



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมัก
วัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแหน

โดย ดร.บัญญัติ จิรลันท์ และคณะ

มิถุนายน พ.ศ. 2550

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมัก
วัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพน

คณะผู้วิจัย

- ดร.บัญญัติ ใจลำนันท์
- นางสาวณัฐชา วงศ์คำแดง

สังกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ชุดโครงการสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สรุปสำหรับผู้บริหาร

ชุมชนบ้านแม่ผาแหน ต.ออนใต้ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ เป็นชุมชนแห่งหนึ่งที่มีความหลากหลายของการประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์ จัดได้ว่าเป็นชุมชนที่มีศักยภาพสูงในการนำวัตถุดิบ/เศษวัสดุเหลือใช้จากการประกอบอาชีพของชุมชนมาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรของชุมชนและอาจสามารถขยายผลการผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้ในขั้นต่อไป ดังนั้นโครงการวิจัยการศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแหน จึงเป็นโครงการวิจัยที่พัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับท้องถิ่น 2) เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมักปุ๋ยหรือระดับความเสถียรของปุ๋ยหมักต่อระดับความเป็นพิษต่อพืช 3) เพื่อศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ยวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนภายใต้สภาวะการใช้ประโยชน์จริง และ 4) เพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน ประโยชน์ของโครงการวิจัย นอกจากชุมชนจะได้เทคโนโลยีเชิงอุตสาหกรรมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสม ภายใต้ปัจจัย เงื่อนไข และบริบทของท้องถิ่นแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังมีส่วนสร้างชุมชนที่เข้มแข็ง มีความรู้ และมีความสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนทั้งในด้าน เศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

การพัฒนาเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของสถิติดูดอากาศ (Forced Aeration with Negative Pressure Mode) พบว่า การดำเนินระบบค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิผลต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ จึงเป็นระบบการหมักที่มีความเหมาะสมสำหรับชุมชนระบบหนึ่ง ระบบการหมักสามารถรองรับอัตราการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงถึง 8 ตัน/เดือน และให้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉลี่ยประมาณ 4 ตัน/เดือน ชุมชนสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.2 ปี (2.4 เดือน) มีผลตอบแทนประมาณ 63,900 บาท/ปี (ราคาปุ๋ยอินทรีย์กิโลกรัมละ 3 บาท) เมื่อดำเนินระบบการหมักอย่างต่อเนื่อง และเต็มประสิทธิภาพเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 6 เดือน ถือได้ว่า ระบบการหมักปุ๋ยที่พัฒนาขึ้น มีความเป็นไปได้สูงในการสร้างโอกาส พัฒนาอาชีพ และเสริมรายได้ให้แก่ชุมชน ขณะเดียวกันคุณภาพปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่ม (60 วัน) มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทุกด้านที่กำหนดโดย กรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) อีกทั้งไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมัก เมื่อทำการทดสอบการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวโพด) พบว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มีคุณสมบัติพร้อมใช้ทางเกษตรกรรมได้ทันที ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินและไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อพืช โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะปลูก การเจริญเติบโตของพืชสูงค่อนข้างชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยเคมี สรุปได้ว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น สามารถผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีต่อการนำไปใช้งานและการผลิตเชิงพาณิชย์ให้แก่ชุมชน

กลไกที่สำคัญและถูกดำเนินการภายใต้ขอบเขตของโครงการวิจัยฯ เพื่อพัฒนาด้านศักยภาพ การใช้เทคโนโลยีและด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้แก่ 1)กระบวนการให้ความรู้พื้นฐานด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแก่ชุมชน 2)กระบวนการถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน 3) กระบวนการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน และ4)กระบวนการสำรวจทัศนคติ ผลดำเนินการมีดังนี้ 1)ใน ด้านการให้ความรู้และการสรุปบทเรียน พบว่า ชุมชนมีความมั่นใจในการจัดการและดำเนินระบบด้วย ชุมชนเองมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกัน ชุมชนมีความกระตือรือร้นในการที่จะสานต่องานอย่างเป็นรูปธรรม โดยชุมชนเอง โดยคณะผู้วิจัยถอยออกมาเป็นพี่เลี้ยงให้การสนับสนุนทางวิชาการ 2)ในด้านการถอด ประสบการณ์ร่วมกับชุมชน พบว่า ถึงแม้ทางชุมชนให้ความร่วมมือในการดำเนินการร่วมกับทาง โครงการวิจัยฯ เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ทางคณะผู้ดำเนินโครงการวิจัยฯ มีความเห็นว่า กลุ่มผู้มีส่วน ร่วมยังคงจำกัดอยู่เฉพาะแกนนำและสมาชิกบางคนของกลุ่มต่างๆ ในชุมชน ดังนั้น ในการดำเนินการ ในขั้นต่อไป ชุมชนจำเป็นต้องมีกลไกในการสร้างและส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมภายในชุมชนมาก ยิ่งขึ้น เช่น การเสวนากลุ่มย่อยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การจัดสัณฐานเพื่อการเรียนรู้สำหรับเยาวชนใน พื้นที่ และการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้ภายในชุมชน เป็นต้น และ3)ในด้านการสำรวจทัศนคติ พบว่า โดยส่วนใหญ่ชุมชนมีทัศนคติที่เป็นบวกต่อการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ในภาพรวมทุกด้าน (การอนุรักษ์ดินและน้ำ การเพิ่มปริมาณผลผลิต การเพิ่มมูลค่าผลผลิต การลดต้นทุน การส่งเสริม คุณภาพชีวิต และการลดปัญหาการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง) ซึ่งนับว่าเป็นสัญญาณที่ดีต่อการพัฒนาการมี ส่วนรวมของชุมชน ในการจัดการระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมในขั้นต่อไปอย่างยั่งยืน

สำหรับข้อเสนอแนะของโครงการวิจัยที่นำเสนอมีอยู่ 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1)ประเด็นการ บริหารจัดการด้านวัตถุดิบ รายละเอียดมีดังนี้ 1.1)การเตรียมพื้นที่สำหรับการกองเก็บวัตถุดิบให้เป็น สัดส่วนอย่างเหมาะสม 1.2)การวางแผนในการหมุนเวียนการใช้วัสดุเหลือทิ้งในชุมชนให้เกิดประโยชน์ สูงสุดและสอดคล้องต่อสภาพความเป็นจริง และ1.3)การวางแผนในการจัดหาวัตถุดิบเพื่อเพิ่มปริมาณ และรวบรวมวัตถุดิบที่เข้าสู่ระบบการหมักให้เต็มประสิทธิภาพของระบบ; 2)ประเด็นระบบการผลิตปุ๋ย อินทรีย์ชุมชน รายละเอียดมีดังนี้ 2.1)การบำรุงรักษาระบบการหมักอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง 2.2) การจัดหาอุปกรณ์เครื่องย่อยหรือสับเพื่อลดขนาดของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่ระบบการหมัก เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการดำเนินระบบการหมักและการดำเนินงานให้สูงยิ่งขึ้น และ2.3)การเก็บและบรรจุปุ๋ย อินทรีย์ที่ผลิตได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการจัดทำฉลากผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ชุมชนต้องการต่อยอดเชิง พาณิชย์; 3)ประเด็นด้านการมีส่วนร่วม รายละเอียดมีดังนี้ 3.1)การสร้างรูปแบบการจัดการเชิงสังคม เพื่อพัฒนาการมีส่วนร่วมภายในชุมชน เพื่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างยั่งยืน และ 3.2)การขยายเครือข่ายกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตปุ๋ยหมักเชิงรุก ในลักษณะศูนย์เครือข่ายความรู้และปฏิบัติ การด้านเทคโนโลยีปุ๋ยหมักองค์กรชุมชน

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยฯ นี้ มีวัตถุประสงค์ 1)พัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับท้องถิ่น 2)ศึกษาความเสถียรของปุ๋ยหมักต่อระดับความเป็นพิษต่อพืช 3)ศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักและการใช้ประโยชน์ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง และ 4)สร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน ผลการดำเนินการพบว่า เทคโนโลยีของสปีดดูดอากาศ (Forced Aeration with Negative Pressure Mode) ที่พัฒนาขึ้น เป็นระบบการหมักที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในการสร้างโอกาสด้านพัฒนาอาชีพและเสริมรายได้ให้แก่ชุมชน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่ม (60 วัน) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดโดย กรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) และไม่พบผลความเป็นพิษต่อพืชและเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมัก ผลการประเมินของพืช (ข้าวโพด) บ่งชี้ว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

การศึกษา พบว่า กระบวนการวิจัยที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้แก่ 1)กิจกรรมการให้ความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย 2)กิจกรรมการแลกเปลี่ยนและถอดประสบการณ์การหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน 3)กิจกรรมการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน และ 4)กิจกรรมการสำรวจทัศนคติของชุมชน เป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการบรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้ เสนอแนะประเด็นที่สำคัญ 3 ประเด็นหลัก เพื่อให้การจัดการการผลิตปุ๋ยหมักชุมชนเป็นไปอย่างยั่งยืน คือ 1)ประเด็นการจัดการด้านวัตถุดิบ ได้แก่ 1.1)การเตรียมพื้นที่สำหรับการกองเก็บวัตถุดิบ 1.2)การจัดหาและการหมุนเวียนวัตถุดิบ และ 1.3)ความต้องการวัตถุดิบที่ป้อนเข้าเต็มประสิทธิภาพของระบบการหมัก 2)ประเด็นการจัดการระบบการหมักปุ๋ย ได้แก่ 2.1)การบำรุงรักษาระบบการหมักและอุปกรณ์ 2.2)การใช้อุปกรณ์เครื่องย่อยหรือสับเพื่อลดขนาดของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่ระบบการหมัก และ 2.3)การเก็บ การบรรจุ และติดตามผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักอย่างเหมาะสม และ 3)ประเด็นการจัดการด้านการมีส่วนร่วม ได้แก่ 3.1)การพัฒนารูปแบบการจัดการเชิงสังคม 3.2)การส่งเสริมแนวคิดเครือข่ายปุ๋ยหมักสู่ท้องถิ่น และ 3.3)การเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยีท้องถิ่นในลักษณะศูนย์เครือข่ายความรู้และปฏิบัติการปุ๋ยหมักชุมชน

Abstract

This research was intended to 1) develop suitable industrial composting technology for local community, 2) investigate the effect of compost stability on the level of phytotoxicity, 3) study the quality of finish compost and its utilization under field scale operation, and 4) establish the community based participation in learning and performing the composting process. Results revealed that the forced aeration with negative pressure employed was an appropriate technology to provide both career and income opportunity for the community. The quality of compost obtained (60 Days) was qualified the recommended criteria set by Department of Agriculture of Thailand (2548 B.E.) and no appearance of the phytotoxic effect and pathogenic activation was found. The results of plant (corn) assay indicated that the use of produced compost helped to enhance plant growth as well as to improve soil fertility.

The study was found that the research processes concentrating on community participation include 1) the activity to provide basic knowledge of composting science and technology, 2) the activity to learn and share composting experience, 3) the activity to summarize and discuss the lessons, and 4) the activity to survey the field data of community attitude, can be used as an effective tool to achieve the goals of project implementation. However, this research recommends that the 3 major following topics support to further obtain for sustainable management of community based composting. They are 1) the management of raw material which includes a 1.1) preparation of storage area for feedstock, 1.2) management of feedstock availability and circulation, and 1.3) requirement of feedstock at full capacity of composting system, 2) the management of composting system which includes a 2.1) maintenance of composting system and equipment, 2.2) use of chopping machine for reducing the size of feedstock prior to the composting system, and 2.3) determination of suitable storage, packaging, and labeling of finish compost, and 3) the management of community participation which includes a 3.1) development of social based management model, 3.2) promotion of composting network concept for local community, and 3.3) spawn of local knowledge and technology as community based composting network center and demonstration.

สรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)

สัญญาเลขที่ RDG4950056 **ชื่อโครงการ** การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาเหนือ

หัวหน้าโครงการ ดร.บัญญัติ ใจจันทน์ **สถาบัน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

โทรศัพท์ 053 892780 ext.2441, 089 6337761 **โทรสาร** 053 213183

E-mail address banjarata@yahoo.com

ความสำคัญ/ความเป็นมา

จากแนวทางการพัฒนาประเทศที่มุ่งเน้นการส่งเสริมเกษตรกรรมหลัก (เกษตรเคมี) ที่ผ่านมามีข้อมูลเชิงประจักษ์และเป็นที่ยอมรับว่าได้สร้างปัญหาหลายประการ อาทิ ปัญหาด้านเศรษฐกิจและความยากจน ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายของระบบนิเวศถูกทำลาย ตลอดจนปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคจากพิษตกค้างของสารเคมี ชุมชนบ้านแม่ผาเหนือ ต.ออนใต้ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ เป็นชุมชนแห่งหนึ่งที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม โดยใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลักในการปลูกพืชยืนต้นและพืชหมุนเวียน อาทิ ลำไย ข้าว ยาสูบ และพริก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มที่ประกอบอาชีพการเพาะเห็ด (หลายชนิด) การเลี้ยงวัว การทำฟาร์มสุกร การทำฟาร์มไก่พันธุ์ไข่ และการทำฟาร์มไก่พันธุ์เนื้อภายในชุมชน จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า มีความเป็นไปได้สูงในการนำวัสดุ/เศษวัสดุเหลือใช้จากการประกอบอาชีพของชุมชน อาทิ ฟางข้าว เศษลำต้น ใบไม้และกิ่งไม้แห้ง (ต้นยาสูบ พริก และลำไย) เศษขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด มูลวัว มูลสุกร และมูลไก่ เหล่านี้ มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรของชุมชน และอาจสามารถขยายผลการผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้ในขั้นต่อไป

คุณภาพของปุ๋ยหมักถือมีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม หากปุ๋ยหมักไม่มีลักษณะหรือคุณภาพที่ดี อาจส่งผลกระทบต่อพืชและดิน เช่น ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนและค่าความต่างศักย์ของเซลล์ในดินลดลง ส่งผลให้ดินมีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ไม่เสถียรหรือปุ๋ยหมักที่ยังใช้งานไม่ได้ เช่น กรณีที่ระยะเวลาการหมักไม่นานพอที่ทำให้ปุ๋ยหมักมีความเสถียร หรือกรณีที่เกิดสภาวะการหมักแบบไร้อากาศขึ้นในบางส่วนของกองปุ๋ยหมัก อาจส่งผลให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) เมื่อนำไปใช้งานทางเกษตรกรรม หรือกรณีที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักไม่สูงพอที่จะสามารถฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในกองปุ๋ยได้ คุณภาพปุ๋ยที่ได้นอกจากจะไม่มีความปลอดภัยต่อเกษตรกรในการใช้งาน อาจมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในการนำไปเพาะปลูกพืช เป็นต้น โดยปกติการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในดินและปุ๋ยจะเกี่ยวข้องกับปริมาณของค่า Cd, Cu, Zn, As, Pb และ NH_4^+ ซึ่งสารพิษเหล่านี้สามารถ

ทำลายเนื้อเยื่อของพืช ยับยั้งการงอกของรากพืช ทำให้พืชดูดซึมน้ำธาตุอาหารได้น้อยลง เป็นผลทำให้ใบพืชเหลืองมีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงน้อยลง และทำให้ต้นพืช แคระแกร็น ตลอดจนพันธุ์กรรมของพืชผิดเพี้ยนได้ในที่สุด

ดังนั้น โครงการวิจัย การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพน ถือได้ว่าเป็นโครงการที่พัฒนาขึ้นภายใต้โจทย์ที่ต้องการจะผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้ภายในชุมชน โดยมีเงื่อนไขการพัฒนาโจทย์ดังนี้ 1) เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยในขั้นต้น ควรเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิภาพต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ 2) ใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนให้สูงสุดโดยการทำปุ๋ยหมัก และ 3) คุณภาพปุ๋ยที่ได้ควรมีความปลอดภัยและไม่เป็นพิษต่อพืชเพื่อนำไปใช้งานได้จริง ผลที่ได้มีส่วนทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลดลง พื้นที่คุณภาพของระบบนิเวศการเกษตร อีกทั้งเกิดการยกระดับรายได้ ตลอดจนคุณภาพชีวิตและสังคมของเกษตรกรให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับท้องถิ่น
2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมักปุ๋ย/ระดับความเสถียรของปุ๋ยหมัก ต่อระดับความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity)
3. เพื่อศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ยวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนภายใต้สภาวะการใช้ประโยชน์จริง
4. เพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน

ผลที่ได้รับ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่	โดยทำให้
ได้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ย (กองสติดัดอากาศ, Forced Aeration with Negative Pressure Mode) และรูปแบบการดำเนินระบบที่เหมาะสมภายใต้ปัจจัยและเงื่อนไขการหมักของชุมชนบ้านแม่ผาแพน โดยระบบการหมักสามารถรองรับอัตราการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงถึง 8 ตัน/เดือน และให้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉลี่ยประมาณ 4 ตัน/เดือน	1	ชุมชนมีความเป็นไปได้สูงในการสร้างโอกาส พัฒนาอาชีพ และเสริมรายได้ ชุมชนสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.2 ปี (2.4 เดือน) มีผลตอบแทนประมาณ 63,900 บาท/ปี (ราคาปุ๋ยอินทรีย์กิโลกรัมละ 3 บาท) เมื่อดำเนินระบบการหมักอย่างต่อเนื่องและเต็มประสิทธิภาพเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 6 เดือน

ผลที่ได้รับ	บรรลุลวัตถุประสงค์ข้อที่	โดยทำให้
ทราบถึงผลของระยะเวลาการหมักปุ๋ย/ระดับความเสถียรของปุ๋ยหมัก ที่ไม่ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อพืช และทราบถึงคุณภาพปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน ภายใต้สภาวะการใช้ประโยชน์จริง โดยคุณภาพปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่ม (60 วัน) มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทุกด้านที่กำหนดโดย กรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) อีกทั้งไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมัก เมื่อทำการทดสอบการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวโพด) พบว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มีคุณสมบัติพร้อมใช้ทางเกษตรกรรมได้ทันที ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน และไม่ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อพืช โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะปลูก พบว่า การเจริญเติบโตของพืชสูงค่อนข้างชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ	2 และ 3	ชุมชนมีความมั่นใจในเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก ที่ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพดีต่อการนำไปใช้งานหรือการใช้ประโยชน์ภายในชุมชนเอง รวมถึงการต่อยอดการผลิตเชิงพาณิชย์ให้แก่ชุมชน
ได้กลไกที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาด้านศักยภาพการใช้เทคโนโลยี และด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน คือ 1)กระบวนการให้ความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแก่ชุมชน 2)กระบวนการถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน 3)กระบวนการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน 4)กระบวนการสำรวจทัศนคติ	4	1)ชุมชนมีความมั่นใจในการจัดการและดำเนินระบบด้วยชุมชนเองมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกัน ชุมชนมีความกระตือรือร้นในการที่จะสานต่องานอย่างเป็นรูปธรรมโดยชุมชนเอง 2)ชุมชนมีทัศนคติที่เป็นบวกต่อการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ 3)เกิดสัญญาณที่ดีต่อการพัฒนาการมีส่วนร่วมของชุมชน ในการจัดการระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมในขั้นต่อไปอย่างยั่งยืน

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (Research Exploitation)

ชุมชนวิถี...กับการพัฒนาเทคโนโลยีเชิงอุตสาหกรรม

นอกเหนือจากการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทของชุมชนแล้ว ศักยภาพและขีดความสามารถในการจัดการหรือการดำเนินการของชุมชน ถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและควรคำนึงถึง เมื่อต้องการพัฒนาเทคโนโลยีเชิงอุตสาหกรรมร่วมกับชุมชน ด้วยแนวคิดดังกล่าว โครงการศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาเหนือ ได้ให้ความสำคัญและดำเนินการสร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีไปพร้อมกันกับการพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยกองสติดัดอากาศร่วมกับชุมชน โดยอาศัย 1)กระบวนการให้ความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแก่ชุมชน 2)กระบวนการถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน 3)กระบวนการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน และ 4)กระบวนการสำรวจทัศนคติ เป็นเครื่องมือในการพัฒนาศักยภาพ และขีดความสามารถในการจัดการหรือการดำเนินการของชุมชนแบบมีส่วนร่วม ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์ค่อนข้างดีในระดับหนึ่ง ขณะเดียวกันชุมชนมีความพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น โดยระบบการหมักกรองรับอัตราการผลิตปุ๋ยอินทรีย์สูงถึง 8 ตัน/เดือน และให้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉลี่ยประมาณ 4 ตัน/เดือน คุณภาพปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่ม (60 วัน) มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทุกด้านที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) มีคุณสมบัติพร้อมใช้ทางเกษตรกรรมได้ทันที ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรคและไม่ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อพืช ดังนั้น ชุมชนจึงมีความมั่นใจในการต่อยอดการผลิตเชิงพาณิชย์เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน โครงการวิจัยนี้ ดำเนินการโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยมี ดร.บัญญัติ ใจลานันท์ เป็นผู้รับผิดชอบหลัก ในตำแหน่งหัวหน้าโครงการวิจัย และชุมชนบ้านแม่ผาเหนือ ต.ออนใต้ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ เป็นชุมชนต้นแบบที่เข้าร่วมพัฒนาเทคโนโลยีเชิงอุตสาหกรรม และเป็นผู้ใช้ประโยชน์จากโครงการวิจัยฯ

การประชาสัมพันธ์

1)เอกสารประกอบการอบรม (ภาคผนวก 7)

บัญญัติ ใจลานันท์ (2549). การหมักปุ๋ยอินทรีย์ (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับชุมชน). เอกสารประกอบการอบรมโครงการศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาเหนือ, 5 ตุลาคม 2549 ณ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

2)บทความ (ภาคผนวก 8)

2.1) บัญญัติ ใจลานันท์ (2550). ระดับเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย...กับการเลือกใช้. *THAI ENVIRONMENTAL ENGINEERING MAGAZINE*. Vol.4 No.1-2 January-April. 20-25.

2.2) บัญญัติ ใจลานันท์ และ ณัฐชา วงศ์คำแดง (2551). เทคโนโลยีปุ๋ยหมักชุมชนโดยวิธีกองสติดัดอากาศ, การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 7, 12-14 มีนาคม 2551 ณ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ.

กิจกรรม (ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
การรวบรวมข้อมูลและ สำรวจพื้นที่	-ข้อมูลด้านการพัฒนาเทคโนโลยี การหมักปุ๋ย -ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือทิ้ง ภายในชุมชน -บริบทชุมชนด้านการจัดการวัสดุ เหลือทิ้ง	100%	
การวิเคราะห์ข้อมูลและ กำหนดแนวทางการวิจัย	-แนวทางการปฏิบัติ/พัฒนา เทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน	100%	
การจัดทำแผนปฏิบัติการ วิจัย	-แผนปฏิบัติการวิจัย -เครื่องมือการวิจัย	100%	
การปฏิบัติการวิจัย	-การอบรมให้ความรู้แก่ชุมชน -งานภาคสนามร่วมกับชุมชน -การสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน -การสำรวจทัศนคติ	100%	
การวิเคราะห์ข้อมูลและ ประเมินผล	-องค์ความรู้ด้านการพัฒนา เทคโนโลยีการหมักปุ๋ย -ผลของเครื่องมือการพัฒนาการ ศักยภาพและการมีส่วนร่วมของ ชุมชน	100%	
สรุปและรายงานผล	-รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ -องค์ความรู้และเทคโนโลยีพร้อม ถ่ายทอด -เอกสารสำหรับการเผยแพร่	100%	

สารบัญ

หน้า

สรุปสำหรับผู้บริหาร

บทคัดย่อ (ไทย)

บทคัดย่อ (อังกฤษ)

สรุปโครงการวิจัย

บทที่ 1 บทนำ

1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4	กรอบแนวคิดและทางเลือกการแก้ปัญหา	3
1.5	วิธีการดำเนินการวิจัย	5
1.6	ขอบเขตการวิจัย	15

บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ยอินทรีย์

2.1	ทฤษฎีการหมักปุ๋ยอินทรีย์	16
2.2	ระยะของการหมัก	17
2.3	ปัจจัยควบคุม	18
2.4	ความเสถียรของปุ๋ยหมัก	23
2.5	เทคโนโลยีการหมักปุ๋ย	26
2.6	การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	31

บทที่ 3 ข้อมูลพื้นที่โครงการวิจัยชุมชนบ้านแม่ผาแพน

3.1	แผนแม่บทชุมชนบ้านแม่ผาแพน	33
3.2	สถานการณ์และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของชุมชนในปัจจุบัน	34
3.3	ปริมาณและลักษณะสมบัติของวัตถุดิบสำหรับทำปุ๋ยหมักชุมชน	40
3.4	การสำรวจพื้นที่ดำเนินการโครงการวิจัย	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 กระบวนการให้ความรู้และการมีส่วนร่วมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน	
4.1 การให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยอินทรีย์แก่ชุมชน	43
4.2 การสำรวจบริบทและทัศนคติการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน	45
บทที่ 5 การผลิตปุ๋ยหมักชุมชนบ้านแม่ผาแพน	
5.1 การเดินระบบการหมักปุ๋ย	49
5.2 การติดตามระยะการหมักปุ๋ย	53
5.3 การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมัก	71
5.4 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	71
5.5 การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์	74
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	78
6.2 ข้อเสนอแนะ	81
บรรณานุกรม	83

ภาคผนวก 1 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ภาคผนวก 2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมัก

ภาคผนวก 3 การศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมัก

ภาคผนวก 4 การศึกษาการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ภาคผนวก 5 การทดสอบค่าทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test

ภาคผนวก 6 แบบสำรวจทัศนคติ

ภาคผนวก 7 เอกสารประกอบการอบรมให้ความรู้แก่ชุมชน

ภาคผนวก 8 บทความวิชาการที่เผยแพร่

-ระดับเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย....กับการเลือกใช้

-เทคโนโลยีปุ๋ยหมักชุมชนโดยวิธีกองสถิตยฺ์ดูดอากาศ

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน	4
รูปที่ 1.2 ระบบการหมักปุ๋ย (ออกแบบ)	8
รูปที่ 1.3 ระบบการหมักปุ๋ย (ภาคสนาม)	8
รูปที่ 1.4 แผนการศึกษาทดลองของระยะที่ 1 (Phase 1)	10
รูปที่ 1.5 แผนการศึกษาทดลองของระยะที่ 2 (Phase 2)	13
รูปที่ 2.1 กระบวนการหมักปุ๋ย	17
รูปที่ 2.2 ระยะของการหมักปุ๋ย	18
รูปที่ 2.3 แสดงระบบการหมักแบบต่อเนื่อง	26
รูปที่ 2.4 แสดงระบบการหมักแบบกองสถิตย์ (Static piles)	28
รูปที่ 2.5 แสดงระบบการหมักแบบกองแถวพลิกกลับกองโดยใช้แรงงานคน	29
รูปที่ 2.6 การหมักปุ๋ยแบบ Windrow อาศัยเครื่องจักรกล	29
รูปที่ 2.7 การหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ดูดอากาศ (Forced Aeration)	30
รูปที่ 2.8 การหมักปุ๋ยในถังปฏิกรณ์ (In vessel)	30
รูปที่ 3.1 โรงเรือนขนาดเล็กสำหรับเลี้ยงสุกร	35
รูปที่ 3.2 การเลี้ยงสุกรหลุม	35
รูปที่ 3.3 พื้นที่รวบรวมกองมูลสุกร	36
รูปที่ 3.4 ระบบก๊าซชีวภาพในพื้นที่ฟาร์มสุกร	37
รูปที่ 3.5 เกษตรกรเลี้ยงวัวเนื้อโดยการปล่อยให้หากินบริเวณพื้นที่สวน	38
รูปที่ 3.6 โรงเรือนที่ใช้สำหรับเลี้ยงวัวนม	38
รูปที่ 3.7 การเพาะเห็ดและสถานที่เพาะเห็ด	39
รูปที่ 3.8 พื้นที่ปลูกพืชอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชอินทรีย์	40
รูปที่ 3.9 บริเวณทางเข้าด้านหน้าของสถานีไบยาแม่ผาแหน	42
รูปที่ 3.10 พื้นที่ที่ใช้สำหรับตั้งกองปุ๋ยหมัก	42
รูปที่ 4.1 การอบรมให้ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรบ้านแม่ผาแหน	44
รูปที่ 5.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักของชุมชนบ้านแม่ผาแหน	49
รูปที่ 5.2 ระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ดูดอากาศ	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.3 ตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิของการหมัก	53
รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	54
รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	56
รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	58
รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	59
รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซีเถ้าของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	60
รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก	61
รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ระหว่างการหมัก	62
รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงของค่า Extractable Zn ระหว่างการหมัก	63
รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงของค่า Extractable Cu ระหว่างการหมัก	64
รูปที่ 5.13 การทดสอบการงอกของเมล็ดแตงร้าน	65
รูปที่ 5.14 การทดสอบการงอกของเมล็ดผักกาด	66
รูปที่ 5.15 การทดสอบการงอกของเมล็ดผักโขม	66
รูปที่ 5.16 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดแตงร้าน	67
รูปที่ 5.17 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดผักกาด	68
รูปที่ 5.18 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดผักโขม	68
รูปที่ 5.19 ดัชนีการงอกของเมล็ดแตงร้าน	69
รูปที่ 5.20 ดัชนีการงอกของเมล็ดผักกาด	70
รูปที่ 5.21 ดัชนีการงอกของเมล็ดผักโขม	70
รูปที่ 5.22 ผังระบบการหมักใหม่ (ปรับปรุงภายหลังการศึกษาวิจัยแล้วเสร็จ)	75
รูปที่ 6.1 การให้ความรู้และการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน	78
รูปที่ 6.2 การถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน	79
รูปที่ 6.3 ตัวอย่างฉลากผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์	82

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมีของวัสดุหมัก (วัตถุดิบ)	5
ตารางที่ 1.2 การคำนวณค่าสารอินทรีย์ระเหยของวัสดุหมักที่ใช้ต่อน้ำหนัก 1 ตัน	6
ตารางที่ 1.3 แสดงความถี่และคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของปุ๋ยหมักที่ทำการวิเคราะห์	11
ตารางที่ 1.4 เงื่อนไขการทดสอบการงอกของเมล็ด	12
ตารางที่ 1.5 ตัวชี้วัดผลผลิต/ผลลัพธ์ของโครงการวิจัย	14
ตารางที่ 2.1 แสดงขีดจำกัดในการรับโลหะหนักของดินและปุ๋ยในทวีปยุโรป	27
ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ	32
ตารางที่ 3.1 ผลการสำรวจปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนบ้านแม่ผาแพน	40
ตารางที่ 3.2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีวัสดุเหลือทิ้งจากชุมชนบ้านแม่ผาแพน	41
ตารางที่ 3.3 ผลการคำนวณปริมาณวัสดุหมักที่ใช้ในการตั้งกองปุ๋ยหมักต่อ 1 กอง	41
ตารางที่ 4.1 ทศนคติจากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์	46
ตารางที่ 5.1 แผนการดำเนินระบบการหมัก	52
ตารางที่ 5.2 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์	72
ตารางที่ 5.3 ผลการเจริญเติบโตของข้าวโพด	73
ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบความสูงต้นในสัปดาห์ต่างๆ กับเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง	74
ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่ระยะเวลาใช้งาน 1-6 เดือน	76
ตารางที่ 6.1 รูปแบบการดูแลอากาศที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ของชุมชนบ้านแม่ผาแพน	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

จากแนวทางการพัฒนาประเทศที่มุ่งเน้นการส่งเสริมเกษตรกรรมหลัก (เกษตรเคมี) ที่ผ่านมามีข้อมูลเชิงประจักษ์และเป็นที่ยอมรับว่าได้สร้างปัญหาหลายประการ อาทิ ปัญหาด้านเศรษฐกิจและความยากจน ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายของระบบนิเวศถูกทำลาย ตลอดจนปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคจากพิษตกค้างของสารเคมี ชุมชนบ้านแม่ผาเหนือ ต.ออนใต้ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ เป็นชุมชนแห่งหนึ่งที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม โดยใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลักในการปลูกพืชยืนต้นและพืชหมุนเวียน อาทิ ลำไย ข้าว ยาสูบ และพริก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มที่ประกอบอาชีพการเพาะเห็ด (หลายชนิด) การเลี้ยงวัว การทำฟาร์มสุกร การทำฟาร์มไก่พันธุ์ไข่ และการทำฟาร์มไก่พันธุ์เนื้อภายในชุมชน จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า มีความเป็นไปได้สูงในการนำวัสดุ/เศษวัสดุเหลือใช้จากการประกอบอาชีพของชุมชน อาทิ ฟางข้าว เศษลำต้น ใบไม้และกิ่งไม้แห้ง (ต้นยาสูบ พริก และลำไย) เศษขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด มูลวัว มูลสุกร และมูลไก่ เหล่านี้ มาหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรของชุมชน และอาจสามารถขยายผลการผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้ในขั้นต่อไป

คุณภาพของปุ๋ยหมักถือมีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม หากปุ๋ยหมักไม่มีลักษณะหรือคุณภาพที่ดี อาจส่งผลกระทบต่อพืชและดิน เช่น ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนและค่าความต่างศักย์ของเซลล์ในดินลดลง ส่งผลให้ดินมีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ปุ๋ยหมักที่ไม่เสถียรหรือปุ๋ยหมักที่ยังใช้งานไม่ได้ เช่น กรณีที่ระยะเวลาการหมักไม่นานพอที่ทำให้ปุ๋ยหมักมีความเสถียร หรือกรณีที่เกิดสภาวะการหมักแบบไร้อากาศขึ้นในบางส่วนของกองปุ๋ยหมัก อาจส่งผลให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) เมื่อนำไปใช้งานทางเกษตรกรรม หรือกรณีที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักไม่สูงพอที่จะสามารถฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในกองปุ๋ยได้ คุณภาพปุ๋ยที่ได้นอกจากจะไม่มีความปลอดภัยต่อเกษตรกรในการใช้งาน อาจมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อแบคทีเรียบางชนิดในการนำไปเพาะปลูกพืช เป็นต้น โดยปกติการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในดินและปุ๋ยจะเกี่ยวข้องกับปริมาณของค่า Cd, Cu, Zn, As, Pb และ NH_4^+ ซึ่งสารพิษเหล่านี้สามารถทำลายเนื้อเยื่อของพืช ยับยั้งการงอกของรากพืช ทำให้พืชดูดซึมแร่ธาตุสารอาหารได้น้อยลง เป็นผลทำให้ใบพืชเหลืองมีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงน้อยลง และทำให้ต้นพืช แคระแกร็น ตลอดจนพันธุกรรมของพืชผิดปกติได้ในที่สุด

ดังนั้น โครงการวิจัย การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพน ถือได้ว่าเป็นโครงการที่พัฒนาขึ้นภายใต้โจทย์ที่ต้องการจะผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้ภายในชุมชน โดยมีเงื่อนไขการพัฒนาโจทย์ดังนี้ 1) เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยในขั้นต้น ควรเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิผลต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ 2) ใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนให้สูงสุดโดยการทำปุ๋ยหมัก และ 3) คุณภาพปุ๋ยที่ได้ควรมีความปลอดภัยและไม่เป็นพิษต่อพืชเพื่อนำไปใช้งานได้จริง ผลที่ได้มีส่วนทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลดลง พื้นฟูคุณภาพของระบบนิเวศการเกษตร อีกทั้งเกิดการยกระดับรายได้ ตลอดจนคุณภาพชีวิตและสังคมของเกษตรกรให้สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับท้องถิ่น
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมักปุ๋ย/ระดับความเสถียรของปุ๋ยหมัก ต่อระดับความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity)
- 1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ยวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนภายใต้สภาวะการใช้ประโยชน์จริง
- 1.2.4 เพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมภายใต้ปัจจัย, เงื่อนไข และบริบทของท้องถิ่นที่สามารถให้ผลผลิตสำหรับการนำไปใช้เป็นประโยชน์ด้านการเกษตรของท้องถิ่น และขยายผลการผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้
- 1.3.2 ทราบถึงผลของระยะเวลาการหมักปุ๋ย/ระดับความเสถียรของปุ๋ยหมัก ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อพืช และทราบถึงคุณภาพปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน ภายใต้สภาวะการใช้ประโยชน์จริง
- 1.3.3 เกิดชุมชนที่เข้มแข็ง มีความรู้ และสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม
- 1.3.4 ผลการวิจัยที่ได้สามารถช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายให้แก่ชุมชนพร้อมกับการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนในท้องถิ่นทั้งในด้าน เศรษฐกิจ สังคม ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

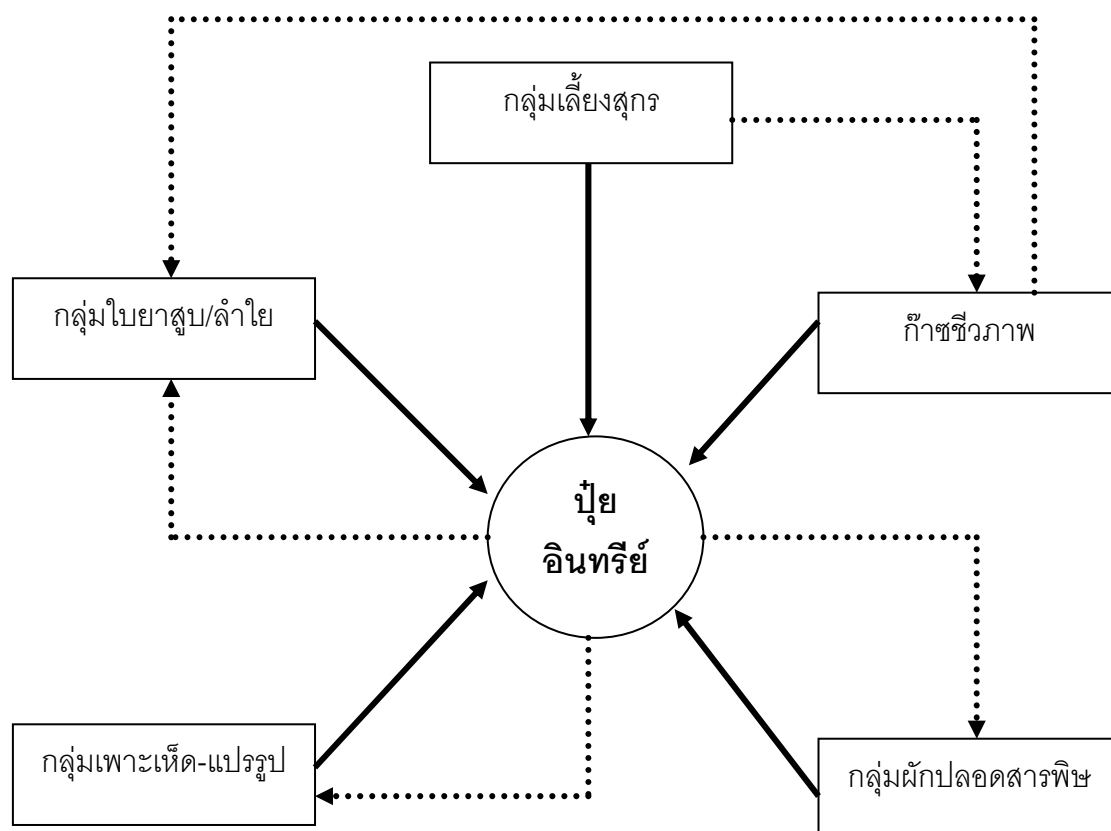
1.4 กรอบแนวคิดและทางเลือกการแก้ปัญหา

ทางเลือกในการพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม ของชุมชนบ้านแม่ผาเหนือ ต. ออนใต้ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ ถูกกำหนดอยู่บนแนวทางที่มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ ภายใต้ปัจจัยด้านฐานทรัพยากร วัตถุดิบ ตลอดจน เงื่อนไขและบริบทของท้องถิ่น จากไดอะแกรมความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือทิ้ง (waste flow) ของการประกอบอาชีพต่างๆในชุมชน (รูปที่ 1) เห็นได้ว่า มูลสุกรที่เหลือจากกระบวนการผลิต biogas และจากกลุ่มผู้เลี้ยงสุกร เศษผักที่เหลือทิ้งจากกลุ่มผักปลอดสารพิษ และเศษต้นไผ่จากกลุ่มไผ่ยาสูบ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี วัสดุหมักร่วมที่ใช้ ได้จากก้อนเห็ดที่เหลือจากกลุ่มเพาะเห็ดแปรรูป เศษฟางข้าว และเศษใบไม้/กิ่งไม้แห้ง (ลำไย และอื่นๆ) ที่เหลือทิ้งในชุมชน สำหรับทางเลือกในการพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย คณะวิจัยได้กำหนดขอบเขตการใช้เทคโนโลยีที่สำคัญอยู่ 3 ประเด็นหลัก ดังนี้ 1)ควรเป็นเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมให้แก่ชุมชน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ, 2)ควรเป็นเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการค่อนข้างต่ำ, และ 3)ควรเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นไปได้สูงในการปฏิบัติจริงสำหรับชุมชน ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนมากนัก เพื่อชุมชนสามารถดำเนินการได้เองอย่างต่อเนื่องภายหลังจากการจบโครงการ

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีแบบ การหมักปุ๋ยแบบกองสติดียูดอากาศโดยเครื่องจักรกล (Aerated static pile-Negative pressure mode) เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองสติดียูดอากาศโดยใช้เครื่องจักรกล เป็นเทคโนโลยีการหมักที่อาจมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าดำเนินการในส่วนเครื่องจักรกลอยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการหมักปุ๋ยในระบบปิด (In vessel Composting) และค่าใช้จ่ายอาจใกล้เคียงกับการหมักปุ๋ยแบบวินโรว์ (Windrows) ที่ใช้เครื่องจักรกลในการพลิกกลับกอง นอกจากนี้ระบบมีข้อได้เปรียบที่ใช้ระยะเวลาในการหมักโดยรวมทั้งหมดที่สั้นกว่า ระยะเวลาการหมักโดยประมาณ 50 วัน (Polprasert, 1996) มีความมั่นคงของระบบสูง มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคในปุ๋ยหมัก และช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศจากการระเหยของก๊าซสารประกอบไนโตรเจนและซัลไฟด์ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก ขณะเดียวกันจัดเป็นระบบที่มีการดำเนินการไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อนมากนัก

จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าปริมาณวัตถุดิบ (raw material) ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว มีปริมาณกากตะกอนที่เหลือจากการผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยประมาณ 7.6 ตันต่อเดือน (ประมาณการจากมูลสุกรที่อัตรา 1 ตันต่อวัน และถูกใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพที่อัตราเฉลี่ย 0.85 ตันต่อวัน) ปริมาณวัสดุหมักร่วมรวมทั้งหมด (เศษวัสดุก้อนเชื้อ, วัสดุเหลือทิ้งกลุ่มผักปลอดสารพิษ, เศษเหลือจากกลุ่มไผ่ยา รวมถึงการเกษตรด้านอื่น) มีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7 ตันต่อเดือน ดังนั้น ถ้าพิจารณาระยะเวลาการหมักปุ๋ยโดยรวม (ระยะการย่อยสลายสารอินทรีย์+ระยะเวลาการหมักบ่ม) จนกระทั่งวัสดุที่หมักกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ (compost) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรได้ทันที

คณะวิจัยคาดว่า เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองสติดัดอากาศโดยเครื่องจักรกล สามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่ชุมชนแม่ผาเหนือได้ที่อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 3-3.4 ตันต่อเดือน อย่างไรก็ตามทางคณะผู้วิจัยเชื่อว่าการศึกษาวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย โดยเฉพาะประเด็นการจัดการปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของระบบการหมักให้มีความเหมาะสมสูงสุดแล้ว ย่อมส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่มากขึ้นภายใต้ระยะเวลาที่สั้นลง



หมายเหตุ: — ทิศทางการไหลของวัสดุเหลือทิ้ง (waste flow) เพื่อใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์
 ทิศทางการไหลการใช้ประโยชน์ของผลผลิต (end product flow)

รูปที่ 1.1 ความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการ ของโครงการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนหลักทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1.5.1 การรวบรวมข้อมูลและการสำรวจพื้นที่ เพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ภาพการเกษตรของชุมชนในภาพรวม และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทบทวนและประเมินสถานการณ์การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อยดังนี้
 - (1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร/ตำรา ที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยอินทรีย์ ตลอดจนแผนแม่บทชุมชนบ้านแม่ผาแพน
 - (2) สำรวจข้อมูลด้านชนิดและปริมาณของวัตถุดิบ/วัสดุเหลือใช้ภายในชุมชน
 - (3) ศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบด้านกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ ที่จะนำมาทำปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 1.1)
 - (4) ศึกษาและวิเคราะห์โจทย์ที่ต้องการแก้ไข (การจัดการทางวิศวกรรมการหมักปุ๋ย และการศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมัก) โดยเน้นแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วม

ตารางที่ 1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ และเคมีของวัสดุหมัก (วัตถุดิบ)

คุณสมบัติ	วัสดุหมัก (วัตถุดิบ)	
	วัสดุหมักหลัก	วัสดุหมักร่วม
ค่าพีเอช	✓	✓
ค่าความหนาแน่น(g/cm^3)	✓	✓
ความชื้น (%)	✓	✓
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	✓	✓
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%TOC)	✓	✓
ปริมาณซีเถ้า (%)	✓	✓
ปริมาณไนโตรเจน (%TKN)	✓	✓

- หมายเหตุ: ทำการวิเคราะห์ 3 ข้อทุกพารามิเตอร์, ✓ ทำการวิเคราะห์

- 1.5.2 กำหนดแนวทางการวิจัย ควรเป็นแนวทางที่ตั้งบนหลักเทคนิคด้านวิชาการและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการปฏิบัติการ มุ่งเน้นศึกษาการจัดการทางวิศวกรรมการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมตลอด จนการศึกษาด้านคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก โดยมีวิธีการปฏิบัติ ดังนี้
 - (1) จัดอบรมให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแก่ชุมชน กระบวนการให้ความรู้แก่ชุมชน เป็นกระบวนการสำคัญที่สร้างความมั่นใจให้แก่ชุมชนในการปฏิบัติงานและถอดประสบการณ์ร่วมกับคณะผู้วิจัย ซึ่งการจัดอบรมจะครอบคลุมความรู้ที่

เกี่ยว ข้อง เช่น วิทยาศาสตร์และหลักการพื้นฐานการหมักปุ๋ยอินทรีย์ เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยและทางเลือกเทคโนโลยีเชิงอุตสาหกรรม ตลอดจนคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ เป็นต้น

(2) การออกแบบระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสติดัดอากาศโดยเครื่องจักรกล

