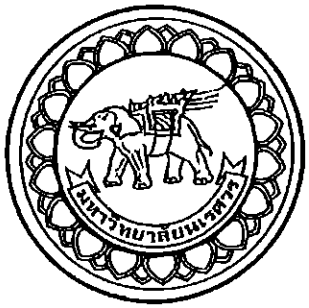


การเปรียบเทียบการใช้ ขี้เลื่อย กระดาษ reuse และเศษใบไม้ เป็น Bulking agent สำหรับการหมักขยะเศษอาหาร โดยไส้เดือน(*Perionyx excavatus*)

COMPARISION OF USING A SAWDUST REUSEPAPER AND MIXEDLEAT AS BULKING AGENT FOR VERMICOMPOSTING BY *Perionyx excavatus*

นายฐาปกรณ์ กระจ่างลิขิต รหัส 51385144
นางสาวศิรินภา วงค์ใหม่ รหัส 51385212

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 16092959
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส311 ร 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การเปรียบเทียบการใช้ ขี้เลื่อย กระดาษ reuse และเศษใบไม้เป็น Bulking agent สำหรับการหมักขยะเศษอาหารโดยไส้เดือน *(Perionyx excavatus)*

ผู้ดำเนินโครงงาน นายฐาปกรณ์ กระจ่างลิขิต รหัส 51385144
นางสาวศิรินภา วงค์ใหม่ รหัส 51385212

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)

ชื่อเรื่อง	: การเปรียบเทียบการใช้ ขี้เลื่อย, กระดาษreuse และเศษใบไม้เป็น Bulking agent สำหรับการหมักขยะเศษอาหารโดยไส้เดือนสายพันธ์ (*Perionyx excavatus*)
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายฐาปกรณ์ กระจ่างลิขิต, นางสาวศิรินภา วงค์ใหม่
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผศ.ดร. ดลเดช ตั้งตระการพงษ์
วิชาเอก	: วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 2554

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหา Bulking agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* ในการทดลองใช้ปริมาณขยะเศษอาหาร 333.333 กรัม และปริมาณไส้เดือน 50 กรัม เท่ากันทุกการทดลอง โดยจะใช้ปริมาณขยะเศษอาหารต่อ bulking agent เท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนัก ทำการทดลองในกล่องปฏิกิริยาทรงสี่เหลี่ยม โดยการทดลองนี้จะควบคุมความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 2 เดือน โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาได้แก่ bulking agent ที่แตกต่างกัน คือ ขี้เลื่อย เศษใบไม้ กระดาษ re-use และใช้การทดลองไม่ใช้ bulking agent เป็นการทดลองควบคุม ศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่ น้ำหนักขยะเศษอาหาร อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการผลิตของไส้เดือน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะเศษอาหาร

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายพบว่า ภายใน 4 สัปดาห์ของการทดลองควบคุมขยะเศษอาหาร และที่ใส่ bulking agent ชนิดกระดาษreuse สามารถลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้หมดและรวดเร็วที่สุดรองลงมาคือ ขี้เลื่อย และใบไม้ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6 และ 7สัปดาห์ ตามลำดับ ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไส้เดือนพบว่า ขยะเศษอาหาร bulking agent เป็นกระดาษreuse และของการทดลองควบคุม มีค่าเท่ากันและมากที่สุด รองลงมาคือขี้เลื่อยและใบไม้ตามลำดับ

ผลการศึกษาปริมาณการผลิตไส้เดือนพบว่า ขยะเศษอาหารของการทดลองควบคุม สามารถผลิตไส้เดือนได้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ใส่ขี้เลื่อย กระดาษreuse และใบไม้ตามลำดับ

ผลการศึกษาการลดปริมาณของแข็งระเหยได้พบว่า เมื่อระยะเวลาเท่ากันขยะเศษอาหารชนิดที่ ใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuse สามารถลดปริมาณของแข็งระเหยได้ ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ขี้เลื่อย, เศษใบไม้ และการทดลองควบคุม ตามลำดับ

ผลการศึกษาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า เมื่อระยะเวลาเท่ากันขยะเศษอาหารชนิดที่ใส่ bulking agent เป็น กระดาษreuse สามารถลดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนได้มากที่สุด รองลงมาคือ การทดลองควบคุม,ใบไม้, และขี้เลื่อย ตามลำดับ

ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินรองพื้นมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากเดิมซึ่งสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในขยะเศษอาหารที่ลดลง เหตุผลดังกล่าวเกิดจาก การที่ไส้เดือนกินอาหารที่มีธาตุอาหารเข้าไปและขับถ่ายมูล ลงสู่ดินรองพื้นทำหาตูอาหารไปสะสมในดิน ในขณะที่การทดลองควบคุมปริมาณธาตุอาหารในดินรองพื้นไม่เปลี่ยนแปลง

สรุปเมื่อเปรียบเทียบ การทดลองควบคุม และ การใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuseจะเห็นว่ามีข้อดี ใกล้เคียงกัน แต่การที่ใส่ bulking agent จะลดกลิ่นที่ออกจากกองหมักขยะได้ เนื่องจาก bulking agent จะช่วยระบายอากาศได้ ทำให้ไม่เกิดสภาวะไร้อากาศ ดังนั้น bulking agent ที่เหมาะสมที่สุดในการหมักขยะเศษอาหาร ในการทดลองครั้งนี้ คือ กระดาษreuse

Project title COMPARISION OF USING A SAWDUST REUSEPAPER AND MIXEDLEAT AS BULKING AGENT FOR VERMICOMPOSTING BY *Perionyx excavatus*

Name Mr. Tapakorn Krajanglikid ID. 51381429

Mrs.Sirinapa Wongmai ID. 51385120

Major Adviser Ph.Dr. Dondej Tungtrakanpong

Major Environmental Engineering Departmen Civil Engineering

Naresuan University 2011

Abstract

This project emphasized in determination of a optimum bulking agent for organic waste composting by earthworm (Perionyx excavates). Organic waste of 333.333 g. and earthworm of 50 g. was used in all experiments, while the ratio between organic waste : bulking agent was 4:1 by weight. Experiment was carried in rectangular-reaction box which controlled moisture over than 50% for 2 months. Factor studying was bulking agent as follow; sawdust, leave and reused paper, in which experiment with no-bulking agent was acted as a control. Parameters monitoring were organic waste weight, earthworm growth rate, earthworm amount and changing of organic waste's physical and chemical characters.

Comparison on composting showed that experiment using only organic waste as a control and that used reused paper as bulking agent could rapidly reduce organic waste amount in 4 weeks, while other experiments that used sawdust and leave showed 6 and 7 weeks in reducing, respectively.

Evaluation on earthworm growth, organic waste with reused paper enhanced the most earthworm's growth rate which equaled to a control but over than that of sawdust and leave.

Study on earthworm production, a control experiment could produce the most earthworm and was more than that of using sawdust, reused paper and leave as a bulking agent, respectively.

When time fixing in study on volatile solid reduction, organic waste combined with a reused paper as a bulking agent showed the most decreasing in volatile solid which was more than that of using sawdustand leave, and a control, respectively.

Investigation on C:N ratio, organic waste combined with a reused paper as a bulking agent showed the most decreasing in C:N ratio which was more than that of a control and experiments using sawdustand leave, respectively.

Mineral quantity in soil increased as decreasing of mineral quantity in organic waste. That because of earthworm composted organic waste via consumption and released their dung to soil, while a control didn't show mineral quantity's changing.

In conclusion, a control had a same advantage to a using of reused paper as bulking agent. But the following could decrease a bad smell from organic waste because of its air ventilate property that protected anaerobic condition. So the optimum bulking agent in organic waste composting was reused paper.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณในความกรุณาของ ดร.ดลเดช ตั้งตระการพงษ์ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาให้คำแนะนำทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง และไตร่ถามความก้าวหน้ามาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำรู้สึกสำนึกในความกรุณาและขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์ และ ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่งจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณ บูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสาทความรู้และขอขอบพระคุณ คุณวิชญา อิ่มกระจ่าง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ตลอดจนเจ้าหน้าที่วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆและประสานงานเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายคณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณ คุณพ่อนุวัฒน์ คุณแม่กุหลาบ กระจ่างลิขิต และ คุณพ่อล้วน คุณแม่มาลี วงค์ใหม่ เพื่อนๆพี่ๆทุกคนที่ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... ก

สารบัญตาราง ..... ง

สารบัญรูป ..... จ

บทที่1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน 2

1.4 สถานที่ดำเนินงานวิจัย 2

1.4.1 ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร 2

1.4.2 ห้องปฏิบัติการโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร 2

1.4.3 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2

1.5 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 4

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ประเภทของขยะมูลฝอย 3 ประเภทใหญ่ 4

2.1.1 มูลฝอยเปียก 4

2.1.2 มูลฝอยแห้ง 4

2.1.3 ขยะมูลฝอยอันตราย 4

2.2 การจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยที่ใช้กันอยู่ มีวิธีต่าง ๆ ดังนี้ 4

2.2.1 การนำขยะไปหมักทำปุ๋ย (Composting method) 4

2.2.2 การนำขยะไปเทกองกลางแจ้ง (การนำขยะไปทิ้งไว้ตามธรรมชาติ Open Dump) 6

2.2.3 การเผาด้วยความร้อนสูง 7

2.2.4 การเผา (Incineration) 7

2.2.5 การฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยหรือถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) 9

2.3 บทบาทของไส้เดือนดินต่อการกำจัดขยะอินทรีย์ 13

2.4 ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 13

2.5 การทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ (AEROBICS COMPOST) 14
2.6 BULKING AGENT 15
2.7 ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำปุ๋ยหมัก 16
2.7.1 การทำปุ๋ยหมักให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ 16
2.7.2 การจำแนกสายพันธุ์ไส้เดือนดิน 18
2.7.3 ทั่วไปของไส้เดือนดิน 19
2.7.4 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน 19
2.7.5 ระบบนิเวศ การแพร่กระจายพันธุ์ และพฤติกรรมของไส้เดือนดิน 20
2.8 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดิน 21
2.9 ปัญหาที่เกิดระหว่างการทำปุ๋ยหมัก 21
บทที่3 23
การดำเนินงานวิจัย 23
3.1 สถานที่ทำการทดลอง 23
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทลอง 23
3.2.1 การเตรียมขยะเศษอาหาร 23
3.2.2 การเตรียมไส้เดือน 23
3.2.3 การเตรียมวัสดุรองพื้น 24
3.2.4 การเตรียม Bulking Agent 25
3.2.5 การเตรียม ถังปฏิกิริยา 25
3.3 แผนการทดลอง 26
3.4 วิธีการทดลอง 26
3.5 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ 26
3.5.1 ไส้เดือน 26
3.5.2 ขยะเศษอาหาร 26
3.5.3 ดิน (วัสดุรองพื้น) 27
3.6 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ 27
3.6.1 ความชื้น (Moisture content) 27
3.6.2 ไนโตรเจนทั้งหมด (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529) 27
3.6.3 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529) 28
3.6.4 พีเอช (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529) 29
3.6.5 ของแข็งระเหยได้(VS) (อุษา วิเศษสุมน,2537) 29

3.6.6 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Nelson D.W. and L. E Sommers. ,1982)..... 29
3.6.7 อัตราการเจริญเติบโต สามารถคำนวณได้จากสูตร..... 30
3.6.8 ปริมาณการผลิตไส้เดือน สามารถคำนวณได้จากสูตร..... 30
บทที่4..... 31
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 31
บทที่ 5..... 40
สรุปผลการทดลอง..... 40
สรุปผลการทดลอง..... 40
ข้อเสนอแนะ..... 41
บรรณานุกรม..... 42
ภาคผนวก..... 43
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน..... 53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. 1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 4.1อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด 33

ตารางที่ 4.2 อัตราการผลิตไส้เดือนสูงสุด 33

ตารางที่ 4.3 ธาตุอาหารในดินรองพื้น 39

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 ขยะเศษอาหาร 23

รูปที่ 3.2 ไส้เดือน 23

รูปที่ 3.3 วัสดุรองพื้น 24

รูปที่ 3.4 Bulking agent 25

รูปที่ 3.5 ถังปฏิกิริยา 25

รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะอินทรีย์สังเคราะห์ 31

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไส้เดือน 32

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น 34

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ 35

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช 35

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งระเหยได้ 36

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน 37

รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน 37

รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 38

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความเป็นมา

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการขยายตัวของชุมชน ทำให้มีความต้องการอุปโภคบริโภค ซึ่งความต้องการดังกล่าวทำให้เกิดขยะมูลฝอยตามมา และขยะมูลฝอยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ถึง 64 % ซึ่งสารอินทรีย์ดังกล่าวจะเป็นพวก เศษอาหาร เป็นส่วนใหญ่

ในปัจจุบัน มีสถานที่หลายแห่ง ให้ความสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอย โดยให้มีการจัดแยกขยะก่อนทิ้ง และช่วยทำให้การจัดการขยะมูลฝอยนั้นกระทำได้ง่ายขึ้น และขยะเศษอาหารดังกล่าวสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ ซึ่งรูปแบบการหมักขยะโดยทั่วไปมักเป็นการหมักแบบกองกลางแจ้ง (Windrow system) และแบบ (Static pileaystem) ซึ่งต้องจัดหาสถานที่ที่มีบริเวณกว้าง และหากไม่มีการวัดสถานที่ดีแล้ว จะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น และการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

นอกจากนี้การนำเอาไส้เดือนมาช่วยย่อยสลายขยะเศษอาหาร (vermin composting) ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการย่อยสลายขยะที่มีส่วนประกอบ เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากกระบวนการหมักขยะของไส้เดือนเกิดจากการที่ไส้เดือนกินขยะเศษอาหารเข้าไป แล้วขับถ่ายเป็นมูล(Costing)ออกมา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับดินมีสีดำเข้มเป็นเม็ด เหมาะที่จะนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงดิน เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารค่อนข้างสูง(อิมพร วัฒนชัยเสริกุล ,2542) จากการทดลองหรือวิจัยที่ผ่านๆมาได้ใช้ Bulking Agent เป็นขี้เลื่อยคลุกผสมกับขยะเศษอาหาร ซึ่งพบว่าสามารถหมักขยะร่วมกับไส้เดือนได้เป็นอย่างดีอย่างไรก็ตามพบว่าปัจจุบันขี้เลื่อยหายาก และมีราคาแพง ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ทดลองใช้ bulking agent ชนิดอื่นที่มีราคาถูกและเป็นวัสดุเหลือทิ้งได้แก่ เศษใบไม้ กระดาษreuse และขี้เลื่อย

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้ศึกษาและเปรียบเทียบ Bulking Agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหาร โดยใช้ไส้เดือนซึ่งนำมาจากฟาร์มไส้เดือนแห่งหนึ่ง ในชุมชนบรมไตรโลกนารถ 21 อ.เมือง จ.พิษณุโลก ทำการวิเคราะห์โดย ใช้ Bulking Agent 3 ชนิดคือ กระดาษRe-use, เศษใบไม้ และขี้เลื่อย โดยมีการทดลองไม่ใส่ Bulking Agent เป็นตัวควบคุม เพื่อหา Bulking Agent ที่เหมาะสมแก่การหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะ Bulking Agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหาร ที่ทำให้ไส้เดือนเจริญเติบโตได้ดี และมีอัตราการย่อยสลายขยะเศษอาหารโดยไส้เดือนเป็นไปอย่างรวดเร็ว

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

วิเคราะห์และเก็บข้อมูลของลักษณะ Bulking Agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน (Perionyx excavatus) ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยมีพารามิเตอร์ คือ ลักษณะของ Bulking Agent แต่ละชนิดคือ เศษใบไม้, กระดาษre-used), ขี้เลื่อยและไม่ใส่ Bulking Agent เป็นตัวควบคุมศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แบบจำลองจำนวน 4 กล่อง โดยดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2554 - กุมภาพันธ์ 2554

1.4 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.2 ห้องปฏิบัติการโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.3 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

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	ศึกษาวิธีการเลี้ยงไส้เดือน และ การหมักขยะและศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับ Bulking Agent	←	→						
2	วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไข โดยการวางแผนและปรับปรุงวิธีการเลี้ยงไส้เดือน		←	→					
3	ทดลองเลี้ยงไส้เดือนเบื้องต้น และ หาความรู้เพิ่มเติม			←	→	→			
4	ปฏิบัติการจริง เริ่มเลี้ยงไส้เดือนและบันทึกผล						←	→	
5	วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำรายงาน							←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของขยะมูลฝอย 3 ประเภทใหญ่

2.1.1 มูลฝอยเปียก

ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษพืชผัก เปลือกผลไม้ อินทรียวัตถุที่สามารถย่อยสลายเน่าเปื่อยง่าย มีความชื้นสูง และส่งกลิ่นเหม็นได้รวดเร็ว

2.1.2 มูลฝอยแห้ง

ได้แก่ พวกเศษกระดาษ เศษผ้า แก้ว โลหะ ไม้ พลาสติก ยาง ฯลฯ ขยะมูลฝอย ชนิดนี้จะมีทั้งที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ ขยะแห้ง เป็นขยะมูลฝอยที่สามารถเลือกวัสดุที่ยังมีประโยชน์กลับมาใช้ได้อีก โดยการทำคัดแยกมูลฝอยก่อนนำทิ้งซึ่งจะช่วยให้สามารถลดปริมาณมูลฝอยที่จะต้องนำไปทำลายลงได้ และถ้านำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้นี้ไปขายก็จะทำรายได้กลับคืนมา

