

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้ง
กิจกรรม : การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายยากในสภาพกองปุ๋ยหมัก
3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : การเป็นปุ๋ยหมักของเปลือกไม้
ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Study on the composting of tree bark

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นายพีรพงษ์ เขาวนปรีชา

ผู้ร่วมงาน : นางสาวปราณี มั่นหมาย

: นายอธิปัตย์ คลังบุญครอง

: นางภาวนา ลิกขนานนท์

: นางสาวศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสโดยทดลองใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร และมูลโค เร่งการย่อยสลายให้เร็วขึ้น ทำการทดลองในพื้นที่ของเกษตรกรในเขตอำเภอ บ้านบึง จังหวัดชลบุรี วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี ทำ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) เปลือกไม้ 2) เปลือกไม้ ใส่มูลโค 3) เปลือกไม้ ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ 4) เปลือกไม้ ใส่มูลโค ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า เปลือกไม้ย่อยสลายลงจนสามารถใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ภายในระยะเวลา 240 วันหลังการทดลองกองปุ๋ย ในกองปุ๋ยที่การใส่มูลโค อุณหภูมิของกองปุ๋ยเปลือกไม้ที่กึ่งกลางกองสูงขึ้นหลังกองปุ๋ยและสูงที่สุด 58 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาบ่ม 20 วัน หลังกองปุ๋ย ในกองปุ๋ยที่ใส่มูลโค และกองปุ๋ยที่ใส่มูลโค ร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ จากนั้นอุณหภูมิลดลง ปริมาณอินทรีย์วัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของกองปุ๋ยในทุกกรรมวิธี ลดลงตามระยะเวลา ที่ระยะเวลาบ่ม 240 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 28.7 – 57.2 และ 19.2 – 48.0 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาบ่ม

6. คำนำ

กระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการที่เป็นที่รู้จักกันมายาวนานว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน ซึ่งสามารถเปลี่ยนของเหลือทิ้งไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าเอาไว้ใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ Bell (1971) ให้คำจำกัดความไว้ว่าเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ แบบใช้อากาศ มีช่วงอุณหภูมิสูงและสะสมความร้อนภายในตัวเองซึ่งเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติและสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลาย ส่วน Biddlestone and Gray (1973) ให้ไว้ว่ากระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเป็นการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีเนื้อต่างชนิดกัน โดยกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ ในสภาพแวดล้อมแบบมีอากาศและร้อนขึ้น การย่อยสลายเศษซากพืชหรือวัสดุอินทรีย์และเป็นการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบทางเคมีในรูปแบบที่ซับซ้อนไปเป็นสารประกอบทางเคมีรูปแบบง่าย ๆ โดยมี จุลินทรีย์เป็นตัวการหลักที่ทำให้เกิดการย่อยสลาย และการย่อยสลายนี้ถูกควบคุมโดยปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณภาพของวัสดุอินทรีย์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ โครงสร้างและเนื้อดิน

เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ จึงมีแนวคิดนำจุลินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์โดยเฉพาะพวกเศษซากพืช เพิ่มจำนวนลงไปเพื่อเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลาย กรมวิชาการเกษตรมีผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งต่าง ๆ จึงสมควรนำผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์นี้มาขยายผลการใช้ประโยชน์ในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีสมบัติย่อยสลายยาก ได้แก่ เปลือกไม้ยูคาลิปตัสจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น

7.วิธีดำเนินการ

ทำการทดลองที่ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 กรรมวิธี ทำ 3 ซ้ำดังนี้ 1) เปลือกไม้ 2) เปลือกไม้ ใส่มูลโค 3) เปลือกไม้ ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ 4) เปลือกไม้ ใส่มูลโค ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ วิธีปฏิบัติการทดลอง เก็บตัวอย่างเปลือกไม้ มูลโค เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี ทุกกรรมวิธีใช้เปลือกไม้น้ำหนักเท่ากันเท่ากับ 1600 กิโลกรัมต่อกองปุ๋ย คลุกวัสดุทดลองตามกรรมวิธีที่กำหนดให้เข้ากันให้ทั่ว โดยใช้อัตราส่วนเปลือกไม้ต่อมูลโคเท่ากับ 6:1 โดยน้ำหนัก ปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ 1000 กรัมต่อเปลือกไม้หนัก 1,000 กิโลกรัม แล้วตั้งเป็นกองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ให้กองที่มีฐานกว้าง 2.0 เมตร ยาว 3.0 เมตร สูง 1.2 เมตร ด้านคู่ขนานกว้าง 1.6 เมตร (รูปที่ 1-2) ปริมาณความชื้นกองปุ๋ยที่ได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ดูแลให้กองปุ๋ยมีความชื้นอยู่ที่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะแรกของการกองปุ๋ย (0-30 วัน) กลับกองปุ๋ยที่ระยะเวลา 10 30 60 90 150 และ 210 วัน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักจากกองเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีที่ระยะเวลา 30 60 90 150 180 210 และ 240 วัน วัดอุณหภูมิกองปุ๋ยทุก 1-2 วันในช่วงสัปดาห์แรกหลังกองปุ๋ย หลังจากนั้น ทุก 3-7 วัน จนอุณหภูมิกองปุ๋ยไม่แตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย



รูปที่ 1 กองปุ๋ยเปลือกไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 2 กองปุ๋ยเปลือกไม้ยูคาลิปตัสใส่มูลสัตว์

การบันทึกข้อมูล

1. อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยและภายนอกที่ระยะเวลาต่างๆ
2. ค่าวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (เปลือกไม้ยูคาลิปตัส มูลโค และ ปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัส) ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติทางเคมีของ เปลือกไม้ และมูลโค ที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 1 เปลือกไม้มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนกว้างมาก เท่ากับ 228.90 จึงยากต่อการย่อยสลายตามธรรมชาติ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ คือมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมูลโคที่ใช้ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ต่ำเท่ากับ 11.61 จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบร่วมในการทำปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน 1.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 0.85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียม 2.13 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอินทรีย์	pH (1:10)	EC (dS/m)	OC (%)	OM (%)	C/N ratio	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
เปลือกไม้	5.97	0.78	47.78	86.17	228.91	0.34	0.22	0.29
มูลโค	6.77	3.02	20.20	34.82	11.61	1.74	0.85	2.13

อุณหภูมิภายในกองปุ๋ย

อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยที่ระดับกึ่งกลางของกองปุ๋ย ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 2 กองปุ๋ยจากกรรมวิธีที่ใส่มูลสัตว์มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ไม่ใส่ อุณหภูมิกองปุ๋ยเริ่มสูงขึ้นหลังเริ่มกองปุ๋ยเพียง 1 วัน ที่ระยะเวลา 7 วันหลังกองปุ๋ย กองปุ๋ยที่ใส่มูลสัตว์ (ทั้งใส่และไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ) มีอุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส ในขณะที่กองปุ๋ยที่มีแต่เปลือกไม้มีอุณหภูมิ 45.7 องศาเซลเซียส และที่ใส่แต่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ มีอุณหภูมิ 42.7 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ยเท่ากับ 26 องศาเซลเซียส แสดงว่ากองปุ๋ยที่ใส่มูลสัตว์เกิดการย่อยสลายมากกว่าไม่ใส่ เพราะอุณหภูมิสูงเป็นผลมาจากกิจกรรมทางชีวภาพ ความร้อนถูกปลดปล่อยออกมาโดยการหายใจของจุลินทรีย์ที่ย่อยวัสดุอินทรีย์ที่อยู่ในกองปุ๋ย เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็งมีลักษณะการเป็นฉนวนอยู่แล้วตามธรรมชาติ จึงทำให้เกิดการกระจายความร้อนออกไปได้น้อย ความร้อนจึงสะสมอยู่ในกองปุ๋ยนั้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมักมีค่าระหว่าง 45-55 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิในช่วง 55-60 องศาเซลเซียสติดต่อกันอย่างน้อย 3 วัน มีผลต่อการทำลายวัชพืชและเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ (Cosico, 1985)

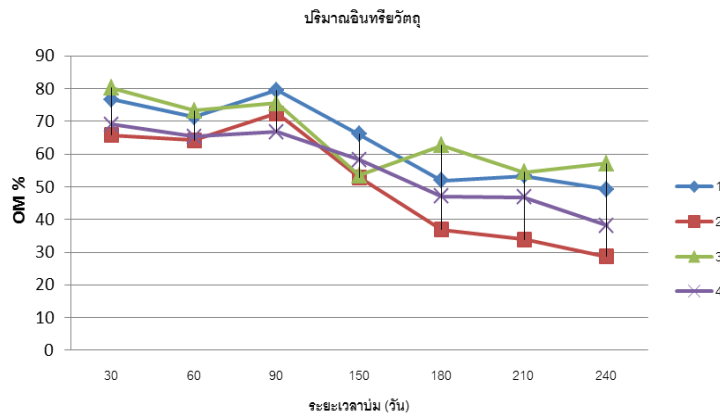
ตารางที่ 2 อุณหภูมิกองปุ๋ยที่ระยะเวลาต่างๆ

กรรมวิธี	อุณหภูมิเฉลี่ยกองปุ๋ย (องศาเซลเซียส) ที่ระยะเวลาหลังกองปุ๋ย (วัน)													
	1	4	7	10	20	30	60	90	120	150	180	210	240	300
1. เปลือกไม้	42.6	43.7	45.7	48.8	47.4	44.0	39.8	43.9	43.3	44.4	45.9	46.8	49.6	46.8
2.เปลือกไม้ มูลโค	44.2	46.9	51.8	56.8	58.1	56.1	47.9	51.4	49.1	46.7	43.9	44.1	42.2	42.8
3.เปลือกไม้ หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ	40.0	40.8	42.7	45.7	45.1	43.3	40.3	44.2	44.3	44.8	45.7	47.1	47.8	45.6

