บทที่ 2
ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการหมักปุ๋ย

กระบวนการหมักปุ๋ย เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์หลายชนิด ภายใต้สภาวะที่มีสารอาหาร ความชื้น อุณหภูมิ และปัจจัยอื่นๆที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์มากที่สุดจนได้ผลผลิตที่มีความคงตัว มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ ไม่มีกลิ่น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมได้ และต้องคำนึงถึงคุณภาพให้เหมาะแก่การนำไปใช้ด้วย

วัสดุที่ใช้ทำการหมักปุ๋ยส่วนใหญ่จะเป็นพวกสารอินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และมักเป็นวัสดุที่เหลือจากเกษตรกรรม ได้แก่ เศษใบไม้ มูลสัตว์ วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น เศษฟาง ใบพืช วัชพืชต่างๆ หลังจากการหมักวัสดุเหล่านี้แล้ว ปุ๋ยหมักจะมีคุณสมบัติในการบำรุงและปรับปรุงดินต่อไป

2.1.1 ประเภทของกระบวนการหมักปุ๋ย

กระบวนการหมักปุ๋ยสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน และการหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.1.1.1 การหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Composting)

จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ (Organic Matter) ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เซลลูโลส กรดอะมิโน ฯลฯ ในสภาวะที่มีออกซิเจน และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัวหรือฮิวมัส น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และพลังงานความร้อน แสดงในสมการที่ (1)

$$\text{Organic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Aerobic Bacteria}} \text{New Cells} + \text{Resistant Organic} + H_2O + CO_2 + NH_3 + SO_2 + \text{Heat} \quad (1)$$

กระบวนการหมักปุ๋ยประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

1) การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive rotting phase) เกิดขึ้นในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิของการหมักจะสูงถึง 45 °C ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบคทีเรีย ประเภทมีโซฟิลิค (Mesophilic) หลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วอุณหภูมิของสารหมักจะสูงขึ้นจนถึงประมาณ 75˚C ช่วงนี้การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียประเภท เทอร์โมฟิลิค (Thermophilic) และอุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในวัสดุหมักส่วนใหญ่ตายได้ ระยะเวลาของการเกิดกลไกนี้จะประมาณ 3-6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1-5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของวัสดุหมัก

2) การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (Final rotting phase) หลังจากที่การย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิของสารหมักจะค่อยๆลดลงจนเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส อินทรีย์สารที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ จะใช้เวลาตั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปจนถึง 1 ปี การย่อยสลายในขั้นตอนนี้จะมี กลุ่มจุลินทรีย์พวกรา ได้แก่ ฟังไจ (fungi) และ แอคติโนมัยซิส (actinomycetes) ช่วยในการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายได้ยากที่เหลืออยู่ด้วย

2.1.1.2 การหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Composting)

อาศัยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์สร้างกรด (Acid Forming Anaerobic Composting) และจุลินทรีย์สร้างมีเทน (Methanogenic Anaerobic Bacteria) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารคงตัว ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และพลังงานความร้อน แสดงในสมการที่ (2)

$$\text{Organic matter} + O_2 + \text{Nutrients} \xrightarrow{\text{Anaerobic Bacteria}} \text{New Cells} + \text{Resistant Organic} + CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S + \text{Heat} \qquad (2)$$

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบการหมักระหว่างแบบใช้อากาศและแบบไม่ใช้อากาศ

	การหมักแบบมีออกซิเจน	**การหมักแบบไร้ออกซิเจน**
วัตถุประสงค์	ลดปริมาตรขยะ	ผลิตพลังงาน
ระยะเวลาหมัก	20-30 วัน	20-40 วัน
ผลิตภัณฑ์จากการหมัก	ฮิวมัส, น้ำ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	สลัดจ์, ก๊าซมีเทน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ปริมาตรขยะคงเหลือ	น้อยกว่า 50%	มากกว่า 50%
แหล่งพลังงาน	ใช้พลังงานภายนอก	ได้พลังงานจากการหมัก

ที่มา : Tchobanoglous, G. et al., (1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 รูปแบบของการหมักปุ๋ยแบบใช้ออกซิเจน

2.1.2.1 การหมักในถังปฏิกิริยา

การหมักแบบนี้ทำโดยนำวัสดุที่ใช้หมักมาใส่ในถังปฏิกิริยา ซึ่งมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับกระบวนการหมัก วัสดุหมักจะเคลื่อนที่ภายในถังโดยเกิดจากการอัดตัวของวัสดุหมักที่เข้ามาใหม่ การหมักในถังปฏิกิริยากระบวนการหมักจะเกิดขึ้นเร็วเนื่องจากมีการเติมอากาศเข้าในถัง จึงทำให้ใช้ระยะเวลาน้อยในการหมัก และสามารถควบคุมกลิ่นได้ การหมักในถังปฏิกิริยาจะใช้พื้นที่น้อยจึงเหมาะกับบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด

2.1.2.2 การหมักแบบไม่ใช้ถังปฏิกิริยา

เป็นการนำวัสดุหมักมาวางกองทิ้งไว้ให้เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลาย อาจมีการพลิกกลับกองปุ๋ยหรือไม่พลิกกลับก็ได้ การพลิกกลับกองปุ๋ยจะช่วยให้วัสดุหมักเกิดการผสมกันดีขึ้น ทำให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างทั่วถึงทั้งกอง และยังเป็นการถ่ายเทอากาศอีกทางด้วย อาจมีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศหรือไม่ใช้ก็ได้ สามารถแบ่งการหมักแบบไมใช้ถังปฏิกิริยาได้เป็น 2 แบบดังนี้