ในการศึกษานี้ มีแนวคิดในการทดสอบระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสติดัดอากาศ (Negative pressure mode) โดยใช้พัดลมดูดอากาศ (Blower) ผ่านออกจากกองปุ๋ยหมักภายใต้เงื่อนไขของอัตราการเติมอากาศ และการใช้พลังงานที่ระดับปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา บ่งชี้ว่า อัตราการเติมอากาศที่ระดับปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้ดีกว่าระบบการหมักปุ๋ยที่อัตราการเติมอากาศค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้กระบวนการ hydrolysis ในช่วงต้นของการหมักเกิดขึ้นได้ดี ทั้งยังสามารถควบคุมปริมาณความชื้นที่เหมาะสมให้แก่กองปุ๋ยหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1,2,3,4] ดังนั้น ในการออกแบบอัตราการดูดอากาศได้กำหนดค่าอัตราการไหลของอากาศช่วง 6.1 – 19.6 mg O₂/hr/g.Vs [1] โดยมีรายละเอียดการคำนวณอัตราไหลอากาศที่ควบคุมดังนี้

รายการคำนวณอัตราการไหลอากาศที่ควบคุม

ก) การคำนวณปริมาณค่าสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Solids, VS) ของวัสดุหมักที่ใช้ต่อน้ำหนัก 1 ตัน (ตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 1.2 การคำนวณค่าสารอินทรีย์ระเหยของวัสดุหมักที่ใช้ต่อน้ำหนัก 1 ตัน

วัสดุหมัก	พารามิเตอร์		น้ำหนัก (kg)	สารอินทรีย์ระเหย (kg)
	%MC	%TOC		
มูลวัว	6.73	17.75	150	24.83
มูลสุกร	13.28	41.04	50	17.79
ก้อนเห็ด	83.4	34.68	600	34.54
ใบยาสูบ	48.13	43.25	200	44.92
			รวม	122.08

ข) คำนวณอัตราการเติมอากาศที่ต้องการ

กำหนดอัตราการเติมอากาศ 19.6 mg O₂/hr/g.VS

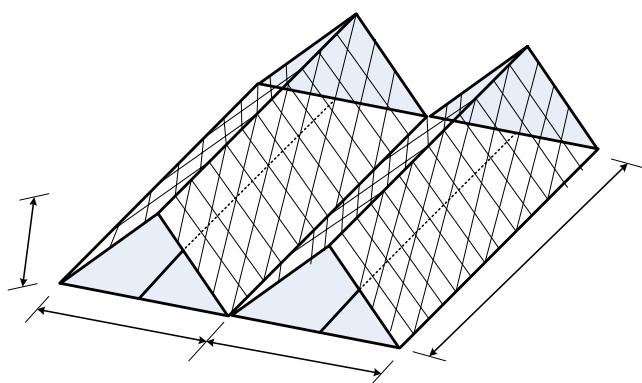
ดังนั้น ปริมาณ O₂ ที่ต้องการ = (19.6 x 122.08 x 1,000) / 1,000

$$\begin{aligned}
 &= 2,393 \text{ g O}_2/\text{hr} \\
 \text{อากาศ 1 ลบ.ม. มี O}_2 \text{ อยู่ 23 \%} &= (2,393/0.23) \\
 &= 10,404 \text{ g.Air/hr} \\
 \text{นน.จำเพาะอากาศ 1.20 g/L} &= (10,404)/1.2 \\
 &= 8,670 \text{ L/hr} \\
 \text{ประสิทธิภาพ Blower 50 \%} &= (8,670/0.5)/1,000 \\
 (\text{Blower ขนาด } \frac{1}{2} \text{ Hp, Air volume } 12 \text{ m}^3/\text{min}) &= 17.34 \text{ cum/hr} \\
 \text{ดังนั้น อัตราการเติมอากาศที่ต้องการ} &= 0.3 \text{ cum/min/กอง}
 \end{aligned}$$

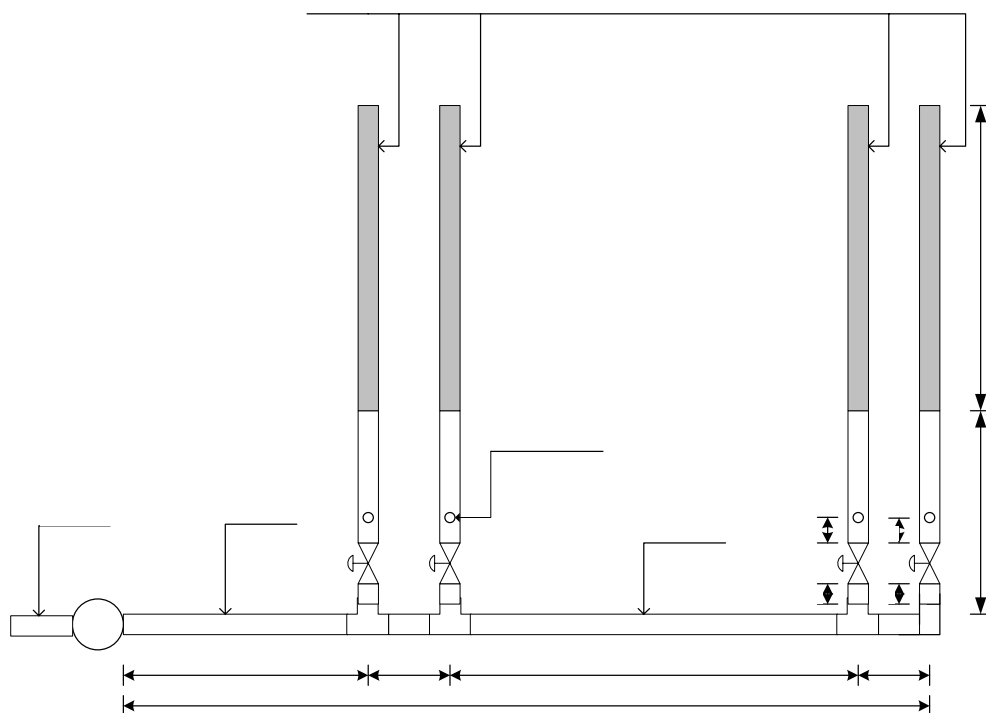
ค) คำนวณความเร็วของอากาศในท่อ (ออกแบบท่อดูดอากาศ Ø 7.5 cm)

$$\begin{aligned}
 \text{ท่อ PVC Ø 7.5 cm มีพื้นที่หน้าตัด} &= 0.0044 \text{ sq.m.} \\
 \text{ดังนั้นความเร็วลมในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด} &= (0.3/0.0044)/60 \\
 &= 1.2 \text{ m/s} \\
 \text{ออกแบบความเร็วลมที่ควบคุม} &= 2.5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการทดสอบระบบการหมักปุ๋ย ภายใต้เงื่อนไขการใช้พลังงานของเครื่องจักรกล (Blower) ที่ค่อนข้างต่ำ จึงเลือกใช้ Blower ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า (Air volume $12 \text{ m}^3/\text{min}$) พร้อมทั้งทำการออกแบบฐานกระจายอากาศ (zigzag base) เพื่อลดการสูญเสียความดันในเส้นท่อ เนื่องจากการกีดขวางของวัสดุหมัก สำหรับรายละเอียดการออกแบบระบบการหมักปุ๋ยและสภาพการใช้งานจริงในภาคสนามแสดงในรูปที่ 1.2 (ก-ข) และ 1.3 ตามลำดับ



(ก) การออกแบบฐานกระจายอากาศ



(ข) การออกแบบระบบท่อสูดอากาศ

รูปที่ 1.2 (ก-ข) ระบบการหมักปุ๋ย (การออกแบบ)



รูปที่ 1.3 ระบบการหมักปุ๋ย (ภาคสนาม)

ท่อ PVC Ø 6"

ท่อ

1.5.3 ปฏิบัติการวิจัยในภาคสนาม

ในการปฏิบัติการวิจัยภาคสนาม โครงการวิจัย ฯ ได้แบ่งระยะการศึกษาออกเป็น 2 ระยะหลัก ดังนี้

ระยะที่ 1 (Phase 1) เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ ดูดอากาศโดยเครื่องจักรกล (Aerated Static Pile-Negative Pressure Mode) ระยะนี้โครงการจะทำการศึกษาระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ดูดอากาศโดยเครื่องจักรกล ในขนาดนำร่องในชุมชน จำนวน 2 ชุดการทดลอง ขนาด 1.5 x 1.2 x 2 เมตร (กว้างxสูงxยาว) ดังรายละเอียดแผนการทดลอง ในรูปที่ 1.4 ระหว่างการดำเนินระบบจะทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ, เคมี และชีวภาพ ของปุ๋ยหมักตลอดการศึกษา (ตารางที่ 1.3) นอกจากนี้ในช่วง 30 วันแรกของการหมัก จะทำการประเมินระดับความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมัก (Phytotoxicity assay) โดยการทดสอบการงอกของ เมล็ด (Plant assay) เป็นระยะๆ ในระหว่างการหมัก การทดสอบการงอกของเมล็ดจะศึกษาทดลอง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (ตารางที่ 1.4) ผลที่ได้จากการทดสอบจะถูกคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนี้ [5]

1. เปอร์เซนต์สัมพันธการงอกของเมล็ด (Relative germination percentage)

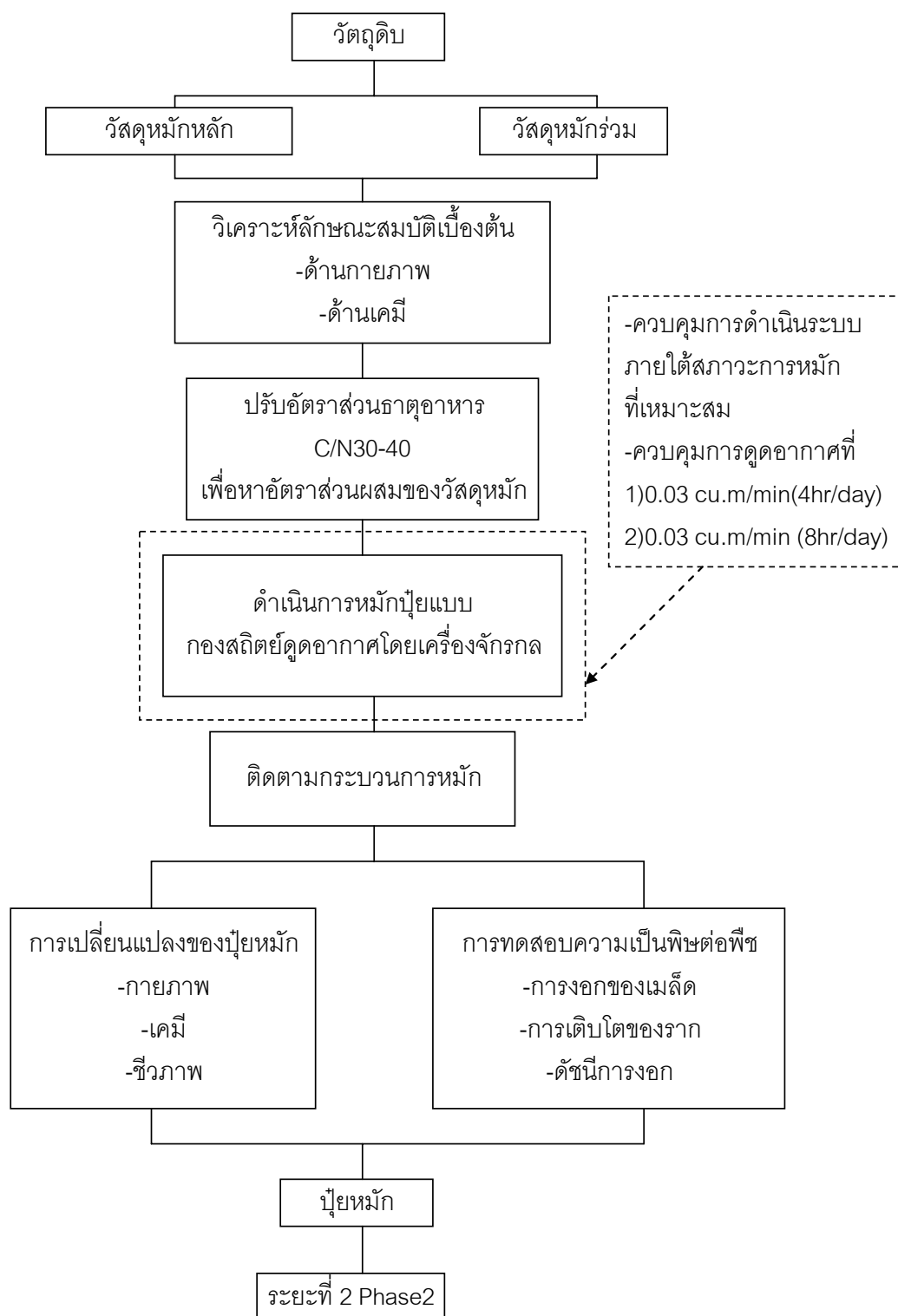
$$\text{Relative seed germination (\%)} = \frac{\text{number of seeds germinated in litter extract}}{\text{number of seeds germinated in control}} \times 100 \quad (1)$$

2. เปอร์เซนต์สัมพันธการเติบโตของราก (Relative root growth percentage)

$$\text{Relative root growth (\%)} = \frac{\text{Mean root length in litter extract}}{\text{Mean } \times \text{root length in control}} \times 100 \quad (2)$$

3. ดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination index)

$$\text{GI} = \frac{(\% \text{Seed germination}) \times (\% \text{Root growth})}{100\%} \quad (3)$$



รูปที่ 1.4 แผนการศึกษาทดลองของระยะที่ 1 (Phase 1)

ตารางที่ 1.3 แสดงความถี่และคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของปุ๋ยหมักที่ทำการวิเคราะห์

คุณสมบัติ	ความถี่ในการวิเคราะห์		
	ที่เริ่มต้นการหมัก	ระหว่างการหมัก	ที่สิ้นสุดการหมัก ¹
ด้านกายภาพ			
- อุณหภูมิ (°C)	√	√	√
- ความหนาแน่น (g/cm ³)	√	-	√
- ความชื้น(%)	√	√	√
- การยุบตัว(%)	√	-	√
ด้านเคมี			
- ค่าพีเอช	√	√	√
- อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	√	√	√
- ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน(%)	√	√	√
- ปริมาณเถ้า (%)	√	√	√
- ปริมาณไนโตรเจน(%)	√	√	√
- ปริมาณฟอสฟอรัส(%)	-	-	√
- ปริมาณโปตัสเซียม(%)	-	-	√
- ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	-	-	√
- ค่าการนำไฟฟ้า	-	-	√
- CEC	√	-	√
- ปริมาณโลหะหนัก/สารอินทรีย์	√	√	√
-NH ₄ ⁺ -N, Extractable Cu, Zn,			
ด้านชีวภาพ			
- Salmonella sp. (MPN)	-	-	√
- Fecal coliform (MPN)	-	-	√
- Total Coliform (MPN)	-	-	√
- Escherichia Coli (MPN)	-	-	√

*หมายเหตุ : มีการวิเคราะห์ 3 ซ้ำทุกๆพารามิเตอร์

√ ทำการวิเคราะห์

¹ ไม่รวมช่วงการหมักบ่ม (Curing stage)

ตารางที่ 1.4 เงื่อนไขการทดสอบการงอกของเมล็ด

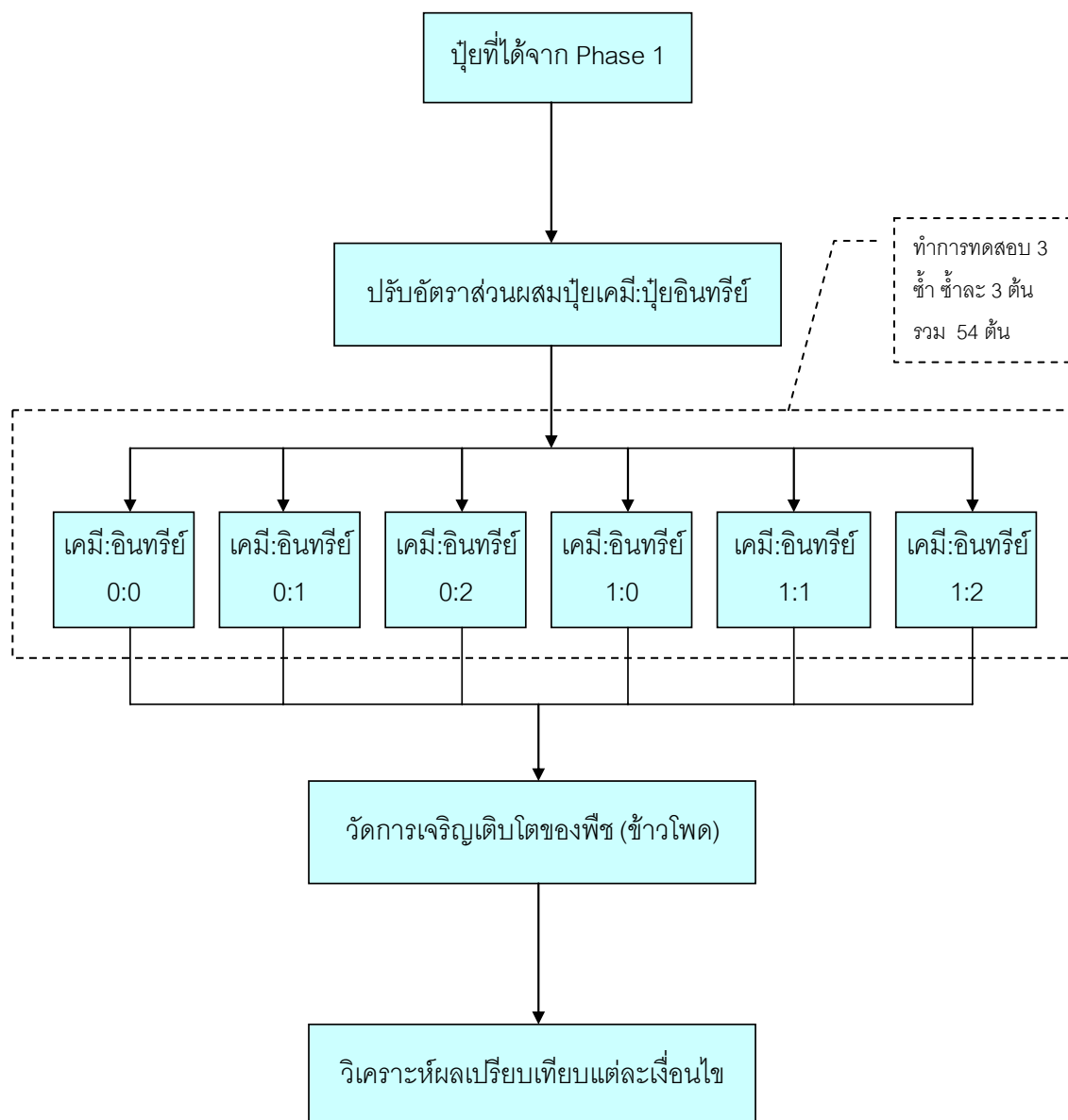
1. Test type	Batch
2. Pre-treatment	Soak in distilled water overnight
3. Temperature	$22 \pm 3^{\circ}\text{C}$
4. Light	None
5. Test vessel	10 x 100 mm Petri dish plus Whatman Number 1 filter paper
6. Test volume	10 ml per dish
7. Number of seeds	10-30 per dish (depending on the size of the seeds)
8. Replicates	3
9. Control	Distilled water
10. Test duration	5 days
11. End point	Germination, primary root ≥ 5 mm

(ที่มา : S.M.Tiquia ,N.F.Y.Tam and I.J.Hodgkiss,1996)

หมายเหตุ : -น้ำรดเตรียมโดยนำตัวอย่างปุ๋ยหมักมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (w/v) ทำการเขย่า (shake) เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมากรองแยกกากปุ๋ยหมักทิ้ง จากนั้นนำน้ำปุ๋ยหมักที่กรองได้มาทำการเพาะเมล็ด ทำการเปรียบเทียบกับ การเพาะเมล็ดด้วยน้ำกลั่น (control)

-การศึกษการงอกของเมล็ดจะทำการทดสอบพืช 3 ชนิด ได้แก่ ผักกาด, ผักโขมจีน และแตงกวา โดยนำเมล็ดพืชทั้ง 3 ชนิดแช่น้ำกลั่นไว้ 1 คืน หลังจากนั้นจึงนำมาทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนด (ตารางที่ 1.3) ชนิดละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด ทำการเพาะเป็นเวลา 5 วัน

ระยะที่ 2 (Phase 2) เป็นการศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง โดยศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่สัดส่วนการผสมต่างกัน (รูปที่ 1.5) ทำการเพาะปลูกและวัดการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวโพด) ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ การศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ซึ่งผ่านช่วงการหมักบ่มเรียบร้อยแล้ว อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) ดังรายละเอียดในภาคผนวก 1



รูปที่ 1.5 แผนการศึกษาทดลองของระยะที่ 2 (Phase 2)

1.5.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษาดทดลอง

การวิเคราะห์ผลการศึกษาดทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1) การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในห้องปฏิบัติการ โดยอ้างอิง Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater, 16th ed. American Public Health Association, (APHA) 1989. และ Soil Analysis Handbook of Reference Methods (1999)

2) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติ เช่น การคำนวณค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับผลทดสอบการเจริญเติบโตของพืชและการประเมินความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity assay) ได้แก่ การงอกของเมล็ด (%) ความยาวราก (%) และดัชนีการงอก นอกจากนี้ ได้ทดสอบประสิทธิภาพของอัตราส่วนปุ๋ยเคมี:ปุ๋ยอินทรีย์ที่ค่าต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Test

1.5.5 การประเมินผลการปฏิบัติการโครงการวิจัย ฯ

โครงการวิจัยจะทำการประเมินด้านประสิทธิภาพของระบบการหมัก คุณภาพและการใช้ประโยชน์ การลดต้นทุนการผลิตของชุมชน และด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน (ตารางที่ 1.5)

ตารางที่ 1.5 ตัวชี้วัดผลผลิต/ผลลัพธ์ของโครงการวิจัย

ตัวชี้วัดผลผลิต	ตัวชี้วัดผลลัพธ์
1 ได้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมกับชุมชน 2.ได้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพ โดยเฉลี่ย ประมาณ 1.5-3 ตันต่อเดือน ¹ 3 ต้นทุนการผลิตด้านการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรลด ต่ำลง 4 รายได้ของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น	1 เกิดชุมชนเข้มแข็ง มีความรู้ ความสามารถในการ แก้ไขปัญหา และเลือกใช้เทคโนโลยีในการพัฒนางาน และอาชีพได้อย่างเหมาะสม 2 เกิดชุมชนที่มีความรู้ ความเข้าใจอันดีในแนวทางการ ทำงาน/พัฒนาแบบมีส่วนร่วม เพื่อเป็นแนวทางในการ สร้างกลยุทธ์การพัฒนาด้านอื่นของชุมชน 3 สร้างโอกาสด้านงานและอาชีพแก่ชุมชน

หมายเหตุ ¹ เป็นตัวเลขที่ได้จากการประมาณการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น

1.5.6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดทำรายงานผล

1.6 ขอบเขตการวิจัย

- 1.6.1 เนื่องจากชนิดของวัตถุดิบในการวิจัยปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนจะแปรผันตามฤดูกาลเพาะปลูก ดังนั้นในการวิจัยนี้กำหนดใช้มูลสัตว์ (วัว, หมู, ไก่) เป็นวัสดุหมักหลัก ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณการผลิตที่สม่ำเสมอ สำหรับวัสดุหมักร่วมกำหนดใช้ก้อนเห็ดเก่าและก้านยาสูบซึ่งสามารถจัดหาได้ในช่วงปฏิบัติการวิจัย
- 1.6.2 ในการทดสอบการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก ชนิดของพืชที่ทดสอบอาจปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมตามรอบฤดูกาลเพาะปลูกของชุมชน

บทที่ 2

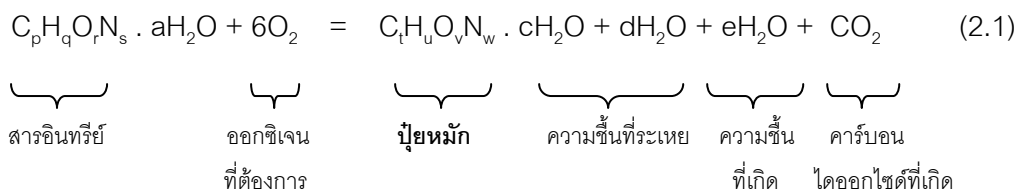
ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ยอินทรีย์

2.1 ทฤษฎีการหมักปุ๋ยอินทรีย์

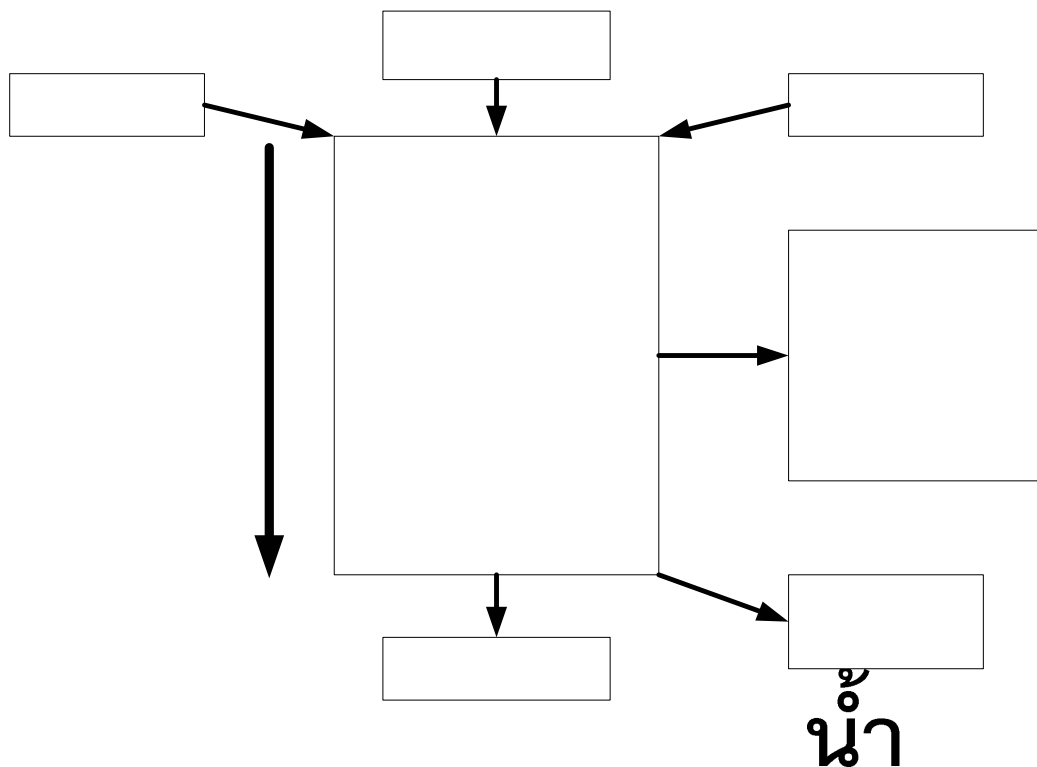
ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงาน ทั้งทางด้านเคมีกายภาพ และชีวภาพ เมื่อผ่านกระบวนการหมักขั้นสุดท้ายจะได้ปุ๋ยหมักที่ค่อนข้างคงรูป มีสีน้ำตาลปนดำ เนื้อร่วนซุย ไม่มีกลิ่น มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) มีคุณสมบัติในการปรับปรุงโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดิน เมื่อปุ๋ยหมักอยู่ในดินจะค่อย ๆ ถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชอย่างช้า ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว

โดยทั่วไปการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition) และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) สำหรับการบวนการหมักปุ๋ย (Composting) นั้นหมายนั้หมายถึง กระบวนการหมักที่อาศัยหลักการการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ได้แก่ ออกซิเจนและความชื้น จุลินทรีย์จะอาศัยออกซิเจนในการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และลิกนิน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์สำคัญที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ ได้แก่ ความร้อน น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์คงรูปคือปุ๋ยหมัก (รูปที่ 2.1)

จากหลักการดังกล่าว Wiley และ Pierce (1995) ได้แสดงสมการเคมีการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนของกระบวนการหมักปุ๋ย ดังนี้



เมื่อ p, q, r, s, t, u, v, w หมายถึงค่าคงที่สำหรับเงื่อนไขที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 กระบวนการหมักปุ๋ย

ที่มา : Epstein (1997)

2.2 ระยะของการหมัก

ระยะของการหมักปุ๋ยสังเกตได้จาก ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิกับระยะเวลาการหมัก (รูปที่ 2.2) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1. ระยะปรับตัว เป็นระยะเริ่มต้นของการหมัก ในระยะแรกนี้ จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ความเป็นกรดต่างของกองปุ๋ยค่อนข้างคงที่ วัสดุที่ใช้หมักจะยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง

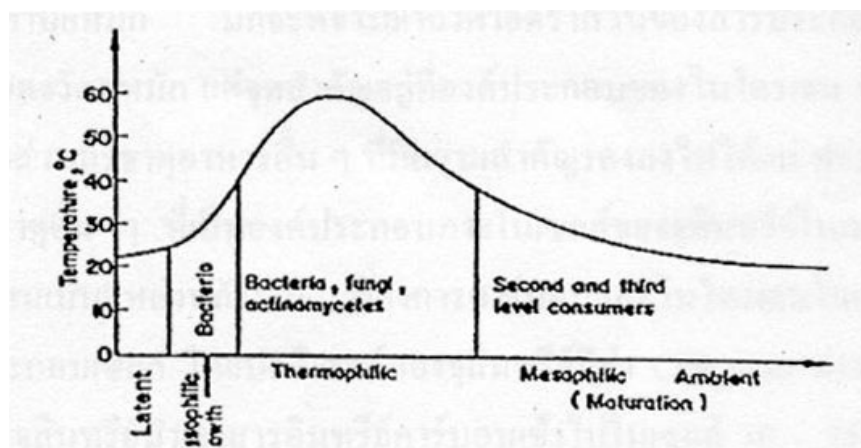
2. ระยะการเจริญเติบโต หรือระยะอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic temperature) ระยะนี้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มเจริญเติบโตและย่อยวัสดุหมักเพื่อใช้เป็นอาหาร อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเริ่มสูงขึ้น แต่จะอยู่ในช่วง 25–40 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 5.0–5.5 เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่ผลิตขึ้น

3. ระยะการหมักเข้มข้น หรือระยะอุณหภูมิสูง (Thermophilic temperature) ระยะนี้การย่อยสลายวัสดุหมักเกิดขึ้นอย่างเข้มข้น อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเพิ่มเกิน 40 องศาเซลเซียส ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มเทอร์โมฟิลิกเจริญเติบโตแทนที่กลุ่มจุลินทรีย์เมโซฟิลิก และทำหน้าที่หลักในการย่อยสลาย วัสดุหมักแทน ค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นอยู่ในระหว่าง 8.0–9.0 เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายหมดแล้ว อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มลดลงและเข้าสู่ระยะต่อไป

เร็ว

อัตราการย่อยสลาย

4. ระยะเสถียร เมื่ออุณหภูมิของกองวัสดุหมักลดลงมาจนอยู่ในช่วงอุณหภูมิเมโซฟิลิก จุลินทรีย์ในกลุ่มเมโซฟิลิกก็จะเริ่มย่อยสลายอินทรีย์อีกครั้ง และอุณหภูมิจะลดลงมาเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ค่าพีเอชจะลดลงมาอยู่ในช่วง 7.0–8.0 ในระยะนี้สารอินทรีย์โครงสร้างซับซ้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยไปเป็นฮิวมิกคอลลอยด์และเป็นฮิวมัสที่สุด ผลผลิตที่ได้คือปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนโตรทและไนโตรท ซึ่งเป็นสารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที



รูปที่ 2.2 ระยะของการหมักปุ๋ย

ที่มา: Polprasert (1996)

2.3 ปัจจัยควบคุม

การแปรสภาพวัสดุหมักให้กลายเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ต้องอาศัยกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมัก ดังนั้นเราควรควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ให้แก่กองปุ๋ยหมัก เพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องดังกล่าวสามารถจำแนกออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ปัจจัยทางด้านเคมี และปัจจัยทางด้านชีวภาพ ดังนี้

2.3.1 ปัจจัยทางด้านกายภาพ

การระบายอากาศ

สภาพการระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก มีผลสำหรับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศหรือใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการระบายอากาศที่ดีเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและย่อยสลายวัสดุหมัก การระบายอากาศหรือการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองวัสดุหมัก นอกจากจะช่วยระบายอากาศแล้วยังช่วยระบายน้ำออกจากกองปุ๋ยหมักเพื่อ ให้มี

ความชื้นที่เหมาะสมและช่วยควบคุมอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเนื่องจากสภาพไร้อากาศ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักมีค่าต่ำกว่า 15 % [10] การเพิ่มปริมาณอากาศให้แก่กองปุ๋ยหมักสามารถทำได้โดยการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักหรือการเติมอากาศโดยใช้เครื่องจักรกล ปริมาณอากาศที่ต้องการสำหรับจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และปริมาณของวัสดุหมัก โดยช่วงแรกของกระบวนการหมักจะมีความต้องการออกซิเจนสูงกว่าในระยะได้ ที่ หากวัสดุหมักมีความชื้นสูงหรือมีขนาดเล็กจะมีผลให้วัสดุหมักอัดตัวกันแน่น ทำให้ช่องระบายอากาศมีน้อยลงจึงต้องเพิ่มการระบายอากาศโดยการพลิกกองวัสดุหมัก ส่วนวิธีการเติมอากาศโดยใช้เครื่องเติมอากาศให้กับกองวัสดุหมัก สามารถช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีการพลิกกลับกองวัสดุหมัก แต่ไม่ควรเติมอากาศมากเกินไป เพราะส่งผลให้ปริมาณความชื้นในระบบการหมักลดลงอย่างรวดเร็ว และการพัฒนาอุณหภูมิการหมักไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองวัสดุหมักมีความไม่เหมาะสม

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกระบวนการหมักปัจจัยหนึ่ง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของกองหมักเป็นผลจากความร้อนที่เกิดขึ้น จากกระบวนการย่อยสลายวัสดุหมักของจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายวัสดุ วัตถุประสงค์ของการควบคุมอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก คือ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายวัสดุหมักให้สูงสุด และเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยช่วงอุณหภูมิ 35 – 40 °C เป็นช่วงที่มีความหลากหลายของจุลินทรีย์ ช่วงอุณหภูมิ 45 -55 °C ทำให้มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด และหากอุณหภูมิสูงกว่า 55 °C จะสามารถฆ่าเชื้อโรคในกองปุ๋ยหมัก ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงมีค่าระหว่าง 45 – 59 °C [1,9,10]

ชนิดของวัสดุหมัก

วัสดุที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นปุ๋ยหมักได้แก่ เศษซากของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ หรือแม้แต่พวกวัชพืช และเศษขยะอาหารตามอาคารบ้านเรือน วัสดุเหล่านี้เมื่อนำมาทำปุ๋ยหมักบางชนิดก็ย่อยสลายได้ง่าย รวดเร็ว บางชนิดก็ย่อยสลายได้ช้า ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุหมักเหล่านั้นว่ามีส่วนที่จุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่าย และมีแร่ธาตุอาหารอยู่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ กรณีที่เป็นเศษวัสดุหมักที่ย่อยสลายได้ง่าย ได้แก่ เศษอาหาร มูลสัตว์ และเศษพืชสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษผัก กากเมล็ดข้าวฟ่าง พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน ใบจามจุรี ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ฯลฯ จะส่งผลให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็วและระยะเวลาการหมักปุ๋ยค่อนข้างสั้น ในทางตรงกันข้าม กรณีที่เป็นเศษวัสดุหมักที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ชี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง ฯลฯ ซึ่งปกติพืชเหล่านี้จะมีองค์ประกอบเส้นใยทางเคมีที่ย่อยสลายยากในปริมาณสูง และมีแร่ธาตุอาหารบางชนิด

อยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน ดังนั้นหากต้องการให้เศษพืชประเภทนี้สลายตัวได้เร็วขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่กองปุ๋ยหมัก

ขนาดของวัสดุหมัก

ขนาดของวัสดุหมักที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรมีขนาดที่เหมาะสม โดยทั่วไปขนาดของวัสดุหมักที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.27– 5.08 เซนติเมตร [11] จะช่วยให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ง่าย กรณีที่วัสดุหมักมีขนาดใหญ่กว่านี้ จะทำให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ ระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น การที่วัสดุหมักมีขนาดเล็กถือเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับจุลินทรีย์ได้สัมผัสมากขึ้น เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ทั่วถึง อย่างไรก็ตามถ้าวัสดุหมักมีขนาดเล็กเกินไปความพรุนของวัสดุหมักก็จะลดลง เป็นสาเหตุให้ไปขัดขวางการระบายอากาศของกองวัสดุหมักได้

ขนาดของกองปุ๋ยหมัก

ขนาดของกองปุ๋ยหมักจะมีผลต่อการระบายอากาศในกองปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อกองปุ๋ยสลายตัวไประยะหนึ่งแล้ว วัสดุหมักถูกย่อยมีเนื้อละเอียดขึ้น กองปุ๋ยจะยุบตัวลง เนื้อปุ๋ยด้านล่างก็จะถูกกดจนแน่น ทึบ ไม่สามารถระบายอากาศได้ ถ้ากองปุ๋ยสูงมาก ส่วนล่างของกองจะถูกน้ำหนักรกดส่วนบนกดทับตัวให้อัดแน่น อย่างไรก็ตาม ขนาดของกองปุ๋ยหมักสามารถปรับยืดหยุ่นตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการหมักปุ๋ยได้ โดยทั่วไปความสูงของกองปุ๋ยหมักแบบกองแถว (Windrows) ที่พอเหมาะกรณีไม่ใช้เครื่องจักรกลขึ้นกองอยู่ในช่วง 1 - 1.3 เมตร ทั้งนี้ความกว้างของกองปุ๋ยหมักต้องไม่ต่ำกว่า 1.5 - 2.0 เมตร [12] กรณีใช้เครื่องจักรกลขึ้นกองความสูงของกองปุ๋ยหมักอาจกองได้สูงกว่านี้ ไม่ควรเกิน 1.5 – 1.8 เมตร สำหรับความกว้างของปุ๋ยก็อย่าให้กว้างเกินไป ความกว้างไม่ควรเกิน 2.4 – 3.0 เมตร และในทางตรงกันข้าม กองปุ๋ยก็ไม่ควรจะเตี้ย หรือแคบเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายออกไปได้ง่าย กองปุ๋ยจะไม่ร้อนเท่าที่ควร อีกทั้งกองปุ๋ยก็แห้งได้ง่ายด้วย ถ้ากองปุ๋ยแห้ง การสลายตัวก็จะหยุดชะงักลง ขนาดของกองปุ๋ยไม่ควรเล็กไปกว่าขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือกว้างยาวและสูงด้านละไม่ต่ำกว่า 1 เมตร [13]

ความชื้น

การย่อยสลายวัสดุหมักโดยจุลินทรีย์ จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อมีการควบคุมปริมาณความชื้นที่เหมาะสมไม่สูงหรือต่ำเกินไป ทั้งนี้ น้ำจะถูกใช้ในกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสียของจุลินทรีย์ ความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่มีความเหมาะสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 40–60% ความชื้นที่ต่ำกว่า 40% จะทำให้กองปุ๋ยหมักแห้ง จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะขาดน้ำและตาย ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีการพัฒนาอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก ระยะของการหมักชะงักหรือสิ้นสุดลง หากความชื้นสูงเกิน 60% ปริมาณความชื้นส่วนเกินจะเป็นตัวขัดขวางการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยหมัก เกิดสภาพขาดอากาศหรือการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้โดยง่าย ส่งผลให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักและคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ค่อนข้างต่ำ

2.3.2 ปัจจัยทางด้านเคมี

C/N ratio

เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการอาหารในการดำรงชีพ โดยใช้ธาตุคาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และธาตุไนโตรเจนในการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อสร้างส่วนประกอบเซลล์ โดยปกติเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 10–15 ซึ่งหมายความว่า การที่จุลินทรีย์นำเอาสารอินทรีย์คาร์บอนเข้าไปในเซลล์ 10–15 หน่วย จำเป็นต้องนำเอาสารประกอบไนโตรเจนเข้าไปด้วย 1 หน่วย จึงจะทำให้เกิดความสมดุลของสารประกอบทั้งสองในเซลล์ ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงมีความสำคัญและมีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในการทำปุ๋ยหมักจึงจำเป็นต้องควบคุมสมดุลธาตุอาหารหลัก (C/N ratio) ของวัสดุหมักให้เหมาะสม วัสดุหมักที่มีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอ หรือ C/N ratio สูง อัตราการย่อยสลายจะต่ำ เพราะจุลินทรีย์ขาดแคลนไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโต หากวัสดุหมักมีค่า C/N ratio ต่ำ การเจริญเติบโตและการย่อยสลายของจุลินทรีย์ก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็วจนอาจทำให้เกิดสภาพการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นได้ หากมีการเติมอากาศให้กองปุ๋ยหมักไม่เพียงพอ นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปอาจเกิดการสูญเสียในรูปของก๊าซแอมโมเนียที่ระเหย ซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปช่วงอัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสม อยู่ในช่วงประมาณ 25–30 [1,9]

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH คือค่าที่บ่งชี้ถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งแสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสารซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดจะเติบโตได้ดีในช่วง pH 5 หรือต่ำกว่า กลุ่มจุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นด่างจะเติบโตได้ดีในช่วง pH 7 - 12 และกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ชอบทั้งความเป็นกรดและด่างจะเติบโตได้ดีในช่วง pH ที่เป็นกลางคือช่วง 6 - 8 โดยทั่วไปอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระหว่างการหมักจะมีค่าสูงเมื่อ pH อยู่ในช่วงระหว่าง 7 - 9 (จุลินทรีย์กลุ่มเทอร์โมฟิลิกเติบโตได้ดี) การเปลี่ยนแปลง pH ของกระบวนการหมักมีลักษณะดังนี้ ในช่วงแรกค่า pH จะตกลงเล็กน้อยในช่วง 5 - 5.5 เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายอย่างรวดเร็วและมีการผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นจึงทำให้ค่า pH ลดลง ต่อมาค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นสภาวะด่างในช่วง 8 - 9 เนื่องจากจุลินทรีย์ได้เริ่มใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายเป็นแหล่งธาตุคาร์บอนแทน จึงทำให้ความเป็นกรดลดลงดังนั้นค่าพีเอชจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชที่สูงกว่า 8 อาจเกิดจากการที่สารประกอบไนโตรเจนถูกลดรูปเป็นกรดอะมิโน สารประกอบแอมโมเนีย และก๊าซแอมโมเนียตามลำดับ ซึ่งมีสภาพเป็นด่างจึงทำให้ระบบการหมักมีความเป็นกรดลดลง ค่า pH จึงเพิ่มสูงขึ้น เมื่อการหมักผ่านไปได้ระยะหนึ่งค่า pH จะ

ค่อย ๆ ลดลงและท้ายที่สุดก็ลดลงมามีค่าในช่วงค่อนข้างเป็นกลางคือ 7 – 8 และค่อนข้างคงที่เมื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ใกล้สิ้นสุดลง [1,11]

2.3.3 ปัจจัยทางด้านชีวภาพ

ความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ ซึ่งมีบทบาทหรือทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในกองหมัก ให้กลายเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ถือเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการควบคุมให้ระบบการหมักมีประสิทธิภาพ แม้ว่าในกองปุ๋ยหมักมีความหลากหลายของกลุ่มจุลินทรีย์ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า กลุ่มจุลินทรีย์ 3 กลุ่มหลัก ที่มีบทบาทในการย่อยสลายและตรวจพบในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่

แบคทีเรีย

เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มักตรวจพบได้ในปริมาณมากกว่าชนิดอื่น ๆ เสมอ จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะพบอยู่ในช่วงของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก สามารถพบได้ทั้งในสภาพการหมักที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน โดยทั่วไปปริมาณแบคทีเรียจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น มักจะพบพวก *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp. และ *Bacillus* sp. ซึ่ง *Bacillus* sp. จะพบเป็นปริมาณมากกว่าพวกอื่น ๆ เพราะจะมีพวกที่สามารถเจริญได้ดีและสามารถสร้างสปอร์ได้ดีในช่วงที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 55 – 65 องศาเซลเซียส เช่น *B. subtilis* นอกจากนี้ยังพบว่าพวก *Clostridium* sp. สามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่จะเจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน บางครั้งอาจจะพบพวกแบคทีเรียอีกพวกหนึ่งที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง ได้แก่ *Thermus aquaticus* เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 40 – 79 องศาเซลเซียส

แอคติโนมัยซิส

เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อยู่ระหว่างเชื้อรากับแบคทีเรีย แต่จะมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่า ส่วนใหญ่เป็นพวกที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงในช่วงอุณหภูมิ 65–70 องศาเซลเซียส และต้องใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แอคติโนมัยซิสที่พบในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่จะเป็นจำพวกที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสย่อยเซลลูโลส (สารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรต) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากในช่วงท้ายของการหมัก เช่น เซลลูโลส (Cellulose) และ ลิกนิน (lignins) เป็นต้น

รา

เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีการดำรงชีวิตคล้ายกับพืช มีลักษณะเป็นเส้นใยเรียงต่อกันมี และใช้สปอร์ในการสืบพันธุ์ เชื้อราที่ค้นพบมีทั้งชนิดที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน และในกองปุ๋ยหมักก็มักตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ โดยเฉพาะผิวด้านนอกของกองปุ๋ยหมักเพราะมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต รา มีบทบาทสำคัญเช่นเดียวกันกับกลุ่มแอคติโนมัยซิส คือเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากในขั้นหลังของการหมักโดยเฉพาะการย่อยสลายพวกเส้นใยของพืชและไม้เนื้อแข็ง ใน

ระยะ แรกซึ่งอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นมักตรวจพบเชื้อราพวก *Geotrichum candidum* และ *Aspergillus fumigatus* เมื่ออุณหภูมิถึงระดับ 45 – 55 °C มักจะตรวจพบพวก *Cladoporium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Mucor sp.*, *Richoderma viride*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Rhizopus sp.*

2.4 ความเสถียรของปุ๋ยหมัก

ความเสถียรภาพของปุ๋ยหมัก (Compost Stability or Compost Maturity) มีความสำคัญต่อการนำปุ๋ยหมักไปใช้ เนื่องจาก การใช้ปุ๋ยหมักที่ยังไม่คงตัวจะทำให้เกิดผลกระทบต่างๆ ต่อดินและพืช คือ ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนและค่าความต่างศักย์ของเซลล์ (E_h) ของดินลดลง นำไปสู่สภาพแอนแอโรบิคหรือสภาพไร้อากาศ ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืช ลดการหายใจของราก ลดการดูดซึมสารอาหาร ลดอัตราการเกิดเมตาบอลิซึมของพืช ฯลฯ [14] แนวการประเมินความเสถียรของปุ๋ยหมักสามารถใช้วิธีการทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 ความเสถียรภาพทางด้านกายภาพ

อุณหภูมิ

อุณหภูมิในกองวัสดุหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2 – 3 วันแรก ของการหมักและรักษา ระดับที่ 60 – 70 °C เป็นเวลาหลายวัน จากนั้นอุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดลงจนคงที่และไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อพลิกกลับกองวัสดุหมักนั้นแสดงถึงการได้ที่ของกองวัสดุหมัก [14] โดยการที่อุณหภูมิลดลงนี้ ต้องไม่ใช่เนื่องมาจากการตายของจุลินทรีย์ จากสาเหตุดังนี้ อาทิ อุณหภูมิที่สูงเกินไป การขาดออกซิเจน ความชื้นที่ต่ำ การขาดลักษณะที่เป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุหมัก

กลิ่น

เป็นปัจจัยการได้ที่ที่สามารถสังเกตได้ง่ายไม่ยุ่งยากนัก วัสดุหมักได้ที่แล้วควรมีกลิ่นลักษณะ กลิ่นดิน ไม่เหม็นหรือฉุนเหมือนเมื่อเริ่มทำในครั้งแรก ถ้ายังมีกลิ่นฉุนแสดงกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังดำเนินอยู่ ความเสถียรของปุ๋ยยังค่อนข้างต่ำ [15]

สี

เมื่อหมักปุ๋ยจนมีเสถียรแล้วสีของปุ๋ยหมักจะเริ่มเข้มกว่าเมื่อตอนเริ่มหมัก คือ จะมีสีดำ สีน้ำตาลเข้ม หรือน้ำตาลปนดำ [14] และอาจมีสีขาวหรือสีเทาปนอยู่ในกองปุ๋ยหมักเนื่องจากมีกลุ่มแอมโมเนียไนโตรเจนเจือปนอยู่ [9]

2.4.2 ความเสถียรภาพทางเคมี

ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ค่า C/N ratio

สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเสถียรของปุ๋ยหมัก โดยทั่วไปปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วจะมีค่า C/N ratio ประมาณ 5-20 ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุหมักที่นำมาหมัก ค่า C/N ratio ที่เป็นที่ยอมรับคือ 20

แต่ค่าที่แตกต่างไปจากนี้ เนื่องจากมีสารอินทรีย์คาร์บอนบางส่วนอยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ลิกนิน ก็ยังถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ บางกรณีค่า C/N ratio น้อยกว่า 20 แต่ปุ๋ยหมักอาจจะยังไม่ได้ที่ เนื่องจากเริ่มต้นวัสดุหมักมีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูงจึงทำให้ค่า C/N ratio ต่ำ ดังนั้นจึงควรใช้ ผลหารระหว่างค่า C/N ratio เมื่อสิ้นสุดการหมักและเมื่อเริ่มต้นการหมัก ($C/N_{\text{final}} / C/N_{\text{initial}}$) ซึ่งควรมี ค่าน้อยกว่า 0.75 เมื่อใช้เวลาในการหมัก 120 วัน [14]

ค่าพีเอช (pH)

ในช่วงเริ่มแรกของการหมักค่าพีเอชลดลงน้อยจนถึงค่าประมาณ 5 และต่อมาก็จะเพิ่ม ขึ้นเมื่อ วัสดุหมักถูกย่อยสลายและเริ่มมีเสถียรภาพ จนในที่สุดค่าพีเอชก็รักษาระดับอยู่ในช่วง 7 – 8 ตลอด สิ้นสุดกระบวนการหมัก [Gray et al., 1971] หากค่าพีเอชของกองวัสดุหมักมีค่าเป็นกรดแสดงว่าการ หมักยังไม่ได้ที่ เนื่องจากใช้เวลาหมักน้อยเกินไปหรืออาจเกิดสภาพแอนแอโรบิกขึ้น [14]

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอออนบวก (CEC)

การได้ที่ของปุ๋ยหมักสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดค่า CEC (Cation Exchange Capacity) ซึ่งเป็นการวัดความสามารถในการดูดซับอออนบวกที่เป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม ฯลฯ โดยปกติสารฮิวมัสจะมีค่าความจุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ประมาณ 180 – 200 meq/100g (180–200 cmol/Kg) ค่าต่ำสุดของ CEC ที่ถือว่าปุ๋ยหมักได้ที่แล้วจะมีค่าเท่ากับ 60 meq/100g [1]

ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen)

Liao, P.H., et al.(1995) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีค่าสูงขึ้น หลังจากทำการหมักได้ระยะเวลาหนึ่ง เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรียให้เป็นส่วน ประกอบของกรดอะมิโน กรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อได้กรดไขมัน (Fatty Acids) และแอมโมเนีย หลังจากนั้นแอมโมเนียจะถูกย่อยสลายต่อโดยกลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) ใน สภาพที่มีออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ ส่วนกรดไขมันและ คาร์โบไฮเดรตจะรวมกันในเซลล์ของแบคทีเรีย ในรูปของ Volatile Fatty acids ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อ ในสภาพที่มีอากาศ กลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนน้อยกว่า 400 mg/Kg [17]

ค่าไนโตรเจนไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน

ได้มีการทำการทดลองกระบวนการหมักแบบเดิมอากาศพบว่า จะเกิดไนไตรท์ได้ในช่วงระยะเวลา 86 – 113 วัน และเกิดไนไตรท์ในช่วงระยะเวลา 96–123 วัน หรืออาจสรุปได้ว่าเกิดสารประกอบ ไนโตรเจนทั้งสองรูปแบบได้เมื่อระยะเวลาในการหมักผ่านไป 3–4 สัปดาห์

ในกองวัสดุหมักจะต้องมีการเกิดไนไตรท์และไนเตรทขึ้น จึงถือว่าปุ๋ยหมักนั้นได้ที่แล้ว และเมื่อ สิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักควรมีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมากกว่า 400 mg/Kg [18]

2.4.3 ความเสถียรภาพทางด้านชีวภาพ

การประเมินการได้ที่โดยวิธีการทางชีวภาพนั้น สามารถทำได้โดยการพิจารณาค่าดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) โดยค่าดัชนีการงอกของเมล็ดเครส (*Lepidium Sativum* L.) ต้องมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 จึงจะยอมรับได้ว่าปุ๋ยหมักได้ที่ และไม่ขัดขวางการงอกของเมล็ดพืช [17]

2.4.4 ความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity)

คำว่า Phytotoxicity เกี่ยวข้องกับสารที่เป็นอันตรายหรือสารที่เป็นพิษไปสะสมในเนื้อเยื่อของพืช ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ Phytotoxicity ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างไม่เต็มที่ เพราะระดับของความเป็นพิษที่พืชได้รับจะเป็นสาเหตุที่แสดงให้เห็นถึงระดับความเสียหายที่ส่งผลต่อการพัฒนาการของพืช อย่างไรก็ตามการชะลอหรือหยุดชะงักของการเจริญเติบโตของพืชจะไม่ถูกจำกัดเพียงแค่การสะสมของสารพิษเท่านั้น แต่จะรวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเช่น การขาดแคลนสารอาหาร, น้ำ, แร่ธาตุและการใช้สารเคมีที่ช่วยเร่งผลผลิต [5]

ความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมัก

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีกระบวนการหมักปุ๋ยของสารอินทรีย์มีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่ยังคงขาดแคลนข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการนั้นคือ การกำหนดความแน่นอนของคุณภาพผลผลิตที่ได้และโดยเฉพาะความเป็นพิษของส่วนผสมของสารอินทรีย์ของปุ๋ยต่อพืช ความเป็นพิษของปุ๋ยหมักมีอยู่ 2 รูปแบบคือ ความเป็นพิษถาวร (ไม่ถูกกำจัดในกระบวนการหมัก จะเกิดขึ้นในรูปแบบของโลหะหนัก เช่น Cd, Cu, Zn, As, Pb และ NH_4^+) และความเป็นพิษชั่วคราว (จะถูกกำจัดในระหว่างกระบวนการหมัก) ส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ปุ๋ยเป็นพิษคือกรด ซึ่งประกอบไปด้วยไขมันที่สามารถระเหยเป็นไอได้อย่างรวดเร็ว กรดเหล่านี้จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยและจะเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบเกิดเป็นพิษได้ การนำปุ๋ยที่ไม่เสถียรและมีสารพิษเหล่านี้ไปปรับปรุงดินทางการเกษตร อาจทำให้เกิดผลกระทบในทางอ้อมขึ้นได้

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ระยะเวลาที่แตกต่างกันในระหว่างการหมักปุ๋ยของสารอินทรีย์จะทำให้เกิดระดับความเป็นพิษต่อพืชที่แตกต่างกัน ความเป็นพิษต่อพืชที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ชัดเจนในช่วง 14 วันแรกของการหมักปุ๋ย และความเป็นพิษนี้จะค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการหมักที่นานขึ้น จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ย ในช่วงเวลานี้จะเกิดน้ำชะขยะจากการหมักปุ๋ยขึ้น เมื่อนำน้ำชะขยะนี้ไปสกัดแล้วนำมาตรวจสอบ จะพบสารพวก Cu, Zn และ NH_4^+ -N สารเหล่านี้จะไปยับยั้งและขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช สารพิษเหล่านี้จะลดลงตามระยะเวลาในการหมัก การหมักปุ๋ย ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าสารเหล่านี้ถูกกำจัดในระหว่างกระบวนการหมัก ผลการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า NH_4^+ -N เป็นสารเคมีที่สำคัญมากที่สุดที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อพืช เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักปุ๋ยให้นานขึ้นสารพิษเหล่านี้ก็จะลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าอายุของปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมักประมาณ 60 วัน จะได้คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ไม่ส่งผลด้านความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช [5]

ผลของความเป็นพิษต่อพืช

สารพิษที่เจือปนในดิน เช่น Cd, Cu, Zn, As, Pb และ NH_4^+ จะไปทำลายเนื้อเยื่อของพืชยับยั้งการงอกของรากพืช ทำให้พืชดูดซึมแร่ธาตุสารอาหารได้น้อย เป็นผลทำให้ใบของพืชเหลืองมีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงน้อยลงเป็นผลให้ต้นพืชแคระแกร็นและพันธุกรรมผิดปกติ ตารางที่ 2.1 แสดงขีดจำกัดในการรับโลหะหนักของดินและปุ๋ยในทวีปยุโรป

2.5 เทคโนโลยีการหมักปุ๋ย

การจำแนกประเภทเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยในปัจจุบัน สามารถจำแนกได้หลายลักษณะตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น การจำแนกตามวิธีดำเนินการระบบการหมัก การจำแนกตามเครื่องจักรกลที่ใช้ และอาจจำแนกได้ตามลักษณะถึงปฏิกิริยา ดังนี้

2.5.1 การจำแนกตามวิธีดำเนินการระบบการหมัก

การดำเนินการระบบแบบกอง (Batch Operation)

การดำเนินการระบบการหมักแบบกอง เป็นระบบการหมักที่ปริมาณอาหารหรือสารอินทรีย์สำหรับจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายตลอดกระบวนการหมักมีปริมาณจำกัด เนื่องจากเตรียมวัสดุหมักเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว โดยไม่มีการเติมอาหารใดๆ ลงไปอีกระหว่างการหมักจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก การดำเนินการระบบการหมักแบบกอง มีทั้งการหมักแบบใช้ถังปฏิกิริยาหรือไม่ใช้ถังปฏิกิริยา และการหมักแบบใช้เครื่องจักรกลหรือไม่ใช้เครื่องจักร เป็นต้น

การดำเนินการระบบแบบต่อเนื่อง (Continuous Operation)

โดยส่วนใหญ่การดำเนินการระบบแบบต่อเนื่อง เป็นระบบการหมักแบบใช้อากาศภายในถังปฏิกิริยาหรือถังหมัก ระหว่างการดำเนินการระบบมีการเติมอาหารอย่างต่อเนื่อง ตลอดกระบวนการทำปุ๋ยหมัก (รูปที่ 2.3)

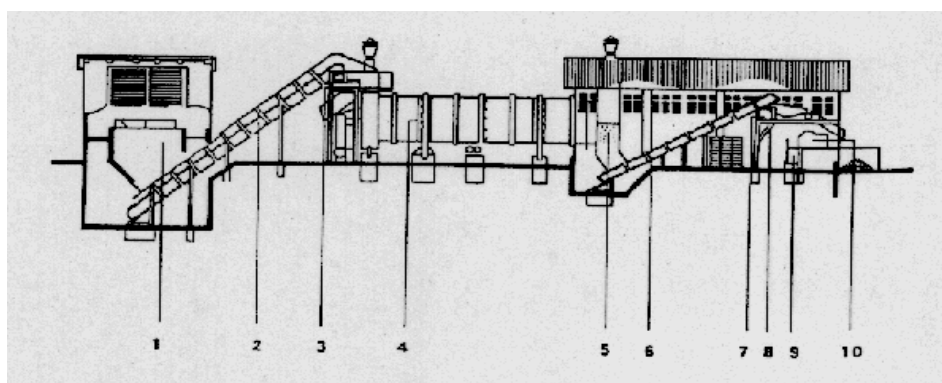


Figure : Typical layout of a Dano Bio-stabilizer plant. (1) receiving hopper, (2) conveyor, (3) magnet, (4) Dano-Bio-Stabilizer, (5) primary screen, (6) conveyor, (7) magnet, (8) vibrator screen, (9) conveyor for compost, (10) grinder

รูปที่ 2.3 แสดงระบบการหมักแบบต่อเนื่อง

ที่มา : www.agen.ufl.edu

ตารางที่ 2.1 แสดงขีดจำกัดในการรับโลหะหนักของดินและปุ๋ยในทวีปยุโรป

Metal	Limits for Composts & Soil Improvers in Europe (ppm d.m.)											Sew. Sludge	
	AUT* KL. I 1993	AUT ^a KL. II 1993	PRG ^b RAL.GZ25I 1992	FRG ^c M10-LAGA planed (non food)	CH ^d StoV 1992	BELG ^e VLACO 1992	NL ^e KIWA 1993	DENMARK ^e before 1995	FRANCE ^e AFNOR 1995	ITALY ^e DPR 1995	SPAIN ^e planed	E.U. ^f EC/U.L. soil impr.	U.S. ^g E.P.A.NOAEL Sew.Sludge
Cd	0,7	1,0	1,5	2,5	1,0	1,0	1,0	1,2	8	10	40	5,1	39
Cr	70	70	100	200	100	-	70	-	-	500/10*	750	262	1200
Cu	70	100	100	200	100	90	90	-	-	600	1750	262	1500
Hg	0,7	1,0	1,0	2	1,0	1,0	0,7	1,2	8	10	25	2,9	17
Ni	42	60	50	100	30	20	20	45	200	200	400	129	420
Pb	70	150	150	250	120	120	120	120	800	500	1200	552	300
Zn	210	400	400	750	400	280	280	-	-	2500	4000	515	2800
* 500 ... Cr III; 10 ... Cr VI													
a	Austrian heavy metal limits class I and class II for compost according to 'ÖNORM S 2200' (Anonymous, 1993)												
b	German limit values according to RAL GZ 251 (Anonymous, 1992b)												
c	Proposal for non food application according to Merkblatt 10 (M 10) of the LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Working group 'Biowaste' (Thomé Kozmiensky, 1994)												
d	Swiss heavy metal limits for compost according to 'Stoffverordnung 1992' (Anonymous, 1992b)												
e	cited in Jopski (1993)												
f	Proposal in CEN/TC223 'Soil Improvers and Growin Media' Working Group 2 'Safety' based on EC-sewage sludge directive / upper limit (Anonymous, 1994a)												
g	US EPA Rule 503 sewage sluge distribution and marketing limit values, cited in Anonymous (1994a)												

อาหารที่เติมจะถูกผสมภายในถังหมัก และจะถ่ายอาหารเก่าออกจากระบบในอัตราเดียวกันตลอดเวลา ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องอาหาร [19]

การดำเนินระบบแบบกึ่งต่อเนื่องหรือกึ่งกะ (Fed Batch Operation)

การดำเนินระบบการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องหรือกึ่งกะ เป็นวิธีการดำเนินการหมักโดยเติมอาหารเข้าสู่ระบบเป็นระยะๆ เพื่อให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและใช้สารอาหารได้อย่างเต็มที่ โดยไม่มีการถ่ายอาหารเก่าออก การหมักแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับข้อจำกัดเรื่องความเข้มข้นของสารอาหารเริ่มต้น ซึ่งถ้าใช้มากไปอาจมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ หรืออาจทำให้เกิดปัญหาในการให้ออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอได้ยาก โดยภายในถังหมักจะมีระบบกวน ซึ่งทำหน้าที่ในการผสมวัสดุหมักกับอาหารที่เติมในแต่ละวันให้ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการระบายอากาศให้แก่ปุ๋ยหมักอีกด้วย [15]

2.5.2 การแบ่งตามการใช้เครื่องจักรกล

ระบบการหมักที่ไม่ใช้เครื่องจักรกล (Non-Mechanical Mode)

ระบบการหมักนี้จะเป็นการนำวัสดุหมักมากองบนพื้นราบให้มีความสูงพอสมควร และมีการระบายอากาศเพื่อเป็นการให้ออกซิเจนกับกองปุ๋ย และช่วยให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วขึ้น การเติมอากาศหรือการระบายอากาศให้แก่กองปุ๋ยหมักจะอาศัยหลักการการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติ (รูปที่ 2.4) เช่น ระบบการหมักกองสถิตย (Static piles) หรือมีการพลิกกลับกองปุ๋ยโดยใช้แรงงานคน (รูปที่ 2.5) เช่น การหมักแบบกองแถว (Windrows) โดยไม่มีการใช้เครื่องจักรกลเข้ามาช่วยในกระบวนการหมักใดๆ ทั้งสิ้น



รูปที่ 2.4 แสดงระบบการหมักแบบกองสถิตย (Static piles)



รูปที่ 2.5 แสดงระบบการหมักแบบกองแถวพลิกกลับกองโดยใช้แรงงานคน

ระบบการหมักที่อาศัยเครื่องจักรกล (Mechanical Mode)

ระบบการหมักแบบนี้จะทำการหมักโดยใช้ถังปฏิกรณ์ หรือไม่ใช้ถังปฏิกรณ์ก็ได้ ซึ่งกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ได้จากการเติมอากาศเข้าไปในกองปุ๋ยด้วยเครื่องเติมอากาศ หรือการพลิกกลับกองปุ๋ยที่มีขนาดใหญ่ หากมีปริมาณมากจะใช้เครื่องจักรกล เช่น รถแทรกเตอร์ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น การหมักแบบ Windrows (รูปที่ 2.6) แบบ Forced Aeration (รูปที่ 2.7) และแบบ In vessel (รูปที่ 2.8) เป็นต้น



รูปที่ 2.6 การหมักปุ๋ยแบบ Windrow อาศัยเครื่องจักรกล



รูปที่ 2.7 การหมักปุ๋ยแบบกองสติดัดอากาศ (Forced Aeration)



รูปที่ 2.8 การหมักปุ๋ยในถังปฏิกิริยา (Invessel)

2.5.3 การแบ่งตามลักษณะการใช้ถังปฏิกิริยา

ระบบการหมักที่ไม่ใช้ถังปฏิกิริยา (Non Reactor System)

การหมักแบบนี้เป็นการนำวัสดุหมักมากองไว้ในที่โล่งมีอากาศถ่ายเท เพื่อให้เกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งจะมีการเติมอากาศหรือการพลิกกลับกองด้วยเครื่องจักรกล หรือไม่ใช้ก็ได้เช่นแบบ Windrows แบบ Static Piles และแบบ Forced Aeration เป็นต้น

ระบบการหมักที่ใช้ถังปฏิกิริยา (Reactor System)

วัสดุหมักจะถูกหมักในภาชนะหรือในถังปฏิกิริยา ซึ่งส่วนใหญ่จะอาศัยเครื่องจักรกลในการเติมอากาศ หรือทำการผสมวัสดุหมักให้เป็นเนื้อเดียวกันจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก วิธีการหมักแบบนี้สามารถควบคุมปัจจัยการหมัก และปัญหาเรื่องกลิ่นได้ดีกว่าระบบการหมักแบบไม่ใช้ถังปฏิกิริยา

2.6 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ถ้าดินเป็นดินเนื้อละเอียดอัดตัวกันแน่น เช่นดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยทำให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ดินมีสภาพการระบายน้ำ ระบายอากาศได้ดีขึ้น ส่วนดินที่มีเนื้อหยาบ เช่นดินทราย ปุ๋ยหมักก็จะช่วยทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น ดินมีการเกาะตัวกันดีขึ้น ดูดซับความชื้นได้ดีขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน

2.6.1 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านเกษตรกรรม

การพิจารณาการใช้ปุ๋ยหมักให้มีความเหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่าง หลักการใช้ปุ๋ยหมักที่แนะนำโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ควรใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมี เพราะปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอาจมีธาตุอาหารบางชนิดที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

2) ควรใช้ปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดของดิน กล่าวคือ ดินที่สมควรใช้ปุ๋ยหมักเป็นอันดับแรกคือดินทรายเพราะดินทรายจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ปุ๋ยหมักจะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน และจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้นได้ด้วย

3) ควรใช้ปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักสำหรับพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.2

4) ควรใช้ปุ๋ยหมักในกรณีที่ดินทุนต่ำแต่ให้ผลตอบแทนสูง คือ จะต้องพิจารณาเปรียบเทียบเสียก่อนว่า หากใช้ปุ๋ยชนิดอื่นจะให้ผลดีกว่ามากน้อยเพียงใด

5) วิธีการใส่ปุ๋ยหมักที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติ และเพื่อให้ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด และเกิดการสูญเสียน้อย ได้แก่

-ใส่แบบหว่านทั่วแปลงจะเป็นวิธีที่ดีต่อการปรับปรุง และบำรุงดิน เนื่องจากปุ๋ยหมักจะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

-ใส่แบบเป็นแถว มักใช้กับการปลูกพืชไร่ เนื่องจากจะใส่ตามแนวปลูกพืช วิธีนี้เหมาะที่จะใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีแบบโรย

-ใส่แบบเป็นหลุม มักใช้กับการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น โดยใส่เป็น 2 ระยะคือในช่วงของการเตรียมหลุมปลูกพืช และใส่ในช่วงที่พืชเจริญเติบโตแล้วโดยใส่ตามแนวทรงพุ่มของต้นพืช

ตารางที่ 2.2 อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดพืช	ปริมาณปุ๋ยหมัก	วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก
1. ข้าว	2 – 4 ตัน/ไร่	หว่านทั่วพื้นที่ แล้วไถกลบก่อนการปลูกพืช
2. พืชไร่	2 – 4 ตัน/ไร่	ใส่เป็นแถวตามแนวปลูกพืชแล้วคลุกเคล้ากับดิน
3. พืชผัก		
- แปลงเพาะกล้า	2 – 4 กก./ตรม.	- ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากับดินในแปลงเพาะกล้าขณะเตรียมดินปลูก
- แปลงปลูกผัก ขนาดใหญ่	4 – 6 ตัน/ไร่	- หว่านให้ทั่วแปลงปลูกแล้วไถกลบขณะเตรียมดิน
4. ไม้ผล ไม้ยืนต้น		
- ต้นขนาดใหญ่	25 – 50 กก./ หลุม	<u>ตอนเตรียมหลุมปลูก</u> โดยคลุกเคล้ากับดินแล้วใส่ด้านล่างของหลุม
- ต้นขนาดเล็ก	15 – 25 กก./ หลุม	<u>ตอนพืชเจริญแล้ว</u> โดยขุดรอรอบต้นตามแนวทรงพุ่มใส่ปุ๋ยหมักในร่องแล้ว กลบด้วยดิน
5. ไม้ดอกไม้		
ประดับ	1 – 3 ตัน/ไร่	- หว่านให้ทั่วพื้นที่แล้วสับกลบก่อนการปลูกพืช
- ไม้ตัดดอก	5 – 10 กก./หลุม	- ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากับดินบนรองก้นหลุมปลูก
- ไม้ดอกยืนต้น	1 กก./ดินเหนียว 4 กก.	- ใส่ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน
- ไม้ประดับ	1 กก./ดินทราย 2 กก.	

ที่มา : <http://www.1dd.go.th/pldweb/tech/organic/start.swf>

2.6.2 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านอื่น

ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ

เนื่องจากปุ๋ยเคมีในปัจจุบันมีราคาสูง หากเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ทำให้เกษตรกรที่เพาะปลูกมีรายได้ไม่คุ้มทุน แต่หากเกษตรกรมีการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะช่วยลดต้นทุนการผลิตพืช

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

การส่งเสริมให้มีการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรกรรม หรือจากขยะมูลฝอยอินทรีย์ จะช่วยกำจัดและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งนอกจากจะเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดมลภาวะที่จะเกิดขึ้นจากการกำจัดขยะของเสียโดยการเผา การฝังกลบ หรือวิธีอื่น ๆ

บทที่ 3

ข้อมูลพื้นที่โครงการวิจัย ชุมชนบ้านแม่ผาแพน

3.1 แผนแม่บทชุมชนบ้านแม่ผาแพน

หมู่บ้านแม่ผาแพน ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลออนใต้ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากที่ว่าการอำเภอสันกำแพงไปทางด้านทิศตะวันออกประมาณ 5 กิโลเมตร

3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ตำแหน่งที่ตั้งของชุมชนบ้านแม่ผาแพนมีดังนี้

ทิศเหนือ	จรด	บ้านริมออน หมู่ 3
ทิศใต้	จรด	บ้านป่าตึง หมู่ 7
ทิศตะวันออก	จรด	บ้านป่าเปางาม หมู่ 11
ทิศตะวันตก	จรด	บ้านป่าห้า หมู่ 9

อาชีพหลักคือ เกษตรกรรม มีประชากรประมาณ 186 ครัวเรือน การคมนาคมเข้าสู่หมู่บ้านประกอบด้วยถนนลาดยาง 1.5 กิโลเมตร ถนนคอนกรีต 1.5 กิโลเมตร ถนนลูกรัง 200 เมตร

แหล่งน้ำใช้ในหมู่บ้าน ประกอบด้วย ลำห้วย 1 แห่ง บึง/หนอง/คลอง 1 แห่ง ฝาย 2 แห่ง บ่อน้ำบาดาล 1 แห่ง ถังเก็บน้ำฝน 60 แห่ง ประปาหมู่บ้าน 1 แห่ง

ระดับการศึกษาของประชากร ระดับประถมศึกษาภาคบังคับ 300 คน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 150 คน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 40 คน ระดับประโยควิชาชีพ 25 คน ระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า 30 คน

3.1.2 สภาพทางเศรษฐกิจ

ชุมชนบ้านแม่ผาแพน ส่วนใหญ่มีไร่นาเป็นของตนเอง ประชากรส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ ปลูกข้าวในช่วงเดือนสิงหาคม เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม หลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าวแล้วจะปลูกพืชจำพวก ยาสูบ พริก ข้าวโพด ส่งขายเอง และมีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อ

ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเก็บใบยา แล้วนำมาเสียบไม้ จากนั้นก็เข้าเตาบ่ม เพื่อบ่มใบยาให้แห้ง ทั้งหมู่บ้านมีเตาบ่มประมาณ 57 เตา จะใช้เวลาบ่มประมาณ 5 – 6 วัน จึงนำมาบรรจุกระสอบส่งขายสถานีโรงบ่มใบยาแม่แล่น ถึงอำเภอมะออน จังหวัดเชียงใหม่ ราคาขายจะอยู่ประมาณกิโลกรัมละ 40 – 70 บาท นอกจากส่งขายสถานีบ่มใบยาแล้ว บางส่วนยังส่งขายให้แก่พ่อค้าคนกลางที่บ้านริมออน หมู่ที่ 3 รายได้หลักของประชากรในหมู่บ้านจึงมาจากการขายใบยาสูบ ส่วนครัวเรือนใดไม่มีเตาบ่มใบยาก็นำใบยาไปขายให้กับพ่อค้าคนกลางที่หมู่บ้านริมออน หมู่ที่ 3

นอกจากนี้ ประชากรส่วนหนึ่งประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์ ซึ่งได้แก่ ฟาร์มสุกร 10 ฟาร์ม ฟาร์มไก่ไข่ 1 ฟาร์ม ฟาร์มไก่เนื้อ 1 ฟาร์ม โดยฟาร์มสุกรจะเป็นการรับจ้างเลี้ยงให้แก่บริษัท พี และบริษัทเบทา

โกร ซึ่งจะทำเป็นฟาร์มขนาดเล็ก แต่ละฟาร์มจะเลี้ยงสุกรประมาณ 500 ตัว ฟาร์มสุกรส่วนหนึ่งจะมีการนำมูลสุกรมาทำเป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

3.1.3 สภาพทางสังคม

ด้านการศึกษา ภายในชุมชนมีโรงเรียนตั้งอยู่ในหมู่บ้านตั้งแต่ระดับศูนย์พัฒนาเด็กเล็กไปจนถึงระดับประถม ศึกษาตอนปลาย มีกลุ่มองค์กรในหมู่บ้านที่ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่

- 1) กลุ่มองค์กรชุมชนที่มีการดำเนินงานในหมู่บ้านกลุ่มอาชีพ อันประกอบด้วย
 - กลุ่มอาชีพเย็บผ้า มีจำนวนสมาชิก 50 คน
 - กลุ่มอาชีพเลี้ยงสุกร มีจำนวนสมาชิก 11 คน
 - กลุ่มอาชีพเกษตรอินทรีย์ มีจำนวนสมาชิก 10 คน
 - กลุ่มอาชีพยาไทย มีจำนวนสมาชิก 9 คน
- 2) กลุ่มองค์กรกองทุนชุมชน ประกอบด้วย
 - กลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิต ชื่อออมทรัพย์บ้านแม่ผาแพน มีจำนวนสมาชิก 220 คน
 - กลุ่มกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ชื่อกองทุนหมู่บ้านแม่ผาแพน มีจำนวนสมาชิก 220 คน
 - กองทุนฌาปนกิจสงเคราะห์ มีจำนวนสมาชิก 500 คน
 - กองทุนกลุ่มแม่บ้าน มีสมาชิกจำนวน 130 คน
 - กองทุนน้ำประปา มีสมาชิกจำนวน 140 คน
 - โครงการ กข.คจ. มีสมาชิก 85 คน
 - กองทุนธนาคารข้าว มีสมาชิก 100 คน
- 3) กลุ่มองค์กรอื่น ๆ
 - กลุ่มเยาวชน มีสมาชิกจำนวน 60 คน
 - กลุ่มปู่ + ย่า เพื่อการเกษตร มีสมาชิก 150 คน
 - กองทุนสวัสดิการชุมชน มีสมาชิกจำนวน 130 คน

3.2 สถานการณ์และการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของชุมชนในปัจจุบัน

วัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ผลิตเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกลุ่มองค์กรต่างๆ ภายในชุมชน ดังนี้

3.2.1 กลุ่มผู้เลี้ยงสุกร

กลุ่มผู้เลี้ยงสุกรในชุมชนจะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงรายย่อย คือกลุ่มผู้เลี้ยงสุกรที่เพาะเลี้ยงและส่งขายเอง มีจำนวนสุกรที่เลี้ยงประมาณ 10 – 15 ตัวต่อครัวเรือน โดยจะเลี้ยงใน

คอก หรือโรงเรือนขนาดเล็ก (รูปที่ 3.1) และเลี้ยงเป็นสุกรหลุม แต่ละหลุมจะมีสุกรประมาณ 4 – 5 ตัว (รูปที่ 3.2) โดยมูลสุกรที่เกิดขึ้น จะมีการกวาด และเก็บไว้รวมกันใกล้ ๆ กันโรงเรือน เพื่อฝังให้แห้ง ประมาณ 2 – 3 วัน (รูปที่ 3.3) เมื่อปริมาณมีมากพอ ก็จะดักใส่กระสอบเพื่อเตรียมขายให้แก่พ่อค้า หรือผู้ที่มาติดต่อซื้อ



รูปที่ 3.1 โรงเรือนขนาดเล็กสำหรับเลี้ยงสุกร



รูปที่ 3.2 การเลี้ยงสุกรหลุม



รูปที่ 3.3 พื้นที่รวบรวมกองมูลสุกร

ส่วนสุกรหลุมนั้น จะตักมูลสุกรที่อยู่ในหลุมออกเมื่อขายสุกรในหลุมนั้นหมดแล้วและเตรียมหลุมเพื่อที่จะเลี้ยงสุกรรุ่นต่อไป ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง ได้แก่ กลุ่มผู้เลี้ยงสุกรเป็นฟาร์มขนาดเล็ก (ฟาร์มขนาดเล็กจะมีจำนวนสุกรที่เลี้ยงไม่เกิน 500 ตัว) เป็นกลุ่มที่รับจ้างเลี้ยงสุกรให้แก่บริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์ และบริษัทเบทาโกร โดยเกษตรกรจะเป็นผู้ลงทุนด้านที่ดินและโรงเรือน ส่วนบริษัทจะลงทุนด้านอาหาร สุกร และยารักษาโรค โรงเรือนสำหรับเลี้ยงจะเป็นโรงเรือนที่มีการระบายอากาศ และเป็นระบบปิด ซึ่งจะต้องทำความสะอาดพื้นคอกอยู่เสมอ คือ การฉีดน้ำล้างมูลสุกร น้ำล้าง และมูลสุกรที่ถูกชะล้างจะถูกลำเลียงลงบ่อสำหรับกักเก็บ เพื่อใช้สำหรับการทำก๊าซชีวภาพต่อไป หลังจากกระบวนการหมักเพื่อทำก๊าซชีวภาพจะมีกากตะกอนของเสียที่เหลือจากการหมัก จากการสอบถามพบว่า มีการนำน้ำที่ปนกับกากตะกอนไปใช้รดเป็นปุ๋ยให้แก่พืชผักและนำกากตะกอนมาตากให้แห้งเพื่อใช้ขายและทำปุ๋ย แต่ปัจจุบันยังไม่ได้จัดทำพื้นที่สำหรับการตากกากตะกอนที่ได้โดย เฉพาะมีเพียงบ่อสำหรับทิ้งน้ำเสียเท่านั้น (รูปที่ 3.4 ก - ค)

3.2.2. กลุ่มผู้เลี้ยงวัว

การเลี้ยงวัวในชุมชนแม่ผาแหนมวัวเลี้ยงอยู่ 2 ชนิดคือ เลี้ยงวัวเนื้อ และเลี้ยงวัวนม วัวเนื้อ จะมีจำนวน 5 – 10 ตัวต่อครัวเรือน ทั้งหมดในหมู่บ้านเลี้ยงวัวเนื้อประมาณ 50 - 60 ครัวเรือน การเลี้ยงวัวเนื้อ ตอนกลางวันจะปล่อยวัวตามพื้นที่นาหรือตามสวน ดังรูปที่ 3.5 ตอนเย็นก็จะต้อนเข้ามาอยู่ในคอกวัว การเก็บมูลวัวเนื้อจะเก็บได้เฉพาะตอนที่เลี้ยงในคอกเท่านั้น ส่วนวัวนมจะมีจำนวน 10 - 15 ตัวต่อครัวเรือน ทั้งหมดในหมู่บ้านเลี้ยงวัวนมประมาณ 3 - 5 ครัวเรือน เกษตรกรจะเลี้ยงในคอกเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 3.6) ดังนั้น จึงมีปริมาณมูลวัวมากกว่าของวัวเนื้อ การกำจัดมูลวัวจะทำเหมือนกันทั้งวัวนมและวัว

เนื้อคือ การเก็บรวบรวมไว้บริเวณใกล้ ๆ คอกวัว เพื่อตากให้แห้ง และใส่กระสอบเก็บไว้รอพ่อค้ามารับซื้อ



รูป ก. บ่อก๊าซชีวภาพในพื้นที่ฟาร์มสุกร



ข. บ่อรวบรวมน้ำเสียก่อนหมัก



รูป ค. บ่อทิ้งน้ำเสียหลังการหมักก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 3.4 (ก-ค) ระบบก๊าซชีวภาพในพื้นที่ฟาร์มสุกร



รูปที่ 3.5 เกษตรกรเลี้ยงวัวเนื้อโดยการปล่อยให้หากินบริเวณพื้นที่สวน



รูปที่ 3.6 โรงเรือนที่ใช้สำหรับเลี้ยงวัวนม

3.2.3 กลุ่มผู้เพาะเห็ด

การเพาะเห็ดจะมีการเพาะในโรงเรือน แบ่งเป็นรุ่น รุ่นละประมาณ 5,000 ก้อน แต่ละรุ่นห่างกันประมาณ 1 เดือน แต่ละรุ่นใช้เวลาประมาณ 6 เดือน เมื่อหมดอายุการออกดอกก็จะเหลือวัสดุปลูกซึ่งเรียกว่าก้อนเห็ดเก่า จะมีประมาณ 3 ตันต่อรุ่น ก้อนเห็ดเก่านี้โดยปกติเกษตรกรจะนำไปทิ้งไว้ที่โคนต้นไม้ เพื่อให้ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ย แต่ด้วยปริมาณก้อนเห็ดเก่าที่เหลือทิ้งมีมาก จึงทำวิธีนี้ใช้ไม่ค่อยได้ผลดีเท่าที่ควรเพราะกว่าที่วัสดุเหล่านี้จะย่อยสลายใช้เวลานาน จึงทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ได้กำจัดอยู่เป็นจำนวนมาก (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 การเพาะเห็ดและสถานที่เพาะเห็ด

3.2.4 กลุ่มผู้ปลูกใบยาสูบ

การปลูกใบยาสูบในชุมชนจะเริ่มประมาณเดือนตุลาคม ระยะเวลาปลูกพืชประมาณ 6 เดือน เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกใบยาสูบที่ได้จะเป็นก้านและต้นใบยาสูบ จะเก็บหลังจากหมดฤดูเก็บเกี่ยวซึ่งจะมีปริมาณเฉลี่ยได้ 2 ตันต่อปี การกำจัดเศษวัสดุส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมมัดเป็นก้อน จากนั้นนำไปทิ้งบริเวณที่โล่งหรือบริเวณโคนต้นไม้ และใช้วิธีเผาหรือฝังกลบ

3.2.5 กลุ่มผู้ปลูกพืชอินทรีย์

การปลูกพืชอินทรีย์ส่วนใหญ่จะทำตามฤดูกาล คือช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พืชที่ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นพืชล้มลุก และพืชผัก เช่น มะเขือ ดอกเบญจมาศ พริกขี้หนู ถั่วฝักยาว เป็นต้น โดยจะรวมตัวกันทำเป็นกลุ่มในพื้นที่แปลงเดียวกัน และได้จัดตั้งเป็นแปลงสาธิตสำหรับเกษตรกรผู้สนใจเรื่องของการปลูกพืชอินทรีย์ (รูปที่ 3.8) ส่วนเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นนั้นจะมีในช่วงหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต หากรวมตลอดทั้งฤดูกาลการเพาะปลูกจะมีเศษวัสดุเหลือทิ้งประมาณ 3 ตันต่อปี โดยส่วนใหญ่การกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งจะนำไปเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ สุกรและวัวเป็นต้น ส่วนวิธีอื่นจะเป็นการเผา การไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด หรือหากหมดฤดูกาลปลูกพืชก็จะปล่อยเศษวัสดุเหลือทิ้งไว้บริเวณแปลงปลูกเพื่อรอไถกลบในฤดูกาลปลูกพืชครั้งต่อไป

เนื่องจากขณะที่เข้าไปทำงานวิจัย ยังไม่ถึงฤดูกาลเพาะปลูกจึงไม่มีวัสดุเหลือทิ้งของกลุ่มผู้ปลูกพืชอินทรีย์แต่จะมีวัชพืชจำพวกผักโขมหนาม ซึ่งจะมีปริมาณมากพอที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ คณะวิจัยจึงได้นำตัวอย่างผักโขมหนามมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี เพื่อใช้สำหรับทดแทนเศษวัสดุเหลือทิ้งของกลุ่มผักอินทรีย์



รูปที่ 3.8 พื้นที่ปลูกพืชอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชอินทรีย์

3.3 ปริมาณและลักษณะสมบัติของวัตถุดิบสำหรับการทำปุ๋ยหมักชุมชน

ผลการสำรวจปริมาณวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพนก่อนเริ่มโครงการศึกษา วัสดุเหลือทิ้งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ได้แก่ เศษพืชผักจากผักอินทรีย์และก้านยาสูบ วัสดุเพาะเห็ดเก่า มูลสัตว์ได้แก่ มูลสุกร มูลวัว ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นในชุมชน (ตารางที่ 3.1) และได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี สามารถสรุปผลวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้ง ที่เกิดขึ้นในชุมชนบ้านแม่ผาแพน ได้แก่ การหาค่าความหนาแน่นของวัสดุหมัก การวัดปริมาณความชื้นของวัสดุหมัก การวิเคราะห์ค่าพีเอช, ค่าความหนาแน่น, ความชื้น, ปริมาณซีเถ้า, %TOC, %TKN และ ค่า C/N ratio

ตารางที่ 3.1 ผลการสำรวจปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนบ้านแม่ผาแพน

องค์ประกอบทางกายภาพ	ปริมาณ (ตัน/ปี)
1. เศษพืชผักจากกลุ่มผักอินทรีย์	3
2. ก้านยาสูบ	2
3. วัสดุเพาะเห็ดเก่า	30
4. มูลสุกร	3
5. มูลวัว	5

ที่มา : การสำรวจเดือนกันยายน 2549

ตารางที่ 3.2 ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีวัสดุเหลือทิ้งจากชุมชนบ้านแม่ผาเหนือ

คุณสมบัติ	วัสดุหมัก				
	มูลวัว	มูลสุกร	ก้อนเห็ด	ยาสูบ	ผักโขม
ค่าพีเอช	7.14±0.244	6.86±0.762	9.23±0.624	9.99±0.387	6.14±0.966
ค่าความหนาแน่น (g/cm ³)	0.52±0.036	0.41±0.1032	0.92±0.682	0.42±2.101	0.41±1.142
ค่าความชื้น (%)	6.73±2.213	13.28±0.036	83.40±1.142	48.13±1.124	83.69±3.782
ปริมาณน้ำ (%)	67.52±5.733	24.90±0.387	36.53±1.142	22.15±1.412	19.74±3.782
TOC* (%)	17.75±3.133	41.04±0.212	34.68±0.624	43.25±0.772	44.59±2.101
C/N ratio	17.49±1.108	23.58±0.976	64.23±2.342	19.34±1.142	21.33±2.213
TKN (%)	1.02±0.966	1.74±1.142	0.54±2.232	2.20±1.412	2.09±0.772

หมายเหตุ : - *ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดคำนวณบนฐานน้ำหนักแห้ง (Dry basis) ซึ่งมีเท่ากับปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดหารด้วย 1.83 (ปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1 - %Ash)
 - ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±SD)

จากผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.2 เมื่อนำมาคำนวณปริมาณส่วนผสมวัสดุหมัก โดยมีเงื่อนไขการหมักให้ค่า C/N ratio อยู่ในช่วง 25 – 30 และค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 50 – 60 % จะได้อัตราส่วนผสมของวัสดุ มูลวัว:มูลสุกร:ก้อนเห็ด:ก้านยาสูบ เท่ากับ 0.15 : 0.05 : 0.60 : 0.20 (1:33:4:1.33) โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่า C/N ratio เท่ากับ 61 และ 24 ตามลำดับ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ผลการคำนวณปริมาณวัสดุหมักที่ใช้ในการตั้งกองปุ๋ยหมักต่อ 1 กอง

วัสดุหมัก	อัตราส่วน	ปริมาณวัสดุที่ใช้ต่อปุ๋ย 1 กอง (กก.)	เงื่อนไขการหมักของส่วนผสม
มูลวัว	0.15	150	C/N ratio = 24.25 % MC = 61.34
มูลสุกร	0.05	50	
ก้อนเห็ด	0.60	600	
ก้านยาสูบ	0.20	200	
รวม	1.00	1,000	

3.4 การสำรวจพื้นที่ดำเนินการโครงการวิจัย

คณะวิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการตั้งกองปุ๋ยหมัก โดยพิจารณาจากความเหมาะสมหลายประการ ได้แก่ อยู่ใกล้แหล่งชุมชนและพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่สูงไม่มีน้ำท่วมขัง การเดินทางเข้าสู่พื้นที่ตั้งกองปุ๋ยหมักสะดวกและสามารถนำรถเข้าไปได้ ตลอดจนความเพียงพอของพื้นที่ในการขึ้นกองปุ๋ยและการกักเก็บวัสดุคิบ

สถานที่ตั้งกองปุ๋ยหมัก ตั้งอยู่ในสถานีเียวาแม่ผาเหนือ (รูปที่ 3.9) เป็นที่ตั้งของสถานีเียวาเียวาสุบที่เลิกกิจการแล้ว ปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นที่ตั้งอนุสรณ์ช้างเผือก แต่ยังคงชื่อสถานีเียวาแม่ผาเหนือไว้ พื้นที่สำหรับตั้งกองปุ๋ยหมักจะอยู่บริเวณด้านหลังของสถานีเียวา บริเวณลานตากเียวาเก่า พื้นที่ใช้งานมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีต และตำแหน่งที่ตั้งใกล้เคียงกับกลุ่มปลูกพืชเกษตรอินทรีย์ (รูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.9 บริเวณทางเข้าด้านหน้าของสถานีเียวาแม่ผาเหนือ



รูปที่ 3.10 พื้นที่ที่ใช้สำหรับตั้งกองปุ๋ยหมัก

บทที่ 4

กระบวนการให้ความรู้และการมีส่วนร่วมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน

เนื่องจากการหมักปุ๋ยอินทรีย์เป็นวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง การผลิตปุ๋ยที่มีคุณภาพและได้ผลดีผู้ผลิตต้องรู้จักวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของการหมักปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นจึงได้จัดให้มีการอบรมให้ความรู้แก่ชุมชนในวันพฤหัสบดีที่ 5 ตุลาคม 2549 ณ อาคารโยธา 1 ห้อง 1-103 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (รูปที่ 4.1 ก - ค) เพื่อให้เข้าใจถึงความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย วิธีการตรวจสอบปุ๋ยทั้งในระหว่างกระบวนการหมักและเมื่อการหมักสิ้นสุดลง รวมถึงความเข้าใจกระบวนการหมักปุ๋ยในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.1 การให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยอินทรีย์แก่ชุมชน

เนื้อหาการอบรม (ภาคผนวก 7) แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

1) นิยามและวัตถุดิบการหมักปุ๋ย เพื่อให้เกษตรกรเข้าใจถึงความหมายที่ถูกต้องเกี่ยวกับปุ๋ยหมักอินทรีย์ และทราบถึงชนิดและประเภทของวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผลิตปุ๋ยหมักได้ รวมถึงคุณสมบัติที่สำคัญทางด้านกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

2) วิทยาศาสตร์การหมักปุ๋ย เนื้อหาประกอบด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการหมักปุ๋ยทั้งในรูปแบบการหมักแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน ข้อดีข้อเสียของการหมักปุ๋ยทั้งสองรูปแบบ ระยะเวลาของการหมักปุ๋ย ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักปุ๋ยทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ การติดตามระยะของการหมักปุ๋ยในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทั้งนี้เพื่อให้การประเมินสภาวะและประสิทธิภาพของระบบการหมัก ตลอดจนการควบคุมระบบการหมักดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและบรรลุผล

3) ทางเลือกและเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม เนื้อหาประกอบด้วยวิธีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกอง และการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ รวมถึงระดับเทคโนโลยีที่ใช้ (ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง) ซึ่งเทคโนโลยีแต่ละระดับจะมีวิธีการจัดการและจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพื่อเกิดแนวคิดในการเลือกเทคโนโลยีและวิธีการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับชุมชน

4) คุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ ประกอบด้วยเนื้อหาทางด้านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของปุ๋ยหมักอินทรีย์ โดยอ้างอิงเกณฑ์จากมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548)



(ก) เปิดการอบรมโดยรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



(ข) บรรยายให้ความรู้โดยหัวหน้าทีมวิจัย



(ค) ช่วงซักถามและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างทีมวิจัยและกลุ่มเกษตรกร

รูป 4.1 (ก-ค) การอบรมให้ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรบ้านแม่ผาเหนือ

4.2 การสำรวจบริบทและทัศนคติการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

การสำรวจและศึกษาบริบทและทัศนคติการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชนบ้านแม่ผาแพน ถือเป็นองค์ประกอบหลักประการหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญในการส่งเสริมการทำปุ๋ยหมักให้แก่ชุมชน เพื่อทราบถึงทัศนคติ และความต้องการในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเกษตรภายในชุมชน ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากการสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา และข้อมูลวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในภาคสนามแล้ว ยังได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามร่วมด้วย เพื่อประเมินบริบทความต้องการใช้ปุ๋ยหมักในชุมชนให้ครอบคลุม ข้อมูลที่รวบรวมได้จะทำการวิเคราะห์ แล้วนำผลที่ได้ไปกำหนดแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมต่อชุมชน และเพื่อส่งเสริมการผลิตและใช้ปุ๋ยหมักในชุมชนตลอดจนการขยายผลในเชิงอุตสาหกรรม

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก 6) สุ่มตัวอย่างจากชาวบ้านในชุมชนบ้านแม่ผาแพน จำนวนรวมทั้งสิ้น 83 ครัวเรือน สามารถวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลทั่วไป

จากผลการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสำรวจเป็นเพศชาย 53 คน (ร้อยละ 64) เพศหญิง 30 คน (ร้อยละ 36) มีช่วงอายุระหว่าง 46 - 55 ปี 42 คน (ร้อยละ 50) รองลงมาคือช่วงอายุ 36 - 45 ปี 34 คน (ร้อยละ 41) ช่วงอายุมากกว่า 55 ปี 4 คน (ร้อยละ 5) และช่วงอายุต่ำกว่า 35 ปี 3 คน (ร้อยละ 4) สถานะ/ตำแหน่งในครอบครัวของผู้ตอบแบบสำรวจเป็นหัวหน้าครอบครัว 49 คน (ร้อยละ 59) เป็นสมาชิกในครัวเรือน 34 คน (ร้อยละ 41) ระดับการศึกษาสูงสุดของผู้ให้ข้อมูลสำรวจพบว่ามีอยู่ 3 ระดับ คือระดับประถมศึกษา 61 คน (ร้อยละ 73) ระดับมัธยมศึกษา 19 (ร้อยละ 23) และระดับปริญญาตรี 3 คน (ร้อยละ 4) โดยร้อยละ 67 ของผู้ให้ข้อมูลประกอบอาชีพเกษตรกรรม รองลงมาร้อยละ 27 ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป ประกอบธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 5 และประกอบอาชีพอื่น ๆ ร้อยละ 1 รายได้ต่อครัวเรือนต่อปีของผู้ให้ข้อมูลเฉลี่ยต่ำกว่า 50,000 บาทต่อปี ร้อยละ 61 รายได้ระหว่าง 50,000 - 99,999 บาทต่อปี ร้อยละ 28 รายได้ระหว่าง 100,000 - 149,000 บาทต่อปี ร้อยละ 10 และรายได้มากกว่า 200,000 บาทต่อปี ร้อยละ 1 ผู้ให้ข้อมูลเป็นสมาชิกในกลุ่มออมทรัพย์ร้อยละ 37 กลุ่มประชาคมร้อยละ 17 กลุ่มอาสาพัฒนาชุมชนและกลุ่ม อปพร. ร้อยละ 10.00 กลุ่มประชาคมและกลุ่มผู้เพาะเห็ดร้อยละ 3 ในขณะที่มีผู้ที่ไม่เป็นสมาชิกกลุ่มใด ๆ เลยมีถึงร้อยละ 13

4.2.2 ทัศนคติและการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

จากผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เหตุผลเพราะประหยัดกว่าปุ๋ยเคมี ส่วนเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความถี่ในการใส่ปุ๋ยเป็นจำนวน 1 - 2 ครั้ง/เดือน ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้แต่ละครั้งมากกว่า 50 กิโลกรัม และส่วนใหญ่ใช้สำหรับพืชไร่ เช่น ข้าว และพืชสวน และพบว่าผู้ให้ข้อมูลสำรวจให้

ความสำคัญปัจจัยเรื่องคุณภาพเป็นอันดับแรก (ร้อยละ 34) รองลงมาราคาเหมาะสม และความง่ายในการจัดหา ที่ให้ความสำคัญน้อยที่สุดได้แก่ สะดวกในการใช้งาน (ร้อยละ 12)

การวิเคราะห์ระดับทัศนคติจากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดค่าระดับเกณฑ์การให้คะแนนและระดับความพอใจซึ่งมีระดับคะแนนดังนี้

ไม่เห็นด้วย ให้คะแนน 0 คะแนน

ไม่แน่ใจ ให้คะแนน 1 คะแนน

เห็นด้วย ให้คะแนน 2 คะแนน

ระดับความเห็นด้วย

0.00 – 0.67 ไม่เห็นด้วย

0.68 – 1.34 ไม่แน่ใจ

1.35 – 2.00 เห็นด้วย

ตารางที่ 4.1 ทัศนคติจากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ทัศนคติ	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย	รวม	การให้ลำดับค่าคะแนน			Σ	S.D.
					ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย		
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความปลอดภัย อนุรักษ์ดินและน้ำ	0	31	52	83	0	0.31	1.04	1.35	0.53
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มผลผลิต	0	35	48	83	0	0.35	0.96	1.31	0.49
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิต (ขายได้ราคาสูง)	2	24	57	83	0	0.24	1.14	1.38	0.60
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร	0	10	73	83	0	0.10	1.46	1.56	0.82
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้ระดับชีวิตเกษตรกรสูงขึ้น	0	22	61	83	0	0.22	1.22	1.44	0.65
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชน	5	17	61	83	0	0.17	1.22	1.39	0.66
							เฉลี่ย	1.44	0.62

จากตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ระดับความเห็นด้วย/ไม่เห็นด้วย จากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกรบ้านแม่ผาแห่นจำนวน 83 คน พบว่าค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความปลอดภัย อนุรักษ์ดินและน้ำเท่ากับ 1.35 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรมีความเข้าใจและเห็นด้วยว่าปุ๋ยอินทรีย์มีความปลอดภัย อนุรักษ์ดินและน้ำ

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มผลผลิตเท่ากับ 1.31 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรไม่แน่ใจว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิต ทำให้ขายได้ราคาสูงขึ้นเท่ากับ 1.38 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรเห็นด้วยว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มมูลค่า ทำให้ขายผลผลิตได้ราคาสูง

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรเท่ากับ 1.56 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรเห็นด้วยกับเรื่องที่ว่าปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรเนื่องจากไม่ต้องซื้อปุ๋ยเคมีมาใช้

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้ระดับชีวิตเกษตรกรสูงขึ้นเท่ากับ 1.44 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรเห็นด้วยว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะส่งเสริมให้ระดับชีวิตเกษตรกรสูงขึ้นได้ เนื่องจากช่วยลดเศษวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากการเกษตรกรรม

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเรื่องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชนเท่ากับ 1.39 คะแนน ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรเห็นด้วยว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชนได้

ค่าระดับคะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ 1.44 คะแนน หมายความว่าเกษตรกรมีทัศนคติจากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีและเห็นด้วยกับประโยชน์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 6 ประเด็นดังกล่าว (ความปลอดภัย อนุรักษ์ดินและน้ำ, เพิ่มผลผลิต, เพิ่มมูลค่าผลผลิต, ลดต้นทุนการผลิต, ส่งเสริมให้ระดับชีวิตเกษตรกรสูงขึ้น และลดปัญหาขยะมูลฝอย)

4.2.3 แนวโน้มการผลิตและการใช้ประโยชน์ปุ๋ยอินทรีย์ในอนาคตของชุมชน

จากการสำรวจพบว่าจำนวนผู้ที่ต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อไปมีถึงร้อยละ 84 เพราะมีราคาถูกและมีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยเคมี ในขณะที่จะไม่ใช้ต่อมีร้อยละ 16 เพราะผู้ตอบแบบสำรวจไม่ได้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม หากชุมชนสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงอุตสาหกรรมได้แล้วผู้ให้ข้อมูลต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเองถึงร้อยละ 91 เพราะหากทำได้เองเกษตรกรก็ไม่จำเป็นต้องซื้อปุ๋ยจากที่อื่นมาใช้ ผู้ที่ไม่ต้องการมีร้อยละ 9 เพราะยังไม่เคยใช้ปุ๋ยอินทรีย์เลย ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเองมากที่สุดคือช่วยลดต้นทุน ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตพืช รองลงมาคืออนุรักษ์ดินและน้ำ และปัจจัยที่ให้ความสำคัญน้อยที่สุดคือมีการบรรจุใช้ถุงอย่างดี ราคาปุ๋ยอินทรีย์ที่ชุมชนยินดีจ่ายอยู่ที่ราคาต้นทุนบวก 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในอนาคตผู้ให้ข้อมูลคิดว่าจะมีการเปลี่ยนมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้นถึงร้อยละ 95 และไม่เปลี่ยนแปลง

ปริมาณการใช้ร้อยละ 4 ส่วนจะใช้น้อยลงมีเพียงร้อยละ 1 แนวทางที่จะสามารถส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในชุมชนที่เห็นด้วยมากที่สุดคือการขายในราคาต้นทุนกับผู้เข้าร่วมโครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน รองลงมาคือแจกฟรีให้ทดลองใช้ 1 เดือน และขายให้ผู้ต้องการใช้ปุ๋ยทั่วไปในราคาต้นทุนที่ 30 กิโลกรัมแรก ที่เกินกว่านี้ให้ขายในราคาต้นทุนบวกกับ 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ชุมชน (บางครัวเรือน) ให้ข้อเสนอแนะการจัดการรายได้จากการผลิตปุ๋ยหมักโดยจัดเก็บไว้เป็นเงิน กองทุนหมู่บ้าน

4.2.4 ข้อเสนอแนะ

จากการรวบรวมข้อมูลในแบบสอบถาม สามารถสรุปข้อเสนอแนะของกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่

1. ด้านการส่งเสริมการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ภายในชุมชน ชุมชนต้องการให้มีการอบรมการผลิตปุ๋ยให้แก่ผู้ที่สนใจทำปุ๋ยหมักอินทรีย์ภายในชุมชนอีกครั้ง เพราะในการจัดการอบรมครั้งนี้มีผู้สนใจจำนวนมากที่ต้องการเข้าร่วม แต่ด้วยข้อจำกัดในการเดินทางและเวลาว่างของผู้ที่สนใจไม่ตรงกันจึงทำให้หลายคนต้องเสียโอกาสไป และทำให้เกษตรกรส่วนหนึ่งเข้าใจว่าเป็นเพียงเรื่องของเกษตรกรกลุ่มหนึ่งกลุ่มใดเท่านั้น

2. ด้านการผลิตปุ๋ย ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับการหมักปุ๋ย และการดูแลกองปุ๋ยหมักที่ถูกต้องในอนาคต ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะว่าอยากให้ผู้ที่สนใจได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อในอนาคตจะได้นำความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ไปทำปุ๋ยหมักเองภายในชุมชน

3. ด้านอื่น ๆ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยังต้องการข้อมูลด้านการผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์ การใช้ประโยชน์วิธีใช้ การผลิต คุณภาพ และข้อมูลด้านต่าง ๆ ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ เพื่อประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้ และการผลิต

บทที่ 5

การผลิตปุ๋ยหมักชุมชนบ้านแม่ผาแพน

5.1 การเดินระบบการหมักปุ๋ย

ขั้นตอนในการดำเนินระบบการหมักปุ๋ยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

5.1.1 การเตรียมวัสดุหมัก

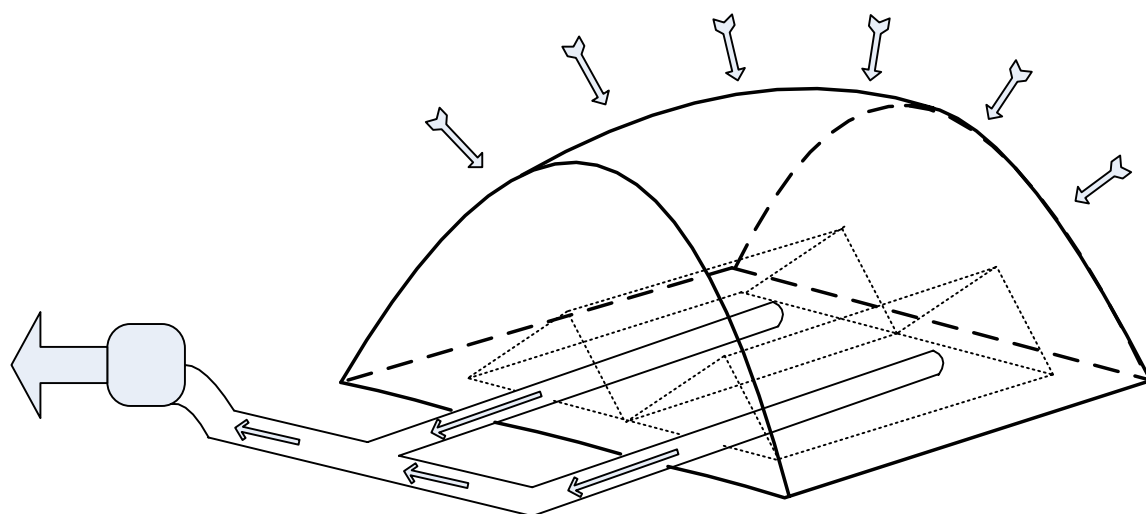
ในการหมักปุ๋ยโดยทั่วไปแล้ววัสดุหมักจำเป็นต้องมีขนาดที่เหมาะสม (1 – 2 นิ้ว โดยประมาณ) เพื่อส่งเสริมให้กิจกรรมการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี ดังนั้น ในการเตรียมวัสดุหมัก (รูปที่ 5.1) จึงต้องลดขนาดของก้านยาสูบลงด้วยการสับ ส่วนมูลวัว มูลสุกร และก้อนเห็ดเก่า อาจไม่จำเป็นต้องสับ เนื่องจากเนื้อวัสดุค่อนข้างร่วนและละเอียด สามารถนำไปหมักได้ทันที วัสดุหมักทั้งหมดจะถูกคลุกเคล้าผสมกันอย่างทั่วถึง ที่อัตราส่วน 1:0.33:4:1.33 โดยน้ำหนัก (มูลวัว:มูลสุกร:ก้อนเห็ด:ก้านยาสูบ) เพื่อปรับค่า C/N เริ่มต้นให้อยู่ในช่วง 25–30 และความชื้นประมาณ 50–60 % หลังจากนั้น ทำการขึ้นกองปุ๋ยหมักที่น้ำหนักโดยรวมประมาณ 1,000 กิโลกรัม ต่อกอง จำนวนทั้งหมด 2 กอง และดำเนินการหมักในขั้นต่อไป



รูปที่ 5.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักของชุมชนบ้านแม่ผาแพน

5.1.2 แผนการเดินทางระบบการหมักแบบกองสติดัดอากาศ (Forced Aeration with negative pressure mode)

ระหว่างการดำเนินระบบ (รูปที่ 5.2 ก-ข) ได้ทำการศึกษาเพื่อหารูปแบบการเติมอากาศที่เหมาะสม ในเบื้องต้นได้ทดลองศึกษาเปรียบเทียบสภาวะการดูดอากาศที่อัตรา 0.3 ลบ.ม./นาที่/กอง โดยแปรผันช่วงการดูดอากาศที่ 4 ชั่วโมงต่อวัน (กอง 1) และ 8 ชั่วโมงต่อวัน (กอง 2) จากนั้นทำการติดตามการพัฒนาของอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของวัสดุหมักอย่างต่อเนื่อง โดยควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วง 50–60 % ตลอดระยะเวลาการหมัก ผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาการดูดอากาศส่งผลต่อการพัฒนาอุณหภูมิของวัสดุหมักอย่างชัดเจน โดยในช่วง 2 วันแรกของการหมัก การพัฒนาอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักกองที่ 2 ($23\text{--}45\text{ }^{\circ}\text{C}$) ต่ำกว่ากองที่ 1 ($23\text{--}63\text{ }^{\circ}\text{C}$) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงได้ทำการปรับลดช่วงการดูดอากาศของกองที่ 2 ลงเหลือเพียง 4 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับกองที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 13 ถึงวันที่ 20 ของการหมัก กองปุ๋ยหมักทั้งสองกองถูกลดช่วงการดูดอากาศลงเท่ากันที่ 1 ชั่วโมงต่อวัน และทำการหยุดเติมอากาศทั้งสองกองตั้งแต่วันที่ 21 ของการหมักเป็นต้นไป สำหรับกองที่ 1 ได้ทดลองทำการพลิกกลับกองเป็นจำนวน 1 ครั้ง ในวันที่ 32 ของการหมัก เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเดินทางระบบการหมักแบบดูดอากาศร่วมกับการพลิกกลับกอง และไม่พลิกกลับกอง รวมถึงการเปรียบเทียบสภาพการย่อยสลายของวัสดุหมักภายในและภายนอกของกองหมัก สำหรับรูปแบบการเดินทางระบบการหมักจนกระทั่งสิ้นสุดการหมักแสดงดังตารางที่ 5.1



ก. แบบจำลองการเดินทางระบบการหมักปุ๋ย



ข. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการทำปุ๋ยหมัก

รูป 5.2 ระบบการหมักปุ๋ยแบบกองสติดัดอากาศ

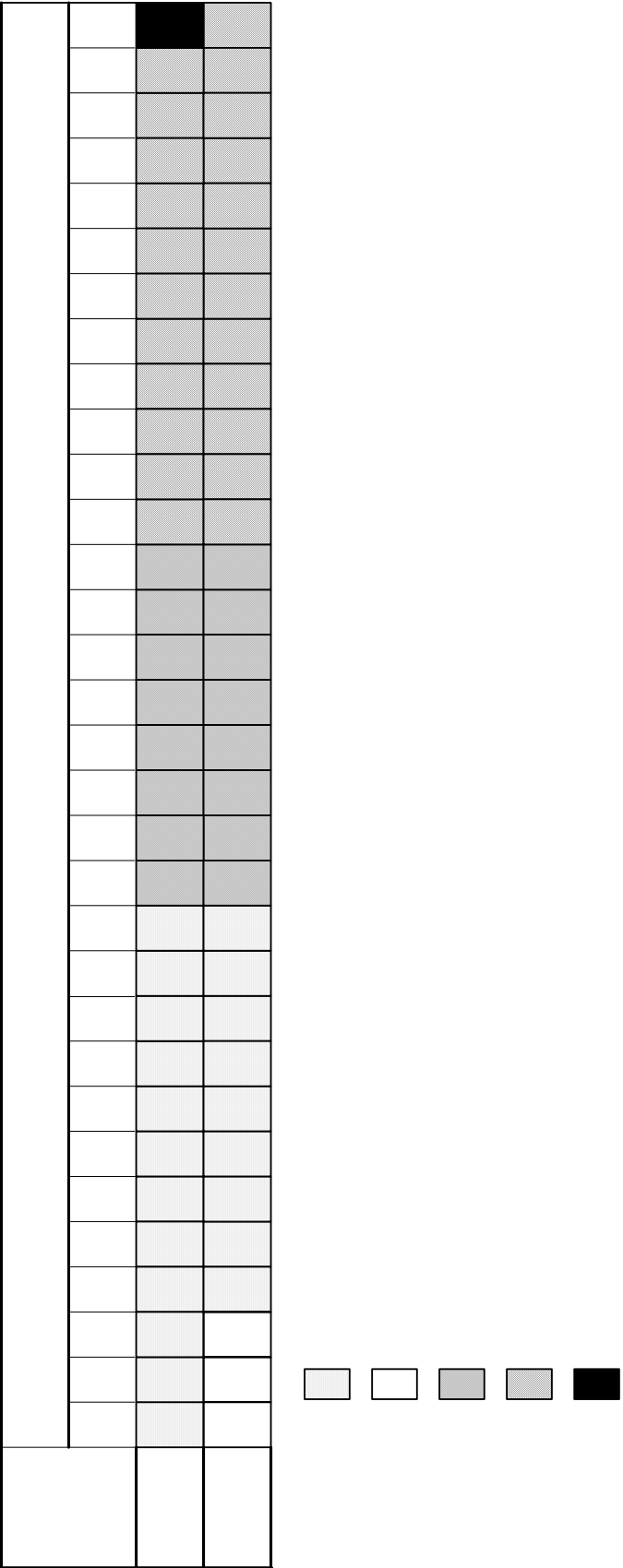
5.1.3 การติดตามระบบการหมักปุ๋ย

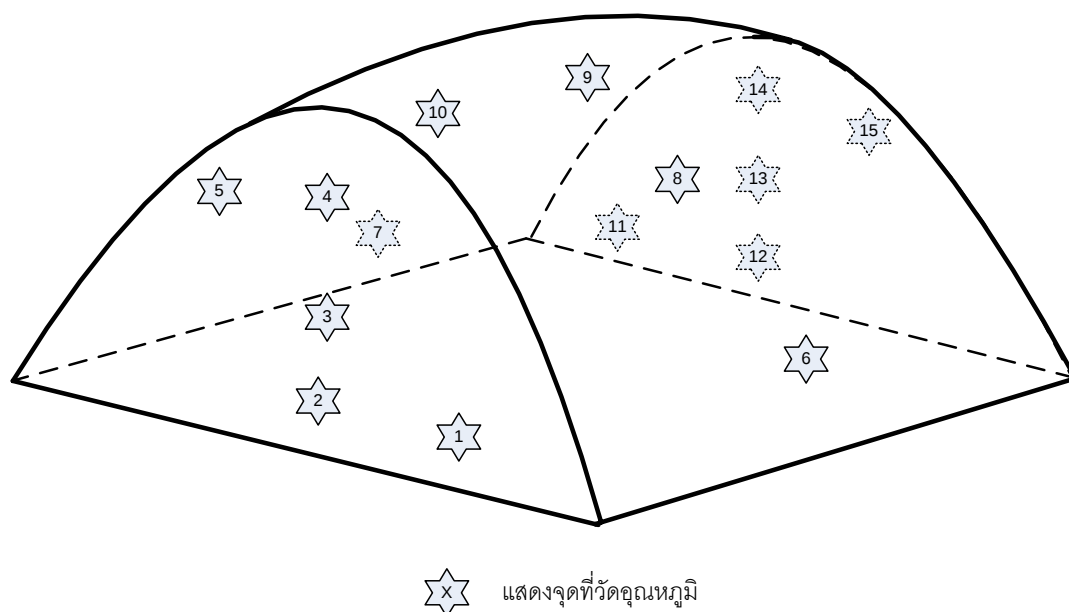
ตลอดระยะเวลาการดำเนินระบบการหมักปุ๋ย จะทำการติดตามและบันทึกการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุณหภูมิของกองหมัก ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการบ่งชี้ระยะต่าง ๆ และระยะการได้ที่ของการหมักปุ๋ย การตรวจวัดอุณหภูมิของกองหมักได้ทำการตรวจวัดทั้งหมดจำนวน 15 จุด (รูปที่ 5.3) ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักทั้งภายในและภายนอกอย่างครอบคลุม

5.1.4 การบ่มและการคัดแยกวัสดุหมักที่เป็นปุ๋ย

ตั้งแต่วันที่ 20 ของการหมักเป็นต้นไป ได้หยุดการทำงานของพัดลมดูดอากาศ อย่างไรก็ตามพบว่า การย่อยสลายของวัสดุหมักยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบค่อยเป็นค่อยไป ระยะเวลาการหมักทั้งหมดรวมทั้งช่วงการบ่มเป็นเวลาประมาณ 60 วัน หลังการคัดแยกพบว่า ระบบการหมักสามารถผลิตปริมาณปุ๋ยที่มีคุณภาพเหมาะแก่การใช้งาน คิดเป็นน้ำหนักเปียกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 460 กิโลกรัม หรือเฉลี่ยประมาณ 60% ของวัสดุหมักทั้งหมด

ตารางที่ 5.1 แผนการดำเนินงานการหมักปุ๋ย





รูปที่ 5.3 ตำแหน่งการตรวจวัดอุณหภูมิของการหมัก

สำหรับวัสดุหมักที่ยังไม่กลายเป็นปุ๋ยอย่างสมบูรณ์ โดยส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุหมักที่อยู่ด้านนอกของกองปุ๋ยหมักที่ขึ้นความหนาของผิวนอกประมาณ 3–5 ซม. ซึ่งสัมผัสกับอากาศภายนอกและสูญเสียความชื้นให้แก่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นจำเป็นต้องนำวัสดุเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการหมักใหม่อีกครั้ง อย่างไรก็ตาม หากต้องการปริมาณปุ๋ยหมักที่สูงขึ้น ควรมีวัสดุคลุมกองปุ๋ยหมักที่ทำหน้าที่คล้ายฉนวนอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นอินทรีย์วัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุ เช่น ฟาง, เศษขี้เถ้า, ขี้กลบ แผ่นพลาสติก, โฟม หรือ ยาง เป็นต้น เพื่อช่วยในการกักเก็บความร้อนให้แก่ปุ๋ยหมักและรักษาความชื้นที่ผิวด้านบนของวัสดุหมัก

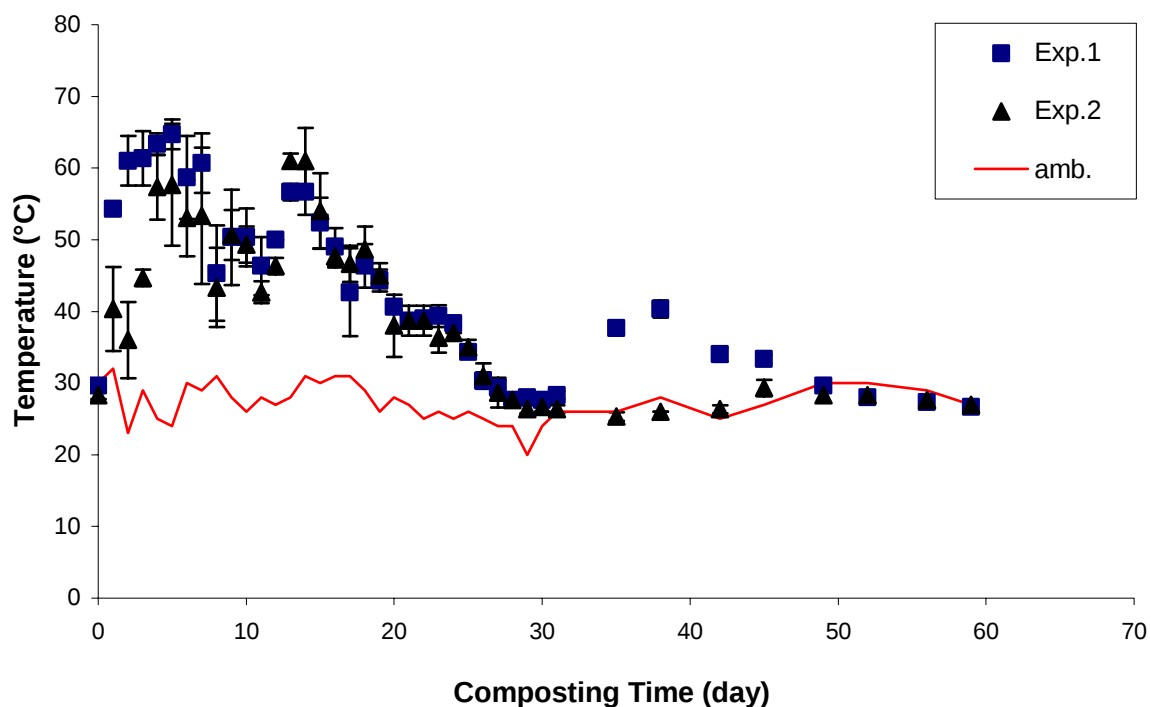
5.2 การติดตามระยะการหมักปุ๋ย

การติดตามระยะการหมักปุ๋ยอินทรีย์ในชุมชนบ้านแม่ผาแพน ประกอบด้วยการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และการทดสอบความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมักดังต่อไปนี้

5.2.1 การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ

อุณหภูมิ

จากการตรวจสอบและจดบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างการหมัก ในระยะ 30 วันแรกของการหมัก ทำการวัดอุณหภูมิทุกวัน หลังจากนั้นทำการวัดอุณหภูมิทุก 3 วัน จนถึงวันที่ 60 ของการหมัก (รูป 5.4) พบว่า อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมระหว่างการหมักมีค่าอยู่ระหว่าง 20–32 °C



รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

ในช่วงสัปดาห์แรกของการหมักอุณหภูมิของกองที่ 1 ที่อัตราการดูดอากาศเริ่มต้น 4 ชั่วโมงต่อวัน จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และสูงสุดถึง 67 °C ในวันที่ 5 ของการหมัก จากนั้นอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก ลดลงและเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 40–50 °C ในระหว่างวันที่ 8–12 ของการหมัก วันที่ 13 ของการหมัก ได้ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดอากาศจาก 4 ชั่วโมงต่อวัน เป็น 1 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้อุณหภูมิใน กองปุ๋ยหมักสูงขึ้นถึง 60 °C ในช่วง 4–5 วัน จากนั้นอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะลดลงอีกครั้งและมีค่าอยู่ ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมตั้งแต่วันที่ 27 ของการหมัก เมื่อมีการพลิกกลับกองในวันที่ 31 ของการหมัก พบว่าอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นอีกครั้งและมีค่าอยู่ในช่วง 40–45 °C อยู่ประมาณ 3–4 วัน และค่อย ๆ ลดลงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและมีค่าแปรผันเล็กน้อยประมาณ 1–3 °C ตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

สำหรับกองที่ 2 ที่อัตราการดูดอากาศเริ่มต้น 8 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ในช่วง 3 วันแรกของการ หมัก อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นมีค่าระหว่าง 40–43 °C และมีแนวโน้มว่าอุณหภูมิจะไม่สูงไป มากกว่านี้ จึงได้เปลี่ยนอัตราการดูดอากาศจาก 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็น 4 ชั่วโมงต่อวัน ในวันที่ 3 ของการ หมัก จากการเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดอากาศนี้ ทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจน ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของกองที่ 1 คืออยู่ระหว่าง 50–56 °C ในวันที่ 4–11 ของการหมัก เมื่อปรับลดการ ดูดอากาศเป็น 1 ชั่วโมงต่อวันอุณหภูมิก็สูงขึ้นเช่นเดียวกับกองที่ 1 จากนั้นอุณหภูมิลดลงมี

ค่าใกล้เคียงและแปรผันตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมตั้งแต่วันที่ 27 ของการหมัก จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิในช่วงแรกของการหมักปุ๋ยทั้ง 2 กอง เป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ไม่ถูกจำกัด เนื่องจากในช่วงเริ่มต้นของการหมักมีปริมาณสารอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ประกอบกับค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (55–60%) จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี ส่งผลให้ความร้อนจากระบวนการเมตาบอลิซึมและอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของปุ๋ยหมักในกองที่ 1 (อัตราการดูดอากาศ 4 ชั่วโมงต่อวัน) สูงกว่ากองที่ 2 (อัตราการดูดอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน) ถึง 15–20 °C บ่งชี้ว่า ช่วงเวลาการดูดอากาศ 4 ชั่วโมงต่อวัน เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในช่วงเริ่มต้นการหมัก สำหรับอัตราการดูดอากาศที่ 0.3 ลบ.ม./นาฬิกา/กอง (ดำเนินระบบแบบต่อเนื่อง) จึงส่งผลให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดีกว่ากองที่ 2 ดังนั้นอัตราการดูดอากาศในช่วงเริ่มต้นการหมัก 10 วันแรกควรเริ่มที่ 4 ชั่วโมงต่อวัน อย่างไรก็ตามระดับของอุณหภูมิทั้งสองกองหมักสามารถพัฒนาถึงระดับเทอร์โมฟิลิกเป็นเวลานานกว่า 2 สัปดาห์ ซึ่งเหมาะสมต่อสภาพการหมัก เพราะเป็นระดับอุณหภูมิที่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายได้โดยไม่ทำให้เกิดสภาพแอมโมเรียในกองปุ๋ยหมัก

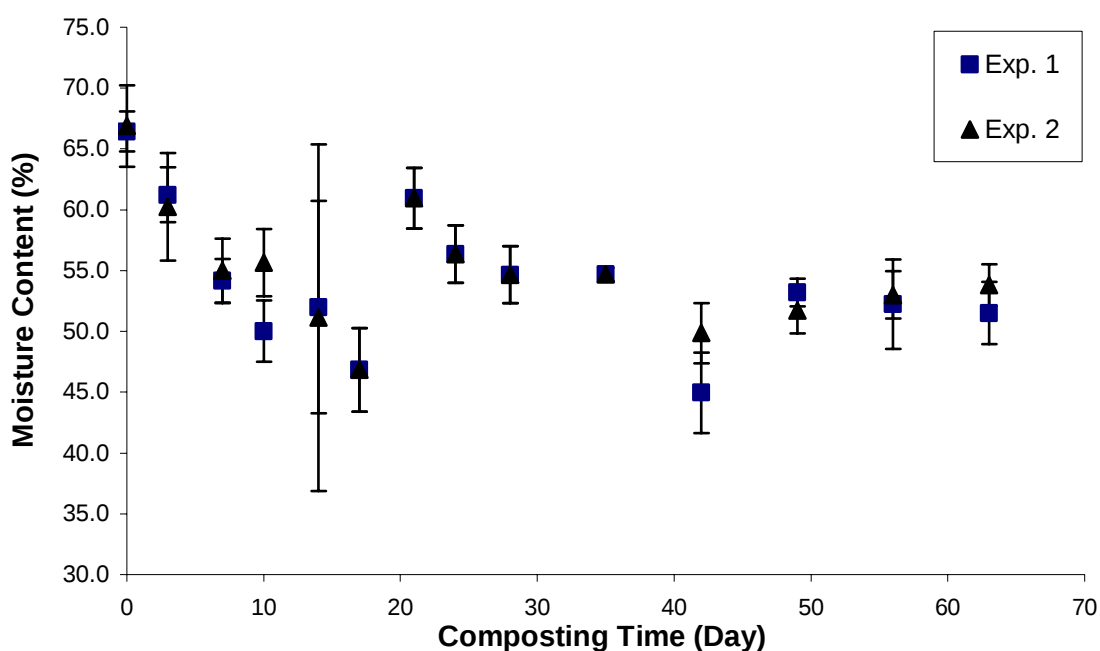
ภายหลังอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักทั้งสองเริ่มลดลง ได้ทำการปรับลดอัตราการดูดอากาศเป็น 1 ชั่วโมงต่อวัน (วันที่ 13 ของการหมักเป็นต้นไป) พบว่า อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักทั้งสองเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระยะเทอร์โมฟิลิกอีกครั้ง แสดงว่าการลดช่วงเวลาการดูดอากาศลงเหลือเพียง 1 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้ระบบการหมักมีประสิทธิภาพดีกว่าช่วงเวลาการเติมอากาศที่ 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่วันที่ 10 ของการหมักเป็นต้นไปสารอินทรีย์ที่อยู่ในระบบยังคงถูกย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง

ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าช่วงเวลาการดูดอากาศถือเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ที่ต้องควบคุมต่อการพัฒนาอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lau et al. (1992) ระดับอุณหภูมิหลังวันที่ 20 ของการหมักเป็นต้นไป (หยุดเติมอากาศวันที่ 21 ของการหมัก) พบว่าค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 35–40 °C ซึ่งชะลอการลดลงอย่างต่อเนื่องของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 15–20 ของการหมัก บ่งชี้ว่าการหยุดเติมอากาศตั้งแต่วันที่ 20 ของการหมักเป็นต้นไป ส่งผลให้ระบบการหมักสามารถรักษาความร้อนไว้ในระบบได้ดีกว่าและระบบยังคงดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง ขณะที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายหลังวันที่ 32 ของการหมัก (กองที่ 1) เป็นผลจากการพลิกกลับกองได้ส่งเสริมให้มวลวัสดุหมักทั้งหมดสัมผัสกับอากาศได้อย่างทั่วถึง จึงเป็นการเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายบางส่วนที่คงอยู่ในระบบ อย่างไรก็ตามการย่อยสลายเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากเป็นการย่อยสลายในช่วงอุณหภูมิเมโซฟิลิก (30–40 °C) หลังจากวันที่ 45 เป็นต้นไปจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก (วันที่ 63) ไม่พบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและอุณหภูมิของการหมักมีค่าเท่ากับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม บ่งชี้ว่า การหมักได้สิ้นสุดลงวัสดุหมักค่อนข้างคงตัวและมีความเสถียรต่อการนำไปใช้งาน

ความชื้น

จากการตรวจวัดความชื้นในกองปุ๋ยหมัก พบว่าความชื้นเริ่มต้นของการหมักของปุ๋ยหมัก กองที่ 1 มีค่า 66.4% และกองที่ 2 มีค่า 66.9% ในสัปดาห์แรกของการหมักปุ๋ยหมักค่าความชื้นของ กองปุ๋ยหมักทั้งสองค่อย ๆ ลดลง แต่ยังสามารถรักษาค่าความชื้นอยู่ที่ 55–60 % โดยไม่มีการปรับ ความชื้น แต่หลังจากนั้นความชื้นในกองปุ๋ยลดลงจนถึงระดับที่ต้องทำการปรับความชื้น และค่า ความชื้นก็ลดลงอย่างต่อเนื่องจนต้องทำการปรับความชื้นอยู่เสมอ จึงทำให้ปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีค่า ความชื้นที่พอเพียงต่อระบบการหมัก ซึ่งการปรับความชื้นด้วยความถี่ 2–3 ครั้งต่อสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 7 ของการหมักจนกระทั่งถึงวันที่ 45 ของการหมักจึงหยุดทำการปรับความชื้น ทำให้ความชื้นในกองปุ๋ย หมักทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 45-65% (รูป 5.5)

การที่ค่าความชื้นในกองปุ๋ยหมักลดลงในช่วงการหมัก เป็นผลจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่าง กระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้ความชื้นในกองปุ๋ยหมักระเหยตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิของกองปุ๋ย หมักปรับลดลง และมีค่าแปรผันใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องทำให้ความชื้นภายในกองมีความเสถียรมาก ขึ้น และกองปุ๋ยหมักอยู่ในระยะการหมักบ่มจึงได้ทำการหยุดปรับความชื้นในวันที่ 45 ของการหมัก



รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

เปอร์เซ็นต์การยุบตัว

การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การยุบตัวของปุ๋ยหมัก ทำการตรวจสอบโดยการวัดความสูงของกองปุ๋ยหมักที่เริ่มต้นการหมัก และก่อนการบ่มปุ๋ยหมัก หรือระยะสุดท้ายของการหมัก จากการตรวจสอบความสูงของปุ๋ยหมักกองที่ 1 และ 2 ที่เริ่มต้นการหมักมีค่า 98 และ 105 เซนติเมตร ความสูงของกองปุ๋ยที่ระยะสุดท้ายมีค่า 83 และ 87 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่ากองปุ๋ยมีเปอร์เซ็นต์การยุบตัวของที่ 1 มีค่า 17.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกองที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 15.30 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยมีค่าเปอร์เซ็นต์การยุบตัวประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์

ความหนาแน่นของวัสดุหมัก

การตรวจวัดความหนาแน่นของกองปุ๋ยหมัก ได้ทำการวัดความหนาแน่นที่ระยะเริ่มต้นการหมักและระยะสุดท้ายของการหมักปุ๋ย พบว่าที่ระยะเริ่มต้นการหมักปุ๋ยความหนาแน่นเฉลี่ยของกองปุ๋ยหมักของกองที่ 1 และกองที่ 2 อยู่ที่ 0.103 กรัม/ลบ.ซม และ 0.101 กรัม/ลบ.ซม ตามลำดับ ที่ระยะสุดท้ายของการหมักความหนาแน่นของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองอยู่ที่ 0.227 กรัม/ลบ.ซม และ 0.282 กรัม/ลบ.ซม ตามลำดับ

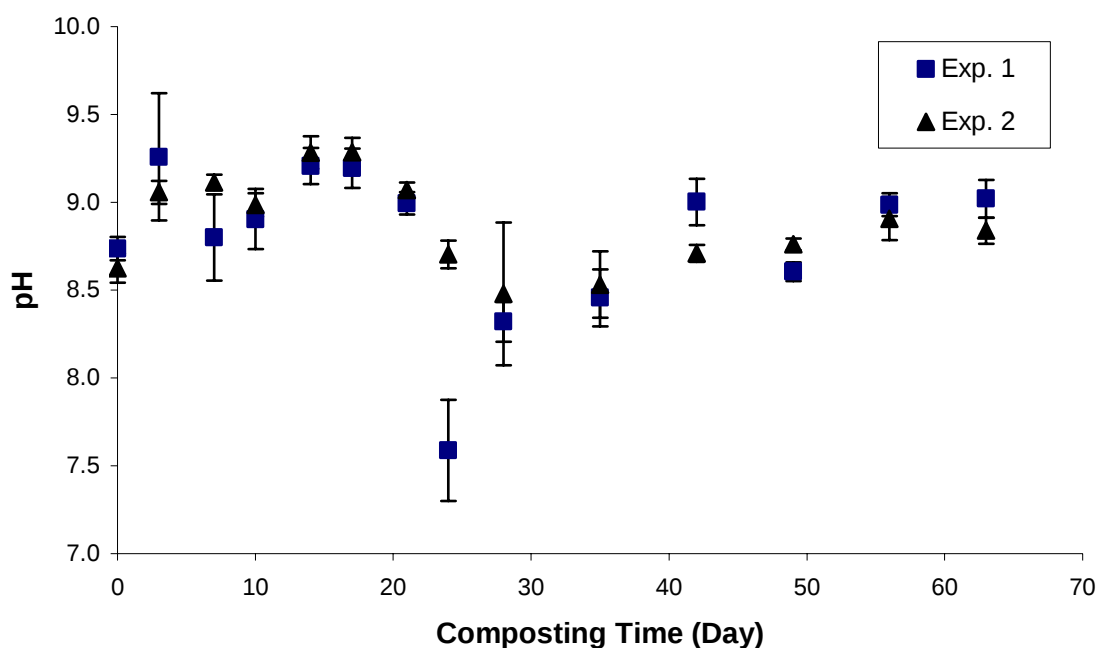
ค่าความหนาแน่นของวัสดุหมักที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก อาจเนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก ส่งผลให้วัสดุหมักถูกย่อยสลายมีขนาดเล็กลงตามระยะเวลา ดังนั้นจึงเกิดการอัดตัวของวัสดุหมักมากกว่าเมื่อเทียบกับที่เริ่มต้นการหมัก

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงด้านเคมี

ค่า pH

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองเริ่มต้นการหมักค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 8.74 และสูงขึ้นในช่วง 2-3 วันแรก เฉลี่ยถึง 9.26 จากนั้นค่า pH จะค่อย ๆ ลดลง และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 8.5-8.7 ในระยะสุดท้ายของการหมัก (รูปที่ 5.6) จะเห็นว่าในระยะการหมักบ่ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยหมักยังคงมีค่าค่อนข้างสูง คืออยู่ที่ประมาณ 8.5-8

โดยทั่วไปปุ๋ยหมักจากการหมักอินทรีย์วัตถุต่างๆ อาทิ เศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง มูลสัตว์ และกากตะกอนน้ำเสีย โดยวิธีการแบบระบายอากาศตามธรรมชาติ พบว่า เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ค่า pH ของปุ๋ยหมักมักมีสภาพเป็นกลาง และเป็นด่างเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7-8.5 [1,9,12,22,23] ซึ่งมีค่า pH ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดลอง (8-9) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัสดุที่นำมาหมักโดยเฉพาะก้านยาสูบที่มีลักษณะสมบัติทางเคมีที่ค่อนข้างเป็นด่างมาก จึงทำให้ค่า pH สุดท้ายของปุ๋ยหมักยังคงค่อนข้างเป็นด่างดังกล่าว



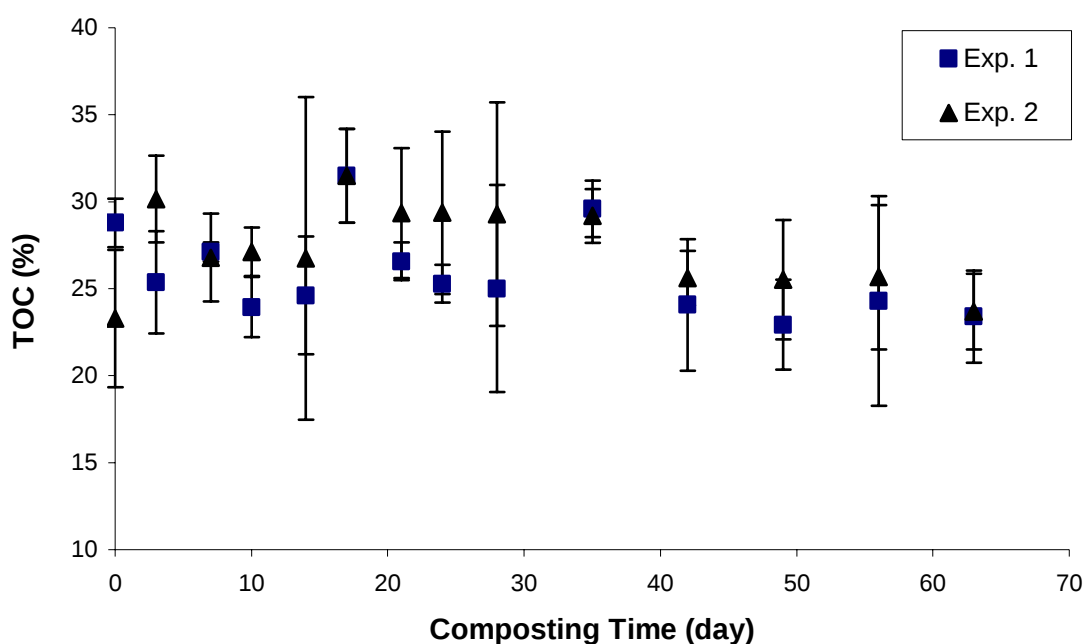
รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด

จากรูปที่ 5.7 การศึกษาพบว่า ในช่วงเริ่มต้นการหมักของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดเริ่มต้นประมาณ 23.3–28.79 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 23.3–29.29 เปอร์เซ็นต์ และตั้งแต่วันที่ 35 ของการหมักเป็นต้นไป ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงช่วงสุดท้ายของการหมัก มีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด 23.40–23.69 เปอร์เซ็นต์ (วันที่ 63 ของการหมัก)

ในช่วงเริ่มต้นของการหมัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในทั้ง 2 กองที่แปรปรวนเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายยังไม่เข้มข้นประกอบกับความไม่แน่นอนเดียวกันของวัสดุหมัก จึงส่งผลให้การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดมีค่าค่อนข้างกว้าง อย่างไรก็ตาม การลดลงอย่างต่อเนื่องของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นการหมัก (2 สัปดาห์แรกของการหมัก) เป็นผลมาจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในช่วงเทอร์โมฟิลิก เป็นไปอย่างเข้มข้น ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างรวดเร็ว [12,22] สำหรับในกองปุ๋ยหมักกองที่ 1 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน และมีค่าต่ำกว่ากองปุ๋ยหมักกองที่ 2 อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการเติมอากาศในช่วงแรกของการหมัก คือ 4 ชม.ต่อวัน มีความเหมาะสมกว่าที่ระยะเวลาการเติม

อากาศ 8 ชม.ต่อวัน จึงส่งผลให้ระบบการหมักเกิดกิจกรรมการย่อยสลายได้ดีกว่า ในช่วงท้ายจนกระทั่งสิ้นสุดของการหมัก มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากวัสดุหมักเหลือแต่สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก และสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ จึงส่งผลให้กิจกรรมการย่อยสลายลดลง และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดที่สิ้นสุดการหมักมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในช่วงเริ่มต้นการหมัก



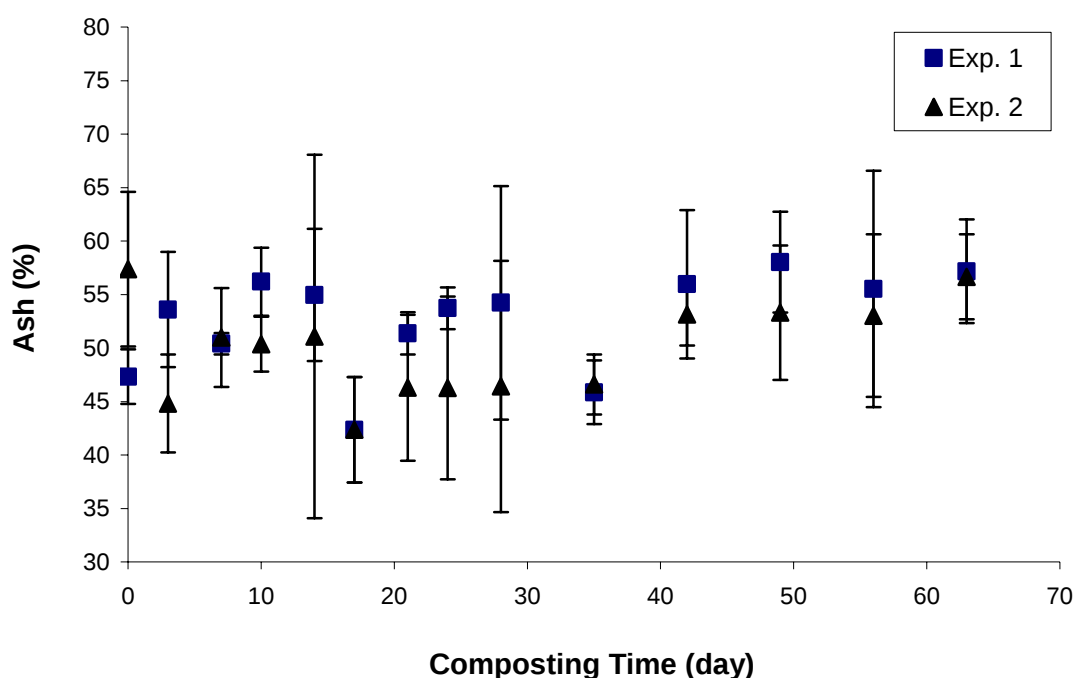
รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

ปริมาณชี้เถ้า

จากรูปที่ 5.8 จะพบว่า ปริมาณชี้เถ้าในช่วง 10 วันแรกของการหมักกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีค่าเพิ่มขึ้น (44.82–57.37 เปอร์เซ็นต์) และในวันที่ 17 ของการหมักพบว่า ปริมาณชี้เถ้าของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีค่าต่ำสุด ประมาณ 42.36 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น ปริมาณชี้เถ้าของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ในกองปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีปริมาณชี้เถ้าสูงถึง 58.04 เปอร์เซ็นต์ (วันที่ 49 ของการหมัก) และในช่วงสิ้นสุดของกระบวนการหมักกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีปริมาณชี้เถ้าประมาณ 56.65–57.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงท้ายของการหมักมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณชี้เถ้าเพียงเล็กน้อย

ในการศึกษาพบว่า ปริมาณชี้เถ้าจะแปรผกผันกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด นั่นคือถ้าปริมาณชี้เถ้าเพิ่มสูงขึ้นปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดก็จะลดต่ำลง ดังนั้นในวันที่ 20 ของการ

หมักเป็นต้นไป ปริมาณชี้เถ้าที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่ายถูกย่อยสลายและเปลี่ยนรูปไปเป็นสารอนินทรีย์หรือสารที่คงตัวเพิ่มมากขึ้น [1,9,12,22] ในช่วงท้ายของกระบวนการหมักวัสดุหมักส่วนใหญ่จึงเหลือแต่สารอินทรีย์ย่อยสลายยาก และสารอนินทรีย์เป็นหลัก



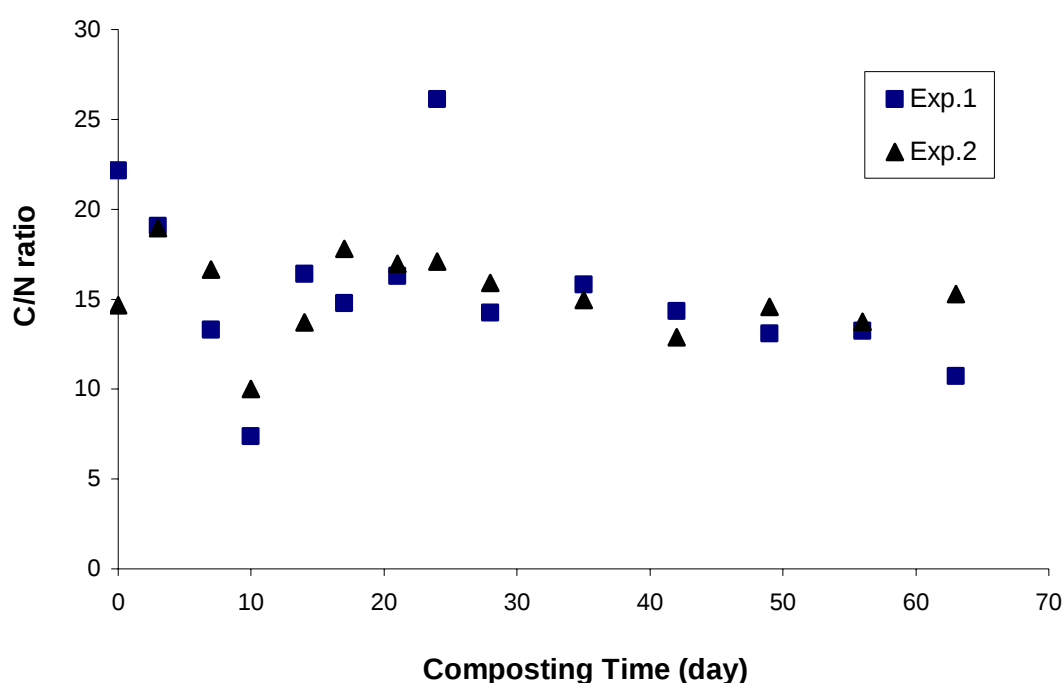
รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชี้เถ้าของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

จากรูปที่ 5.9 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเริ่มต้นการหมักค่าปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าประมาณ 22.20 และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าประมาณ 14.62 หลังจากวันที่ 3 เป็นต้นไป อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าลดลง โดยปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าต่ำสุดประมาณ 7.39 (วันที่ 10 ของการหมัก) ปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าต่ำสุดประมาณ 10.02 (วันที่ 10 ของการหมัก) จากนั้นอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น จนถึงวันที่ 28 ของการหมักจะพบว่า ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าลดลง โดยที่เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 10.71 และ ปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 15.28 (วันที่ 63 ของการหมัก)

ในช่วงแรกของการหมัก พบว่า ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ลดลง เป็นผลเนื่องมาจาก กิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์สารอินทรีย์ที่สูง ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการหมัก

(ระดับเทอร์โมฟิลิก) ส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนย่อยสลายง่ายถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็ว ดังนั้นค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงมีค่าลดลง โดยเฉพาะกองปุ๋ยหมักกองที่ 1 พบว่า การลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนค่อนข้างชัดเจน และมีค่าต่ำกว่ากองปุ๋ยหมักกองที่ 2 (ในช่วง 10 วันแรกของการหมัก) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการลดลงของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (รูปที่ 5.7) บ่งชี้ว่า ระยะเวลาการเติมอากาศที่ 4 ชม.ต่อวัน เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ หลังจากนั้น ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ในช่วง 10-16 อาจเนื่องมาจากวัสดุหมักเริ่มมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนถูกเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่คงตัวมากยิ่งขึ้น จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนค่อนข้างคงที่จนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมัก



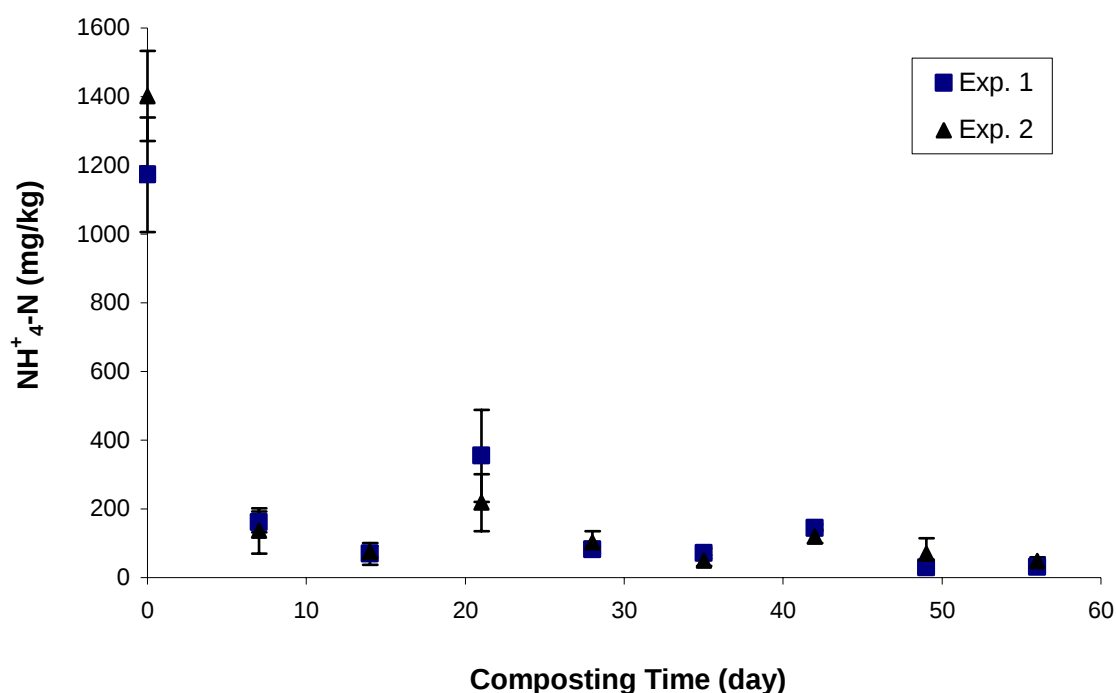
รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

5.2.3 ความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Extractable Zn และ Extractable Cu

จากรูปที่ 5.10 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) ของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองที่เริ่มต้นการหมัก (วันที่ 0 ของการหมัก) มีค่าประมาณ 1173 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 1) และ 1402 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 2) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว

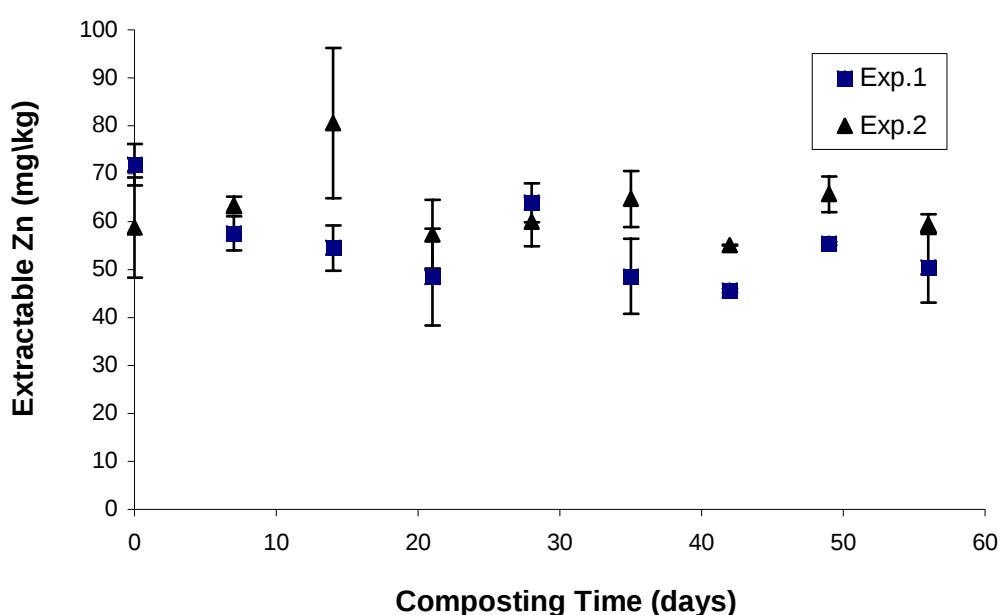
ในช่วง 7 วันแรกของการหมัก หลังจากวันที่ 7 ของการหมักเป็นต้นไปพบว่าค่าแอมโมเนียไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนประมาณ 31.03 mg/kg และปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนประมาณ 47.47 mg/kg (วันที่ 56 ของการหมัก)



รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า NH_4^+-N ระหว่างการหมัก

ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในช่วงเริ่มต้นการหมักมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบ (raw material) ที่ใช้ในการหมักปุ๋ยมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูง โดยเฉพาะก้านยาสูบซึ่งมีปริมาณเจดาร์ไนโตรเจน (TKN) สูงถึง 2.20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.2) ประกอบกับการย่อยสลายโปรตีนของแบคทีเรียให้เป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน กรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อได้กรดไขมันและแอมโมเนีย ซึ่งจะละลายอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+-N) จึงทำให้การหมักในช่วงแรกมีค่าแอมโมเนียมไอออนที่สูง หลังจากนั้นแอมโมเนียจะถูกย่อยสลายต่อด้วยไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ในสภาพที่มีออกซิเจนและ เปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท [19] ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นจึงทำให้ค่าแอมโมเนียมไอออนไนโตรเจนลดลง ในช่วงวันที่ 28–56 ของการหมักค่าแอมโมเนียมไนโตรเจนมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (31.03–47.47 mg/kg) และไม่พบการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียไนโตรเจนจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการหมัก กองปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีค่าแอมโมเนียมไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือมีค่าน้อยกว่า 400 mg/kg [1] บ่งชี้ว่าวัสดุหมักมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น

จากรูปที่ 5.11 ค่า Extractable Zn ที่เริ่มต้นการหมักกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีปริมาณ Extractable Zn ประมาณ 71.87 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 1) และ 58.80 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 2) หลังจากนั้นจะพบว่าปริมาณ Extractable Zn มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการหมัก โดยปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าต่ำสุดในวันที่ 42 ของการหมัก ประมาณ 45.63 mg/kg และปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าต่ำสุดในวันที่ 42 ของการหมัก ประมาณ 55.12 mg/kg เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (วันที่ 56 ของการหมัก) ค่า Extractable Zn มีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าประมาณ 50.47 mg/kg ปุ๋ยหมักกองที่ 2 มีค่าประมาณ 59.49 mg/kg

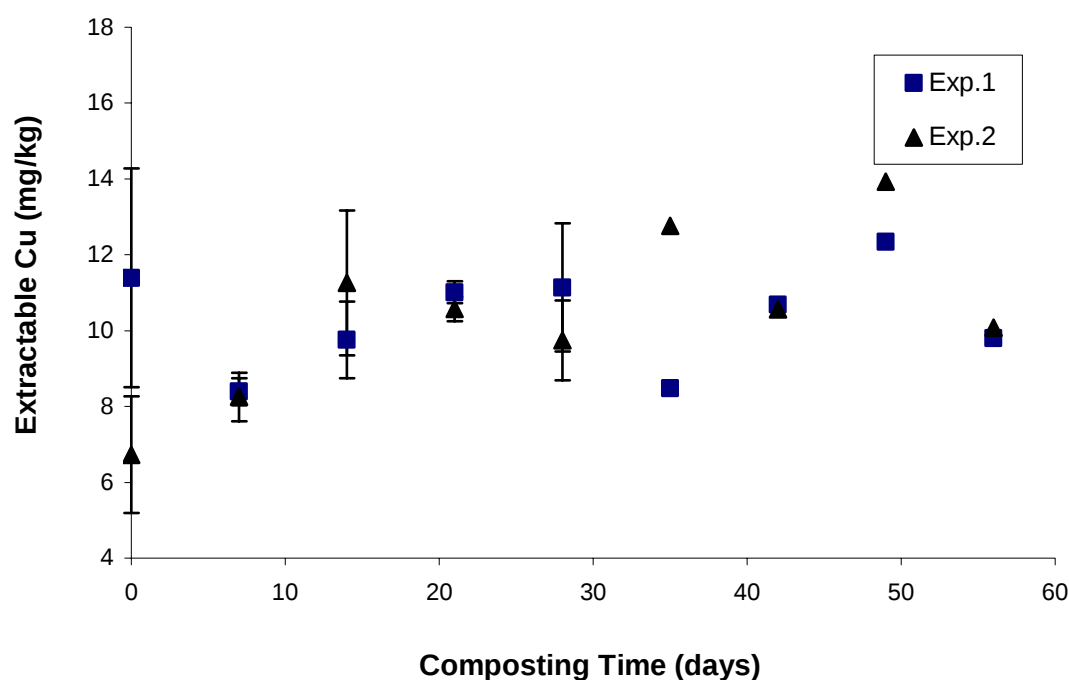


รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงของค่า Extractable Zn ระหว่างการหมัก

การลดลงของปริมาณ Extractable Zn ในช่วงแรกของการหมัก เป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ปริมาณ Zn ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับโดยจุลินทรีย์ เพื่อนำใช้ในการกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงทำให้ปริมาณ Extractable Zn มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของค่า Extractable Zn ในช่วงท้ายของการหมัก อาจเนื่องจากการสูญเสียมวลแห้งระหว่างการหมัก ส่งผลให้ความเข้มข้นของปริมาณ Extractable Zn มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อคิดในฐานน้ำหนักแห้ง

จากรูปที่ 5.12 ค่า Extractable Cu ที่เริ่มต้นการหมักของกองปุ๋ยหมักทั้งสอง มีค่าประมาณ 11.39 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 1) และ 6.73 mg/kg (ปุ๋ยหมักกองที่ 2) หลังจากนั้นจะพบว่า ค่า Extractable Cu ของกองปุ๋ยหมักทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างใกล้เคียงกัน และมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งค่าสูงสุดของกองปุ๋ยหมักกองที่ 1 มีค่าประมาณ 12.34 mg/kg กองปุ๋ยหมักกองที่ 2 มี

ค่าประมาณ 13.93 mg/kg (ในวันที่ 49 ของการหมัก) ตั้งแต่วันที่ 49 ของการหมักเป็นต้นไป ค่า Extractable Cu มีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดกระบวนการหมัก โดยทั้งสองกองมีหมักค่าอยู่ในช่วง 9.80–10.08 mg/kg



รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงของค่า Extractable Cu ระหว่างการหมัก

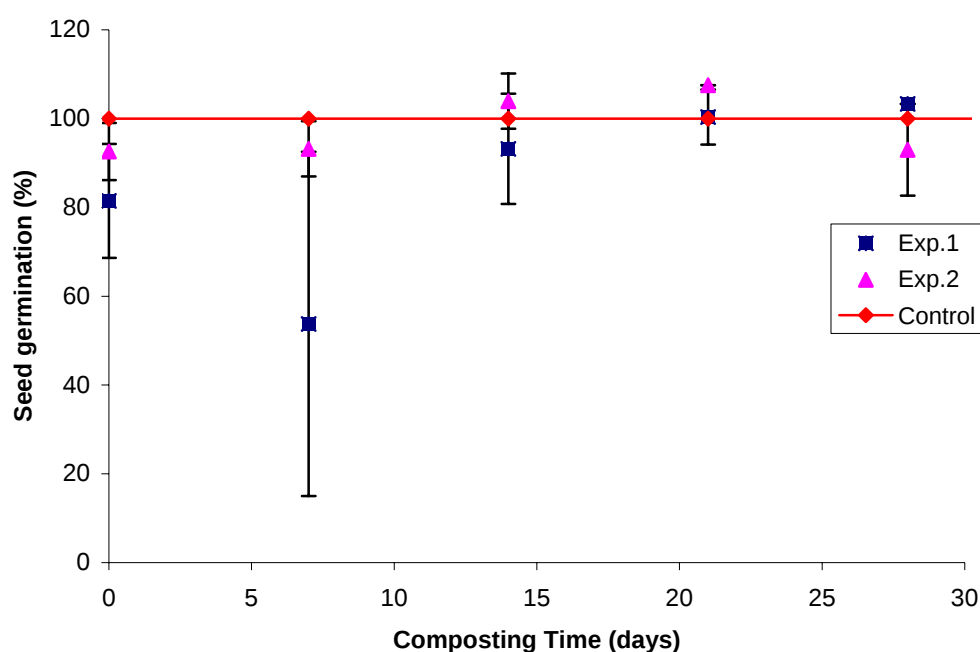
การศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของค่า Extractable Zn และ Extractable Cu ที่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการหมักจะไม่ไปขัดขวางต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากค่า Zn และ Cu โดยปกติถือเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืช เมื่อได้รับในปริมาณที่เหมาะสม 15-20 mg/kg (Zn) และ 2-25 mg/g (Cu) แต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มากถึง 400 mg/kg (Zn) และ 25-40 mg/g (Cu) อาจส่งผลต่อความเป็นพิษต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืชได้ [1]

การทดสอบการงอกของเมล็ด (Relative seed germination)

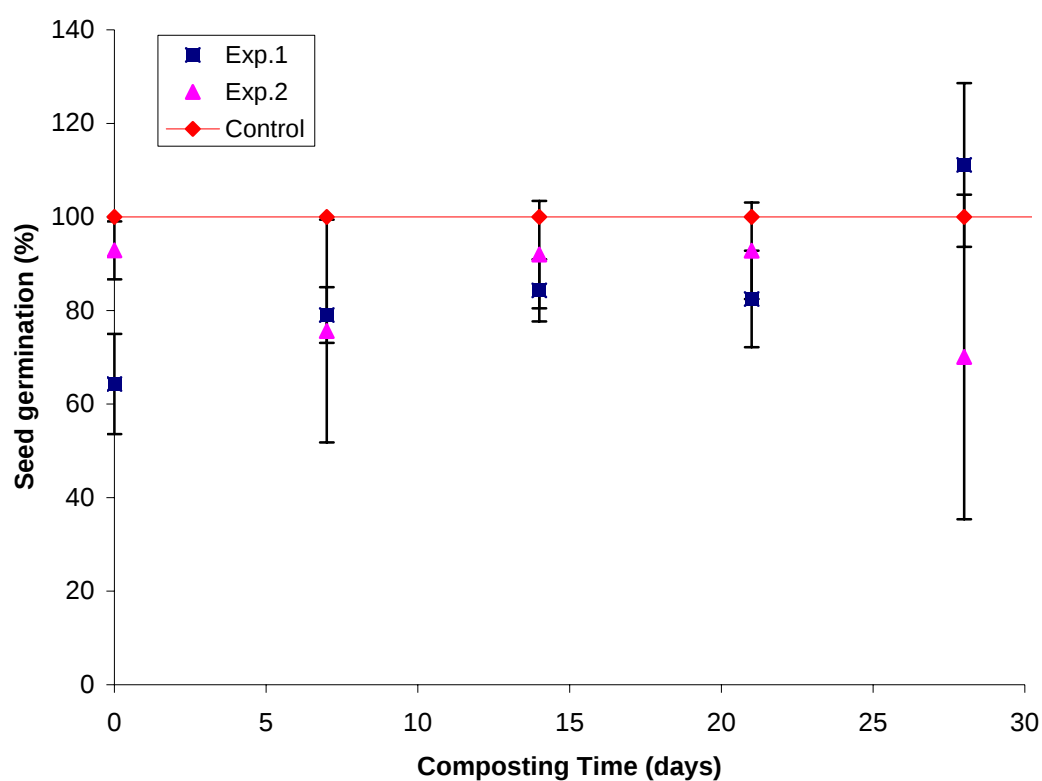
จากการทดสอบการงอกของเมล็ดโดยทำการทดสอบกับพืช 3 ชนิด คือ แตงร้าน, ผักกาด และ ผักโขม พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการงอกระหว่างน้ำสกัดปุ๋ยหมัก และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ที่เริ่มต้นการหมัก (วันที่ 0–7 ของการหมัก) ของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง เมล็ดแตงร้านงอกได้เฉลี่ย 80.26 เปอร์เซ็นต์ (53.76–93.19 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดผักกาดงอกได้เฉลี่ย 77.95 เปอร์เซ็นต์ (64.29–92.86 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดผักโขมงอกได้เฉลี่ย 82.96 เปอร์เซ็นต์ (57.47–96.43 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ชุดควบคุม

การงอกของเมล็ดทุกชนิดมีค่าเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่ 14-28 ของการหมักเป็นต้นไป พบว่า การงอกของเมล็ดแตงร้าน และผักกาด มีเปอร์เซ็นต์การงอกใกล้เคียงกับชุดควบคุม (ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์) ส่วนผักโขมมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ค่อนข้างแปรปรวน และมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม ในวันที่ 28 ของการหมักเป็นต้นไป ในช่วงท้ายของการหมัก ปุ๋ยหมักกองที่ 1 เมล็ดแตงร้านงอกได้ 86.67 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดงอกได้ 58.33 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมงอกได้ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปุ๋ยหมักกองที่ 2 เมล็ดแตงร้านงอกได้ 96.67 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดงอกได้ 75.00 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมงอกได้ 91.67 เปอร์เซ็นต์

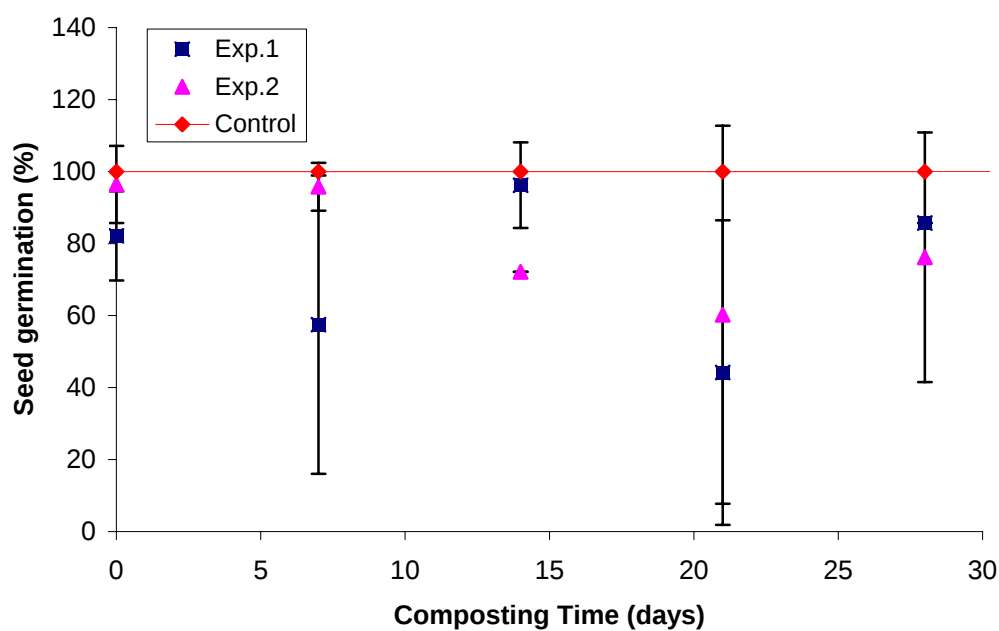
ในช่วง 7 วันแรกของการหมัก (รูปที่ 5.13–5.15) เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของปริมาณสารพิษพวก $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในน้ำสกัดปุ๋ยหมักส่งผลต่อการงอกของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญ โดยในช่วงการหมัก 7 วันแรกของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีปริมาณของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 718.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (136.07–1402 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่สูงจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม แต่เมื่อระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม เป็นเพราะปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ มีค่าลดลง ประกอบกับ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ อาจเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรท $\text{NO}_3\text{-N}$ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ของพืช [9]



รูปที่ 5.13 การทดสอบการงอกของเมล็ดแตงร้าน



รูปที่ 5.14 การทดสอบการงอกของเมล็ดผักกาด

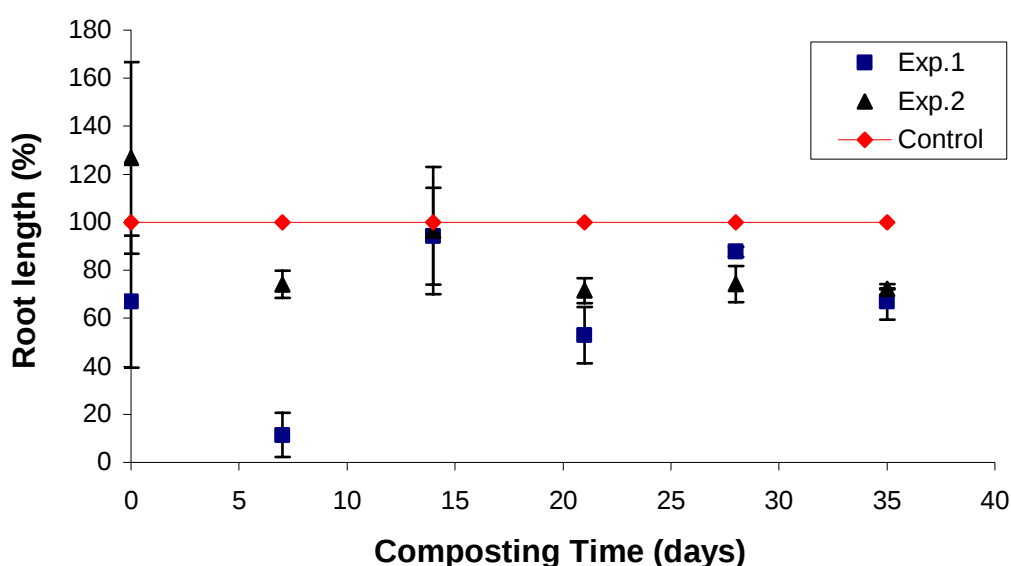


รูปที่ 5.15 การทดสอบการงอกของเมล็ดผักโขม

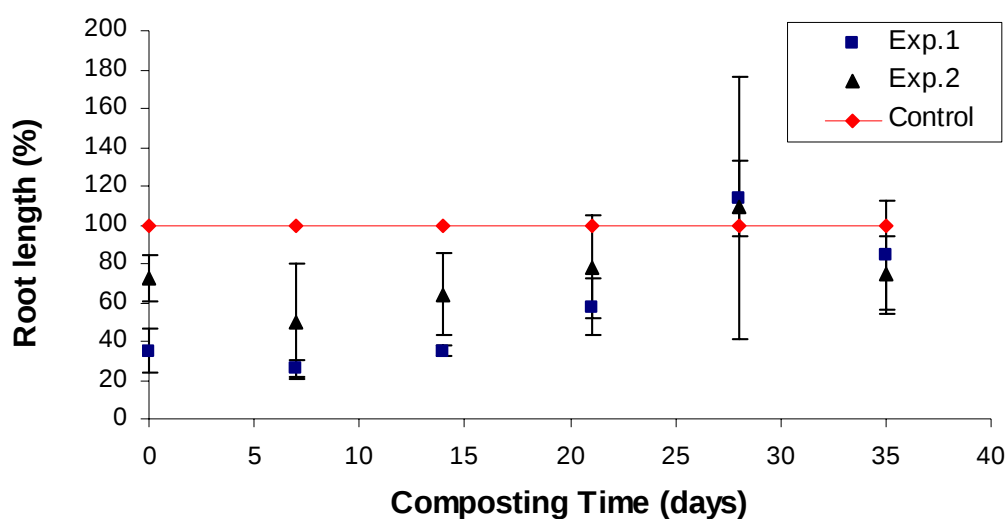
การลดลงของเปอร์เซ็นต์การงอกของปุ๋ยหมักกองที่ 1 ในช่วงท้ายของการหมัก อาจเป็นผลมาจากการพลิกกลับกองปุ๋ย ซึ่งนำปุ๋ยที่ยังไม่เสถียรจากภายนอกกลับเข้าไปภายในกองปุ๋ยหมัก จึงทำให้เวลาสุ่มเก็บตัวอย่างที่กลางกองปุ๋ยหมัก อาจนำปุ๋ยที่ยังไม่เสถียรมาทดสอบ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การงอกที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ในทางตรงกันข้าม ปุ๋ยหมักกองที่ 2 ซึ่งไม่มีการพลิกกลับกอง พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม

การทดสอบการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของราก (Relative root growth)

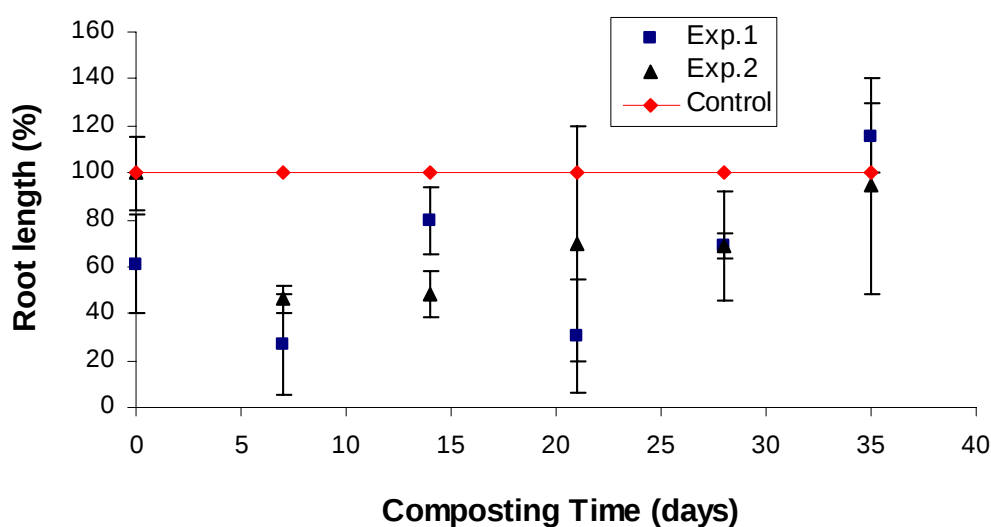
การตอบสนองของพืชทั้ง 3 ชนิดต่อความเป็นพิษในปุ๋ยหมักที่สกัดได้มีความสัมพันธ์ต่อความยาวของราก ดังแสดงในรูปที่ 5.16 ความยาวรากในช่วง 14 วันแรกของการหมัก ของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง พบว่า เมล็ดแตงร้านมีความยาวรากเฉลี่ย 69.78 เปอร์เซ็นต์ (11.35–126.76 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดผักกาดมีความยาวรากเฉลี่ย 45.92 เปอร์เซ็นต์ (26.0–72.46 เปอร์เซ็นต์) และผักโขมมีความยาวรากเฉลี่ย 58.57 เปอร์เซ็นต์ (26.86–100 เปอร์เซ็นต์) โดยชุดควบคุมมีความยาวรากเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่ 21 ของการหมักเป็นต้นไป ความยาวรากของพืชทั้ง 3 ชนิดของกองปุ๋ยหมักทั้งสองกอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม (ในวันที่ 28 ของการหมัก) และในช่วงท้ายของการหมัก ปุ๋ยหมักกองที่ 1 เมล็ดแตงร้านมีความยาวราก 66.86 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดมีความยาวราก 84.29 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมมีความยาวราก 115.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปุ๋ยหมักกองที่ 2 เมล็ดแตงร้านมีความยาวราก 72.29 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดมีความยาวราก 74.29 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมมีความยาวราก 94.57 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.16 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดแตงร้าน



รูปที่ 5.17 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดผักกาด



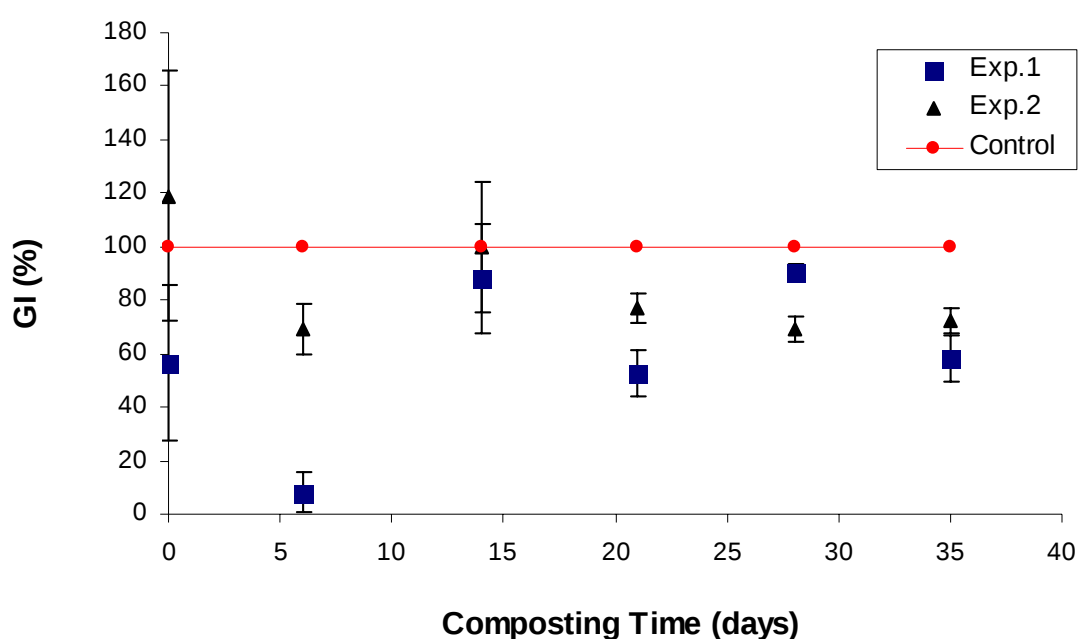
รูปที่ 5.18 การทดสอบการเจริญเติบโตของรากเมล็ดผักโขม

จากการศึกษาพบว่า ในช่วงแรกของการหมัก (0-7วัน) แนวโน้มของปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของรากต่ำกว่าชุดควบคุม อาจเป็นเพราะสารพิษในปุ๋ยหมักที่สกัดได้ โดยเฉพาะ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ มีผลต่อความยาวรากค่อนข้างสูง ประกอบกับปุ๋ยหมักยังไม่มีกลิ่นเสีย แต่เมื่อระยะเวลาการหมักปุ๋ยนานขึ้น ปุ๋ยหมักมีความเสถียรเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสารพิษในปุ๋ยหมักที่สกัดได้ เช่น $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ จึงมีความเข้มข้นลดลงในปริมาณที่ไม่ส่งผลต่อความยาวรากพืช พืชสามารถเจริญเติบโตได้

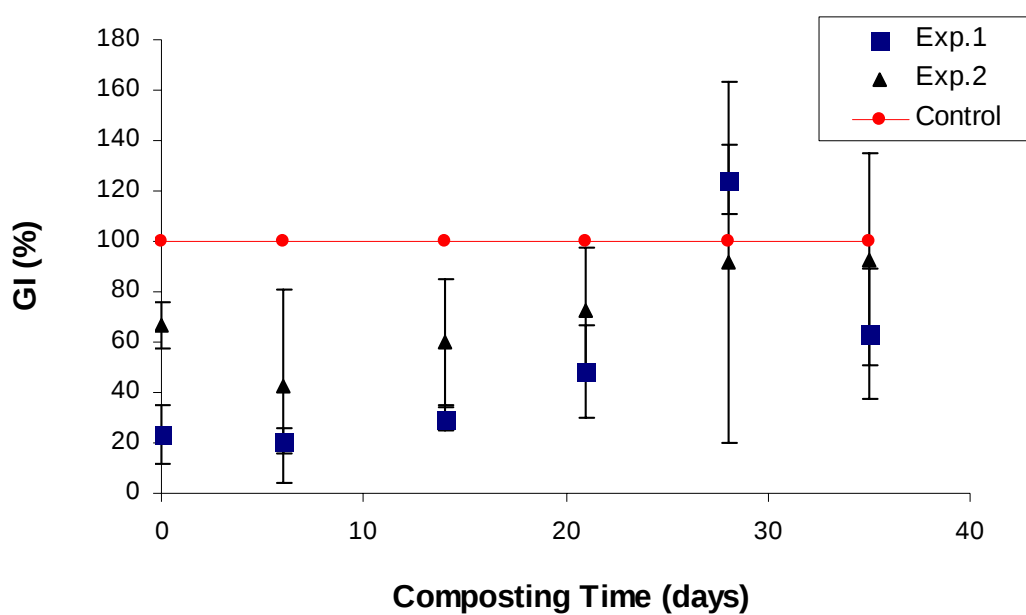
ดีกว่าในช่วงเริ่มต้นของการหมัก ค่าเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของรากของปุ๋ยหมักทั้งสองกอง จึงมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม [5]

การทดสอบดัชนีการงอก (Germination index)

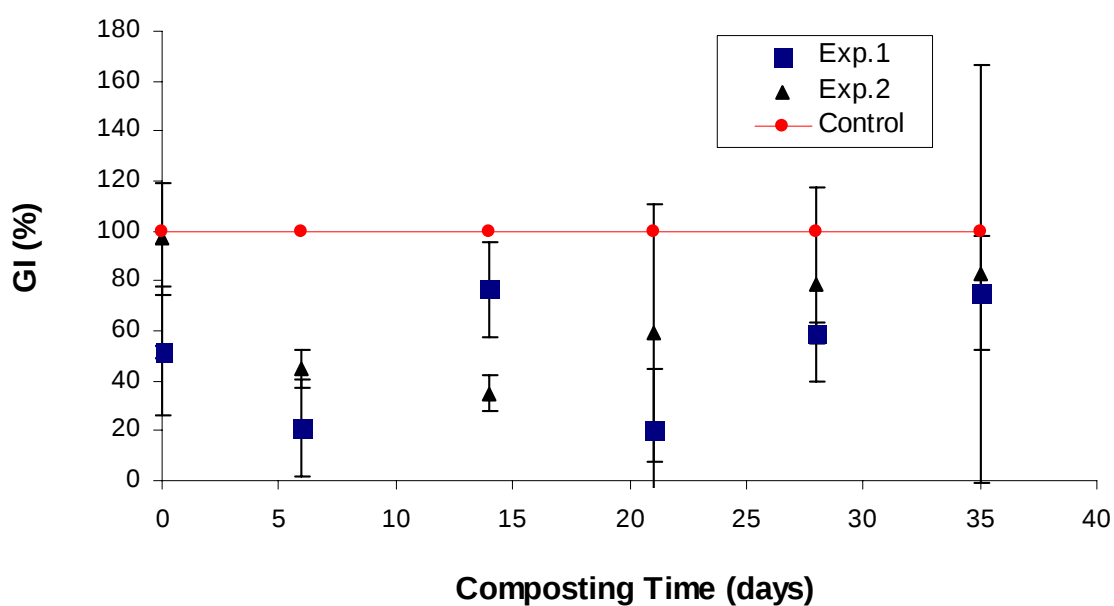
การเปรียบเทียบดัชนีการงอกระหว่างน้ำสกัดปุ๋ยหมักและชุดควบคุม (รูปที่ 5.19–5.21) โดยทำการทดสอบกับพืช 3 ชนิด พบว่า ในช่วงเริ่มต้นการหมัก (วันที่ 0–14 ของการหมัก) ดัชนีการงอกของแตงร้านมีค่าเฉลี่ยประมาณ 73.26 เปอร์เซ็นต์ (8.24–119.07 เปอร์เซ็นต์) ผักกาดมีดัชนีการงอกเฉลี่ยประมาณ 45.59 เปอร์เซ็นต์ (20.71–67.0 เปอร์เซ็นต์) และผักโขมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 54.35 เปอร์เซ็นต์ (21.22–96.86 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ดัชนีการงอกของเมล็ดทุกชนิดในชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาการหมักปุ๋ยที่นานขึ้น พบว่า ค่าดัชนีการงอกของพืชทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยค่าเฉลี่ยของดัชนีการงอกช่วงวันที่ 35 ของการหมักพบว่า ปุ๋ยหมักกองที่ 1 เมล็ดแตงร้านมีดัชนีการงอก 58.03 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดมีดัชนีการงอก 63.22 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมมีดัชนีการงอก 75.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปุ๋ยหมักกองที่ 2 เมล็ดแตงร้านมีดัชนีการงอก 72.29 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดผักกาดมีดัชนีการงอก 74.29 เปอร์เซ็นต์ และผักโขมมีดัชนีการงอก 82.75 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.19 ดัชนีการงอกของแตงร้าน



รูปที่ 5.20 ดัชนีการงอกของผักกาด



รูปที่ 5.21 ดัชนีการงอกของผักโขม

การเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีการงอกตามระยะเวลาการหมักปุ๋ย บ่งชี้ว่า ปริมาณความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, Ext. Cu และ Ext. Zn ลดลงระหว่างการหมักปุ๋ย โดยเฉพาะ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ซึ่งถูกเปลี่ยนรูปเป็น

สารประกอบ (ไนโตรเจนและไนเตรท) ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ส่วนปริมาณความเข้มข้นที่เหลืออยู่ในปุ๋ยหมักจะเป็นปริมาณที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการออกที่ต่ำกว่าของปุ๋ยหมักกองที่ 1 (ช่วงท้ายของการหมัก) อาจเนื่องจากการพลิกกลับกองปุ๋ย (วันที่ 30) ซึ่งมีผลต่อการสุมเก็บตัวอย่างที่กลางกองปุ๋ยหมัก ที่อาจนำปุ๋ยที่ยังไม่เสถียรมาทดสอบ ดังนั้นค่าดัชนีการออกที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่ากองปุ๋ยหมักกองที่ 2 ซึ่งไม่มีการพลิกกลับกอง

5.3 การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมัก

คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักปุ๋ย (ตารางที่ 5.2) โดยใช้ มูลวัว มูลสุกร ก้อนเห็ดเก่า และ ก้านใบยาสูบเป็นวัสดุหมัก จากการทดลองทำปุ๋ยหมัก พบว่า เมื่อเริ่มต้นทำการหมักกองปุ๋ยหมักทั้งสองกองมีน้ำหนักประมาณ 830 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) เมื่อทำการหมักปุ๋ยเป็นระยะเวลาประมาณ 60 วัน (รวมช่วงการหมักบ่ม) กองปุ๋ยหมักกองที่ 1 จะสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ ประมาณ 495 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) และกองปุ๋ยหมักกองที่ 2 จะสามารถผลิตกองปุ๋ยหมักได้ประมาณ 422 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ดังนั้นระบบการหมักสามารถผลิตปุ๋ยได้ที่อัตราเฉลี่ย 422–495 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) หรือคิดเป็นประมาณ 50.84–59.64 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น ต่อระยะเวลาการหมักประมาณ 2 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้กับเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตร (พ.ศ. 2548) กำหนด พบว่า คุณภาพของปุ๋ยหมักทางด้านกายภาพ เคมี และการปนเปื้อนโลหะหนัก มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกประการ เนื่องจากวัสดุหมักหลักประกอบไปด้วย มูลวัว มูลสุกร ก้อนเห็ดเก่า และก้านยาสูบ ซึ่งวัสดุเหล่านี้ อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรค การวิจัยในครั้งนี้ จึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาเชื้อโรคต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของพาหนะนำโรคในมนุษย์เพิ่มเติม จากการทดลองทำปุ๋ยหมัก พบว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางด้านชีววิทยาของปุ๋ยหมัก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรค เช่น *Salmonella* sp. , *Shigella* , *Staphylococcus* , *Fecal coliform* (*E.Coli*) และ *Total coliform* ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการศึกษา มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัยต่อการนำไปใช้งานทางด้านเกษตรกรรม

5.4 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

จากการทดสอบการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวโพด) โดยนำปุ๋ยหมักที่ได้จากการบ่มมาทำการทดลองปลูกข้าวโพดบนแปลงปลูก ภายใต้เงื่อนไขการปรับอัตราส่วนผสมของปุ๋ยเคมีต่อปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการหมัก ในอัตราส่วนปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยยูเรีย) : ปุ๋ยอินทรีย์ 0:0, 0:1, 0:2, 1:0, 1:1 และ 1:2 โดยน้ำหนักซึ่งปลูกเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยแต่ละเงื่อนไขจะปลูกในอัตราส่วนซ้ำละ 12 ต้น ทุกเงื่อนไขจะถูกควบคุม ปริมาณน้ำรด และปริมาณแสงแดดที่เท่ากันและศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ

พืชเป็นเวลา 3 สัปดาห์ การวิเคราะห์ลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวโพดของแต่ละเงื่อนไขการทดสอบ จะทำการวัดความสูงต้นของข้าวโพด ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับ ที่	ข้อกำหนด	คุณลักษณะ	
		เกณฑ์กรมวิชาการเกษตร (2548)	โครงการวิจัย (วันที่ 63 ของการ หมัก)
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มม.	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มม.
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ย่อยได้	ไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก	52.67 %
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	-
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะ อื่นๆ	ต้องไม่มี	ไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก	22.2 %
6	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.5 – 8.5	8.95
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20:1	13.48
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร	0.8 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (Total N) ไม่น้อยกว่า 1.0% โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (Total P ₂ O ₅) ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (Total K ₂ O) ไม่น้อย กว่า 0.5% โดยน้ำหนัก	N:P:K = 2:1.77:4.04
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80%	>80 %
11	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	3.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 2.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 45.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 4.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ND (Not Detected)

ตารางที่ 5.3 ผลการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ช่วงการ เพาะปลูก	อัตราส่วน ปุ๋ยเคมีต่ออินทรีย์	ความสูงต้น (เซนติเมตร)
สัปดาห์ที่ 1	0:0	1.82 ± 0.77
	0:1	2.10 ± 0.35
	0:2	2.23 ± 0.48
	1:0	2.05 ± 0.48
	1:1	2.13 ± 0.65
	1:2	2.65 ± 0.48
สัปดาห์ที่ 2	0:0	3.14 ± 1.10
	0:1	3.76 ± 0.97
	0:2	3.74 ± 1.10
	1:0	5.78 ± 1.08
	1:1	5.78 ± 1.42
	1:2	6.96 ± 1.52
สัปดาห์ที่ 3	0:0	5.53 ± 1.31
	0:1	5.58 ± 1.23
	0:2	5.57 ± 1.18
	1:0	9.34 ± 2.27
	1:1	8.53 ± 1.83
	1:2	8.45 ± 2.52

หมายเหตุ: ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm$ SD)

ในช่วง 3 สัปดาห์ของการทดสอบ พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการหมักทุกกรณีมีการเจริญเติบโตของข้าวโพดดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับปุ๋ยหมัก (0:0) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า การเจริญเติบโตของพืชมีค่าสูงกว่าเงื่อนไขการไม่ใส่ปุ๋ยและเงื่อนไขการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ (ตารางที่ 5.4) ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนผสมปุ๋ยเคมีต่อปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Duncan's Multiple Range Test ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Comparing pairs of treatment means) ของการเจริญเติบโต และพารามิเตอร์ที่ทำการเปรียบเทียบ คือ ความสูงของต้นข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ความสูงของข้าวโพดที่อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อปุ๋ยอินทรีย์ 1:2 มีค่าความสูงต้นสูงสุดและแตกต่างจากเงื่อนไขอื่น (0:0, 0:1, 0:2, 1:1) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้น ผล

การศึกษาการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักในเบื้องต้น บ่งชี้ว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มีคุณสมบัติพร้อมใช้ทางเกษตรกรรมได้ทันที โดยช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินขณะเดียวกันไม่ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) เนื่องจากข้าวโพดจัดเป็นชนิดพืชที่ต้องการธาตุอาหารและปริมาณน้ำสูง ประกอบกับช่วงการศึกษาดทดลองเป็นช่วงฤดูแล้ง จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยหนึ่งที่ทุกเงื่อนไขทดสอบ ดังนั้นผลของอัตราส่วนต่างๆ ที่ศึกษาเบื้องต้นต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงไม่แตกต่างกันเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรบ้านแม่ผาแห่นต้องการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมักทดแทนปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยยูเรีย) สำหรับการเพาะปลูกผักปลอดสารพิษหรือผักอินทรีย์ (โครงการในอนาคต) อาจต้องใช้ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วนที่สูงกว่าผลการศึกษา เพื่อให้ได้ความต้องการธาตุอาหารหลักในปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับปุ๋ยเคมี ดังเกณฑ์ที่แนะนำโดยกรมวิชาการ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบความสูงต้นในสัปดาห์ต่างๆ กับเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ปุ๋ยเคมี: ปุ๋ยอินทรีย์	ความสูงต้น (ซม.)		
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3
0:0	$1.82_b \pm 0.77$	$3.14_c \pm 1.10$	$5.53_b \pm 1.31$
0:1	$2.10_b \pm 0.35$	$3.76_c \pm 0.97$	$5.58_b \pm 1.23$
0:2	$2.23_{ab} \pm 0.48$	$3.74_c \pm 1.10$	$5.57_b \pm 1.18$
1:0	$2.05_b \pm 0.48$	$5.78_b \pm 1.08$	$9.34_a \pm 2.27$
1:1	$2.13_b \pm 0.65$	$5.78_b \pm 1.42$	$8.53_a \pm 1.83$
1:2	$2.65_a \pm 0.48$	$6.96_a \pm 1.52$	$8.45_a \pm 2.52$

หมายเหตุ : ค่าในตารางแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm$ SD)

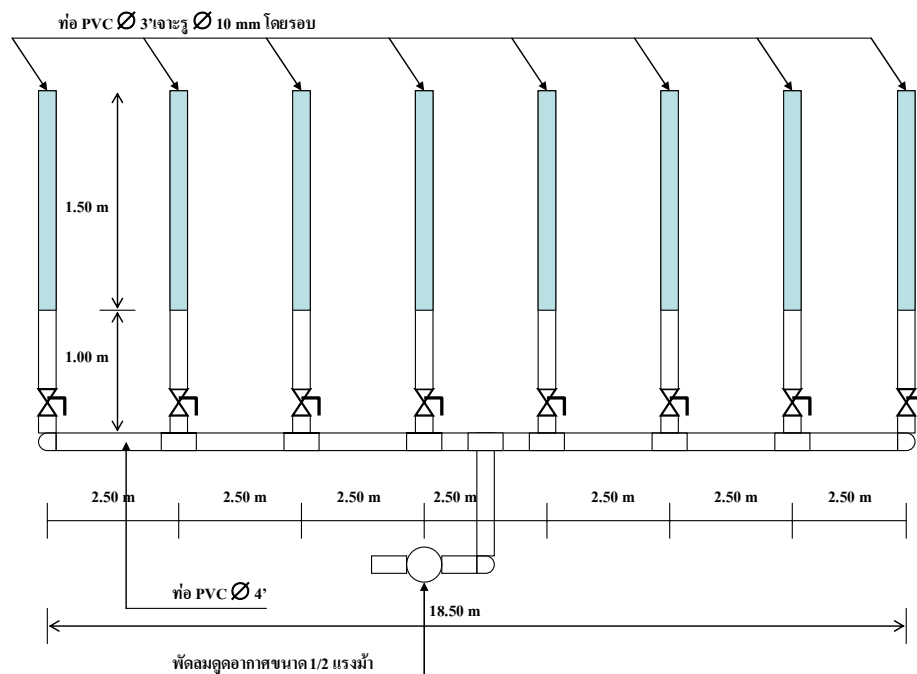
ค่าที่แสดงในตารางมีอักษรห้อยต่างกันแสดงเป็นค่าที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

5.5 การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ ถือเป็นโครงการสร้างโอกาสการพัฒนาอาชีพและเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในท้องถิ่น ขณะเดียวกันจัดเป็นโครงการที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต (ปุ๋ยเคมี) ในการเกษตรไปพร้อมกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นอย่างง่าย (ตารางที่ 5.5) โดยการประมาณการค่าใช้จ่าย ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุน ทั้งนี้ไม่คิดค่าโรงเรือน ค่าประกัน และค่าใช้จ่ายปลีกย่อยอื่นๆ การวิเคราะห์ได้ทำการคำนวณภายใต้เงื่อนไขการปรับปรุงระบบภายหลังการศึกษาวิจัยแล้วเสร็จ ซึ่งแสดงผังระบบการหมักใหม่ได้ดังรูปที่ 5.22

จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ โดยการประมาณการดังแสดงในตารางที่ 5.5 พบว่า ระบบการหมักปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นมีความเป็นไปได้สูงในการสร้างโอกาส พัฒนาอาชีพ และเสริม

รายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าลงทุนด้านวัสดุอุปกรณ์ค่อนข้างต่ำและค่าใช้จ่ายในส่วน of พลังงาน (ไฟฟ้า) ที่ค่อนข้างต่ำ ขณะเดียวกันชุมชนสามารถดำเนินการหมักด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพได้โดยง่าย



หมายเหตุ: Not to scale

รูปที่ 5.22 ผังระบบการหมักใหม่ (ปรับปรุงภายหลังการศึกษาวิจัยแล้วเสร็จ)

ข้อมูลในการวิเคราะห์

ต้นทุนระบบ (P) ประกอบด้วยพัดลมดูดอากาศขนาดครึ่งแรงแม้ (0.373kw, Eff.50%) ท่อพีวีซี และฐานกระจายอากาศ

- ราคาวัสดุอุปกรณ์รวมทั้งหมดประมาณ 15000 บาท (ไม่รวมค่าใช้จ่ายปลีกย่อยอื่น)
- ราคาค่าแรงงานคน 150 บาท/คน/วัน (แรงงานสำหรับการขึ้นกองปุ๋ยหมักจำนวน 4 คน)
- ระยะเวลาการขึ้นกองปุ๋ยหมัก 2 วัน
- ระยะเวลาการเติมอากาศ 4 ชม/วัน (12 วัน) และ 1 ชม/วัน (8 วัน)
- อายุการใช้งานของระบบ 5 ปี
- ระบบสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ที่อัตราประมาณ 4100 กก/เดือน (คิดจากน้ำหนักวัสดุหมักเริ่มต้น 1000 กก/กอง, จำนวนกองปุ๋ยหมักทั้งหมด 8 กอง, ระยะเวลาการหมักโดยไม่รวมช่วงเวลาหมักบ่ม 35 วัน, และน้ำหนักเนื้อปุ๋ยที่ได้จริงคิดเป็น 60% ของน้ำหนักวัสดุหมักเริ่มต้น)

-ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท

-ราคาปุ๋ยหมักที่จำหน่าย 3 บาท/กก

ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่าย ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุนของระบบที่ระยะเวลาการใช้งาน 1 เดือน

1) ค่าใช้จ่าย

- 1.1. ค่าเสื่อมราคา = 2700 บาท/ปี $[(15000-1500)/5]$
 1.2. ค่าแรงงาน = 1200 บาท/ปี $(150 \times 4 \times 2)$
 1.3. ค่าไฟฟ้า = 125 บาท/ปี $[(0.373/0.5) \times ((4 \times 12) + (1 \times 8)) \times 3]$
 รวมค่าใช้จ่าย = 4025 บาท/ปี
 1.3. ปริมาณการผลิต = 4100 กก/ปี (เนื้อปุ๋ยที่ผลิตได้จริง)
 1.4. ค่าใช้จ่าย = 0.98 บาท/กก

2) ผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุน (คิดที่ราคาปุ๋ยหมัก 3.00 บาท/กก)

- 2.1. รายได้ = 12300 บาท/ปี (4100×3.0)
 2.2. ผลตอบแทน = 8400 บาท/ปี $(12300 - 3900)$
 2.3. ระยะเวลาคืนทุน = 1.8 ปี $(15000/8400)$

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ ที่ระยะเวลาใช้งาน 1-6 เดือน

รายการ	ระยะเวลาการใช้งานระบบต่อปี (เดือน)					
	1	2	3	4	5	6
1) ค่าใช้จ่าย						
1.1 ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)	2700	2700	2700	2700	2700	2700
1.2 ค่าแรงงาน (บาท/ปี)	1200	2400	3600	4800	6000	7200
1.3 ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	125	250	375	500	625	750
1.4 รวมค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)	4025	5350	6675	8000	9325	10650
1.5 ค่าใช้จ่าย/กก.ปุ๋ยหมักที่ได้	0.98	0.65	0.54	0.47	0.45	0.43
2) ผลตอบแทน						
2.1 ปริมาณการผลิต (กก/ปี)	4100	8200	12300	16400	20500	24600
2.2 รายได้ (บาท/ปี)	12300	24600	36900	49200	61500	73800
2.3 ผลตอบแทน (บาท/ปี)	8400	19500	30600	41700	52800	63900
3) ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	1.8	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2

บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

โครงการวิจัย การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพน ได้พัฒนาขึ้นภายใต้โจทย์ที่ต้องการจะผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ภายในชุมชนและสามารถต่อยอดเชิงอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขการพัฒนาโจทย์ดังนี้ 1) เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยในขั้นต้นควรเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิผลต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ 2) ใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนให้สูงสุดโดยการทำปุ๋ยหมัก และ 3) คุณภาพปุ๋ยที่ได้ควรมีความปลอดภัยและไม่เป็นพิษต่อพืชเพื่อนำไปใช้งานได้จริง โดยสามารถสรุปผลการดำเนินโครงการ ดังนี้

6.1.1 ศักยภาพการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

ผลการศึกษาพบว่า ชุมชนบ้านแม่ผาแพนมีความหลากหลายในการประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรมและเลี้ยงสัตว์ อาทิ การปลูกผักปลอดสารพิษ การปลูกลำไย การปลูกยาสูบ การเพาะเห็ด การปลูกพืชไร่ การเลี้ยงสุกร การเลี้ยงวัว การเลี้ยงไก่ เป็นต้น จึงมีศักยภาพสูงในการหมุนเวียนใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ตลอดปี โดยปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นมีดังนี้ (สำรวจเดือนกันยายน 2549)

■ เศษพืชผัก	ประมาณ	3	ตัน/ปี
■ ก้านยาสูบ	ประมาณ	2	ตัน/ปี
■ วัสดุเพาะเห็ด	ประมาณ	30	ตัน/ปี
■ มูลสุกร	ประมาณ	3	ตัน/ปี
■ มูลวัว	ประมาณ	5	ตัน/ปี

ในการประเมินขั้นต้น หากกำหนดให้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ คือ มูลวัว:มูลสุกร:ก้อนเห็ด:ก้านยาสูบ มีค่าเท่ากับ 1:0.33:4:1.33 (สูตรผสมที่ได้จากการศึกษา, C/N 25) และขึ้นกองปุ๋ยหมักขนาด 1 ตัน/กอง พบว่า ชุมชนสามารถขึ้นกองปุ๋ยหมักได้ประมาณ 50 ตัน/ปี หรือคิดเฉลี่ยเป็นประมาณ 4 ตัน/เดือน ซึ่งขนาดของอัตราการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน จัดว่ายังคงเป็นระบบการผลิตขนาดเล็ก (ต่ำกว่าขนาด 1 ตันต่อวัน) ดังนั้น ในเบื้องต้นชุมชนมีศักยภาพสูงในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้ในชุมชนเอง และหากต้องการต่อยอดทางอุตสาหกรรมในขั้นต่อไป ทางชุมชนจำเป็นต้องขยายเครือข่ายกลุ่มผู้ผลิตปุ๋ยหมักในท้องถิ่น เพื่อรวบรวมวัตถุดิบเข้าสู่ระบบการหมักให้เต็มประสิทธิภาพของระบบ ในขณะนี้ปัจจุบันระบบการหมักของโครงการวิจัยฯ สามารถรองรับได้สูงถึง 8 ตัน/เดือน หรือคิดเป็นประมาณ 96 ตัน/ปี

6.1.2 การมีส่วนร่วมและทัศนคติในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

เนื่องจากโครงการวิจัยฯ นี้มีเป้าหมายที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การพัฒนาศักยภาพและการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อย่างยั่งยืน ดังนั้น การสร้างกระบวนการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยร่วมกับชุมชน โดยกระบวนการให้ความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแก่ชุมชน กระบวนการถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน กระบวนการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน และกระบวนการสำรวจทัศนคติ ล้วนเป็นกลไกที่สำคัญและถูกดำเนินการภายใต้ขอบเขตของโครงการวิจัยฯ ผลของกระบวนการมีส่วนร่วมและทัศนคติในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชนพอสรุปได้ดังนี้

1) ในด้านกระบวนการให้ความรู้และการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน (รูปที่ 6.1 ก-ข) พบว่า ทางชุมชนให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมักปุ๋ย รวมถึงวิธีการตรวจสอบความได้ที่ของปุ๋ย ทั้งในระหว่างกระบวนการหมักและเมื่อการหมักสิ้นสุดลงเป็นอย่างดี และเมื่อทำการสังเกตภายหลังการสรุปบทเรียน พบว่า ชุมชนมีความกระตือรือร้นในการที่จะสานต่องานอย่างเป็นรูปธรรมโดยชุมชนเอง ขณะเดียวกันชุมชนมีความมั่นใจในการจัดการและดำเนินระบบด้วยชุมชนเองมากยิ่งขึ้น



(ก) กระบวนการให้ความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย



(ข) กระบวนการสรุปบทเรียนภายหลังโครงการวิจัยแล้วเสร็จ

รูปที่ 6.1 การให้ความรู้และการสรุปบทเรียนร่วมกับชุมชน

2) ในด้านการถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน (รูปที่ 6.2 ก-ข) พบว่า ทางชุมชนให้ความร่วมมือในการดำเนินการร่วมกับทางโครงการวิจัย เป็นอย่างดี เช่นการจัดทำโรงเรียนปู้หมัก การขึ้นกองปู้หมัก และการทดสอบการใช้ประโยชน์ของปู้หมัก อย่างไรก็ตาม ทางคณะผู้ดำเนินโครงการวิจัย มีความเห็นว่า กลุ่มผู้มีส่วนร่วมยังคงจำกัดอยู่เฉพาะแกนนำและสมาชิกบางคนของกลุ่มต่างๆ ในชุมชน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากบริบทการตื่นตัวและการเข้าใจถึงประโยชน์ของโครงการวิจัย ที่แตกต่างกันของชุมชน ดังนั้น ในการดำเนินการในขั้นต่อไป ชุมชนจำเป็นต้องมีกลไกในการสร้างและส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมภายในชุมชนมากยิ่งขึ้น เช่น การเสวนากลุ่มย่อยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การจัดสถิติเพื่อการเรียนรู้สำหรับเยาวชนในพื้นที่ และการส่งเสริมการใช้ปู้อินทรีย์ที่ผลิตได้ภายในชุมชน เป็นต้น เพื่อให้เกิดการขยายผลด้านการมีส่วนร่วมอย่างกว้างขวางและยั่งยืนต่อไป



(ก) การสร้างโรงเรียนปู้หมักชุมชน



(ค) การขึ้นกองปู้หมักร่วมกับชุมชน

รูปที่ 6.2 การถอดประสบการณ์ร่วมกับชุมชน

3) ในด้านการสำรวจทัศนคติ พบว่า โดยส่วนใหญ่ชุมชนมีทัศนคติที่เป็นบวกต่อการใช้ประโยชน์ของปู้อินทรีย์ในภาพรวมทุกด้าน คือ การอนุรักษ์ดินและน้ำ การเพิ่มปริมาณผลผลิต การเพิ่มมูลค่าผลผลิต การลดต้นทุน การส่งเสริมคุณภาพชีวิต และการลดปัญหาการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง ถึงแม้เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละประเด็นทดสอบ พบว่า ชุมชนยังไม่แน่ใจเกี่ยวกับการใช้

ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ในด้านการเพิ่มปริมาณผลผลิต เนื่องจากในปัจจุบัน กลุ่มผักปลอดสารพิษของชุมชนยังคงใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 91-95 ของชุมชนผู้ตอบแบบสอบถาม มีความต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และพร้อมปรับเปลี่ยนใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีมากยิ่งขึ้น หากชุมชนสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงอุตสาหกรรมได้ ผลทัศนคติเชิงบวกเหล่านี้ ถือเป็นสัญญาณที่ดีต่อการพัฒนาการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมในขั้นต่อไป

6.1.3 ระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

โครงการวิจัยฯ ได้ศึกษาและจัดทำระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสมร่วมกับทางชุมชน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกองสติดัดอากาศ (Forced Aeration with Negative Pressure Mode) ภายหลังการปรับปรุงระบบเมื่อโครงการวิจัยแล้วเสร็จ พบว่า ระบบการหมักสามารถรองรับอัตราการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงถึง 8 ตัน/เดือน และให้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉลี่ยประมาณ 4 ตัน/เดือน โดยสามารถสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิต ดังนี้

1) อัตราส่วนของวัตถุดิบ มูลวัว:มูลสุกร:ก้อนเห็ด:ก้านยาสูบ ที่ใช้ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชนบ้านแม่ผาแห่นขนาด 1 ตัน (กอง) คือ 150:50:600:200 กก. (1:0.33:4:1.33)

2) ระบบการหมักแบบใช้อากาศ โดยใช้พัดลมดูดอากาศขนาด ½ แรงม้า (Forced Aeration with Negative Pressure Mode) ที่อัตราการดูดอากาศ 0.3 ลบ.ม/นาทีกอง ใช้เวลาเดินระบบการหมักประมาณ 35 วัน และบ่มต่อนานประมาณ 25 วัน รวมทั้งสิ้น 60 วัน โดยรูปแบบการดูดอากาศแสดงดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 รูปแบบการดูดอากาศที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชนบ้านแม่ผาแห่น

วันที่หมัก	ระยะเวลาการดูดอากาศ	หมายเหตุ
0-12	3-4 ชม/วัน	สังเกตการพัฒนาอุณหภูมิประกอบ
13-20	1 ชม/วัน	
21-35	0 ชม/วัน	ไม่ควรเคลื่อนย้ายกองปุ๋ยหมัก
36-60	0 ชม/วัน	เป็นช่วงการบ่มปุ๋ย สามารถเคลื่อนย้ายกองปุ๋ยหมักออกจากระบบการดูดอากาศได้

3) ระยะเวลาการหมักตั้งแต่วันที่ 35 ต้นไป คุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้จะไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นพิษต่อพืช ขณะเดียวกัน ปุ๋ยหมักที่ผ่านการบ่ม (60 วัน) มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ทุกด้าน ที่กำหนดโดย กรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะของโรคในปุ๋ยหมัก เช่น Salmonella sp. ,Shigella ,Staphylococcus ,Fecal coliform (E.Coli) และ Total coliform ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากการศึกษา มีคุณภาพดีต่อการนำไปใช้งานและการผลิตเชิงพาณิชย์

4) การศึกษาการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักในเบื้องต้น โดยการทดสอบการเจริญเติบโตของพืช (ข้าวโพด) บ่งชี้ว่า ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้มีคุณสมบัติพร้อมใช้ทางเกษตรกรรมได้ทันที โดยช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินขณะเดียวกันไม่ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) โดยเฉพาะในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะปลูก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยเคมี ผลการศึกษาแสดงการเจริญเติบโตของพืชค่อนข้างชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ

6.1.4 ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ระบบการหมักปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นของโครงการวิจัยฯ นี้ มีความเป็นไปได้สูงในการสร้างโอกาส พัฒนาอาชีพ และเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยชุมชนสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 0.2 ปี (2.4 เดือน) มีผลตอบแทนประมาณ 63,900 บาท/ปี (ราคาปุ๋ยอินทรีย์กิโลกรัมละ 3 บาท) เมื่อดำเนินระบบการหมักอย่างต่อเนื่องและเต็มประสิทธิภาพ เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 6 เดือน

6.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยฯ ตลอดจนการขยายผลความสำเร็จการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชนบ้านแม่ผาแพนในระยะยาว คณะผู้วิจัย มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

6.2.1 การบริหารจัดการด้านวัตถุดิบ

1) ควรทำการเตรียมพื้นที่สำหรับการกองเก็บวัตถุดิบให้เป็นสัดส่วนอย่างเหมาะสม เพื่อความสะดวกในการผสมวัสดุหมักและการขึ้นกองปุ๋ยหมัก และลดการปนเปื้อนของอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมัก

2) ควรวางแผนในการหมุนเวียนการใช้วัสดุเหลือทิ้งในชุมชน ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสอดคล้องต่อสภาพความเป็นจริงของฤดูกาลเพาะปลูก

3) ควรวางแผนในการจัดหาวัตถุดิบ เพื่อเพิ่มปริมาณและรวบรวมวัตถุดิบที่เข้าสู่ระบบการหมัก ให้เต็มประสิทธิภาพของระบบ โดยอาศัยกลไกการขยายเครือข่ายกลุ่มผู้ผลิตปุ๋ยหมัก ทั้งภายในท้องถิ่นและพื้นที่ใกล้เคียง

6.2.2 ระบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน

1) ควรมีการบำรุงรักษาระบบการหมักอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

2) ควรจัดหาอุปกรณ์เครื่องย่อยหรือสับเพื่อลดขนาดของวัตถุดิบ (ก้านยาสูบ ฯลฯ) ก่อนเข้าสู่ระบบการหมัก ทั้งนี้ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินระบบการหมัก และการดำเนินงานให้สูงขึ้น เนื่องจากช่วยลดแรงงานและเวลาในการดำเนินการได้เป็นอย่างดี

3) ควรเก็บและบรรจุปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้อย่างเหมาะสม เช่น การบรรจุลงในกระสอบ หรือถุง เป็นต้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและพร้อมนำไปใช้งานได้ทันที ในกรณีที่ชุมชนต้องการต่อยอดเชิง

พาณิชย์ จำเป็นต้องจัดทำฉลากระบุอัตราส่วนธาตุอาหารหลัก (N:P:K) โดยอ้างอิงมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (พ.ศ.2548) ดังตัวอย่างในรูปที่ 6.3



ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์
องค์การชุมชนบ้านแม่ผาแพน

N:P:K
(.....)

น้ำหนักสุทธิ.....กิโลกรัม
ราคา.....บาท

รูปที่ 6.3 ตัวอย่างฉลากผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

6.2.3 การมีส่วนร่วมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของชุมชน

1) ควรสร้างรูปแบบการจัดการเชิงสังคม เพื่อพัฒนาการมีส่วนร่วมของชุมชนในท้องถิ่น ให้การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมของชุมชนเป็นไปอย่างยั่งยืน เช่น การเสวนากลุ่มย่อย เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การให้ความรู้และสร้างกิจกรรม ร่วมกับทางโรงเรียน และเยาวชนในท้องถิ่น เพื่อดึงเยาวชนเข้ามาเป็นสะพานเชื่อมในการขยายผลการมีส่วนร่วมภายในท้องถิ่น และการผลักดันให้เกิดการสนับสนุนของหน่วยงานและ/หรือฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องในชุมชนอย่างจริงจัง เป็นต้น

2) ควรขยายเครือข่ายกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตปุ๋ยหมักเชิงรุก ในลักษณะศูนย์เครือข่ายความรู้และปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีปุ๋ยหมักขององค์กรชุมชน เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีของชุมชนอย่างยั่งยืน ภายใต้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และกระบวนการจัดการปัญหาที่ชุมชนเป็นผู้ขับเคลื่อน

บรรณานุกรม

- [1] Epstein, E., 1997, *The Science of Composting*, Lancaster : Technomic Publishing. U.S.A.
- [2] Lua, A.K., K.V. Lo, P.H. Liao and J.C. Yu, 1992, "Aeration Experiments for Swine Waste Compost", *Bioresource Technology*, 41, 145–152.
- [3] Lo, K.V., A.K. Lau, and P.H. Liao, 1993, "Composting of Separated Solid Swine Wastes", *Journal of agriculture engineering research*, 54, 307–317.
- [4] Lu, S.G., T. Imai, H.F. Li, M. Sekine and T. Higuchi, 2001, "Effect of Enforced Aeration on In-vessel Food Waste Composting", *Environmental Technology*, 22, 1177-1182.
- [5] Tiquia, S.M., N.F.Y. Tam and I.J. Hodgkiss, 1996, "Effects of Composting on Phytotoxicity of Spent Pig-manure Sawdust Litter", *Environmental Pollution*, 93, 249-256.
- [6] APHA (American Public Health Association), 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th. APHA. Washington D.C., USA.
- [7] Raton, B., 2000. *Handbook of Reference Methods for Soil Analysis*, Rev. ed., CRC Press. Florida, U.S.A.
- [8] Wiley, J.S. and G.W. Pierce. 1955. " A Preliminary Study of High Rate Composting", *Proc. Am. Soc Civil Eng.* Paper No.846.81:1-28.
- [9] Polprasert C., 1996. *Organic Waste Recycling 2nd Edition*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- [10] Richard, T.L., 1992, "Municipal Solid Waste Composting: Physical and Biological Processing", *Biomass and Bioenergy*, 3(3-4), 195–211.
- [11] Gray, K.R., Sherman, K., and Biddlestone, A.J., 1971, "A Review of Composting: Part 2–The Practical Process", *Process Biochemistry*, 6(10), 22–28.
- [12] มลชยา ปานพาน, รสสุคนธ์ จະวะนะ, และ อนุรักษ์ จันทอง. 2548. "การปรับค่า C/N ช่วงปานกลาง-สูง เพื่อลดต้นทุนและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์". ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

- [13] ขวลิติ ชงประยูร, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, (ออนไลน์), สืบค้นจาก: web.ku.ac.th/agri/puyy/fert5.htm. (วันที่สืบค้น 9 สิงหาคม 2549).
- [14] Jimenez, E.T., and Garcia, V.P., 1989, "Evaluation of city refuse compost maturity: A review", *Bioresource Technology*, 44, 115–142.
- [15] ทรงพล คุณศรีสุข, 2544. "การเปรียบเทียบผลของชนิดของ bulking agents ในการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะจากขยะอาหารครัวเรือน". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [16] Liao, P.H., A.C., and Chieng, S.T., 1995, "Monitoring Process Efficiency of A Full-Scale in Vessel System for composting Fisheries Water", *Bioresource Technology*, 54, 159–163.
- [17] Zucconi, F., and de Bertoldi, M., 1987, "Compost specification for the production and characterization of compost from municipal solid waste", in Zucconi, F. and Bertoldi, M., "Compost: Production Quality and Use", London: Elsevier *Applied Science*, 30–50.
- [18] Trombetta, A., 1988, "Quella scomposta normative sul compost.", *Gea*, 5/88, 22–32.
- [19] Haug, R.T., 1993, *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, U.S.A.
- [20] Amlinger, F. and L. Boltzmann. 1996. "Biowaste Compost and Heavy Metals: a Danger for Soil and Environment?", *International Symposium The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional. England, 326.
- [21] กรมพัฒนาที่ดิน, การผลิตและการใช้ปุ๋ยหมัก, (ออนไลน์), สืบค้นจาก: www.ddd.go.th/pldweb/tech/organicstart.swf. (วันที่สืบค้น 29 สิงหาคม 2549).
- [22] Jolanun, B., S. Tripetchkul, C. Chiemchaisri, P. Chaiprasert, and S. Towprayoon, 2005a. "The Application of a Fed Batch Reactor for Composting of Vegetable and Fruit Wastes". *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 10, 60-69.
- [23] Jolanun, B., S. Tripetchkul, C. Chiemchaisri, P. Chaiprasert, and S. Towprayoon, 2005b. "Effect of Moisture Content on Fed Batch Composting Reactor of Vegetable and Fruit Wastes". *Environmental Technology*, 26, 293-301.

ภาคผนวก 2

สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 1 คุณภูมิของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมักปุ๋ยของปุ๋ยกองที่ 1

วันที่	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม	จุดเก็บตัวอย่าง															เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	30	29	28	29	29	30	29	29	29	30	30	30	30	30	29	29	29.33
1	32	36	36	37	41	46	44	52	54	55	54	39	35	41	45	52	44.47
2	23	27	27	52	56	57	57	57	63	63	57	52	42	56	47	60	51.53
3	29	22	22	30	49	45	52	57	64	63	57	43	32	41	55	59	46.07
4	25	29	29	39	52	51	49	62	62	65	63	39	34	47	59	60	49.33
5	24	38	38	49	57	59	51	66	63	67	64	48	30	44	50	66	52.67
6	30	37	37	30	47	40	6	56	62	62	52	46	47	40	58	58	45.20
7	29	31	31	39	54	49	53	48	62	64	56	48	37	42	47	60	48.07
8	31	38	33	37	36	38	41	41	41	53	42	43	39	35	45	36	39.87
9	28	37	41	43	40	43	48	49	46	58	47	48	39	40	46	41	44.40
10	26	40	44	42	48	42	46	46	48	55	48	46	39	47	50	40	45.40
11	28	36	36	37	53	38	41	53	51	44	44	45	35	43	51	40	43.13
12	27	33	37	45	47	45	40	48	50	50	50	38	39	48	45	46	44.07
13	28	32	35	53	57	56	40	52	56	56	58	41	40	52	47	57	48.80
14	31	34	33	48	58	58	42	51	58	59	53	38	37	55	56	57	49.13
15	30	44	38	49	43	43	44	49	52	56	49	40	39	54	62	46	47.20
16	31	36	38	40	50	45	37	44	50	51	46	37	38	46	50	46	43.60
17	31	35	37	45	44	36	37	39	44	48	36	34	35	40	46	37	39.53
18	29	36	35	43	47	41	32	41	43	59	47	32	39	43	45	46	41.93
19	26	32	31	36	42	36	34	37	44	46	43	34	40	41	47	43	39.07
20	28	31	32	35	39	41	32	40	41	40	41	32	34	36	40	38	36.80
21	27	32	30	37	39	39	31	37	38	39	39	30	32	37	39	40	35.93
22	25	28	28	34	38	36	30	35	38	40	39	31	29	32	38	36	34.13
23	26	27	28	35	37	39	29	34	39	41	38	28	31	34	37	39	34.40
24	25	24	29	32	35	34	30	33	38	38	39	29	29	33	35	37	33.00
25	26	27	28	31	34	33	29	31	34	35	34	30	29	32	34	34	31.67
26	25	27	26	31	32	32	27	27	29	31	31	26	26	28	34	31	29.2
27	24	26	25	28	30	30	24	26	28	30	30	25	25	27	30	28	27.47
28	24	24	25	26	27	28	27	27	27	28	28	25	25	25	30	27	26.6
29	20	24	25	25	27	27	25	26	27	29	28	24	26	26	29	27	26.33
30	24	24	25	25	28	27	25	27	27	28	28	25	26	27	27	27	26.4
31	26	24	25	26	29	27	26	27	28	29	28	25	25	27	27	28	26.73
35	26	27	27	28	36	38	33	38	37	38	38	31	32	33	35	36	33.80
38	28	28	29	35	39	40	36	38	39	41	41	32	33	34	38	37	36.00
42	25	26	25	30	32	31	29	32	33	35	34	29	29	29	33	32	30.60
45	27	27	26	30	34	33	30	32	33	33	34	27	26	30	33	32	30.67

ตารางที่ 2 คุณภูมิของกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมักปุ๋ยของปุ๋ยกองที่ 2

วันที่	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม	จุดเก็บตัวอย่าง															เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	30	29	28	30	29	29	29	29	29	27	28	28	27	28	29	28	28.47
1	32	28	24	30	41	42	32	28	38	47	36	24	24	30	31	37	32.80
2	23	42	35	42	45	42	38	47	42	34	32	33	39	34	43	42	39.33
3	29	31	25	33	42	39	28	38	46	44	44	24	26	33	36	39	35.20
4	25	27	29	43	54	54	38	40	57	62	53	27	34	40	44	57	43.93
5	24	42	27	49	57	56	52	44	61	64	48	31	34	53	47	56	48.07
6	30	39	44	34	52	38	41	41	57	55	47	30	37	45	38	49	43.13
7	29	29	31	32	56	37	53	46	53	63	44	29	42	33	52	40	42.67
8	31	38	36	32	43	35	50	44	38	49	43	34	35	36	40	37	39.33
9	28	49	40	38	45	41	51	47	51	54	47	37	41	40	49	43	44.87
10	26	46	28	42	49	43	50	50	49	52	47	42	38	45	50	42	44.87
11	28	40	33	31	45	40	47	46	44	43	41	31	35	44	43	40	40.20
12	27	41	32	44	47	44	45	50	47	45	47	39	37	50	48	44	44.00
13	28	44	37	60	60	63	51	59	62	61	60	46	41	59	61	63	55.13
14	31	39	50	59	62	60	41	57	62	65	56	42	37	60	63	60	54.20
15	30	49	42	52	53	51	46	53	58	56	48	45	46	55	54	55	50.87
16	31	36	42	46	51	46	40	46	46	49	48	38	42	45	44	44	44.20
17	31	38	41	42	49	41	38	44	47	49	44	36	39	48	48	40	42.93
18	29	35	35	32	48	47	33	40	45	51	50	35	37	49	47	48	42.13
19	26	32	32	37	40	45	36	40	44	47	44	32	34	43	41	44	39.40
20	28	31	31	38	42	41	32	36	40	41	33	32	38	40	41	40	37.07
21	27	29	32	38	40	40	32	35	38	41	37	30	35	36	38	37	35.87
22	25	30	30	36	38	39	31	36	38	41	37	30	35	36	38	37	35.47
23	26	31	30	34	36	37	30	32	34	37	38	30	32	34	35	38	33.87
24	25	30	30	32	35	33	31	33	37	37	37	31	30	33	34	36	33.27
25	26	28	26	33	34	33	28	30	34	36	35	29	29	30	33	33	31.40
26	25	25	24	28	29	30	26	27	30	33	30	37	37	29	30	30	29.67
27	24	24	27	26	27	28	26	27	28	31	27	26	27	28	29	28	27.27
28	24	27	25	26	27	26	25	26	28	28	27	25	25	26	27	27	26.33
29	20	24	25	25	27	26	24	25	26	27	26	25	25	25	26	25	25.4
30	24	24	25	25	26	27	24	25	26	27	27	24	25	26	26	26	25.53
31	26	25	24	25	27	26	25	25	26	27	26	25	24	26	26	27	25.60
35	26	23	24	24	26	26	24	25	25	26	25	24	25	25	25	25	24.80
38	28	24	25	26	26	27	26	26	26	26	26	24	25	25	27	25	25.60
42	25	25	25	26	26	26	24	26	26	27	26	25	25	25	25	26	25.53
45	27	25	25	26	28	27	27	28	30	30	28	26	26	27	29	29	27.40

ตาราง 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก กองที่ 1

Day	Moisture (%)	pH	TOC (%)	TKN (%)	C/N ratio	Ext. Cu mg/kg	Ext. Zn mg/kg	NH ₄ ⁺ - N mg/kg
0	66.44	8.74	28.79	1.30	22.20	11.39	71.87	1173.00
3	61.23	9.26	25.36	1.33	19.02	-	-	-
7	57.47	8.80	23.39	1.76	13.29	8.39	57.78	161.60
10	50.02	8.90	20.61	2.79	7.39	-	-	-
14	51.98	9.21	24.61	1.50	16.41	9.76	54.54	69.47
17	46.84	9.20	31.50	2.13	14.76	-	-	-
21	60.96	8.99	26.57	1.63	16.34	11.01	48.44	354.33
24	56.36	7.59	25.29	1.12	26.12	-	-	-
28	54.66	8.32	25.01	1.77	14.27	11.14	63.95	81.87
35	54.67	8.46	29.58	1.87	15.82	8.48	48.61	70.87
42	44.95	9.00	24.07	1.68	14.30	10.68	55.63	144.93
49	53.20	8.60	22.93	1.75	13.13	12.34	65.47	29.37
56	52.22	8.98	24.30	1.84	13.26	9.80	50.47	31.03

ตาราง 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก กองที่ 2

Day	Moisture (%)	pH	TOC (%)	TKN (%)	C/N ratio	Ext. Cu mg/kg	Ext. Zn mg/kg	NH ₄ ⁺ - N mg/kg
0	66.89	8.63	23.30	1.59	14.62	6.73	58.80	1402.00
3	60.24	9.06	30.15	1.59	18.96	-	-	-
7	55.00	9.11	26.78	1.61	16.67	8.25	63.49	136.07
10	55.65	8.99	27.13	2.71	10.02	-	-	-
14	47.79	9.28	26.02	1.90	13.70	11.26	80.58	75.03
17	46.84	9.29	31.50	1.77	17.76	-	-	-
21	60.96	9.07	29.35	1.73	16.97	10.57	57.37	218.00
24	56.36	8.70	29.37	1.72	17.07	-	-	-
28	54.66	8.48	29.29	1.84	15.89	9.74	60.02	102.17
35	54.67	8.53	29.18	1.95	14.97	12.76	64.73	50.17
42	49.85	8.71	25.62	1.99	12.87	10.56	55.12	119.50
49	51.69	8.76	25.52	1.75	14.61	13.93	65.73	69.77
56	52.99	8.91	25.67	1.87	13.70	10.08	59.49	47.47

ภาคผนวก 3

การศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 0 ของการหมัก

แตงร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.6	2.5	1.2	1.1	0.5	2.3	2.3	3.0	1.6	1.4	2.0	1.8	1.6	0.5	0.6	1.7	1.7	1.5	1.5	1.9	1.7	1.5	0.8	1.0	1.6	1.7	1.3
0.6	2.0	1.2	0.9	0.8	1.2	2.0	3.0	2.5	2.3	2.7	1.9	1.9	0.1	1.9	1.8	2.1	2.4	1.1	1.6	1.4	1.0	0.7	1.3	1.6	2.1	1.5
0.4	3.0	1.1	1.1	0.4	1.3	1.2	3.0	0.7	3.0	3.1	2.4	1.2	0.1	1.4	1.3	2.4	1.7	1.6	2.0	1.0	0.4	0.7	1.1	1.5	1.7	1.7
1.9	1.8	1.3	2.0	0.5	1.5	1.3	2.5	2.0	2.3	3.3	3.0	2.1	0.3	0.8	0.9	3.0	1.0	1.9	1.8	1.8	1.3	0.8	1.8	1.5	1.3	1.2
0.0	0.5	1.1	1.8	0.8	1.2	2.8	5.0	2.4	12.9	3.2	1.6	1.7	1.8	1.2	0.9	1.0	1.5	1.8	1.0	1.2	0.6	0.7	0.5	1.2	1.9	1.9
2.0	3.9	1.5	1.8	0.7	1.9	1.8	2.0	1.9	1.2	3.8	1.3	1.8	1.9	0.9	0.8	2.3	2.5	0.9	0.9	1.8	0.3	0.4	1.3	1.3	0.7	2.0
1.1	1.7	1.5	1.7	0.1	1.2	2.1	2.5	0.5	4.0	0.6	0.9	0.6	0.5	0.3	2.3	4.2	3.7	0.9	0.6	1.5	0.7	0.6	1.5	0.8	1.9	1.4
1.7	1.5	1.0	1.3	0.8	0.8	1.9	2.0	2.5	4.1	4.0	1.4	0.4	0.5	0.4	2.5	0.8	4.5	1.7	1.2	1.4	0.6	1.1	1.8	1.1	2.0	1.5
1.0	1.7	1.9	0.4	0.4	ND	ND	1.5	ND	3.2	2.9	2.0	ND	0.3	ND	1.4	0.9	0.1	1.4	1.3	1.9	1.0	0.7	0.9	0.5	0.3	0.9
0.8	ND	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.8	0.2	0.4	ND	ND	ND	0.4	ND	ND	ND	0.3	1.7	ND	ND	ND	ND	ND	1.8

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
 - ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 7 ของการหมัก

แตงร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10.6	7.1	5.3	5.1	0.5	0.8	5.5	7.7	6.8	5.0	4.8	3.5	1.5	1.2	2.1	2.6	3.2	6.8	3.0	1.8	3.1	1.5	0.5	0.8	1.8	2.0	1.5
8.0	2.8	5.2	1.1	ND	0.6	6.0	5.9	5.0	5.5	2.6	1.4	2.6	2.0	2.0	2.6	2.0	5.0	3.1	2.6	2.4	1.1	ND	0.6	0.7	1.5	1.2
9.5	6.6	2.5	1.0	ND	1.1	5.4	6.3	6.0	3.5	5.5	4.1	1.6	1.3	2.4	2.6	1.8	6.0	3.1	2.5	2.8	2.0	ND	1.1	1.0	2.0	1.4
5.0	8.8	7.2	1.2	ND	2.2	6.5	5.5	5.5	6.1	5.3	3.7	1.0	1.2	1.6	1.6	2.2	5.5	2.8	2.7	1.8	1.2	ND	2.2	1.4	1.0	1.0
8.6	6.1	6.6	0.8	ND	0.5	5.1	5.4	5.4	8.0	3.1	5.7	0.7	2.0	1.1	3.0	2.6	4.5	1.1	2.4	3.8	0.8	ND	0.5	1.4	0.6	0.8
10.7	7.5	3.1	1.0	ND	0.8	2.0	3.0	3.0	4.3	5.8	1.8	1.1	1.9	1.0	1.5	2.5	2.5	2.6	1.8	1.1	1.0	ND	0.8	1.1	1.8	0.8
6.4	6.4	5.2	ND	ND	1.2	4.0	6.5	6.5	5.0	6.1	5.3	0.6	0.5	1.7	ND	ND	2.0	2.0	1.6	2.7	ND	ND	1.2	0.6	0.5	0.9
3.1	6.3	6.9	ND	ND	1.3	3.8	2.0	2.0	4.1	4.8	4.5	ND	1.2	1.0	ND	ND	1.0	2.3	2.8	1.9	ND	ND	1.3	1.3	0.7	0.6
8.2	1.2	1.0	ND	ND	ND	ND	2.3	2.3	6.0	5.1	2.3	ND	ND	ND	ND	ND	1.8	0.0	0.2	2.1	ND	ND	ND	1.0	ND	ND
3.3	0.0	0.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.6	4.7	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	0.0	0.0	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
 - ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 14 ของการหมัก

แต่งร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2.8	2.1	4.5	6.2	3.3	2.3	8.7	6.0	3.3	7.0	2.4	2.1	1.3	2.5	1.5	1.8	1.4	3.7	2.0	2.2	1.7	1.1	2.6	1.0	1.5	0.9	0.6
4.0	2.9	4.1	4.5	8.0	8.6	7.2	6.4	2.2	5.1	3.5	5.1	2.8	0.5	0.8	0.5	4.3	3.5	1.0	2.1	3.1	2.1	1.8	0.9	2.1	1.1	1.1
2.5	4.8	8.0	4.1	2.3	4.1	7.1	8.6	1.7	6.9	1.1	4.6	2.3	2.1	1.5	3.1	4.2	2.2	1.3	2.3	2.0	1.7	2.4	1.2	0.8	1.2	0.8
5.1	6.3	8.2	3.7	9.2	3.2	4.0	8.4	3.4	6.3	6.3	2.5	1.7	1.5	1.3	1.2	3.8	2.0	2.3	1.4	2.1	2.4	2.1	0.8	1.3	0.9	2.5
4.2	4.2	2.1	4.7	5.4	6.3	1.5	6.3	2.8	3.7	3.1	2.3	1.4	1.5	2.2	3.3	1.0	2.4	2.4	2.0	2.0	0.7	1.6	2.2	1.9	2.1	0.9
3.6	16.0	2.0	5.8	5.0	7.5	5.4	4.3	6.3	2.7	5.3	5.6	0.6	1.4	1.1	0.9	1.4	4.6	1.9	2.4	2.9	2.5	2.2	2.6	2.0	2.2	0.5
5.3	5.7	3.8	2.4	5.8	1.8	9.5	4.0	1.0	4.0	1.7	4.7	0.5	0.5	2.5	1.7	3.9	3.8	2.5	1.6	2.0	1.8	0.6	1.6	1.3	1.4	1.0
4.9	4.9	8.8	4.2	2.3	2.2	8.9	2.6	2.5	1.1	1.4	1.0	0.4	ND	0.9	ND	3.1	1.7	1.4	2.4	2.6	2.0	1.1	0.6	0.3	ND	ND
6.1	ND	7.8	5.4	7.0	ND	4.0	2.6	3.6	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.9	ND	1.7	0.6	2.8	0.3	2.4	1.1	ND	ND	ND
4.1	ND	6.1	4.0	7.2	ND	ND	2.2	5.3	4.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.8	0.9	ND	ND	1.8	1.2	ND	ND	ND

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
- ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาคือความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 21 ของการหมัก

แตงร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7.2	6.8	7.0	5.4	6.0	2.0	2.9	3.2	3.1	4.0	2.4	5.3	3.9	1.5	1.8	2.0	2.3	1.4	1.7	1.9	0.6	0.7	0.7	0.4	1.8	2.2	0.2
10.1	10.0	6.1	4.0	4.5	3.1	2.5	9.1	7.0	3.1	2.8	2.6	4.2	2.5	2.1	2.3	2.8	2.7	1.6	2.1	2.2	1.2	0.6	0.2	1.7	2.4	0.3
10.4	6.9	8.5	4.7	7.0	5.8	2.8	5.6	3.7	1.5	3.7	3.1	1.4	1.5	1.6	0.7	4.7	3.1	0.9	1.6	0.6	0.5	1.4	0.3	2.0	1.6	0.3
8.5	8.3	5.1	2.2	1.9	3.1	7.1	4.9	7.9	3.5	2.8	3.5	3.0	2.0	2.1	1.1	4.7	2.4	2.1	1.4	1.4	1.3	0.6	0.3	1.9	1.5	0.2
9.3	7.0	8.0	3.0	6.2	3.3	9.0	4.3	3.3	0.7	4.0	3.2	2.5	2.0	1.1	0.5	3.4	0.5	2.2	1.6	2.3	0.9	ND	ND	1.8	1.7	0.4
5.4	7.4	5.9	4.0	4.8	3.2	4.6	7.2	6.5	2.0	4.5	4.0	2.2	1.3	3.9	2.2	2.9	3.5	1.5	1.0	2.0	0.7	ND	ND	2.5	1.5	0.2
7.1	3.4	2.3	4.3	5.1	1.5	5.2	2.1	4.4	1.6	1.9	4.6	1.8	3.0	0.8	1.7	4.1	3.8	1.2	1.1	1.7	1.4	ND	ND	1.7	0.5	ND
6.3	7.1	5.0	2.7	2.8	1.7	2.5	3.0	6.6	4.6	2.6	2.3	1.5	0.2	0.7	1.3	2.5	1.7	0.3	1.7	1.4	0.3	ND	ND	ND	1.2	ND
7.0	5.6	5.4	2.9	2.9	1.1	1.9	2.0	4.0	2.1	2.3	3.4	0.8	0.1	ND	2.0	0.1	1.9	0.3	0.4	0.7	0.3	ND	ND	ND	ND	ND
4.6	ND	ND	ND	ND	2.3	4.1	3.9	2.7	0.9	3.2	0.3	0.1	ND	ND	0.1	ND	5.3	ND	0.3	1.9	0.2	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
 - ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 28 ของการหมัก

แตงร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7.7	8.3	7.0	6.8	7.0	6.0	6.8	3.8	7.7	3.8	0.6	1.1	1.3	1.1	1.1	2.1	1.4	1.1	1.8	1.0	1.4	0.6	1.0	1.1	0.4	0.6	0.6
6.8	8.0	9.5	5.5	7.0	4.5	6.7	2.5	6.1	3.0	1.0	0.5	1.8	1.0	1.6	1.0	3.5	0.1	1.3	1.3	1.7	1.2	0.8	1.0	0.5	1.0	0.7
9.5	8.0	6.5	6.0	5.0	5.7	2.6	5.3	7.0	0.5	ND	1.6	2.1	2.2	0.6	4.0	0.8	0.1	1.1	1.3	19	0.8	1.1	1.0	0.4	0.6	1.0
8.1	6.7	4.0	6.3	5.5	6.3	6.1	2.2	5.3	0.7	ND	ND	0.4	0.5	0.6	0.1	0.2	0.1	1.2	0.5	1.0	0.8	0.9	1.0	0.1	0.9	0.9
7.5	7.3	7.0	5.7	5.6	5.0	4.4	3.1	6.3	0.9	ND	ND	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	1.2	0.6	1.8	0.5	1.1	1.0	0.2	0.6	0.9
3.5	6.6	1.8	4.9	4.3	5.4	3.8	4.4	6.6	ND	ND	ND	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	ND	1.4	1.1	0.4	0.6	0.6	0.5	0.2	0.7	0.6
4.0	4.1	2.4	5.7	4.2	5.1	6.5	3.0	2.6	ND	ND	ND	0.1	0.1	ND	ND	ND	ND	0.9	1.3	ND	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.7
4.0	7.5	8.5	6.0	6.1	5.8	4.5	5.1	3.8	ND	ND	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	1.8	0.9	ND	0.4	ND	0.1	ND	0.2	0.8
5.8	7.0	6.0	2.9	6.3	6.2	4.7	6.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	0.1	ND
ND	6.0	7.2	3.2	5.7	3.7	ND	1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
 - ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาคือความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity) วันที่ 35 ของการหมัก

แตงร้าน									ผักกาด									ผักโขม								
ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2			ชุดควบคุม			กองที่ 1			กองที่ 2		
ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่			ซ้ำที่		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7.2	7.2	6.4	6.5	6.2	3.5	5.1	3.9	6.0	3.5	1.3	0.5	1.0	1.2	1.3	1.2	2.0	1.6	1.8	1.0	1.4	1.6	2.0	1.4	1.1	1.6	1.6
7.5	7.1	8.0	5.5	6.2	5.5	5.6	5.9	4.5	2.5	1.5	1.0	1.1	1.0	2.4	0.9	0.5	1.1	1.3	1.3	1.7	2.1	1.1	1.4	1.2	1.6	1.8
7.8	6.5	7.7	6.0	5.3	3.0	6.1	6.1	6.1	3.1	1.0	ND	0.1	0.2	1.4	1.1	0.1	0.1	1.1	1.3	1.3	2.2	1.7	1.3	1.0	1.7	2.0
8.1	6.7	8.0	5.2	5.6	5.8	6.5	4.5	6.3	1.1	ND	ND	ND	0.3	0.4	0.8	0.2	ND	1.2	0.6	0.5	1.2	1.8	1.3	1.3	1.0	1.7
8.5	7.4	6.3	6.1	6.3	5.6	5.6	6.1	5.6	1.2	ND	ND	ND	0.1	0.3	1.0	ND	ND	1.1	0.5	0.6	1.8	1.0	0.9	1.3	1.4	1.3
7.	8.0	6.8	6.0	5.1	6.5	5.8	6.3	3.1	1.4	ND	ND	ND	0.1	0.1	0.2	ND	ND	1.4	1.1	1.1	1.0	1.6	1.8	1.4	0.4	1.2
6.9	6.4	6.9	4.3	3.2	3.0	3.0	6.1	6.0	2.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.9	1.3	1.3	2.0	ND	1.0	1.0	ND	1.3
5.4	6.6	8.1	5.9	6.1	3.2	2.7	3.4	2.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.8	0.9	0.9	ND	ND	1.6	0.4	ND	0.9
7.2	2.7	7.5	5.6	ND	5.4	2.9	6.6	4.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.6
1.3	6.7	6.3	0.2	ND	ND	6.0	ND	4.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.1

หมายเหตุ: - ND = Not Detected
- ความยาวรากมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ภาคผนวก 4
การศึกษาการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ตารางที่ 1 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 0 : 0

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Avg.
7	1.5	2.8	2.5	2.1	2.0	2.2	2.0	1.9	3.0	2.0	1.8	3.0	2.23
14	3.0	3.4	5.2	3.3	3.4	5.0	2.4	5.0	5.4	2.7	2.6	3.5	3.74
21	3.5	3.4	5.0	4.8	7.0	5.3	5.6	6.6	7.4	4.8	6.4	6.6	5.53

ตารางที่ 2 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 1 : 0

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	avg.
7	2.2	2.4	2.5	1.6	1.6	2.6	1.7	2.0	2.0	2.5	2.1	2.0	2.10
14	5.4	4.6	3.8	2.3	4.9	4.4	2.6	3.6	3.8	4.0	2.7	3.0	3.76
21	8.3	4.8	6.3	3.6	6.2	4.7	4.8	6.2	4.6	5.1	6.3	6.1	5.58

ตารางที่ 3 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 2 : 0

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	avg.
7	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	3.0	1.0	0.8	0.5	1.7	1.5	2.8	1.82
14	3.1	2.6	1.8	4.4	2.8	4.9	1.9	5.0	2.7	2.2	2.7	3.6	3.14
21	5.2	5.1	3.9	7.0	5.3	5.1	4.0	5.6	4.6	7.3	6.6	7.1	5.57

ตารางที่ 4 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 0 : 1

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	avg.
7	2.5	2.1	2.0	1.5	2.5	2.0	2.0	3.0	1.5	2.0	1.3	2.2	2.05
14	3.9	6.6	6.7	5.0	5.3	5.5	7.4	7.1	5.1	4.8	5.2	6.7	5.78
21	5.0	8.0	10.4	8.3	11.5	11.3	12.8	9.1	10.0	6.3	8.4	11.0	9.34

ตารางที่ 5 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 1 : 1

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	avg.
7	1.8	2.7	0.8	2.5	2.1	1.4	2.7	2.2	2.0	2.6	1.6	3.1	2.13
14	5.8	7.4	3.2	6.8	7.0	4.3	7.3	7.1	5.4	5.1	3.9	6.1	5.78
21	7.5	9.8	6.8	7.4	12.6	7.4	9.7	8.3	7.1	7.8	7.0	10.9	8.53

ตารางที่ 6 ผลการเจริญเติบโตต้นข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ Pacific 285 ที่อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ : ปุ๋ยเคมี = 1 : 2

Day	ความสูงต้น (เซนติเมตร)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	avg.
7	2.5	3.2	2.1	3.0	2.7	3.3	3.3	2.5	2.1	2.0	2.3	2.8	2.65
14	7.5	7.1	7.3	8.6	7.8	8.5	4.3	7.8	3.9	6.7	6.0	8.0	6.96
21	8.1	10.9	8.0	9.7	7.3	10.0	5.1	9.0	4.2	12.1	9.3	7.7	8.45

ภาคผนวก 5

การทดสอบค่าทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test

การคำนวณทางสถิติโดยวิธีของ Duncan's Multiple Rang Test (สัปดาห์ที่ 1)

การทดสอบว่าเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยใดบ้างที่มีผลต่อความสูงต้นต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ปุ๋ยเคมี : อินทรีย์	ความสูงต้น												Total Y _i	$\bar{Y}_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0:0	1.5	2.8	2.5	2.1	2.0	2.2	2.0	1.9	3.0	2.0	1.8	3.0	26.8	2.23
0:1	2.2	2.4	2.5	1.6	1.6	2.6	1.7	2.0	2.0	2.5	2.1	2.0	25.2	2.1
0:2	2.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2	1	1.8	0.5	1.7	1.5	2.8	21.8	1.82
1:0	2.5	2.1	2.0	1.5	2.5	2.0	2.0	3.0	1.5	2.0	1.3	2.2	24.6	2.05
1:1	1.8	2.7	0.8	2.5	2.1	1.4	2.7	2.2	2.0	2.6	1.6	3.1	25.5	2.13
1:2	2.5	3.2	2.1	3.0	2.7	3.3	3.3	2.5	2.1	2.0	2.3	2.8	31.8	2.65

คำนวณหาค่า MS_E โดยการทดสอบ ANOVA (Single factor)

Source of						
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between						
Groups	4.562917	5	0.912583	2.992696	0.017032	2.353809
Within Groups	20.12583	66	0.304937			
Total	24.68875	71				

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า MS_E = 0.305 ,N = 72 ,n = 12 ,a= 6 และ error degrees of freedom = 66 นำ

ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:2} &= \bar{Y}_3 = 1.82 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:0} &= \bar{Y}_4 = 2.05 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:1} &= \bar{Y}_2 = 2.10 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:1} &= \bar{Y}_5 = 2.13 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:0} &= \bar{Y}_1 = 2.23 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:2} &= \bar{Y}_6 = 2.65
 \end{aligned}$$

คำนวณหาค่าวิกฤต R โดยที่ $S\bar{y}_i = \sqrt{\frac{MS_E}{n}} = \sqrt{\frac{0.305}{12}} = 0.159$ และเปิดค่า $r_{0.05}(p,f)$ จากตาราง โดยที่

degrees of freedom = 66 และ $\alpha = 0.05$ จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_2 &= r_{0.05}(2,66) = (2.8255)(0.159) = 0.45 \\
 R_3 &= r_{0.05}(3,66) = (2.9755)(0.159) = 0.47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_4 &= r_{0.05}(4,66) = (3.0755)(0.159) = 0.49 \\
 R_5 &= r_{0.05}(5,66) = (3.1370)(0.159) = 0.50 \\
 R_6 &= r_{0.05}(6,66) = (3.1970)(0.159) = 0.51
 \end{aligned}$$

เปรียบเทียบผลต่างของค่า $\bar{Y}_i$ กับค่า R

$$\begin{aligned}
 6 \text{ VS } 3 : 2.65 - 1.82 &= 0.83 > 0.51R_6 \\
 6 \text{ VS } 4 : 2.65 - 2.05 &= 0.60 > 0.50R_5 \\
 6 \text{ VS } 2 : 2.65 - 2.10 &= 0.55 > 0.49R_4 \\
 6 \text{ VS } 5 : 2.65 - 2.13 &= 0.52 > 0.47R_3 \\
 6 \text{ VS } 1 : 2.65 - 2.23 &= 0.42 < 0.45R_2 \\
 1 \text{ VS } 3 : 2.23 - 1.82 &= 0.41 < 0.50R_5 \\
 1 \text{ VS } 4 : 2.23 - 2.05 &= 0.18 < 0.49R_4 \\
 1 \text{ VS } 2 : 2.23 - 2.10 &= 0.13 < 0.47R_3 \\
 1 \text{ VS } 5 : 2.23 - 2.13 &= 0.10 < 0.45R_2 \\
 5 \text{ VS } 3 : 2.13 - 1.82 &= 0.31 < 0.49R_4 \\
 5 \text{ VS } 4 : 2.13 - 2.05 &= 0.08 < 0.47R_3 \\
 5 \text{ VS } 2 : 2.13 - 2.10 &= 0.03 < 0.45R_2 \\
 2 \text{ VS } 3 : 2.10 - 1.82 &= 0.28 < 0.47R_3 \\
 2 \text{ VS } 4 : 2.10 - 2.05 &= 0.05 < 0.45R_2 \\
 4 \text{ VS } 3 : 2.05 - 1.82 &= 0.23 < 0.45R_2
 \end{aligned}$$

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ มากกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ น้อยกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

การคำนวณทางสถิติโดยวิธีของ Duncan's Multiple Rang Test (สัปดาห์ที่ 2)

การทดสอบว่าเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยได้บ้างที่มีผลต่อความสูงต้นต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ปุ๋ยเคมี : อินทรีย์	ความสูงต้น												Total Y _i	$\bar{Y}_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0:0	3.0	3.4	5.2	3.3	3.4	5.0	2.4	5.0	5.4	2.7	2.6	3.5	44.9	3.74
0:1	5.4	4.6	3.8	2.3	4.9	4.4	2.6	3.6	3.8	4.0	2.7	3.0	45.1	3.76
0:2	5.4	4.6	3.8	2.3	4.9	4.4	2.6	3.6	3.8	4.0	2.7	3.0	37.7	3.14
1:0	3.9	6.6	6.7	5.0	5.3	5.5	7.4	7.1	5.1	4.8	5.2	6.7	69.3	5.775
1:1	5.8	7.4	3.2	6.8	7.0	4.3	7.3	7.1	5.4	5.1	3.9	6.1	69.4	5.78
1:2	7.5	7.1	7.3	8.6	7.8	8.5	4.3	7.8	3.9	6.7	6.0	8.0	83.5	6.96

คำนวณหาค่า MS_E โดยการทดสอบ ANOVA (Single factor)

Source of						
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between						
Groups	138.1174	5	27.62347	18.66913	1.63E-11	2.353809
Within Groups	97.65583	66	1.479634			
Total	235.7732	71				

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า MS_E = 1.48 ,N = 72 ,n = 12 ,a=6 และ error degrees of freedom = 66 นำ

ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:2 =	$\bar{Y}_3$	=	3.14
เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:0 =	$\bar{Y}_1$	=	3.74
เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:1 =	$\bar{Y}_2$	=	3.76
เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:0 =	$\bar{Y}_4$	=	5.775
เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:1 =	$\bar{Y}_5$	=	5.78
เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:2 =	$\bar{Y}_6$	=	6.96

คำนวณหาค่าวิกฤต R โดยที่ $S\bar{y}_i = \sqrt{\frac{MS_E}{n}} = \sqrt{\frac{1.48}{12}} = 0.351$ และเปิดค่า $r_{0.05}(p,f)$ จากตาราง โดยที่ degrees of freedom = 66 และ $\alpha = 0.05$ จะได้ดังนี้

R ₂	=	r _{0.05} (2,66)	=	(2.8255)(0.351)	=	0.99
R ₃	=	r _{0.05} (3,66)	=	(2.9755)(0.351)	=	1.04

$$\begin{array}{rclclcl}
 R_4 & = & r_{0.05}(4,66) & = & (3.0755)(0.351) & = & 1.08 \\
 R_5 & = & r_{0.05}(5,66) & = & (3.1370)(0.351) & = & 1.10 \\
 R_6 & = & r_{0.05}(6,66) & = & (3.1970)(0.351) & = & 1.12
 \end{array}$$

เปรียบเทียบผลต่างของค่า $\bar{Y}_i$ กับค่า R

$$\begin{array}{rcl}
 6 \text{ VS } 3 : 6.96 - 3.14 & = & 3.55 > 1.12 R_6 \\
 6 \text{ VS } 1 : 6.96 - 3.74 & = & 3.22 > 1.10 R_5 \\
 6 \text{ VS } 2 : 6.96 - 3.76 & = & 3.20 > 1.08 R_4 \\
 6 \text{ VS } 4 : 6.96 - 5.775 & = & 1.185 > 1.04 R_3 \\
 6 \text{ VS } 5 : 6.96 - 5.78 & = & 1.18 > 0.99 R_2 \\
 5 \text{ VS } 3 : 5.78 - 3.14 & = & 2.64 > 1.10 R_5 \\
 5 \text{ VS } 1 : 5.78 - 3.74 & = & 2.04 > 1.08 R_4 \\
 5 \text{ VS } 2 : 5.78 - 3.76 & = & 2.02 > 1.04 R_3 \\
 5 \text{ VS } 4 : 5.78 - 5.775 & = & 0.005 < 0.99 R_2 \\
 4 \text{ VS } 3 : 5.775 - 3.14 & = & 2.635 > 1.08 R_4 \\
 4 \text{ VS } 1 : 5.775 - 3.74 & = & 2.035 > 1.04 R_3 \\
 4 \text{ VS } 2 : 5.775 - 3.76 & = & 2.015 > 0.99 R_2 \\
 2 \text{ VS } 3 : 3.76 - 3.14 & = & 0.62 < 1.04 R_3 \\
 2 \text{ VS } 1 : 3.76 - 3.74 & = & 0.02 < 0.99 R_2 \\
 1 \text{ VS } 3 : 3.74 - 3.14 & = & 0.60 < 0.99 R_2
 \end{array}$$

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ มากกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ น้อยกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

การคำนวณทางสถิติโดยวิธีของ Duncan's Multiple Rang Test (สัปดาห์ที่ 3)

การทดสอบว่าเปอร์เซ็นต์ปุ๋ยได้บ้างที่มีผลต่อความสูงต้นต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ปุ๋ยเคมี : อินทรีย์	ความสูงต้น												Total Y _i	$\bar{Y}_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
0:0	3.5	3.4	5.0	4.8	7.0	5.3	5.6	6.6	7.4	4.8	6.4	6.6	66.4	5.53
0:1	8.3	4.8	6.3	3.6	6.2	4.7	4.8	6.2	4.6	5.1	6.3	6.1	67.0	5.58
0:2	5.2	5.1	3.9	7.0	5.3	5.1	4.0	5.6	4.6	7.3	6.6	7.1	66.8	5.57
1:0	5.0	8.0	10.4	8.3	11.5	11.3	12.8	9.1	10.0	6.3	8.4	11.0	112.1	9.34
1:1	7.5	9.8	6.8	7.4	12.6	7.4	9.7	8.3	7.1	7.8	7.0	10.9	102.3	8.53
1:2	8.1	10.9	8.0	9.7	7.3	10.0	5.1	9.0	4.2	12.1	9.3	7.7	101.4	8.45

คำนวณหาค่า MS_E โดยการทดสอบ ANOVA (Single factor)

Source of						
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between						
Groups	191.4883	5	38.29767	12.64634	1.27E-08	2.353809
Within Groups	199.8717	66	3.028359			
Total	391.36	71				

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า MS_E = 3.03 ,N = 72 ,n = 12 ,a=6 และ error degrees of freedom = 66 นำ

ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:0} = \bar{Y}_1 = 5.53$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:2} = \bar{Y}_3 = 5.57$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 0:1} = \bar{Y}_2 = 5.58$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:2} = \bar{Y}_6 = 8.45$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:1} = \bar{Y}_5 = 8.53$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปุ๋ย 1:0} = \bar{Y}_4 = 9.34$$

คำนวณหาค่าวิกฤต R โดยที่ $S\bar{y}_i = \sqrt{\frac{MS_E}{n}} = \sqrt{\frac{3.03}{12}} = 0.351$ และเปิดค่า $r_{0.05}(p,f)$ จากตาราง โดยที่

degrees of freedom = 66 และ $\alpha = 0.05$ จะได้ดังนี้

$$R_2 = r_{0.05}(2,66) = (2.8255)(0.502) = 1.42$$

$$R_3 = r_{0.05}(3,66) = (2.9755)(0.502) = 1.49$$

$$\begin{array}{rclclcl}
 R_4 & = & r_{0.05}(4,66) & = & (3.0755)(0.502) & = & 1.54 \\
 R_5 & = & r_{0.05}(5,66) & = & (3.1370)(0.502) & = & 1.57 \\
 R_6 & = & r_{0.05}(6,66) & = & (3.1970)(0.502) & = & 1.60
 \end{array}$$

เปรียบเทียบผลต่างของค่า $\bar{Y}_i$ กับค่า R

$$\begin{array}{rcl}
 4 \text{ VS } 1 : 9.34 - 5.53 & = & 3.81 > 1.60R_6 \\
 4 \text{ VS } 3 : 9.34 - 5.57 & = & 3.77 > 1.57R_5 \\
 4 \text{ VS } 2 : 9.34 - 5.58 & = & 3.76 > 1.54R_4 \\
 4 \text{ VS } 6 : 9.34 - 8.45 & = & 0.89 < 1.49R_3 \\
 4 \text{ VS } 5 : 9.34 - 8.53 & = & 0.81 < 1.42R_2 \\
 5 \text{ VS } 1 : 8.53 - 5.53 & = & 3.00 > 1.57R_5 \\
 5 \text{ VS } 3 : 8.53 - 5.57 & = & 2.96 > 1.54R_4 \\
 5 \text{ VS } 2 : 8.53 - 5.58 & = & 2.95 > 1.49R_3 \\
 5 \text{ VS } 6 : 8.53 - 8.45 & = & 0.08 < 1.42R_2 \\
 6 \text{ VS } 1 : 8.45 - 5.53 & = & 2.92 > 1.54R_4 \\
 6 \text{ VS } 3 : 8.45 - 5.57 & = & 2.88 > 1.49R_3 \\
 6 \text{ VS } 2 : 8.45 - 5.58 & = & 2.87 > 1.42R_2 \\
 2 \text{ VS } 1 : 5.58 - 5.53 & = & 0.05 < 1.49R_3 \\
 2 \text{ VS } 3 : 5.58 - 5.57 & = & 0.01 < 1.42R_2 \\
 3 \text{ VS } 1 : 5.57 - 5.53 & = & 0.04 < 1.42R_2
 \end{array}$$

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ มากกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ถ้าผลต่าง $\bar{Y}_i$ น้อยกว่าค่า R สรุปว่าค่าเฉลี่ย (pair of means) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ภาคผนวก 6

แบบสำรวจทัศนคติ

แบบสอบถาม

การสำรวจทัศนคติและการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

โครงการ การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักการการหมักวัสดุเหลือทิ้ง

ของชุมชนบ้านแม่ผาแหน

ผู้ตอบแบบสอบถาม

1) เพศ

☐ 1. ชาย

☐ 2. หญิง

2) อายุ

☐ 1. ต่ำกว่า 35 ปี

☐ 2. 36 – 45 ปี

☐ 3. 46 – 55 ปี

☐ 4. มากกว่า 55 ปี

3) สถานะ/ตำแหน่งในครอบครัว

☐ 1. หัวหน้าครอบครัว

☐ 2. สมาชิกในครัวเรือน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

4) วุฒิการศึกษา

☐ 1. ระดับประถมศึกษา

☐ 2. ระดับมัธยมศึกษา

☐ 3. ระดับปริญญาตรี

☐ 4. อื่น ๆ _____

5) อาชีพ

☐ 1. เกษตรกร

☐ 2. ค้าขายสินค้าเกษตร

☐ 3. รับจ้างทั่วไป

☐ 4. ประกอบธุรกิจส่วนตัว

☐ 5. อื่น ๆ _____

6) รายได้ต่อครัวเรือน ต่อปี

☐ 1. ต่ำกว่า 50,000 บาท

☐ 2. 50,000 – 99,999 บาท

☐ 3. 100,000 – 149,000 บาท

☐ 4. 150,000 – 199,999 บาท

☐ 5. มากกว่า 200,000 บาท

7) ท่านเป็นสมาชิกกลุ่ม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ 1. ไม่เป็นสมาชิกกลุ่มใด ๆ

☐ 2. กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์

☐ 3. กลุ่มเลี้ยงสุกร

☐ 4. กลุ่มยาสมุนไพร

☐ 5. กลุ่มประชาคม

☐ 6. กลุ่มอาสาพัฒนาชุมชน

☐ 7. กลุ่มผู้เลี้ยงเห็ด

☐ 8. กลุ่ม อปพร.

☐ 9. กลุ่มออมทรัพย์

ส่วนที่ 2 ทศนคติและการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์

8) ท่านใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกหรือไม่

☐ 1. ใช่ เพราะ _____

☐ 2. ไม่ใช่ เพราะ _____

9) ความถี่ที่ท่านใช้ปุ๋ยอินทรีย์

☐ 1. 1 – 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์

☐ 2. 1 – 2 ครั้งต่อเดือน

☐ 3. 1 – 2 ครั้งต่อปี

☐ 4. อื่น ๆ _____

10) ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ท่านใช้ในแต่ละครั้ง

☐ 1. 1 – 9 กิโลกรัม

☐ 2. 10 – 19 กิโลกรัม

☐ 3. 20 – 29 กิโลกรัม

☐ 4. 30 – 49 กิโลกรัม

☐ 5. มากกว่า 50 กิโลกรัมขึ้นไป

11) ปัจจุบันท่านใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับเกษตรกรรมชนิดใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ 1. ทำนา

☐ 2. พืชไร่

☐ 3. ไม้ผล

☐ 4. พืชดอก

☐ 5. พืชผัก

12) โปรดจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ท่านเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์

(ตอบเรียงความต้องการ 1 – 5 โดย 1 = ความต้องการมากที่สุด และ 5 = ความต้องการน้อยที่สุด)

☐ 1. คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์

☐ 2. ไม่มีสารเคมีตกค้าง

☐ 3. ราคาเหมาะสม

☐ 4. ความง่ายในการจัดหา

☐ 5. ความสะดวกในการใช้งาน

13) ทศนคติจากประสบการณ์การใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ทศนคติ	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย
1. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีความปลอดภัย อนุรักษ์ดินและน้ำ			
2. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มผลผลิต			
3. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิต (ขายได้ราคาสูงขึ้น)			
4. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร			
5. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้ระดับชีวิตเกษตรกรสูงขึ้น			
6. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชน			

ส่วนที่ 3 แนวโน้มการผลิตและการใช้ประโยชน์ปุ๋ยอินทรีย์ในอนาคตของชุมชน

14) ท่านคิดว่าในอนาคตท่านจะใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อไปอีกหรือไม่

☐ 1. จะใช้ต่อไป

☐ 2. จะไม่ใช้ (จบแบบสอบถาม)

15) หากชุมชนท่านมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เชิงอุตสาหกรรมแล้ว ท่านต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ชุมชนผลิตขึ้นหรือไม่

- ☐ 1. ต้องการ เพราะ _____
- ☐ 2. ไม่ต้องการ เพราะ _____

16) ท่านคิดว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตโดยชุมชน

(ตอบเรียงความต้องการ 1 – 8 โดย 1 = ความต้องการมากที่สุด และ 8 = ความต้องการน้อยที่สุด)

- | | |
|--|--|
| ☐ 1. การรับรองมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ | ☐ 2. ราคาเหมาะสม |
| ☐ 3. อนุรักษ์ดินและน้ำในชุมชน | ☐ 4. มีสารอาหารที่เหมาะสมกับพืช |
| ☐ 5. ความสะดวกและหาง่ายในชุมชน | ☐ 6. ส่งเสริมให้ชุมชนมีรายได้ |
| ☐ 7. มีการบรรจุ ใช้ถูกวิธี | ☐ 8. ลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย |

17) ถ้าท่านเลือกซื้อปุ๋ยอินทรีย์ที่ชุมชนผลิต ท่านยินดีจ่ายด้วยราคาใด

- ☐ 1. ราคาต้นทุนการผลิต + 5 %
- ☐ 2. กิโลกรัมละไม่เกิน _____ บาท
- ☐ 3. อื่น ๆ _____

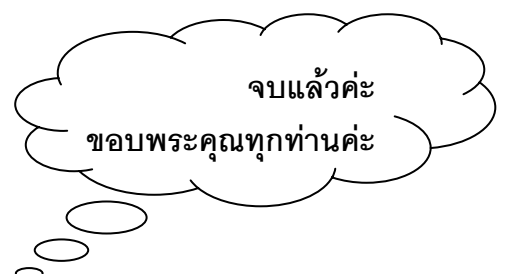
18) ท่านคิดว่าในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ท่านใช้ อย่างไร

- | | |
|--|--|
| ☐ 1. ใช้เพิ่มขึ้น | ☐ 2. ใช้ลดลง |
| ☐ 3. ไม่เปลี่ยนแปลง | ☐ 4. อื่น ๆ _____ |

19) ท่านคิดว่าแนวทางใดที่จะส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในชุมชน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ 1. ขยายในราคาต้นทุนกับผู้เข้าร่วมโครงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน
- ☐ 2. ขยายให้ผู้ต้องการใช้ปุ๋ยทั่วไปในราคาต้นทุน 30 กก. แรก ที่เกินกว่านี้ขยายในราคาต้นทุน + 5 %
- ☐ 3. ให้จัดจำหน่ายและเก็บเป็นเงินกองทุนหมู่บ้าน
- ☐ 4. แจกฟรีให้ทดลองใช้ 1 เดือน
- ☐ 5. อื่น ๆ _____

20) ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)



กำหนดการอบรมให้ความรู้แก่ชุมชนบ้านแม่ผาแพน

โครงการการศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุยหมัก
จากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพน

โดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ

สนับสนุนงบประมาณโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยในอุตสาหกรรม

วันพฤหัสบดีที่ 5 ตุลาคม 2549

ณ อาคารโยธา 1 ห้อง 1-103 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ

13.00 – 13.30 น.	ลงทะเบียน
13.30 – 13.45 น.	กล่าวเปิดงานโดย รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ
13.45 – 14.30 น.	การบรรยายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย โดย ดร.ปัญญารัตน์ ใจลำนันท์
14.30 – 15.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
15.00 – 16.00 น.	ซักถามและแสดงความคิดเห็น

การหมักปุ๋ยอินทรีย์

(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับชุมชน)



สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ

ดร.บัญญัติ ใจลำนันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารประกอบการอบรมให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการหมักปุ๋ย
สำหรับชุมชนบ้านแม่ผาแพ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่
โครงการ การศึกษาคุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักจากการหมักวัสดุเหลือทิ้งของบ้านแม่ผาแพ
วันที่ 5 ตุลาคม 2549

หัวข้อเรื่อง

- 1 ปุ๋ยหมักอินทรีย์
 - 1.1 นิยาม
 - 1.2 วัตถุประสงค์การทำปุ๋ยหมักอินทรีย์
- 2 วิทยาศาสตร์การหมักปุ๋ย
 - 2.1 หลักการการหมักปุ๋ย
 - 2.2 ระยะของการหมักปุ๋ย
 - 2.3 ปัจจัยควบคุม
 - 2.4 การตรวจสอบระยะของการหมักปุ๋ย
- 3 เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยชุมชนของประเทศไทย
 - 3.1 เทคโนโลยีแบบกองแถวพลิกกลับกอง
 - เทคโนโลยีระดับต่ำ
 - เทคโนโลยีระดับกลาง
 - เทคโนโลยีระดับสูง
 - 3.2 เทคโนโลยีแบบกองแถวสถิตย์
 - เทคโนโลยีระดับต่ำ
 - เทคโนโลยีระดับกลาง
 - เทคโนโลยีระดับสูง
- 4 คุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์
 - 4.1 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักอินทรีย์
 - 4.2 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านเกษตรกรรม
 - 4.3 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านอื่น
- 5 เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบการอบรม

1 รู้จักปุ๋ยหมักอินทรีย์

1.1 นิยาม

พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้นิยามคำว่าปุ๋ย หมายถึง สารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ หรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชไม่ว่าโดยวิธีใด หรือให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดิน เพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช ดังนั้น **ปุ๋ยหมักอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์วัตถุธรรมชาติ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ขึ้น สับ บด หมัก หรือ ร่อนหรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี** เช่น การหมักเศษซากพืช เช่น ฟางข้าว ต้นถั่วต่าง ๆ หญ้าแห้ง ของเหลือทิ้งจากชุมชน ร่วมกับมูลสัตว์โดยใช้เวลาหมักระยะหนึ่ง วัสดุหมักจะเปลี่ยนสภาพจากของเดิมเป็นปุ๋ยหมักที่มีลักษณะผงเปื่อยยุ่ย สีน้ำตาลปนดำ

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์

โดยทั่วไปแล้ว เศษอินทรีย์วัตถุแทบทุกชนิดสามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ เช่น มูลสัตว์ เศษขยะอาหาร เศษผักผลไม้ กากตะกอนน้ำเสีย น้ำกากส่า เศษหญ้าและเศษใบไม้สด เศษใบไม้และเศษกิ่งไม้แห้ง รวมถึงเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (ฟางข้าว แกลบ ชูยมะพร้าว ก้อนเห็ดเก่า ฯลฯ) ยกเว้นเศษอินทรีย์วัตถุที่มีการปนเปื้อนสารพิษ และเศษอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายยาก เช่น กระดาษแข็งหรืออาบมัน ที่ไม่ควรนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักปุ๋ยอินทรีย์ เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์สามารถจำแนก ออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้ 1) วัสดุหมักหลัก หรือวัสดุสด หมายถึง เศษวัสดุหลักที่ต้องการกำจัดหรือใช้หมักเพื่อทำปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ มูลสัตว์ และเศษอินทรีย์วัตถุเหลือทิ้งจากชุมชน โดยส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุหมักที่ย่อยสลายได้ง่าย และมีปริมาณความชื้นรวมถึงธาตุอาหารไนโตรเจนค่อนข้างสูง และ 2) วัสดุหมักร่วมหรือวัสดุแห้ง หมายถึง เศษวัสดุที่ใช้ในการเพิ่มปริมาตร การปรับปรุงโครงสร้างสภาพการระบายอากาศ และการปรับอัตราส่วนธาตุอาหารให้แก่กองปุ๋ยหมัก เช่น เศษใบไม้และกิ่งไม้แห้ง ขี้เลื่อย ฟางข้าว ขี้เลื่อย แกลบ ฯลฯ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากกว่าวัสดุหมักหลัก ส่วนค่าปริมาณความชื้นและธาตุอาหารไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ (Polprasert, 1996)

2 ปุ๋ยหมักอินทรีย์เกิดขึ้นได้อย่างไร?

2.1 หลักทางวิทยาศาสตร์การหมักปุ๋ย

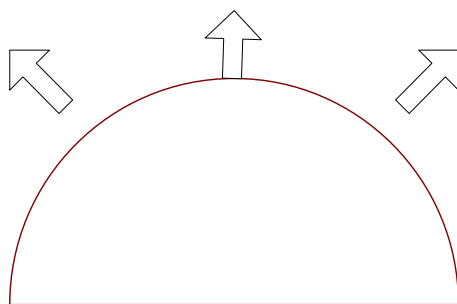
การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องอาศัยหลักการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรืออินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติเป็นผู้ย่อยสลาย (กระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์) กล่าวโดยง่ายคือ วัสดุหมักจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในด้านความชื้น ปริมาณอากาศ อัตราส่วนธาตุอาหารคาร์บอนต่อไนโตรเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น และในที่สุดจะได้ผลผลิตที่มีความเสถียร (ไม่เน่าเหม็นต่อไป) ปราศจากเชื้อโรค มีลักษณะเนื้อร่วนซุย สีน้ำตาลดำ เรียกว่า ปุ๋ยหมัก (Compost) หรือปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น สารประกอบไนโตรเจน (N) สารประกอบฟอสฟอรัส (P) และสารประกอบโพแทสเซียม (K) จึงนำไปใช้ในการบำรุงและปรับปรุงคุณภาพดินได้เป็นอย่างดี

กระบวนการหมักหรือกระบวนการทางชีวภาพของจุลินทรีย์ สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ การหมักแบบใช้ออกซิเจน และการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (รูปที่ 1) กระบวนการหมักทั้งสองประเภทจะได้ผลผลิต และข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

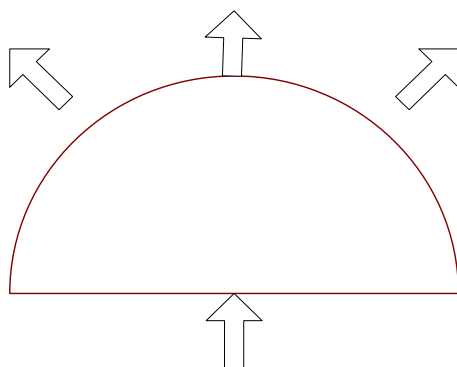
ตาราง 1 การเปรียบเทียบกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ลักษณะที่ใช้เปรียบเทียบ	การหมักแบบใช้ออกซิเจน	การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน
ผลผลิตหลัก	ปุ๋ย (ฮิวมัส) ,คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ, ความร้อน	ก๊าซมีเทน, คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ, กรดอินทรีย์, ก๊าซไข่เน่า, ตะกอนจุลินทรีย์
อัตราการย่อยสลาย	เร็ว	ช้า
ปัญหาเรื่องกลิ่น	น้อย	มาก
ความชื้น	40-50%	88-92%
การฆ่าเชื้อโรค	ดี	ปานกลาง
การจัดการในขั้นต่อไป	ไม่จำเป็น	ต้องจัดการตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น

ที่มา : Haug (1993) และ Polprasert (1996)



การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน



การหมักแบบใช้ออกซิเจน

ควา

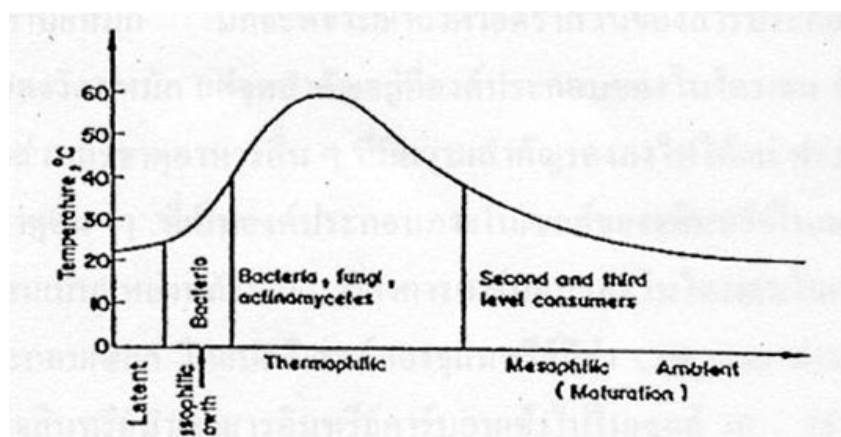
รูปที่ 1 กระบวนการหมักทางชีวภาพของจุลินทรีย์

จากการเปรียบเทียบพบว่า การหมักแบบใช้ออกซิเจนจะใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นกว่าสามารถลดปริมาณของมูลฝอยหรือวัสดุหมักได้มากกว่า อีกทั้งการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนยังมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า ดังนั้น การย่อยสลายหรือกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนโดยจุลินทรีย์ จึงเป็นหลักการสำคัญและนิยมในการหมักทำปุ๋ย

2.2 ระยะของการหมักปุ๋ย

ระยะของการหมักปุ๋ยสังเกตได้จาก ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับระยะเวลาการหมัก (รูปที่ 2) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ได้แก่

1. ระยะปรับตัว เป็นระยะเริ่มต้นของการหมัก ในระยะแรกนี้ จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ความเป็นกรดต่างของกองปุ๋ยค่อนข้างคงที่ วัสดุที่ใช้หมักจะยังไม่มี การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง
2. ระยะการเจริญเติบโต หรือระยะอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic temperature) ระยะนี้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มเจริญเติบโตและย่อยวัสดุหมักเพื่อใช้เป็นอาหาร อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเริ่มสูงขึ้น แต่จะอยู่ในช่วง 25 – 40 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชหรือค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อย จะอยู่ในช่วง 5.0 – 5.5 เนื่องจากการลดอินทรีย์ที่ผลิตขึ้น
3. ระยะการหมักเข้มข้น หรือระยะอุณหภูมิสูง (Thermophilic temperature) ระยะนี้การย่อยสลายวัสดุหมักเกิดขึ้นอย่างเข้มข้น อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเพิ่มเกิน 40 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิคจะตายและจะมีจุลินทรีย์พวกใหม่คือกลุ่มเทอร์โมฟิลิคมาย่อยสลายวัสดุหมักแทน ค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้น อยู่ในระหว่าง 8.0 – 9.0 เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายหมดแล้ว อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเริ่มลดลงและเข้าสู่ระยะต่อไป
4. ระยะเสถียร เมื่ออุณหภูมิของกองวัสดุหมักลดลงมาจนอยู่ในช่วงอุณหภูมิเมโซฟิลิค จุลินทรีย์ในกลุ่มเมโซฟิลิคก็จะเริ่มย่อยสารอินทรีย์อีกครั้ง และอุณหภูมิจะลดลงมาเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ค่าพีเอชจะลดลงมาอยู่ในช่วง 7.0 – 8.0 ในระยะนี้สารอินทรีย์โครงสร้างซับซ้อน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยไปเป็นฮิวมิกคอลลอยด์และเป็นฮิวมัสที่สุด ผลผลิตที่ได้คือปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ซึ่งเป็นสารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที



รูปที่ 2 ระยะของการหมักปุ๋ย

2.3 ปัจจัยควบคุม

การแปรสภาพวัสดุหมักให้กลายเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ต้องอาศัยกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมัก ดังนั้นเราควรควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ให้แก่กองปุ๋ยหมัก เพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องดังกล่าว สามารถจำแนกออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ปัจจัยทางด้านกายภาพ ปัจจัยทางด้านเคมี และปัจจัยทางด้านชีวภาพ ดังนี้

1) ปัจจัยทางด้านกายภาพ

การระบายอากาศ

สภาพการระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก มีผลสำหรับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศหรือใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย ดังนั้นจำเป็นต้องมีการระบายอากาศที่ดีเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและย่อยสลายวัสดุหมัก การระบายอากาศหรือการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองวัสดุหมัก นอกจากจะช่วยระบายอากาศแล้วยังช่วยระเหยน้ำออกจากกองปุ๋ยหมักเพื่อให้มีความชื้นที่เหมาะสมและช่วยควบคุมอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเนื่องจากสภาพไร้อากาศ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักมีค่าต่ำกว่า 15 % [Richard, 1992] การเพิ่มปริมาณอากาศให้แก่กองปุ๋ยหมักสามารถทำได้โดยการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักหรือการเติมอากาศโดยใช้เครื่องจักรกล ปริมาณอากาศที่ต้องการสำหรับจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และปริมาณของวัสดุหมัก โดยช่วงแรกของกระบวนการหมักจะมีความต้องการออกซิเจนสูงกว่าในระยะได้ที่ หากวัสดุหมักมีความชื้นสูงหรือมีขนาดเล็กจะมีผลให้วัสดุหมักอัดตัวกันแน่น ทำให้ช่องระบายอากาศมีน้อยลงจึงต้องเพิ่มการระบายอากาศโดยการพลิกกองวัสดุหมัก ส่วนวิธีการเติมอากาศโดยใช้เครื่องเติมอากาศให้กับกองวัสดุหมัก สามารถช่วยให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีการพลิกกลับกองวัสดุหมัก แต่ไม่ควรเติมอากาศมากเกินไป เพราะส่งผลให้ปริมาณความชื้นในระบบการหมักลดลงอย่างรวดเร็ว และการพัฒนาอุณหภูมิการหมักไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองวัสดุหมักมีความไม่เหมาะสม

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกระบวนการหมักปัจจัยหนึ่ง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของกองหมักเป็นผลจากความร้อนที่เกิดขึ้น จากกระบวนการย่อยสลายวัสดุหมักของจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายวัสดุ วัตถุประสงค์ของการควบคุมอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก คือ เพื่อให้เกิดการย่อยสลายวัสดุหมักให้สูงสุด และเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ โดยช่วงอุณหภูมิ 35 – 40 °C เป็นช่วงที่มีความหลากหลายของจุลินทรีย์ ช่วง

อุณหภูมิ 45 -55 °C ทำให้มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด และหากอุณหภูมิสูงกว่า 55 °C จะสามารถฆ่าเชื้อโรคในกองปุ๋ยหมัก ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงมีค่าระหว่าง 45 – 59 °C [Richard, 1992]

ชนิดของวัสดุหมัก

วัสดุที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นปุ๋ยหมักได้แก่ เศษซากของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ หรือแม้แต่พวกวัชพืช และเศษขยะอาหารตามอาคารบ้านเรือน วัสดุเหล่านี้เมื่อนำมาทำปุ๋ยหมักบางชนิดก็ย่อยสลายได้ง่าย รวดเร็ว บางชนิดก็ย่อยสลายได้ช้า ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุหมักเหล่านั้นว่ามีส่วนที่จุลินทรีย์สามารถใช้เป็นอาหารได้ยากหรือง่าย และมีแร่ธาตุอาหารอยู่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์หรือไม่ กรณีที่เป็นเศษวัสดุหมักที่ย่อยสลายได้ง่าย ได้แก่ เศษอาหาร มูลสัตว์ และเศษพืชสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษผัก กากเมล็ดข้าวฟ่าง พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน ใบจามจุรี ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ฯลฯ จะส่งผลให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นได้เร็วและระยะเวลาการหมักปุ๋ยค่อนข้างสั้น ในทางตรงกันข้าม กรณีที่เป็นเศษวัสดุหมักที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ชี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง ฯลฯ ซึ่งปกติพืชเหล่านี้จะมีองค์ประกอบเส้นใยทางเคมีที่ย่อยสลายยากในปริมาณสูง และมีแร่ธาตุอาหารบางชนิดอยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน ดังนั้นหากต้องการให้เศษพืชประเภทนี้สลายตัวได้เร็วขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่กองปุ๋ยหมัก

ขนาดของวัสดุหมัก

ขนาดของวัสดุหมักที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรมีขนาดที่เหมาะสม โดยทั่วไปขนาดของวัสดุหมักที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.27– 5.08 เซนติเมตร [Gray, 1971] จะช่วยให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ง่าย กรณีที่วัสดุหมักมีขนาดใหญ่กว่านี้ จะทำให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ ระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น การที่วัสดุหมักมีขนาดเล็กถือเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับจุลินทรีย์ได้สัมผัสมากขึ้น เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ทั่วถึง อย่างไรก็ตามถ้าวัสดุหมักมีขนาดเล็กเกินไปความพรุนของวัสดุหมักก็จะลดลงเป็นสาเหตุให้ไปขัดขวางการระบายอากาศของกองวัสดุหมักได้

ขนาดของกองปุ๋ยหมัก

ขนาดของกองปุ๋ยหมักจะมีผลต่อการระบายอากาศในกองปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อกองปุ๋ยสลายตัวไประยะหนึ่งแล้ว วัสดุหมักถูกย่อยมีเนื้อละเอียดขึ้น กองปุ๋ยจะยุบตัวลง เนื้อปุ๋ยด้านล่างก็จะถูกกดจนแน่น ทึบ ไม่สามารถระบายอากาศได้ ถ้ากองปุ๋ยสูงมาก ส่วนล่างของกองจะถูกน้ำหนักจากส่วนบนกดทับตัวให้อัดแน่น อย่างไรก็ตาม ขนาดของกองปุ๋ยหมักสามารถปรับยืดหยุ่นตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการหมักปุ๋ยได้ โดยทั่วไปความสูงของกองปุ๋ยหมักแบบกองแถว (Windrow) ที่พอเหมาะกรณีไม่ใช้เครื่องจักรกลขึ้นกองอยู่ในช่วง 1 - 1.3 เมตร ทั้งนี้ความกว้างของกองปุ๋ยหมักต้องไม่ต่ำกว่า 1.5 -2.0

เมตร [มลชยา และคณะ, 2548] กรณีใช้เครื่องจักรกลขึ้นกองความสูงของกองปุ๋ยหมักอาจกองได้สูงกว่านี้ ไม่ควรเกิน 1.5 – 1.8 เมตร สำหรับความกว้างของปุ๋ยก็อย่าให้กว้างเกินไป ความกว้างไม่ควรเกิน 2.4 – 3.0 เมตร และในทางตรงกันข้าม กองปุ๋ยก็ไม่ควรจะเตี้ย หรือแคบเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายออกไปได้ง่าย กองปุ๋ยจะไม่ร้อนเท่าที่ควร อีกทั้งกองปุ๋ยก็แห้งได้ง่ายด้วย ถ้ากองปุ๋ยแห้ง การสลายตัวก็จะหยุดชะงักลง ขนาดของกองปุ๋ยไม่ควรเล็กไปกว่าขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือกว้างยาวและสูงด้านละไม่ต่ำกว่า 1 เมตร [ชวลิต, 2549]

ความชื้น

การย่อยสลายวัสดุหมักโดยจุลินทรีย์ จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อมีการควบคุมปริมาณความชื้นที่เหมาะสมไม่สูงหรือต่ำเกินไป ทั้งนี้จะถูกใช้ในกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสียของจุลินทรีย์ ความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่มีความเหมาะสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 40 – 60 % ความชื้นที่ต่ำกว่า 40 % จะทำให้กองปุ๋ยหมักแห้ง จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะขาดน้ำและตาย ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีการพัฒนาอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก ระยะของการหมักชะงักหรือสิ้นสุดลง หากความชื้นสูงเกิน 60 % ปริมาณความชื้นส่วนเกินจะเป็นตัวขัดขวางการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยหมัก เกิดสภาพขาดอากาศหรือการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้โดยง่าย ส่งผลให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักและคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ค่อนข้างต่ำ

2) ปัจจัยทางด้านเคมี

สมดุลของธาตุอาหารหลัก คาร์บอนต่อไนโตรเจน

เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการอาหารในการดำรงชีพ โดยใช้ธาตุคาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และธาตุไนโตรเจนในการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อสร้างส่วนประกอบเซลล์ โดยปกติเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 10 – 15 ซึ่งหมายความว่า การที่จุลินทรีย์นำเอาสารอินทรีย์คาร์บอนเข้าไปในเซลล์ 10 – 15 หน่วย จำเป็นต้องนำเอาสารประกอบไนโตรเจนเข้าไปด้วย 1 หน่วย จึงจะทำให้เกิดความสมดุลของสารประกอบทั้งสองในเซลล์ ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงมีความสำคัญและมีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในการทำปุ๋ยหมักจึงจำเป็นต้องควบคุมสมดุลธาตุอาหารหลัก (อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน) ของวัสดุหมักให้เหมาะสม วัสดุหมักมีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอ หรือ C/N ratio สูง อัตราการย่อยสลายจะต่ำ เพราะจุลินทรีย์ขาดแคลนไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโต หากวัสดุหมักมีค่า C/N ratio ต่ำ การเจริญเติบโตและการย่อยสลายของจุลินทรีย์ก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็วจนอาจทำให้เกิดสภาพการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นได้ หากมีการเติมอากาศให้กองปุ๋ยหมักไม่เพียงพอ นอกจากนี้ ปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปอาจเกิดการสูญเสียในรูปของก๊าซ

แอมโมเนียที่ระเหยซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปช่วงอัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 25 – 30 [Polprasert, 1996, Epstein, 1997]

ความเป็นกรด-ด่าง (ค่าพีเอช)

ค่าพีเอช คือค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งแสดงถึงสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสสารซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรดจะเติบโตได้ดีในช่วงพีเอช 5 หรือต่ำกว่า กลุ่มจุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นด่างจะเติบโตได้ดีในช่วงพีเอช 7-12 และกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ชอบทั้งความเป็นกรดและด่างจะเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชที่เป็นกลางคือช่วง 6-8 โดยทั่วไปอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระหว่างการหมักจะมีค่าสูงเมื่อพีเอชอยู่ในช่วงระหว่าง 7-9 (กลุ่มจุลินทรีย์ที่ชอบความร้อนเติบโตได้ดี) การเปลี่ยนแปลงพีเอชของกระบวนการหมักมีลักษณะดังนี้ ในช่วงแรกค่าพีเอชจะตกลงเล็กน้อยในช่วง 5-5.5 เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายอย่างรวดเร็วและมีการผลิตกรดอินทรีย์ขึ้น จึงทำให้ค่าพีเอชลดลง ต่อมาค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นสภาวะด่างในช่วง 8-9 เนื่องจากจุลินทรีย์ได้เริ่มใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายเป็นแหล่งธาตุคาร์บอนแทน จึงทำให้ความเป็นกรดลดลง ดังนั้นค่าพีเอชจึงเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของพีเอช ที่สูงกว่า 8 อาจเกิดจากการที่สารประกอบไนโตรเจนถูกกลดรูปเป็นกรดอะมิโน สารประกอบแอมโมเนีย และก๊าซแอมโมเนียตามลำดับ ซึ่งมีสภาพเป็นด่าง จึงทำให้ระบบการหมักมีความเป็นกรดลดลง ค่าพีเอช จึงเพิ่มสูงขึ้น เมื่อการหมักผ่านไปได้ระยะหนึ่งค่าพีเอชจะค่อยๆ ลดลง และท้ายที่สุดก็ลดลงมาถึงค่าในช่วงค่อนข้างเป็นกลางคือ 7-8 และค่อนข้างคงที่เมื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ใกล้สิ้นสุดลง [Gray, 1971, Epstein, 1997]

3) ปัจจัยทางด้านชีวภาพ

ความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ ซึ่งมีบทบาทหรือทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในกองหมัก ให้กลายเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ ถือเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการควบคุมให้ระบบการหมักมีประสิทธิภาพ แม้ว่าในกองปุ๋ยหมักมีความหลากหลายของกลุ่มจุลินทรีย์ค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่ากลุ่มจุลินทรีย์ 3 กลุ่มหลัก ที่มีบทบาทในการย่อยสลายและตรวจพบในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่

1) แบคทีเรีย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มักตรวจพบได้ในปริมาณมากกว่าชนิดอื่น ๆ เสมอ จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะพบอยู่ในช่วงของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก สามารถพบได้ทั้งในสภาพการหมักที่มีออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยทั่วไปปริมาณแบคทีเรียจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ($40^{\circ}C$ ขึ้นไป) อย่างไรก็ตามสามารถพบแบคทีเรียอีกพวกหนึ่งที่สามารถทนต่อความร้อนและเติบโตที่อุณหภูมิสูงได้

2) แอคติโนมายซิส เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อยู่ระหว่างเชื้อรากับแบคทีเรีย แต่จะมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่า ส่วนใหญ่เป็นพวกที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ในช่วงอุณหภูมิ 65–70 องศาเซลเซียส และต้องใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต แอคติโนมายซิสที่พบในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่จะเป็นจำพวกที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสย่อยเซลลูโลส (สารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรต) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากในช่วงท้ายของการหมัก เช่น เซลลูโลส (Cellulose) และลิกนิน (lignins) เป็นต้น

3) รา เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีการดำรงชีวิตคล้ายกับพืช มีลักษณะเป็นเส้นใยเรียงต่อกันมี และใช้สปอร์ในการสืบพันธุ์ เชื้อราที่ค้นพบมีทั้งชนิดที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน และในกองปุ๋ยหมักก็มักตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ โดยเฉพาะผิวด้านนอกของกองปุ๋ยหมักเพราะมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต รามีบทบาทสำคัญเช่นเดียวกันกับกลุ่มแอคติโนมายซิสคือเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากในขั้นหลังของการหมักโดยเฉพาะการย่อยสลายพวกเส้นใยของพืช และไม้เนื้อแข็ง

2.4 การติดตามระยะของการหมักปุ๋ย

ในการติดตามระยะของการหมักปุ๋ยหมัก จำเป็นต้องมีการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของวัสดุหมักอยู่เสมอจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานะและประสิทธิภาพของระบบการหมัก ตลอดจนเพื่อควบคุมระบบการหมักให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและบรรลุผล การตรวจวัดขั้นพื้นฐานเพื่อการติดตามระยะของการหมักปุ๋ยนั้นสามารถตรวจวัดได้ทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพ ดังนี้

1)ทางด้านกายภาพ

อุณหภูมิ

การตรวจวัดอุณหภูมิของวัสดุหมัก เป็นการตรวจสอบที่ง่ายและชัดเจนที่สุดคือในระยะปรับตัว อุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย เมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วงไม่เกิน 40 °C จะอยู่ในระยะที่ 2 ของการหมักหรือระยะอุณหภูมิปานกลาง จนกระทั่งอุณหภูมิสูงกว่า 40 °C ขึ้นไป จะเป็นระยะที่ 3 หรือระยะอุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นช่วงการหมักอย่างเข้มข้น กองปุ๋ยจะรักษาระดับอุณหภูมิประมาณ 55–70 องศาเซลเซียสเป็นเวลาหลายวัน ในช่วงนี้จำเป็นต้องมีการตรวจวัดและปรับปริมาณความชื้นของกองหมักอย่างสม่ำเสมอไม่ให้ต่ำกว่า 40% เพื่อป้องกันมิให้วัสดุหมักแห้งและการย่อยสลายของจุลินทรีย์หยุดชะงักกัน หลังจากนั้นอุณหภูมิของกองหมักจะลดลงจนกระทั่งอุณหภูมิเริ่มคงที่เท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ แสดงว่าวัสดุหมักเข้าสู่ระยะเสถียรค่อย ๆ กลายเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ในที่สุด การตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยควรทำการตรวจวัดและบันทึก

ข้อมูลทุกวันจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก โดยทำการตรวจวัดหลายจุดให้ครอบคลุมทั้งหน้าตัดขวางและหน้าตัดตามยาวของกองปุ๋ยหมัก

สี กลิ่น และลักษณะเนื้อวัสดุหมัก

การสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของวัสดุหมักด้วยสายตาและการสัมผัส เป็นการตรวจสอบระยะการหมักที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับวิธีหนึ่ง โดยสังเกตได้ว่าเมื่อระยะการหมักผ่านไปเข้าสู่ช่วงการหมักเข้มข้น วัสดุหมักจะมีสีเข้มขึ้น (น้ำตาลเข้มปนดำ) และอาจมีการระเหยของก๊าซแอมโมเนียเกิดขึ้นในระหว่างนั้น และเมื่อเข้าสู่ช่วงเสถียรของการหมัก วัสดุหมักจะมีลักษณะเนื้อที่ละเอียดขึ้น ร่วนซุย เนื้อนุ่ม สีน้ำตาลดำ และมีกลิ่นคล้ายกลิ่นดินแทน การสังเกตการเปลี่ยนแปลง สี กลิ่น และลักษณะเนื้อวัสดุหมัก อาจทำการตรวจวัดทุก 3 วัน หรือปรับความถี่ของการตรวจวัดได้ตามความเหมาะสม

2) ทางด้านเคมี

อัตราส่วนธาตุอาหารหลัก (คาร์บอนต่อไนโตรเจน)

การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจน หรือ C/N ratio ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก เป็นแนวโน้มที่ใช้ในการอธิบายระยะของการหมักปุ๋ยได้วิธีหนึ่ง แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า C/N ratio ของการหมักอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายง่ายจะมีค่าลดลงต่ำกว่าค่าเริ่มต้น และเมื่อสิ้นสุดการหมักค่า C/N ratio ควรมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักโดยทั่วไป [Polprasert, 1996, Epstein, 1997, กรมวิชาการเกษตร, 2548] อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์และอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของค่า C/N ratio จำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุหมักประกอบการพิจารณา เช่น ในกรณีที่ใช้เศษวัสดุย่อยสลายยาก (ขี้เลื่อยหรือเศษชิ้นไม้) เป็นวัสดุหมักร่วม ค่า C/N ratio อาจมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยหรือใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้นที่สิ้นสุดการหมัก เป็นต้น [Jolanun *et al.*, 2005, Jolanun *et al.*, 2006] การตรวจวัดอัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจน หรือ C/N ratio ควรทำการตรวจวัดค่อนข้างถี่ในช่วงแรกของการหมักเช่น ทุก 3 วัน เมื่อผ่านช่วงการหมักอย่างเข้มข้นไปแล้วอาจทำการตรวจวัดทุก 5-7 วันจนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่าพีเอช)

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่าพีเอช สามารถอธิบายระยะของการหมักปุ๋ยได้วิธีหนึ่ง ซึ่งในระยะแรกของการหมักค่าพีเอชจะลดลงเล็กน้อย หลังจากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมีสถานะเป็นด่างอยู่ในช่วง 8-9 ในระยะการหมักเข้มข้นหรือระยะอุณหภูมิสูง เมื่อเข้าสู่ระยะเสถียรของการหมัก ค่าพีเอชจะค่อยๆ ลดลงและคงที่อยู่ในช่วง 7-8 ที่สิ้นสุดการหมัก การตรวจวัดค่าพีเอชควรทำ

การตรวจวัดค่อนข้างถี่ในช่วงแรกของการหมักเช่น ทุก 1-3 วัน เมื่อผ่านช่วงการหมักอย่างเข้มข้นไป แล้วอาจทำการตรวจวัดทุก 5-7 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก

3)ทางด้านชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณและชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์ในกองหมัก เป็นการติดตามหรือตรวจสอกระยะของการหมักทางด้านชีวภาพที่ให้ได้ผลดีและชัดเจน ทั้งนี้ ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์จะแปรผันตามการพัฒนาอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งสะท้อนความก้าวหน้าของระยะการหมักปุ๋ย ในระยะปรับตัวอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นพวกจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัสดุหมัก ในระยะอุณหภูมิปานกลางจะพบจุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิคในปริมาณสูง และอาจพบเชื้อราบริเวณผิวนอกของปุ๋ยหมักเล็กน้อย เมื่อเข้าสู่ระยะอุณหภูมิสูง ปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิคจะค่อนข้างต่ำ เพราะไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ ขณะที่จุลินทรีย์กลุ่มเทอร์โมฟิลิคซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์และเติบโตในปริมาณที่สูงแทน ในระยะนี้อาจตรวจพบเชื้อราและแอคติโนมัยซิสบางชนิดในกองปุ๋ยหมัก ในช่วงท้ายของการหมัก เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนเกือบหมด อุณหภูมิจะลดลงเท่ากับบรรยากาศโดยรอบและเข้าสู่ระยะเสถียร จุลินทรีย์กลุ่มเมโซฟิลิคจะกลับย่อยสลายสารอินทรีย์และเติบโตเพิ่มปริมาณอีกครั้งหนึ่ง รวมทั้งการเจริญเติบโตของกลุ่มแอคติโนมัยซิส และกลุ่มราที่ช่วยย่อยสลายพวกเซลลูโลส และลิกนิน ในพืช การตรวจวัดชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ควรทำการตรวจวัดค่อนข้างถี่ในช่วงแรกของการหมักเช่น ทุก 3 วัน เมื่อผ่านช่วงการหมักอย่างเข้มข้นไปแล้วอาจทำการตรวจวัดทุก 5-7 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการหมัก

3 ทางเลือกเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม

กรณีชุมชนมีความต้องการผลิตปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้ประโยชน์ภายในชุมชนตลอดจนการขยายผลการผลิตเชิงอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของชุมชน ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ประกอบเข้าด้วยกัน เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักปุ๋ย ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ความซับซ้อนของเทคโนโลยี ความยาก-ง่ายในการดำเนินการ ความต้องการพื้นที่ใช้งาน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการ เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยดังกล่าวแล้ว บริบทและขีดความสามารถในการจัดการของชุมชน ถือเป็นอีกปัจจัยที่ควรคำนึงถึง ดังนั้น หากพิจารณาทางเลือกเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม สำหรับชุมชนขนาดเล็กถึงขนาดกลางในประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณมูลฝอยหรือวัตถุดิบใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักไม่เกิน 10 ตันต่อวัน เทคโนโลยีที่เลือกใช้ อาจพิจารณาได้ตั้งแต่เทคโนโลยีระดับต่ำถึงสูง ทั้งนี้ ควรคำนึงถึงศักยภาพของชุมชนในการเข้าถึงเทคโนโลยี และขีดความสามารถของชุมชนในการ

ดำเนินการเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการผลิตปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

3.1 เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกอง

เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกอง เป็นเทคโนโลยีการหมักแบบไม่ใช้ถังปฏิกริยา (Nonreactor system) ที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไปวิธีหนึ่ง เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และการหมักได้ผลดี ระดับของเทคโนโลยีการหมักแบบกองแถวพลิกกลับกองเริ่มตั้งแต่ระดับต่ำ (Low-level technology) ระดับกลาง (Intermediate-level technology) และระดับสูง (High-level technology) โดยมีหลักการพอสังเขป ดังนี้

1) เทคโนโลยีระดับต่ำ (Low-level technology)

หลักการ

วัสดุหมักจะถูกผสมให้เข้ากันโดยคำนึงถึงเงื่อนไขของความชื้น และสภาพการระบายอากาศของวัสดุหมักเป็นหลัก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีระดับต่ำที่ไม่อาศัยการใช้เครื่องจักรกล (รูปที่ 3) ดังนั้น ปริมาณความชื้นและขนาดของกองหมักจึงค่อนข้างมีผลต่อการย่อยสลาย โดยความชื้นของวัสดุหมักไม่ควรสูงเกิน 50% และขนาดของการขึ้นกองหมักควรเชื่อมต่อสภาพการระบายอากาศโดยง่าย กองหมักไม่ควรมีขนาดที่สูงและใหญ่เกินไป อาจมีขนาดได้ในช่วงความสูงประมาณไม่เกิน 5-6 ฟุต และความกว้างไม่เกิน 8-12 ฟุต ระหว่างการหมักต้องมีการพลิกกลับกองและปรับความชื้นให้แก่วัสดุหมักเป็นครั้งคราว การพลิกกลับกองวัสดุหมักนั้นสามารถทำได้โดยใช้แรงงานคน ในกรณีนี้กองวัสดุหมักจะต้องมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก สำหรับความถี่ของการพลิกกลับกองจำเป็นต้องพิจารณาระดับอุณหภูมิ และระดับความชื้นประกอบกัน เพื่อหารูปแบบความถี่ในการพลิกกลับกองที่เหมาะสม



รูปที่ 3 เทคโนโลยีแบบกองแถวพลิกกลับกอง (เทคโนโลยีระดับต่ำ)

จุดเด่น-จุดด้อย

ข้อดีของการหมักรูปแบบนี้คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการต่ำมาก สามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เหมาะสำหรับชุมชนขนาดเล็กที่ยังไม่พร้อมลงทุนในส่วนของเทคโนโลยี ส่วนข้อเสียคือ หมักได้ที่ละน้อย มีความต้องการพื้นที่ค่อนข้างสูง เพราะการหมักแต่ละกองไม่สามารถตั้งกองให้มีขนาดใหญ่ได้ อัตราการหมักค่อนข้างต่ำ หากต้องการผลิตในปริมาณมากหรือผลิตเชิงอุตสาหกรรมจะต้องตั้งกองปุ๋ยหมักหลายกองทำให้เสียเวลาและไม่คุ้มทุน ประสิทธิภาพของระบบการหมักปานกลาง-สูง (ต้องมีการดูแลและติดตามการหมักอย่างใกล้ชิด) และต้องการแรงงานในการดำเนินการ

2)เทคโนโลยีระดับกลาง (Intermediate-level technology)

หลักการ

วัสดุหมักจะถูกผสมให้เข้ากันโดยยังคำนึงถึงเงื่อนไขของความชื้น และสภาพการระบายอากาศของวัสดุหมัก อย่างไรก็ตามความชื้นของวัสดุหมักอาจยืดหยุ่นให้สูงได้พอสมควร (60-70%) เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีระดับกลางที่อาศัยการใช้เครื่องจักรกลขนาดเล็กในการพลิกกลับกอง (รูปที่ 4) จึงส่งผลให้ระบบการหมักมีประสิทธิภาพในเพิ่มปริมาณอากาศและลดปริมาณความชื้นได้ดี นอกจากนี้การพลิกกลับกองด้วยเครื่องจักรกลมีส่วนช่วยสับให้วัสดุหมักมีขนาดเล็กลงได้ ดังนั้น การย่อยสลายจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วและเกิดความร้อนได้มากจึงจำเป็นต้องคอยตรวจวัดระดับอุณหภูมิและปรับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมอยู่เสมอขนาดของการขึ้นกองหมักสามารถปรับได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของเครื่องจักรกลในการพลิกกลับกอง สำหรับความถี่ของการพลิกกลับกองจำเป็นต้องพิจารณาระดับอุณหภูมิและระดับความชื้นประกอบกัน เพื่อหารูปแบบความถี่ในการพลิกกลับกองที่เหมาะสมเช่นกัน

จุดเด่น-จุดด้อย

ข้อดีของการหมักรูปแบบนี้คือ ต้องการแรงงานคนน้อย สามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เหมาะสำหรับชุมชนขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยหมักในอัตราที่สูงกว่าแบบแรก ลดระยะเวลาการหมักลง ส่วนข้อเสียคือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการในส่วนของเครื่องจักรกล ตลอดจนงบประมาณในการบำรุงรักษา และมีความต้องการพื้นที่ทำงานในส่วนของเครื่องจักรกล อาจทำให้ความต้องการพื้นที่โดยรวมสูงขึ้นได้



รูปที่ 4 เทคโนโลยีแบบกองแถวพลิกกลับกอง (เทคโนโลยีระดับกลาง)

3)เทคโนโลยีระดับสูง (High-level technology)

หลักการ

การหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกองโดยใช้เทคโนโลยีระดับสูง เป็นการมุ่งเน้นพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการพลิกกลับกองให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพื่อให้เกิดการคลุกเคล้าของวัสดุหมักอย่างทั่วถึงได้ดียิ่งขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสอากาศและลดความชื้นของวัสดุหมัก ขณะเดียวกันสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ในอัตราที่สูงขึ้น เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีระดับสูง ที่อาศัยเครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบมาพิเศษในการพลิกกลับกอง (รูปที่ 5) จึงส่งผลให้ระบบการหมักมีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูงสำหรับการหมักอินทรีย์วัตถุหรือมูลฝอยอินทรีย์หลายประเภท เนื่องจากการย่อยสลายและความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องคอยตรวจวัดระดับอุณหภูมิ และปรับความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ อยู่เสมอ ขนาดของการขึ้นกองหมักสามารถปรับได้ตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของเครื่องจักรกลในการพลิกกลับกอง สำหรับความถี่ของการพลิกกลับกองจำเป็นต้องพิจารณาระดับอุณหภูมิและระดับความชื้นประกอบกัน เพื่อประเมินระยะของการหมักปุ๋ยและหารูปแบบความถี่ในการพลิกกลับกองที่เหมาะสมเช่นกัน



รูปที่ 5 เทคโนโลยีแบบกองแถวพลิกกลับกอง (เทคโนโลยีระดับสูง) by the SILODA

จุดเด่น-จุดด้อย

ข้อดีของการหมักรูปแบบนี้คือ มีประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยหมักในอัตราที่สูง ระบบมีความยืดหยุ่นต่อการหมักมูลฝอยหรืออินทรีย์วัตถุหลายชนิด (รวมถึงมูลฝอยความชื้นสูง) สามารถออกแบบการใช้พื้นที่โรงหมักปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเครื่องจักรกลที่พัฒนาขึ้นได้ เทคโนโลยีระดับสูงนี้ เหมาะสำหรับชุมชนการผลิตปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (มากกว่า 50 ตันต่อวัน) จึงจะมีความคุ้มทุน ส่วนข้อเสียคือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการในส่วน of เครื่องจักรกลค่อนข้างสูงถึงสูงมาก มีความต้องการช่างเทคนิคเชี่ยวชาญในการดูแลระบบ ตลอดจนงบประมาณในการบำรุงรักษา นอกจากนี้การพลิกกลับกองในลักษณะดังกล่าว (รูปที่ 5) อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของวัสดุหมัก รวมทั้งก๊าซ และกลิ่น ต่างๆ จำเป็นต้องมีการจัดการรองรับปัญหาในส่วนนี้เพิ่มเติม

3.2 เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวสถิตย์

เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวสถิตย์ เป็นเทคโนโลยีการหมักแบบไม่ใช้ถังปฏิกริยา (Nonreactor system) และไม่พลิกกลับกอง เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และการหมักได้ผลดีเช่นเดียวกับเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกอง ประสิทธิภาพของระบบการหมักขึ้นอยู่กับระดับของเทคโนโลยีที่ใช้ เทคโนโลยีการหมักแบบกองแถวสถิตย์มีทั้งระดับต่ำที่อาศัยหลักการเคลื่อนย้ายมวลอากาศและการนำความร้อนตามธรรมชาติไม่ใช้เครื่องจักรกล (Passively aerated static pile) และระดับสูงที่อาศัยหลักการเติมอากาศโดยใช้เครื่องจักรกล (Forced aeration) โดยมีหลักการพอสังเขป ดังนี้

1)เทคโนโลยีระดับต่ำ (Low-level technology)

เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีระดับต่ำที่ไม่อาศัยการใช้เครื่องจักรกลและไม่มีการพลิกกลับกองวัสดุหมักจะถูกผสมให้เข้ากันโดยคาน้ำถึงเงื่อนไขของความชื้น และสภาพการระบายอากาศของวัสดุหมักเป็นหลัก ดังนั้นปริมาณความชื้นและขนาดของกองหมักจึงค่อนข้างมีผลต่อการย่อยสลาย โดยความชื้นของวัสดุหมักไม่ควรสูงเกิน 50% และขนาดของการขึ้นกองหมักควรเอื้อต่อสภาพการระบายอากาศโดยง่าย กองหมักไม่ควรมีขนาดที่สูงและใหญ่เกินไป อาจมีขนาดได้ในช่วงความสูงประมาณไม่เกิน 4-6 ฟุต และความกว้างไม่เกิน 6-10 ฟุต ด้วยการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์อาศัยหลักการเติมอากาศตามธรรมชาติดังนี้ มวลอากาศร้อนที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นสูงออกจากกองหมักด้านบน มวลอากาศที่เย็นกว่าจะไหลเข้าแทนที่ที่ด้านล่างหรือฐานของกองปุ๋ยหมัก ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดสภาพการระบายอากาศโดยธรรมชาติเกิดได้ดียิ่งขึ้น เทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจใช้กันโดยทั่วไปสำหรับเทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตย์ได้แก่ การออกแบบระบบระบายอากาศที่ฐานของกองปุ๋ยหมักด้วยท่อเจาะรูหรือแท่นระบายอากาศ (รูปที่ 6) และการออกแบบฐานของกองหมักด้วยวัสดุความพรุนสูง เช่น เศษชิ้นไม้ เศษเนื้อไม้ และฟาง เป็นต้น



รูปที่ 6 เทคโนโลยีแบบกองแถวสถิตย์ (เทคโนโลยีระดับต่ำ)

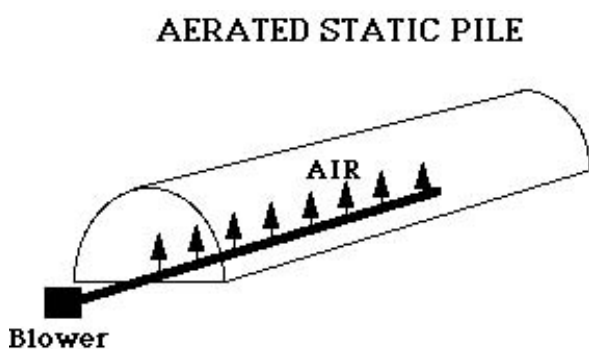
จุดเด่น-จุดด้อย

จุดเด่นของการหมักรูปแบบนี้คือ ค่าใช้จ่ายและการลงทุนต่ำ เป็นระบบที่ค่อนข้างประหยัด และไม่ต้องใช้แรงงานในการพลิกกลับกอง ระบบมีความยืดหยุ่นต่อการหมักมูลฝอยหรืออินทรีย์วัตถุ

หลายชนิด ส่วนข้อเสียคือ ประสิทธิภาพการหมักไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับหมักแบบพลิกกลับกอง เนื่องจากอาศัยหลักการการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม หากมีการออกแบบระบบช่วยการระบายอากาศที่ดีก็อาจเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ ระยะเวลาการหมักค่อนข้างนาน มีความต้องการพื้นที่สูง และอาจมีปัญหาเรื่องกลิ่นหากกองหมักถูกรบกวน

2)เทคโนโลยีระดับสูง (High-level technology)

เทคโนโลยีการหมักปุ๋ยแบบกองสถิตยระดับสูงนี้จะไม่มีการพลิกกลับกองวัสดุหมัก เนื่องจากใช้เครื่องจักรกลในการเติมอากาศ (รูปที่ 7) ดังนั้น จึงสามารถประยุกต์ใช้กับวัสดุหมักที่มีลักษณะค่อนข้างเปียก หรือมีความชื้นสูงได้ดี เช่น การหมักกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย การให้อากาศแก่กองปุ๋ยหมักโดยเครื่องเติมอากาศสามารถกระทำได้สองลักษณะ คือ การอัดอากาศเข้าสู่กองหมัก (Positive pressure mode) หรือการดูดอากาศออกจากกองหมัก (Negative pressure mode) การควบคุมอัตราการเติมอากาศอาจเป็นลักษณะการเติมอากาศแบบต่อเนื่อง (continuous mode) หรือการเติมอากาศแบบเป็นช่วงๆ (Intermittent mode) เนื่องจากเป็นการหมักแบบกองสถิตยที่ไม่มีการพลิกกลับกอง ดังนั้น วัสดุหมักนี้ทำให้ต้องย่อยขนาดของวัสดุหมักให้เล็กและผสมเข้ากันอย่างทั่วถึงเพื่อช่วยให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับจุลินทรีย์มากขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์จึงจะเกิดได้ดี การเติมอากาศเข้าไปนอกจากจะทำให้เกิดการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนแล้วยังเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในกองวัสดุหมักด้วย อัตราการเติมอากาศขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุหมักและขนาดของกองวัสดุหมัก นอกจากนี้ อาจมีการตั้งเวลาเปิดและปิดเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติซึ่งสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิในกองวัสดุหมัก



รูปที่ 7 เทคโนโลยีแบบกองแถวสถิตย (เทคโนโลยีระดับสูง)

จุดเด่น-จุดด้อย

จุดเด่นของการหมักรูปแบบนี้คือ ระบบมีประสิทธิภาพการหมักและให้อัตราการผลิตปุ๋ยหมักที่สูง ระยะเวลาการหมักค่อนข้างสั้น ไม่ต้องใช้แรงงานในการพลิกกลับกอง ระบบมีความยืดหยุ่นต่อการหมักมูลฝอยหรืออินทรีย์วัตถุหลายชนิด และมีความต้องการพื้นที่ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ สามารถลดปัญหาเรื่องกลิ่น และสามารถนำก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักไปบำบัดได้หากใช้เทคนิคการดูดอากาศออกจากกองหมัก ข้อเสียของระบบการหมักแบบกองสถิตย์เดิมอากาศคือ เสียค่าใช้จ่ายสูงในการลงทุนค่อนข้างสูง แต่ในระยะยาวจะคุ้มทุนเพราะสามารถใช้พื้นที่ได้คุ้มค่า มีความต้องการช่างเทคนิคเชี่ยวชาญในการดูแลระบบ ตลอดจนงบประมาณในการบำรุงรักษา

4 คุณภาพและการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์

4.1 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักอินทรีย์

คุณภาพของปุ๋ยหมัก โดยอ้างอิงเกณฑ์จากการรับรองมาตรฐานสินค้าที่กำหนดให้มีการรับรองมาตรฐาน ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) ออกโดยศูนย์รับรองมาตรฐาน สำนักงานวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีดังนี้

- 1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 25-50%
- 2 อัตราส่วนความสมดุลย์ระหว่างธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ไม่เกิน 20:1
- 3 ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมนต่อเมตร
- 4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-8.5
- 5 ธาตุอาหารหลักมีเกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 0.5:0.5:1 (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม)
- 6 ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักไม่เกิน 35% โดยน้ำหนัก
- 7 การผ่านตะแกรงร่อนขนาด 12.5x12.5 มม. ได้หมด
- 8 ปริมาณหิน กรวด ทราวย เศษพลาสติก หรืออื่นๆ ไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก
- 9 ไม่มีวัสดุเศษแก้ว วัสดุคม และโลหะอื่นๆ
- 10 ปลออดภัยจากสารพิษและธาตุโลหะหนัก
 - อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่เกิน 50 มก./ กก.
 - แคดเมียม (Cadmium) ไม่เกิน 5 มก./ กก.
 - โครเมียม (Chromium) ไม่เกิน 300 มก./ กก.
 - ทองแดง (Copper) ไม่เกิน 500 มก./ กก.

- ตะกั่ว (Lead) ไม่เกิน 500 มก./ กก.
- ปรอท (Mercury) ไม่เกิน 2 มก./ กก.

11. ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคนุ้ษย์ สัตว์ และพืชต้องผ่านการตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช (ในกรณียื่นคำร้องขอการรับรองสินค้าต้องทดสอบกับชนิดพืชที่กำหนดคือข้าวโพดหวาน โดยกำหนดระยะเวลาช่วงการปลูกประมาณ 15 วัน)

4.2 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านเกษตรกรรม

ปุ๋ยหมักจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ถ้าดินเป็นดินเนื้อละเอียดอัดตัวกันแน่น เช่นดินเหนียว ปุ๋ยหมักก็จะช่วยทำให้ดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ดินมีสภาพการระบายน้ำ ระบายอากาศได้ดีขึ้น ส่วนดินที่มีเนื้อหยาบ เช่นดินทราย ปุ๋ยหมักก็จะช่วยทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น ดินมีการเกาะตัวกันดีขึ้น ดูดซับความชื้นได้ดีขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เพิ่มธาตุอาหารในดิน

หลักการใชปุ๋ยหมักแนะนำโดยกรมพัฒนาที่ดิน

หลักการพิจารณาการใชปุ๋ยหมักให้มีความเหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1)ควรใชปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมี เพราะปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอาจมีธาตุอาหารบางชนิดที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

2)ควรใชปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดของดิน กล่าวคือ ดินที่สมควรใชปุ๋ยหมักเป็นอันดับแรกคือดินทรายเพราะดินทรายจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ปุ๋ยหมักจะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน และจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้นได้ด้วย

3)ควรใชปุ๋ยหมักในกรณีที่ลงทุนต่ำแต่ให้ผลตอบแทนสูง คือ จะต้องพิจารณาเปรียบเทียบเสียก่อนว่า หากใชปุ๋ยชนิดอื่นจะให้ผลดี กว่ามากน้อยเพียงใด

4)วิธีการใสปุ๋ยหมักที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติ และเพื่อให้ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด และเกิดการสูญเสียน้อย ได้แก่

- ใส่แบบหว่านทั่วแปลงจะเป็นวิธีที่ดีต่อการปรับปรุง และบำรุงดิน เนื่องจากปุ๋ยหมักจะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

- ใส่แบบเป็นแถว มักใช้กับการปลูกพืชไร่ เนื่องจากจะใส่ตามแนวปลูกพืช วิธีนี้เหมาะที่จะใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใสปุ๋ยเคมีแบบโรย

- ใส่แบบเป็นหลุม มักใช้กับการปลูกไม้ผลและไม่ยืนต้น โดยใส่เป็น 2 ระยะคือในช่วงของการเตรียมหลุมปลูกพืช และใส่ในช่วงที่พืชเจริญเติบโตแล้วโดยใส่ตามแนวทรงพุ่มของต้นพืช

5)ควรใช้ปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับชนิดของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักสำหรับพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดพืช	ปริมาณปุ๋ยหมัก	วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก
1. ข้าว	2 – 4 ตัน/ไร่	หว่านทั่วพื้นที่แล้วไถกลบก่อนการปลูกพืช
2. พืชไร่	2 – 4 ตัน/ไร่	ใส่เป็นแถวตามแนวปลูกพืชแล้วคลุกเคล้ากับดิน
3. พืชผัก		
- แปลงเพาะกล้า	2 – 4 กก./ตรม.	-ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากับดินในแปลงเพาะกล้า
- แปลงปลูกผักขนาดใหญ่	4 – 6 ตัน/ไร่	- หว่านให้ทั่วแปลงปลูกแล้วไถกลบขณะเตรียมดิน
4. ไม้ผล ไม้ยืนต้น		
- ต้นขนาดใหญ่	25 – 50 กก./ หลุม	<u>ตอนเตรียมหลุมปลูก</u> โดยคลุกเคล้ากับดินแล้วใส่ด้านล่างของหลุม
- ต้นขนาดเล็ก	15 – 25 กก./ หลุม	<u>ตอนพืชเจริญแล้ว</u> โดยขุดร่องรอบต้นตามแนวทรงพุ่มใส่ปุ๋ยหมักในร่องแล้วกลบด้วยดิน
5. ไม้ดอกไม้ประดับ		
- ไม้ตัดดอก	5 – 10 กก./ หลุม	- ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากับดินบนร่องกันหลุมปลูก
- ไม้ดอกยืนต้น	1 กก./ ดินเหนียว 4	- ใส่ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน
- ไม้ประดับ	กก. 1 กก./ ดินทราย 2 กก.	

ที่มา : <http://www.idd.go.th/pldweb/tech/organic/start.swf>

4.3 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักอินทรีย์ด้านอื่น

1) ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากปุ๋ยเคมีในปัจจุบันมีราคาสูง หากเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ทำให้เกษตรกรที่เพาะปลูกมีรายได้ไม่คุ้มทุน แต่หากเกษตรกรมีการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะช่วยลดต้นทุนการผลิตพืช

2) ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมให้มีการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือใช้จากเกษตรกร หรือจากขยะมูลฝอย จะช่วยกำจัดและลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำกลับมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดมลภาวะที่จะเกิดขึ้นจากการกำจัดขยะของเสีย โดยการเผา การฝังกลบ หรือวิธีอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- Jolanun, B, S. Tripetchkul, C. Chiemchaisri, P. Chaiprasert, and S. Towprayoon (2005). "Effect of moisture content on fed batch composting reactor of vegetable and fruit wastes" *Environmental Technology*, vol. 26, pp.293-301.
- Jolanun, B, S. Tripetchkul, C. Chiemchaisri, P. Chaiprasert, and S. Towprayoon (2005). "The application of a fed batch reactor for composting of vegetable and fruit wastes" *Thammasat International Journal of Science and Technology*, Vol.10, No.2, pp.60-69.
- Epstein, E., 1997. "The Science of Composting", Technomic Publishing Company, Inc., U.S.A.
- Gray, K.R., Sherman, K., and Biddlestone, A.J., 1971. "A Review of Composting: Part 2 – The Practical Process", *Process Biochemistry*, 6(10), pp. 22 – 28
- Huag, R.T., 1993. "The Practical Handbook of Compost Engineering", Lewis Publishers, U.S.A.
- Polprasert, C., 1996. "Organic Waste Recycling", 2nd Edition, John Wiley & Sons, U.K.
- Richard, T.L., 1992. "Municipal Solid Waste Composting: Physical and Biological Processing", *Biomass and Bioenergy*, 3(3-4), pp. 195 – 211.

Tchobanoglous, G., Theisea, H., Vigil, S., 1993. "Integrated Solid Waste Management: Engineering principle and management", McGraw-Hill, New York, USA.

กรมพัฒนาที่ดิน. การผลิตและการใช้ปุ๋ยหมัก. (ออนไลน์). สืบค้นจาก:
www.idd.go.th/pldweb/tech/organicstart.swf. (วันที่สืบค้น: 29 สิงหาคม 2549)

กรมพัฒนาที่ดิน. พระราชบัญญัติปุ๋ยพ.ศ.2518. (ออนไลน์). สืบค้นจาก:
www.idd.go.th/pldweb/tech/organicstart.swf. (วันที่สืบค้น: 29 สิงหาคม 2549)

ชวลิต ฮงประยูร. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (ออนไลน์).
สืบค้นจาก: web.ku.ac.th/agri/puyy/fert5.htm. (วันที่สืบค้น 9 สิงหาคม 2549)