4.เปลือกไม้	มุลโค	44.2	46.8	51.1	55.6	58.3	57.2	48.9	52.7	51.1	47.8	42.7	43.7	43.7	42.8
หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ															

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

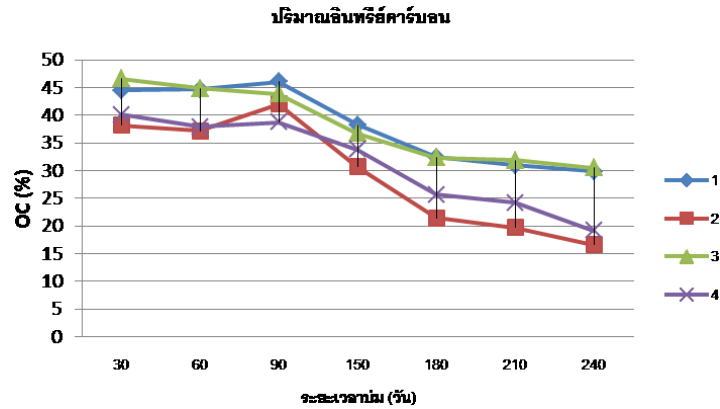
พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุของเปลือกไม้ ก่อนทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 86.2 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง ปริมาณอินทรีย์วัตถุของกองปุ๋ยหมักเปลือกไม้ลดลงตามระยะเวลาบ่มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 ปุ๋ยหมักเปลือกไม้ที่ใส่มูลโค มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าที่ไม่ใส่มูลโคในทุกระยะเวลาบ่ม ที่ระยะเวลา 240 วัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุของกองปุ๋ยหมักเปลือกไม้ทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ในช่วง 28.7 – 49.2 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

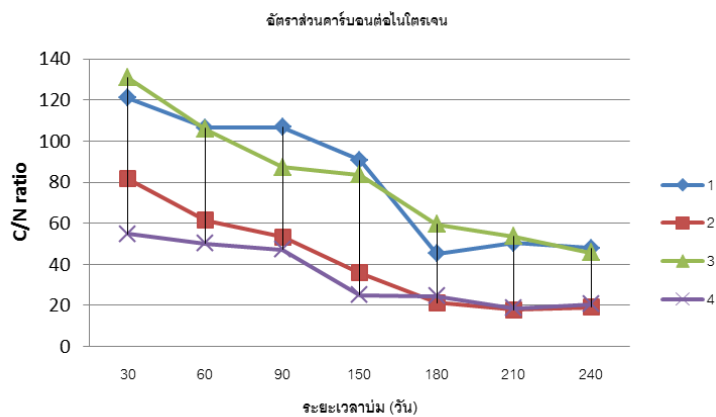
ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเปลือกไม้ ลดลงตามระยะเวลาบ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4 ที่ระยะเวลาเริ่มต้นการทดลอง ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าเท่ากับ 47.8 เปอร์เซ็นต์ หลังกองปุ๋ยหมักได้ 30 วัน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของกองปุ๋ยหมักในกรรมวิธีต่างๆ มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 38.2 – 46.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะเวลาบ่ม 240 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 16.6-30.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่มีการใส่มูลโค มีค่าต่ำกว่าที่ไม่มีการใส่มูลโค ในทุกช่วงระยะเวลาหมัก และการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯไม่ได้ทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าลดลงมากกว่าการไม่ใส่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ลดลงแสดงให้เห็นว่าเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเกิดการย่อยสลายขึ้น



รูปที่ 4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ตามระยะเวลาบ่มต่าง ๆ

ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

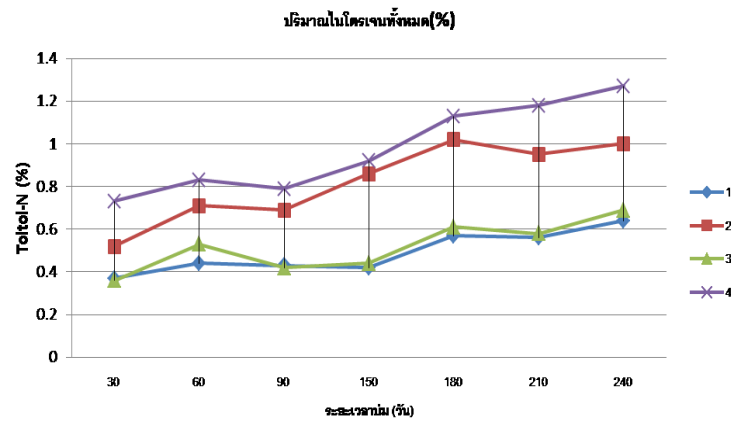
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ในทุกกรรมวิธีการทดลอง มีค่าคงตามระยะเวลาหมัก ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ระยะเวลาบ่ม 30 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 54.9-131.0 และที่ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 240 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 19.2-48.0 โดยค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่ใส่มูลโคมีค่าต่ำกว่าไม่ใส่มูลโคในทุกช่วงของระยะเวลาการหมัก การใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ ไม่ได้ทำให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่ำกว่าการไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ฯ การใส่มูลโคทำให้ได้ปุ๋ยหมักเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่มี อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20 ภายในระยะเวลาบ่ม 210 วัน