ก. การหมักแบบกองแถวพลิกกลับกอง เป็นรูปแบบการหมักที่ไม่ใช้ถังปฏิกิริยา ที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากวิธีการทำง่ายไม่ซับซ้อน ทำโดยนำวัสดุหมักมาผสมให้เข้ากันแล้วนำมาวางกองให้เป็นแนวราบให้ได้ความสูงพอสมควรที่จะให้เกิดการระบายอากาศได้ดี (รูปที่ 1) เพื่อให้การย่อยสลายเกิดได้ดี และช่วยการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยต้องมีการพลิกกลับกองขยะมูลฝอยเพื่อให้อากาศเข้าได้ทั่วถึงซึ่งเป็นการเร่งปฏิกิริยาและป้องกันการหมักในสภาวะการย่อยแบบไม่ใช้อากาศด้วย ซึ่งโดยทั่วไปในการผิตปุ๋ยที่มีขนาดใหญ่ขนาดของกองหมักในอุดมคติจะต้องมีความสูง 1.5 – 2 เมตร และมีความกว้างเป็น 2 เท่าของความสูง แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณวัสดุหมัก ฤดูกาล และอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่นำใช้ในการจัดการ(Lancaster,1995) โดยแบ่งวิธีการพลิกกลับตามระดับเทคโนโลยีที่ใช้ได้ดังนี้

- **เทคโนโลยีระดับต่ำ** วัสดุหมักจะถูกผสมและพลิกกลับโดยแรงงานคน ดังนั้นกองหมักจึงมีความสูงไม่มาก ข้อดีคือการหมักทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เหมาะกับชุมชนขนาดเล็ก ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการต่ำมาก ข้อเสียคือการหมักแต่ละครั้งได้ปริมาณน้อย ต้องการพื้นที่ค่อนข้างมากเนื่องจากกองหมักมีขนาดเล็ก อัตราการหมักค่อนข้างต่ำ ต้องการแรงงานคนในการทำงาน (รูปที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

⊙ **เทคโนโลยีระดับกลาง** เป็นการอาศัยเครื่องจักรขนาดเล็กในการพลิกกลับกองปุ๋ย มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอากาศและลดปริมาณความชื้นได้ดี ข้อดีคือการหมักทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก เหมาะกับชุมชนขนาดกลาง ต้องการแรงงานคนน้อย มีประสิทธิภาพสูงกว่า และลดระยะเวลาการหมักได้ ข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและดำเนินการในส่วนของเครื่องจักร ต้องหมั่นดูแลและติดตามการหมักอย่างใกล้ชิด และต้องการพื้นที่ทำงานในส่วนของเครื่องจักรด้วย

⊙ **เทคโนโลยีระดับสูง** มีการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการพลิกกลับกองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสอากาศและลดความชื้นในการย่อยสลายและความร้อนที่เกิดขึ้น ข้อดีคือมีประสิทธิภาพในการหมักสูง มีความยืดหยุ่นต่อการหมักมูลฝอยหลายชนิด ใช้พื้นที่โรงหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตปุ๋ยเชิงอุตสาหกรรม ข้อเสียคือค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบ ในการพลิกกลับกองอาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของวัสดุหมักและก๊าซ (รูปที่ 3)

รูปที่ 2.1 รูปแบบการหมักแบบกองแถวพลิกกลับกอง
ที่มา : http://news.212cafe.com/news54200.htm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.2 รูปแบบการหมักแบบใช้แรงงานคนในการพลิกกลับกอง

ที่มา : http://news.212cafe.com/news54200.html

รูปที่ 2.3 รูปแบบการหมักแบบใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่

ที่มา : www.mesacounty.us/mcweb/swm/compost_site.htm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. การหมักแบบกองสถิต (Static Pile) การหมักปุ๋ยวิธีนี้คล้ายกับการหมักแบบกองแถว แต่แตกต่างที่ฐานของกองปุ๋ย ซึ่งจะออกแบบให้มีการระบายอากาศในกองหมักได้อย่างทั่วถึง โดยให้มีการเติมอากาศทางด้านล่างรอบกองปุ๋ย ซึ่งอาจใช้ไม้ไผ่เข้าช่องระบายอากาศเรียงที่ฐานกองปุ๋ย หรือต่อท่อระบายอากาศซึ่งติดกับเครื่องเป่าอากาศเพื่อเติมอากาศด้านล่างของกองหมัก และทำให้วัสดุที่ใช้หมักปุ๋ยได้รับอากาศอย่างทั่วถึง เครื่องเป่าอากาศนี้อาจใช้เครื่องควบคุมเวลาหรือไมโครคอมพิวเตอร์มาช่วยในการควบคุมซึ่งจะทำให้การหมักอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นการประหยัดแรงงานในการพลิกกลับกองปุ๋ย แต่ให้ผลในการหมักปุ๋ยเหมือนกับการหมักที่มีการพลิกกลับกอง ข้อดีของการหมักวิธีนี้คือ ง่าย ต้นทุนต่ำ ไม่มีกลิ่น ความสูงของกองปุ๋ยหมักประเภทนี้ประมาณ 2-2.5 เมตร ช่วงเวลาในการหมักปุ๋ยประมาณ 3-4 สัปดาห์ และควรมีการบ่มปุ๋ยต่อไปอีกประมาณ 4 สัปดาห์หรือนานกว่านั้น ประเภทการเติมอากาศในกองปุ๋ยหมักสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.3 ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้เกิดกระบวนการหมัก ดังนั้นสภาพแวดล้อมในกองหมักจึงต้องมีความเหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์และยังส่งผลต่อการย่อยสลายอีกด้วย ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายมีหลายปัจจัยด้วยกันดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ชนิดเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมักจนกระทั่งได้ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์นั้นเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์เป็นหลักและยังเกิดจากจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกัน จึงแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่แบคทีเรีย แอคติโนมัยซิส และเชื้อรา ในกองปุ๋ยหมักความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงและมีความชื้นสูง ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อบักเตรีมากกว่าเชื้อรา ดังนั้นจึงมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ย ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาเชื้อราในกองปุ๋ยหมักในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อราได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ก. เชื้อรา (Fungi)

