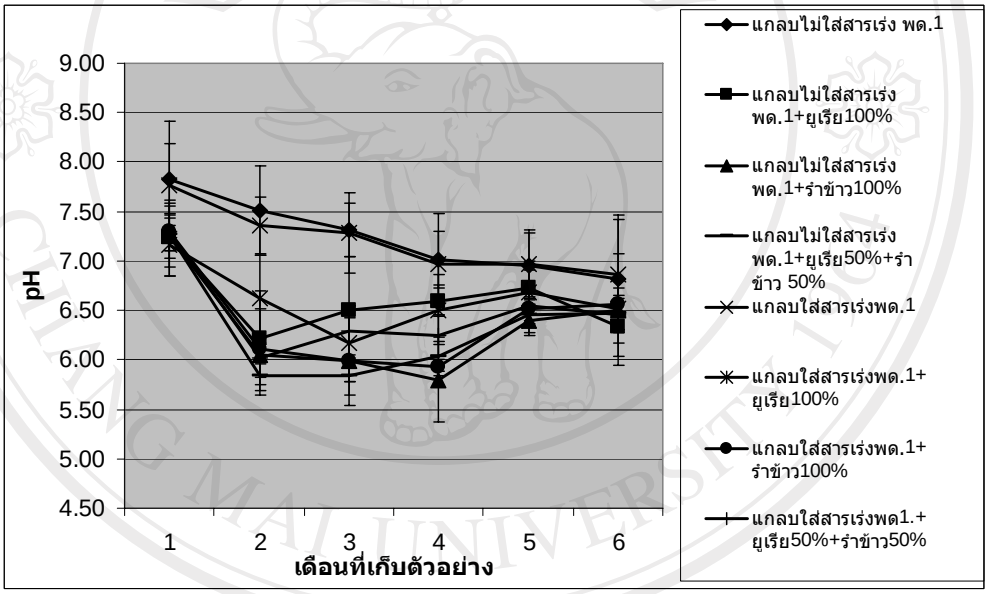
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมเป็นแกลบ

4.1.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH)



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลง pH ของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือนค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.36, เดือนที่สอง 0.37 , เดือนที่สาม 0.37, เดือนที่สี่ 0.39, เดือนที่ห้า 0.28 และเดือนที่หก 0.91

จากการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์หาค่า pH พบว่ามีแนวโน้มลดลงทุกตำรับการทดลอง (รูปที่1) โดยในแต่ละเดือนที่ทำการวิเคราะห์พบว่าทุกช่วงของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเดือนที่ 6 โดยในเดือนที่ 1 เดือนที่ 2 เดือนที่ 3 เดือนที่ 4 และเดือนที่ 5 มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.2-7.8, 5.9-7.4, 6.0-7.3, 5.9-7.0, 6.5-6.9 ตามลำดับ กล่าวคือ ในเดือนที่ 1 แกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 7.8 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าต่ำสุดคือ 7.2 ในเดือนที่ 2 แกลบไม่ใส่สารเร่ง พด 1. มีค่าสูงสุดคือ 7.4 ในตำรับแกลบไม่ใส่

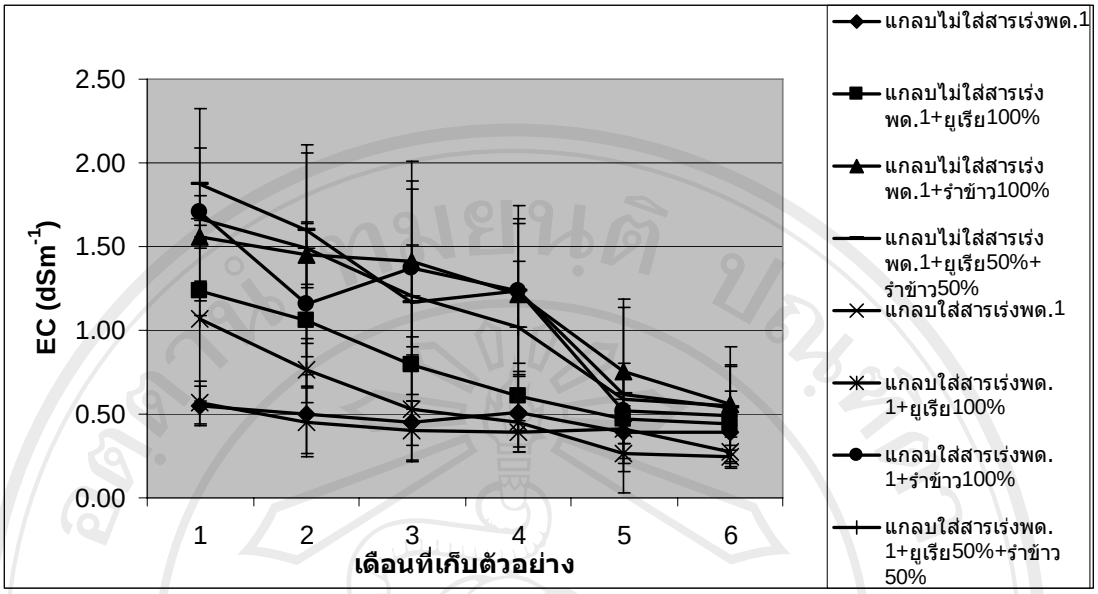
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย 50 %และรำข้าว50 % มีค่าต่ำสุดคือ 5.9 ในเดือนที่ 3 แกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 7.30 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 6.0 ในเดือนที่ 4 แกลบใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 7.0 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100 % มีค่าต่ำสุดคือ 5.9 ในเดือนที่ 5 แกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 6.9 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 6.5 และในเดือนที่ 6 พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 6.4-7.0 โดยปุ๋ยหมักตำรับแกลบที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรียมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH อย่างช้าๆในช่วง 3 เดือนแรก และมีค่าคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง การลดลงของค่า pH ดังกล่าวเป็นผลมาจากการแปรสภาพของ N ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุแกลบในกระบวนการย่อยสลายจึงทำให้ pH ลดลงอย่างช้าๆ ส่วนในปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่รำข้าว 100% ใส่รำข้าว 50% และใส่เฉพาะยูเรียเพียงอย่างเดียว พบว่าค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 เดือนแรก และหลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง การลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็วในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวและปุ๋ยยูเรียเป็นผลเนื่องจากสารประกอบ N ที่เป็นองค์ประกอบของรำข้าวถูกแปรสภาพโดยจุลินทรีย์ในขบวนการเปลี่ยนรูป N หลายขบวนการ จนกระทั่งสารประกอบ N อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และในขณะที่ปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีสารประกอบ N ที่เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) เช่นเดียวกันค่า pH ที่ลดลงเป็นผลจากการที่ NH_4^+ ถูกแปรสภาพโดยเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ระเหยไปในอากาศในกระบวนการ ammonia volatilization ดังสมการ $NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+$ (http://nue.okstate.edu/ammonia.pdf) จากการลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็วในช่วง 2 เดือนแรก สอดคล้องกับการทดลองของ Meunchang *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาระยะเวลาและการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในการย่อยสลายปุ๋ยหมักจาก filter cake พบว่าค่า pH ของปุ๋ยหมักมีค่าลดลงจากประมาณ 7.7 ไปอยู่ที่ 6.8 ในระหว่าง 40 วันแรกของการย่อยสลาย ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายและแปรสภาพของวัสดุหมักโดยจุลินทรีย์

4.1.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างพบว่า ค่า EC มีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลอง เมื่อหมักเป็นระยะเวลานานขึ้นโดยในระยะเวลา 5 เดือนแรก มีค่า EC ลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง (รูปที่ 2) จากการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่า EC ในแต่ละช่วงเวลาพบว่าค่า EC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นช่วงเดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



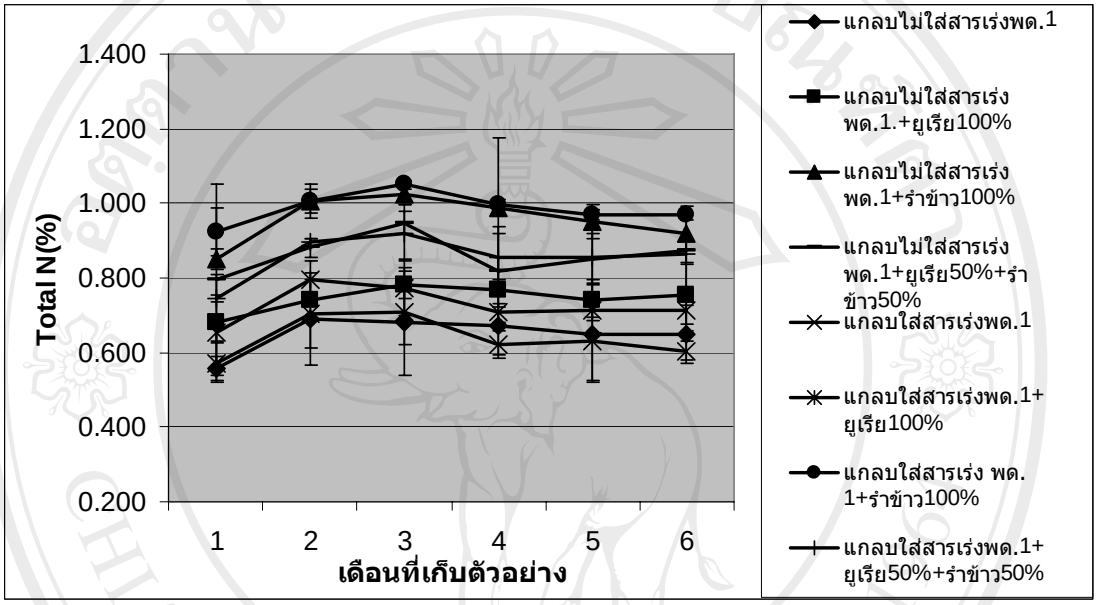
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลง EC ของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมที่เป็นแกลบ ตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.34, เดือนที่สอง 0.39, เดือนที่สาม 0.53, เดือนที่สี่ 0.39, เดือนที่ห้า 0.25 และเดือนที่หก 0.21

ที่5 และเดือนที่ 6 กล่าวคือในช่วงเดือนที่ 1 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50% และรำข้าว50% มีค่าสูงสุดคือ 1.77 dSm^{-1} และปุ๋ยหมักตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.56 dSm^{-1} ในเดือนที่ 2 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว 50% มีค่าสูงสุดคือ 1.54 dSm^{-1} และปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.47 dSm^{-1} ในเดือนที่ 3 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 1.39 dSm^{-1} และปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.42 dSm^{-1} ในเดือนที่ 4 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 1.39 dSm^{-1} และในปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.46 dSm^{-1} ส่วนในเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 ค่า EC จะคงที่ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.37-0.64 dSm^{-1} และ 0.34-0.55 dSm^{-1} ตามลำดับ โดยปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่รำข้าว 100% และใส่รำข้าว 50% พบว่ามีค่า EC สูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย100%และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรีย อาจเป็นผลเนื่องมาจากในรำข้าวมีส่วนประกอบธาตุอาหารอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงจึงทำให้ตำรับที่ใส่รำข้าวมีค่า EC สูงขึ้นตามไปด้วย แต่พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่า EC ลดลง อาจเป็นผลเนื่องมาจากการชะล้างโดยน้ำหรือน้ำฝนขณะทำการทดลองทำให้ค่า EC มีค่าลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Keener *et al*. (2005) ที่ทำการศึกษาปุ๋ยหมักที่ผลิตจากมูลม้าผสมกับกระดาษที่ใช้เป็นวัสดุปูพื้นในคอกม้าทำการทดลองและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่า EC ตลอดระยะเวลาการทดลอง 200 วัน พบว่าค่า EC มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางลดลงโดยมีค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

EC ประมาณ 13 dSm^{-1} ในเดือนแรก และมีค่าประมาณ 9 dSm^{-1} ในเดือนสุดท้าย แต่อย่างไรก็ตาม ค่า EC ตั้งแต่เริ่มต้นของการหมักวัสดุมีค่าไม่เกินเกณฑ์กำหนดของประกาศกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

4.1.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (N)



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ N ทั้งหมดของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.27, เดือนที่สอง 0.08 , เดือนที่สาม 0.10, เดือนที่สี่ 0.12, เดือนที่ห้า 0.08 และเดือนที่หก 0.07

จากการวิเคราะห์ปริมาณ N ในระยะเวลาต่างๆกัน พบว่าปริมาณ N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองในช่วง 3 เดือนแรก และมีค่าค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 3) นอกจากนี้ในทุกช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ในเดือนที่ 1, เดือนที่ 2, เดือนที่ 3, เดือนที่ 4,เดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.57-0.89%, 0.70-1.01%, 0.70-1.04%, 0.65-0.99%, 0.64-0.96%, 0.63-0.94%, ตามลำดับ โดยในเดือนที่ 1 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 0.89% ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.57% ในเดือนที่ 2 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.01% ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.70% ในเดือนที่ 3 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.04% ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.70% ในเดือนที่ 4 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 0.99% ตำรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

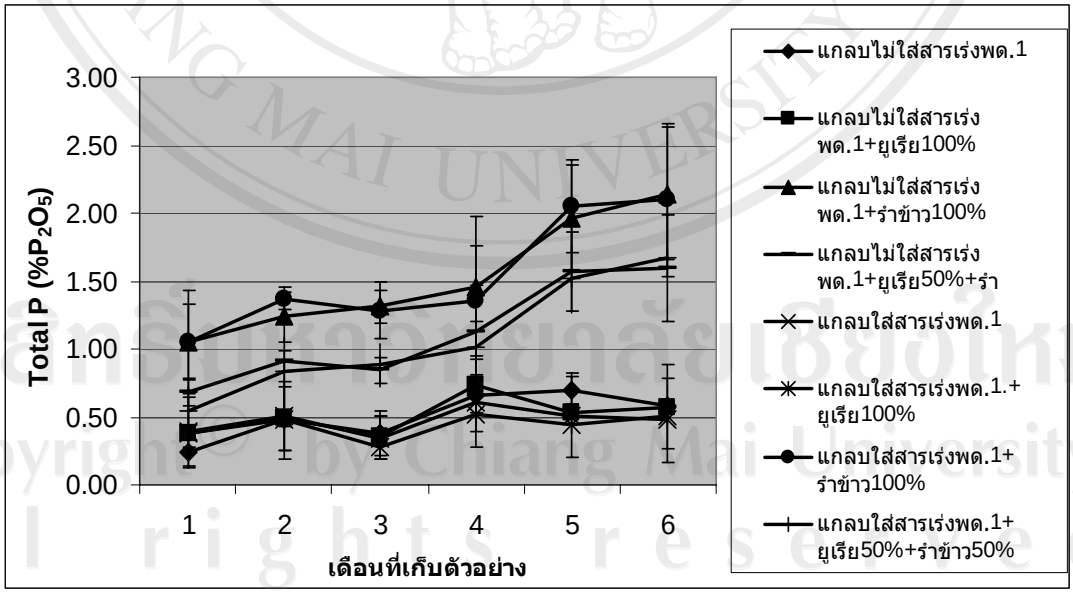
แกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.65% ในเดือนที่ 5 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 0.96% ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.64% และในเดือนที่ 6 ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 0.94% ตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.63% จากผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่รำข้าว 100% และ ใส่รำข้าว 50% มีปริมาณ N สูงสุดและรองลงมาตามลำดับ โดยมีปริมาณ N สูงกว่าปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรีย 100% เนื่องจากปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าวพบว่ารำข้าวมีองค์ประกอบของ N ประมาณ 2.64% (นันทกร และคณะ, 2548) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณ N ของปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าวมีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยหมักในตำรับอื่นๆ ในขณะที่ปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณ N น้อยกว่าปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว100% และ 50% อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณ N มีมากเกินไปจึงทำให้เกิดการสูญเสีย N ไปในระหว่างขบวนการหมัก โดยสูญเสียไปในรูปของก๊าซแอมโมเนียในกระบวนการ ammonia volatilization อย่างไรก็ตามพบว่าทุกตำรับการทดลองมีปริมาณ N เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องจากการย่อยสลายทำให้มีอัตราการปลดปล่อยปริมาณ N ออกมามากกว่าการนำไปใช้โดยจุลินทรีย์จึงทำให้มีปริมาณ N เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Larney *et al*.(2002) ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ N เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายทำให้สูญเสียมวลวัสดุไปประมาณ 20-30% เมื่อคำนวณเป็นร้อยละโดยมีน้ำหนักเป็นมวลหรือเป็นฐานในการคำนวณ

