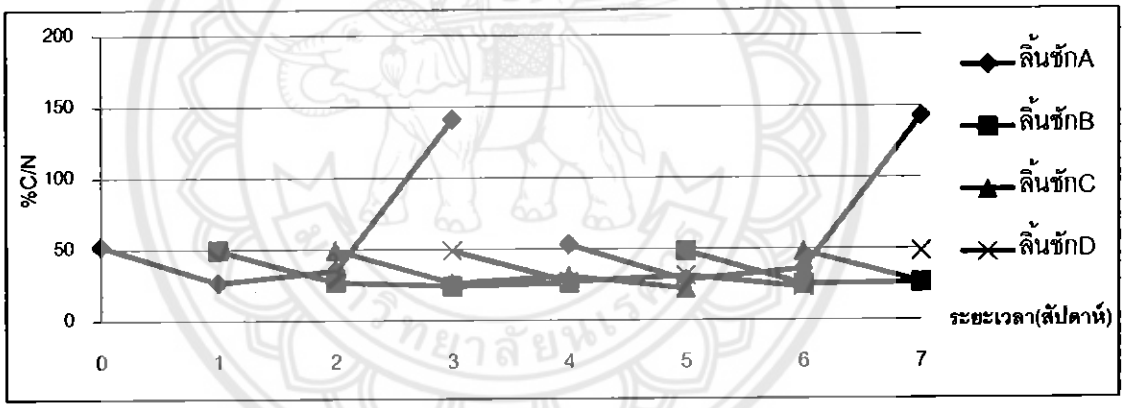
รูปที่ 4.4.1.6 องค์ประกอบไนโตรเจนทีไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม



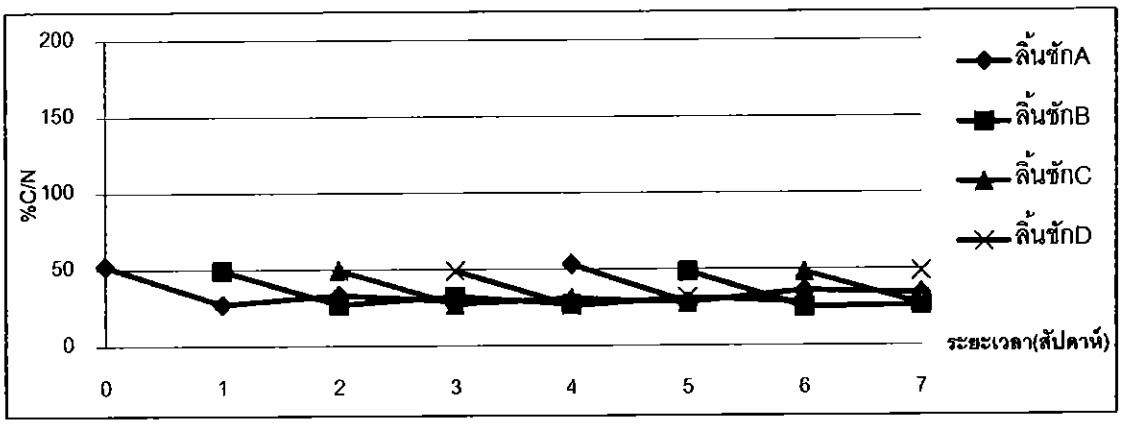
รูปที่ 4.4.1.7 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1



รูปที่ 4.4.1.8 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2



รูปที่ 4.4.1.9 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ไม่ไส้เดือน กล่องควบคุม



ค่าองค์ประกอบไนโตรเจนในดิน

จากการทดลองพบว่าค่าอัตราส่วนไนโตรเจนเริ่มต้นอยู่ที่ 1.1704 และเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าอัตราส่วนไนโตรเจนของชุดการทดลองควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเดิมส่วนการทดลองของกล่อง 1และกล่อง 2 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1.5348 และ 1.5367 ตามลำดับซึ่งอาจจะเนื่องมาจากไส้เดือนกินเศษขยะอาหารเข้าไปแล้วถ่ายมูลที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนออกมา

ตาราง 4.4.1.10 ค่าองค์ประกอบไนโตรเจนในดิน

ชุดการทดลอง	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
	%N	%N	%N	%N
ดินเริ่มต้น	1.1704	1.1704	1.1704	1.1704
Control	1.1973	1.1902	1.1960	0.1931
1.ไส้เดือน 50	1.5195	1.5348	1.5259	1.3230
2.ไส้เดือน 50	1.5089	1.5367	1.5301	1.3197

4.4.2 องค์ประกอบ ของฟอสฟอรัส

การพิจารณาองค์ประกอบฟอสฟอรัส ของกระบวนการหมักปุ๋ยก็สามารถบอกได้ว่าปุ๋ยหมักได้มีค่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และมักขาดแคลนในดินทั่วไปในการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ ค่าฟอสฟอรัสในขยะและดินเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

องค์ประกอบ ฟอสฟอรัสในดิน

จากการศึกษาฟอสฟอรัสในดินพบว่ามีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ ที่ร้อยละ 0.0952 และเมื่อทำการวัดค่าในครั้งสุดท้ายพบว่า ในชุดการทดลองควบคุม ที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนลงไปตั้งแต่เริ่มต้นและการทดลองในอัตราส่วนต่างๆ ที่ไส้เดือนไม่ขึ้นไปกินขยะองค์ประกอบฟอสฟอรัสในดินจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.1023 แต่ในกลุ่มที่มีผลเนื่องจากการกินอาหารของไส้เดือนพบว่าค่าองค์ประกอบฟอสฟอรัสจะมีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.1554 ซึ่งสามรถอธิบายได้ว่าในการทดลองที่มีไส้เดือนกินอาหาร เมื่อมันกินเสร็จแล้วมันจะถ่ายมูลที่มีองค์ประกอบฟอสฟอรัสออกมาด้วย ดังแสดงใน

ตารางที่ 4.4.2.1 องค์ประกอบฟอสฟอรัสในดิน

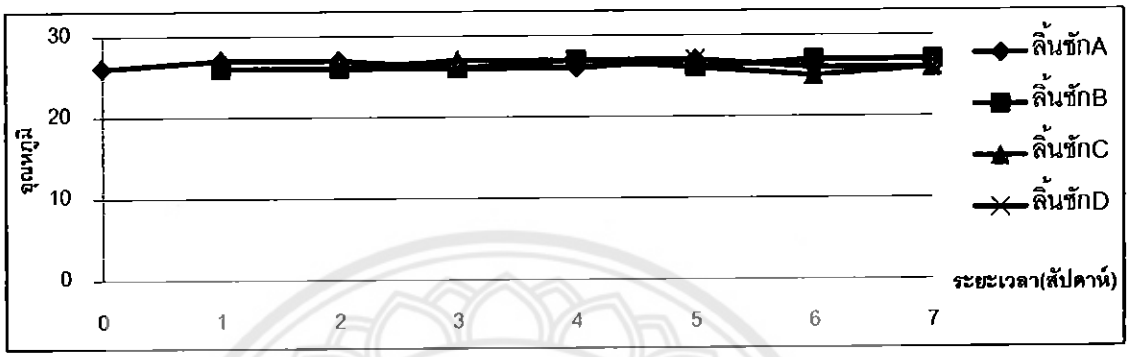
ชุดการทดลอง	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
	%P	%P	%P	%P
ดินเริ่มต้น	0.0952	0.0952	0.0952	0.0952
Control	0.1023	0.1003	0.1032	0.1021
1.ไส้เดือน 50	0.1522	0.1548	0.1532	0.1368
2.ไส้เดือน 50	0.1517	0.1554	0.1529	0.1344