ในกองปุ๋ยหมักจะพบเชื้อราอยู่เสมอ ชนิดและปริมาณของเชื้อราจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก เชื้อราจะเจริญได้ดีในระยะแรกของการหมักปุ๋ย เนื่องจากในระยะแรกของการหมัก กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก เพราะถ้ากอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและความชื้นสูง ก็จะเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้นจึงมักพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมักซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าภายในกองปุ๋ยหมัก แต่เมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบเชื้อรา แต่ถ้าอยู่ในสภาพแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เชื้อรายังสามารถเจริญอยู่ได้ เชื้อรามีบทบาทในการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักให้มีขนาดเล็กลงในระยะแรกของการหมักในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักยังไม่สูงมากนักจะพบเชื้อราพวก *Geotrichum candidium* และ *Aspergillus fumigatus* เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 45-55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบเชื้อราพวก *Cladosporium sp., Aspergillus sp.* และ *Mucor sp.* เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบเชื้อราพวก *Penicilium duponti* แต่ชนิดของเชื้อราดังกล่าวที่พบนี้อาจจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก

ข. แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในกองปุ๋ยหมัก ประมาณร้อยละ 80-90 ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมัก ประมาณทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 2.3x108 เซลล์ต่อกรัม ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก แบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของการหมักอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะไม่สูงมากนัก แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบมากจะเป็นพวก *Bacillus sp., Pseudomonas sp., Cellulomonas sp., Flavobacterium sp., Micrococcus sp.* และ *Achromobacter sp.* ระยะต่อมาของการหมักกองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิภายในกองสูงมากขึ้น ในช่วงอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเป็นพวก *Bacillus subtilis* และ *Bacillus stearothermophilus* ในช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้น ในบางกรณีอาจสูงถึง 65-70 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้และสามารถทนความร้อนสูงได้แก่ พวก *Thermus sp.* ที่สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และพวก *Bacillus sp.* ที่สามารถสร้างสปอร์ได้ นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ได้แก่ *Clostridium sp.*

ค. แอคติโนมัยซิส (Actinomycetes)

แอคติโนมัยซิสจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าเชื้อราและแบคทีเรีย เจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศพอเพียง เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 65-75 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส มักจะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซิส ลักษณะของเชื้อที่พบบนกองปุ๋ยหมักจะเจริญเป็นกลุ่มเห็นเป็นจุดสีขาวคล้ายๆผงปูน หลังจากอุณหภูมิสุงขึ้นจนสูงมากเชื้อแอคติโนมัยซิท มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน และโปรตีน ที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักขณะที่อุณหภูมิสูง โดยเชื้อแอคติโนมัยซิสที่มักพบเสมอในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ พวก *Thermoactionalmyces sp.* และ *Thermomonospora sp.* ซึ่งเป็นพวกที่สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพและอาจพบ *Streptomyces sp.* และ *Micropolyspora sp.* ในกองปุ๋ยได้เช่นกัน

2.1.3.2 การเติมอากาศ (Aeration)

ระบายอากาศในกองปุ๋ยหมักจำเป็นมากสำหรับจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจน เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ช่วยระเหยน้ำออกจากกองหมักเพื่อให้มีความชื้นเหมาะสมและควบคุมอุณหภูมิในกองปุ๋ย ปริมาณอากาศที่ต้องการมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ความชื้นของวัสดุหมัก และช่วงเวลาของกระบวนการหมัก ในช่วงเริ่มของการหมักมีความต้องการออกซิเจนสูงกว่าระยะบ่ม หากวัสดุหมักที่มีความชื้นสูงหรือมีขนาดเล็กจะทำให้วัสดุหมักเกิดอัดตัวกันแน่น ทำให้ช่องระบายอากาศลดลงด้วยจึงต้องมีการเพิ่มการระบายอากาศ

การระบายอากาศหรือการเพิ่มออกซิเจนทำได้โดยการพลิกกลับกองปุ๋ยและใช้เครื่องเติมอากาศซึ่งจะส่งผลให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดเร็วขึ้น การเติมอากาศไม่ควรเติมมากเกินเนื่องจากจะส่งผลให้อุณหภูมิและความชื้นของกองปุ๋ยลดลง การเติมอากาศสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

ก. การเติมอากาศโดยตรง หรือโดยวิธีแอคทีฟ

เป็นการเติมอากาศให้กองหมักโดยให้ผู้ปฏิบัติการทำการเติมอากาศเข้าสู่กองหมักโดยตรง สามารถทำได้หลาย วิธี เช่น การเติมอากาศโดยการพลิกกลับกองและการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศหรือใช้ปั๊มลม

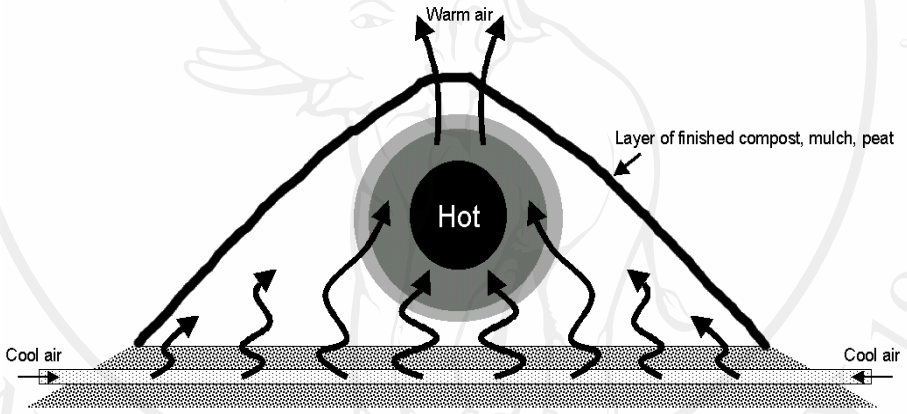
⊙ **การเติมอากาศโดยการพลิกกลับกอง** การเติมอากาศด้วยวิธีนี้ทำได้โดยใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักรกล คือเมื่อทำการพลิกกลับกองหมัก อากาศจากภายนอกจะเคลื่อนที่เข้าไปในกองหมัก จุลินทรีย์นำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ การพลิกกลับกองช่วยเพิ่มความพรุนให้กองหมักอีกทางหนึ่ง และยังทำให้กองหมักมีการระบายอากาศที่ดีขึ้น

⊙ **การเติมอากาศแบบใช้ปั๊มลมหรือเครื่องเติมอากาศ** การเติมอากาศด้วยวิธีนี้ทำโดยใช้เครื่องเติมอากาศหรือปั๊มลมเป่าอากาศเข้าไปสู่กองปุ๋ยหมักโดยตรงผ่านท่อเติมอากาศ หรือสามารถใช้ปั๊มลมดูดอากาศออกจากกองหมัก ในขณะที่อากาศภายในกองหมักถูกดูดออกมาข้างนอกจะส่งผลให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่กองหมัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. การเติมอากาศทางอ้อม หรือโดยวิธีแพสซีฟ

เป็นการเติมอากาศเข้าสู่กองหมักโดยอาศัยพลังงานความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมัก คือเมื่อเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายในกองหมัก อุณหภูมิภายในกองหมักจะสูงกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอก อากาศร้อนภายในกองหมักจะขยายตัวแล้วลอยตัวสูงขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศตามแนวดิ่ง ในขณะเดียวกันอากาศเย็นภายนอกบริเวณรอบๆ กองหมักก็จะไหลเข้ามาแทนที่เข้าสู่กองหมัก (รูปที่ 4) วิธีนี้มีข้อดีคือไม่ต้องใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักรกลในการเติม ตัวอย่างของรูปแบบการเติมอากาศวิธีนี้ ได้แก่ การหมักแบบกองแถวที่ไม่มีการพลิกกลับกอง การหมักแบบเติมอากาศบนพื้นแบบจีน (Chinese ground-surface aerobic composting pile) การหมักในถังปฏิกิริยาที่ไม่ใช้เครื่องเติมอากาศ



รูปที่ 2.4 การเติมอากาศโดยวิธีแพสซีฟ

ที่มา : Fogiel (2003)

2.1.3.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการหมัก อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของกองหมักเกิดจากความร้อนจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ การได้ปุ๋ยหมักที่ปลอดภัยในการนำไปใช้ประโยชน์และมีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในระหว่างการหมัก (Polprasert, 1989)

การควบคุมอุณหภูมิภายในกองหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุดและเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์เมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ โดยอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่กองหมักจะมีความหลากหลายของจุลินทรีย์สูงที่สุด อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงที่อุณหภูมิมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส จะสามารถฆ่าเชื้อโรคในกองปุ๋ยได้ (Stentiford, 1996)

ความสูงของอุณหภูมิจะแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุหมักและขนาดของกองปุ๋ยด้วย อุณหภูมิที่สูงมากเกินจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงเป็นเหตุให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลง โดยที่อุณหภูมิภายในกองหมักปุ๋ยจะมีการเปลี่ยนแปลง 4 ระยะด้วยกัน ดังนี้

ระยะปรับตัว (Latent Phase)

เป็นระยะเริ่มต้นของการหมัก ซึ่งจุลินทรีย์จะทำการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม อุณหภูมิในช่วงนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

ระยะมีโซฟิลิค (Mesophilic Phase)

เป็นช่วงที่จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นและทำการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงทำให้เกิดพลังงานความร้อนส่งผลให้อุณภูมิในกองหมักสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะนี้คือ จุลินทรีย์ในกลุ่มมีโซฟิลิค (Masophilic Bacteria) ซึ่งจะได้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆเป็นผลิตภัณฑ์จึงจะส่งผลให้พีเอชมีค่าลดลง

ระยะเทอร์โมฟิลิค (Thermophilic Phase)

เป็นช่วงที่อุณหภูมิในกองหมักจะสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ในระยะนี้จุลินทรีย์กลุ่มมีโซฟิลิคจะไม่ทำงานหรือตายลง จุลินทรีย์ในกลุ่มเทอร์โมฟิลิค (Thermophilic Baceria) จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะนี้แทน คือที่ช่วงอุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังสามารถฆ่าเชื้อโรคและทำลายไข่พยาธิได้ถ้าอุณหภูมิในกองหมักสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ติดต่อกัน 24 ชั่วโมง เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายหมดพลังงานความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมักจะน้อยกว่าการสูญเสียความร้อนของกองหมัก ทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลง

ระยะบ่ม (Maturation Phase)

อุณหภูมิจะลดลงจนอยู่ในระยะมีโซฟิลิค จุลินทรีย์ในกลุ่มมีโซฟิลิคจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์อีกครั้งหนึ่งและอุณหภูมิจะลดลงมาเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ ในระยะนี้มีการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนให้เป็นสารที่มีความคงตัว และยังเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันซึ่งจะทำการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรทและไนเตรตอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.3.4 ค่าพีเอช

ในระหว่างการหมักค่าพีเอชจะอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 (Miller, 1992) โดยที่แบคทีเรียและเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีที่พีเอช 6.0-7.5 และ 5.5-8.0 ตามลำดับ (Gray, 1971) สารอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นบัฟเฟอร์ที่ดีจะช่วยรักษาระดับพีเอชไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก การที่กองปุ๋ยหมักมีค่าพีเอชต่ำเนื่องจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ เกิดกรดอินทรีย์จากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ถ้ากองปุ๋ยมีค่าพีเอชสูงเกินไปนั้นเกิดจากแอมโมเนียมไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และอาจก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จะเห็นได้ว่าวัสดุหมักที่มีค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไปส่งผลให้กระบวนการหมักเกิดช้า จึงต้องปรับให้ค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เป็นกลางก่อน ในทางปฏิบัติแม้ค่าพีเอชไม่ใช่ตัวควบคุมกระบวนการหมัก แต่เป็นประโยชน์สำหรับดูความเป็นไปของระบบการหมักที่ดำเนินการอยู่

2.1.3.5 ความชื้น

ความชื้นเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณน้ำในกองหมัก ซึ่งจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยปกติอุณหภูมิในกองหมักจะสูงทำให้น้ำระเหยออกตลอดเวลา จึงต้องมีการเติมน้ำเพื่อปรับความชื้นไม่ให้มีมากหรือน้อยเกินไป ความชื้นนี้ยังมีผลต่อการระบายอากาศด้วย คือถ้าความชื้นมีมากการแพร่กระจายของอากาศในกองปุ๋ยหมักจะเกิดได้ยาก อาจก่อให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์

ความชื้นที่เหมาะสมในการการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยมีค่าร้อยละ 50-60 (โดยน้ำหนัก) ถ้าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้า แต่ถ้าความชื้นมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 จะทำให้การระบายอากาศไม่ดีจนทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิคขึ้น ทำให้กระบวนการย่อยเกิดช้าเช่นกัน

กรณีที่กองหมักแห้งหรือมีความชื้นน้อยเกินไป อาจเติมวัสดุสีเขียวเพิ่มลงไปในกองแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับกอง หรือพรมน้ำให้กับกองหมัก ถ้ากองหมักโดนแดดมากเกินไป อาจต้องปิดฝาถังหมักหรือย้ายถังหมักเข้าในร่ม กรณีที่กองหมักแฉะหรือมีความชื้นมากเกินไป ก็อาจเติมวัสดุสีน้ำตาลเพิ่มลงไปในกองหมักแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อลดความชื้นให้กับกองหมักหรือย้ายถังหมักออกกลางแจ้ง เปิดฝาถังหมักให้ได้รับแสงแดดหรือคอยพลิกกลับกอง เพื่อลดความชื้นให้กับกองหมัก

2.1.3.6 ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย์สารจะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างโครงสร้างของเซลล์ในกระบวนการหมักปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารสำคัญและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นสารที่มีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (Richard, 1992) ซึ่งถ้าในการหมักมีค่าสัดส่วนของ C/N สูงคือปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอ จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ช้า ส่งผลให้อัตราการย่อยสลายต่ำ ดังนั้นการเติมไนโตรเจนก็เพื่อปรับค่าสัดส่วนของ C/N ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ในการนำคาร์บอนและไนโตรเจนไปใช้การการสร้างเซลล์ แต่ถ้าวัสดุหมักมีค่าสัดส่วนของ C/N ต่ำคือมีปริมานไนโตรเจนมาก ทำให้การเจริญเติบโตและการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้ากองปุ๋ยมีการเติมอากาศไม่เพียงพออาจทำให้เกิดสภาพแอนแอโรบิคได้ และหากปริมาณไนโตรเจนมีมากเกินจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซแอมโมเนียซึ่งจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ (Haug, 1980) ค่าสัดส่วนของ C/N ที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับวัสดุหมักที่เป็นสารอินทรีย์มีค่าอยู่ในช่วง 25-30 (Haug, 1980) ปุ๋ยหมักควรมีค่าสัดส่วนของ C/N ประมาณ 26-35 ซึ่งจะไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2.1.3.7 ลักษณะเศษวัสดุ

วัสดุที่มักนำมาใช้ในการหมักนิยมนำเศษวัสดุจากการเกษตร การนำเศษวัสดุมาหมัก สิ่งที่ควรคำนึงถึงความสดของเศษวัสดุ ขนาดของเศษวัสดุ เป็นต้น

กรณีใช้เศษพืชสดมาทำการหมักอาจจะต้องระมัดระวังเรื่องความชื้น เนื่องจากเศษพืชสดจะมีปริมาณน้ำมาก ทำให้การระบายอากาศไม่ดี ซึ่งอาจทำให้เกิดการเน่าและส่งกลิ่นเหม็นได้ การทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชนิยมใช้เศษพืชแห้งเนื่องจากสามารถควบคุมความชื้นและการระบายอากาศในกองปุ๋ยได้

ขนาดของเศษวัสดุคือสิ่งที่ควรคำนึงถึงด้วย เพราะถ้าขนาดของเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กอัตราการย่อยสลายจะเกิดเร็วกว่าเศษวัสดุที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากมีพื้นที่ผิวให้จุลินทรีย์สัมผัสมาก จึงเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างทั่วถึง แต่ถ้าเศษวัสดุที่นำมาหมักมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ความพรุนในกองหมักลดลงซึ่งจะทำให้ไปขัดขวางการระบายอากาศของกองหมักได้ โดยทั่วไปมีการเพิ่มความพรุนในกองหมักด้วยการนำวัสดุเพิ่มความพรุน (Bulking Agent) เช่น ใบไม้แห้ง ขี้เลื่อย ก่อนนำไปหมัก

2.2 เกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

เกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ มี 3 เกณฑ์ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

สีของวัสดุ สีของวัสดุเศษพืชหลังจาก เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะมีสีน้ำตาลเข้ม จนถึงสีดำ

ลักษณะของวัสดุ เศษพืชที่เป็นปุ๋ยหมัก ที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่มและเปื่อยยุ่ย

กลิ่นของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น หรือกลิ่นฉุน

ความร้อนภายในกองปุ๋ยหมัก จะมีลักษณะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก

2.2.2 ลักษณะทางเคมี

ค่าพีเอช วัสดุหมักที่เสถียรแล้ว ค่าพีเอชจะรักษาระดับที่ช่วง 7-8 ตลอดสิ้นสุดกระบวนการหมัก

ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า C/N Ratio เท่ากับหรือน้อยกว่า 20

ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยกว่า 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Zucconi and de Bertoldi, 1987) หากวิเคราะห์พบแอมโมเนียไฮโดรเจนซัลไฟด์ แสดงว่าปุ๋ยหมักยังไม่ได้ที่ (Spohn, 1978)

ค่าไนไตรต์ไนโตรเจนและไนเตรตไนโตรเจน ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วควรมีปริมาณไนเตรตไนโตรเจนมากกว่า 400 mg/kg (Trombetta *et al*., 1988) กองปุ๋ยหมักต้องมีไนไตรต์และไนเตรตเกิดขึ้นจึงจะถือว่าปุ๋ยหมักได้ที่แล้ว (Finstein and Miller, 1985)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้วจะต้องมีค่าต่ำสุดของ CEC เท่ากับ 60 meq/100g (Epstein, 1997)

กรมพัฒนาที่ดินได้มีการกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน

คุณสมบัติปุ๋ยอินทรีย์	หน่วย	
pH	-	7.0 - 8.0
EC	dS/m	0 - 2.0
C/N Ratio	-	0 - 20:1
OM	%	35 - 40
N	%	> 1.0
P	%	> 0.5
K	%	> 1.0
ความชื้น	%	0 - 35
สิ่งเจือปน	%	0 - 5

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2548)

2.2.3 ลักษณะทางชีวภาพ

ค่าดัชนีการงอกของเมล็ด โดยค่าดัชนีการงอกของเมล็ดเครส (Lepidium Satiuum L.) ต้องมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 จึงจะยอมรับได้ว่าปุ๋ยหมักได้ที่ และไม่ขัดขวางการงอกของเมล็ดพืช ตามประกาศกรมวิชาการเกษตรเรื่องมาตรฐานเรื่องมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 กำหนดปุ๋ยอินทรีย์ที่ย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

2.3 ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

ก) ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน

- ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดินทราย ดินที่หน้าดินถูกฉะล้าง และดินชั้นล่างที่นำมาใช้ในการเพาะปลูก

- ช่วยเพิ่มปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชที่สำคัญทั้งธาตุอาหารพืชหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินอยู่ตลอดกาล โดยที่ธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆค่อยๆละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยให้ดินมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต

- ช่วยรักษาปฏิกิริยาของดินไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยเฉพาะปุ๋ยหมัก จะมีปฏิกิริยา เป็นกรดอ่อน ๆ ซึ่งพืชโดยทั่วไปต้องการ

- ช่วยให้ดินเหนียวซึ่งแน่นทึบมีความร่วนซุยและดินทรายมีการจับตัวกันดียิ่งขึ้น

- ช่วยให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดียิ่งขึ้น เพราะปุ๋ยหมักมีคุณสมบัติคล้าย กระดาษซับที่คอยซับน้ำและธาตุอาหารไว้ให้พืชใช้

- ช่วยป้องกันมิให้ดินสูญเสียหรือถูกชะล้างไปได้ง่ายเพราะปุ๋ยหมักช่วยซับน้ำและทำให้เม็ดดิน เกาะกันดียิ่งขึ้น

- ช่วยให้เกิดความสะดวกในการไถพรวนและการเตรียมดินโดยทั่วไป

- ช่วยเพิ่มกิจกรรมและปริมาณจุลินทรีย์ในดินซึ่งทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่ม

ข) มูลค่าทางเศรษฐกิจ

- ช่วยประหยัดและลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง เป็นการลดต้นทุนการผลิต

- ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ทำให้เกษตรกร มีรายได้เพิ่มขึ้น

- เป็นตัวสร้างอาหารปลาขึ้นมาอีกชนิดหนึ่ง นับว่าเกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจในทางการประมงด้วย

ค) ใช้ในการปรับสภาพสิ่งแวดล้อม

- ช่วยกำจัดขยะมูลฝอย ทำให้บริเวณสะอาด ถูกลักษณะ อนามัย

- ช่วยลดอุบัติเหตุได้ การทำลายเศษพืชโดยการนำไปเผาตอ ซังข้าว หรือเศษหญ้าข้างถนน เป็นวิธีไม่ถูกต้องทำให้เกิดรถชน จราจรติดขัด เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน และก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษ ถ้านำเศษพืชเหล่านั้นมาทำเป็นปุ๋ยหมักก็จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

- เป็นการกำจัดวัชพืชน้ำทั้งหลายให้หมดไป ทำให้สัตว์น้ำได้รับแสงแดดเต็มที่และเจริญเติบโตขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

อานุภาพ (2541) ศึกษาการหมักปุ๋ยจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนกับเศษหญ้าและใบไม้แห้ง โดยผสมวัสดุหมักให้มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นอยู่ในช่วง 25-30 ใส่สารเร่ง พด.1 และควบคุมความชื้นให้มีค่าร้อยละ 60-70 ตลอดการทดลอง กองปุ๋ยมีขนาดความกว้างและความยาวด้านละ 1.5 เมตร ความสูง 0.5, 1.0 และ 1.5 เมตร ใช้ท่อพีวีซีเจาะรูเสียบในกองปุ๋ยเพื่อเป็นการระบายอากาศ แบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองโดยชุดที่ 1 พลิกกลับกองปุ๋ยทุก 14 วัน การทดลองชุดที่ 2 ไม่มีการพลิกกลับกอง ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียผสมกับใบไม้แห้งย่อยสลายได้เร็วกว่าปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียผสมกับเศษหญ้า กองหมักที่มีความสูง 1 เมตรมีคุณภาพปุ๋ยดีที่สุด และกองหมักที่มีการพลิกกองทุก 14 วัน มีอัตราการย่อยสลายสูงกว่ากองที่ไม่มีการพลิกกลับกอง

กิ่งกาญจน์ (2546) ได้ศึกษาการหมักปุ๋ยแบบกองแถวขนาดกองกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร โดยมีโครงไม้รูปสามเหลี่ยมด้านเท่ายาวด้านละ 0.5 เมตร คลุมด้วยตาข่ายในกองหมัก ทั้งหมด 6 กองวัสดุหมักเริ่มต้นมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 10 15 20 25 30 และ 35 พลิกกลับกองปุ๋ยเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองหมักต่ำกว่า 45 ^{o}C หรืออย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง พบว่ากองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 15 ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 40 วัน ในขณะที่กองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 25-35 ใช้เวลาประมาณ 50-56 วัน นอกจากนี้กองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 15 ยังมีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนสูงที่สุด ประมาณ 3,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง) ส่วนกองหมักที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 10 มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงที่สุด ประมาณ 5,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม(น้ำหนักแห้ง)

Tiquia et al. (1998) ได้ทำการศึกษาผลของการพลิกกลับต่อการหมักปุ๋ยจากมูลสุกรผสมกับขี้เลื่อย โดยทำการหมักปุ๋ยแบบกองเปิดผึ่งลมจำนวน 3 กอง โดยกองที่ 1 ทำการพลิกกลับทุกๆ 2 วัน กองที่ 2 ทำการพลิกกลับทุกๆ 4 วัน กองที่ 3 ทำการพลิกกลับทุกๆ 7 วัน ใช้ระยะเวลาทำการหมักปุ๋ยรวมทั้งสิ้น 126 วัน ได้ผลการศึกษาว่ากองหมักที่ 1 และ 2 ใช้ระยะเวลาในการหมักปุ๋ยจนได้ปุ๋ยหมักมีสภาพคงตัว ไม่ต่างกันและเร็วกว่ากองที่ 3 นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับความเป็นพิษต่อการนำไปใช้ได้เร็วกว่าด้วย แสดงให้เห็นว่าการหมักปุ๋ยจากมูลสุกรผสมกับขี้เลื่อยควรทำการพลิกกลับทุกๆ 2 –

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 วัน อย่างไรก็ตามการพลิกกลับทุกๆ 2 วัน เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายมากกว่าพลิกกลับทุกๆ 4 วัน

Tiquia et al. (1998) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการหมักปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุหมักผสมมูลสุกรและขี้เลื่อย โดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยใช้การพลิกกลับกองและการใช้เครื่องเป่าอากาศในการให้อากาศกับกองหมัก ในการทดลองนี้ได้มีการจำลองกองหมักปุ๋ยให้มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยมสูง 1.5 เมตรกว้าง 2 เมตร หลิกกลับกองหมักทุกๆ 4 วัน และกองที่ใช้เครื่องเป่าอากาศด้วยอัตรา 19 ลิตรต่อนาที จากการทดลองประสิทธิภาพของการให้อากาศด้วยการใช้เครื่องเป่านั้น มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพใกล้เคียงกัน ใกล้เคียงกับวิธีการให้อากาศด้วยการพลิกกลับกอง นอกจากนี้ยังสามารถทำลายเชื้อ Salmonella ได้ทั้ง 2 วิธี นอกจากนี้จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุเพิ่มความพรุนนั้นไม่มีความจำเป็นในการนำมาใช้เนื่องจากการย่อยสลายของขี้เลื่อยสามารถทำให้เกิดช่องอากาศที่เพียงพอที่จุลินทรีย์สามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้

Shi et al. (1999) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการพลิกกองและการปรับความชื้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในกองหมัก โดยทำการทดลองด้วยวัสดุหมักผสมมูลวัวและฟางข้าวให้มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นที่ 38:1 กองหมักมีขนาดกว้าง 2.4 – 2.7 เมตร สูง 1.2 – 1.5 เมตร และยาว 9 – 10 เมตร ทั้งหมด 4 กอง กองที่ 1 ไม่มีการพลิกกองและไม่มีการเติมน้ำ กองที่ 2 ไม่มีการพลิกกอง มีการเติมน้ำ กองที่ 3 มีการพลิกกองและไม่มีการเติมน้ำ กองที่ 4 มีการพลิกกอง และมีการเติมน้ำ โดยกองที่มีการพลิกกองจะทำทุกๆ 7 วัน และกองที่มีการเติมน้ำจะทำเมื่อความชื้นต่ำกว่า 40% ระยะเวลาในการทดลอง 84 วัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในกองหมักนั้นขึ้นอยู่วิธีการหมัก ซึ่งในกองที่มีการพลิกกลับกองจะมีการเกิดไนโตรเจนและค่าคงที่อัตราการเกิดไนโตรเจน มากกว่าในกองที่ไม่มีการพลิกกอง และในกองที่มีการเติมน้ำจะมีการเกิดไนโตรเจนและค่าคงที่อัตราการเกิดไนโตรเจนมากกว่าในกองที่ไม่มีการเติมน้ำเช่นกัน

Huang et al. (2004) ศึกษาผลค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุหมักผสมหมักมูลสุกรและขี้เลื่อย เป็นการหมักปุ๋ยแบบกองแถวพลิกกลับกองจำนวน 2 กอง มีปริมาตรกองละ 8 ลูกบาศก์เมตร กองที่ 1 มีอัตราส่วนมูลสุกรต่อขี้เลื่อย 3:2 มีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 15 และกองที่ 2 มีอัตราส่วนมูลสุกรต่อขี้เลื่อย 4:1 มีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 30 โดยทั้ง 2 กองกำหนดความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 60-70 มีการนำเศษกิ่งไม้ผสมเพิ่มอีกร้อยละ 10 โดยปริมาตร และมีการพลิกกองหมักทุก 3 วัน มีการวัดอุณหภูมิทุกวันที่ความลึก 60 เซนติเมตร นับจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านบนกองหมัก การเก็บตัวอย่างได้มีการเก็บจำนวน 3 ตัวอย่าง เก็บวันที่ 0, 3, 7, 14, 21, 35, 49, และ 63 ของการหมัก ผลการศึกษาพบว่ากองที่ 1 ใช้เวลาในการหมักปุ๋ยจนเกิดสภาวะเสถียรที่เวลา 49 วัน ขณะที่กองที่ 2 ที่ระยะเวลาในการหมัก 63 วัน ยังมีค่าสารอินทรีย์ละลายและค่าแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงแสดงให้เห็นว่า ที่อายุการหมัก 63 วัน การหมักยังเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเมื่อสิ้นสุดการหมักมีค่าค่อนข้างต่ำ และดัชนีการงอกของเมล็ดมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ด้วยเหตุนี้การหมักที่ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำๆ สามารถลดปริมาณของขี้เลื่อยลงได้ แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการหมักมากกว่า 63 วัน

Hasan et al. (2008) ได้ศึกษาการหมักปุ๋ยในบังคลาเทศโดยใช้ขยะชุมชนเป็นวัสดุหมัก เพื่อเลือกใช้วิธีการหมักปุ๋ยที่ง่าย ประหยัด และได้คุณภาพดี โดยทำการศึกษาวิธีการหมัก 3 แบบ คือ แบบที่ 1 กองปุ๋ยเติมอากาศโดยใช้โครงไม้ไผ่แบบแนวนอน แบบที่ 2 กองปุ๋ยเติมอากาศโดยใช้ท่อพีวีซีแนวตั้ง และแบบที่ 3 กองปุ๋ยเติมอากาศด้วยวิธีการอัดอากาศ ผลการทดลองพบว่า กองหมักทั้ง 3 แบบ จะมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียสในสัปดาห์แรกและค่อยๆลดลงจนอุณหภูมิเริ่มต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาหมักวันที่ 30 โดยประมาณ การศึกษาวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าของแข็งระเหย ความหนาแน่น และความเป็นกรดด่าง ซึ่งพบว่าในการหมักแบบที่ 1 มีค่าความชื้นลดลงจาก 71% เหลือ 59% หลังจากผ่านการหมักไป 43 วัน และค่าของแข็งระเหยลดลง 30% หลังจากการหมัก 20 วัน ในกองหมักที่ 1 และ 2 ส่วนกองหมักที่ 3 ซึ่งเป็นกองที่ใช้การอัดอากาศ การลดลงของค่าของแข็งระเหยเกิดเร็ว โดยลดลง 32% ภายในเวลา 12 วัน ค่าความหนาแน่นทั้ง 3 การทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นทุกการทดลอง และค่าความเป็นกรดด่างค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยค่าค่อนไปทางเป็นด่างเล็กน้อยทุกการทดลองเช่นกัน เมื่อนำปุ๋ยหมักทั้ง 3 การทดลองไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพมาตรฐานของเยอรมัน พบว่า การย่อยสลายในการทดลองที่ 1 ดีกว่าการทดลองที่ 2 และ 3 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 18.4 โดยพบว่ามีโลหะหนักปนอยู่บ้าง แต่มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าที่กำหนด

Ogunwande and Osunade (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการวางท่อและขนาดการเจาะรูบนท่อที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในระหว่างการหมักปุ๋ย (วัสดุหมักผสมขี้ไก่และขี้เลื่อย) ในการทดลองนี้ได้ทำการวางท่อพีวีซี (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.2 มิลลิเมตร) 2 รูปแบบคือแบบแนวตั้งและแนวนอน การวางท่อแนวนอน สำหรับการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 91.43 มิลลิเมตร รูขนาด 25 มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 80 มิลลิเมตร และรูขนาด 35 มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 68.59 มิลลิเมตร วางท่อแบบแนวตั้ง สำหรับการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 105.83 มิลลิเมตร รูขนาด 25 มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 94.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มิลลิเมตร และรูขนาด 35มิลลิเมตร เจาะรูห่างกัน 82.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาอุณหภูมิ, ความชื้น, ค่าความเป็นกรดด่าง, ค่าการนำไฟฟ้า, คาร์บอนทั้งหมด, ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัส ตลอดในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง (ความชื้นในกองหมักประมาณ 60%) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแนวการวางท่อและขนาดของรูมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรดด่าง กระสลายของคาร์บอน และการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัส นอกจากนี้วิธีการวางท่อนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าโดยในกองที่มีการวางท่อแบบแนวนอนจะมีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 3.84 – 4.48 ไมโครซีเมน สูงกว่ากองที่มีการวางท่อแบบแนวตั้งที่มีค่าประมาณ 2.66 – 3.01 ไมโครซีเมน เมื่อสิ้นสุดการทดลองในกองที่มีการวางท่อแนวตั้งและมีขนาดรู 35 มิลลิเมตร มีการสูญเสียไนโตรเจนน้อยที่สุด การวางท่อทั้ง 2 แบบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนและฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน และขนาดของการเจาะรูทั้ง 3 ขนาดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนและฟอสฟอรัสในระดับเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved