

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ประเภทการหมัก	4
2.2 รูปแบบวิธีการหมัก	6
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมัก	10
2.4 การประเมินการได้ที่ของปุ๋ยหมัก	16
2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	30
3.1 รูปแบบการทดลอง	30
3.2 การดำเนินการทดลอง	30
3.3 รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	36
3.4 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง	38
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	41
4.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและกายภาพ	41
4.2 การเปลี่ยนแปลงของมวลและลักษณะสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก	62
4.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก	76

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุปผลการทดลอง	79
5.2 ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง	84
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน และความชื้น ของเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัด น้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	87
ภาคผนวก ข สารเร่งพด.-1	89
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการ หมักปุ๋ยและการหาความชื้นของของผสม	91
ภาคผนวก ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก	95
ภาคผนวก จ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของก๊าซออกซิเจนภายในกองปุ๋ยหมัก	104
ภาคผนวก ฉ การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนออสโมติก	113
ภาคผนวก ช การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน และอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจน	116
ภาคผนวก ซ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและ ไนโตรเจนในรูปออกซิไดส์ไนโตรเจน	119
ภาคผนวก ฌ การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช	122
ภาคผนวก ฎ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบความชื้น ถั่ว และของแข็งที่ระเหยได้	125
ประวัติผู้เขียน	128

ญ

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. การเปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียของกระบวนการหมักปุ๋ยในแต่ละวิธี	11
2. การเปลี่ยนแปลงของกระดาศโครมาโตกราฟฟีเมื่อใช้ปุ๋ยสดและปุ๋ยที่ได้ที่แล้ว	19
3. องค์ประกอบทางเคมีของทั้งสองกองปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาในการหมัก 30 และ 80 วัน	21
4. รายละเอียดของการศึกษาผลของผลของปุ๋ยหมักต่อกระบวนการหมักปุ๋ย ผลของการพลิกกลับและไม่พลิกกลับกองปุ๋ยหมักต่อกระบวนการหมักปุ๋ย และเหตุผลในการศึกษาของการทดลองใน Run ที่ 1	33
5. รายละเอียดในการศึกษาผลของผลของปุ๋ยหมักต่อกระบวนการหมักปุ๋ย ผลของการพลิกกลับและไม่พลิกกลับกองปุ๋ยหมักต่อกระบวนการหมักปุ๋ย และเหตุผลในการศึกษาของการทดลองใน Run ที่ 2	35
6. รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	36
7. วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างในแต่ละพารามิเตอร์	39
8. การลดลงของมวลและการกระจายขนาดของปุ๋ยหมักที่หมักด้วยเศษหญ้าผสมกับ กากตะกอนน้ำเสียของการทดลองใน Run ที่ 1	65
9. การลดลงของมวลและการกระจายขนาดของปุ๋ยหมักที่หมักด้วยใบไม้แห้งผสมกับ กากตะกอนน้ำเสียของการทดลองใน Run ที่ 2	66
10. องค์ประกอบแร่ธาตุอาหารของการทดลองใน Run ที่ 1 และ 2	69
11. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนน้ำเสียที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง ในครั้งนี้	71
12. มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนน้ำเสียที่มากที่สุดที่ยอมให้มีได้ เมื่อนำไปใช้ในการเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป	71
13. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในปุ๋ยหมักของการทดลองใน Run ที่ 1	73
14. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในปุ๋ยหมักของการทดลองใน Run ที่ 2	74
15. ผลการตรวจสอบเชื้อโรคจากกองปุ๋ยหมักของการทดลองใน Run ที่ 1 และ 2	75
16. ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักเมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางเคมีและ กายภาพของปุ๋ยทุกกองที่ได้จากการทดลองใน Run ที่ 1 และ 2	77

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. สัดส่วนของกองปุ๋ยหมักแบบวินด์โรว์	7
2. กองปุ๋ยหมักที่ถูกออกแบบในรูปแบบต่างๆ	7
3. กระบวนการหมักแบบเติมอากาศโดยใช้เครื่องเป่าอากาศ	9
4. รูปร่างของกองปุ๋ยหมักที่ใช้วิธีกองแบบมีการระบายอากาศ	30
5. รายละเอียดของท่อพีวีซีที่ถูกใช้เสียบเข้าไปในกองปุ๋ยหมักในแนวนอนและแนวตั้ง	32
6. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 1-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	43
7. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 1-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	43
8. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 1-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	44
9. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 1-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	44
10. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 2-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	45
11. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 2-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	45
12. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 2-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	46
13. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักของกองที่ 2-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	46
14. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 1-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	48
15. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 1-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	48

รูปที่	หน้า
16. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 1-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	48
17. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 1-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	48
18. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 2-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	49
19. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 2-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	49
20. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 2-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	49
21. ปริมาณของก๊าซออกซิเจนของกองที่ 2-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับทุกๆ 14 วัน	49
22. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของการทดลองใน Run ที่ 1	51
23. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของการทดลองใน Run ที่ 2	51
24. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของการทดลองใน Run ที่ 1	53
25. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของการทดลองใน Run ที่ 2	53
26. องค์ประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียของการทดลองใน Run ที่ 1	55
27. องค์ประกอบไนโตรเจนในรูปออกไซด์ไนโตรเจนของการทดลองใน Run ที่ 1	55
28. องค์ประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียของการทดลองใน Run ที่ 2	56
29. องค์ประกอบไนโตรเจนในรูปออกไซด์ไนโตรเจนของการทดลองใน Run ที่ 2	56
30. พีเอชของการทดลองใน Run ที่ 1	58
31. พีเอชของการทดลองใน Run ที่ 2	58
32. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 1-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับ	60
33. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 1-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับ	60

รูปที่	หน้า
34. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 1-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	60
35. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 1-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับ	60
36. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 2-1 กองปุ๋ยสูง 0.5 ม. และมีการพลิกกลับ	61
37. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 2-2 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และมีการพลิกกลับ	61
38. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 2-3 กองปุ๋ยสูง 1.0 ม. และไม่มีการพลิกกลับ	61
39. องค์ประกอบแก้ว ของแข็งที่ระเหยได้ และความชื้นของกองที่ 2-4 กองปุ๋ยสูง 1.5 ม. และมีการพลิกกลับ	61
40. สภาพของกองปุ๋ยหมักที่มีความสูง 1.0 ม. เมื่อเริ่มต้นกระบวนการหมัก	63
41. สภาพของกองปุ๋ยหมักที่มีความสูง 1.0 ม. เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้ว	63
42. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดใหญ่กว่า 10.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 1	67
43. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดระหว่าง 5.0-10.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 1	67
44. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดเล็กกว่า 5.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 1	67
45. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดใหญ่กว่า 10.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 2	67
46. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดระหว่าง 5.0-10.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 2	67
47. ปุ๋ยหมักที่มีขนาดเล็กกว่า 5.0 มม. ของการทดลองใน Run ที่ 2	67

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ก.	กรัม
กก.	กิโลกรัม
ชม.	ชั่วโมง
ซม.	เซนติเมตร
°ซ	องศาเซลเซียส
ม.	เมตร
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
ลบ.ม.	ลูกบาศก์เมตร
AGE	ระยะเวลาที่ปุ๋ยเริ่มได้ที่, วัน
ASH	องค์ประกอบเถ้า, ร้อยละ
C	คาร์บอน, ร้อยละ
Cd	แคดเมียม, มิลลิกรัม/กรัม
CEC	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอิออนบวก, มิลลิอิควิวาเลน/ปุ๋ย 100 กรัมโดย น้ำหนักแห้ง
CH ₄	มีเทน
C/N	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
CO ₂	คาร์บอนไดออกไซด์
COD	ซีโอดี, มิลลิกรัม/ลิตร
Cr	โครเมียม, มิลลิกรัม/กรัม
Crs	คาร์บอนในน้ำตาลที่ลดลง, ร้อยละ
Cu	คอปเปอร์, มิลลิกรัม/กรัม
H ₂ O	น้ำ
H ₂ S	ไฮโดรเจนซัลไฟด์
ID	ดัชนีของความสามารถในการย่อยสลายได้
K	โปแตสเซียม, ร้อยละ
MC	องค์ประกอบความชื้น, ร้อยละ

meq	มิลลิอิควิวาเลน
N	ไนโตรเจน, ร้อยละ
n	จำนวนข้อมูล
NH ₃	แอมโมเนีย
Ni	นิเกิล, ร้อยละ
O ₂	ออกซิเจน
P	ฟอสฟอรัส, ร้อยละ
Pb	ตะกั่ว, มิลลิกรัม/กรัม
pH	พีเอช
Phs	โพลีแซคคาไรด์ที่สามารถสกัดออกมาได้โดยใช้น้ำร้อน
ppm	ส่วนต่อล้านส่วน
SO ₂	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
SD	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
TOC	สารอินทรีย์ที่เป็นคาร์บอนทั้งหมด, ร้อยละ
VS	องค์ประกอบของแข็งที่ระเหยได้, ร้อยละ
Wt.	น้ำหนัก
Y	ดีกรีของการได้ที่ของปุ๋ยหมัก
Zn	สังกะสี, มิลลิกรัม/กรัม
%	ร้อยละ