หลักการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ระดับอุตสาหกรรม

อานัฐ ตันโช [1]

"ปุ๋ย" หมายความว่า สารอินทรีย์ อินทรียสังเคราะห์ อนินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช

"ปุ๋ยอินทรีย์" หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่นและวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ (พระราชบัญญัติปุ๋ย 2518 แก้ไขเพิ่มเติม 2550)

หลักการและเทคนิคในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ (ชนิดของแข็ง)

องค์ประกอบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

1. วัสดุอินทรีย์
2. จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์
3. ปัจจัยแวดล้อมที่สนับสนุนการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์

วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการทำปุ๋ยอินทรีย์

วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยอินทรีย์ต้องเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายตัวได้ ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ต่างๆ จากการเกษตร อุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร สิ่งขับถ่ายจากสัตว์เลี้ยง และขยะมูลฝอยจากครัวเรือน สามารถแบ่งได้ดังนี้

- วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืช ส่วนใหญ่ได้จากต้นพืชต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว ทั้งพืชไร่ พืชสวน และนาข้าว เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด เปลือกถั่ว ต้นถั่ว รวมถึงเศษวัชพืชทั่วไป ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ทางการเกษตรหรือในน้ำ

- วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม เป็นวัสดุที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตน้ำมันพืช โรงงานแป้งมัน โรงสีข้าว โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานอาหารสัตว์ รวมทั้งอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อสัตว์

- วัสดุที่ได้จากสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ รวมถึงวัสดุรองพื้นคอกสัตว์ เช่น มูลวัว มูลสุกร มูลไก่

- วัสดุจากขยะมูลฝอยจากครัวเรือน ซึ่งเป็นขยะสดที่เกิดจากการประกอบอาหารภายในครัวเรือน หรือภายในสถานประกอบการต่างๆ ที่จัดเก็บไปทิ้งในแต่ละวัน

กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายหรือสังเคราะห์สารชนิดอื่นๆ ขึ้นมาใหม่ในธรรมชาติ โดยย่อยสลายวัสดุสารอินทรีย์ต่างๆ (Organic Decomposition) ให้เป็นธาตุอาหารเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์

[1] รองศาสตราจารย์ ดร., ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อีเมลล์ arnat009@hotmail.com เว็บไซต์ www.maejonaturalfarming.org โทรศัพท์ (053) 873493

(Mineralization) ซึ่งในกระบวนการย่อยสลายเกิดจากน้ำย่อยที่ปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน จุลินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอินทรีย์หรือเซลลูโลส (Cellulolytic Microorganisms หรือ Cellulolytic Decomposers) เป็นพวกที่ย่อยสลายเซลลูโลสหรือซากพืช ซากสัตว์ ประกอบไปด้วยแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิทและโปรโตซัว เช่น Bacillus, Aspergillus, Trichoderma, Penicillium, Thermoactinomyces เป็นต้น จุลินทรีย์พวกนี้พบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ซากพืช ซากสัตว์ ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้เกิดปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ขึ้นมาได้

ในปุ๋ยหมักที่มีกิจกรรมจุลินทรีย์ค่อนข้างดี พบว่าในทุก 1 กรัมของปุ๋ยหมักจะต้องมีแบคทีเรีย 150-300 ไมโครกรัม และแบคทีเรียมีกิจกรรมสูง (Active) อยู่ 15-30 ไมโครกรัม มีเชื้อรา 150-200 ไมโครกรัม และมีเชื้อราที่มีกิจกรรมสูง 2-10 ไมโครกรัม มีพวกโปรโตซัวซึ่งจะย่อยสลายเศษชิ้นส่วนขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ต้องมีถึงประมาณ 10,000 ตัวต่อ 1 กรัมของปุ๋ยหมัก และมีพวกไส้เดือนฝอยชนิดที่เป็นประโยชน์ 50-100 ตัว จุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ เหล่านี้จะมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มโดยมีสภาพแวดล้อมและชนิดของวัสดุเป็นตัวกำหนด

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกองปุ๋ยหมักมีหลายประเภท ประกอบด้วยเชื้อรา แบคทีเรียและแอคติโนมัยซิท ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ บทบาทของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักมีดังนี้

- แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุด ประมาณ 80-90% ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในกองปุ๋ยหมักซึ่งมีแบคทีเรียประมาณ $2.3x10^8$ เซลล์ต่อกรัม ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก แบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก ในระยะแรกของการหมัก อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะไม่สูงมากนัก แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นพวก *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Cellulomonas* sp., *Flavobacterium* sp., *Micrococcus* sp. และ *Achromobacter* sp. ระยะต่อมาของการหมัก กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิภายในกองสูงมากขึ้น ในช่วงอุณหภูมิ 50–55 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้ดีจะเป็นพวก *Bacillus subtilis* และ *Bacillus stearothermophilus* ในช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงในบางกรณีอาจสูงถึง 65-70 องศาเซลเซียส แบคทีเรียที่เจริญได้และสามารถทนความร้อนได้สูง ได้แก่พวก *Thermus* sp. ที่สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และพวก *Bacillus* sp. ที่สามารถสร้างสปอร์ได้ นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนได้แก่ *Clostridium* sp.

- เชื้อรา (Fungi) ในกองปุ๋ยหมักจะพบเชื้อราอยู่เสมอ ชนิดและปริมาณของเชื้อราจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก เชื้อราจะเจริญได้ดีในระยะแรกของการหมักปุ๋ย เนื่องจากในระยะแรกของการหมัก กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก เพราะหากกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิและความชื้นที่สูงขึ้น จะเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้นจึงมักพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าภายในกองปุ๋ยหมัก

เมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียสจะไม่พบเชื้อรา แต่ถ้าอยู่ในสภาพแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เชื้อรายังสามารถเจริญอยู่ได้

เชื้อรามีบทบาทในการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักให้มีขนาดเล็กลงในระยะแรกของการหมักในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักยังไม่สูงมากนัก จะพบเชื้อราพวก *Geotrichum candidium* และ *Aspergillus fumigatus* เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 45-55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบเชื้อราพวก *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจจะพบเชื้อราพวก *Penicillium duponti* แต่ชนิดของเชื้อราดังกล่าวที่พบนี้อาจจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก

- แอคติโนมัยซิท (Actinomycetes) แอคติโนมัยซิทจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าเชื้อราและแบคทีเรีย เจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศพอเพียง เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง 65-75 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส มักจะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซิท ลักษณะของเชื้อแอคติโนมัยซิทที่พบบนกองปุ๋ยหมักจะเจริญเป็นกลุ่ม เห็นเป็นจุดสีขาวคล้ายๆ ผงปูนหลังจากอุณหภูมิสูงขึ้นจนสูงมาก

เชื้อแอคติโนมัยซิทมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรียสาร เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ไคติน และโปรตีน ที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักขณะที่อุณหภูมิสูง โดยเชื้อแอคติโนมัยซิทที่มักพบเสมอในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ พวก *Thermoactinomyces* sp. และ *Thermomonospora* sp. ซึ่งเป็นพวกที่สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจพบ *Streptomyces* sp. และ *Micropolyspora* sp. ในกองปุ๋ยได้เช่นกัน (ธงชัย, 2546)

ปัจจัยสนับสนุนการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ทำปุ๋ยหมักนั้น นอกจากเชื้อจุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญอย่างมากแล้ว ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การสลายตัวเป็นไปในอัตราที่เร็วหรือช้าด้วย ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน หรือ C/N ratio

ความยากง่ายของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์นั้น สามารถพิจารณาได้จากค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน หรือ C/N ratio ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด โดยวัสดุที่ย่อยสลายง่ายจะประกอบด้วยสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 100:1 และวัสดุที่ย่อยสลายยากมักจะเป็นวัสดุประเภทที่มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่า 100:1 ตัวอย่างของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง หญ้าขน ผักตบชวา เปลือกสับปะรด ซึ่งมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 26:1 ถึง 89:1 ตัวอย่างของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก เช่น ขี้เลื่อยไม้ ขุยมะพร้าว กากอ้อย แกลบ เปลือกเมล็ดปาล์มบด ซึ่งมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 117:1 ถึง 307:1

เนื่องจากเศษพืชประเภทที่สลายตัวได้ยาก จะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในการใช้ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ซึ่งแร่ธาตุที่มักจะขาดแคลนในวัสดุที่เน่าสลายยากดังกล่าว คือ ไนโตรเจน ดังนั้น

ในการเร่งกระบวนการหมักให้เกิดเร็วขึ้น สามารถทำได้โดยการจัดสภาพแวดล้อมของกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสม และเพิ่มสัดส่วนของไนโตรเจนในกองปุ๋ยโดยการเติมปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรีย วัสดุอินทรีย์หรือมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ที่มีแหล่งของธาตุไนโตรเจนสูง จะทำให้วัสดุที่สลายตัวยาก สลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น ตัวอย่างของวัสดุอินทรีย์หรือมูลสัตว์ที่มีส่วนประกอบของธาตุไนโตรเจนอยู่สูง เช่น มูลเป็ด มูลไก่ มูลสุกร มูลโค ต้นถั่วต่างๆ ซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนอยู่ในระดับ 2.0-5.0 เปอร์เซ็นต์ (ธงชัย และอรรถศิษฐ์, (2541)

- ขนาดของวัสดุอินทรีย์ วัสดุอินทรีย์ที่นำมาผลิตปุ๋ยหมักควรมีขนาดเล็ก เพื่อสะดวกแก่การคลุกเคล้ากับวัสดุหมักอื่น รวมถึงง่ายต่อการกองปุ๋ยและการพลิกกลับกองปุ๋ย เพื่อระบายอากาศและลดอุณหภูมิในกองปุ๋ย รวมทั้งขนาดวัสดุอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ทั่วถึง ซึ่งจะทำให้วัสดุสลายตัวได้เร็วขึ้น

- ความชื้น ความชื้นในกองปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมาก โดยเป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆ ในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งความชื้นที่ระดับ 50-60% โดยน้ำหนักจะเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและเกิดกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ซึ่งถ้าความชื้นในกองปุ๋ยต่ำกว่า 40% จุลินทรีย์จะขาดน้ำ แต่ถ้าความชื้นเกิน 80% จะทำให้กองปุ๋ยมีน้ำมากเกินไปและมีอากาศน้อยลง จุลินทรีย์จะขาดอากาศ เป็นผลให้การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เป็นปุ๋ยหมักช้าลงได้

- อากาศ ในกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักของจุลินทรีย์มีทั้งแบบที่ใช้อากาศ (ออกซิเจน) และไม่ใช้อากาศ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแบบที่ใช้อากาศในกระบวนการย่อยสลายมากกว่า ดังนั้นจำเป็นต้องเพิ่มอากาศในกองปุ๋ยหมักโดยการกลับกองปุ๋ยหมัก ซึ่งการกลับกองปุ๋ยบ่อยครั้ง จะทำให้อัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในกองปุ๋ยเกิดเร็วยิ่งขึ้น

- อุณหภูมิ ภายหลังขึ้นกองปุ๋ยหมักแล้วเป็นเวลา 2-4 วัน ความร้อนในกองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระดับ 50-70 องศาเซลเซียส และภายในกองจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สะสมเพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณออกซิเจนจะลดต่ำลง ซึ่งสภาวะดังกล่าวเกิดจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ ในกรณีเช่นนี้ จุลินทรีย์กลุ่มที่ทนต่อความร้อนได้น้อยและกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มลดต่ำลง จะเหลือแต่กลุ่มที่ทนร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนที่เจริญได้ดีเท่านั้น วิธีปรับสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยให้เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ทุกกลุ่มที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายคือการกลับกองปุ๋ยหมัก ซึ่งการกลับกองปุ๋ยหมักนั้นมีประโยชน์ทั้งในแง่ของการช่วยระบายความร้อนและเพิ่มออกซิเจนในกองปุ๋ยไปพร้อมๆ กัน

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่างในกองปุ๋ยหมักภายหลังหมักสมบูรณ์แล้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก pH จะอยู่ระหว่าง 6-8 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิต โดยวัสดุที่เป็นเศษซากพืชซากสัตว์จะมีค่า pH ลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกของการหมักเท่านั้น เนื่องจากการปลดปล่อยกรดอินทรีย์จากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ดังกล่าวในกองปุ๋ยไม่กระทบต่อกระบวนการหมัก ดังนั้นไม่จำเป็นต้องปรับค่า pH ในกองปุ๋ยหมัก เนื่องจากเป็นช่วง pH ที่จุลินทรีย์กลุ่มใหญ่สามารถทำงานได้

ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยหมักในระดับอุตสาหกรรม

1) รวบรวมวัตถุดิบจากพื้นที่การเกษตร ฟาร์มเพาะเห็ด พื้นที่ปศุสัตว์ และโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

2) บดย่อยวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ เช่น ต้นข้าวโพด เศษวัชพืช หรือกิ่งไม้ ให้เป็นชิ้นเล็กด้วยเครื่องบดย่อยเศษพืช ซึ่งการบดย่อยเศษพืชให้มีชิ้นเล็ก จะสะดวกในการผสมเข้าด้วยกันกับวัสดุอื่น รวมถึงสะดวกในการตั้งกองและพลิกกลับกองปุ๋ย และเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษพืชในกระบวนการหมักด้วย

3) แยกเก็บวัตถุดิบทั้งที่ไม่บดย่อยและบดย่อยแล้วไว้ในโรงเก็บพักวัตถุดิบ

4) นำวัตถุดิบที่เก็บไว้มาผสมเข้าด้วยกันด้วยสูตรเศษพืช 3-4 ส่วน ผสมกับมูลสัตว์ 1 ส่วน (โดยพิจารณาจากค่า C/N ratio ของเศษพืช หากมีค่าต่ำ ย่อยสลายง่ายเช่นฟางข้าว ใช้ 4 ส่วน หากย่อยสลายยากอย่างขี้เลื่อย ใช้ 3 ส่วน) ปรับความชื้นของวัสดุหมักทั้งหมดให้มีระดับความชื้น 50-60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และขึ้นกองเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยให้กองปุ๋ยมีความกว้างฐาน 3-6 เมตร สูง 1.5-3 เมตร ความยาวกองปุ๋ยสามารถตั้งได้ตามความยาวของพื้นที่ โดยอาจมีความยาวตั้งแต่ 4 เมตร ถึง 40 เมตร

5) การตรวจสอบความชื้นภายในกองปุ๋ยจะทำทุกๆ 7 วัน โดยใช้เครื่องมือวัดความชื้นสุ่มวัดกองปุ๋ยหมักให้ทั่วกอง โดยให้มีค่าความชื้นในกองปุ๋ยไม่น้อยกว่า 40% และไม่สูงกว่า 80% หากมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่า ให้ปรับค่าขึ้นหรือลงมาให้อยู่ในระดับ 50-60% ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์

6) การตรวจวัดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะทำทุกๆ 7 วัน โดยให้มีค่าอุณหภูมิในกองปุ๋ยอยู่ในระดับสูงไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์กลุ่มไม่ทนความร้อนตาย ซึ่งทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า

7) การพลิกกลับกองปุ๋ยจะทำทุกๆ 14 วัน โดยระหว่างการพลิกกลับกองปุ๋ย จะเพิ่มความชื้นไปในตัว ขั้นตอนการพลิกกลับกองปุ๋ยนั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากการพลิกกลับกองนั้นจะสามารถลดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยให้ต่ำลงอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์กลุ่มไม่ทนร้อน พร้อมทั้งเป็นการเพิ่มออกซิเจนภายในกองปุ๋ยให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ใช้ พร้อมทั้งสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซพิษอื่นๆ ที่สะสมภายในกองไปพร้อมๆ กัน ซึ่งจะเป็นการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ทุกกลุ่มช่วยกันย่อยสลายสารอินทรีย์ได้

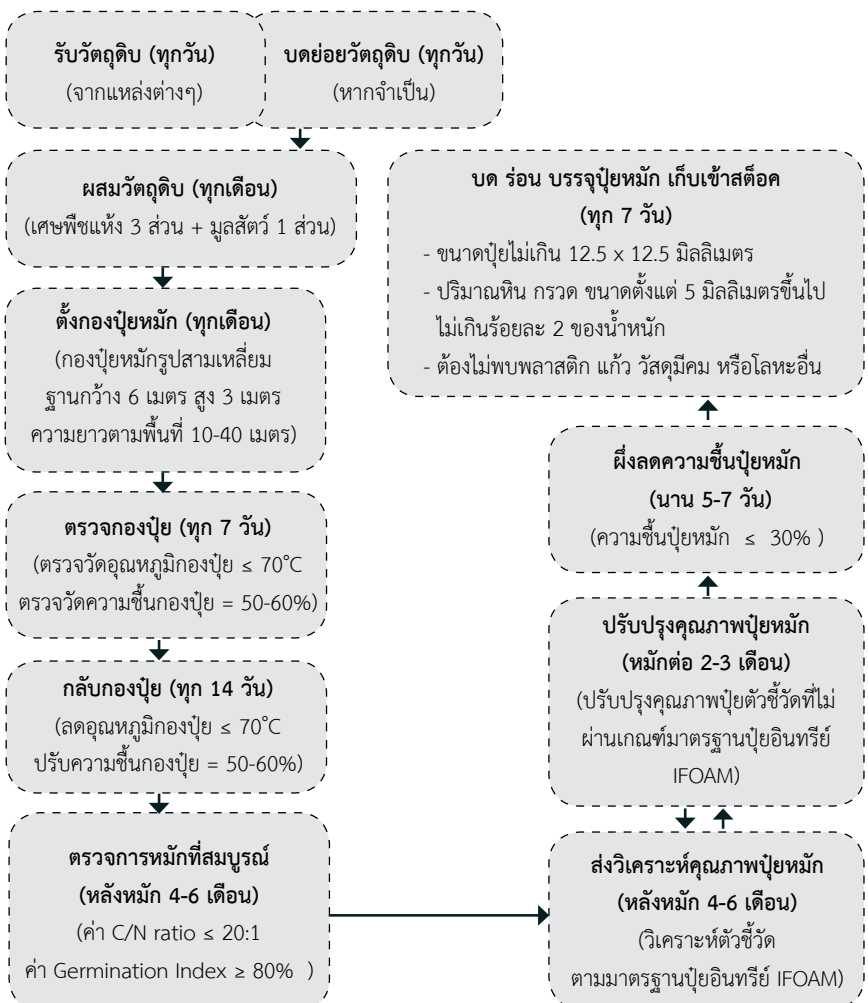
8) เมื่อสารอินทรีย์ต่างๆ ในวัตถุดิบที่นำมาหมักถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ในช่วง 4-6 วันแรก อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มสูงขึ้นมาก อาจวัดได้ 50-70 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ดี และเมื่อเวลาผ่านไปสารอินทรีย์ต่างๆ จะค่อยๆ ถูกจุลินทรีย์ย่อยหมดลง อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ จนมีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก ซึ่งช่วงนี้จะใช้ระยะเวลาประมาณ 2-4 เดือน ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการย่อยสลายของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมัก เมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลงจนนิ่งแล้ว เป็นสัญญาณหนึ่งซึ่งแสดงถึงกระบวนการหมักได้เสร็จสิ้นระดับหนึ่งแล้ว ให้สังเกตถึงลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมัก ซึ่งจะพบว่าเนื้อปุ๋ยมีลักษณะแตกต่างจากวัตถุดิบ

ที่นำมาหมักในตอนแรก คือจะมีสีน้ำตาลปนดำ ร่วนยุ่ย ไม่มีกลิ่นเหม็นหรือมีกลิ่นดิน

9) เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพ พบว่ากองปุ๋ยหมักได้ผ่านกระบวนการหมักจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจสอบค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (Germination Index :GI) ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20:1

10) เมื่อตรวจวัดค่า GI และค่า C/N ratio ผ่านเกณฑ์มาตรฐานแล้ว ให้ส่งตัวอย่างปุ๋ยดังกล่าวไปตรวจตัวชี้วัดอื่นๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

11) นำค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์มาพิจารณา โดยหากพบว่าตัวชี้วัดใดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ให้ทำการปรับปรุงคุณภาพภาพปุ๋ยในตัวชี้วัดนั้น และหมักต่อไปอีก 2-3 เดือน และส่งตัวอย่างปุ๋ยหมักตรวจวัดค่าใหม่จนคุณภาพผ่านเกณฑ์ แล้วจึงย้ายกองปุ๋ยไปผึ่งลดความชื้นในร่ม ประมาณ 5-7 วัน หรือนานกว่านี้ตามสภาพอากาศในแต่ละฤดู โดยให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำปุ๋ยหมักไปบด ร่อน คัดแยกสิ่งปลอมปน และบรรจุปุ๋ยหมักตามแผนการผลิต ขนย้ายเก็บรักษาปุ๋ยไว้ในโกดังสินค้ารอส่งลูกค้าต่อไป



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์ชนิดแห้ง

หลักพิจารณากองปุ๋ยหมักที่หมักสมบูรณ์แล้ว

ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักสมบูรณ์แล้ว ในกองปุ๋ยหมักจะไม่มีความร้อนหลงเหลืออยู่เหมือนในช่วงแรกของการทำปุ๋ยหมัก และอุณหภูมิภายในกองที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิภายนอกกอง ปุ๋ยหมักที่ได้มีสีน้ำตาลปนดำ เนื้อปุ๋ยหมักร่วนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีกลิ่นหรือมีกลิ่นดินอ่อนๆ ไม่เหม็น และเมื่อนำไปวัดค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ (Germination Index) จะมีค่าไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20:1

ตัวชี้วัดคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ชนิดของแข็ง)

ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ชนิดของแข็ง ต้องระบุชนิดวัสดุอินทรีย์หลักที่ใช้ในการผลิต และผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยสมบูรณ์จนได้เนื้อปุ๋ยสีน้ำตาลนุ่ม ยุ่ย ขาดจากกันได้ง่าย อุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศและมีคุณลักษณะที่สามารถตรวจสอบได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์ชี้วัดคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
ความละเอียดของเนื้อ	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิกรัม
ปริมาณความชื้น และสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 30% โดยน้ำหนักปุ๋ยที่ยังไม่อบแห้ง
ปริมาณหิน กรวด ทราย เศษพลาสติก ขนาด 5 มม. ขึ้นไป	ไม่เกิน 2% โดยน้ำหนัก
เศษแก้ว วัสดุคม และโลหะอื่นๆ	ไม่พบ หรือไม่เกิน 0.1% โดยน้ำหนัก
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.5–8.5
ปริมาณเกลือ (NaCl)	ไม่เกิน 1% โดยน้ำหนัก
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	ไม่เกิน 20:1
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)	ไม่เกิน 10 dS/cm
ปริมาณธาตุอาหารหลัก	ไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่า 1.0% โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัส (total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก โพแทสเซียม (total K_2O) ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก
การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80%
โลหะหนัก สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 50 mg/kg
แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 5 mg/kg
โครเมียม (Chromium)	ไม่เกิน 300 mg/kg
ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 500 mg/kg
ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 500 mg/kg
ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 2 mg/kg

หลักการใช้ปุ๋ยหมักที่เหมาะสม

การพิจารณาว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตได้นั้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรนั้น สามารถนำค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยหมักมาพิจารณาได้ โดยปุ๋ยหมักที่มีค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงกว่า 25 ไม่เหมาะสมต่อการนำไปคลุกลงในดิน ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อปุ๋ยยังมีวัสดุอินทรีย์ส่วนที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์หลงเหลืออยู่ จะทำให้จุลินทรีย์ใช้ธาตุไนโตรเจนในดินไปในการย่อยสลายปุ๋ยหมักต่อ อันจะส่งผลให้พืชปลูกขาดธาตุไนโตรเจนในดินช่วงแรกได้ แต่ปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N สูงนั้น เหมาะสมสำหรับใช้คลุมดินในแปลงปลูก ซึ่งสามารถรักษาความชื้นในแปลงได้ดี และธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชได้ใช้ในลำดับถัดไป ในส่วนปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว และวัดค่า C/N ได้ไม่เกิน 20:1 นั้น จัดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณคาร์บอนปานกลาง ควบคู่กับมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินพอต่อความต้องการใช้ของจุลินทรีย์ดิน เป็นสารอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายส่วนหนึ่งมาก่อนแล้ว จึงมีความเหมาะสมในการเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีบทบาทในการเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารไนโตรเจนและซัลเฟอร์เป็นหลัก ให้ฟอสฟอรัสรองลงไป และให้จุลธาตุทุกชนิดแก่พืช

ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ที่มีระดับ C/N อยู่ในช่วง 7-10 นั้น จัดเป็นพวกฮิวมัส (humin and humic acids) เป็นสารที่มีประจุที่ผิวที่เป็นทั้งประจุบวกและลบ มีบทบาทในเรื่องการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ (ion exchange capacity) และเพิ่มความคงทนของก้อนดิน ทำให้โครงสร้างดินพัฒนาเป็นแบบเม็ดกลมเล็ก ซึ่งลดช่องว่างขนาดใหญ่ และช่วยชะลอการไหลชะล้างธาตุอาหารโดยน้ำในหน้าตัดดิน (สุนทรี, 2554) นอกจากนี้ในการนำปุ๋ยหมักไปใช้ให้เหมาะสมนั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงสมบัติของดินและความต้องการธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดควบคู่กันไปด้วย

ภาพที่ 2 การเก็บรวบรวมวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากพื้นที่ทางการเกษตร

ภาพที่ 3 เครื่องชั่งวัตถุดิบขนาดใหญ่ (เครื่องชั่งรถบรรทุก) ขนาดพิกัดกำลังการชั่งในระดับ 40-100 ตัน

ภาพที่ 4 ตั้งกองหมักปุ๋ยเป็นแถวรูปทรงสามเหลี่ยมฐานกว้าง 3-6 เมตร สูง 1.5-2 เมตร ความยาวกองปุ๋ยตามขนาดพื้นที่โรงงาน

ภาพที่ 5 ตรวจวัดความชื้นให้อยู่ในช่วง 50-60% และอุณหภูมิไม่เกิน 70°C ภายในกองปุ๋ยหมักทุกๆ 7 วัน

ภาพที่ 6 กลับกองปุ๋ยหมักเพื่อลดความร้อนและระบายอากาศในกองปุ๋ย พร้อมกับปรับความชื้นภายในกองปุ๋ยทุกๆ 14 วัน ปรับความชื้นกองปุ๋ยด้วยน้ำที่กักเก็บได้จากน้ำหมักที่ไหลออกจากกองปุ๋ยทุกๆ 7-14 วัน

ภาพที่ 7 ตั้งกองหมักไว้นาน 4-6 เดือน ตรวจลักษณะทางกายภาพว่ากองปุ๋ยหมักได้ผ่านกระบวนการหมักจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงขนย้ายพักในโรงผึ่งปุ๋ย

ภาพที่ 8 บดย่อย ร่อน และแพ็คบรรจุปุ๋ยหมักตามขนาดและน้ำหนักที่ตลาดต้องการ เก็บเข้าสต็อค

เอกสารอ้างอิง

อานัฐ ตันโช. 2558. คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐาน IFOAM ระดับอุตสาหกรรม (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์ ทรีโอ แอนด์ แอดเวอร์ไทซิ่ง มีเดีย, เชียงใหม่. 120 น.

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ. 300 น.

ธงชัย มาลา และอรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. 2541 การปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยหมัก. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 15 น.