4.4.3 อุณหภูมิ

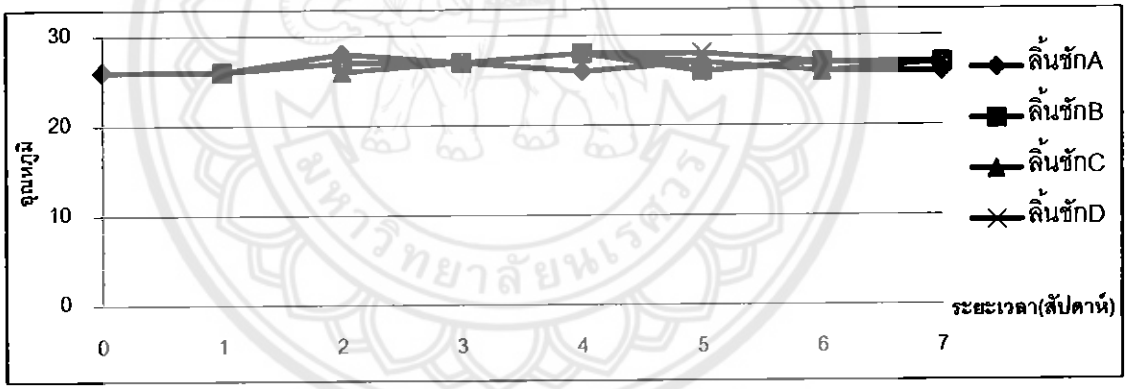
จากการทดลองผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกันกันในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากขยะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณ 275 ก. และความสูงในชั้นขยะประมาณ 2.5 ซม.ทำให้ค่าอุณหภูมิไม่สูงมากนัก กล่าวคือในช่วงสัปดาห์แรกของกระบวนการหมักขยะในลิ้นชักมีอุณหภูมิสูงเนื่องจากเกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยแบคทีเรีย (Loh et al.,2005) โดยอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยวัดได้ที่ 28 ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้พวกคาร์โบไฮเดรต เช่นแป้ง และน้ำตาลถูกย่อยสลาย แต่หลังจากทำการหมักผ่านไป 1-2 สัปดาห์อุณหภูมิได้ลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องโดยเฉลี่ย 26 ซ อุณหภูมิลดลงเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีมากเริ่มตายทำให้อัตรา

การย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ลดลงตามไปด้วยซึ่งก็มีผลให้อุณหภูมิลดลงด้วยเช่นกัน (อานุภาพ แก้วทอง, 2541) และ Edwards, Dominguez & Neuhauser (1998)

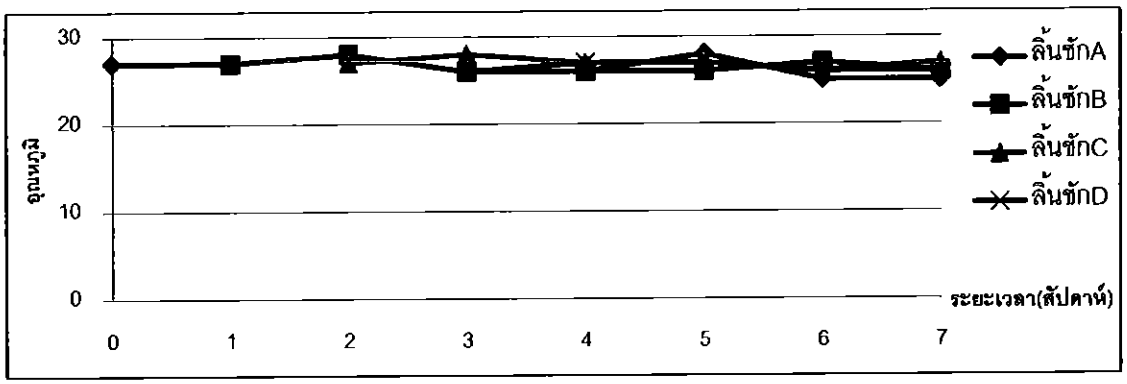
รูปที่ 4.4.3.1 ค่าอุณหภูมิที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1



รูปที่ 4.4.3.2 ค่าอุณหภูมิที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2



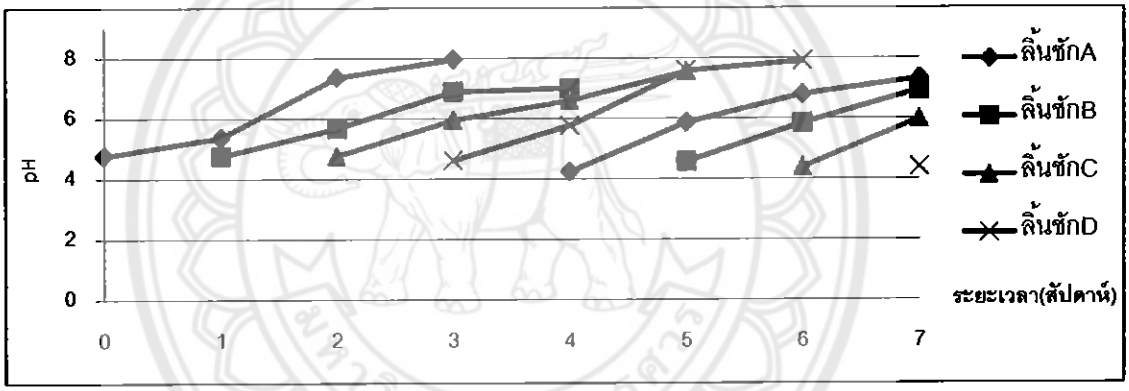
รูปที่ 4.4.3.3 ค่าอุณหภูมิที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม



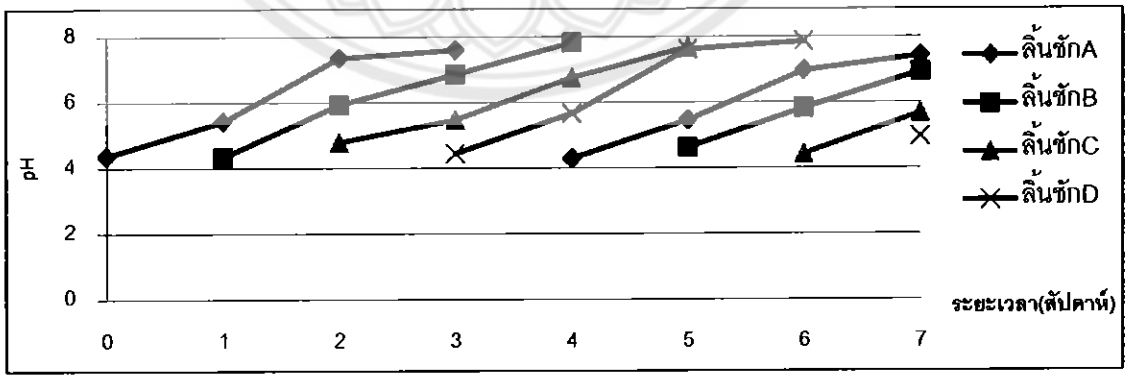
4.4.4 pH

จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเริ่มต้นการหมัก pH เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ ที่ 4.3 เป็นสภาพของกรด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ในช่วง สัปดาห์แรกของการหมักมีการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยแบคทีเรีย ย่อยสลายขยะอินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์บางส่วนมีคุณสมบัติเป็นกรด (Ndegwa, Thomson&Das,2000)หลังจากการหมักผ่านไป 2 สัปดาห์ pH มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีสภาพเป็นกรด ซึ่งไส้เดือนชอบสภาพมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5 (Edwards,1995)เมื่อ กระบวนการหมักผ่านไปประมาณ 1 เดือน pH จะมีสภาพเป็นกลางที่ช่วง 6-7.9 ซึ่งไส้เดือนจะเจริญเติบโตได้ดีดีที่ช่วง pH 5-8 แต่จะดีที่ สุด เมื่อประมาณ 7.0หรือระดับความเป็นกลาง(อานัฐตันโช,2543)

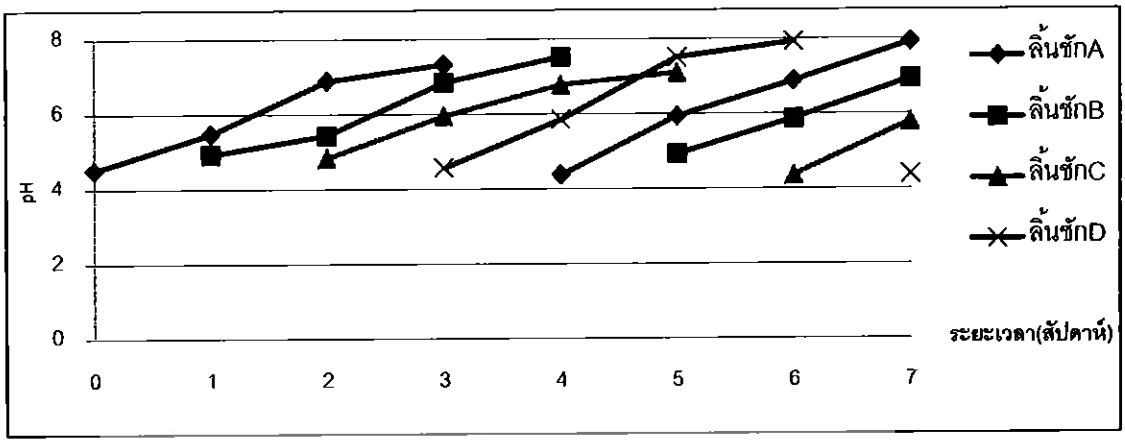
รูปที่ 4.4.4.1 ค่าpHที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1



รูปที่ 4.4.4.2 ค่าpHที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2



รูปที่ 4.4.4.3 ค่าpHที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม



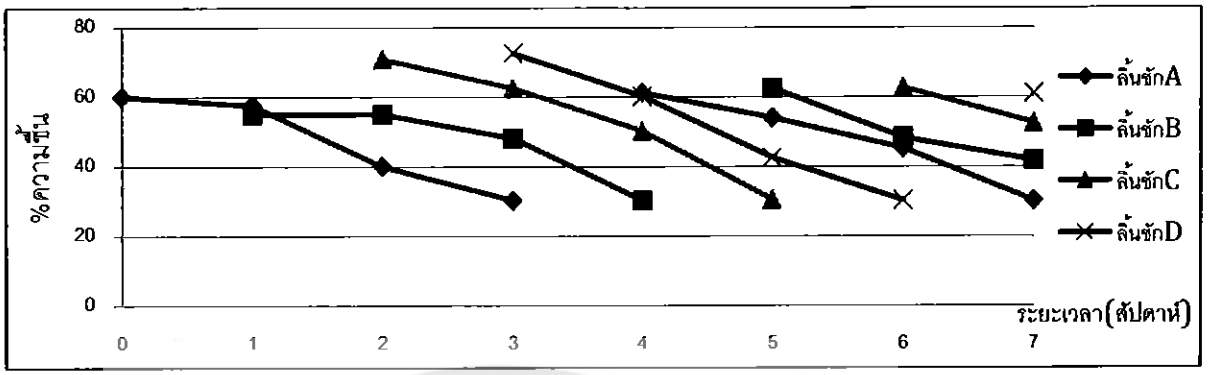
4.4.5 ความชื้น

ปัจจัยสำคัญในกระบวนการหมักอีกสิ่งหนึ่งคือ ความชื้น ช่วงค่าความชื้อที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักคือร้อยละ 50-70 เพราะว่าน้ำมีความจำเป็นต่อกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสีย (อานุภาพ แก้วทอง ,2541) นอกจากนี้ Newzeland Earthworm association (2002) แนะนำว่าค่าความชื้นไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 45 เนื่องจากความชื้นนี้จะเป็นผลดีต่อการอยู่รอดของแบคทีเรียในมูลของไส้เดือน

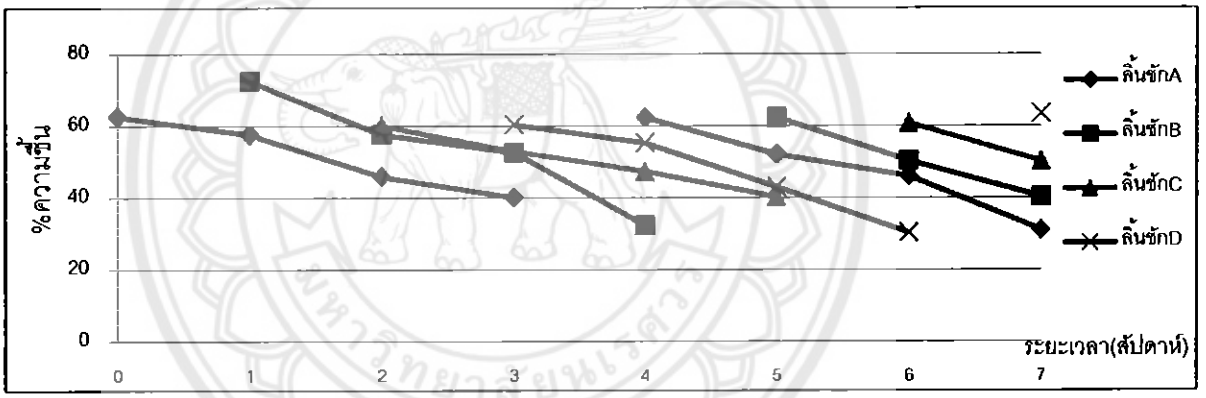
ความชื้นในขยะ

จากการทดลองพบว่าค่าความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 70 และหลังจากนั้น 1-2 สัปดาห์ค่าความชื้นได้ลดลง เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ของจุลินทรีย์ซึ่ง ก็เป็นเวลาเดียวกับที่อุณหภูมิขึ้นสูงเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ทำให้น้ำในกองขยะระเหยออกแต่เนื่องจากรูปแบบในการหมักเป็นแบบระบบปิด และทำการทดลองภายในห้องที่ปิดมิดชิด ทำให้ความชื้นในแต่ละสัปดาห์ลดลงไม่มากนัก อย่างไรก็ตามเพื่อรักษาสภาพความชื้นให้เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก จึงควบคุมความชื้นไว้ไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 50 ด้วยวิธีการสเปรย์น้ำด้วยบัวรดน้ำ นอกจากนั้นยังได้มีการตรวจสอบค่าความชื้นของการหมักทุกๆสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการหมัก

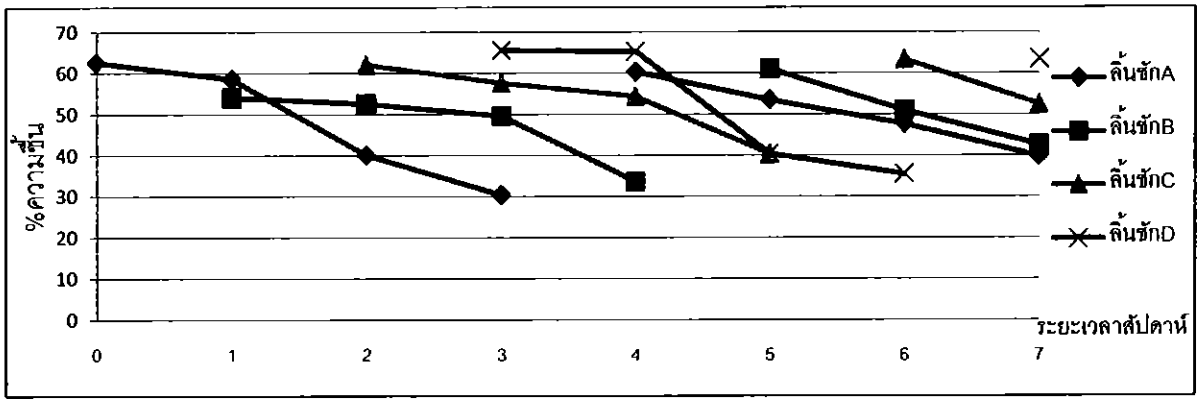
รูปที่ 4.4.5.1 ค่าความชื้นที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1



รูปที่ 4.4.5.2 ค่าความชื้นที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2



รูปที่ 4.4.5.3 ค่าความชื้นที่ไม่ไส้เดือน กล่องควบคุม

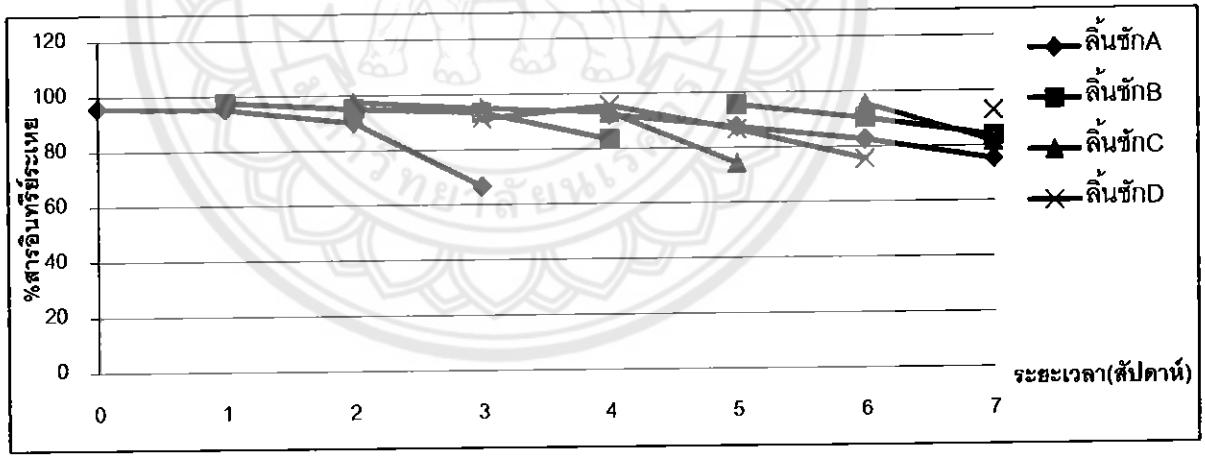


4.4.6 ของแข็งระเหยได้

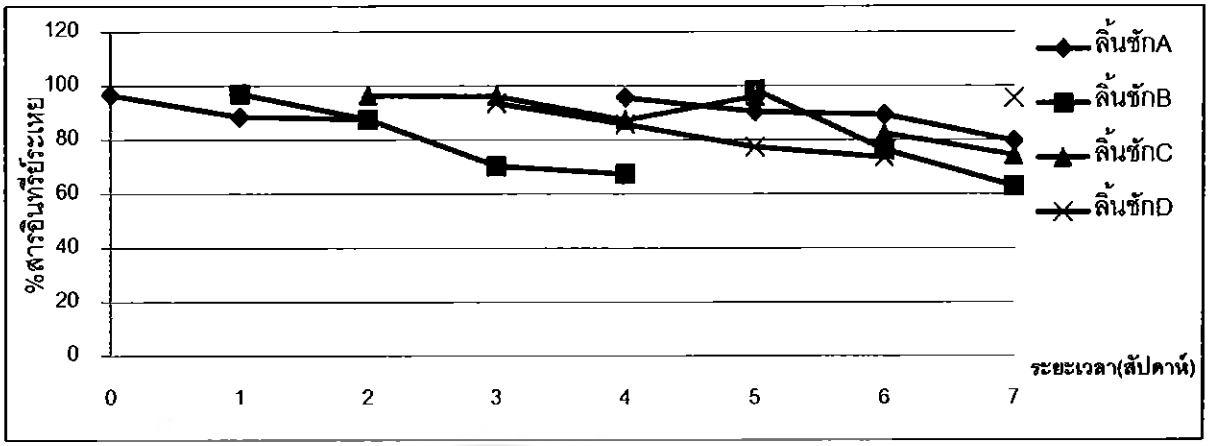
จากการทดลองพบว่าสัปดาห์แรกเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 95 หลังจากนั้นก็จะค่อยๆลดลงตามลำดับโดยค่าเฉลี่ยสุดท้ายอยู่ที่ร้อยละ 75