2.1.3 ขยะมูลฝอยอันตราย

ได้แก่ ของเสียที่เป็นพิษ มีฤทธิ์กัดกร่อนและระเบิดได้ง่าย ต้องใช้กรรมวิธีในการทำลายเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีอันตราย เช่น สารฆ่าแมลง ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ รถยนต์ หลอดไฟ สเปรย์ฉีดผม ฯลฯ

2.2 การจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยที่ใช้กันอยู่ มีวิธีต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 การนำขยะไปหมักทำปุ๋ย (Composting method)

โดยแยกขยะอันตราย ขยะติดเชื้อออกไปกำจัดเป็นพิเศษเสียก่อน ส่วนขยะพวกสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย พวกผักผลไม้ไม่ต้องการ เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเปื่อย สามารถนำขยะที่ผ่านการย่อยสลายนั้นมาใส่ปรับปรุงคุณภาพดินได้ นำขยะไปทำเป็นปุ๋ยสำหรับใช้บำรุงดินเพื่อการเกษตรการย่อยสลายตามกระบวนการธรรมชาติ (Composting) เป็นการนำขยะประเภทอินทรีย์วัตถุไปรวมกันไว้ แล้วปล่อยให้ขยะถูกย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติหรือโดยวิธีช่วยกระตุ้นให้ขยะถูกย่อยสลายเร็วขึ้น การกำจัดขยะโดยวิธีนี้ใช้กันทั่วไปในยุโรปและเอเชีย ในประเทศไทยเองโดยเฉพาะกรุงเทพมหานครก็ใช้วิธีนี้คือ การนำขยะไปรวมกันไว้ในแหล่งรวมขยะ เช่นที่ รามอินทรา แขวงท่าแร้ง หนองแขม และซอยอ่อนนุช จนขยะเหล่านั้นเปลี่ยนสภาพไป นอกจากนี้กรุงเทพมหานครยังใช้หลักการกำจัดขยะดังกล่าว โดยการนำขยะประเภทอินทรีย์วัตถุไปผลิตเป็นปุ๋ยจำหน่ายแก่ประชากรทั่วไป การกำจัดขยะโดยวิธีนี้ จะมีปัญหาอยู่ที่การแยกขยะประเภทอินทรีย์วัตถุ

ออกมาจากขยะประเภทอื่น ๆ บริเวณที่รวมขยะอาจไม่อยู่ห่างไกลจากชุมชนและขยะที่นำมากองรวมไว้ในปริมาณมากจะส่งกลิ่นเหม็น ทำให้แหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียงเน่าเสีย เกิดทัศนียภาพที่ไม่น่าดู และจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดขยะเป็นบริเวณกว้าง ขยะประเภทอินทรีย์สารที่สามารถย่อยสลายได้ที่นำไปรวมกันไว้ จะอาศัยกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ให้กลายเป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างคงรูป ที่เรียกว่า " ปุ๋ย " มีสีเทา หรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ ไม่มีกลิ่น กากที่เหลือจากการย่อยสลายจะมีลักษณะคล้ายดินร่วม มีความร่วนซุยสูง มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำได้ดี ดูดซึมน้ำได้ดี แลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้ากับผิวดินได้ดีเท่ากับดินเหนียว จึงเหมาะที่จะนำปุ๋ยนี้ไปใช้ในการปรับสภาพดิน แม้ดินทรายเมื่อนำปุ๋ยนี้ไปใส่ จะทำให้อุ้มน้ำได้ดีขึ้น หรือใช้กับดินเหนียวจะทำให้ดินร่วนซุยขึ้น และยังสามารถนำไปเป็นอาหารของพืชเพื่อบำรุงต้นไม้ได้ดี มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ไม่ทำให้ดินเป็นกรดหรือด่าง ขยะที่เก็บมากองรวมกันไว้นั้น มักจะมีอินทรีย์วัตถุปนอยู่ไม่น้อย ซึ่งขยะประเภทนี้เป็นอาหารของ จุลินทรีย์ในธรรมชาติ จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์สารด้วยจุลินทรีย์ ซึ่งมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ คือ Aerobic organisms ซึ่งมีความร้อนเกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ อันเป็นความร้อนเกิดจากการสลายตัวของขยะ สูงถึง 65oC เมื่อทำการหมักในเวลานาน ก็จะทำให้เชื้อโรคและพยาธิถูกทำลายไปได้ กับอีกกลุ่มคือ Anaerobic organisms ก็มีความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา แม้จะไม่สูงมากนัก แต่เชื้อจุลินทรีย์และพยาธิต่าง ๆ ก็จะตายได้เหมือนกัน ความร้อนนำไปใช้เป็นพลังงานได้ การหมักด้วย Aerobic process จะต้องปรับปรุงสภาวะของขยะให้เหมาะสมก่อนหมัก เช่น ขนาดของขยะไม่ควรโตกว่า 5 ซม. ความชื้น 40 – 65 % ต้องพยายามคัดแยกวัตถุพวกที่ไม่ย่อยสลายออกให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ถังหมักจะต้องมีช่องให้อากาศผ่านได้ โดยอาจจะต้องใช้เครื่องเป่าอากาศช่วย พร้อมทั้งจะต้องมีการกลับขยะให้สัมผัสอากาศอยู่เสมอ จึงจะย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้หมักประมาณ 5 – 20 วัน แต่การหมักด้วย Anaerobic Process ไม่ต้องใช้อากาศช่วย จึงหมักได้ในถังปิดหรือในหลุมดิน ความชื้นควรสูงเกินกว่า 70oC ขึ้นไป ถ้าใช้ถังปิดจะต้องมีท่อระบายก๊าซออก ขยะจากกสิกรรมและพวกมูลสัตว์ จะได้พวกก๊าซชีวภาพ (Bio – gas) ซึ่งมีปริมาณมีเทน (CH4) ปะปนอยู่ 40 – 70 % โดยปริมาตรทำให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม แสงสว่าง ตู้เย็น เครื่องยนต์ เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้ CH4 + 2O2 ? 2H2O + CO2 + Heat

2.2.1.1 ข้อดี ของการกำจัดขยะมูลฝอยแบบหมักทำปุ๋ย

ก. ได้ปุ๋ย ไปใช้

ข. ตั้งโรงงานกำจัดในเขตชุมชนได้ ถ้าหากมีมาตรการป้องกันความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม และเหตุรำคาญ ประหยัดค่าขนส่ง

ค. การแยกขยะมูลฝอย ก่อนหมักทำปุ๋ย จะได้เศษโลหะแก้ว กลับไปทำประโยชน์ได้อีก

2.2.1.2 ข้อเสีย ของการกำจัดขยะมูลฝอยแบบหมักทำปุ๋ย

ก. ถ้าดำเนินการไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะเกิดปัญหากลิ่นเหม็น เนื่องจากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์

ข. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการแยกขยะมูลฝอยที่ย่อยสลายไม่ได้ เพื่อนำไปกำจัดโดยวิธีอื่น

2.2.2 การนำขยะไปเทกองกลางแจ้ง (การนำขยะไปทิ้งไว้ตามธรรมชาติ Open Dump)

เทศบาล สุขาภิบาล ในประเทศไทย มีให้เห็นกันอยู่ทั่วไป เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ วิธีนี้มีปัญหา เรื่องกลิ่นรบกวนรุนแรง เป็นการรบกวนผู้ที่อาศัยใกล้เคียงก่อปัญหาเกี่ยวกับทัศนียภาพ การแพร่กระจายของเชื้อโรค สัตว์แมลงต่าง ๆ เช่น แมลงวัน แมลงหวี่ และยังพบปัญหาน้ำชะจากกองขยะ เกิดความเน่าเสียแก่น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน การจัดการกับขยะวิธีนี้เป็นวิธีเก่าแก่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว เป็นวิธีที่นำขยะไปกองทิ้งไว้ในที่ดินกว้าง ๆ เอย ๆ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติเป็นการกำจัดขยะที่ง่ายและลงทุนน้อย แต่ในปัจจุบันที่ดินแพงมาก ที่สาธารณะหรือที่รกร้างว่างเปล่าก็เกือบไม่หลงเหลืออยู่เลย วิธีนี้ต้องใช้พื้นที่มากด้วยและชุมชนเมืองยิ่งขยายตัวมากขึ้น การนำขยะไปกองทิ้งไว้ในพื้นที่กว้างขวางเช่นนี้จึงไม่เหมาะสม เศษวัสดุบางอย่างในกองขยะใช้เวลานานกว่าจะย่อยสลาย เช่น โฟม ไม่ย่อยสลาย, กระป๋องดีบุก 1,000 ปี, กระป๋องอลูมิเนียม 200 – 500 ปี, ถุงพลาสติก 450 ปี, ก้นบุหรี่ 12 ปี, ถุงเท้าขนแกะ 1 ปี, กระดาษ 2 – 5 เดือน, ผ้าฝ้าย 1 – 5 เดือน

2.2.2.1 ข้อดี ของการกำจัดขยะโดยนำไปกองไว้กลางแจ้ง

แทบไม่มีเลย เป็นวิธีที่เลวที่สุด เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แทบไม่ต้องลงทุนอะไรเลย ถ้ามีที่ดินอยู่แล้ว

2.2.2.2 ข้อเสีย ของการกำจัดขยะโดยนำไปกองไว้กลางแจ้ง

ก. รบกวนผู้ที่อยู่ใกล้เคียง

ข. แพร่กระจายเชื้อโรค

ค. ก่อเกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ดิน อากาศ ทัศนียภาพ

ง. ใช้พื้นที่มาก

วิธีกองไว้ให้เน่าเปื่อย แต่วิธีนี้ใช้ได้ผลดีต่อเมื่อชุมชนมีผู้ผลิตขยะน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แล้ว ขยะต้องเป็นวัตถุที่เน่าเปื่อยไปตามธรรมชาติได้ง่าย เช่น ใบตอง เศษอาหาร เชือกกล้วย แต่ส่วนใหญ่ในเมืองไทยยังใช้วิธีขจัดขยะด้วยวิธีนี้แทบทุกแห่ง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาทางด้านกลิ่นรบกวน

2.2.3 การเผาด้วยความร้อนสูง

หรือการกำจัดโดยใช้เตาเผา หรือการสร้างโรงงานเผาขยะ (Incineration)

2.2.3.1 ข้อดี การเผาด้วยความร้อนสูง

คือใช้พื้นที่น้อย และสามารถนำความร้อนที่เกิดจากการเผาขยะไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีก เช่น ผลิตไฟฟ้า แต่มีข้อเสียจำกัดที่ราคาในการก่อสร้างและดำเนินการเผาสูง และยังอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ การสร้างโรงงานเผาขยะ (Incineration) เป็นการเก็บขยะไปเผาในเตาเผาในโรงงานที่จัดสร้างขึ้นโดยใช้ความร้อนสูงประมาณ 1,700 – 1,800 องศาฟาเรนไฮต์ (หรือ 676o – 1,100o เซลเซียส) ซึ่งจะทำให้ขยะมูลฝอยที่เผาไหม้ได้ถูกเผาอย่างสมบูรณ์กลายเป็นขี้เถ้า ทำให้ขยะลดปริมาณลงได้ดีถึงร้อยละ 75 – 95 การกำจัดขยะโดยวิธีนี้ช่วยให้ลดปริมาณขยะลงได้มาก โดยเพียงแต่นำขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไปทิ้งในบริเวณที่จัดไว้ต่อไป

2.2.3.2 ข้อเสีย ของการกำจัดขยะโดยวิธีนี้

คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การดูแลรักษาค่อนข้างสูง ต้องแยกขยะที่เผาไหม้ได้และที่เผาไหม้ไม่ได้ออกจากกัน และการเผาขยะเองก็ย่อมให้เกิดอากาศเสียขึ้น อย่างไรก็ตาม การกำจัดขยะโดยการเผาในโรงงานนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะเป็นวิธีการกำจัดขยะที่ดีที่สุดเท่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2.2.4 การเผา (Incineration)

หมายถึงการกำจัดขยะโดยการเผาด้วยเตาเผาขยะ (Incinerator) ไม่รวมถึงการก่อกองแล้วเผากลางแจ้ง ทั้งนี้เพราะการเผากลางแจ้งจะอยู่ในอุณหภูมิไม่พอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ได้ จึงมักจะเกิดปัญหาภาวะมลพิษในอากาศ (air pollution) และก่อให้เกิดความรำคาญเนื่องจากกลิ่นควัน และละอองเขม่า การเผาด้วยเตาเผาขยะควรมีความร้อนระหว่าง 676o – 1,100o เซลเซียส ความร้อนตั้งแต่ 676o เซลเซียสขึ้นไปจะช่วยทำให้ก๊าซเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าความร้อนเกินกว่า 760o เซลเซียส จะช่วยทำให้ไม่มีกลิ่นรบกวนการเผาไหม้จะสมบูรณ์มากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิ 1,100o เซลเซียส ดังนั้น ถ้ามีขยะสดหรือขยะเปียกปนอยู่มาก ขยะมีความชื้นสูงก็อาจจะต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของขยะกับปริมาณของขยะแห้งที่เผาไหม้ได้ปะปนอยู่ด้วยมากน้อยเพียงใด โดยปกติแล้วเตาเผาขยะที่ดีจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะมลพิษในอากาศ

การเผาขยะด้วยเตาเผาขยะเหมาะสมมากที่จะใช้ในการกำจัดขยะพิเศษบางชนิด เช่น ขยะที่มีการ ปนเปื้อนของเชื้อโรค และขยะที่มีส่วนที่เผาไหม้ได้ปนอยู่ด้วยมาก ข้อดีของการเผาขยะในเตาเผา คือ ใช้พื้นที่น้อย สามารถสร้างเตาเผาไว้ในชุมชนซึ่งจะช่วยลดค่าขนส่งขยะ อีกทั้งกากที่เหลือจากการเผาไหม้จะปราศจากอินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้อีกต่อไป อนึ่ง เตาเผาขยะสามารถใช้เผาขยะได้แทบทุกชนิด แม้บางชนิดไม่ไหม้ไฟก็อาจยุบตัวลง และสภาพของดินฟ้าอากาศไม่เป็นปัญหาในการกำจัด สามารถปรับระยะเวลาในการทำงานได้ ข้อเสียของการใช้เตาเผาขยะ คือ เตาเผาขยะมีราคา

แพง หาทำเล ที่ตั้งเตาเผาลำบาก เพราะราษฎรรังเกียจว่าอาจจะก่อให้เกิดความรำคาญและภาวะมลพิษในอากาศได้

การกำจัดขยะโดยใช้เตาเผาในต่างประเทศนิยมใช้มาก เนื่องจากสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยได้สูงถึงร้อยละ 75 – 95 ใช้พื้นที่น้อย สามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น นำไปต้มน้ำเพื่อนำเอาไอน้ำไปให้ความร้อนแก่อาคารประเภทต่าง ๆ ตลอดจนนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้มีโครงการสร้างไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยอยู่แล้ว 4 โครงการด้วยกัน คือ 1. โครงการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 2. โครงการของเทศบาลจังหวัดสมุทรปราการ 3. โครงการของกรุงเทพมหานคร และ 4. โครงการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดเชียงใหม่ เตาเผาขยะนี้ยังเหมาะสำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลต่าง ๆ อีกด้วย ขยะมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับการจำกัดโดยวิธีเผาต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ ความชื้นไม่เกิน 50 % มีสารที่เผาไหม้ได้อย่างน้อย 25 % และมีสารที่เผาไหม้ไม่ได้ไม่เกิน 60 % ในกรณีที่ขยะมูลฝอยไม่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้น เตาเผาขยะจะต้องออกแบบให้นำเชื้อเพลิงอย่างอื่นเข้ามาช่วยในการเผาไหม้ เนื่องจากตัวขยะมูลฝอยเองไม่สามารถให้ความร้อนได้เพียงพอ นอกจากนี้แล้วจะต้องมีการออกแบบหรือใช้เทคโนโลยีที่จะป้องกัน ควบคุมมิให้กระบวนการเผาไหม้ อุณหภูมิ ควัน ฝุ่นละออง ไอเสีย เถ้า ฯลฯ เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศ

2.2.4.1 ข้อดี ของการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการใช้เตาเผา

ก. ใช้พื้นที่น้อย เมื่อเทียบกับวิธีการฝังกลบขยะมูลฝอย

ข. กำจัดขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิด และขี้เถ้าที่เหลือจากการเผามีน้อยไม่มีปัญหาในการกำจัดขั้นต่อไป

ค. หากเป็นเตาเผาขนาดใหญ่ ไม่จำเป็นต้องอาศัยเชื้อเพลิงอย่างอื่นเข้ามาช่วย

ง. สามารถก่อสร้างเตาเผาไว้ใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยได้ ทำให้ประหยัดค่าขนส่ง

จ. สามารถนำพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำมาผลิตกระแสไฟฟ้า

2.2.4.2 ข้อเสีย ของการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีการใช้เตาเผา

ก. ค่าลงทุนในการก่อสร้างสูงมาก โดยเฉพาะเตาเผาขนาดใหญ่

ข. ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมบำรุงรักษาค่อนข้างสูง รวมทั้งมีความร้อนสูง จึงทำให้เกิดการสึกหรอง่าย