รูปที่ 5 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ตามระยะเวลาบ่มต่าง ๆ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

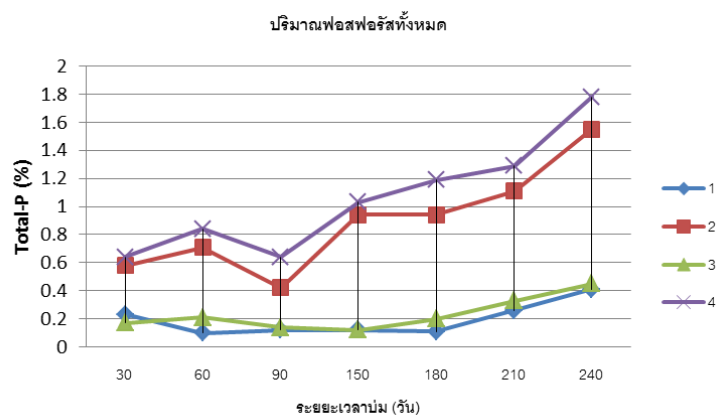
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของเปลือกไม้ก่อนทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาบ่ม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.64 - 1.27 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาบ่ม 240 วัน (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ตามระยะเวลาบ่มต่างๆ

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

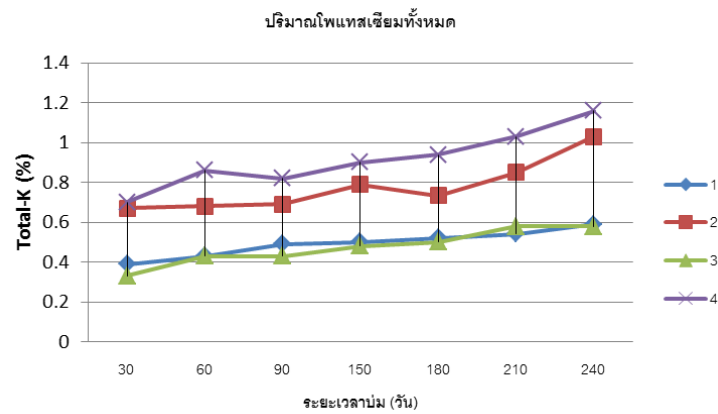
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของเปลือกไม้ก่อนทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ในทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาบ่ม โดยที่ระยะเวลาบ่ม 240 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.41 - 1.78 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของทะเลสาบก่อนทดลองมีค่าเท่ากับ 0.29 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยเปลือกไม้ของทุกกรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาบ่ม โดยที่ระยะเวลาบ่ม 240 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.58 - 1.16 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมักเปลือกไม้ ที่ระยะเวลาบ่มต่างๆ

9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สามารถทำปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ภายในระยะเวลา 210 วัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกไม้มีค่าสูงถึง 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของปุ๋ยหมักเปลือกไม้มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากทำการกองปุ๋ยหมัก การใส่มูลโคสามารถเร่งกระบวนการย่อยสลายทำให้ได้ปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้ได้ภายในระยะเวลา 210 วัน ทำให้กองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าไม่ใส่ การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายร่วมกับวัสดุอินทรีย์ย่อยสลายยากเช่นเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนกว้างมากกว่า 200 ไม่ช่วยเร่งระยะเวลาการเป็นปุ๋ยหมักได้ดีเท่ามูลโค

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถแนะนำให้ทำปุ๋ยหมักจากเปลือกไม้โดยใส่มูลโคเพิ่มเพื่อเร่งระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักลง

11. เอกสารอ้างอิง

Bell, R.G. 1973. The Role of Compost and Composting in Modern Agriculture. Compost Sci.

14 : 24.

Biddlestone, A.J. and K.R. Gray. 1973. Compost process parameters. The Chemical Engineering

2:71-76.

Cosico, W.C. 1985. Organic Fertilizers: Their nature, properties and use. A Publication of the Farming Systems and Soil Resources Institute, University of the Philippines at Los Banos : Laguna Philippines. 136 p.