รูปที่ 4.4.6.1 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 1

รูปที่ 4.4.6.2 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไส้เดือน50ก.กล่องที่ 2



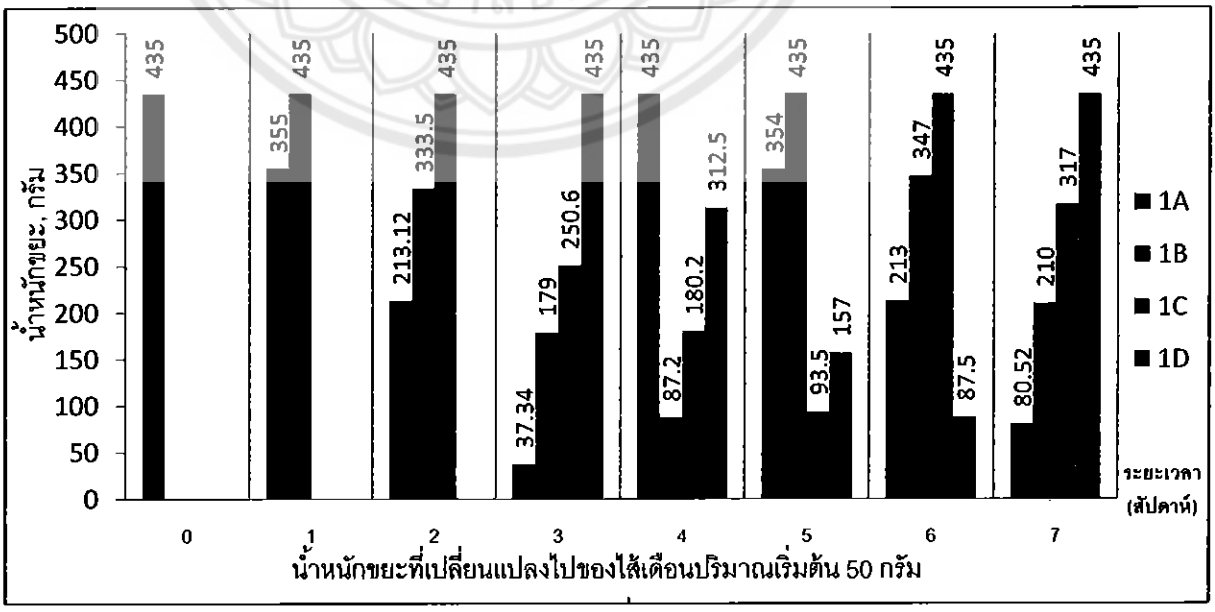
รูปที่ 4.4.6.3 สารอินทรีย์ระเหยได้ที่ไม่ใส่ไส้เดือนกล่องควบคุม



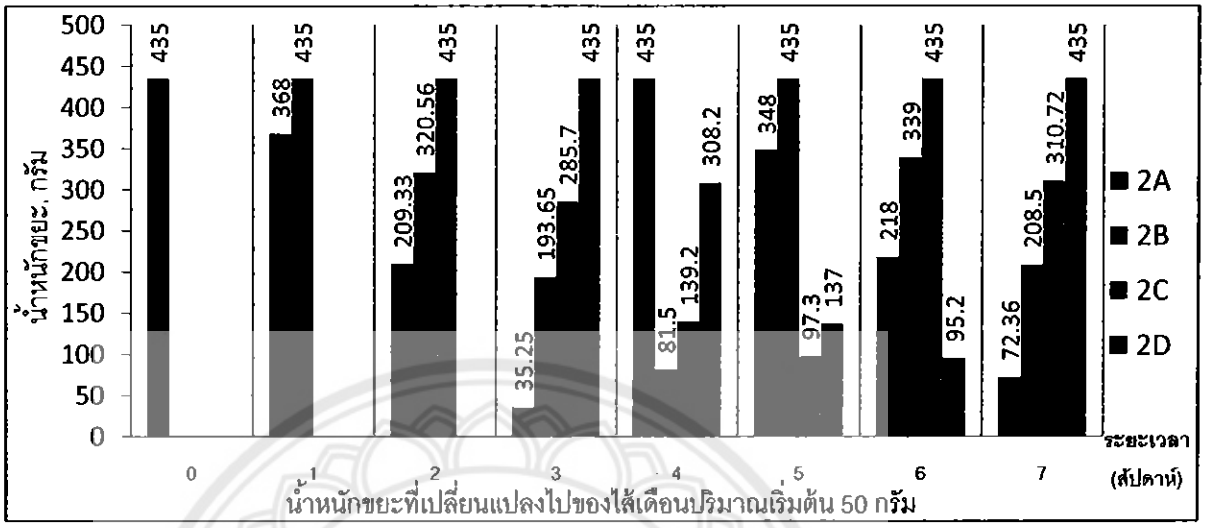
4.4.7 ปริมาณขยะเศษอาหาร

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณขยะมีการลดลงทุกสัปดาห์ซึ่งสัปดาห์แรกขยะเริ่มต้นอยู่ที่ 435 กรัม จากนั้นขยะจะค่อยๆลดลงตามลำดับซึ่งจะเห็นได้ว่าสัปดาห์ที่4อาหารหมดแล้วจะต้องมีการใส่อาหารใหม่เข้าไปในลิ้นชัก A ส่วนชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนจะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 4 ยังมีอาหารเหลืออยู่และทำการเอาอาหารที่เหลือทิ้งพร้อมกับใส่อาหารใหม่เข้าไปดังแสดงในกราฟ

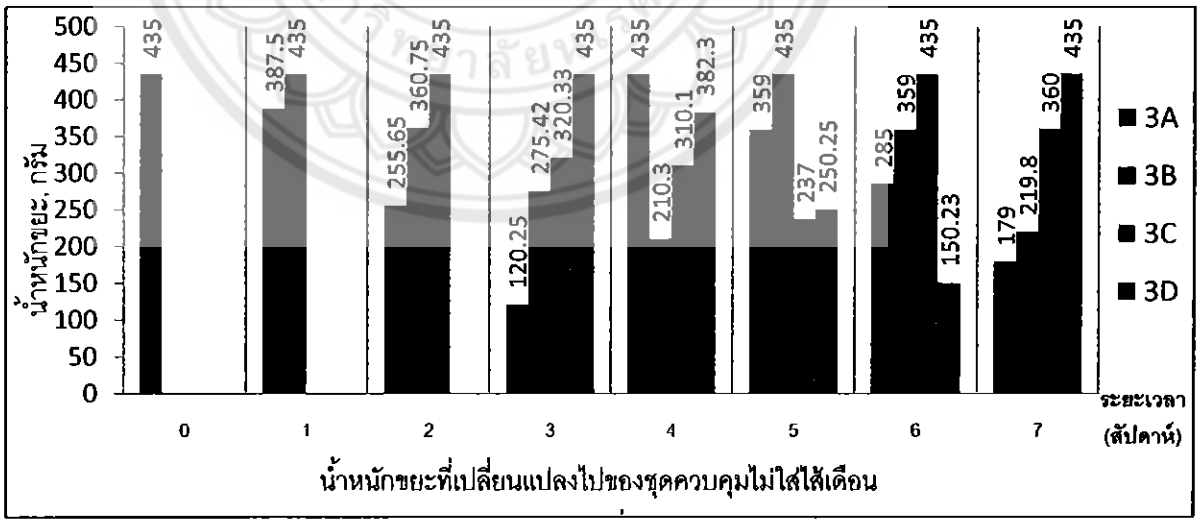
รูปที่ 4.4.7.1 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องที่ 1



รูปที่ 4.4.7.2 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องที่ 2



รูปที่ 4.4.7.3 กราฟแสดงปริมาณน้ำหนักขยะที่ลดลงของแต่ละสัปดาห์กล่องควบคุม



บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาการเลี้ยงไส้เดือนด้วยขยะเศษอาหารในตู้ลิ้นชักแบบต่อเนื่อง ซึ่งสามรถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 ผลการทดลองการเลี้ยงไส้เดือนด้วยขยะเศษอาหาร

ทำให้ทราบว่า ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* ที่นำมาใช้ในครั้งนี้จะกินขยะเศษอาหารอินทรีย์ที่ประกอบด้วย เศษอาหารทุกชนิดที่เหลือจากการกิน เป็นอาหาร และเนื่องจากการกินอาหารของไส้เดือนยังมีผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างการหมักแบบใส่ไส้เดือนและไม่ใส่ไส้เดือน โดยสามารถสรุปผลการศึกษาต่างๆได้ดังนี้

5.1.1 การเคลื่อนไหวไส้เดือนในตู้ลิ้นชัก

ผลการทดลองการหมักขยะโดยใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก. พบว่าไส้เดือนจะขึ้นไปกินอาหารในลิ้นชักCและB เป็นส่วนใหญ่ โดยที่ไส้เดือนจะขึ้นไปที่ลิ้นชัก BและC หลังจากทำการหมักไปแล้วสองสัปดาห์โดยเมื่อทำการวัดปริมาณไส้เดือนครั้งสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 พบว่ามีไส้เดือนอยู่ที่ลิ้นชัก A,B,C,D เท่ากับ 17.5,25.7,20.8 และ 7.5 กรัม ส่วนการทดลองซ้ำที่ใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก. พบว่ามีไส้เดือนอยู่ที่ลิ้นชัก A,B,C,D เท่ากับ17.65,24.7,20.8 และ6.75 กรัม ตามลำดับ

5.1.2 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือน

ผลการทดลองการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน 50 ก.และการทดลองซ้ำที่ใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก.พบว่าในลิ้นชัก A มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 4 ของการหมักพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนได้เริ่มคงที่ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากอาหารเริ่มหมด เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของไส้เดือนครั้งสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าทั้งสองการทดลองมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวในสิ้น A,B,Cและ D มีค่าเป็น 90.5 ,90.6,90.5,90.5และ 91.7 มก./ตัว

5.1.3อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน

ไส้เดือนมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น โดยที่ไส้เดือน 50ก.และชุดการทดลองซ้ำมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นน้ำหนักไส้เดือนจะเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากอาหารเริ่มหมด และเมื่อวัดน้ำหนักรวมในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าน้ำหนักไส้เดือน ที่ 50 ก. ทั้งสองการทดลองเท่ากับ 21.5และ 19.9ก. ตามลำดับ

5.1.4 องค์ประกอบคาร์บอน องค์ประกอบไนโตรเจน และค่าอัตราการอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

โดยเมื่อเริ่มต้นกระบวนการหมักค่าองค์ประกอบของคาร์บอนในขยะเฉลี่ยร้อยละ 53.2 ไนโตรเจนขยะเฉลี่ยร้อยละ 1.23 และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน(C/N)เฉลี่ย51.2 ตามลำดับโดยในสัปดาห์ที่ 1 การย่อยสลายเกิดจากแบคทีเรียและไม่เห็นผลเนื่องจากการกินอาหารของไส้เดือน และพบว่าองค์ประกอบคาร์บอนที่ลดลงตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลองเนื่องจากแบคทีเรียเปลี่ยนองค์ประกอบคาร์บอนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)ส่วนองค์ประกอบไนโตรเจนจะเห็นผลต่างระหว่างการหมักที่มีไส้เดือนและไม่มีไส้เดือนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 โดยการหมักที่มีไส้เดือนค่าองค์ประกอบไนโตรเจนที่วัดมีค่าต่ำเนื่องจากไส้เดือนกินอาหารจนเหลือแต่กระดาษ แต่ในการทดลองที่ไม่มีไส้เดือนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไนโตรเจนเกิดจากการที่มวลขยะลดลง และแบคทีเรียย่อยสลายคาร์บอนลดลงทำให้องค์ประกอบไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ประมาณสัปดาห์ที่ 3-4 ดังนั้นค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไป โดยค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองที่ไม่มีผลต่อเนื่องจากการกินของไส้เดือน พบว่า ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่า 26.17 ถือว่าเป็นค่าที่เกินมาตรฐานปุ๋ยหมักที่ดี 20:1 แต่สามารถนำไปใช้ในดินโดยไม่เป็นอันตราย

เมื่อวัดค่าครั้งสุดท้ายในชุดการทดลองทั้งสามพบว่าที่ผลการทดลองการหมักขยะโดยใช้ปริมาณไส้เดือน 50 ก. ของกล่องที่ 1 มีค่าองค์ประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน ในลิ้นชักA,B,Cและ D เท่ากับ145,25,26.5และ 48 ชุดการทดลองที่ 2 ลิ้นชัก A,B,CและDเท่ากับ 143,26,26.5 และ 48 ส่วนชุการทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนในลิ้นชัก A,B,CและDเท่ากับ 34,26,26.5,48 ตามลำดับ

5.1.5 องค์ประกอบฟอสฟอรัส

องค์ประกอบฟอสฟอรัสในดินพบว่ามีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ที่ร้อยละ 0.0952 และเมื่อวัดค่าในครั้งสุดท้ายพบว่าจะมีค่าในลิ้นชัก A,B,Cและ D ของกล่องที่ 1 เท่ากับ 0.1522,0.1548,0.1532 และ 0.1368 ตามลำดับและชุดการทดลองซ้ำกล่องที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.1517,0.554,0.1529,และ 0.1344 ตามลำดับในกลุ่มที่มีผลเนื่องจากการกินอาหารของไส้เดือน อาจเป็นผลจากการที่ไส้เดือนกินอาหารแล้วถ่ายมูลที่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสลงมาในดิน

ส่วนชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการใส่ไส้เดือนมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ0.1003 มีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น

5.1.6อุณหภูมิ

อุณหภูมิของการหมักของทุกชุดการทดลองจะสูงสุดที่ 28 ซ ในช่วงสัปดาห์แรกของการหมักและหลังจากนั้นอุณหภูมิก็จะเริ่มลดลงจนมีค่าเท่ากับ 25 ซ

5.1.7 pH

เมื่อเริ่มต้นในการหมักขยะ pH เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 และเมื่อกระบวนการหมักผ่านไปประมาณ 4อาสัปดาห์ pH จะมีสภาพเป็นกลางโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7.8 จนสิ้นสุดการทดลอง

ค่า pH ในดินเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเป็นเบสเล็กน้อยในช่วง 7.2 เมื่อวัดครั้งสุดท้ายในสัปดาห์ที่ 8 วัดค่า pH ได้เท่ากับ 6.8

5.1.8 ความชื้น

ในขยะเริ่มต้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 62 หลังจากนั้นความชื้นได้ลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 30ความชื้นในดินเริ่มต้นที่ประมาณร้อยละ 50 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 60 จากนั้นความชื้นในดินก็จะค่อยๆลดลง และเมื่อทำการวัดความชื้นในสัปดาห์ที่ 4 ของการหมักพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52.25จากนั้นค่าความชื้นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มคงที่ที่ ร้อยละ 70 หลังจากหมักไปแล้วสองเดือน และมีการควบคุมความชื้นไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 50

5.2 ข้อเสนอแนะ

2.1 จากการทดลองพบว่าไส้เดือนจะกินอาหารหลังจากหมักไปแล้ว 1 สัปดาห์ในการทดลองครั้งต่อไปอาจจะมีการใส่อาหารทุกๆ 1สัปดาห์

2.2 ควรมีการช่างน้ำหนักแห้งของขยะเพื่อทำ mass balance

2.3 ควรมีการชั่งน้ำหนักแห้งของไส้เดือน และวัดค่าแร่ธาตุในไส้เดือนเพื่อทำ mass balance

2.4 ควรมีการวัดค่าอัตราการกินอาหารของไส้เดือน(กก.อาหาร/กก.ไส้เดือน/วัน)

บรรณานุกรม

บุญสม เกษแก้ว แลพลศักดิ์ บุปพไชย (2543). รายงานโครงการ การออกแบบระบบหมักทำปุ๋ยขนาดเล็ก. ขอนแก่น:มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บุษพรรณ.(2527).เวอมอมโพสติ้ง.วารสารข่าวช่าง,12(141),85-88.

ปริศนา จริยวิทยาวัฒน์,และคณะ(2533). การเพาะลี้ยงไส้เดือน (Pheretima spp.)เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

องอาจเอี่ยมสำอางค์.(2542) การใช้การอัดอากาศในการหมักทำปุ๋ยจากเศษพืชผัก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟิลลิป จูเลี่ยน. (2542). ศักยภาพการใช้ไส้เดือนเพื่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุในฟาร์มขนาดเล็กสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่.โรงพิมพ์สันติภาพ.

การทำปุ๋ยหมักจากขยะชุมชนในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก เพื่อนำไปพัฒนาเชิงพาณิชย์ พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อาณัฐ ดันโช.(2543). การทำปุ๋ยหมักจากขยะโดยใช้ไส้เดือน. เชียงใหม่ : คณะผลิตกรรมการ เกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อัมพร วัฒนชัยเสรีกุล (2545). การผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนดิน.เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Edwards,C.A. (1997).Earthowms in Organic Waste Mangement.In

http://www.northernstudy.org/web54/index2.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=67

www.enviroJink.org/pubs/inbox.html

Edwards, C.A.,Dominguez,J.Neuhause,E.F.(1998).The potential use *of Perionyx excavates* (perr.) (Megascolecidae) in organic waste management. USA.

http://77.nationchannel.com/video/85460/

ภาคผนวก

ตาราง 1 ความชื้นกล่อง1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	60			
1	57.5	55		
2	40	55	70.87	
3	30.25	48.1	62.5	72.5
4	61.2	30.25	50.23	60.2
5	54	62.5	30.55	42.525
6	45.2	48.3	62.7	30.32
7	30.2	41.7	52.5	60.95

ตาราง 2 ความชื้นกล่อง2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	62.5			
1	57.5	72.375		
2	45.75	57.5	60	
3	40	52.5	52.9	60.25
4	62.3	32.25	47.25	55.2
5	52	62.25	40.15	42.925
6	45.96	50.23	60.72	30.2
7	30.96	40.23	50.12	63.42

ตาราง 3 ความชื้นกล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	62.5			
1	58.5	54		
2	40	52.5	62	
3	30.25	49.5	57.5	65.5
4	60.25	33.5	54.3	65.2
5	53.42	60.92	40.305	40.35
6	47.6	50.92	63.32	35.42
7	39.72	42.5	52.4	63.42

ตาราง 4 pHกล่อง1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	4.75			
1	5.36	4.75		
2	7.35	5.66	4.75	
3	7.95	6.88	5.93	4.6
4	4.23	6.99	6.58	5.75
5	5.85	4.56	7.56	7.58
6	6.78	5.83	4.37	7.89
7	7.32	6.93	5.97	4.38

ตาราง 5 pHกล่อง2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	4.36			
1	5.42	4.33		
2	7.35	5.92	4.78	
3	7.59	6.85	5.47	4.44
4	4.29	7.82	6.75	5.66
5	5.46	4.63	7.68	7.61
6	6.96	5.82	4.42	7.85
7	7.42	6.93	5.67	4.95

ตาราง 6 pHกล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	4.5			
1	5.47	4.92		
2	6.88	5.43	4.82	
3	7.32	6.84	5.95	4.56
4	4.37	7.52	6.77	5.85
5	5.93	4.92	7.09	7.5
6	6.87	5.86	4.36	7.92
7	7.92	6.93	5.79	4.37

ตาราง 7 อุณหภูมิกล่อง 1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	26			
1	27	26		
2	27	26	26	
3	26	26	27	26
4	26	27	27	27
5	27	26	26	27
6	26	27	25	26
7	26	27	26	26

ตาราง 8 อุณหภูมิกล่อง 2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	26			
1	26	26		
2	28	27	26	
3	27	27	27	27
4	25	28	28	28
5	26	25	27	28
6	27	26	26	27
7	26	27	26	25

ตาราง 9 อุณหภูมิกล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	27			
1	27	27		
2	28	28	27	
3	26	26	28	26
4	26	26	27	27
5	28	26	27	27
6	25	27	26	26
7	25	26	27	26

ตาราง 10 C/N กล่อง 1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	52.1			
1	26.4	49		
2	35	26.8	49.4	
3	141	23.2	26	48.8
4	52.4	26.9	31	26.3
5	27.2	48.3	23	31.2
6	35.8	24	48	23
7	145	25	26.5	48

ตาราง 11 C/N กล่อง 2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	52			
1	26.4	49.2		
2	35	26.8	49.3	
3	141	24	26	48.8
4	53	26	31	27
5	28	48.3	22	31.2
6	35.8	25	48	23
7	143	26	26.5	48

ตาราง 12 C/N กล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	52			
1	27	49.2		
2	33	26.8	49.3	
3	29	32	27	48.8
4	53	27	31	26
5	28	48.3	28	31.2
6	35.8	25	48	28.3
7	34	26	26.5	48

ตาราง 13 O.C กล่อง 1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	55			
1	54	54.3		
2	52	53.2	53	
3	50	52	52	53.2
4	54	49.8	50	52
5	53	55	48	50.3
6	52	53.9	53	48.1
7	50.3	52	51.8	54

ตาราง 14 O.C กล่อง 2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	55.5			
1	54.6	54.3		
2	52	53.2	54	
3	50.2	52	52	53.2
4	55	48.5	50	52
5	54	54.8	48	50.3
6	51.8	53.9	54.3	48.1
7	50.3	52.2	51.8	54

ตาราง 15 O.C กล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	55.2			
1	54	54.7		
2	52	53.2	54	
3	50.2	52	52.7	54
4	55	49	50	52
5	54	54	48.5	50.3
6	52	53	54.3	48.1
7	51	52.2	52	54.6

ตาราง 16 TN กล่อง 1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	1.3			
1	1.9	1.25		
2	1.1	1.9	1.2	
3	0.4	2	2.5	1.1
4	1.2	1.1	2.35	2
5	1.8	1.25	2	2.34
6	1.125	1.9	1.25	2.33
7	0.5	2	2.5	1.2

ตาราง 17 TN กล่อง 2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	1.2			
1	1.9	1.2		
3	1.1	1.9	1.24	
4	0.5	2	2.5	1.1
5	1.25	1.1	2.35	2
6	1.9	1.25	2	2.34
7	1.125	1.85	1.25	2.32
8	0.45	2	2.5	1.22

ตาราง 18 TN กล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	1.2			
1	2.1	1.2		
2	2.1	1.9	1.24	
3	1.8	2.1	2.5	1.1
4	1.25	1.9	2.35	2
5	1.9	1.25	1.9	2.34
6	2	1.85	1.25	1.8
7	1.8	2	2.5	1.22

ตาราง 19 ของแข็งระเหยกล่อง 1

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	92.5			
1	89.95	97.9		
2	80.77	95	96.54	
3	65	90.75	90.85	90.85
4	90.25	81.775	81.75	89.23
5	87.32	93.2	79.5	87.95
6	82.56	87.92	97.5	75.7
7	87.65	80.91	90.35	97.5

ตาราง 20 ของแข็งระเหยกล่อง 2

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	95.625			
1	95	97.5		
2	90	95	97.375	
3	66.6	93.425	95	91.2
4	92.2	83.25	93	95.6
5	87.5	95.5	74.275	86.53
6	82.53	90.26	95.43	75.53
7	75.23	83.72	81.56	92.72

ตาราง 21 ของแข็งระเหยกล่องควบคุม

สัปดาห์	ลิ้นชักA	ลิ้นชักB	ลิ้นชักC	ลิ้นชักD
0	96.5			
1	88.4	97		
2	87.5	87.5	96.35	
3	70.25	70.25	96.075	93.5
4	95.6	67.32	87.27	85.67
5	90.35	98.4	96.075	77.23
6	89.26	76.32	82.36	73.5
7	79.56	62.83	74.32	95.42

ตาราง 22 แสดงการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือน กล่อง 1

สัปดาห์	2A	2B	2C	2D
0	50			
1	58.4			
2	51.8	11		
3	50	13.84	1.2	
4	22.2	24.8	12.2	6
5	22.42	24.522	12.331	6.09
6	17.65	23.7	19.8	5.6
7	18.6	24.7	20.8	4.6
8	17.65	24.7	20.8	6.75

ตาราง 23แสดงการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือน กล่อง 2

สัปดาห์	1A	1B	1C	1D
0	50			
1	60			
2	53.4	12.1		
3	47.6	17.64	1	
4	17.6	25.9	13.5	9.5
5	16.648	26.375	13.747	10.129
6	17	24.5	20.5	5.45
7	18.6	23.7	21.8	5.6
8	17.5	25.7	20.8	7.5

ตาราง 24 แสดงน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไส้เดือนในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	กล่อง1	กล่อง2
0	0	0
1	10	8.4
2	15.5	12.8
3	16.24	15.04
4	16.5	15.2
5	16.899	15.363
6	17.45	16.75
7	19.9	18.7
8	21.5	19.9

ตาราง 25 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน,มก./วัน

สัปดาห์	กล่อง1	กล่อง2
0	0	0
1	142.587	120
2	110.714	91.42
3	77.33	71.61
4	58.928	54.285
5	48.282	43.894
6	41.547	38.163
7	40.612	36.734
8	38.392	35.535

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ นางสาวเวียงคำ แซ่ว้าง

ภูมิลำเนา 211/1 บ้านถ้ำเวียงแก ตำบลนาไร่หลวง อำเภอสองแคว จ.น่าน 55160

ประวัติการศึกษา -จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนไตรเขตประชาสามัคคี รัชมังคลาภิเษก จังหวัดน่าน

-ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: rin-envi@hotmail.com

ชื่อ-สกุล นางสาวกนกวรรณ กรรณิการ์

ภูมิลำเนา 159/1 ม.11 ต.ปากน้ำ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย 64110

ประวัติการศึกษา -จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนศรีนคร จ.สุโขทัย

-ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: plaza-indy-985@hotmail.com