4.1.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (P_2O_5)

จากรูปที่ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมักแกลบที่หมักด้วยกรรมวิธีต่างๆ พบว่าปริมาณ P มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง และพบว่าทุกช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่ 1, เดือนที่ 2, เดือนที่ 3, เดือนที่ 4, เดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 มีปริมาณ P อยู่ในช่วง 0.32-1.05%, 0.48-1.11%, 0.32-1.30%, 0.63-1.40%, 0.49-2.01% และ 0.53-2.12% ตามลำดับโดย ในเดือนที่ 1 แกลบใส่สารเร่ง พด 1. ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.05% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าต่ำสุดคือ 0.32% ในเดือนที่ 2 แกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับ รำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.11% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 0.48% ในเดือนที่ 3 ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1. ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.30% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 0.32% ในเดือนที่ 4 แกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.40% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีค่าต่ำสุดคือ 0.63% ในเดือนที่ 5 แกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 2.01% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีค่าต่ำสุดคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

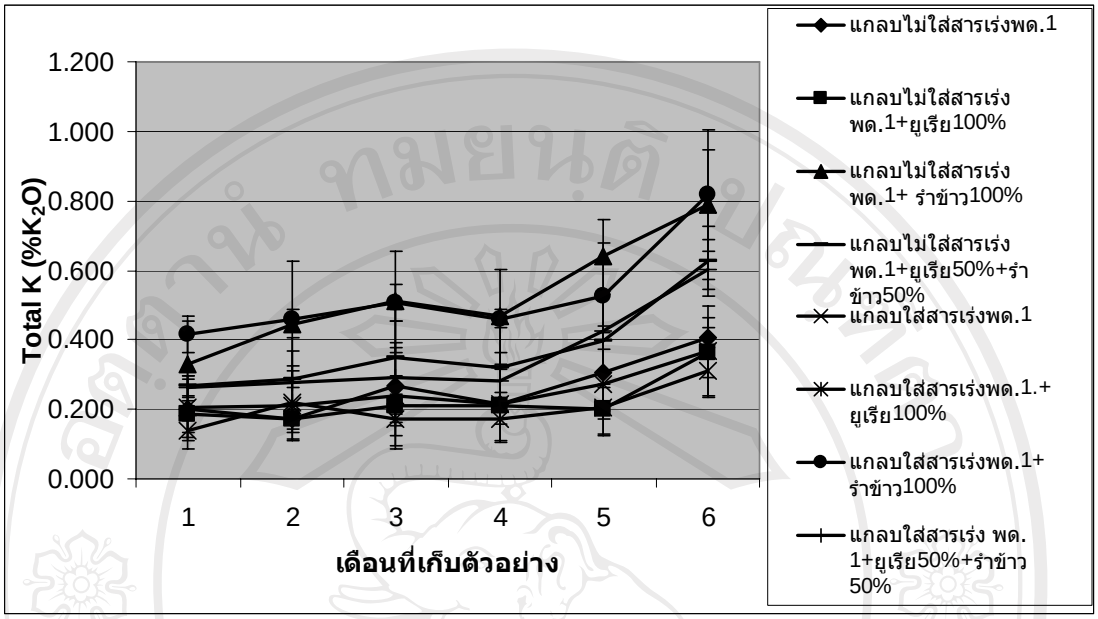
0.49% ในเดือนที่ 6 แกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 2.12% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.53% จากการทดลองพบว่าในปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่รำข้าว 100% มีปริมาณ P สูงสุด และปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว 50% มีปริมาณ P สูงรองลงมา ส่วนปุ๋ยหมักที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรีย100% และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรียมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง จากผลการทดลองดังกล่าวในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ P ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะตำรับที่ใส่รำข้าว 100% อาจเป็นผลเนื่องมาจากรำข้าวมีองค์ประกอบของ P อยู่ถึง 2.52% โดยประมาณ (นันทกร และคณะ, 2548) จึงทำให้ตำรับที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ P สูงสุด และนอกจากนี้ยังพบว่าทุกตำรับการทดลองมีปริมาณ P เพิ่มขึ้นเนื่องมีการปลดปล่อยปริมาณ P ออกมาในระหว่างการย่อยสลาย การเพิ่มขึ้นของปริมาณ P ดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Larney (2003) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ในการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษไม้พบว่ามีปริมาณ P เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ P เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการลดลงของมวลวัสดุ เช่นเดียวกับรายงานของ Larney *et al*. (2002) ที่พบว่ากิจกรรมการย่อยสลายจะทำให้สูญเสียมวลวัสดุไปประมาณ 20-30% และพบว่าปริมาณของ P แตกต่างจากปริมาณของ N เนื่องจาก P ไม่มีการสูญเสียไปในระหว่างการย่อยสลาย ดังนั้นเมื่อมวลวัสดุลดลงไปในระหว่างการย่อยสลายก็ยิ่งทำให้ P มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ($\%P_2O_5$) ของปุ๋ยหมักแกลบ แต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 027, เดือนที่สอง 0.29 , เดือนที่สาม 0.17, เดือนที่สี่ 0.51, เดือนที่ห้า 0.33 และเดือนที่หก 0.51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K_2O)



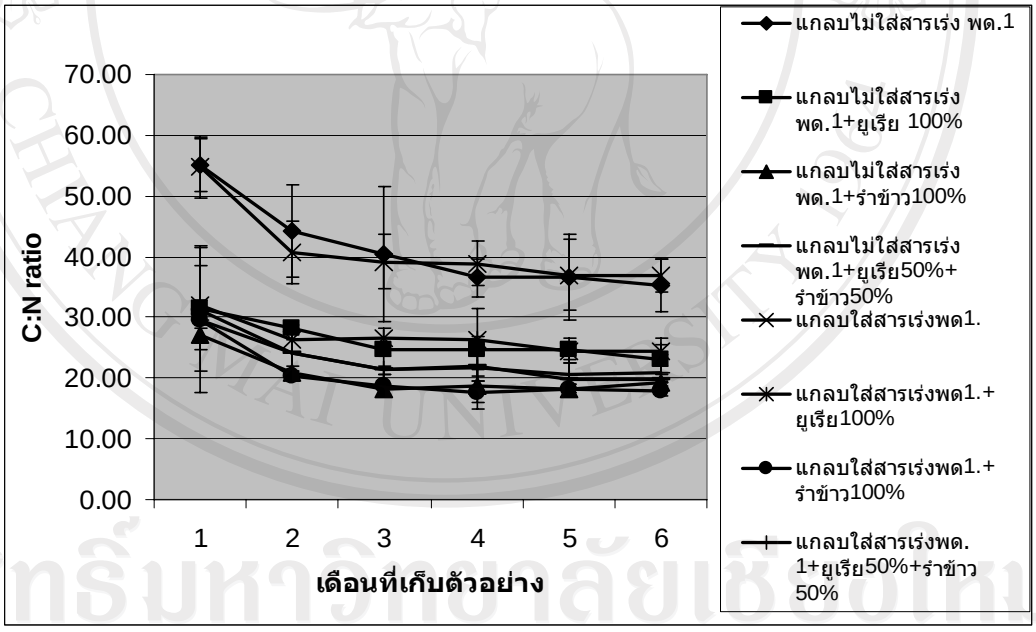
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ K (%K_2O) ของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมที่เป็นแกลบ ตลอดระยะเวลา 6 เดือน $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.08, เดือนที่สอง 0.08, เดือนที่สาม 0.09, เดือนที่สี่ 0.08, เดือนที่ห้า 0.09 และเดือนที่หก 0.12

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างพบว่าปริมาณ K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง (รูปที่ 5) จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า การปลดปล่อย K ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่ 1 ปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% ปริมาณ K สูงสุด คือ 0.37% และตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุด คือ 0.16% ในเดือนที่ 2 ปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุดคือ 0.45% และตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 0.19% ในเดือนที่ 3 ปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุดคือ 0.51% และตำรับแกลบใส่สาร เร่งพด. 1 ร่วมกับยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 0.19% ในเดือนที่ 4 ปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุดคือ 0.46% และตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 0.19% ในเดือนที่ 5 ปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุดคือ 0.59% และตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 0.20% และในเดือนที่ 6 ปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุดคือ 0.81% และตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุดคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0.34% ตามลำดับ ในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ K ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว 100% มีปริมาณ K สูงสุด และปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว 50% มีปริมาณ K สูงรองลงมา อาจเป็นผลเนื่องมาจากรำข้าวมีองค์ประกอบของ K อยู่ถึง 2.09% โดยประมาณ (นันทกร และคณะ, 2548) จึงทำให้ปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ K สูงกว่าตำรับการทดลองอื่น และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองอาจเป็นผลเนื่องมาจากการปลดปล่อย K ออกมาในระหว่างการย่อยสลาย การเพิ่มขึ้นของปริมาณ K ดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของวิทยา (2546) ที่ทำการศึกษาผลของสารเร่ง พด.1 และสารประกอบ N ต่อการย่อยสลายขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าปริมาณ K จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

4.1.1.6 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)



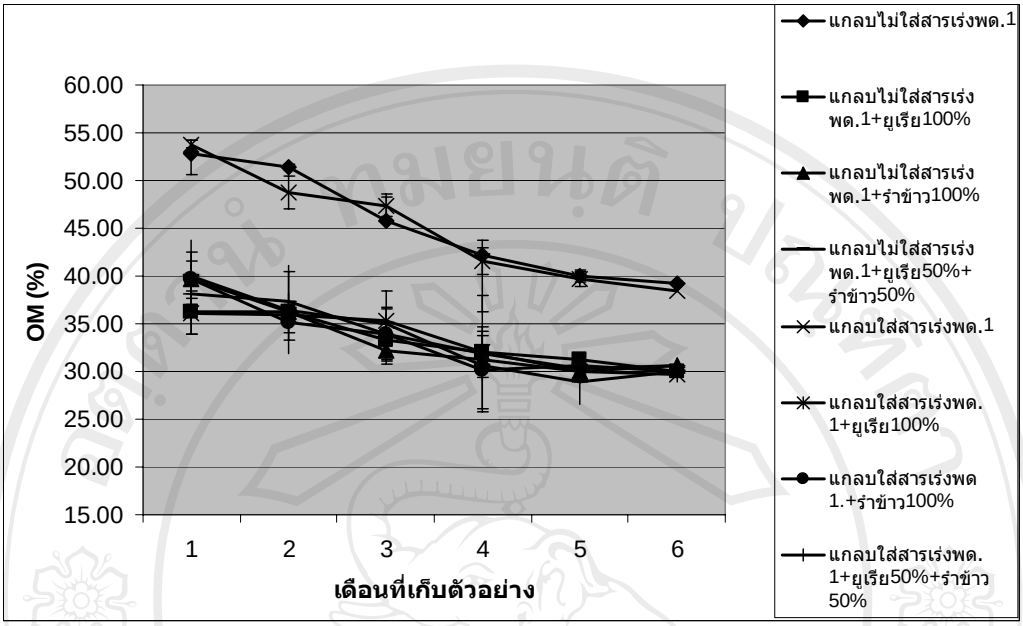
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลง C:N ratio ของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอด 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 7.62, เดือนที่สอง 4.81, เดือนที่สาม 5.93, เดือนที่สี่ 3.81, เดือนที่ห้า 4.15 และเดือนที่หก 3.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ทำการหมักโดยมี C:N ratio เริ่มต้นประมาณ 83:1 และทำการปรับให้ C:N ratio เริ่มต้นเท่ากับ 35:1 ด้วยปุ๋ยยูเรียและรำข้าว ผลการทดลองพบว่า C:N ratio มีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลอง (รูปที่ 6) และพบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1,เดือนที่2, เดือนที่3, เดือนที่4, เดือนที่5 และเดือนที่6 มีค่า C:N ratio อยู่ในช่วง 28.31-54.96, 20.59-42.45, 18.49-39.84,18.18-37.71,18.31-36.51 และ18.65-36.15 ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักแกลบตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ค่าสูงสุดคือ 54.96 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 28.31 ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมักแกลบตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 42.45 ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 20.59 ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักแกลบตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 39.84 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 18.49 ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 37.71 ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 18.18 ในเดือนที่5 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 36.51 ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าต่ำสุดคือ 18.31 ในเดือนที่6 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 36.15 ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 18.65 ตามลำดับ โดยในปุ๋ยหมักแกลบที่ไม่ใส่ทั้งปุ๋ยยูเรียและรำข้าวมี C:N ratio สูง เป็นผลอันเนื่องมาจากในปุ๋ยหมักแกลบที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณ N อยู่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณ C ที่เป็นองค์ประกอบของแกลบจึงทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นช้า ส่วนในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว100% พบว่ามี C:N ratio ต่ำสุด อาจเนื่องมาจากความเหมาะสมของปริมาณ N ที่เป็นองค์ประกอบของรำข้าวจึงทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี การลดลงของ C:N ratio ดังกล่าวจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ N ประกอบกับปริมาณ C ในเศษวัสดุที่ทำการหมักมีปริมาณลดลงจึงทำให้ C:N ratio มีค่าลดลง การลดลงของค่า C:N ratio ดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลองของ Meunchang *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาระยะเวลาและการเปลี่ยนแปลง C:N ratio ในการย่อยสลายปุ๋ยหมักจาก filter cake พบว่า C:N ratio มีค่าลดลง โดยลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 30 วันแรกของการทดลอง นอกจากนี้ C:N ratio สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาถึงการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก ซึ่งค่าดังกล่าวต้องไม่เกิน 20 (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.1.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)



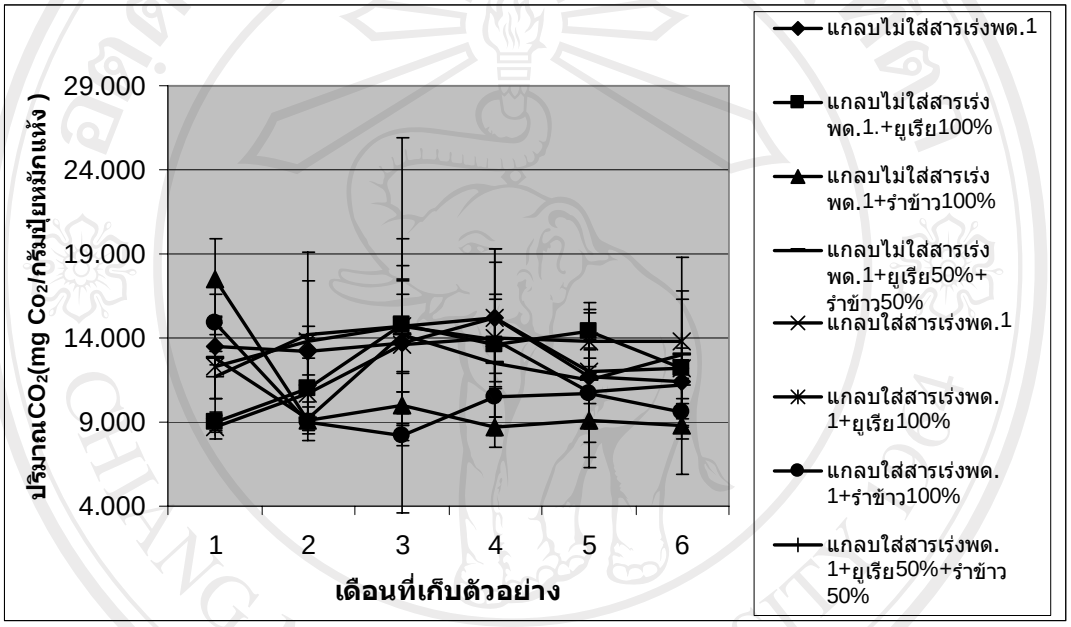
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ OM ของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 2.18, เดือนที่สอง 2.95, เดือนที่สาม 2.81, เดือนที่สี่ 3.56, เดือนที่ห้า 1.25และเดือนที่หก 0.93

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมักแกลบที่หมักด้วยกรรมวิธีต่างๆในระยะเวลาต่างกัน พบว่าปริมาณ OM มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และพบว่า OM มีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลอง (รูปที่ 7) กล่าวคือ ในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 53.30% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 36.15% ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 50.08% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 35.69% ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 46.61% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 33.06% ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 41.83% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 30.74% ในเดือนที่5 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 39.85% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีค่าต่ำสุดคือ 29.46% ในเดือนที่6 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 38.82% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 29-81% การลดลงของปริมาณ OM เป็นผลมาจากการที่ปริมาณอินทรีย C ในเศษวัสดุถูกย่อยสลายและถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยจุลินทรีย์ ซึ่งปริมาณอินทรีย C จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

OM ดังนั้นเมื่ออินทรีย C ลดลง ปริมาณของ OM จะลดลงไปด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Garcia *et al*. (2002) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการใช้กากตะกอนที่ได้จากการบดผลมะกอกผสมกับใบมะกอกพบว่า ปริมาณของ OM ลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง

4.1.1.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ CO_2 ของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 2.63, เดือนที่สอง 3.37, เดือนที่สาม 5.95, เดือนที่สี่ 3.10, เดือนที่ห้า 2.74 และเดือนที่หก 3.42

จากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักแกลบมาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อย CO_2ในแต่ละช่วงเวลา (รูปที่ 8) พบว่าปริมาณ CO_2 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1 เดือนที่2 เดือนที่3 เดือนที่4 เดือนที่5 และเดือนที่6 มีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 อยู่ในช่วง 8.82-16.21 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 9.03-13.53 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 9.08-14.42 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 9.59-15.18 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 9.92-14.09 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้งและ9.20-12.98 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 16.21 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 8.82 ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมัก

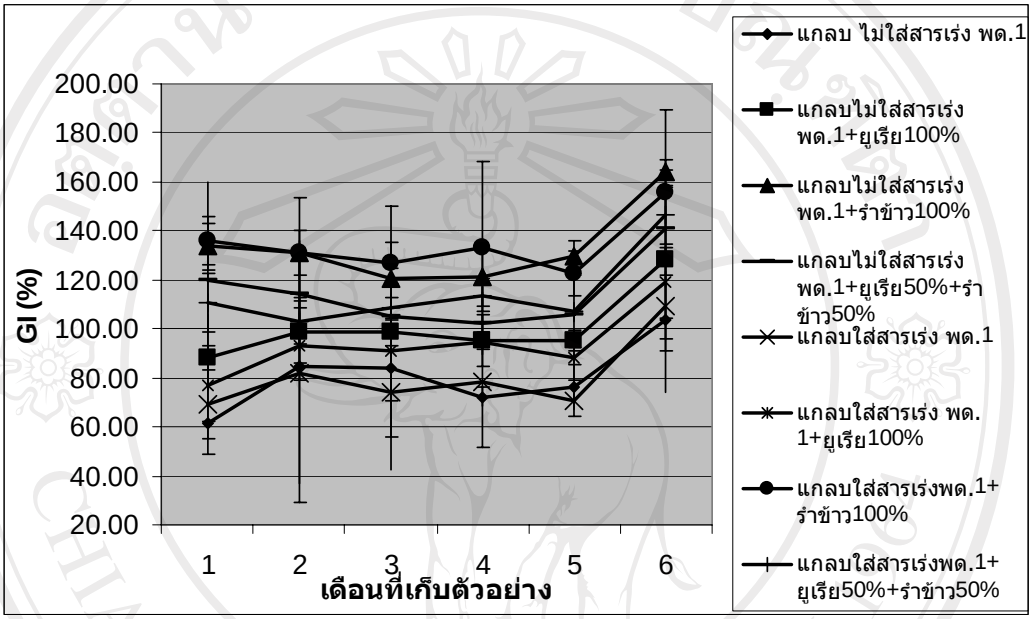
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1มีปริมาณสูงสุดคือ 13.53 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้งในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีปริมาณต่ำสุดคือ 9.03 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้งในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีปริมาณสูงสุดคือ 14.42 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 9.08 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีปริมาณสูงสุดคือ 15.18 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 9.59 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่5 ปุ๋ยหมักแกลบตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีปริมาณสูงสุดคือ 14.09 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้งในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 9.92 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่6 ปุ๋ยหมักแกลบในตำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีปริมาณสูงสุดคือ 12.98 $mgCO_2$กรัม/ปุ๋ยหมักแห้งในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 9.20 $mgCO_2$/ กรัมปุ๋ยหมักแห้ง จากการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่รำข้าว100% มีปริมาณ CO_2 สูงสุดในช่วงเดือนแรก อาจเป็นผลมาจากรำข้าวมีปริมาณธาตุอาหารที่จุลินทรีย์สามารถใช้และเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ประกอบกับการการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ที่พบว่าประมาณ 80-90% จะเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย และในการย่อยสลายช่วงแรกจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญก็คือ แบคทีเรีย จึงอาจส่งผลให้มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดในช่วงแรก และค่อยๆ ลดลงจนสิ้นสุดการ ส่วนในปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวพบว่าปริมาณ CO_2 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและในปุ๋ยหมักแกลบที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียและรำข้าวพบว่าปริมาณ CO_2 มีค่าค่อนข้างคงที่ตั้งแต่ในช่วงเดือนแรกจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการทดลองเนื่องจากไม่มีการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารที่เป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงทำให้การปลดปล่อยปริมาณ CO_2 เป็นไปในรูปแบบที่ค่อนข้างคงที่ การที่ปริมาณ CO_2 มีสูงในช่วงแรกและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนที่2 ในปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว สอดคล้องกับการทดลองของ Tognetti *et al*. (2006) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายของขยะของเสียเพื่อดูถึงปริมาณการปลดปล่อย CO_2 พบว่าในช่วง 50 วันแรกปริมาณการปลดปล่อย CO_2 มีปริมาณค่อนข้างสูงแต่หลังจาก 50 วันแรกจนถึงวันที่ 90 ของการทดลองปริมาณ CO_2 ลดลงอย่างรวดเร็วและหลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ไปจนสิ้นสุดการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.1.9 การเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักแกลบโดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืช

จากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักแกลบที่หมักด้วยกรรมวิธีต่างๆมาวิเคราะห์การย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักโดยใช้วิธีการทดสอบการงอกของเมล็ดพบว่าในทุกตำรับการทดลองเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 9) และพบว่าแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทาง



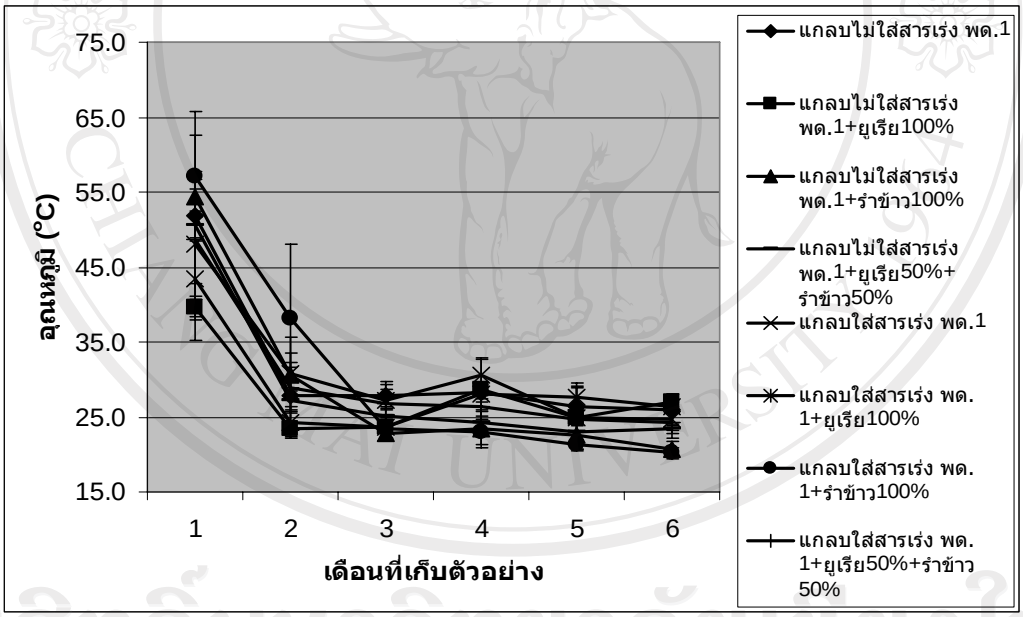
รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายสมบูรณ์โดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืชของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 24.35, เดือนที่สอง 34.67, เดือนที่สาม 20.14, เดือนที่สี่ 24.33, เดือนที่ห้า 9.99 และเดือนที่หก 20.57

สถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นในเดือนที่ 2 กล่าวคือในเดือนที่ 1, เดือนที่ 2, เดือนที่ 3, เดือนที่ 4, เดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 มีค่าอยู่ในช่วง 65.29-134.83%, 83.08-131.09%, 78.83-123.70%, 75.52-127.35, 73.48-126.10 และ106.62-159.77 ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 134.83% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 65.29% ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 131.09% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 83.08% ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 123.70% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 78.83% ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 127.35% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 75.52% ในเดือนที่5 ปุ๋ยหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 126.10% ในตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 73.48% ในเดือนที่6 ปุ๋ยหมักตำรับแกลบใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 159.77% ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 106.62% จากการทดลองพบว่าทุกตำรับการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว 100% มีการงอกสูงกว่าในตำรับการทดลองอื่นๆ อาจเป็นผลเนื่องมาจากปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าวมีการปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีความยาวรากยาวกว่าในตำรับการทดลองอื่น จากการทดลองการเพิ่มขึ้นของการงอก สอดคล้องกับการทดลองของ Meunchang *et al.* (2004) ทำการศึกษาระยะเวลาและการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักโดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืช พบว่าการงอกของเมล็ดพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วงหลังจาก 90 วัน ของการทดลอง

4.1.1.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (°C)



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักแกลบแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 7.83, เดือนที่สอง 5.76, เดือนที่สาม 2.18, เดือนที่สี่ 1.98, เดือนที่ห้า 2.81 และเดือนที่หก 1.37

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการตรวจวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักแกลบตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าทุกตำรับการทดลองมีอุณหภูมิลดลงโดยในเดือนแรกมีค่าสูงสุด และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนที่ 2 หลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ไปจนสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 10) และพบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว

100% มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 55.6 ˚Cในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 41.5 ˚C ในเดือนที่ 2 ตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 34.4 ˚C ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 23.8 ˚C ในเดือนที่ 3 ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 27.5˚C ในตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 23.1˚C ในเดือนที่ 4 ตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 29.4 ˚C ในตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 23.2˚C ในเดือนที่ 5 ตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 26.3˚C ในตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 22.0˚C ในเดือนที่ 6 ตำรับแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 26.7˚C ในตำรับแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 20.5˚C การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนแรกโดยเฉพาะในช่วง 2-4 วันแรกมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 50-60˚C เนื่องจากพลังงานที่ปลดปล่อยจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ประกอบกับสมบัติการเก็บความร้อนของของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมักและอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสะสมมากขึ้น (พิทยากร, 2542) และจากรายงานของ Bertoldi *et al*. (1983) ได้รายงานเกี่ยวกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักที่มีอุณหภูมิ พบว่าเชื้อจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส สามารถทนและอยู่รอดได้ดี แต่เชื้อรามีปริมาณลดลง จากการปรับระดับอุณหภูมิให้คงที่ที่ระดับต่างๆ กัน แล้ววัดปริมาณของ CO_2 ที่ปลดปล่อยออกมาจากการย่อยสลายพบว่าที่อุณหภูมิ 57-70 ˚C (ความชื้น 60%) กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดีโดยมีปริมาณ CO_2 ปลดปล่อยออกมาในปริมาณสูง

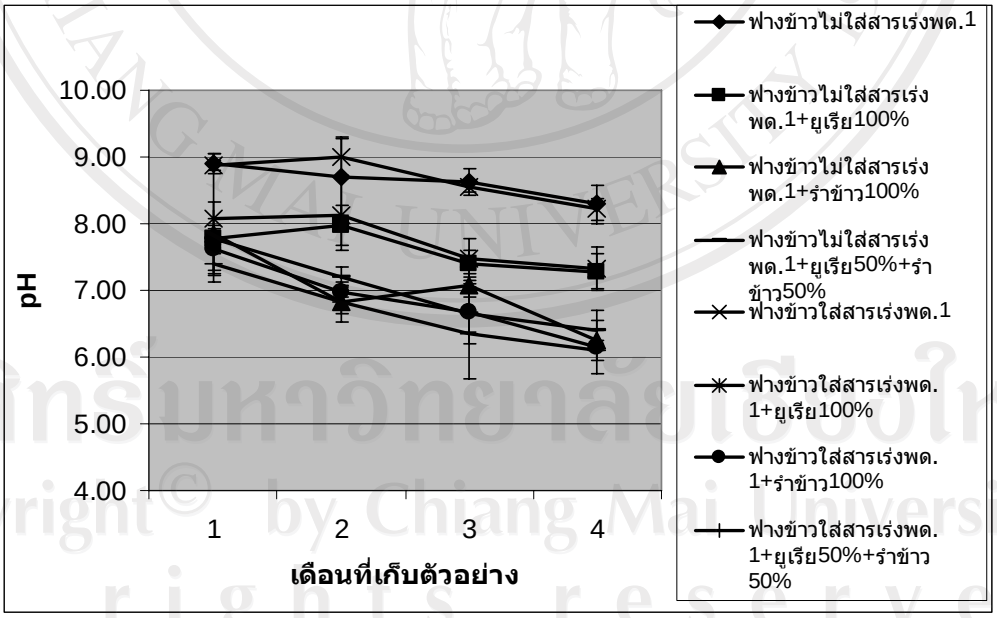
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการย่อยสลายส่วนผสมที่เป็นฟางข้าว