ง. เตาเผาขนาดใหญ่ไม่เหมาะสมสำหรับการกำจัดขยะมูลฝอยที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ตันต่อวัน

จ. เตาเผาขนาดเล็กมักพบปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นและควันที่เกิดจากการเผาไหม้

ฉ. การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมลพิษจากการเผาขยะ จะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

วิธีการเผา ขยะที่นำมาเผาต้องผ่านการคัดเลือก คือ ของที่ไหม้ไฟได้ ซึ่งเศษวัสดุบางอย่างเมื่อถูก ความร้อนก็ยังปล่อยก๊าซที่เป็นพิษออกมาเช่น พวกโฟม พลาสติกบางประเภท พวกนี้ต้องแยกออกต่างหาก ในเมืองใหญ่ถ้าเทศบาลต้องแยกเองก็ต้องเพิ่มต้นทุนลงไปในขบวนการสูงมาก นอกจากนี้ขยะในเมืองไทยนั้นค่อนข้างแฉะ การระบายขยะประเภทนี้อาจต้องใช้พลังงานช่วย ซึ่งก็ยิ่งสิ้นเปลืองขึ้นไปใหญ่ แต่เมืองใหญ่ของกรุงเทพฯ นั้นดูเหมือนไม่มีทางเลือก เพราะใช้วิธีอื่นไม่ได้ผล เหตุนี้รัฐบาลจึงมีความคิดในเรื่องการตั้งโรงงานเผาขยะขนาดใหญ่ ๆ กันขึ้น ซึ่งมีราคาแพงมาก

2.2.5 การฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยหรือถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

นิยมใช้วิธีนี้กันมาก เพราะค่าใช้จ่ายต่ำ บริเวณที่มีการฝังกลบอย่างถูกสุขอนามัยจะมีการปูพลาสติกพิเศษเพื่อป้องกันน้ำชะจากกองขยะ เมื่อเทกองขยะแล้วก็จะกลบเสร็จในแต่ละวัน วิธีนี้จะสามารถลดกลิ่น รบกวน ลดการแพร่กระจายจากสัตว์น้ำ โรคต่าง ๆ ตลอดจนสามารถควบคุมน้ำชะจากกองขยะได้ การปรับปรุงพื้นที่ด้วยขยะ (Sanitary Landfill) เป็นวิธีกำจัดขยะที่นิยมแพร่หลายโดยเฉพาะในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เนื่องจากสามารถกำจัดขยะ mixed refuse ได้โดยไม่ต้องคัดแยกขยะ และสามารถปรับปรุงพื้นที่ ให้เป็นพื้นที่ที่ดีมีประโยชน์ได้ ในการปรับปรุงพื้นที่ด้วยขยะ ทำได้โดยนำเอาขยะมาบดอัดลงในดินด้วยรถแทรกเตอร์ แล้วใช้ดินกลบทับหน้าขยะพร้อมบดอัดทับให้แน่นอีกครั้ง ทำเป็นชั้น ๆ จนสามารถปรับระดับพื้นดินได้ตามต้องการ ปล่อยให้ขยะเกิดการสลายตัว สามารถใช้พื้นดินดังกล่าวนั้นเป็นสนามเด็กเล่น สนามกีฬา ที่พักผ่อนหย่อนใจ หรือก่อสร้างอาคารบางประเภทได้ นิยมจัดทำเป็น 3 แบบ คือ

2.2.5.1 แบบร่องดิน (Trench method)

2.2.5.2 แบบคันดิน (Area – ramp method)

2.2.5.3 แบบถมที่ลุ่ม (Area – fill method)

2.2.5.4 ซึ่งมีหลักเกณฑ์การปฏิบัติดังนี้

ร่องรวมขยะ นิยมทำเป็นร่องดินให้มีความกว้างพอที่รถขยะหลีกกันได้ 2 คัน ความลึกประมาณ 1.8 – 3.00 เมตร ด้านข้างทำมุม 30o กับก้นร่อง เมื่อรถขนขยะนำขยะมากองลงในร่องแล้วใช้รถแทรกเตอร์เกลี่ยและบดอัดทับขยะให้แน่น นำดินมาปิดทับผิวหน้าขยะพร้อมกับบดทับให้แน่นด้วยรถแทรกเตอร์ ชั้นบนสุดจะต้องกลบดินบดทับให้แน่นมีความหนาไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ร่องดินแต่ละร่องควรเว้นห่างกันไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ขยะที่นำมากำจัดจะต้องไม่ปล่อยให้กองทิ้งค้างไว้ในหลุมโดยเด็ดขาด หลังจากปรับระดับดินได้ตามต้องการแล้วจะปล่อยทิ้งไว้จนขยะสลายตัวสมบูรณ์ดีแล้ว จึงจะใช้ประโยชน์บนที่ดินนั้นได้ ในระหว่างการรอเวลาสลายตัวสมบูรณ์ดีนั้น ควรตรวจสอบอยู่เสมอ ๆ และความกั้นรั้วรอบบริเวณปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการบุกรุกและการรบกวนอื่น ๆ การกำจัดขยะมูลฝอยวิธีการกลบฝังนี้จะต้องระวังไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญและเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม โดยการเทขยะมูลฝอยลงไปแล้วเกลี่ยให้กระจาย บดอัดให้แน่นแล้วใช้ดิน

หรือวัสดุอื่นที่มีดินปูนอยู่ไม่น้อยกว่า 50 % กลบแล้วบดอัดให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง วิธีการฝังกลบขยะมูลฝอยที่ดี คือ

1. แบบถมพื้นที่ (Area Method) เป็นการฝังกลบขยะให้พื้นที่ที่เป็นหลุมเป็นบ่อ หรือเป็นพื้นที่ที่ต่ำอยู่ก่อนแล้ว และต้องการถมให้พื้นที่แห่งนั้นให้สูงขึ้นกว่าระดับเดิม เช่น บริเวณบ่อดินลูกรัง ริมตลิ่ง เหมืองร้าง หรือบริเวณที่ดินถูกขุดออกไปทำประโยชน์อย่างอื่นมาก่อนแล้ว เป็นต้น การฝังกลบลงในพื้นที่ เช่นนี้ก็จะเทขยะมูลฝอยลงไปได้เลย แล้วเกลี่ยขยะให้กระจายพร้อมกับบดอัดให้แน่น จากนั้นใช้ดินกลบแล้วจึงบดอัดให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง

2. แบบขุดเป็นร่อง (Trench Method) เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบในพื้นที่ราบ จึงต้องใช้วิธีขุดเป็นร่องก่อน การขุดร่องต้องให้มีความกว้างอย่างน้อยประมาณ 2 เท่าของขนาดเครื่องจักรกลที่ใช้ เพื่อให้ความสะดวกในการทำงานของเครื่องจักร ส่วนความลึกขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดินจะลึกเท่าไรก็ได้ แต่ต้องไม่ให้ถึงระดับน้ำใต้ดิน ส่วนมากจะขุดลึกประมาณ 2 – 3 เมตร และต้องทำให้ลาดเอียงไปทางใดทางหนึ่งเพื่อไม่ให้น้ำขังในร่องเวลาฝนตก ดินที่ขุดมาจากร่องก็กองไว้ทางด้านใดด้านหนึ่งสำหรับใช้เป็นดินกลบต่อไป นอกจากนั้นขยะมูลฝอยก็ทำเช่นเดียวกันกับแบบถมพื้นที่ คือ เมื่อเทขยะมูลฝอยลงไปในร่องแล้ว ก็เกลี่ยให้กระจาย บดทับให้แน่นแล้วใช้ดินกลบและบดทับอีกครั้งหนึ่ง

มาตรการต่าง ๆ ในการดำเนินงานเพื่อป้องกันและควบคุมมิให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

1. ต้องควบคุมไม่ให้มีการนำขยะอันตรายมากำจัดรวมกับขยะทั่วไปในบริเวณที่ฝังกลบขยะ นอกจากจะมีมาตรการกำจัดโดยวิธีการพิเศษตามลักษณะของเสียนั้น ๆ

2. ต้องควบคุมให้ขยะมูลฝอยกลบถูกกำจัดอยู่เฉพาะภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ ทั้งบนพื้นผิวดินและใต้ดิน

3. การใช้ดินกลบต้องมีการบดทับขยะมูลฝอยและดินกลบให้แน่นเพียงพอ ปกติอัตราส่วนของความหนาของชั้นขยะต่อความหนาของชั้นดินที่กลบ ปริมาณ 4 : 1

4. ต้องมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เช่น ตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียง

5. ต้องคำนึงถึงทัศนียภาพของพื้นดินและบริเวณใกล้เคียง เช่น การจัดให้มีสิ่งป้องกันการปลิวของขยะหรือปลูกต้นไม้ล้อมรอบ เป็นต้น

ข้อดีของการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบ

- ถ้ามีพื้นที่อยู่แล้วจะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด
- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกถูกกว่าวิธีอื่น
- สามารถใช้ได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว
- กำจัดขยะมูลฝอยได้เกือบทุกชนิด

- ได้พื้นที่ดินไปทำประโยชน์อื่น เมื่อฝังกลบเสร็จแล้วและง่ายต่อการดำเนินงาน

ข้อเสียของการกำจัดขยะมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบ

- หาสถานที่ยากเพราะไม่มีชุมชนใดต้องการให้อยู่ใกล้
- ต้องควบคุมการดำเนินงานฝังกลบให้ถูกต้อง
- ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะมูลฝอย และน้ำชะขยะมูลฝอยอาจทำให้เกิดอันตรายได้
- พื้นที่ฝังกลบบางแห่งต้องหาดินมาจากที่อื่น ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

การฝังกลบ ที่ฝังกลบขยะต้องอยู่ห่างไกลชุมชนพอสมควร หลุมขนาดใหญ่ที่ขุดขึ้นต้องมีการกรุกันอย่างดี เพราะจะย่อยได้ง่าย การกำจัดขยะด้วยวิธีนี้มีปัญหาเรื่องการขนส่ง หากเมืองขนาดใหญ่อย่างกรุงเทพฯ จะขนขยะไปฝังกลบที่ไหนจึงจะไม่สิ้นเปลืองค่าขนส่งขยะจนเกินไป วิธีฝังกลบจึงทำได้เฉพาะเมืองขนาดเชียงใหม่ หาดใหญ่ นครราชสีมา ทำนองนั้น

5. การนำขยะไปทิ้งทะเล (Dumping at sea)

ตามปกติ ผิวดินของพื้นน้ำแหล่งต่าง ๆ โดยเฉพาะทะเล มหาสมุทร เป็นที่ทับถมสิ่งปฏิกูลตาม ธรรมชาติได้อย่างกว้างขวางอยู่แล้ว แต่เมื่อในปัจจุบัน พื้นผิวโลกที่เป็นพื้นดินนับวันจะมีน้อยลงและมีค่า มากขึ้น การนำขยะไปทิ้งในทะเล มหาสมุทร จึงนิยมทำกันในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ในสหรัฐอเมริกา ขณะที่นิยมนำไปทิ้งในทะเล มหาสมุทร ได้แก่ สิ่งปฏิกูลจากโรงงานอุตสาหกรรม สารพิษต่าง ๆ กากสารกัมมันตรังสี และ วัสดุแข็งอื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม การนำขยะและสิ่งปฏิกูลไปทิ้งในทะเล – มหาสมุทร ก็ปรากฏว่าได้เกิดการแพร่กระจายของสารพิษเข้าสู่องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบนิเวศน์ทางทะเล เช่น พืช และ สัตว์น้ำ สถาบันป้องกันสารพิษสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) จึงออกกฎหมายห้ามนำสารพิษหลายชนิดไปทิ้งในแหล่งน้ำดังกล่าว

ข้อดี ของการกำจัดขยะโดยนำไปทิ้งทะเล

- เป็นวิธีที่ง่าย
- ทะเล มหาสมุทรกว้างใหญ่ รับขยะได้มาก

ข้อเสีย ของการกำจัดขยะโดยนำไปทิ้งทะเล

- สารพิษเข้าสู่องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบนิเวศน์ทางทะเล แพร่กระจายไปทั่ว
- การนำขยะไปทิ้งตามที่ลุ่มน้ำท่วมขัง ถมที่

วิธีนี้มีปัญหาตามมามากคล้ายกับการเทกอง และปัญหาที่ร้ายคือการทำลายระบบนิเวศน์ที่น้ำขัง จากการทับถมโดยตรง จากกองขยะ และจากน้ำชะจากกองขยะที่มีความเป็นกรดสูง จะแพร่กระจายไปตามน้ำที่ท่วมขังอยู่เดิม ทำให้ที่ลุ่มตรงนั้นสกปรกอย่างทั่วถึงและยิ่งในหน้าฝนน้ำที่ท่วมขัง ขยะก็จะเอ่อล้นไปยังที่ใกล้เคียงได้ ขยะที่ทิ้งต้องเป็นประเภทที่ไม่มีสารพิษไม่มีเชื้อโรค

6. การนำขยะกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ (Re-cycle and Re-use)

ขยะบางประเภทสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะต่าง ๆ วิธีนี้ช่วยลดขยะและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การนำกลับไปใช้ใหม่ (Re-cycle and Re-use) ขยะที่ทิ้งในแต่ละวันจากอาคารสถานที่ต่าง ๆ มากมายนั้น ยังนับว่ามีสิ่งของบางอย่างที่แม้ไม่มีประโยชน์สำหรับสถานที่หนึ่ง แต่อาจเป็นความต้องการของผู้อื่นได้ เช่น กระดาษทุกชนิดสามารถนำกลับไปทำเป็นกระดาษกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตกระดาษลงได้ส่วนหนึ่งและเป็นการสงวนทรัพยากรธรรมชาติได้ด้วย หรือแม้แต่กล่องกระดาษที่ทิ้งตามบริษัท ห้างร้าน ก็อาจนำไปใช้บรรจุสินค้าต่าง ๆ ตามท้องตลาดได้ เป็นต้น

การนำวัสดุที่ทิ้งเป็นขยะกลับไปใช้นับว่าเป็นผลดีทั้งในแง่เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่วิธีการคัดเลือกสิ่งของที่จะนำกลับไปใช้ได้ใหม่ ได้ก่อให้เกิดความล่าช้าในการขนถ่ายขยะ เกิดความสกปรกในบริเวณที่มีการคัดเลือกสิ่งของจากขยะ และผู้คัดเลือกขยะก็มักได้รับเชื้อโรคจากกองขยะ

7. การนำขยะไปเป็นอาหารสัตว์ (Hog Feeding)

ขยะจำพวกเศษอาหาร ผัก ผลไม้ จากอาคารบ้านเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร ตลาดสด นำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู วัว เป็ด ไก่ แพะ แกะ ปลา จะเป็นการลดปริมาณขยะลงได้จำนวนหนึ่ง เพราะในแต่ละวันเศษอาหารจะมีปริมาณนับร้อยตันทีเดียว การแยกขยะประเภทเศษอาหารเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์จึงนับเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดได้มากที่สุด แต่ข้อเสียในการนำขยะพวกเศษอาหารไปเลี้ยงสัตว์นี้ อาจทำให้เกิดอันตรายแก่สัตว์เลี้ยงและผู้ที่บริโภคสัตว์เลี้ยงขึ้นได้ ถ้าในเศษอาหารมีพวกเชื้อโรคปะปนอยู่ และถ้าจะนำเศษอาหารที่ได้ไปให้ความร้อนก่อนก็จะทำให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น

นอกจากการกำจัดขยะด้วยวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ในประเทศที่พัฒนาแล้วยังมีการกำจัดขยะอื่น ๆ อีก เช่น การย่อยหรือการทำให้เศษอาหารเป็นของเหลวแล้วทิ้งลงในท่อน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นการกำจัดขยะขั้นต้นจากบ้านเรือน การอัดสิ่งปฏิกูลที่เป็นของเหลวลงสู่ใต้ชั้นหิน ซึ่งมักเป็นการกำจัดสิ่งปฏิกูลจากโรงงานอุตสาหกรรม และการทิ้งสิ่งปฏิกูลลงสู่ถังรองรับที่จัดสร้างขึ้นเพื่อการกำจัดสิ่งปฏิกูลขึ้นโดยเฉพาะ แต่ไม่ได้กล่าวเน้นถึงวิธีกำจัดขยะดังกล่าว เพราะเป็นวิธีที่ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยในปัจจุบัน

ขยะและสิ่งปฏิกูลนับวันจะยิ่งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งขยะและของเสียจะเพิ่มความเป็นพิษหรือเป็นอันตรายแก่สิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของมนุษย์มากยิ่งขึ้น แม้จะได้มีความพยามยาม

ป้องกันแก้ไขและกำจัดขยะและสิ่งปฏิกูลเหล่านั้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่การป้องกันแก้ไขจะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกประเทศและประชาชนทุกคน ในขณะที่มีการเพิ่มปริมาณขยะและสิ่งปฏิกูลมากขึ้น และยังขาดความร่วมมือในการป้องกันแก้ไขอยู่นี้ จึงเป็นที่หวั่นวิตกกันว่าโลกที่เราอาศัยอยู่นี้จะเต็มไปด้วยขยะ สิ่งปฏิกูลและสารพิษ แล้วจะก่อให้เกิดโรคระบาดขึ้นอย่างกว้างขวางจนไม่อาจป้องกันรักษาได้ทันท่วงทีได้ในอนาคต

2.3 บทบาทของไส้เดือนดินต่อการกำจัดขยะอินทรีย์

ไส้เดือนดินบางชนิดที่อยู่ในกลุ่มที่อาศัยอยู่ในมูลสัตว์ หรือเศษซากอินทรียวัตถุ สามารถนำมาเลี้ยงขยายพันธุ์และใช้ในการกำจัดขยะอินทรีย์ต่างๆ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ เช่นสายพันธุ์ Eisenia foetida, Lumbricus rubellus, Eudrilus eugeniae และ Pheretima peguana มีหลายหน่วยงานที่ให้ความสนใจในการใช้ไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ โดยมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ในการนำไส้เดือนดินสายพันธุ์ที่เหมาะสมมาใช้ในการกำจัดขยะอินทรีย์ในบ้านเรือน เทศบาล โรงงานอุตสาหกรรม วัสดุเหลือใช้ในไร่นา หรือสวน หรือกำจัดของเสียภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ วัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

แต่ขยะอินทรีย์ ของเสียจากท่อระบายน้ำทิ้ง และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร บางชนิดไม่เหมาะสมในการนำมาให้ไส้เดือนดินย่อยสลายในขั้นแรก จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทำให้เหมาะสมก่อน เช่นการลดปริมาณน้ำที่มากเกินไป หรือการหมักเพื่อลดปริมาณความร้อน และกาซพิษ หรือเพื่อให้วัสดุเหล่านั้นมีความอ่อนนุ่มลงเหมาะแก่การย่อยสลายโดยไส้เดือนดิน

2.4 ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จะได้ผลผลิตอยู่ 3 ชนิด คือ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดินที่ขยายเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน คือเศษซากอินทรียวัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปแล้วขับถ่ายเป็นมูลออกมา ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในปริมาณที่สูง และมีจุลินทรีย์จำนวนมาก น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน คือ น้ำที่ได้จากกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เป็นน้ำที่ขับถ่ายผ่านลำตัวไส้เดือนดิน ในขณะที่ไส้เดือนดินกำลังกินอาหาร และเป็นน้ำที่ได้จากการเน่าสลายของเศษขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะมีธาตุอาหารพืชอยู่ในปริมาณเจือจาง แต่จะมีจุลินทรีย์หลากหลายชนิดและมีปริมาณมาก รวมถึงฮอร์โมนพืชที่เป็นประโยชน์หลายชนิดด้วย

ปุ๋ยหมักและน้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้สามารถนำไปใช้เพาะปลูกต้นไม้ หรือปรับปรุงโครงสร้างของดินได้ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน จะส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน เพิ่มอินทรียวัตถุ เพิ่มช่องว่างในดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ลด

ความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีมากเกินไป เพิ่มความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช และเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ให้กับดินสามารถนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และมูลไส้เดือนดินมาใช้ในการเพาะปลูกพืช หรือใช้เป็นวัสดุเพาะกล้าพืช จะส่งผลให้ต้นกล้าเจริญเติบโตดีและพืชจำพวกไม้ดอกไม้ประดับมีการออกดอกดี

การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทางการค้า มักจะพบปัญหาในด้านความแปรปรวนของปริมาณธาตุอาหารพืช เนื่องจากการผลิตแต่ละครั้งใช้ขยะอินทรีย์ที่แตกต่างกันออกไป จึงส่งผลให้คุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้ไม่คงที่ ในการผลิตทางการค้าจะผสมวัสดุอินทรีย์หลายชนิดเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่มีคุณภาพและมีความแปรปรวนน้อย เพื่อให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้ในปัจจุบันยังมีราคาต่อหน่วยสูง ตลาดของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินส่วนใหญ่จะเป็นตลาดที่ผลิตพืชสวนประดับทางการค้า จำพวกไม้ดอกไม้ประดับที่มีราคาค่อนข้างแพง และกลุ่มผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับในบ้านเรือน แต่ในอนาคตที่การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินใช้เทคโนโลยีสูง ใช้แรงงานคนน้อย และปรับปรุงผลผลิตของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินให้ได้มาตรฐานและมีคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอ การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินก็จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อการนำมาใช้ผลิตพืชมากขึ้น

2.5 การทำปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ (Aerobics Compost)

การทำปุ๋ยหมักเป็นการเลียนแบบระบบย่อยสลายที่เกิดขึ้นช้า ๆ ตามธรรมชาติในผืนป่าซึ่งมีอินทรีย์สารแตกต่างกันหลายร้อยชนิดรวมทั้ง จุลินทรีย์ รา หนอน และแมลง แต่เราสามารถเร่งการย่อยสลายนี้ให้เร็วขึ้นได้ด้วยการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้ เหมาะสมที่สุด ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำปุ๋ยหมักคือ อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และวัตถุอินทรีย์ วัตถุอินทรีย์เกือบทั้งหมดใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ส่วนผสมของวัตถุอินทรีย์ที่ดีสำหรับการทำปุ๋ยหมักจะต้องประกอบด้วยอัตราส่วน ผสมที่ถูกต้องระหว่างวัตถุอินทรีย์ที่มีคาร์บอนมาก(carbon-rich materrials) หรือเรียกว่า วัตถุสีน้ำตามได้แก่ (browns) และวัตถุอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนมาก (notrogan-rich materials) ที่เรียกว่า วัตถุสีเขียว (greens) วัตถุสีน้ำตาลได้แก่ ใบไม้แห้ง ฟางข้าว เศษไม้ เป็นต้น ส่วนวัตถุสีเขียวได้แก่ เศษหญ้า เศษพืชผักจากครัว เป็นต้น อัตราส่วนผสมที่ดีจะทำให้การทำปุ๋ยหมักเสร็จเร็วและไม่มีกลิ่นเหม็น ถ้ามีส่วนของคาร์บอนมากเกินไปจะเทให้ย่อยสลายช้ามาก และถ้ามีไนโตรเจนมากปะทำให้เกิดกลิ่นเหม็น คาร์บอนจะเป็นตัวให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ ส่วนไนโตรเจนจะช่วยสังเคราะห์โปรตีน การผสมวัตถุอินทรีย์ที่แตกต่างกันหรือใช้อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันจะทำให้ อัตราย่อยสลายแตกต่างกันไปด้วย

2.6 Bulking Agent

Bulking Agent คือ วัสดุที่เติมลงไปในการทำปุ๋ยหมักเพื่อปรับโครงสร้างทางกายภาพโดยเพิ่มช่องว่างให้กับวัสดุหมักช่วยในการระบายอากาศ และปรับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุหมักให้เหมาะสมต่อการทำปุ๋ยหมักโดยทำหน้าที่เป็น organic amendment วัสดุที่จัดเป็น Bulking Agent มีทั้งเป็นขยะอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งสามารถเติมลงไปเป็นวัสดุหมักอื่นๆได้ในการทำปุ๋ยหมัก แต่วัสดุที่จัดเป็น organic amendment เป็นขยะอินทรีย์เท่านั้น ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่ายให้กับส่วนผสมของวัสดุหมักได้ด้วย

ในการทำปุ๋ยหมักโดยทั่วไปมักนำเอาขยะจากการเกษตร อุตสาหกรรม และขยะชุมชนมาเป็น Bulking Agent เช่น ขี้เลื่อย ชานอ้อย ซังข้าวโพด เป็นต้น วัสดุเหล่านี้มีปริมาณคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง การนำวัสดุทั้งสองประเภทนี้มาหมักรวมกันจะสามารถลดข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำปุ๋ยหมักลงได้ โดย Bulking Agent จะช่วยประค่าปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้น และปรับปริมาณความชื้นในวัสดุหมักให้เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างวัสดุหมักทำให้การระบายอากาศเป็นไปได้ดี สวนการทำหน้าที่เป็น organic amendment จะช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น

โดยทั่วไปแล้วใน Bulking Agent ส่วนใหญ่จะมีปริมาณของ cellulose และ lignin เป็นองค์ประกอบอยู่สูง ในวัสดุหมักสารจะถูกย่อยสลายไปอย่างช้าๆ โดยจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมในการย่อยสลายสารเหล่านี้ เช่น แอคติโนมัยซีส และเชื้อราบางชนิด สารเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปไปให้สาร สามารถรวมตัวกับโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆส่งผลให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสซัลเฟอร์ และสารอาหารอื่นๆ กลายสภาพไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง

Cellulose เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและเป็น homopolymer มีปริมาณ 40-50% ของน้ำหนักแห้งของไม้ เสื่อมสภาพได้ง่ายด้วยความร้อนแสง และการผุพังด้วยเชื้อรา ดังนั้นถ้าวัสดุหมักที่นำมาเป็น Bulking agent มี cellulose เป็นองค์ประกอบอยู่สูงก็จะถูกย่อยสลายได้ง่ายกว่า Lignin ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีความอยู่ตัวสูง พบมากบริเวณส่วนเชื่อมต่อระหว่างเส้นใย ทำหน้าที่ในการยึดเส้นใยให้ติดกันจึงย่อยสลายได้ยาก ปริมาณ lignin ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ว่าเป็น softwood หรือ hardwood ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 20-30%(ชื่นจิต กิ่งนรา,2543) มีการศึกษาขี้เลื่อยที่ผ่านการหมักแล้วมีปริมาณของสารประกอบที่ละลายน้ำได้และ cellulose ลดลง แต่ปริมาณ lignin ไม่เปลี่ยนแปลง โดย cellulose บางตัวถูกย่อยสลาย ขณะที่ lignin ไม่ถูกย่อยสลายเลยและพบไนโตรเจนในขี้เลื่อยที่ผ่านการหมักและใน lignin ที่เหลืออยู่แสดงว่าขยะสดเป็นแหล่งของไนโตรเจนและจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะสดซึ่งอยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่าก่อนที่จะย่อยสลายขี้เลื่อยซึ่งย่อยสลายได้ยากกว่า แต่ขี้เลื่อยซึ่งมีคาร์บอนในขี้เลื่อยที่ผ่านการหมักเล็กน้อย แสดงว่าจุลินทรีย์ใช้คาร์บอนในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายในขี้เลื่อย จึงพบว่า cellulose ในขี้เลื่อยที่ผ่านการหมักลดลง (Horisawa et al, 1993)

2.7 ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำปุ๋ยหมัก

2.7.1 การทำปุ๋ยหมักให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิ : อุณหภูมิ ในกองปุ๋ยหมักมีผลโดยตรงกับกิจกรรมย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ยิ่งอัตราการเผาผลาญอาหาร (metabolic rate) ของจุลินทรีย์มากขึ้น (เจริญเติบโตมากขึ้น) อุณหภูมิภายในระบบหมักปุ๋ยก็จะสูงขึ้นในทางกลับกันถ้าอัตราการเผาผลาญอาหารลดลง อุณหภูมิของระบบก็ลดลง จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัตถุอินทรีย์และก่อให้เกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมักมี 2 ประเภท คือ 1. แบคทีเรียชนิดเมโซฟิลิก (mesophilic bacteria) ซึ่งจะมีชีวิตเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 10 องศาเซลเซียสถึง45 องศาเซลเซียส และ 2. แบคทีเรียชนิดเทอร์โมฟิลิก (thermophilic bacteria) ซึ่งเจริญเติบโตดีที่อุณหภูมิระหว่าง 45 องศาเซลเซียส ถึง70 องศาเซลเซียส การรักษาอุณหภูมิของระบบไว้เกินกว่า 55องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วัน จะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนแมลงวัน และโรคพืชได้ ถ้าอุณหภูมิของระบบสูงถึง 69องศาเซลเซียส การย่อยสลายจะเร็วขึ้นเป็นสองเท่าของที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิเกิน 69องศาเซลเซียส ประชากรของจุลินทรีย์จะทำลายบางส่วน ทำให้อุณหภูมิของระบบลดลง อุณหภูมิของระบบจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น ออกซิเจนที่มีอยู่ และกิจกรรมของจุลินทรีย์มีอิทธิพลของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น เมื่อมีการปฏิบัติที่ถูกต้อง อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มขึ้นและควรปล่อยทิ้งไว้เฉยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิถึงจุดสูงสุดและเริ่มลดลง จึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเพื่อให้ออกซิเจนสามารถเข้าถึงทั่วกองปุ๋ยหมัก อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักจะกลับสูงขึ้นอีกครั้ง ทำเช่นนี้จนกว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าการทำปุ๋ยหมักเสร็จสิ้นสมบรูณ์ ขนาดของกองปุ๋ยหมักก็มีผลต่ออุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ โดยทั่วไปสำหรับกองปุ๋ยหมักที่เปิดโล่งควรมีขนาดของกองปุ๋ยหมักไม่น้อยกว่า 3 ฟุต x 3 ฟุต x 3 ฟุต

2. การเติมอากาศ (aeration) : ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายวัตถุ อินทรีย์ การย่อยสลายของอินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ช้าและ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้นจึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเป็นระยะเพื่อให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ซึ่งจะช่วยเร่งกระบวนการหมักปุ๋ยให้เร็วขึ้น กองปุ๋ยหมักที่ไม่ได้กลับ จะใช้เวลาย่อยสลายนานกว่า 3-4 เท่า การกลับกองปุ๋ยหมักจะทำให้อุณหภูมิสูงมากกว่า ซึ่งจะช่วยทำลายเมล็ดวัชพืชและโรคพืชได้ กองปุ๋ยหมักเมื่อเริ่มต้นควรมีช่องว่างอากาศประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้สภาวะหารหมักที่ดีที่สุดเกิดขึ้น และควรรักษาระดับออกซิเจนให้เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ทั่งทั้งกองปุ๋ยหมัก โดยทั่วไปรับออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วง 6-16 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ รอบผิวกองปุ๋ยหมัก ถ้าระดับออกซิเจนต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ การย่อยสลายจะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นตามมา ดังนั้นออกซิเจนยิ่งมาก การย่อสลายยิ่งเกิดมาก

3. ความชื้น (moisture) : ความชื้นที่เพียงพอมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กองปุ๋ยหมักควรมีความชื้นที่เหมาะสมที่ 45 เปอร์เซ็นต์ ถ้ากองปุ๋ยหมักแห้งเกินไปการย่อยสลายจะไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากจุลินทรีย์ ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ ถ้ากองปุ๋ยหมักมีน้ำมากเกินไปการย่อยสลายการใช้อากาศอยู่ระหว่าง 40-70 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบความชื้นที่เหมาะสมในกองปุ๋ย สามารถทำได้โดยใช้มือกำวัตถุอินทรีย์ในกองปุ๋ยแล้วบีบ จะมีหยดน้ำเพียง 1-2 หยดเท่านั้น หรือมีความรู้สึกชื้นเหมือนฟองน้ำที่บีบน้ำออกแล้ว

4. ขนาดวัตถุอินทรีย์ (particle size) : ขนาดวัตถุอินทรีย์ยิ่งเล็กจะทำให้กระบวนการย่อยสลายยิ่งเร็วขึ้น เนื่องจากพื้นที่ให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายมากขึ้น บางครั้งวัตถุดิบมีความหนาแน่นมากหรือมีความชื้นมากเช่นเศษหญ้าที่ตัดจาก สนาม ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าไปในกองปุ๋ยหมักได้ จึงควรผสมด้วยวัตถุที่เบาแต่มีปริมาณมากเช่น ฟางข้าว ใบไม้แห้ง กระดาษ เพื่อให้อากาศไหลหมุนเวียนได้ถูกต้อง หรือจะผสมวัตถุที่มีขนาดต่างกันและมีเนื้อต่างกันก็ได้ ขนาดของวัตถุอินทรีย์ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2 นิ้ว แต่บางครั้งขนาดวัตถุอินทรีย์ที่ใหญ่กว่านี้ก็จำเป็นต้องใช้บ้างเพื่อช่วย ให้การระบายอากาศดีขึ้น

5. การกลับกอง (turning) : ใน ระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ย จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญวัตถุอินทรีย์ ขณะที่ออกวิเจนถูกใช้หมดกระบวนการหมักปุ๋ยจะช้างลงและอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก ลดลง จึงควรกลับกองปุ๋ยหมักเพื่อให้อากาศหมุนเวียนในกองปุ๋ยหมัก เป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กลับจุลินทรีย์ และเป็นการกลับวัสดุที่อยู่ด้านนอกเข้าข้างใน ซึ่งช่วยในการย่อยสลายเร็วขึ้น ระยะเวลาในการกลับกอง สังเกตได้จากเมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักขึ้นสูงสุดและเริ่มลดลงแสดงว่าได้ เวลาในการกลับกองเพื่อให้อากาศถ่ายเท

6. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (carbon to nitrogen ratio) : จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนสำหรับพลังงานและไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน จุลินทรีย์ต้องการใช้คาร์บอน 30 ส่วนต่อไนโตรเจน 1 ส่วน (C:N=30:1โดยน้ำหนักแห้ง) ในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ อัตราส่วนนี้จะช่วยในการควบคุมความเร็วในการย่อยจุลินทรีย์ ถ้ากองปุ๋ยหมักมีส่วนผสมที่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก (มีคาร์บอนมาก) การย่อยสลายจะช้า ถ้ากองปุ๋ยหมักมีส่วนผสมที่มีคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำมาก (ไนโตรเจนสูง) จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนียสู่บรรยากาศและจะเกิดกลิ่น เหม็น วัตถุอินทรีย์ส่วนมากไม่ได้มีอัตราส่วน C:N = 30:1 จึงต้องทำการผสมวัตถุอินทรีย์เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ถูกต้องคือใกล้เคียง เช่น การผสมมูลวัวที่มี 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 ของวัตถุอินทรีย์ต่างๆ ปุ๋ยที่หมักเสร็จแล้วจะต้องมีค่า C:N ไม่เกิน 20:1 เพื่อป้องกันการดึงไนโตรเจนจากดินเมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้งาน

2.7.2 การจำแนกสายพันธุ์ไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินจัดอยู่ในอาณาจักรสัตว์(Animalia) ศักดิ์แอนนิลิดา (Phylum: Annelida) ชั้น โอลิโกซีตา (Class: Oligochaeta) ตระกูลโอพิสโธโพรา (Order: Opisthopora) สำหรับ วงศ์ (Family) ของไส้เดือนดินนั้น มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จัดจำแนกออกเป็นจำนวนวงศ์ที่แตกต่างกันออกไป และจากการจำแนกสายพันธุ์ไส้เดือนดินล่าสุด โดย Renolds and Cook (1993) ได้จัดจำแนกไส้เดือนดินที่อยู่ในตระกูลโอพิสโธโพราทั้งหมดออกเป็น 21 วงศ์

ในการจัดแบ่งกลุ่มของไส้เดือนดินโดยอาศัยพื้นฐานด้านความแตกต่างของที่อยู่อาศัย นิสัยการกินอาหาร และระดับความลึกของชั้นดินในแนวดิ่งที่ไส้เดือนดินเหล่านั้นอาศัยอยู่ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่บริเวณผิวดินที่ไม่มีการขุดรู กับไส้เดือนที่อาศัยอยู่ในดินและอาศัยอยู่ภายในรู ซึ่ง ไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่ในบริเวณผิวดินมักจะมีสีของลำตัวค่อนข้างเข้ม สามารถสร้างโคคูน ได้มากและเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้เร็ว สำหรับไส้เดือนดินอีกกลุ่มหนึ่งที่อาศัยอยู่ในดินที่ลึกกว่าจะมีลำตัวสีซีดกว่า ผลิตโคคูนได้น้อย และโตเต็มวัยได้ค่อนข้างช้า โดยทั่วไปไส้เดือนดินในกลุ่มนี้จะมีลำตัว ขนาดใหญ่กว่ากลุ่มแรก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ที่ได้จัดจำแนกไส้เดือนดินเป็นกลุ่มต่างๆ ดังกล่าวประกอบด้วย Piearce (1972), Bouche (1971, 1977) , Lavelle (1979)

ซึ่งนอกจากกลุ่มของไส้เดือนดินที่ได้จัดจำแนกดังกล่าว ยังมีไส้เดือนดินบางชนิดที่อาศัยอยู่ในที่พิเศษอื่นๆ ซึ่งพบได้น้อยในดินหรือในขยะหรือในสภาพแวดล้อมทั่วไป เช่น ไส้เดือนดิน พวกที่อาศัยอยู่ใต้เปลือกไม้ ท่อนซุงที่เน่าเปื่อย ในรากพืช หรือใต้พืชจำพวกมอส และซอกใบไม้ของต้นไม้ในป่าเขตร้อนที่ยังไม่ได้จำแนกอีกด้วยวิธีการจัดจำแนกไส้เดือนดินอย่างง่ายสามารถสังเกตได้จาก 1) ขนาดและความยาวของลำตัว 2) สีหรือแถบสีของลำตัว และ 3) แหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งอาหาร ในลำดับแรกจะแบ่งกลุ่มไส้เดือนเป็น 2 กลุ่มใหญ่ก่อน เป็น ไส้เดือนดินสีแดง และ ไส้เดือนดินสีเทา แล้วจึงพิจารณาถึงขนาดความยาวของลำตัว ถิ่นที่อยู่อาศัย และแหล่งอาหารของมันในลำดับถัดไป ตัวอย่างสายพันธุ์ไส้เดือนดินสีเทา เช่น พันธุ์ Pheretima posthuma ซึ่งเป็นไส้เดือนดินพันธุ์ที่มีลำตัวสีเทา ขนาดใหญ่ยาวประมาณ 6-8 นิ้ว อาศัยอยู่ในดินในสวนผลไม้ หรือในสนามหญ้า ในชั้นดินที่ค่อนข้างลึก กินเศษใบไม้ที่เน่าเปื่อย และดินบางส่วนเป็นอาหาร และไส้เดือนดินพันธุ์สีแดง เช่น พันธุ์ Pheretima peguana เป็นไส้เดือนดินที่มีลำตัวเป็นสีแดงออกม่วง ยาวประมาณ 2-5 นิ้ว อาศัยอยู่ในมูลสัตว์ หรือ กองเศษซากพืชที่เน่าเปื่อย ที่มีความชื้นสูง กินมูลสัตว์ และเศษซากพืชที่เน่าเป็นอาหาร

ในปัจจุบันมีการจำแนกไส้เดือนดินทั่วโลกได้ 4,000 กว่าชนิด สายพันธุ์ที่นำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์ทางการค้ามีประมาณ 15 ชนิด ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของ Megadrili ในวงศ์ Lumbricidae ซึ่งอาศัยอยู่ในขยะอินทรีย์และมูลสัตว์ เช่น สายพันธุ์ Lumbricus rubellus, Eisenia foetida, Eudrilus eugeniae, Pheretima peguana, Perionyx excavatus เป็นต้น

2.7.3 ทั่วไปของไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มักพบได้ทั่วไปในดิน ใต้กองใบไม้ หรือในมูลสัตว์ต่างๆ ลักษณะภายนอกโดยทั่วไป จะมีลำตัวสมมาตรครึ่งซีก ลำตัวแบ่งเป็นปล้องชัดเจนตั้งแต่หัวจรดท้าย หัวท้ายเรียวแหลม ผนังลำตัวชั้นนอกเป็นคิวติเคิลที่ปกคลุมด้วยสารพวกโพลีแซคคาไรด์ เจลาติน และชั้นอีพิเดอร์มิส มีเซลล์ ต่อมต่างๆ ที่ทำหน้าที่สร้างน้ำเมือก ทำให้ผิวลำตัวชุ่มชื้น แต่ละปล้องจะมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่รอบปล้องใช้ในการเกาะกับดินในการเคลื่อนที่และผสมพันธุ์ ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มี 2 เพศในตัวเดียวกัน มีช่องสืบพันธุ์อยู่ใกล้บริเวณส่วนหัว มีไคลเทลลัมซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการสร้างไข่ จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ ออกไข่อยู่ภายในถุงไข่ที่เรียกว่าโคคูน และฟักเป็นตัวภายนอกระบบการทำงานของร่างกายประกอบด้วย ระบบหมุนเวียนโลหิตซึ่งเป็นแบบปิด และมีรงค์วัตถุในน้ำเลือดที่ประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน ทำให้เลือดมีสีแดง ระบบการแลกเปลี่ยนกาซจะใช้วิธีการแพร่ผ่านผนังลำตัวและผ่านไปยังเส้นเลือดฝอยจำนวนมากมายที่อยู่บริเวณผนังลำตัว ซึ่งจะรับออกซิเจนและส่งคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านออกไปนอกลำตัว อวัยวะขับถ่ายประกอบด้วย เนฟริเดียซึ่งตั้งอยู่บริเวณด้านข้างลำตัวปล้องละ 1 คู่ ระบบทางเดินอาหารจะ ประกอบด้วยปาก คอหอย หลอดอาหาร หลอดพักอาหาร กึ๋น ลำไส้ และทวาร ระบบประสาทประกอบด้วย ปมประสาทสมองบริเวณด้านหลังลำตัวและเส้นประสาทบริเวณส่วนท้องซึ่งจะมีปมประสาทอยู่ในทุกปล้อง ทำให้การสั่งการของปล้องแต่ละปล้องสามารถแยกอิสระจากกันได้ นอกจากระบบประสาทดังกล่าวแล้ว ไส้เดือนดินยังมีกลุ่มเซลล์รับแสง และสารเคมีบางอย่างด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ไส้เดือนดินหนีแสง และสารเคมีบางอย่างที่ไส้เดือนดินไม่ชอบ

2.7.4 วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน

วงจรชีวิตของไส้เดือนดินจะประกอบด้วย ระยะถุงไข่(Cocoon) ระยะตัวอ่อน ระยะก่อนเต็มวัย และระยะตัวเต็มวัย (ไคเทลลัมเจริญเต็มที่) โดยทั่วไปไส้เดือนดินจะจับคู่ผสมพันธุ์กันในบริเวณใต้ดิน แต่บางสายพันธุ์ก็จับคู่ผสมพันธุ์กันบริเวณผิวดินด้วย ลักษณะการผสมพันธุ์ของไส้เดือนดินจะมีลักษณะนำส่วนท้องที่เป็นส่วนของไคลเทลลัมมาแนบติดกันและสลับหัวสลับหางกัน ซึ่งจะพบไส้เดือนดินจับคู่ผสมพันธุ์กันมากในช่วงที่เห็นไคลเทลลัมชัดเจน ซึ่งเมื่อจับคู่ผสมพันธุ์กันแล้วไส้เดือนดินแต่ละตัวก็จะสร้างถุงหุ้มไข่ที่เรียกว่าโคคูน เคลื่อนผ่านไปบริเวณส่วนหัวรับไข่และสเปิร์มเข้าไปภายในและเคลื่อนออกมานอกลำตัวในบริเวณช่องสืบพันธุ์เพศเมีย ตัวอ่อนพัฒนาอยู่ภายในถุงและฟักเป็นตัวในเวลาต่อมา

ถุงไข่ของไส้เดือนดินนั้นมีหลายขนาดและมีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปคือ แบบหัวแหลมท้ายแหลม แบบรูปทรงกลม และรูปทรงรี ถุงไส้เดือนมีขนาดใหญ่สุดคือ มากกว่า 75-20 มิลลิเมตร และเล็กสุดมีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการสร้างถุงไข่ คือ อุณหภูมิ และความชื้น โดยในประเทศไทยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยงไส้เดือนสานพันธุ์ไทย

คือ ประมาณ 15-25 องศาเซลเซียส ในฤดูฝนที่มีความชื้นสูงไส้เดือนจะสร้างถุงไข่ได้มากกว่าในช่วงฤดูร้อนหรือฤดูหนาว ในบริเวณที่มีความชื้นมากไส้เดือนดินจะสร้างถุงไข่และวางถุงไข่ไว้บริเวณใกล้กับผิวดินและในบริเวณ ที่แห้งแล้งไส้เดือนดินจะวางถุงไข่ในชั้นดินที่ลึกกว่า ไส้เดือนดินที่ฟักออกจากถุงไข่ใหม่ๆ จะมีลำตัวใสและเห็นเส้นเลือดในลำตัวชัดเจน แต่เมื่อเจริญเติบโตขึ้นลำตัวจะเริ่มเปลี่ยนสี ซึ่งในการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จะไม่มีการเพิ่มจำนวนปล้องแต่จะขยายขนาดของปล้องให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จนกระทั่งโตเต็มวัยอวัยวะสืบพันธุ์ต่างๆ จะพัฒนาขึ้นจนเห็นเด่นชัด โดยเฉพาะไคลเทลลัมจะสามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นที่บริเวณส่วนหัว ระยะนี้ไส้เดือนดินก็จะมีการจับคู่ผสมพันธุ์และสร้างถุงไข่ได้ ภายหลังจากไส้เดือนดินเจริญเติบโตเต็มวัยแล้วจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ยาวนานหลายปีในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

2.7.5 ระบบนิเวศ การแพร่กระจายพันธุ์ และพฤติกรรมของไส้เดือนดิน

ระบบนิเวศนั้นมีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายตัวของไส้เดือนดินทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยสภาพอากาศที่แตกต่างกันเช่น พื้นที่ในเขตร้อน เขตอบอุ่นและเขตหนาว ลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่สูง (ภูเขา) พื้นที่ราบ รวมถึงพื้นที่ ที่มีน้ำท่วมขัง แห้งแล้ง ตลอดจนกำแพงธรรมชาติ อาทิเช่น ทะเล มหาสมุทร ทะเลทรายและแม่น้ำเป็นต้น ซึ่งปัจจัยข้างต้นมีผลอย่างยิ่งต่อการกระจายพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยเป็นตัวกำหนดและควบคุมชนิดของสายพันธุ์ ปริมาณและการกระจายพันธุ์ของไส้เดือนดิน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการแพร่กระจายพันธุ์ของไส้เดือนดินในกลุ่มเพอริคริน(Perigrine) นั้นก็คือ มนุษย์ เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเกษตรกรรม การปรับพื้นที่ รวมถึงการเคลื่อนย้ายดิน การใช้พื้นที่ในการสร้างอาคารบ้านเรือน หรือ ค้าขายระหว่างประเทศ ซึ่งทำให้เกิดการ เคลื่อนย้ายดินและต้นไม้ซึ่งมีตัวไส้เดือนดินติดไปด้วย และการนำเข้าสายพันธุ์ไส้เดือนดินเพื่อใช้ในการวิจัย หรือใช้ทางการค้า ก็เป็นต้นเหตุของการแพร่กระจายตัวของไส้เดือนดินด้วย

สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันดังกล่าว ส่งผลให้ไส้เดือนดินที่แพร่กระจายพันธุ์อยู่บริเวณนั้นมีลักษณะพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไป โดยพฤติกรรมหลายๆ อย่างของไส้เดือนดินพบว่ามีผลมาจากปัจจัยแวดล้อมเป็นตัวกระตุ้นเช่น สภาพพื้นที่ ฤดูกาล และสภาพของแหล่งที่อยู่ โดยพฤติกรรมต่างๆ เหล่านั้นมักเกิดขึ้นเพื่อการดำรงชีวิตให้รอดปลอดภัยจากอันตรายทั้งสิ้น ในการสำรวจการแพร่กระจายพันธุ์ของไส้เดือนดิน ที่ให้ทราบถึงชนิดของสายพันธุ์ ปริมาณ ตลอดจนการกระจายพันธุ์ของไส้เดือนดินแต่ละชนิด สามารถทำการตรวจวัดโดยวิธีการประเมินประชากรไส้เดือนดิน ด้วยวิธีต่างๆ ทั้งทางวิธีกล ทางเคมี และทางกายภาพ เช่น การนับด้วยมือ การใช้สารเคมี การใช้ความร้อน และการใช้ไฟฟ้ากระตุ้น เป็นต้น

2.8 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดิน

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อไส้เดือนดิน ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การระบายอากาศและความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ชนิดและโครงสร้างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และแหล่งอาหาร ไส้เดือนมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 70-80 % ของน้ำหนักตัว และกิจกรรมต่างๆ ของไส้เดือนดินจะขึ้นอยู่กับความชื้นของดิน โดยความชื้นของดินมีอิทธิพลต่อจำนวนและน้ำหนักตัวของไส้เดือนดิน ซึ่งไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์ก็จะเจริญได้ดีที่ระดับความชื้นที่แตกต่างกันไป แต่โดยมากจะชอบอาศัยอยู่ในดินที่มีความชื้นประมาณ 60-80 %

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินจะประมาณ 15-28 องศาเซลเซียส โดยไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่ในเขตร้อนจะทนต่อช่วงที่สูงได้ดีกว่าไส้เดือนดินที่อาศัยอยู่ในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว

ไส้เดือนดินเกือบทุกชนิดจะชอบดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง (pH เท่ากับ 0.7) แต่ไส้เดือนดินสามารถอาศัยอยู่ในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5-8 ได้ การใช้ปูนขาวเจือจางน้ำพ่นลงไป ในบ่อสามารถปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงให้ต่ำลงได้

ชนิดและโครงสร้างของดินส่งผลต่อประชากรของไส้เดือนดินทางอ้อม โดยเนื้อดินที่เหนียวและแน่น หรือมีส่วนผสมของกรวดทรายอยู่มาก จะส่งผลให้ไส้เดือนดินเคลื่อนที่ได้ยากและมีแหล่งอาหารอยู่น้อย การระบายน้ำและอากาศไม่ดี ทำให้มีประชากรไส้เดือนดินอยู่น้อย นอกจากนี้ไส้เดือนดินสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในดินทั่วไปที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0.01-11.5 % แต่ดินที่มีปริมาณความเข้มข้น ของกาซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่สูงก็ส่งผลเสียต่อไส้เดือนดินด้วยเช่นกัน

ในดินที่มีอินทรียวัตถุน้อยจะพบไส้เดือนดินอาศัยอยู่น้อย ในทางตรงกันข้ามบริเวณดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากก็จะพบไส้เดือนดินในปริมาณมาก ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นในดินจะส่งผลให้ดินมี โครงสร้างที่ดีขึ้นเหมาะต่อการอาศัยอยู่ของไส้เดือนดิน และปริมาณอินทรียวัตถุเหล่านี้ยังเป็นแหล่งอาหารของไส้เดือนดินอีกด้วย ซึ่งอาหารของไส้เดือนดิน จะประกอบด้วย ดิน เศษอินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อย จุลินทรีย์ขนาดเล็ก รวมถึงกรวดทรายด้วยซึ่งไส้เดือนดินจะกินกรวดทรายเข้าไปเพื่อใช้ในการช่วยบดย่อยอาหาร

2.9 ปัญหาที่เกิดระหว่างการทำปุ๋ยหมัก

ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยได้แก่ การเกิดกลิ่นเหม็น แมลงวันและสัตว์รบกวน กองปุ๋ยไม่ร้อน ปัญหาเหล่านี้เกิดจากหลายสาเหตุและมีวิธีแก้ไขดังนี้

กลิ่นเหม็นเกิดจากการหมักแบบใช้อากาศเปลี่ยนเป็นการหมักแบบไม่ใช้อากาศ เนื่องจากขาดออกซิเจนในกองปุ๋ยซึ่งมีสาเหตุจากกองปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปและ อัดตัวกันแน่น ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ การแก้ไขทำได้โดยการกลับกองปุ๋ยเพื่อเติมอากาศและเติมวัตถุสีน้ำตาลประเภท ฟางข้าว กิ่งไม้แห้ง เพื่อลดความแน่นของกองปุ๋ยและให้อากาศผ่านเข้าไปในกองปุ๋ยได้

แมลงวันและสัตว์ เช่น หนู รบกวน มีสาเหตุมาจากการใส่เศษอาหารลงในกองปุ๋ย ซึ่งเศษอาหารเหล่านี้ล่อแมลงวันและหนูให้เข้ามา วิธีแก้ปัญหาคือให้ฝังเศษอาหารลงในกองปุ๋ยและกลบด้วยดินหรือใบไม้แห้ง หรือทำระบบปิดป้องกันแมลงวันและหนู

กองปุ๋ยไม่ร้อน มีสาเหตุได้แก่ 1. มีไนโตรเจนไม่เพียงพอ 2 มีออกซิเจนไม่เพียงพอ 3. ความชื้นไม่เพียงพอ และ 4. การหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว สาเหตุแรกแก้ไขได้โดยการเติมวัตถุสีเขียวซึ่งมีไนโตรเจนสูง เช่น เศษหญ้าสด เศษอาหาร สาเหตุที่สองแก้ไขโดยกลับกองปุ๋ยเพื่อเติมอากาศ ส่วนสาเหตุที่สามให้กลับกองและเติมในกองปุ๋ยชื้น

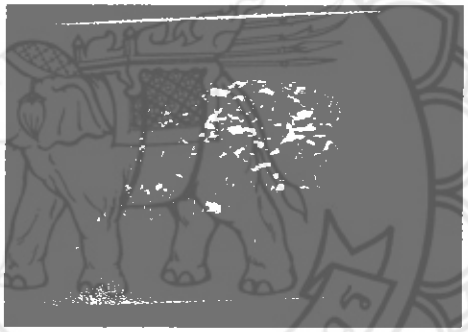
บทที่3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

ดำเนินการศึกษาวิจัย ทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และห้องปฏิบัติการสาขาวิชาโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทลอง

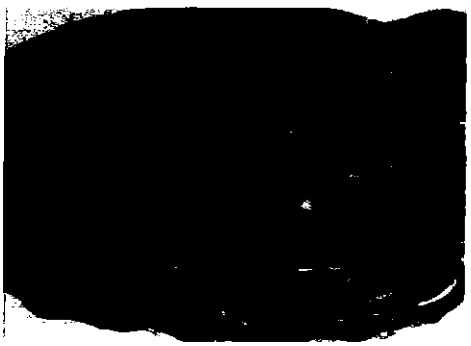
3.2.1 การเตรียมขยะเศษอาหาร



รูปที่ 3.1 ขยะเศษอาหาร

ปริมาณขยะเศษอาหารที่ใช้คือ 333.33 กรัม ซึ่งเป็นขยะเศษอาหารตามโรงอาหาร ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีขนาดประมาณ 0.085-0.475 เซนติเมตร และนำไปผสมกับ Bulking Agent

3.2.2 การเตรียมไส้เดือน



รูปที่ 3.2 ไส้เดือน

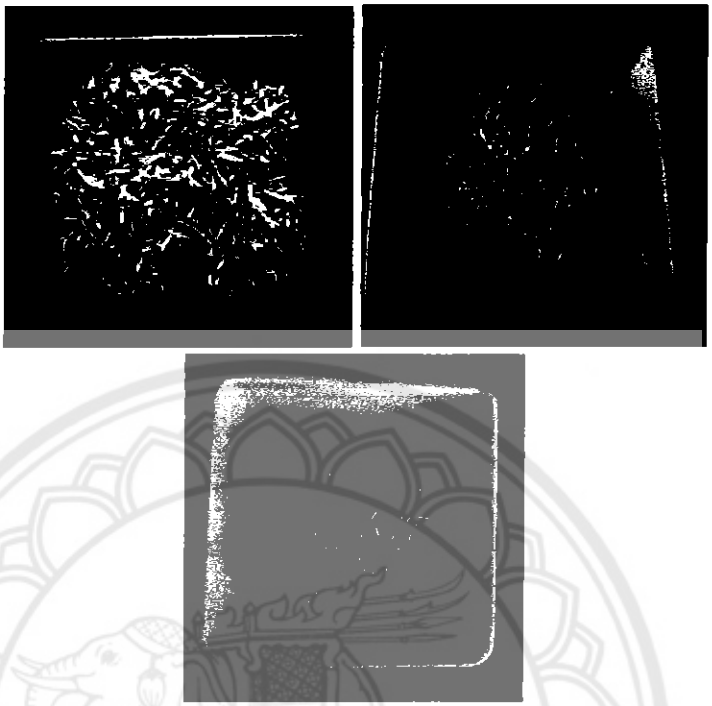
ในการทดลองนี้ได้ใช้ไส้เดือนสายพันธ์ perionyx excavates ซึ่งได้มาจากชุมชนบรมไตรโลกนารถ 21 อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ไส้เดือนชนิดนี้เป็นไส้เดือนเขตร้อน ขยายพันธ์ได้ดี มีอยู่แพร่หลายในหลายประเทศ และสามารถย่อยสลายซยะอินทรีย์ได้(วิเคราะห์สายพันธ์โดย ดร.ประสุข โฆษวิทิตกุล ภาควิชา ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร) ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ปริมาณ 50 กรัม ต่อกล่องปฏิกิริยา 1กล่อง

3.2.3 การเตรียมวัสดุรองพื้น

รูปที่ 3.3 วัสดุรองพื้น

ในการทดลองนี้จะใช้ดินที่บรรจุขาย ซึ่งมีส่วนประกอบเป็น ดินร่วนละเอียด เปลือกถั่ว มูลสัตว์ และ กาบมะพร้าว ซึ่งการเตรียมก่อนใช้งานนั้น จะนำดินดังกล่าวเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อที่จะกำจัดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กๆ ที่ไม่ต้องการออกไป โดยการทดลองนี้จะใช้ดิน ปริมาณ 500 กรัม ต่อ กล่องปฏิกิริยา 1 กล่อง

3.2.4 การเตรียม Bulking Agent



รูปที่ 3.4 Bulking agent

- ขี้เลื่อย นำมาจากโรงแปลรูปไม้ข้างมหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งมีขนาดประมาณ 1-4 เซนติเมตร

- กระดาษ Re-use นำกระดาษ Re-use เข้าเครื่องย่อยที่ห้องปฏิบัติการ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มีขนาดประมาณ 1-4 เซนติเมตร

- เศษใบไม้ โดย การนำเศษใบไม้แห้ง มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีขนาดประมาณ 1- 4 เซนติเมตร

i6022959
ป.ร.
ว311ว
2554

3.2.5 การเตรียม ถังปฏิกิริยา

รูปที่ 3.5 ถังปฏิกิริยา

ในการทดลองนี้ใช้ภาชนะทรงสี่เหลี่ยม มีขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร และสูง20 เซนติเมตร มีฝาปิด และเจาะรูระบายน้ำและอากาศ ที่ส่วนล่างและทางด้านข้างของกล่อง

และจะมีตะแกรงที่มีรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตรซึ่งจะใช้กั้นกลางระหว่างชั้นดินรองพื้น กับขยะเศษอาหาร ซึ่งกล่องปฏิกิริยาดังกล่าวได้นำมากจากการศึกษาวิจัยเรื่อง การหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน perionyx excavates ที่ได้ทดลองก่อนหน้านี้ แต่ด้วยปริมาณ ไส้เดือนที่ใช้แตกต่างกันไปจึงได้ประยุกต์ใช้ต่อโดยการ กั้นกลางกล่องเพื่อลดพื้นที่ กล่องปฏิกิริยาดังกล่าว

3.3 แผนการทดลอง

ในการทดลองจะใช้ปริมาณขยะเศษอาหารและปริมาณไส้เดือน เท่ากันทุกการทดลอง โดยจะใช้ปริมาณขยะเศษอาหาร 333.33 กรัม และปริมาณไส้เดือน 50 กรัม ซึ่งจะใช้ตัวแปรเป็น bulking agent ที่แตกต่างกัน คือ ขี้เลื่อย เศษใบไม้ กระดาษ re-use และไม่ใช้ bulking agent เป็นตัวควบคุม โดยการทดลองนี้จะควบคุมความชื้นไม่ต่ำกว่า 50% ตลอดการทดลอง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 นำดินรองพื้น ปริมาณ 500 กรัม ลงในกล่องปฏิกิริยาที่เตรียมไว้โดยเฉลี่ยดินให้มีความหนาเท่าๆ กันจำนวน 4กล่อง

3.4.2 นำไส้เดือนปริมาณ 50 กรัมปล่อยลงในกล่อง ปฏิกิริยาทั้ง 4กล่อง และเมื่อไส้เดือนลงไปอยู่ในดิน ก็นำตะแกรงที่เตรียมไว้วางบนดินรองพื้น

3.4.3 นำขยะเศษอาหารที่คลุกเคล้ากับ bulking agent ทั้ง 3 ชนิดแล้ว ใส่ลงไปในกล่องปฏิกิริยา และอีกหนึ่งกล่อง จะใส่ ขยะเศษอาหารที่ไม่ได้ผสม bulking agent ลงไป

3.4.4 ทำการบันทึกผล ตาม พารามิเตอร์ ต่างๆ

3.5 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

3.5.1 ไส้เดือน

- น้ำหนักไส้เดือน	ชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด
- จำนวนไส้เดือน	ทำกราฟประมาณจำนวนไส้เดือน

3.5.2 ขยะเศษอาหาร

- ความชื้น	ใช้วิธี Gravimetric
- น้ำหนักขยะ	ชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด
- อุณหภูมิ	ใช้ เทอร์โมมิเตอร์วัด
- ไนโตรเจนทั้งหมด	ใช้วิธี Kjeldahl
- อินทรีย์คาร์บอน	ใช้การไตเตรท

- PH	ใช้เครื่อง PH meter
- ของแข็งระเหยได้	ใช้วิธีการ เผาที่อุณหภูมิ 600-650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2ชั่งโมง

3.5.3 ดิน (วัสดุรองพื้น)

- ไนโตรเจนทั้งหมด	ใช้วิธี Kjeldahl
- ฟอสฟอรัสทั้งหมด	ย่อยสลายด้วย เปอร์ซัลเฟตแล้ววัดความเข้มข้นสีด้วยเครื่องSpectrophotometer
- โพแทสเซียมทั้งหมด	ย่อยสลายด้วย เปอร์ซัลเฟตแล้ววัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง Flame photometer

3.6 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์

3.6.1 ความชื้น (Moisture content)

3.6.1.1 ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัมใส่ภาชนะที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

3.6.1.2 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

3.6.1.3 นำไปทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด

$$Moisture\ \ Content(\%) = \frac{(a-b)}{a} \bullet 100$$

เมื่อ a = น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างก่อนอบ

b = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

3.6.2 ไนโตรเจนทั้งหมด (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529)

3.6.2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.05-1 กรัม ใส่ kjeldahl flast

3.6.2.2 เติม catalyst mixture ประมาณ 1 กรัม

3.6.2.3 เติม conc. H_2SO_4 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตา digest ใช้ไฟที่อุณหภูมิต่ำๆ แล้วค่อยเพิ่มความร้อนจนได้ของเหลวใส ปล่อยไว้ให้เย็น แล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ทำ blank เช่นเดียวกันแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

3.6.2.4 ดูดสารละลายจำนวน 20 มิลลิลิตร เติม NaOH 40% จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต่อเข้าเครื่องกลั่นซึ่งมี boric acid indicator จำนวน 5 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ 50 มิลลิลิตร รองรับอยู่ กลั่นให้ได้ของเหลวสีเขียวประมาณ 35-40 มิลลิลิตร

3.6.2.5 ไตเตรทของเหลวที่กลั่นได้ด้วย Standard H_2SO_4 สีของของเหลวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดงถือเป็นจุดยุติ

<u>คำนวณ</u>

$$\%TN = \frac{[((T - B) \bullet N \bullet 1.4)/M]}{\%dilute}$$

เมื่อ T = มิลลิลิตร ของกรดที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง
B = มิลลิลิตร ของกรดที่ใช้ไตเตรท blank
N = ความเข้มข้นของ Standard H_2SO_4
M = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.6.3 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529)

3.6.3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1 กรัมใส่ kjeldahl flast

3.6.3.2 เติม $HCLO_4$ จำนวน 10 ml. นำไปย่อยใน digest ที่ใช้อุณหภูมิต่ำๆแล้วค่อยเพิ่มความร้อนจนสารละลายใส แล้วทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น

3.6.3.3 เตรียม standard phosphorus 0, 0.5,1,2,3,5,15 และ 25 โดยปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml.

3.6.3.4 ดูด standard phosphorus ที่มีความเข้มข้นต่างๆ 10 ml. เติมสารละลายผสมระหว่าง (NH_4VO_3) กับ ($NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ จำนวน 10 ml. ปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที

3.6.3.5 ดูดสารละลายตัวอย่าง 10 ml. ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml. เติมสารละลายผสมระหว่าง (NH_4VO_3) กับ ($NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ จำนวน 10 ml. ปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที เช่นเดียวกันกับ standard phosphorus แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาว 420 นาโนเมตร

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ฟอสฟอรัสทั้งหมด}\% = \frac{ppm(\text{curve})}{100M}$$

เมื่อ M= น้ำหนักตัวอย่าง

3.6.4 พีเอช (เกษมศรี ซับซ้อน, 2529)

3.6.4.1 ใช้อัตราส่วนตัวอย่าง : น้ำกลั่น (1:5) ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

3.6.4.2 เขย่าด้วย shaker นาน 30 นาที นำตัวอย่างไปวัดด้วยเครื่อง pH meter

3.6.4.3 นำตัวอย่างที่ได้มาวัดด้วยเครื่อง pH meter

3.6.5 ของแข็งระเหยได้ (VS) (อุษา วิเศษสุมน,2537)

3.6.5.1 ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบค่าน้ำหนักแน่นอนแล้ว

3.6.5.2 นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 650 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

3.6.5.3 ปล่อยเย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งระเหยได้}\% = \frac{A-B}{A} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

3.6.6 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Nelson D.W. and L. E Sommers. ,1982)

3.6.6.1 ชั่งขยะ 0.5-2 กรัม ใส่ใน erlenmye flask ขนาด 250 ml. เติม Std. 1 N. $K_2Cr_2O_7$ 10 ml. แกว่งเบาๆ ประมาณ 1 นาที

3.6.6.2 เติม H_2SO_4 20 ml. ล้างขยะให้ทั่วหมดอย่าให้ติดข้างขวด เขย่าประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 20-30 นาที หรือสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

3.6.6.3 เติมน้ำกลั่น 100 ml. และเติม H_2SO_4 10 ml. แกว่ง แล้วเติม indicator 2 ml. แกว่งให้เข้ากัน สีของสารละลายจะเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน

3.6.6.4 ไตเตรทด้วย 1 N.$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีเขียว

3.6.6.5 เพื่อให้ถึงจุด end point ที่ถูกต้องควรเติมStd. $K_2Cr_2O_7$ 0.5 ml. แล้วนำมาไตรเตรทกับ1 N.$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ จนถึงจุด end point

3.6.6.6 ควรทำ Blank ทุกครั้ง

การคำนวณ

$$\%O.C. = K_2Cr_2O_7(ml.) \bullet 1 \bullet \frac{(B \sim S)}{B} \bullet \frac{0.6717}{G}$$

เมื่อ S = ml. ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ของขยะ

B = ml. ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ ของBlank

G = น้ำหนักขยะ

3.6.7 อัตราการเจริญเติบโต สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน(มิลลิกรัม/ตัว)} = \frac{Wn - Wo}{d}$$

เมื่อ W_n = น้ำหนักไส้เดือนเฉลี่ยต่อตัววันที่พิจารณา

W_o = น้ำหนักไส้เดือนเฉลี่ยต่อตัววันแรก

D = จำนวนวันทั้งหมด

3.6.8 ปริมาณการผลิตไส้เดือน สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณการผลิตไส้เดือน(กรัมไส้เดือน.กรัมวัสดุหมัก)} = \frac{Wn - Wo}{Sn - So}$$

เมื่อ W_n = น้ำหนักไส้เดือนเฉลี่ยต่อตัววันที่พิจารณา

W_o = น้ำหนักไส้เดือนเฉลี่ยต่อตัววันแรก

S_n = น้ำหนักขยะเศษอาหารวันที่พิจารณา

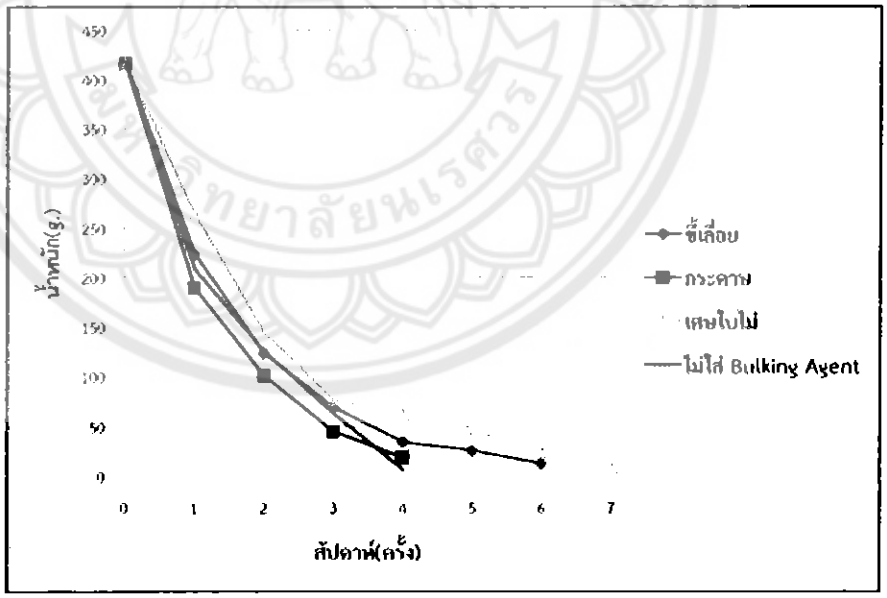
S_o = น้ำหนักขยะเศษอาหารวันแรก

บทที่4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษา bulking agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน *Perionyx excavatus* มีผลการทดลองดังนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะอินทรีย์สังเคราะห์

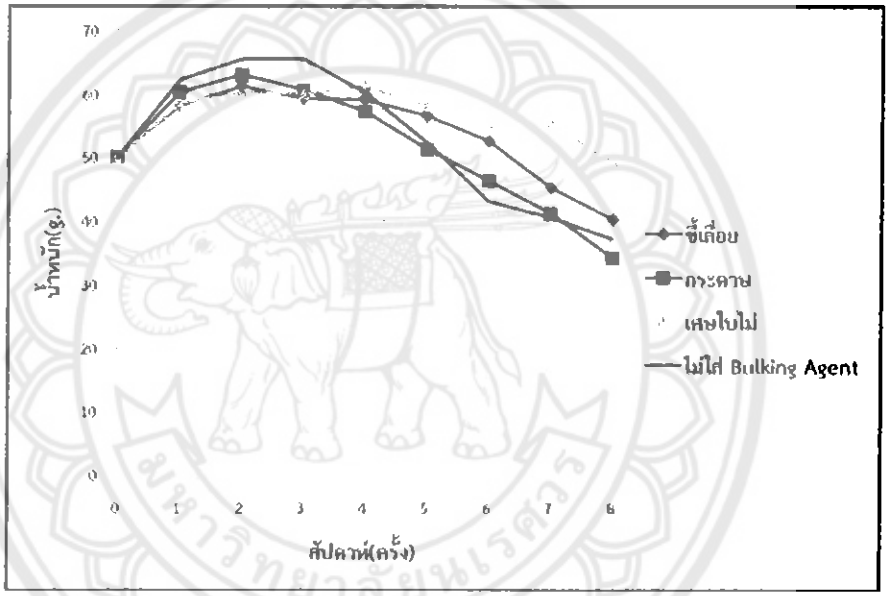
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์ชั่งน้ำหนักทุก สัปดาห์ เป็นระยะเวลา ทั้งสิ้น 2 เดือนโดยขยะเศษอาหารเริ่มต้นรวมกับ Bulking agent เท่ากับ 416.667 เท่ากันในทุกการทดลอง จากการทดลองพบว่า ขยะเศษอาหารชนิดที่ไม่ใส่ bulking agent และ ชนิดที่ใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuseสามารถย่อยสลายขยะเศษอาหารได้รวดเร็วที่สุด เท่ากับ 4 สัปดาห์ รองลงมาคือ ขี้เลื่อย และเศษใบไม้ เท่ากับ 6สัปดาห์และ 7 สัปดาห์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในทุกกการทดลองจะสังเกตได้ว่า ในช่วงแรก น้ำหนักขยะอินทรีย์จะลดลงอย่างรวดเร็วเป็นผลเนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนที่จะกินสิ่งที่ย่อยสลายได้ง่ายก่อน และหลังจากนั้นการย่อยสลายจะลดลงเนื่องจากจะเหลือสิ่งที่ย่อยสลายได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะอินทรีย์สังเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมของไส้เดือน

จากผลการทดลองพบว่าน้ำหนักของไส้เดือนรวมตอนเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 50.00 กรัม โดยขยะเศษอาหารชนิดที่ ไม่ใส่ bulking agent สามารถเพิ่มน้ำหนักไส้เดือนรวมได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 65.417 กรัม และรองลงมา คือ ใส่ bulking agent ชนิดกระดาษreuse, ขี้เลื่อย, และเศษใบไม้ มีค่าเท่ากับ 62.953, 61.225 และ61.224 กรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจะสังเกตได้ว่าน้ำหนักตัวของไส้เดือนจะแบ่งได้เป็นสองช่วงคือ ช่วงที่เพิ่มขึ้น จะเกิดในช่วง 2 สัปดาห์ แรก เนื่องจากไส้เดือนจะกินอาหารที่ย่อยง่ายไปก่อนทำให้น้ำหนักตัวมีค่าเพิ่มขึ้น และช่วงที่ลดลง จะเกิดในช่วงหลังจาก 2 สัปดาห์ไปแล้ว เนื่องจากจะเหลือขยะเศษอาหารที่ย่อยสลายได้ยากที่ให้การกินอาหารของไส้เดือนลดลง ส่งผลถึงน้ำหนักตัวที่น้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไส้เดือน

อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของไส้เดือน

จากการวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโตพบว่าขยะเศษอาหารชนิดที่ ไม่ใส่ bulking agent และชนิดที่ใส่กระดาษreuse มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.586 เท่ากัน และรองลงมาคือขี้เลื่อย และเศษใบไม้ มีค่าเท่ากับ 2.457, และ1.971ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนที่จะกินอาหารที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่า กล่าวคือ การที่ไม่ใส่ bulking agent กับใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuse สามารถย่อยสลายได้เร็วกว่า ขี้เลื่อย และเศษใบไม้ ตามลำดับนั้นเอง

ตารางที่ 4.1อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

ชนิดของ Bulking Agent	อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด(มิลลิกรัมต่อวัน)
ขี้เลื่อย	2.457
กระดาษreuse	2.586
เศษใบไม้	1.971
ไม่ใส่ bulking agent	2.586

อัตราการผลิตสูงสุดของไส้เดือน

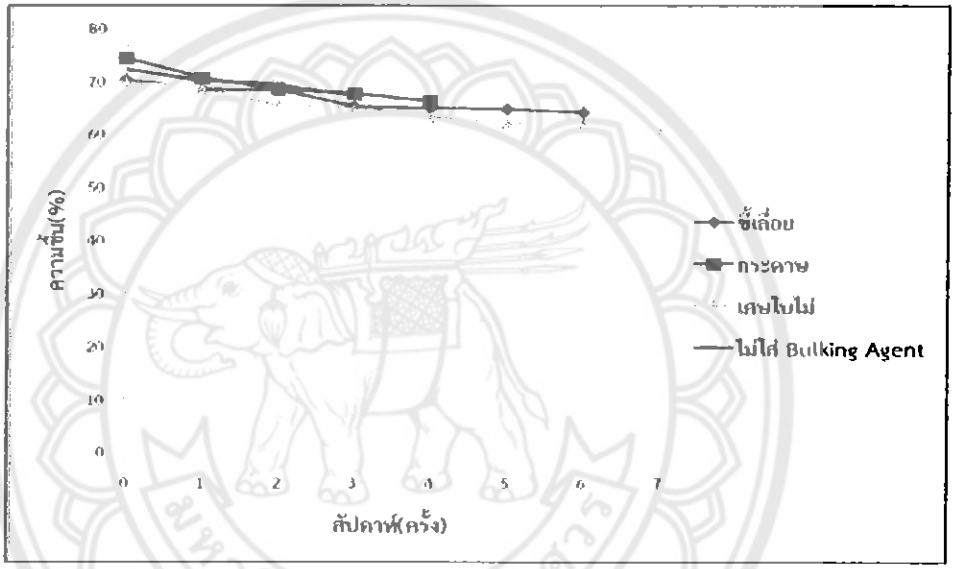
จากผลการวิเคราะห์อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวไส้เดือนเปรียบเทียบที่ 14 วันของการทดลอง เนื่องจากเป็นวันที่น้ำหนักตัวของไส้เดือนสูงสุดพบว่า เห็นได้ว่าค่าดังกล่าวมีความใกล้เคียงกันมาก แต่อย่างไรก็ตามขยะเศษอาหารชนิดที่ ไม่ใส่ bulking agent มีปริมาณการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.0616และรองลงมาคือ ขี้เลื่อย กระดาษreuse และใบไม้ มีค่าเท่ากับ 0.0583, 0574, และ 0.0438 ตามลำดับ ซึ่งค่าให้เหตุผลเช่นเดียวกันกับอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน

ตารางที่ 4.2 อัตราการผลิตไส้เดือนสูงสุด

ชนิดของ Bulking Agent	อัตราการผลิตไส้เดือนสูงสุด (กรัมไส้เดือนต่อกรัมขยะอินทรีย์)
ขี้เลื่อย	0.0583
กระดาษreuse	0.0574
เศษใบไม้	0.0438
ไม่ใส่ bulking agent	0.0616

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น

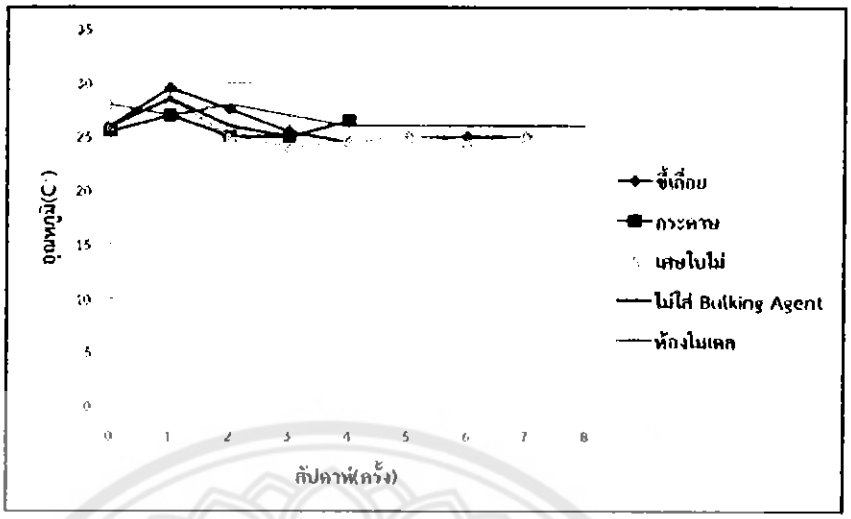
จากการทดลองพบว่าความชื้นในขยะอินทรีย์ในตอนเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 71.621 และในทุกการทดลองมีแนวโน้มที่ความชื้นจะลดลงคล้ายคลึงกันหมดจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งกล่าวได้ว่าไส้เดือนได้น้ำไปใช้ในการดำรงชีวิตทำให้ความชื้นจากขยะอินทรีย์ลดลง แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองต้องควบคุมความชื้นในกองหมักไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยการสเปรย์ด้วยกระบอกฉีดน้ำ และทำการตรวจสอบระดับความชื้นตลอดการทดลองเพื่อให้ความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของไส้เดือน



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น

การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ

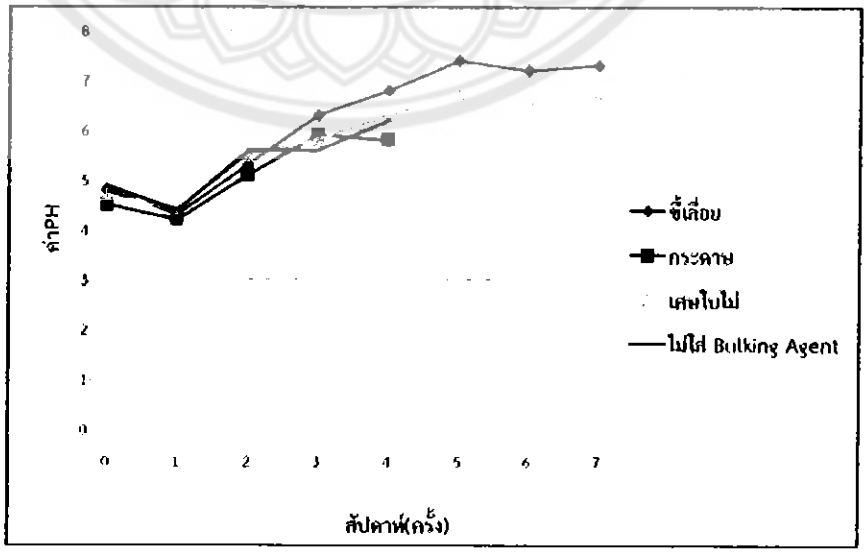
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขยะอินทรีย์ จะเห็นได้ว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิจะมีแนวโน้มสูงในช่วงแรก ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับการหมักขยะแบบทั่วๆ ไป หลังจากนั้น อุณหภูมิจะลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิ บรรยากาศขณะที่ทดลอง แล้วรักษาระดับค่อนข้างคงที่ไปจนสิ้นสุดการทดลอง โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 24-30 องศาเซลเซียส เหตุผลดังกล่าวอาจเป็นเพราะ กองหมักมีชั้นความหนาของขยะสังเคราะห์ไม่มากนักทำให้ค่าอุณหภูมิดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ

ค่าพีเอช

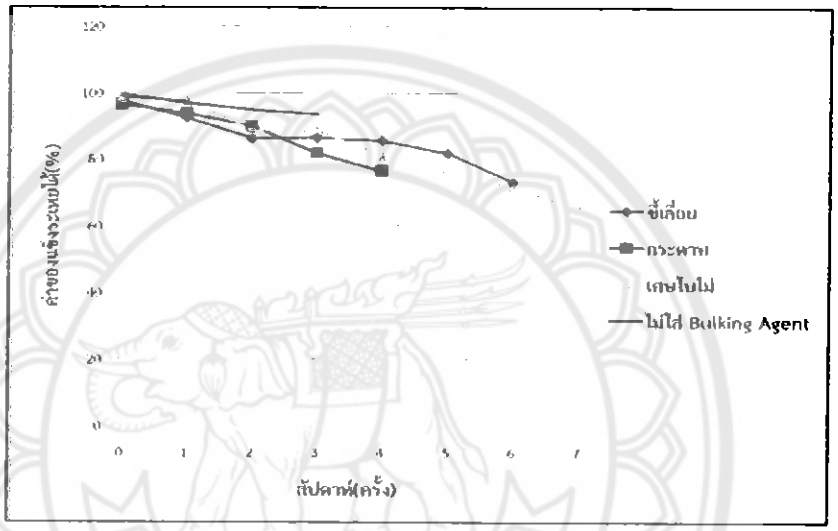
จากการทดลองพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า พีเอช มีแนวโน้มคล้ายคลึงกันในทุกการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 4.725 ซึ่งมีสภาพเป็นกรดอ่อน ซึ่งในช่วงสัปดาห์แรกค่าพีเอช มีค่าต่ำลงอันเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายขยะอินทรีย์และปลดปล่อยกรดอินทรีย์บางชนิดออกมา และหลังจากนั้นค่า พีเอช จะค่อยๆเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง5.8-7.3 และพบว่าอยู่ในช่วง 5-8 ซึ่งเป็นช่วงที่ไส้เดือนสามารถเจริญเติบโตได้ดี และเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะเห็นได้ว่าไส้เดือนสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักให้มีสภาพที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งระเหยได้

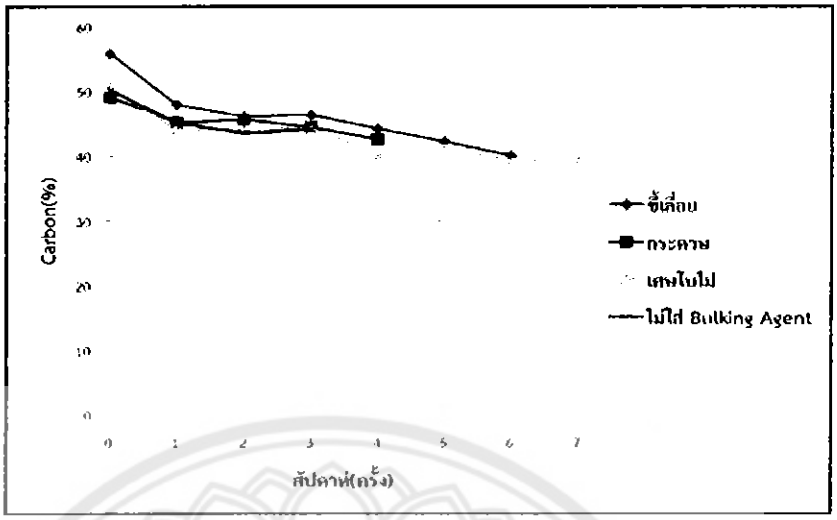
จากการทดลองพบว่าค่าของแข็งระเหยได้ในตอนเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ98.075 โดยน้ำหนักแห้งและเมื่อระเวลาเดียวกันพบว่าการทดลองที่ใส่ bulking agent เป็น ขี้เลื่อย ,กระดาษreuse,เศษใบไม้ และไม่ใส่ มีค่าเท่ากับ 86.525, 81.925, 88.675 และ 93.575 ตามลำดับ โดยน้ำหนัก และพบว่าการทดลองที่ใส่ bulking agent เป็น กระดาษreuse สามารถลดปริมาณของแข็งระเหยได้มากที่สุดรองลงมาคือ ขี้เลื่อย เศษใบไม้ และ ไม่ใส่ ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเดียวกัน



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งระเหยได้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

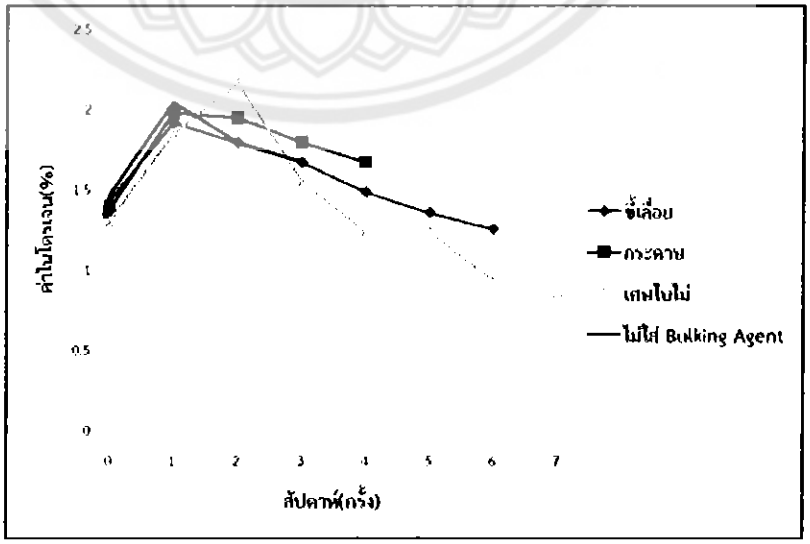
จากการวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอนได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7 โดยในตอนเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 51.436 และมีแนวโน้มที่จะลดลงตามระยะเวลาการหมักในทุกการทดลอง เหตุที่เป็นดังกล่าวเนื่องจากการใช้พลังงานจากการ oxidation สารประกอบอินทรีย์โดยใช้ในการสร้างองค์ประกอบเซลล์ ส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และในช่วงแรกอุณหภูมิในกองหมักยังสูงอยู่และขยะอินทรีย์ที่นำมาทดลองยังคงสดอยู่จึงไม่เหมาะสมกับการกินของไส้เดือน เนื่องจากไส้เดือนจะไม่กินอาหารที่สดและจะกินอาหารโดยการดูดอาหารเข้าไปในร่างกายจึงกินได้เฉพาะอาหารที่บูดเน่าและกำลังจะสลายตัว



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน

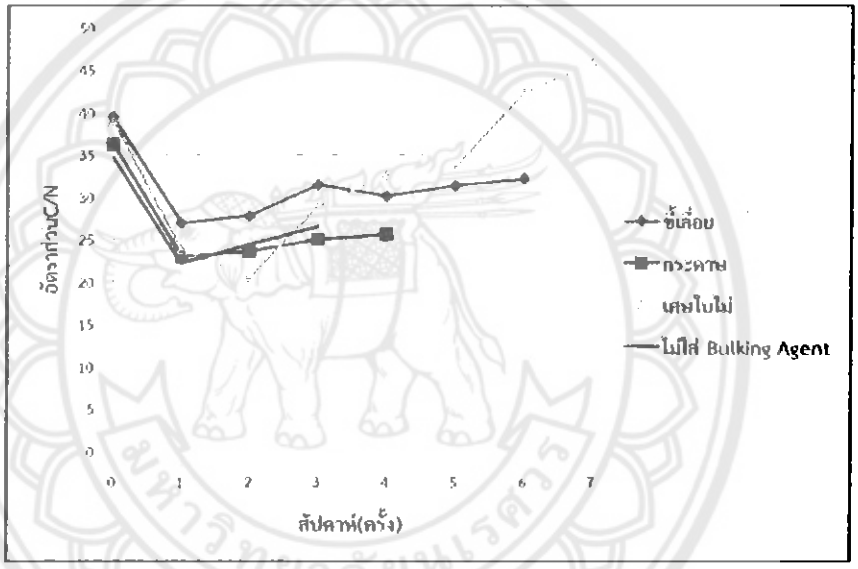
จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลการทดลองเป็นดังรูปที่ 4.8 โดยค่าปริมาณไนโตรเจนในตอนเริ่มต้นการทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.3785 โดยน้ำหนักแห้ง ในช่วงสัปดาห์แรก จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากในช่วงแรกไส้เดือนยังไม่กินอาหารที่ยังสดอยู่และยังสูญเสียไนโตรเจนในรูปการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย โดยช่วงแรกการย่อยสลายเกิดจาก กิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากในช่วงแรกส่วนประกอบของอาหารยังคงสดจึงไม่เหมาะสมกำการกินของไส้เดือน หลังจากนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่ออาหารเริ่มบูดเน่า การกินของไส้เดือนก็จะส่งผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนก็จะมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆจนสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

จากการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าผลเป็นดังรูปที่ 4.9 คือค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 32.533 และเมื่อพิจารณาในการนำเอาไปใช้พบว่า ยังอยู่ในช่วง 20-50 ซึ่งสามารถนำดินไปใช้ได้โดยไม่มีอันตราย แต่ปุ๋ยหมักที่ดีควรมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน20:1 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระเวลาเท่ากัน(พิจารณาวันที่อาหารเริ่มหมด) สำหรับการทดลองชนิดใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuse เมื่อสิ้นสุดการทดลองนั้น สามารถลดอัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจนได้มากที่สุด และรองลงมาคือ ไม่ใส่ bulking agent,ใบไม้, และขี้เลื่อย ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนที่จะกินอาหารที่ย่อยสลายได้ง่ายก่อน



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ธาตุอาหารในดินรองพื้น

จากการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณธาตุอาหารในดินรองพื้นมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากเดิมซึ่งสอดคล้องกับ ปริมาณธาตุอาหารในขยะเศษอาหารที่ลดลง เหตุผลดังกล่าวเกิดจากการที่ไส้เดือนกินอาหารที่มีธาตุอาหารเข้าไปและขับถ่ายมูล ลงสู่ดินรองพื้นทำให้ธาตุอาหารไปสะสมในดิน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ธาตุอาหารในดินรองพื้น

ธาตุอาหาร	ค่าเริ่มต้น	ชนิดของ bulking agent			
		ขี้เลื่อย	กระดาษ reuse	เศษใบไม้	ไม่ใส่ bulking agent
ไนโตรเจน	1.1704	1.5708	1.5092	1.6632	1.3244
ฟอสฟอรัส	0.0952	0.1602	0.146	0.1468	0.133

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา bulking agent ที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารด้วยไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การทดลองเปรียบเทียบการย่อยสลายพบว่า ขยะเศษอาหารชนิดที่ไม่ใส่ bulking agent และที่ใส่ bulking agent ชนิดกระดาษreuse ซึ่งมีค่าเท่ากันและสามารถลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้รวดเร็วที่สุดรองลงมาคือ ขี้เลื่อย และใบไม้ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4, 6 และ 7สัปดาห์ ตามลำดับ

2. การทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไส้เดือนพบว่า ขยะเศษอาหารชนิดที่ใส่ bulking agent เป็น กระดาษreuse และที่ไม่ใส่ bulking agent มีค่าเท่ากันและมากที่สุด รองลงมาคือขี้เลื่อยและใบไม้ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.586, 2.457, และ 1.971 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ

3. การทดลองเปรียบเทียบหาปริมาณการผลิตไส้เดือนพบว่า ขยะเศษอาหารชนิดที่ไม่ใส่ bulking agent สามารถผลิตไส้เดือนได้ปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ใส่ขี้เลื่อย กระดาษreuse และใบไม้ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0616, 0.0583 0.0574, 0.0438 ตามลำดับ

4. การทดลองเปรียบเทียบการลดปริมาณของแข็งระเหยได้พบว่า เมื่อระยะเวลาเท่ากันขยะเศษอาหารชนิดที่ ใส่ bulking agent เป็นกระดาษreuse สามารถลดปริมาณของแข็งระเหยได้ ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ขี้เลื่อย, เศษใบไม้ และไม่ใส่ bulking agent ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ81.925, 86.525, 88.675, และ 93.575 ตามลำดับ

5. การทดลองวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า เมื่อระยะเวลาเท่ากันขยะเศษอาหารชนิดที่ใส่ bulking agent เป็น กระดาษreuse สามารถลดอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนได้มากที่สุด รองลงมาคือ ไม่ใส่ bulking agent, ใบไม้, และขี้เลื่อย ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ24.934, 26.553, 28.82, 31.416 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบ การที่ไม่ใส่ bulking agent และ การใส่ bulking agent เป็นกระดาษจะเห็นว่ามีข้อดี ใกล้เคียงกัน แต่การที่ใส่ bulking agent จะลดกลิ่นที่ออกจากกองหมักขยะได้เนื่องจาก bulking agent จะช่วยระบายอากาศได้ ทำให้ไม่เกิดสภาวะไร้อากาศ สรุปคือ bulking agent ที่เหมาะสมที่สุดในการหมักขยะเศษอาหาร ในการทดลองครั้งนี้ คือ กระดาษreuse

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาไส้เดือนสายพันธุ์อื่นๆเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อเลือกสายพันธุ์ที่ย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่ดีที่สุด

ควรศึกษาชนิดขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนสามารถย่อยสลายได้ดีที่สุดโดยการเปลี่ยนแปลงขยะเศษอาหารเป็น เปลือกผลไม้ เศษผัก เศษอาหาร หรือ อาจจะเป็น ขยะที่ย่อยสลายได้อื่นๆ เป็นต้น

ควรตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพเพื่อหาจุลินทรีย์หรือพยาธิที่อาจมีในขยะอินทรีย์และดินรองพื้น

บรรณานุกรม

ขวัญทิพา ปานเดชา. (2549) การหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้ไส้เดือน *Perionyx excavatus* พิษณุโลก: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เกษมศรี ซับซ้อน. (2529) คู่มือวิเคราะห์ดิน พืช ปุ๋ย และน้ำ กรุงเทพฯ: กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กระทรวงศึกษาธิการ

อุษา วิเศษสุมน. (2537) เทคโนโลยีการจัดการด้านขยะและกากพิษ: กรุงเทพฯ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/ garbage_02.html (12 กุมภาพันธ์ 2555)

http://www.tungsong.com/Environment/Garbage_n/garbage_09.html (12 กุมภาพันธ์ 2555)

http://www.vcharkarn.com/varticle/38803 (12 กุมภาพันธ์ 2555)

ภาคผนวก

น้ำหนักขยะเศษอาหาร + Bulking Agent

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	416.667	416.667	416.667	416.667
week1 (11/12/54)	223.789	189.342	263.471	208.646
week2 (18/12/54)	123.675	101.246	101.811	125.686
week3 (25/12/54)	69.132	44.503	75.845	63.487
week4 (01/01/55)	34.457	18.446	62.489	6.169
week5 (07/01/55)	25.680	0.000	46.504	0.000
week6 (14/01/55)	12.417	0.000	23.134	0.000
week7 (21/01/55)	0.000	0.000	7.429	0.000
week8 (28/01/55)	0.000	0.000	0.000	0.000

น้ำหนักไส้เดือน

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	50.021	50.000	50.011	50.006
week1 (11/12/54)	58.126	60.190	58.556	62.193
week2 (18/12/54)	61.225	62.953	60.198	65.417
week3 (25/12/54)	59.242	60.536	60.028	65.388
week4 (01/01/55)	59.143	57.214	61.224	60.212
week5 (07/01/55)	56.533	51.253	58.122	52.226
week6 (14/01/55)	52.533	46.269	55.138	43.138
week7 (21/01/55)	45.256	41.123	55.288	40.511
week8 (28/01/55)	40.246	34.125	49.217	37.187

ค่าของแข็งระเหยได้ของขยะเศษอาหาร

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	97.625	96.500	98.500	99.375
week1 (11/12/54)	92.475	93.775	97.575	97.000
week2 (18/12/54)	86.250	90.000	88.750	95.000
week3 (25/12/54)	86.525	81.925	88.675	93.575
week4 (01/01/55)	85.627	76.539	81.129	-
week5 (07/01/55)	81.846	-	76.125	-
week6 (14/01/55)	73.256	-	71.412	-
week7 (21/01/55)	-	-	65.144	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

ค่าความชื้นของขยะเศษอาหาร

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	70.225	74.214	69.889	72.157
week1 (11/12/54)	68.454	70.505	68.455	70.112
week2 (18/12/54)	68.221	68.332	65.332	69.234
week3 (25/12/54)	65.144	67.535	64.891	67.140
week4 (01/01/55)	64.776	66.112	63.236	-
week5 (07/01/55)	64.643	-	61.880	-
week6 (14/01/55)	64.012	-	61.900	-
week7 (21/01/55)	-	-	60.134	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

ค่าPH ของขยะเศษอาหาร

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	4.800	4.500	4.700	4.900
week1 (11/12/54)	4.300	4.200	4.400	4.400
week2 (18/12/54)	5.300	5.100	5.500	5.600
week3 (25/12/54)	6.300	5.900	5.800	5.600
week4 (01/01/55)	6.800	5.800	6.300	6.200
week5 (07/01/55)	7.400	-	6.730	-
week6 (14/01/55)	7.200	-	6.600	-
week7 (21/01/55)	7.300	-	6.700	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

อุณหภูมิของขยะเศษอาหารตาม Bulking Agent

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent				ห้องโมเดล
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม้	ไม่ใส่ Bulking Agent	
week0 (04/12/54)	26.0	25.500	26.0	26.0	28
week1 (11/12/54)	29.5	27.000	28.5	28.5	27
week2 (18/12/54)	27.5	25.000	25.0	26.0	28
week3 (25/12/54)	25.5	25.00	24.0	25.0	27
week4 (01/01/55)	24.5	26.5	24.5	-	26
week5 (07/01/55)	25.0	-	25.0	-	26
week6 (14/01/55)	25.0	-	24.5	-	26
week7 (21/01/55)	25.0	-	25.0	-	26
week8 (28/01/55)	-	-	-	-	26

ค่า ไนโตรเจน

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	1.417	1.355	1.294	1.448
week1 (11/12/54)	1.910	1.971	1.843	2.033
week2 (18/12/54)	1.786	1.94	2.156	1.786
week3 (25/12/54)	1.663	1.786	1.54	1.663
week4 (01/01/55)	1.478	1.663	1.232	-
week5 (07/01/55)	1.350	-	1.232	-
week6 (14/01/55)	1.248	-	0.924	-
week7 (21/01/55)	-	-	0.862	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

ค่า Carbon

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม้	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	55.874	49.144	50.553	50.173
week1 (11/12/54)	47.993	45.219	44.091	45.153
week2 (18/12/54)	46.125	45.633	44.125	43.532
week3 (25/12/54)	46.433	44.532	44.383	44.157
week4 (01/01/55)	44.256	42.588	40.219	-
week5 (07/01/55)	42.282	-	41.443	-
week6 (14/01/55)	40.125	-	39.128	-
week7 (21/01/55)	-	-	39.496	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

ค่า คาร์บอนต่อไนโตรเจน

สัปดาห์ที่	ชนิดของ Bulking Agent			
	ขี้เลื่อย	กระดาษ	เศษใบไม่	ไม่ใส่ Bulking Agent
week0 (04/12/54)	39.431	36.268	39.067	34.649
week1 (11/12/54)	26.872	22.942	23.858	22.21
week2 (18/12/54)	27.736	23.522	20.466	24.374
week3 (25/12/54)	31.416	24.934	28.82	26.553
week4 (01/01/55)	30.069	25.609	32.645	-
week5 (07/01/55)	31.320	-	33.639	-
week6 (14/01/55)	32.151	-	42.346	-
week7 (21/01/55)	-	-	45.819	-
week8 (28/01/55)	-	-	-	-

ค่า ไนโตรเจน ของดินรองพื้น

ชนิด Bulking Agent	เริ่มต้น	สิ้นสุด
อาหาร	1.1704	1.3244
ขี้เลื่อย	1.1704	1.5708
ใบไม้	1.1704	1.6632
กระดาษ	1.1704	1.5092

ค่าฟอสฟอรัส ของดินรองพื้น

ชนิด Bulking Agent	เริ่มต้น	สิ้นสุด
อาหาร	0.0952	0.133
ขี้เลื่อย	0.0952	0.1602
ใบไม้	0.0952	0.1468
กระดาษ	0.0952	0.146