4.1.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH)

จากการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์หาค่า pH พบว่าค่า pH มีแนวโน้มลดลง และพบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่ 1 เดือนที่ 2 เดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.6-8.9, 6.9-8.9, 6.5-8.6 และ 6.2-8.3 ตามลำดับ โดยในเดือนที่ 1 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 8.9 ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว 50% มีค่าต่ำสุดคือ 7.6 ในเดือนที่ 2 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 8.9 ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับ รำข้าว 100% มีค่าต่ำสุดคือ 6.9 ในเดือนที่ 3 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 8.6 ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว 50% มีค่าต่ำสุดคือ 6.5 ในเดือนที่ 4 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

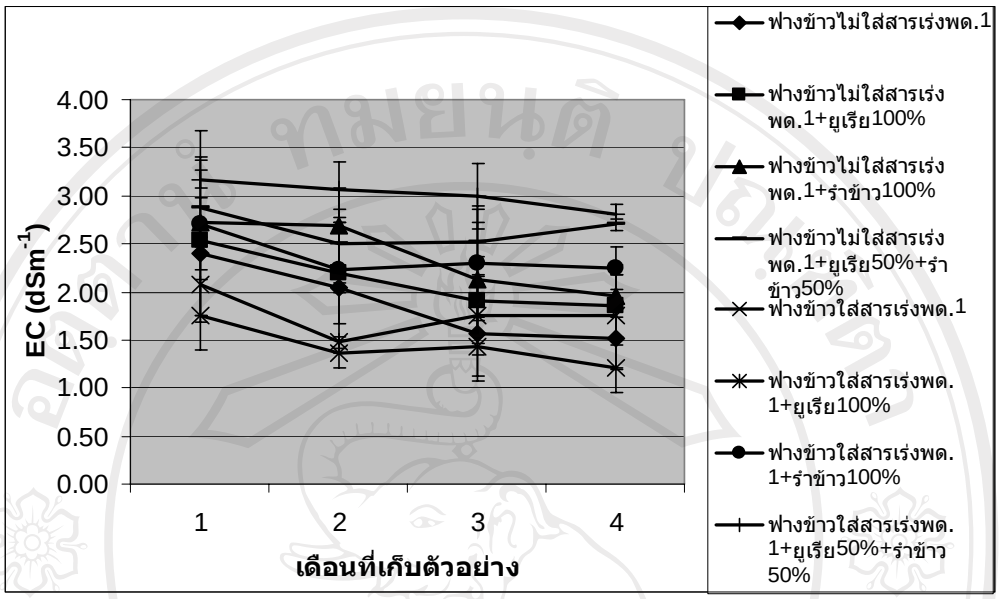
สารเร่ง พด.1มีค่าสูงสุดคือ 8.3 ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าต่ำสุดคือ 6.2 จากการทดลองพบว่าในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว 100% และใส่รำข้าว 50% มีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนในปุ๋ยหมักที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวมีค่า pH ลดลงอย่างช้าๆ ในช่วง 1-3 เดือนและหลังจากนั้นมีค่าคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและยูเรียพบว่าค่า pH จะลดลงอย่างช้าๆ ตั้งแต่เดือนแรกของการทดลองจนสิ้นสุดระยะการทดลอง การลดลงของ pH อย่างช้าๆ ในปุ๋ยหมักตำรับที่ไม่ใส่รำข้าวและปุ๋ยยูเรียเป็นผลมาจากการแปรสภาพของ N ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุฟางข้าวในกระบวนการย่อยสลายทำให้ pH ลดลงแต่ลดลงอย่างช้าๆ และเห็นได้ชัดว่าค่า pH จะมีค่าสูงกว่าในตำรับการทดลองที่มีการใส่รำข้าว 100% และใส่รำข้าว 50% การลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็วในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวเป็นผลเนื่องจากสารประกอบ N ที่เป็นองค์ประกอบของรำข้าวถูกแปรสภาพโดยจุลินทรีย์ในขบวนการเปลี่ยนรูป N หลายขบวนการ จนกระทั่งสารประกอบ N อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และ NH_4^+ถูกแปรสภาพโดยเปลี่ยนรูปไปเป็นแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ระเหยไป (รูปที่ 10) การลดลงของค่า pH ดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานของ วิทยา (2546) ได้ทำการศึกษาผลของสารเร่ง พด.1 และสารประกอบ N ต่อการย่อยสลายขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่า pH ค่าลดลงจากประมาณ 6.3 ไปเป็น 5.19



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลง pH ของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.48, เดือนที่สอง 0.46, เดือนที่สาม 0.33 และเดือนที่สี่ 0.36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC)



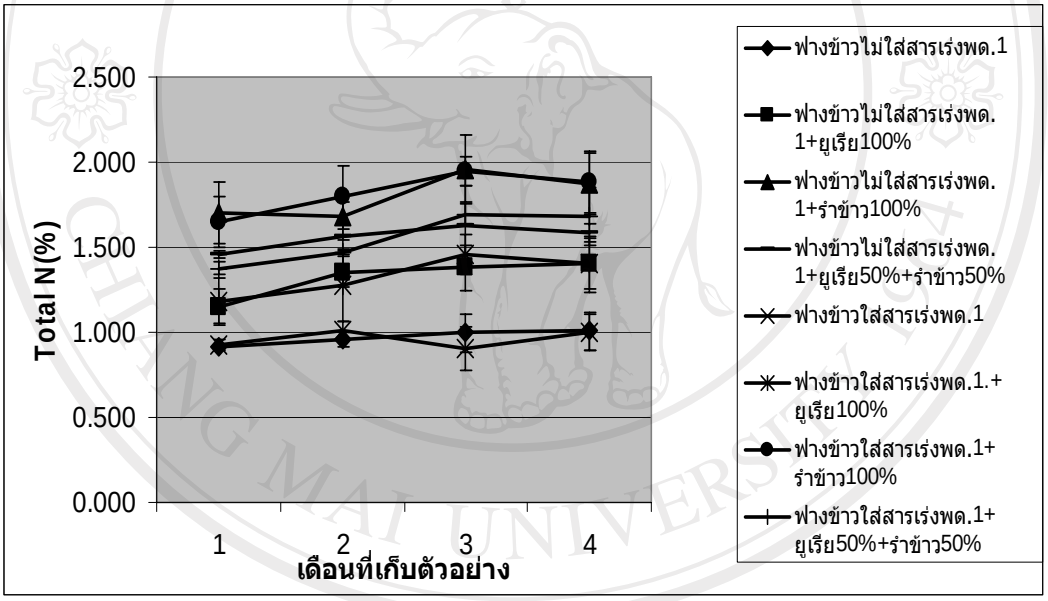
รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลง EC ของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมที่เป็นฟางข้าว ตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.69, เดือนที่สอง 0.45, เดือนที่สาม 0.59 และเดือนที่สี่ 0.29

จากการวิเคราะห์ค่า EC พบว่ามีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลองเมื่อหมักเป็นระยะเวลานานขึ้น (รูปที่ 11) และพบว่าค่า EC ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในช่วงเดือนที่ 1 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว50% มีค่าสูงสุดคือ 3.02 dSm^{-1} และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 2.08 dSm^{-1} ในเดือนที่ 2 ตำรับตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว50% มีค่าสูงสุดคือ 2.79 dSm^{-1} และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 1.70 dSm^{-1} ในเดือนที่ 3 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว 50% มีค่าสูงสุดคือ 2.76 dSm^{-1} และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 1.5 dSm^{-1} และในเดือนที่ 4 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย50% และรำข้าว50% มีค่าสูงสุดคือ 2.76 dSm^{-1} และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 1.36 dSm^{-1} โดยพบว่าปุ๋ยหมักในตำรับที่ใส่รำข้าว 50% ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50% ค่า EC มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลองและมีค่า EC สูงกว่าในตำรับอื่นๆ ส่วนในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว 100% มีค่า EC สูงรองลงมา ค่า EC ลดลงในช่วง 1-3 เดือนแรกหลังจากนั้นคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนในปุ๋ยหมักฟางข้าวตำรับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและตำรับที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลองและพบว่ามีค่า EC ต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ การลดลงของค่า EC ดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการชะล้างโดยน้ำขณะทำการทดลองทำให้ค่า EC มีค่าลดลงสอดคล้องกับการทดลองของ Keener *et al*. (2005) ที่พบว่า การลดลงของค่า EC ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการชะล้างโดยน้ำฝนขณะทำการทดลองทำให้ค่า EC มีค่าลดลง การลดลงดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของสุชน และคณะ (2550) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยของสลายวัสดุอินทรีย์ที่ใช้รองคอกในระบบการเลี้ยงสุกรหลุมพบว่าค่า EC มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลง

4.1.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน (Total N)



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ N ทั้งหมดของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.12, เดือนที่สอง 0.14, เดือนที่สาม 0.14 และเดือนที่สี่ 0.19

จากการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณ N พบว่าปริมาณ N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น และพบว่าทุกช่วงการทดลองพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1, เดือนที่ 2, เดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 พบว่า ปริมาณ N มีค่าอยู่ในช่วง 0.93-1.68%, 0.98-1.74%, 0.96-1.96% และ 1.00-1.88% ตามลำดับ โดยในเดือนที่ 1 ตำรับฟางข้าวที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.68% ตำรับฟางข้าวที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.93% ในเดือนที่ 2 ตำรับฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

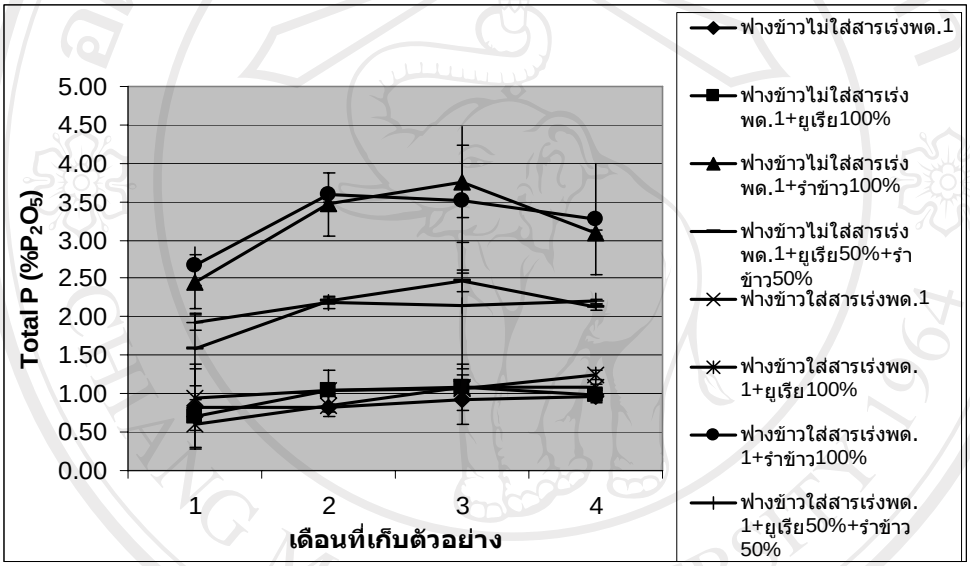
1.74% ตำรับฟางข้าวที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.98% ในเดือนที่ 3 ตำรับฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.96% ตำรับฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.96% และในเดือนที่ 4 ตำรับฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 1.88% ตำรับฟางข้าวที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 1.00% จากการทดลองพบว่าในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 100% และ ใส่รำข้าว 50% พบว่ามีปริมาณ N ค่อนข้างสูงกว่าปุ๋ยหมักแกลบที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว เนื่องจากปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว พบว่ารำข้าวมีองค์ประกอบของ N ประมาณ 2.64% (นันทกร และคณะ, 2548) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณ N ของปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าวมีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยหมักในตำรับอื่นๆ ในขณะที่ปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีปริมาณ N น้อยกว่าปุ๋ยหมักตำรับที่ใส่รำข้าว อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณ N มีมากเกินไปจึงทำให้การสูญเสีย N ไปในระหว่างขบวนการหมัก โดยสูญเสียไปในรูปของก๊าซแอมโมเนียในกระบวนการ ammonia volatilization ส่วนของปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ไม่ได้ใส่รำข้าวและปุ๋ยยูเรีย พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ N จะมีค่าค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เดือนแรกของการทดลองไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 12) การที่ปริมาณ N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการทดลองของ Larney (2003) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ N ในการผลิตปุ๋ยหมักจากฟางข้าว พบว่าปริมาณของ Total N ในปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกช่วงของการทดลอง

4.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยหมักฟางข้าว พบว่าค่า P มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง และพบว่าทุกช่วงของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1, เดือนที่2, เดือนที่3 และเดือนที่4 มีค่า P อยู่ในช่วง 0.71-2.56%, 0.83-3.35%, 1.01-3.56% และ 0.91-3.16% ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 2.60% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.71% ในเดือนที่2 ฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 3.39% ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.83% ในเดือนที่3 ฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 3.56% ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1มีค่าต่ำสุดคือ 1.01% ในเดือนที่4 ฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุดคือ 3.10% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 0.70% จากการทดลองพบว่าในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 100% มีปริมาณ P สูงสุด รองลงมาได้แก่ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 50% ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ P ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะตำรับที่ใส่รำข้าว 100% อาจเป็นผลเนื่องมาจากรำข้าวมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบของ P อยู่ถึง 2.52% โดยประมาณ (นันทกร และคณะ, 2548) นอกจากนั้นพบว่าปุ๋ยหมักที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรีย100%และปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรียจะมีปริมาณ P เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง แต่น้อยกว่าปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าว ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ P ดังกล่าว เป็นผลมาจาก P ในฟางข้าวที่อยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาโดยอัตราการปลดปล่อยมีมากกว่าอัตราการนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ จึงทำให้ปริมาณ P ที่ปลดปล่อยออกมาในระหว่างการย่อยสลายมีปริมาณเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ วิทยา (2546) ที่ทำการศึกษาผลของสารเร่ง พด.1 และสารประกอบ N ต่อการย่อยสลายขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่า P มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะการทดลอง (วิทยา, 2546)



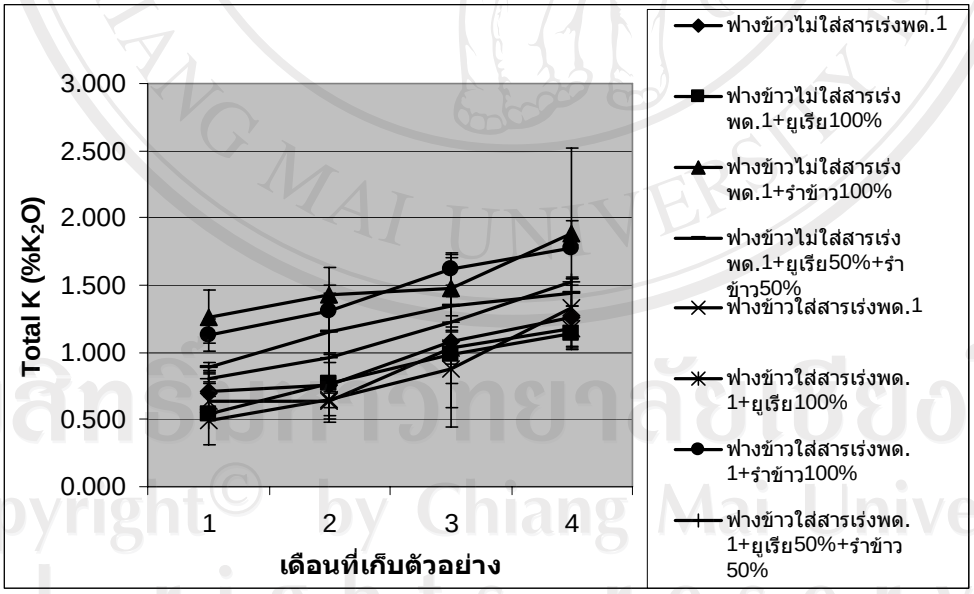
รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ($\%P_2O_5$) ของปุ๋ยหมักฟางข้าว แต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.32, เดือนที่สอง 0.19, เดือนที่สาม 0.71 และเดือนที่สี่ 0.33

4.1.2.5 การเปลี่ยนแปลงค่าโพแทสเซียม (K_2O)

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ K ในตัวอย่าง พบว่า K มีปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลองเมื่อหมักเป็นระยะเวลานานขึ้น (รูปที่ 14) จากการทดลองพบว่าปริมาณของ K ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีปริมาณสูงสุดคือ 1.20% และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

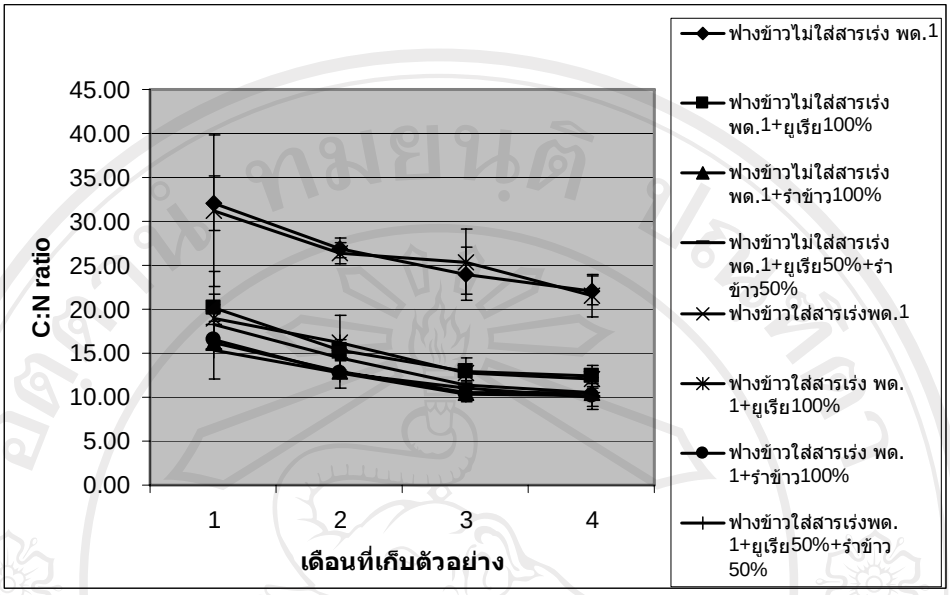
ยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 0.52% ในเดือนที่ 2 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีปริมาณสูงสุดคือ 1.37% และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 0.70% ในเดือนที่ 3 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีปริมาณสูงสุดคือ 1.55% และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 0.93%ในเดือนที่ 4 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด. 1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีปริมาณสูงสุดคือ1.84% และตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 1.22% ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 100% และใส่รำข้าว 50% มีปริมาณ K สูงกว่าปุ๋ยหมักในตำรับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยยูเรีย100% และตำรับที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวและปุ๋ยยูเรีย อาจเป็นผลเนื่องมาจากรำข้าวมีองค์ประกอบของ K อยู่ถึง 2.09% โดยประมาณ (นันทกร และคณะ, 2548) จึงทำให้ปุ๋ยหมักที่ใส่รำข้าวมีปริมาณ K สูงกว่าตำรับการทดลองอื่น และนอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการย่อยสลายปริมาณ K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง อาจเป็นผลเนื่องจากการย่อยสลายทำให้มีอัตราการปลดปล่อย K ออกมามากกว่าการนำไปใช้โดยจุลินทรีย์จึงทำให้มีปริมาณ K เพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลองของวิทยา (2546) ได้ทำการศึกษาผลของสารเร่ง พด.1 และสารประกอบ N ต่อการย่อยสลายขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าปริมาณ K จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย



รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ K ($\%K_2O$) ของปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมที่เป็นฟางข้าว ตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 0.16, เดือนที่สอง 0.25, เดือนที่สาม 0.37 และเดือนที่สี่ 0.38

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2.6 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)



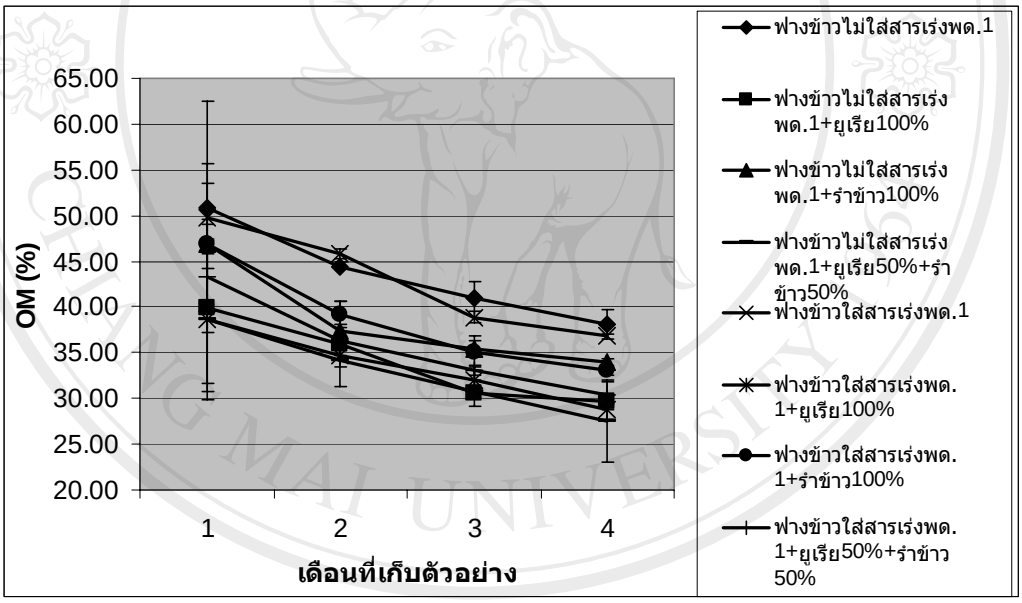
รูปที่16 การเปลี่ยนแปลง C:N ratio ของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 5.35, เดือนที่สอง 1.81, เดือนที่สาม 2.46 และเดือนที่สี่ 2.13

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุหมักที่มี C:N ratio เริ่มต้นประมาณ 64:1 ทำการปรับให้ C:N ratio เริ่มต้นเท่ากับ 35:1 โดยใช้ปุ๋ยยูเรียและรำข้าว ผลการทดลองพบว่า C:N ratio ในทุกตำรับการทดลองมีแนวโน้มลดลงเมื่อหมักเป็นระยะเวลานานขึ้น (รูปที่15) และนอกจากนี้พบว่าในแต่ละช่วงเวลา C:N ratio มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ในเดือนที่1, เดือนที่2, เดือนที่3, และเดือนที่4 มีค่า C:N ratio อยู่ในช่วง16.33-31.66, 12.85-26.66, 10.49-24-72 และ 10.32-21.81 ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1มีค่าสูงสุดคือ 31.66 ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 16.33 ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมักฟางข้าวตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่าสูงสุดคือ 26.66 ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าต่ำสุดคือ12.85 ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่าสูงสุดคือ 24.72 ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าต่ำสุดคือ 10.49 ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่าสูงสุดคือ 21.81 ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50%มีค่าต่ำสุดคือ 10.32 จากผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ไม่ใส่ทั้งปุ๋ยยูเรียและรำข้าวมี C:N ratio สูงที่สุดเป็นผลอันเนื่องมาจากในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ไม่ใส่ทั้งรำข้าวปุ๋ยและยูเรีย มีปริมาณ N อยู่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณ C ที่เป็นองค์ประกอบของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟางข้าวจึงทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นช้า ทำให้ C:N ratio มีค่าสูง ส่วนในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว100% ใส่รำข้าว50% และปุ๋ยหมักที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย100% มี C:N ratio ที่ต่ำ เนื่องมาจากความเหมาะสมของปริมาณ N ที่เป็นองค์ประกอบของรำข้าวที่เติมลงไป และปริมาณ N จากปุ๋ยยูเรียที่เหมาะสมจึงทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี จึงทำให้ C:N ratio ลดลงอย่างช้าๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง จากการลดลงของ C:N ratio ดังกล่าวจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ N ประกอบกับปริมาณ C ในเศษวัสดุที่ทำการหมักมีปริมาณลดลงจึงทำให้ C:N ratio มีค่าลดลง นอกจากนี้ C:N ratio สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาถึงการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก ซึ่งค่าดังกล่าวต้องไม่เกิน 20 (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

4.1.2.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ OM ของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอด 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 9.42, เดือนที่สอง 2.01, เดือนที่สาม 1.64 และเดือนที่สี่ 2.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ OM จากกองปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยใช้ฟางข้าว พบว่าปริมาณ OM มีปริมาณลดลงทุกตำรับการทดลอง และจากการวิเคราะห์พบว่าในทุกช่วงของการทดลองปริมาณ OM มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นเดือนที่1 กล่าวคือ ในเดือนที่ 1, เดือนที่ 2,เดือนที่ 3 และเดือนที่4 มีค่าอยู่ในช่วง 39.33-50.39%, 35.24-45.14%, 31.25-39.93% และ 28.94-37.42% ตามลำดับ โดยในเดือนที่1 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่

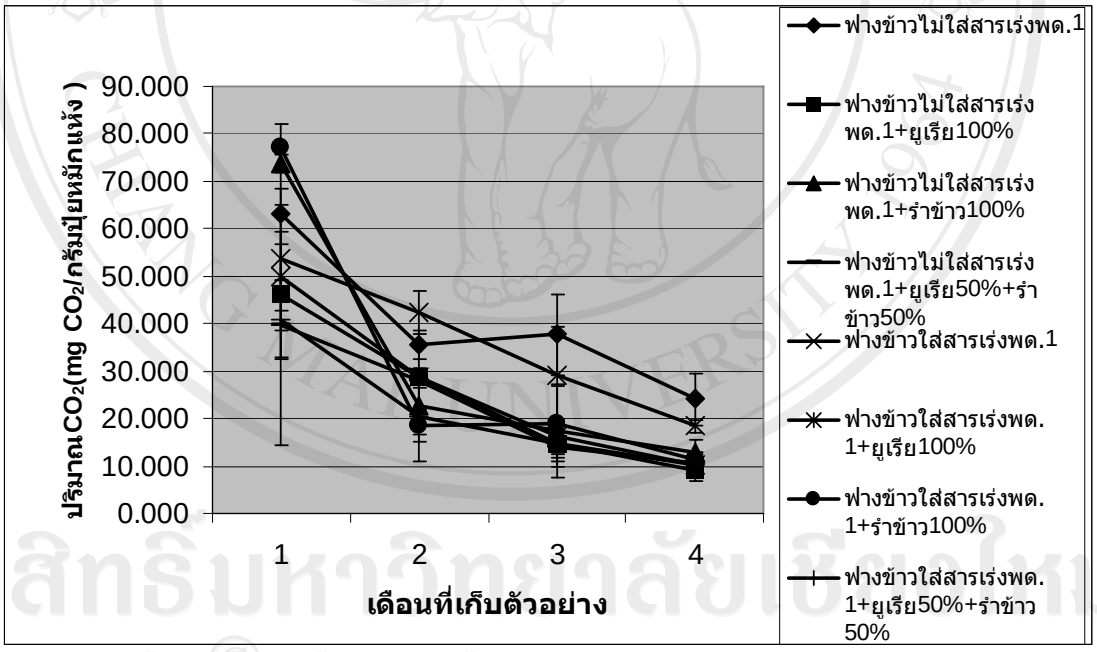
ไม่ใส่สารเร่งพด.1มีค่าสูงสุดคือ 50.39% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 39.33% ในเดือนที่2 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ใส่สารเร่งพด.1มีค่าสูงสุดคือ 45.14% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีค่าต่ำสุดคือ 35.24% ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1มีค่าสูงสุดคือ 39.93% ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีค่าต่ำสุดคือ 31.25% ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่าสูงสุดคือ 37.42% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีค่าต่ำสุดคือ 28.94% (รูปที่ 16) จากการลดลงของปริมาณ OM ในปุ๋ยหมักฟางข้าวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณอินทรีย์ C ในเศษวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักประกอบกับฟางข้าวเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย ดังนั้น จึงทำให้การย่อยสลายอินทรีย์ C เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอินทรีย์ C จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ OM ดังนั้น เมื่อปริมาณอินทรีย์ C ในเศษวัสดุถูกย่อยสลายในระหว่างขบวนการหมักจึงทำให้ปริมาณ OM ในปุ๋ยหมักลดลงไปด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Gigliotti (2005) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ OM ระหว่างการย่อยสลายปุ๋ยหมัก จากผลการทดลองพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายได้ (Dissolved organic carbon ; DOC) ของปุ๋ยหมักมีแนวโน้มลดลง ทำให้ OM ลดลงไปด้วย

4.1.2.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณการปลดปล่อย CO_2 ในตัวอย่างพบว่าทุกตำรับการทดลองมีปริมาณลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง (รูปที่ 17) และในทุกช่วงของการทดลองปริมาณ CO_2 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1, เดือนที่2, เดือนที่3, และเดือนที่ 4 มีปริมาณ CO_2 อยู่ในช่วง 40.22-75.45 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 20.53-38.97 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง, 14.48-33.48 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง และ9.48-21.31 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้งตามลำดับ โดยในเดือนที่ 1 ปุ๋ยหมักฟางข้าวตำรับใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 75.45 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50% และรำข้าว50% มีปริมาณต่ำสุดคือ 40.22 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่ 2 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณสูงสุดคือ 38.97 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 20.53 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่3 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1มีปริมาณสูงสุดคือ 33.48 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50%และรำข้าว50% มีปริมาณต่ำสุดคือ 14.48 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในเดือนที่4 ปุ๋ยหมักฟางข้าวในตำรับที่ไม่ใส่สารเร่งพด.1มีปริมาณสูงสุดคือ 21.31 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

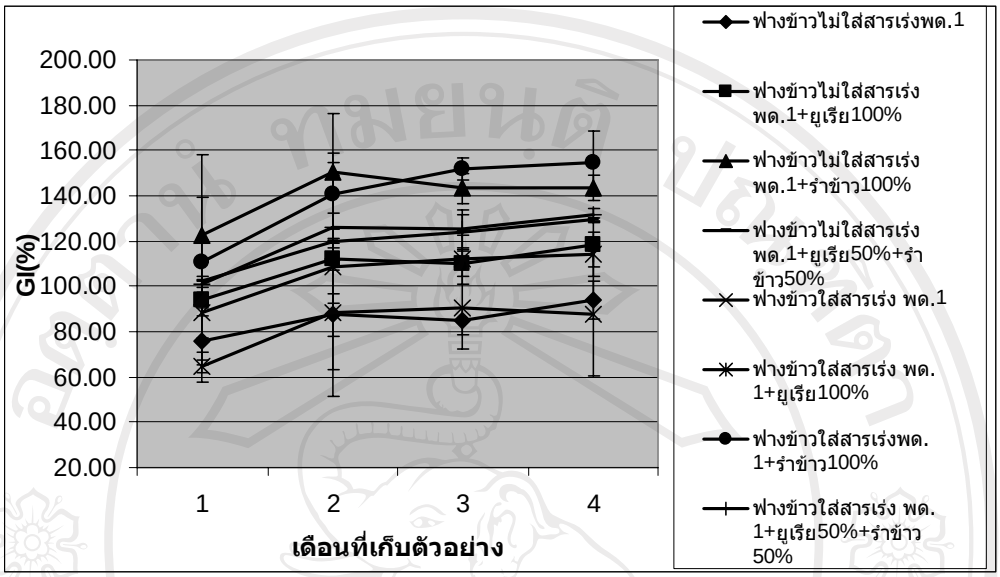
คือ 9.48 mgCO_2/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง จากการทดลองพบว่าทุกตำรับการทดลองมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 100% มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 เดือนแรก และหลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง โดยพบว่าในช่วงเดือนแรกปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่รำข้าว 100% มีปริมาณการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดอาจเป็นผลมาจากรำข้าวมีปริมาณธาตุอาหารที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี ประกอบกับการการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ที่พบว่าประมาณ 80-90% จะเป็นกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย และในการย่อยสลายช่วงแรกจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญก็คือ แบคทีเรีย จึงอาจส่งผลให้มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดในช่วงแรกและค่อยๆ ลดลงจนสิ้นสุดการ สอดคล้องกับการทดลองของสุชน และคณะ (2550) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยของสลายวัสดุอินทรีย์ที่ใช้รองคอกในระบบการเลี้ยงสุกรหลุม พบว่ามีกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์สูงที่สุดใน 30 วันแรกโดยวัดจากปริมาณการปลดปล่อย CO_2 และหลังจากนั้นพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์มีค่าลดลง



รูปที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ CO_2 ของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 26.29, เดือนที่สอง 6.589, เดือนที่สาม 8.699 และเดือนที่สี่ 3.649

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2.9 การเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักฟางข้าวโดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืช



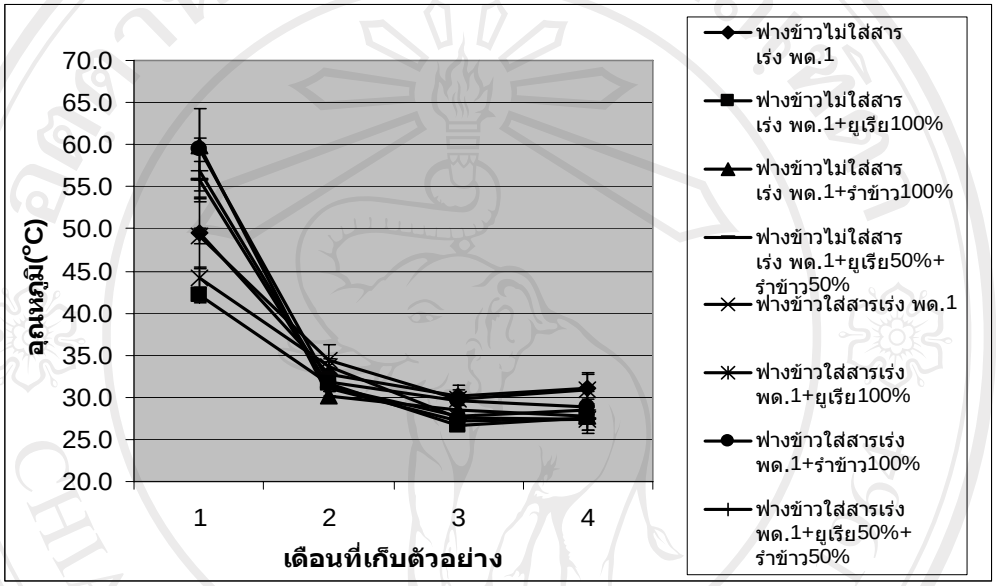
รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงการย่อยสลายสมบูรณ์โดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืชของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 19.69, เดือนที่สอง 26.35, เดือนที่สาม 11.83 และเดือนที่สี่ 14.69

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างพบว่าการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักฟางข้าวโดยใช้วิธีการทดสอบการงอกของเมล็ดพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง และพบว่าทุกตำรับการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในเดือนที่1, เดือนที่2, เดือนที่3 และเดือนที่4 มีค่าอยู่ในช่วง 70.22-116.88%, 88.14-145.64%, 87.42-147.69% และ90.97-148.85% ตามลำดับ โดยในเดือน1 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุดคือ 116.88% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 70.22% ในเดือน2 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุดคือ 145.64% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 88.14% ในเดือน3 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุดคือ 147.69% ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 80.42%ในเดือน4 ปุ๋ยหมักตำรับฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุดคือ 148.85% ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีค่าต่ำสุดคือ 90.97% การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ความงอก โดยเฉพาะปุ๋ยหมักในตำรับที่ใส่รำข้าว100% มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด อาจเป็นผลเนื่องมาจากรำข้าวมีธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงทำให้มีการปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ประกอบกับการที่ไม่มีสารที่เป็นพิษแก่พืชได้แก่ ก๊าซแอมโมเนีย และกรดอินทรีย์ เป็นต้น จึงส่งผลให้มีความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยาวรากเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์การงอกดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลองของ Meunchang *et al.* (2004) ทำการศึกษาระยะเวลาและการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักโดยใช้วิธีทดสอบการงอกของเมล็ดพืช พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้นทุกช่วงเวลาการทดลอง

4.1.2.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (˚C)



รูปที่ 20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักฟางข้าวแต่ละตำรับการทดลองตลอดระยะเวลา 4 เดือน ค่า $LSD_{0.05}$ ของแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ เดือนที่หนึ่ง 3.82, เดือนที่สอง 1.78, เดือนที่สาม 1.11 และเดือนที่สี่ 1.18

จากการตรวจวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักฟางข้าวตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าทุกตำรับการทดลองมีอุณหภูมิลดลงโดยในเดือนแรกมีค่าสูงสุด และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนที่ 2 หลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ไปจนสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 20) และพบว่าในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในเดือนที่ 1 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 59.7˚C ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 43.2 ˚C ในเดือนที่ 2 ตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 33.5˚C ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 31˚C ในเดือนที่ 3 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 30.0˚C ในตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 27.2˚C ในเดือนที่ 4 ตำรับฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 30.9˚C ในตำรับฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย100% มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

27.4°C การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนแรก โดยเฉพาะในช่วง 2-4 วันแรกมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 50-60°C เนื่องจากพลังงานที่ปลดปล่อยจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ประกอบกับสมบัติการเก็บความร้อนของของวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมักและอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสะสมมากขึ้น (พิทยากร, 2542) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในปุ๋ยหมัก ยังขึ้นอยู่กับการเติมปัจจัยบางชนิดร่วมกับเศษพืชในการทำปุ๋ยหมักด้วย เช่น การเติมมูลสัตว์ลงในกองปุ๋ยหมัก วรรณลดา และคณะ (2534) รายงานผลของมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว พบว่าการใส่มูลสัตว์ซึ่งอาจเป็นมูลไก่ มูลวัว หรือมูลสุกร ในอัตราตั้งแต่ 20% จะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงกว่าการไม่ใส่มูลสัตว์ในช่วง 5 วันแรกของการหมักปุ๋ย ซึ่งเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 51 เป็น 60°C ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในกองปุ๋ยจะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงอัตราการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมักและมีความสอดคล้องกับอัตราการลดลงของค่า C:N ratio ในกองปุ๋ยหมักด้วย (Bertoldi *et at*, 1983)

4.2 การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักในกระบวนการ Mineralization

คุณสมบัติของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติ ตามตารางที่ 4 พบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักแกลบโดยไม่ใส่สารเร่งพด.1มี N ระหว่าง 0.6 – 0.9 %, P 0.6 – 2.1 %, K 0.4 – 0.8%, OM 29.9-39.2%, pH 6.3 – 6.8, EC 0.39-0.56 dSm^{-1}, C:N ratio 19.4-35.3, ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (CO_2-evolution) 8.8-13.0 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้งและการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก (Germination index;GI) 103.6-163.8% และเมื่อทำการใส่สารเร่งพด.1 ในปุ๋ยหมักจากแกลบ พบว่า ค่า N 0.6– 1.0%, P 0.5 –2.1%, K 0.3– 0.8 %, OM 29.7-38.5 %,, pH 6.5-6.9, EC 0.25-0.55 dSm^{-1}, C:N ratio17.9-37.0, ปริมาณ CO_2 9.6-13.8 $mgCO_2$/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง และGI 109.6-155.7% ในส่วนของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักฟางข้าวโดยไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่า N เท่ากับ 1.0–1.8%, P 1.0–3.1%, K 1.1-1.9%, OM 27.5-38.1%, pH 6.3-8.3, EC 1.5-2.7 dSm^{-1}, C:N ratio 10.04-22.08, ปริมาณ CO_2 8.9-24.2 mg CO_2/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง และGI 93.7-143.3% ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยหมักจากฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1 มีค่า N 0.9–1.8 %, P1.1-2.2 %, K1.2–1.8%, OM 28.8-36.8%, pH 6.1-8.2, EC1.2-2.8 dSm^{-1}, C:N ratio 10.26-21.54 ปริมาณ CO_2 10.2-18.4 mg CO_2/กรัมปุ๋ยหมักแห้งและGI 88.0-154.4% ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการใช้วัสดุผสมกับรำข้าว 100% จะมีค่า N, P, K สูงกว่าการหมักวัสดุด้วยกรรมวิธีอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

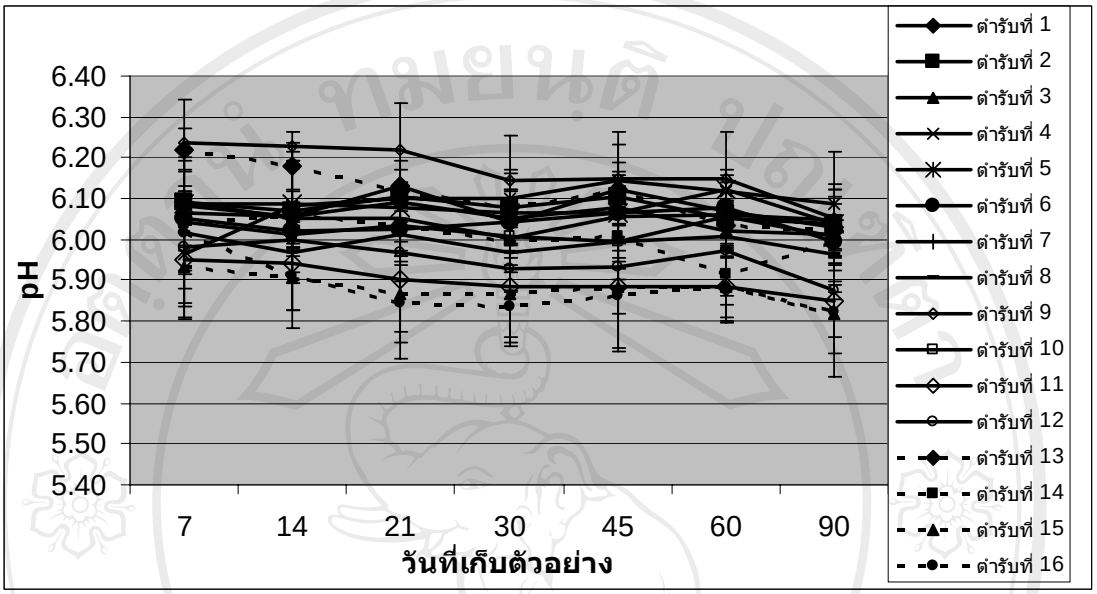
ตารางที่ 4 คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากแกลบและฟางข้าว

ตำรับการทดลอง	N (%)	P (%)	K (%)	pH	EC (dSm^{-1})	OM (%)	GI (%)	C:N raito	CO_2-Evolution (CO_2/กรัมปุ๋ยหมักแห้ง)
แกลบ ไม่ใส่สารเร่งพด.1									
ตำรับที่ 1 Control	0.6	0.6	0.4	6.8	0.39	39.2	103.6	35.3	11.4
ตำรับที่ 2 ยูเรีย 100%	0.8	0.6	0.4	6.3	0.44	30.0	128.1	23.2	12.2
ตำรับที่ 3 รำข้าว 100%	0.9	2.1	0.8	6.5	0.56	30.7	163.8	19.4	8.8
ตำรับที่ 4 ยูเรีย 50%+รำข้าว 50%	0.9	1.6	0.6	6.5	0.54	29.9	141.3	19.9	13.0
แกลบ ใส่สารเร่งพด.1									
ตำรับที่ 5 Control	0. 6	0.5	0.4	6.9	0.28	38.5	109.6	37.0	12.2
ตำรับที่ 6 ยูเรีย 100%	0.7	0.5	0.3	6.5	0.25	29.7	119.1	24.3	13.8
ตำรับที่ 7 รำข้าว 100%	1.0	2.1	0.8	6.6	0.49	29.9	155.7	17.9	9.6
ตำรับที่ 8 ยูเรีย 50%+รำข้าว 50%	0.9	1.7	0.6	6.5	0.55	30.7	146.4	20.9	11.2
ฟางข้าว ไม่ใส่สารเร่งพด.1									
ตำรับที่ 1 Control	1.0	1.0	1.3	8.3	1.51	38.1	93.7	22.08	24.2
ตำรับที่ 2 ยูเรีย 100%	1.3	1.0	1.1	7.3	1.85	29.7	118.6	12.36	8.9
ตำรับที่ 3 รำข้าว 100%	1.8	3.1	1.9	6.3	1.96	33.9	143.3	10.54	12.7
ตำรับที่ 4 ยูเรีย50%+รำข้าว 50%	1.6	2.1	1.4	6.4	2.70	27.5	129.4	10.04	10.4
ฟางข้าว ใส่สารเร่งพด.1									
ตำรับที่ 5 Control	0.9	1.1	1.2	8.2	1.20	36.8	88.0	21.54	18.4
ตำรับที่ 6 ยูเรีย 100%	1.3	1.3	1.3	7.3	1.75	28.8	114.1	11.98	10.4
ตำรับที่ 7 รำข้าว 100%	1.8	3.3	1.8	6.2	2.25	33.1	154.4	10.26	11.3
ตำรับที่ 8 ยูเรีย50%+รำข้าว 50%	1.6	2.2	1.5	6.1	2.81	30.4	131.8	10.60	10.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงการปลดปล่อยสารอนินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารพืชในกระบวนการ Mineralization

4.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน



รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลง pH ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 0.17, 14 วัน 0.13, 21 วัน 0.15, 30 วัน 0.14, 45 วัน 0.15, วัน 0.27 และ90 วัน 0.13

เมื่อ ตำรับที่1 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ตำรับที่ 2 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่ง พด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% ตำรับที่3 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% ตำรับที่ 4 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% ตำรับที่ 5 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1 ตำรับที่6 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% ตำรับที่ 7 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% ตำรับที่8 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1 ปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% ตำรับที่ 9 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ไม่ใส่สารเร่งพด.1 ตำรับที่10 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% ตำรับที่ 11 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว 100% ตำรับที่12 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50%และรำข้าว50% ตำรับที่ 13 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ตำรับที่ 14 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด. 1ร่วมกันปุ๋ยยูเรีย 100% ตำรับที่ 15 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมัก ฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% ตำรับที่16 ดินบ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1ร่วมกับ ปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50%

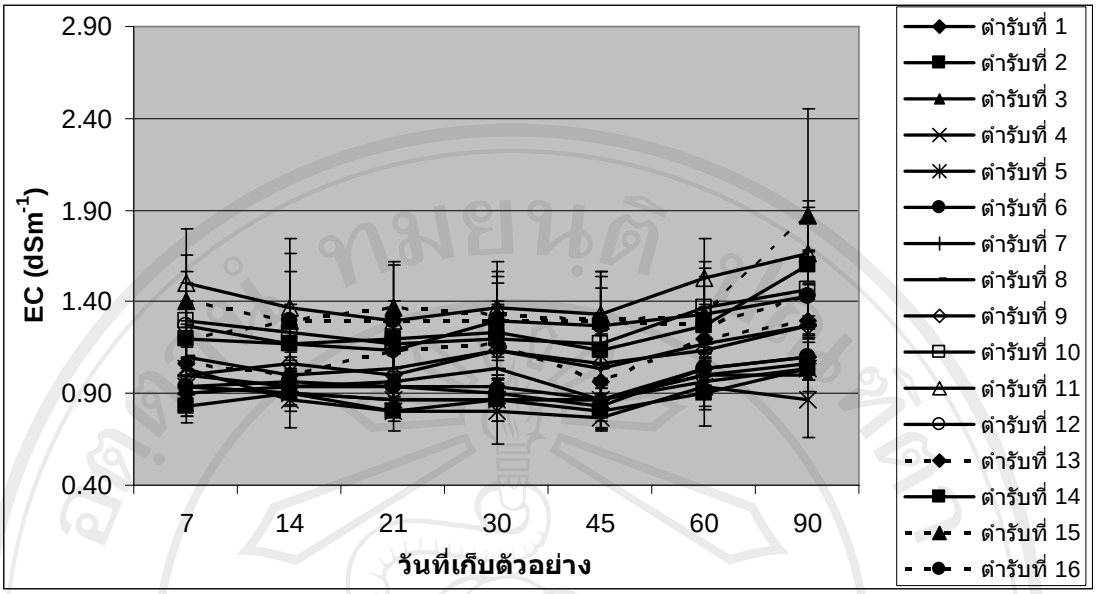
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆ ในระยะเวลาต่างกันพบว่า pH มีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลอง หลังจากบ่มไว้นาน 30 วัน แล้วหลังจากนั้นค่า pH มีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงระยะ 90 วัน pH ที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำสุด โดยพบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีค่า pH สูงสุดตลอดระยะเวลาการทดลองยกเว้นที่ระยะเวลา 90 วัน และพบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% และดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย 50%และรำข้าว 50% มีค่า pH ต่ำสุดโดยในช่วง 14 วันแรก ดินในตำรับที่หมักร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด. 1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่า pH ต่ำสุดและหลังจากนั้นในช่วง 21 ถึง 45 วัน พบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย 50%และรำข้าว50% มีค่า pH ต่ำสุด ส่วนในช่วงระยะเวลาที่เหลือดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย 50% และรำข้าว50% มีค่า pH ต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการบ่มดิน pH มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยค่า pH ดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักจากกรรมวิธีต่างๆ มีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงระยะเวลา 90 วัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.9-6.1 (รูปที่ 19) การที่ pH ลดลงเกิดขึ้นจากกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ สอดคล้องกับการทดลองของ Usman (2004) ที่ทำการศึกษาบ่มตัวอย่างดินกับปุ๋ยหมักตะกอนในอัตรา 15, 45 และ 90 tha^{-1} และบ่มดินร่วมกับปุ๋ยหมักจากเศษหญ้าในอัตราเดียวกันโดยบ่มตัวอย่างดินให้มีความชื้นเท่ากับ 70% ของความชื้นดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระยะเวลาที่ 0, 27, 60 และ 90 วัน เมื่อนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ พบว่าเมื่อใช้ปุ๋ยหมักจากตะกอนและปุ๋ยหมักจากเศษหญ้าในอัตราที่สูงขึ้นจะทำให้ค่า pH ลดลงเมื่อบ่มดินไว้ในระยะเวลา 90 วัน

4.2.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆในระยะเวลาต่างๆกัน พบว่าค่า EC ของดินมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในช่วง 90 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยพบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว100% มีค่า EC สูงสุดตลอดระยะเวลาการทดลอง ยกเว้นในช่วงเวลาที่ 21 วัน และ 90 วันที่พบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุด และนอกจากนี้พบว่าค่า EC มีค่าต่ำสุดคือดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 50%และรำข้าว50% และดินตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% แต่อย่างไรก็ตามแล้วค่า EC ก็มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักโดยจะมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลา 60 วัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงระยะเวลา 90 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยของ EC ในช่วงระยะ 7, 14, 21, 30, 45, 60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลง EC ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 0.34, 14 วัน 0.32, 21 วัน 0.26, 30 วัน 0.30, 45 วัน 0.30, 60วัน 0.28 และ90 วัน 0.39

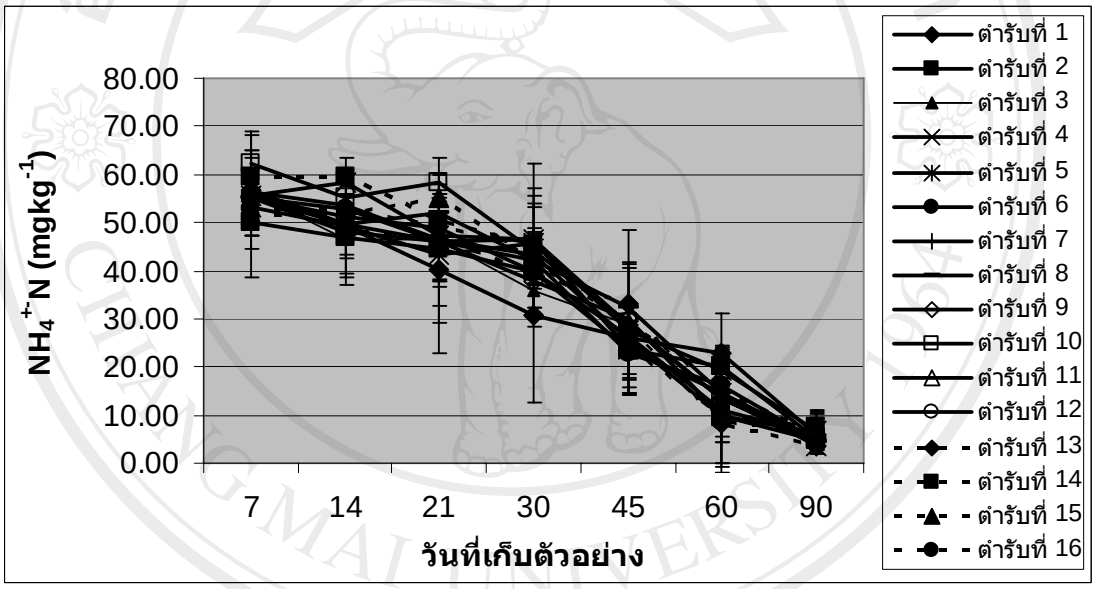
และ90วันอยู่ในช่วง0.83-1.50 dSm^{-1},0.87-1.37 dSm^{-1},0.80-1.37 dSm^{-1},0.80-1.37 dSm^{-1}, 0.77-1.33 dSm^{-1},0.90-1.53 dSm^{-1}และ0.87-1.87 dSm^{-1} ตามลำดับ โดยที่ในแต่ละช่วงเวลาของค่า EC มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในระยะเวลาที่ 7 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีค่าสูงสุด คือ1.50 dSm^{-1}และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100%มีค่าต่ำสุดคือ 0.83 dSm^{-1}ในช่วง 14 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุด คือ1.37 dSm^{-1} และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีค่าต่ำสุดคือ 0.87 dSm^{-1}ในช่วง 21 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 1.37 dSm^{-1} และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50% และรำข้าว50%มีค่าต่ำสุดคือ 0.80 dSm^{-1}ในช่วง 30 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุด คือ 1.37 dSm^{-1}และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50%มีค่าต่ำสุดคือ 0.80 dSm^{-1} ในช่วง 45 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุด คือ 1.33 dSm^{-1}และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50%มีค่าต่ำสุดคือ 0.77 dSm^{-1} ในช่วง 60 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%มีค่าสูงสุด คือ 1.53 dSm^{-1} และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

100%มีค่าต่ำสุดคือ 0.90 dSm^{-1} ในช่วง 90 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับรำข้าว 100% มีค่าสูงสุดคือ 1.87 dSm^{-1} และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด. 1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีค่าต่ำสุดคือ 0.87 dSm^{-1}ตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของค่า EC ในการบ่มดินดังกล่าวจะสอดคล้องกับการทดลองของ Usman (2004) ที่พบว่าการบ่มปุ๋ยหมักตะกอนของเสียในดินทำให้ความเค็มของดินเพิ่มขึ้น โดยความเค็มของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราของการใช้ของเสียจากอินทรีย์

4.2.1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)



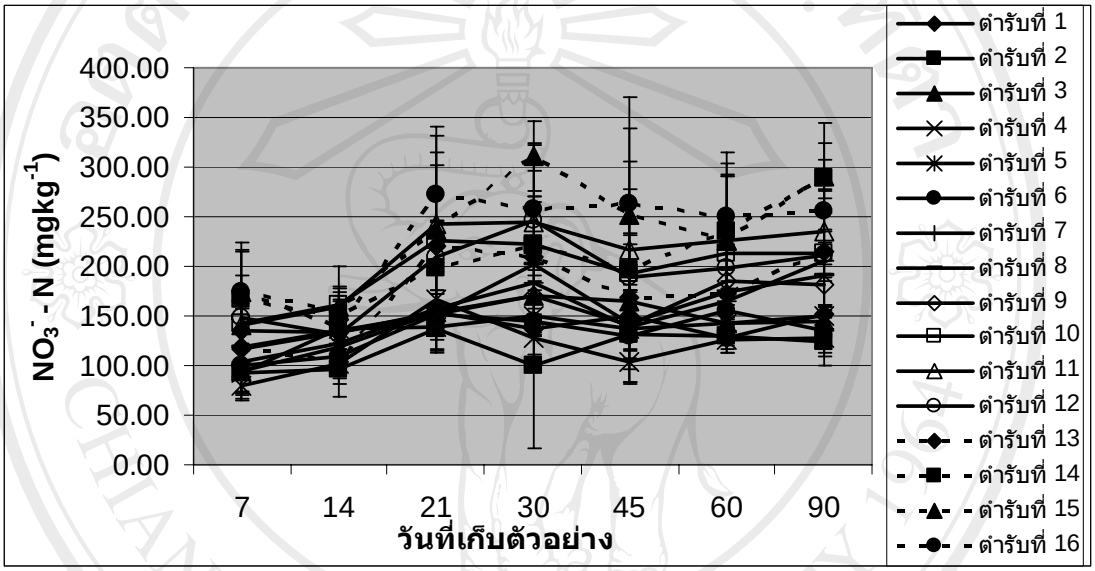
รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ NH_4^+ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 11.51, 14 วัน 10.06, 21 วัน 17.10, 30 วัน 16.29, 45 วัน 16.55, 60วัน 16.03 และ90 วัน 4.07

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่หมักด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน พบว่าปริมาณ NH_4^+ลดลงเมื่อบ่มเป็นเวลานานขึ้น (รูปที่ 21) กล่าวคือการลดลงมีปริมาณไม่มากในช่วง 21 วันแรก โดยมีค่าเฉลี่ยของ NH_4^+ในระยะ 7, 14 และ 21 วันอยู่ที่ 49.9-63.2, 46.5-59.4 และ40.3-58.4 แต่หลังจากนั้น NH_4^+มีปริมาณลดลงเร็วขึ้นและคงเหลือในปริมาณต่ำสุดเมื่อบ่มทิ้งไว้นาน 90 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยดังนี้คือ 30.8-46.4, 30.8–46.4, 22.7 –33.1, 8.3 -23.0 และ 3.7 – 7.3 $mgkg^{-1}$ ในระยะเวลา 30, 45, 60 และ 90 วัน ตามลำดับโดยที่ในแต่ละช่วงเวลาปริมาณของ NH_4^+ มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทุกตำรับการทดลองการลดลงของปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

NH_4^+ในดินดังกล่าวเป็นผลมาจากการเกิดขบวนการ immobilization และขบวนการ nitrification ของจุลินทรีย์ในดิน (Cattanio, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Armstrong (1997) ได้ศึกษาถึงผลของการย่อยสลายของใบโอ๊คในการบ่มดินพบว่าปริมาณของ NH_4^+ เริ่มต้นมีค่าสูงคือ 60.4 μM เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ NH_4^+ มีค่าลดลงคือ 25.6 μM

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท (NO_3^-)



รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ NO_3^- ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 57.97, 14 วัน 44.04, 21 วัน 80.49, 30 วัน 69.91, 45 วัน 93.28, 60วัน 78.73 และ90 วัน 76.50

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่หมักด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน พบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100%และดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีปริมาณ NO_3^- สูงสุดตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน และพบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% และดินในตำรับการที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% มีปริมาณ NO_3^- ต่ำสุดตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน อย่างไรก็ตามแล้วปริมาณ NO_3^- ในทุกตำรับการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อบ่มเป็นระยะเวลานานขึ้นกล่าวคือในช่วง 14 วันแรก ปริมาณ NO_3^- ค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยของ NO_3^- ในระยะ 7 และ14 วัน อยู่ที่ 79.9 – 174.5 และ 95.6 – 161.0 $mgkg^{-1}$ หลังจากนั้น NO_3^- มีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะ 21 ถึงสิ้นสุดการทดลองที่ระยะ 90 วันซึ่งมีค่าเฉลี่ยดังนี้คือ 136.6 – 273, 128.7 –

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

311.4, 103.7 – 263.8, 127.4 – 249.53 และ 101.9 – 290.7 $mgkg^{-1}$ ในระยะเวลา 21, 30, 45, 60 และ 90 วันตามลำดับ การที่มี NO_3^- เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการลดลงของ NH_4^+ แต่บางส่วนของ NO_3^- ในบางตำรับการทดลองอาจสูญเสียไปบ้างในกระบวนการ denitrification จึงทำให้บางช่วงเวลามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าในช่วงเวลาที่ 7 และ 60 วัน ปริมาณของ NO_3^- มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทุกตำรับการทดลอง แต่ช่วงเวลา 14, 21, 30, 45 และ 90 วัน ปริมาณของ NO_3^- มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทุกตำรับการทดลอง (รูปที่ 22) โดยในช่วง 14 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 161 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 95.6 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 21 วันดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 50 % และ ปุ๋ยยูเรีย 50 % มีปริมาณ NO_3^-สูงสุดคือ 273.1 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 136.6 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 30 วันดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 311.4 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 128.7 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 45 วัน ดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 50% และปุ๋ยยูเรีย 50% มีปริมาณ NO_3^- สูงสุดคือ 263.8 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยรำข้าว 50% และปุ๋ยยูเรีย 50% มีปริมาณต่ำสุดคือ 103.7 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 60 วัน ดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่ง พด.1 ร่วมกับรำข้าว 50 % และปุ๋ยยูเรีย 50% มีปริมาณ NO_3^- สูงสุดคือ 249.5 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 127.4 $mgkg^{-1}$ และในช่วง 90 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 290.7 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 101.9 $mgkg^{-1}$ ตามลำดับ สอดคล้องกันกับรายงานของ Armstrong (1997) ได้ศึกษาถึงผลของการย่อยสลายของใบโอ๊คในการบ่มดินพบว่าปริมาณของ NO_3^- เริ่มต้นมีน้อยคือ 25.3 μM เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณ NO_3^- มีค่าเพิ่มสูงขึ้นคือ 202.2 μM

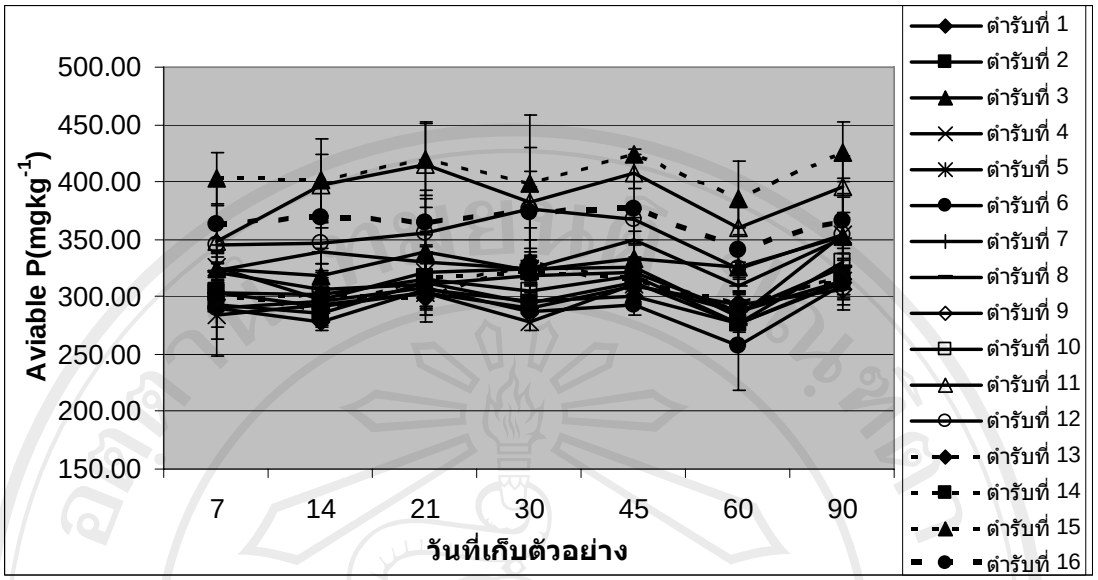
4.2.1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัส (Aviable P)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่หมักด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน พบว่าปริมาณ P ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ P สูงสุด และพบว่าดินในตำรับการทดลองที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% ดินในตำรับการทดลองที่บ่มร่วมกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

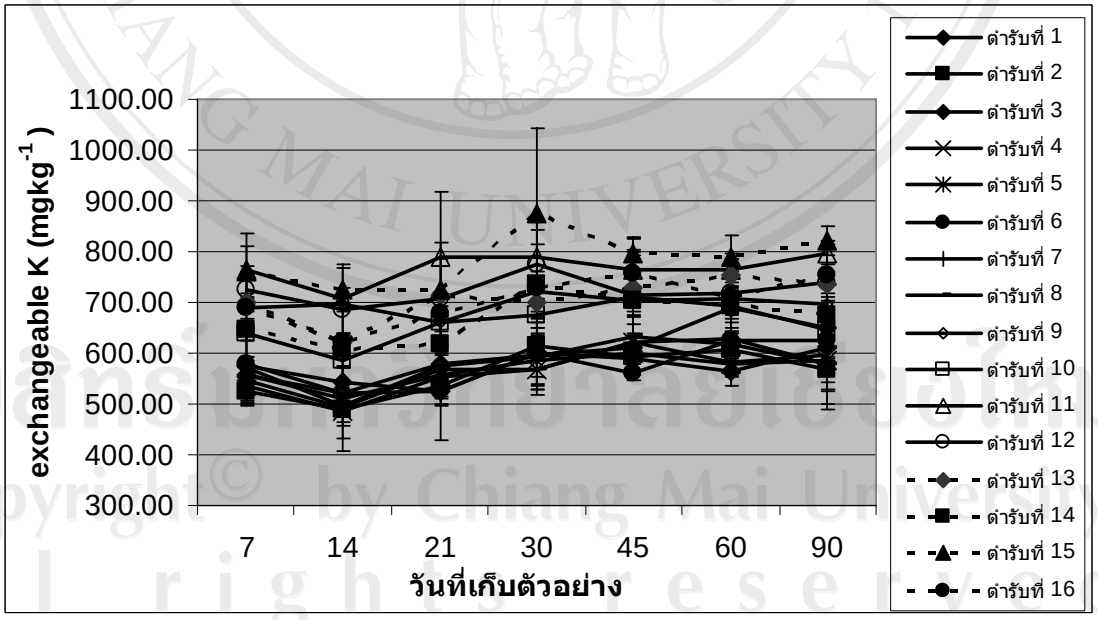
ปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50% และดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย50%และรำข้าว50%มีปริมาณฟอสฟอรัสรองลงมาตามลำดับ และนอกจากนี้พบว่าดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1และดินในตำรับที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย100% มีปริมาณ P ต่ำสุด อย่างไรก็ตามแล้วปริมาณ P ในทุกตำรับการทดลองมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอด ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน โดยที่ระยะเวลา 7, 14, 21, 30, 45, 60 และ 90 วัน มีช่วงของปริมาณ P เท่ากับ 284.6–402.7, 278.1–402.1, 299.4–420.21, 278.1– 399.4, 292.9–423.5, 257.7–385.8 และ 306.9–425.8 mgkg $^{-1}$ ตามลำดับ (รูปที่ 23)โดยแต่ละช่วงเวลาการปลดปล่อย P จากดินที่บ่มด้วยปุ๋ยที่ทำจากวัสดุต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นที่ระยะเวลาที่ 90 วัน กล่าวคือ ระยะเวลาที่ 7 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่เชื้อสารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 402.7 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 284.6 mgkg $^{-1}$ ในช่วง 14 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 402.1 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 278.1 mgkg $^{-1}$ ในช่วง 21 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 420.2 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 299.4 mgkg $^{-1}$ ในช่วง 30 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1. ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 399.4 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 278.1 mgkg $^{-1}$ ในช่วง 45 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 423.5 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 292.9 mgkg $^{-1}$ ในช่วง 60 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 385.8 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 257.7 mgkg $^{-1}$ และในช่วง 90 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 425.8 mgkg $^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 306.9 mgkg $^{-1}$ ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายของ OM ของปุ๋ยหมักโดยจุลินทรีย์ดิน (Laboski, 2003) ซึ่งสอดคล้องกันกับรายงานของ Laboski (2003) ที่ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นประโยชน์ของ P ในดินโดยการบ่มดินกับปุ๋ยคอกเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่าเป็นประโยชน์ของ P ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากที่ระยะเวลา 1 เดือนแรกคือ 166.0 mgkg $^{-1}$ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่ 9 เดือนจะมีปริมาณ 172.0 mgkg $^{-1}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ P ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 37.82, 14 วัน 31.00, 21 วัน 40.58, 30 วัน 40.92, 45 วัน 28.20, 60 วัน 81.77 และ90 วัน 37.61

4.2.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียม (Exchangeable K)



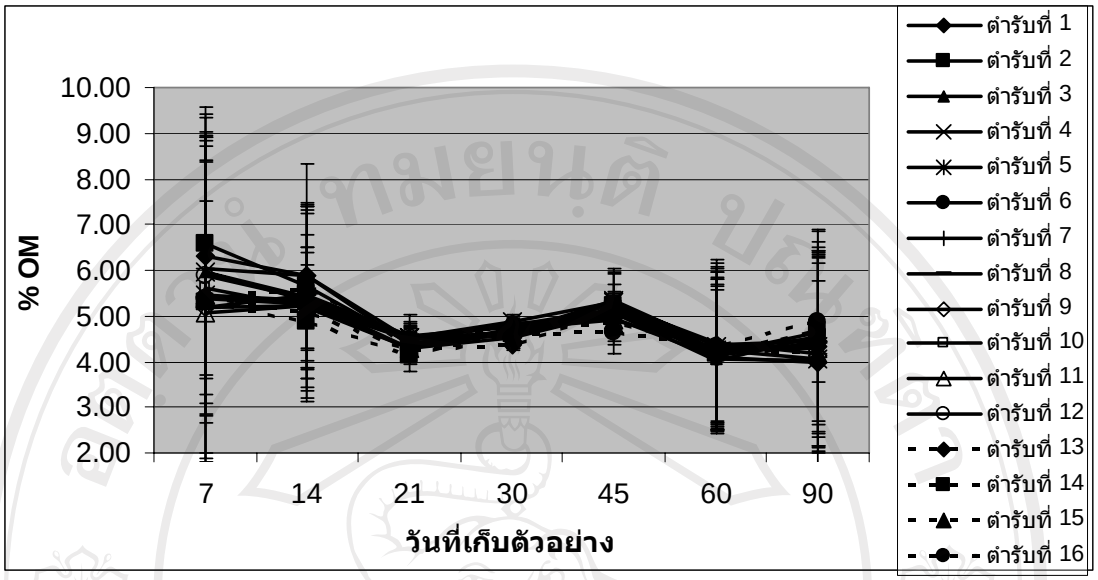
รูปที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ K ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 81.70, 14 วัน 90.47, 21 วัน 113.15, 30 วัน 111.57, 45 วัน 88.61, 60 วัน 77.91 และ90 วัน 92.44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณ K มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง โดยพบว่าดินในตำรับการทดลองที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K สูงสุด และดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณ K รองลงมา ตามลำดับ และพบว่าทุกตำรับการทดลองปริมาณ K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยที่ระยะเวลาที่ 7, 14, 21, 30, 45, 60 และ 90 วัน จะมีค่า K อยู่ในช่วง 526.3–763.3, 486.8–724.3, 523.5–790.8, 566.5-874.0, 561.0–795.0, 565.8–789.0 และ 566.5–820.0 ตามลำดับ (รูปที่ 24) โดยในแต่ละช่วงเวลาการปลดปล่อย K จากดินที่บ่มด้วยปุ๋ยที่ทำจากวัสดุต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือในช่วง 7 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 761.8 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 526.3 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 14 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 724.3 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับยูเรีย 50% และรำข้าว 50% มีปริมาณต่ำสุดคือ 486.8 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 21วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่ใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 790.8 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 523.5 mg / kg^{-1} ในช่วง 30 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 874.0 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับรำข้าว 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 566.5 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 45 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 795.0 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบใส่สารเร่งพด.1 ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 561.0 $mgkg^{-1}$ ในช่วง 60 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 789.0 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1 มีปริมาณต่ำสุดคือ 565.8 $mgkg^{-1}$ และในช่วง 90 วัน ดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวใส่สารเร่งพด1.ร่วมกับรำข้าว100% มีปริมาณสูงสุดคือ 820.0 $mgkg^{-1}$ และดินที่บ่มด้วยปุ๋ยหมักแกลบไม่ใส่สารเร่งพด.1ร่วมกับยูเรีย 100% มีปริมาณต่ำสุดคือ 566.5 $mgkg^{-1}$ จากการเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าวอาจเป็นผลเนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักโดยจุลินทรีย์ดินจึงทำให้ปริมาณ K ในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Trawis *et al*. (2003) ได้ทำการทดลองใส่ปุ๋ยหมักที่ทำมาจากมูลสัตว์ วัสดุเหลือจากการเพาะเห็ดและเศษซากจากการตัดแต่งกิ่งโดยนำไปใส่กับไร่องุ่นพบว่าในแต่ละแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยดังกล่าวมีปริมาณของ K เพิ่มสูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของค่า K ดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของสมศักดิ์ (2549) ที่พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพลงไปในดินพบว่าปริมาณ K ในดินที่ปลูกคะน้าเพิ่มสูงขึ้นจาก 33.8 $mgkg^{-1}$ เป็น 352.0 $mgkg^{-1}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM)



รูปที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณ OM ของดินตลอดระยะเวลาการทดลอง 90 วัน ค่า $LSD_{0.05}$ของแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง มีดังนี้ 7 วัน 5.53, 14 วัน 3.02, 21 วัน 0.60, 30 วัน 0.32, 45 วัน 0.81, 60 วัน 2.77 และ90 วัน 3.54

จากรูปที่ 25 เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่หมักด้วยปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุและกรรมวิธีต่างๆ ในระยะเวลาต่างกัน พบว่าปริมาณ OM มีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลองเมื่อบ่มเป็นเวลานานจนถึงระยะเวลาที่ 90 วันโดยในช่วง 21 วันแรกปริมาณ OM ลดลงค่อนข้างรวดเร็วแต่หลังจากวันที่ 21 จนถึงระยะเวลาที่ 90 วันปริมาณค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง กล่าวคือปริมาณ OM ในช่วง 7 วันแรกมีประมาณ 5.2%-6.6% และลดลงไปอยู่ที่ 3.9-4.9%ในช่วง 90 วันสุดท้าย โดยที่ในแต่ละช่วงเวลาปริมาณของ OM มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามการลดลงของ OM เป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณ C ในระหว่างการบ่มปุ๋ยหมักในดินจึงทำให้มีปริมาณ OM ลดลงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Beraud *et al*. (2005) ที่พบว่าเมื่อทำการบ่มตัวอย่างปุ๋ยหมักตะกอน (sewage sludge compost; SSC) กับดินเพื่อศึกษาอัตราการ mineralization ของปริมาณ C เป็นระยะเวลาประมาณ 140 วัน วิเคราะห์ปริมาณ C ในดินพบว่า มีปริมาณ C เท่ากับ 10% และจากการทดลองของ Antonio *et al*. (2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับการบ่มตัวอย่างดินร่วมกับปุ๋ยหมักจากเศษเหลือจากการตัดแต่งกิ่งของต้นมะนาวบ่มตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่าปริมาณ C ลดลงเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณ OM ลดลงไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved