การตรวจเอกสาร

เนื่องจากปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยธรรมชาติ ที่ได้จากการนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร กากเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะมูลฝอย มาหมักให้เกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการย่อยสลายเพื่อทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่รวดเร็วและมีคุณภาพดี

1. วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก

ชนิดของวัสดุเหลือใช้ที่นำมาทำปุ๋ยหมักจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการย่อยสลายและคุณภาพของปุ๋ยหมัก (ปรัชญา, 2529; Follett และคณะ, 1981) แบ่งวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักตามปริมาณธาตุอาหารหลักในวัสดุได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุเหลือทิ้งประเภทเศษซากพืชจากการเกษตร ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบ กากอ้อย ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง ต้นข้าวโพด ฟางข้าว เปลือกผลไม้ เป็นต้น

2. วัสดุประเภทอาหารเสริมหรือวัสดุที่ใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจน วัสดุประเภทนี้ช่วยให้การย่อยสลายเศษพืชให้เร็วขึ้น และมีคุณภาพดี วัสดุเหล่านี้ได้แก่ มูลสัตว์ ล่าเหล้า น้ำล้างเนื้อ และเลือดจากโรงงานฆ่าสัตว์ เป็นต้น

วัสดุเหลือทิ้งประเภทเศษซากพืชจากการเกษตรส่วนใหญ่ มักจะมีปริมาณเซลลูโลสสูง และมีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (Halsall และ Gibson, 1985) วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรต้องมีองค์ประกอบไนโตรเจนร้อยละ 1 หรือมากกว่า เพื่อให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว (Follett และคณะ, 1981) แต่ถ้าวัสดุที่นำมาใช้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าร้อยละ 1 อาจเติมแหล่งของไนโตรเจนลงไปเพื่อให้มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 1 และสามารถพิจารณาคุณภาพของวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักโดยดูจากอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 1) (ปรัชญา, 2526) จึงทำให้การย่อยสลายแตกต่างกัน ซึ่งพืชที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง การย่อยสลายจะช้าต้องปรับอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนให้เหมาะสม โดยการเติมวัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง ได้แก่ สารอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น มูลสัตว์ต่าง ๆ หรือสารอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนของ

วัสดุที่นำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน แสดงในตาราง 2 (ปรัชญา, 2529; Poincelot, 1975; Follett และคณะ, 1981)

ตารางที่ 1 แสดงค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเศษพืชชนิดต่าง ๆ (ปรัชญา, 2526)

ชนิดของเศษพืช	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	307
ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ	249
ขุยมะพร้าว	167
แกลบ	152
กากอ้อย	146
ซังข้าวโพด	124
เศษปอกระเจา	115
ฟางข้าว	89
เปลือกถั่วลิสง	75
ต้นข้าวโพด	62
เปลือกมันสำปะหลัง	58
ไส้ปอเทือง	52
ผักตบชวา	36
ต้นหญ้าขน	35

ตาราง 2 แสดงปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนของวัสดุบางชนิดที่สามารถนำมาเป็นแหล่งของไนโตรเจนในการทำปุ๋ยหมัก (ปรัชญา, 2524; เพชร, 2526; Minnich, 1979)

ชนิดของวัสดุ	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน
มูลควาย	0.81-1.15
มูลไก่	1.76-3.38
มูลหมู	4.70
มูลเป็ด	0.56-2.37
อุจจาระ (Night soil)	0.80
เลือดแห้ง (Dried blood)	10-14
รำข้าวสาลี (Wheat bran)	2.36
ตะกอนน้ำทิ้ง (Sewage sludge)	1.7-2.26
เศษเหลือปลา	1.07
กากผงชูรส	8.34
กากจากหม้อโรงงานน้ำตาล	2.80
กากน้ำตาล	2.0
ล่าเหล้า*	0.4-6.15
ยูเรีย	46
แอมโมเนียมซัลเฟต	21

*หมายถึง ของเสียที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ปล่อยออกมาจากโรงงานผลิตสุรา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟางข้าวจัดเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีเป็นจำนวนมากอย่างหนึ่ง ในประเทศไทยปีหนึ่ง ๆ จะมีฟางข้าวเหลืออยู่ประมาณ 25 ล้านตัน (เกษมและเมธา, 2528) โดยทั่วไปฟางข้าวสามารถนำมาเป็นประโยชน์หลายอย่าง เช่น นำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดฟาง ใช้เป็นวัสดุคลุมดิน เป็นเชื้อเพลิง อาหารสัตว์ และเป็นวัตถุดิบสำหรับการทำกระดาษ เป็นต้น ซึ่งปริมาณการใช้ฟางข้าวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับปริมาณฟางข้าวที่มีอยู่ในประเทศ (ประเสริฐ และ ดำรัส, 2527; Han 1978)

องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว

ฟางข้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารพวกเซลลูโลสประมาณ 36-40 เปอร์เซ็นต์ ลิกนินประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Muller, 1960; Bacon, 1979; Aronovsky และคณะ, 1943) เซลลูโลสที่มีอยู่ในฟางข้าวมีโครงสร้างแบบไมเซล (micelle) ประกอบด้วยโพลีเมอร์ของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วย β 1, 4 glycosidic linkage (Davidson, 1967; Stacey, 1976) ส่วนเฮมิเซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ของน้ำตาลเพนโตส (pentose sugar) ทำหน้าที่เป็น cement material ที่เชื่อมให้ cellulose micelles และ fibrils อยู่ด้วยกัน เฮมิเซลลูโลสส่วนใหญ่เป็นพวกไซแลน (Xylan) ประกอบด้วยโพลีเมอร์ของไซโลส เชื่อมต่อกันด้วย β 1, 4 Xylosidic linkage ทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส จัดเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย นอกจากนี้ในฟางข้าวยังประกอบด้วยลิกนิน ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้ฟางข้าว ลิกนินเป็นสารประกอบโพลีเมอร์จำพวกอะโรเมติก จึงทำให้ย่อยสลายได้ยาก และนอกจากสารประกอบที่ได้กล่าวมา ฟางข้าวยังประกอบด้วย โปรตีน ไฟเบอร์ ขี้เถ้า น้ำตาล ขี้เถ้า และซิลิก้า เป็นต้น (Clawson และคณะ, 1970) ซิลิก้าในฟางข้าวมีผลทำให้การย่อยสลายฟางข้าวเกิดอย่างช้า ๆ เพราะซิลิก้าในผนังของเซลล์พืชก็ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรง เช่นเดียวกับลิกนิน การดึงเอาซิลิก้าออกก่อนจะทำให้การย่อยสลายฟางข้าวเกิดเร็วขึ้น (Soest และ Jones, 1968) นอกจากนี้ยังพบว่าฟางจากต้นข้าวที่อายุมาก (mature) มีองค์ประกอบของลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสสูงกว่าฟางจากต้นข้าวที่มีอายุน้อย (young) ดังนั้นการย่อยสลายฟางข้าวจะเกิดได้เร็วหรือช้าขึ้นกับอายุของฟางข้าวเป็นสำคัญ (Sircar และ Bhowmick, 1938)

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกากส่า

น้ำกากส่า (Molasses Waste Water) คือ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ เป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงมาก มีค่า BOD (Biochemical Oxygen Demands) ที่ 5 วัน ประมาณ 35,000 มก./ลิตร เป็นปัญหาใหญ่ของโรงงานเนื่องจากมีปริมาณมาก และยากต่อการบำบัดให้ละอาด วิธีการกำจัดน้ำกากส่าของโรงงานส่วนใหญ่นั้นจึงใช้วิธีนำขนไปเก็บกักในบ่อหมักห่างไกลโรงงานและเขตชุมชน หรือนำมาราดถนนลูกรังลดฝุ่น เป็นต้น เมื่อนำน้ำกากส่ามาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ประกอบด้วยไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) 2,000 มก./ลิตร ฟอสฟอรัส 150 มก./ลิตร โปตัสเซียม 150 มก./ลิตร ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 เมื่อทำเป็นกากส่าแห้งมีไนโตรเจน 4.5% ฟอสฟอรัส 0.5% และโปตัสเซียม 3.5% ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยเป็นแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจน ปัจจุบันโรงงานสุรากำจัดน้ำกากส่าโดยนำน้ำกากส่ามาผสมกับเศษพืช ได้แก่ กากอ้อย เพื่อทำปุ๋ยหมักโดยมีจุลินทรีย์ไบโอนิคเป็นตัวช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายซึ่งพบว่าจะได้ปุ๋ยหมักภายในเวลา 30 วัน (นิศากร, 2528; สุวินต์, 2528; สมคิด และคณะ, 2528)

2. วิธีการทำปุ๋ยหมัก

การทำปุ๋ยหมักแบ่งได้ 2 แบบ (Updegraff, 1972; Minnich และ Hunt, 1979) คือ แบบอากาศถ่ายเทได้ (Aerobic composting) และแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic composting)

2.1 การทำปุ๋ยหมักแบบอากาศถ่ายเทได้

เป็นการหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเป็นตัวย่อยสลาย ดังนั้นกองปุ๋ยหมักจึงต้องมีการกลับกองอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้ดี ภาระหมักปุ๋ยแบบนี้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะค่อย ๆ สูงขึ้น จนถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นอุณหภูมิในกองปุ๋ยจะเย็นลงจนเท่ากับสภาวะแวดล้อมในช่วงสุดท้ายของการหมัก ดังนั้นชนิดของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจึงแตกต่างกันไปตามช่วงของอุณหภูมิ กล่าวคือ ในช่วงที่มีอุณหภูมิปานกลางจะพบจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic microorganism) หรือจุลินทรีย์ที่สามารถทนอุณหภูมิสูง (thermotulerant microorganism) (สมศักดิ์, 2520; ปรัชญา, 2529) Waksman และคณะ (1930) พบว่า ในกองปุ๋ยหมักที่มีการหมุนเวียนอากาศอย่างดีจะทำให้

ขบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าในสภาพที่ไม่มีอากาศ แต่มีข้อเสียคืออาจทำให้กองปุ๋ยแห้ง เพราะความชื้นระเหยไปจากกองปุ๋ยได้เร็ว จึงต้องระวังความชื้นในกองปุ๋ยให้เหมาะสม Hoyle และ Mattingly (1954) พบว่า การให้อากาศแก่กองปุ๋ยเป็นเวลานานขึ้น ทำให้ไนโตรเจนสูญเสียจากกองปุ๋ยมากขึ้น

2.2 การทำปุ๋ยหมักแบบไร้ออกซิเจน

กระบวนการนี้เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน พลังงานที่เกิดขึ้นซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของความร้อนจะน้อยกว่าการหมักแบบอากาศถ่ายเท ทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก (Updegraff; 1972) ระยะเวลาในการหมักแบบนี้จะนานกว่าการหมักแบบอากาศถ่ายเทได้ (Waksman และคณะ, 1930; Sircar และ Bhowmick ., 1938) การหมักปุ๋ยแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้ (Anaerobic) จะทำให้เกิดกรดหลายชนิด และแก๊สต่าง ๆ ได้แก่ มีเทน ไฮโดรเจน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบสารจำพวก intermediate อื่น ๆ อีก ทำให้กองปุ๋ยมีกลิ่นเหม็น ซึ่งในสภาพที่ถ่ายเทอากาศได้จุลินทรีย์พวกใช้ออกซิเจนจะออกซิไดส์สารจำพวก intermediate ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำอย่างรวดเร็ว (Sircar และ Bhowmick, 1938) ข้อดีของการทำปุ๋ยหมักวิธีนี้คือ ลดแรงงานไม่ต้องกลับกองปุ๋ย และลดปริมาณการใช้ธาตุไนโตรเจน จากการศึกษาของ Acharya (1935) พบว่าการหมักฟางข้าวในสภาพไร้ออกซิเจนจะใช้ธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าการหมักในสภาพที่มีออกซิเจนกล่าวคือ ฟางข้าวเมื่อหมักในสภาพที่มีออกซิเจนต้องเติมธาตุอาหารไนโตรเจนประมาณ 1.7 ถึง 1.9 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหมักในสภาพไร้อากาศต้องเติมธาตุไนโตรเจนประมาณ 0.45-0.50 เปอร์เซ็นต์ (Sircar และ Bhowmick, 1938)

3. กระบวนการหมัก

3.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายในกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

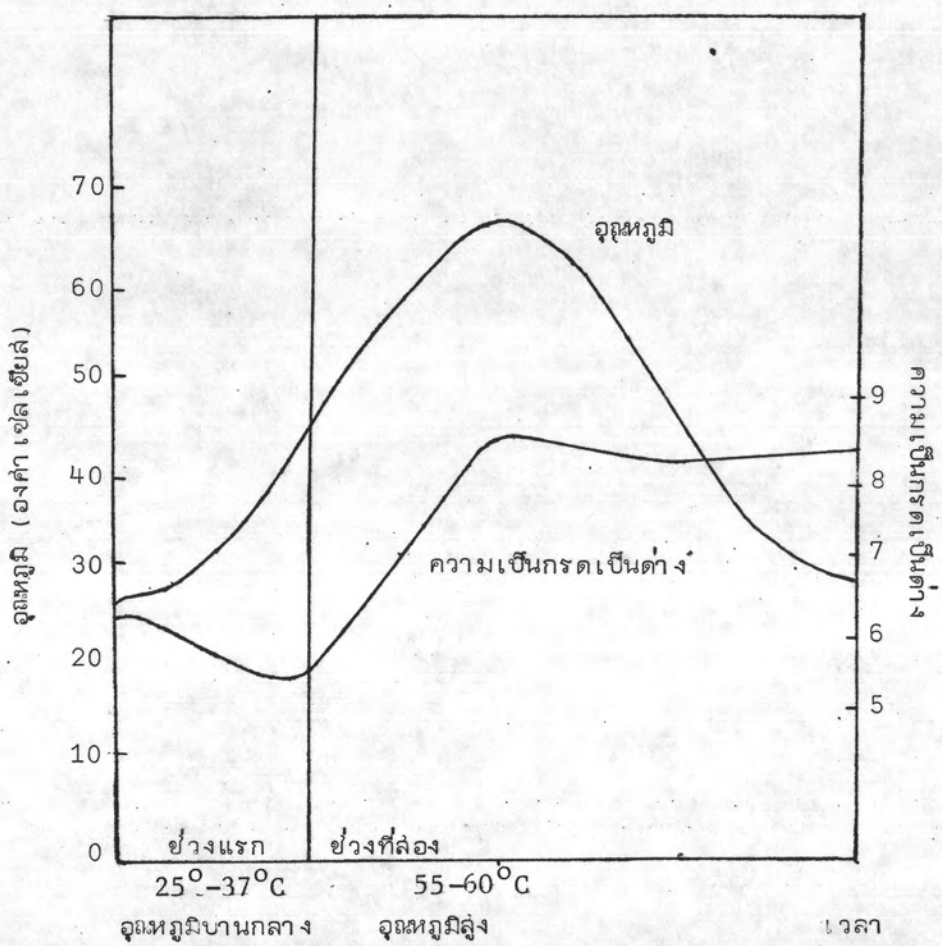
การเปลี่ยนแปลงในกองปุ๋ยหมักเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในระยะเริ่มแรกของการหมัก อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเท่ากับอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม จากนั้นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักตามธรรมชาติ จะทำการย่อยสลายสารที่มีโมเลกุลแบบง่ายก่อน คือ สารที่ละลายน้ำได้ อันได้แก่ น้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ และแป้ง ผลการย่อยสลาย

จะได้สารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว พร้อมกับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเริ่มสูงขึ้น (สมศักดิ์, 2520) เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น และในระยะนี้จะทำให้มีการย่อยสลายอินทรียวัตถุอย่างรวดเร็ว (Waksman และคณะ, 1939) Wiley (1957) พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจะเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลของการย่อยสลายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ถ้ากองปุ๋ยมีขนาดใหญ่มากอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยอาจสูงขึ้นถึง 80-90 องศาเซลเซียส (Spohn, 1970) การที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่สูงขึ้นมาก ๆ นี้อาจจะทำลายจุลินทรีย์บางชนิดตาย หรือหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ลง และเมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยนี้ลดลงต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตเหลือรอดอยู่ในกองปุ๋ยจะเพิ่มจำนวนขึ้นใหม่ สภาวะดังกล่าวจะเกิดสลับเปลี่ยนไปมาหลายครั้งจนการย่อยสลายสิ้นสุดลง (ในระหว่างที่มีการย่อยสลายจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน กล่าวคือ สารอินทรีย์ที่ไม่ถูกย่อยสลายจะรวมกับโปรตีนบางรูปเกิดเป็นฮิวมัส)

ในระหว่างการหมักความเป็นกรดด่างของกองปุ๋ยจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน กล่าวคือ ในช่วงแรกของการหมักจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักย่อยสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรททำให้เกิดกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น กรดอะซิติก หรือกรดซิตริค เป็นต้น (Stutzenberger และคณะ, 1970) แต่เมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นจะมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดขบวนการหมัก พบว่า ความเป็นกรดด่างจะอยู่ระหว่าง 7 ถึง 9 (Poincelot, 1957) Regan และ Jerris (1970) รายงานว่า ขยะที่มีความเป็นกรดด่างเริ่มต้นโดยทั่วไปประมาณ 5.0-7.0 เมื่อนำมาหมักพบว่า ความเป็นกรดด่างจะลดลงเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์แรก เนื่องจากมีการสร้างกรดเกิดขึ้น และต่อมาจะมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นจนในที่สุดกองปุ๋ยหมักมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8-9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความเป็นกรดด่างแสดงในรูปที่ 1

ปุ๋ยหมักที่หมักได้ที่ส่วนของพืชจะเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมมาอยู่ในรูปของอินทรียสารที่มีลักษณะยุ่ย มีสีดำหรือสีน้ำตาล อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20:1 ธาตุอาหารต่าง ๆ ในเศษพืชจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ นอกจากนี้ภายในกองปุ๋ยหมักยังพบสารฮอร์โมน วิตามิน สารปฏิชีวนะ เซลล์จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่กว่าจุลินทรีย์ ได้แก่ เนมาโทดไร กิ้งกือ แมลงหางดีด

รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง กับเวลาในกองปุ๋ยหมัก (สมศักดิ์, 2520)



(Mesophilic stage) (Thermophilic stage)

แมลงปีกแข็งบางชนิด มด หนอน ไส้เดือน ทาก เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวย่อยทางกายภาพ ช่วยกัด บด ฉีก หรือเคี้ยวเศษวัสดุเหล่านี้ให้มีขนาดเล็กลง ช่วยให้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุต่าง ๆ ได้ดี (สมศักดิ์, 2520; ปรัชญา, 2529; Minnich และคณะ, 1979)

3.2 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมักระหว่างการหมัก

จุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เป็น แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีท (Waksman, 1940; Siu และ Reese, 1953; Han, 1978) ในช่วงแรกของการหมักจะพบเชื้อราและแบคทีเรียจำพวกที่สร้างกรด เมื่ออุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะพบแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท และเชื้อราที่ชอบอุณหภูมิสูง แต่ถ้าอุณหภูมิในกองปุ๋ยสูงมากกว่า 70 องศาเซลเซียส จะพบแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ เพราะอุณหภูมิในกองปุ๋ยลดลง แบคทีเรีย เชื้อรา ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะปรากฏขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง (Goleuke, 1954; Malek และคณะ, 1961) การเปลี่ยนแปลงภายในกองปุ๋ยหมักสามารถแบ่งจุลินทรีย์เป็น 2 กลุ่ม ตามความสามารถที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังนี้คือ

3.2.1 พวกที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic microorganism)

จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส Chang และ Hudson, 1967 พบว่า ในช่วงอุณหภูมินี้ปุ๋ยหมักสด 1 กรัม จะพบแบคทีเรีย 10^8 เซลล์ เชื้อรา 10^6 เซลล์ แต่จะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีทเลย แบคทีเรียที่พบมีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ Pseudomonas sp., Thiobacillus denitrificans, Proteus sp, Aerobacter sp. เป็นต้น (Poincelot, 1975) แบคทีเรียเหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรทอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้น ส่วนเชื้อราจะพบมากในช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียส เชื้อราเหล่านี้จะปรากฏอยู่รอบนอกของกองปุ๋ย และจะทวีจำนวนอีกครั้งหนึ่งเมื่อกองปุ๋ยเย็นลง เชื้อราที่ชอบอุณหภูมิปานกลางสามารถย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ แต่ไม่ดีเท่ากับเชื้อราที่ชอบอุณหภูมิสูง ตัวอย่างเชื้อราที่พบในกองปุ๋ยช่วงอุณหภูมิปานกลาง ได้แก่ Aspergillus niger, Aspergillus terreus, Trichoderma sp. Mucor sp., Fusarium sp., Coprinus sp., Helminthosporium sp., Rhizopus nigricans เป็นต้น

3.2.2 พวกที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง (Thermophilic microorganism)

จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบทั้ง แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีท แบคทีเรียที่พบมากคือ แบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ ได้แก่ Bacillus sp. ซึ่งสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส บางครั้งจะพบเจริญได้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Strom, 1985) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยสลายโปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน และเฮมิเซลลูโลสบางส่วน แต่ไม่สามารถย่อยสลายเซลลูโลส และลิกนิน (Poincelot, 1975) ส่วนเชื้อราจะสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้เชื้อราจะหยุดกิจกรรมลง เชื้อรากลุ่มนี้มีความสำคัญในกองปุ๋ยมาก เพราะจะทำหน้าที่ย่อยสลายเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ Aspergillus fumigatus, Penicillium duponti, Humicola sp., Sporotrichum sp., Mucor pusillus, Chaetomium thermophile เป็นต้น จุลินทรีย์ที่พบอีกชนิดหนึ่งในช่วงที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยสูงขึ้น ได้แก่ แอคติโนมัยซีท ซึ่งเจริญเติบโตช้ากว่าแบคทีเรียและรา อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญจะอยู่ในช่วง 46 ถึง 65 องศาเซลเซียส (Finstein และ Morris, 1975) แอคติโนมัยซีทมีบทบาทในการย่อยสลายอินทรียวัตถุเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น Stutzenberger,(1971) รายงานว่า Thermonospora curvata อาจมีความสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อแอคติโนมัยซีทที่พบในกองปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เป็นพวก Thermoactinomyces sp., Thermomonospora sp. และ Micropolyspor sp. (Erickson, 1952; Stuzenberger, 1972; Lacey, 1973)

4. ปัจจัยที่มีผลในการย่อยสลายเศษวัสดุของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

4.1 อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

เนื่องจากปุ๋ยหมักเป็นผลจากการทำงานของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์เพื่อการย่อยสลายซากพืชซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นไนโตรเจนจึงมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยสลาย จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการย่อยควรอยู่ระหว่าง 26 ต่อ 1 ถึง 35 ต่อ 1 (Wiley, 1967; Waksman, 1940; ปัทมา, 2524) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่

จุลินทรีย์ทำงานได้ดี ทำให้เกิดการย่อยสลายวัสดุรวดเร็วขึ้น เศษพืชจะมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนแตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 1) ส่วนมากจะมีสารประกอบคาร์บอนมากกว่าสารประกอบไนโตรเจน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงมีค่าสูง เช่น ฟางข้าว อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 89 ต่อ 1 (ปรีชญา, 2526) ทำให้การย่อยสลายตัวเป็นไปอย่างช้า ๆ ยิ่งถ้าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ๆ อาจทำให้จุลินทรีย์ขาดไนโตรเจนได้ ดังนั้นวัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง ก่อนนำมาทำปุ๋ยหมักควรเติมไนโตรเจนลงไป เพื่อปรับอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้แคบลง เร่งการย่อยสลายเศษวัสดุให้เร็วขึ้น

4.2 ปริมาณธาตุไนโตรเจน

ในบรรดาธาตุอาหารของจุลินทรีย์ ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับการย่อยสลาย เศษวัสดุที่มีไนโตรเจนสูงการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ แต่ถ้ามีปริมาณไนโตรเจนน้อยหรือไม่เพียงพอ การย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อมีการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนลงไป เศษพืชที่นำมาทำปุ๋ยหมักมักจะมีปริมาณเซลลูโลสสูง แต่ปริมาณไนโตรเจนต่ำ ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักจะต้องมีการเติมสารไนโตรเจนให้อยู่ในปริมาณเพียงพอที่จะทำให้เกิดการย่อยสลายขึ้น (Russell, 1961) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นในกองปุ๋ยควรอยู่ประมาณ 1.7 เปอร์เซนต์ (ปัทมา, 2524) Reuszer (1957) แนะนำว่าการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว หรือเศษพืชที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ ควรเติมสารประกอบไนโตรเจนอนินทรีย์ในปริมาณ 1.5 ถึง 3.5 เปอร์เซนต์ แต่โดยทั่วไปจะใช้ 2 เปอร์เซนต์ Hoyle และ Mattengly (1954) ได้ศึกษาปุ๋ยหมักจากฟางข้าวลำลีผสมกับแหล่งไนโตรเจนจากตะกอนน้ำทิ้ง (Sewage sludge) พบว่า ระดับไนโตรเจนเริ่มต้นในกองปุ๋ยควรอยู่ระหว่าง 1.35 ถึง 1.97 เปอร์เซนต์ ถึงแม้ว่าการใส่ไนโตรเจนในปริมาณสูงกว่าระดับนี้ก็มีช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายให้เร็วขึ้น แต่กลับจะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนที่เติมลงไปในรูปก๊าซ

4.3 อุณหภูมิ

เป็นที่ทราบดีว่า ในขณะที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมัก จะมีความร้อนเกิดขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยสูงขึ้น และขณะที่จุลินทรีย์ทำหน้าที่ในการย่อยสลายได้สูงสุด จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงตามขึ้นไปด้วย (นิลิต, 2525) ดังนั้น

อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะเป็นตัวชี้บอกถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ดี Malek & Monib และ Zayed (1969) รายงานว่า เมื่อนำฟางข้าวคลุกรวมกับแอมโมเนียมซัลเฟต 1.7-1.9 เปอร์เซ็นต์ และหินฟอสเฟต 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปรับความชื้นให้ได้ 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วหมักที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 วัน พบว่า ภายในระยะเวลา 7 วันแรกของการย่อยสลายเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสจะเกิดได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส รองลงมาที่ 40 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เขาสรุปว่าการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ในการทำปุ๋ยหมักควรมีการย่ำกองปุ๋ยให้แน่นเพื่อรักษาความร้อนภายในกองปุ๋ยไม่ให้มีการสูญเสียความร้อน แต่บางครั้งอุณหภูมิในกองปุ๋ยอาจสูงเกิน 70 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้จุลินทรีย์บางประเภทตายหรือหยุดการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงนี้จะต้องทำการกลับกองปุ๋ยเพื่อให้อุณหภูมิลดลง และยังช่วยการถ่ายเทอากาศอีกด้วยโดยให้ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ (เสียง แจ่วและคณะ, 2525)

4.4 ความเป็นกรดด่าง

วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักมีความเป็นกรดด่างแตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ พบว่ามีตั้งแต่เป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเป็นด่างเล็กน้อย (ปรัชญา, 2529) โดยส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นกรดอยู่ในช่วง 4.5 ถึง 6.0 วัสดุบางชนิดที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ตะกอนน้ำทิ้ง (Sewage sludge) ชานอ้อย (Bargass) เป็นต้น มักจะมีความเป็นกรดด่างค่อนข้างสูง เนื่องจากผ่านกรรมวิธีและกระบวนการทางเคมีมาก่อน (Galler และ Davey, 1971) แต่มีวัสดุบางประเภทที่มีความเป็นกรดด่างค่อนไปทางเป็นกรด ได้แก่ น้ำกากส่าจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสุราซึ่งมีความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 (สุจินต์, 2528) โดยทั่วไปความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท และเชื้อรา เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสคือ 7.3, 7.5 และ 6.0 ตามลำดับ (Regan และ Jerris, 1970) ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักควรมีการปรับความเป็นกรดด่างให้เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์เพื่อการย่อยสลาย ซึ่งโดยทั่วไปจะปรับในระดับเป็นกลาง 7

4.5 ความชื้น

ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิต และการเจริญของจุลินทรีย์โดยทั่วไปความชื้นที่เหมาะสมในกองปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ การย่อยสลายจะเกิดไม่ดีในทางตรงกันข้าม ถ้าความชื้นสูงเกินกว่า 89 เปอร์เซ็นต์

จะทำให้กองปุ๋ยหมักแฉะอากาศผ่านเข้าไปได้น้อยลง ทำให้เกิดสภาพที่ไม่มีอากาศ จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะขาดออกซิเจนทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศซึ่งมีหน้าที่ในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเจริญเติบโตช้าลงซึ่งมีผลให้การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเกิดได้ช้าลง อีกทั้งยังเกิดกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นอีกด้วย (Daji และ Rajagopala, 1971; Updegraf, 1972)

4.6 ขนาดของเศษวัสดุ

ถ้าเศษพืชที่นำมาหมักมีขนาดใหญ่เกินไป เช่น ส่วนของลำต้นใบ หรือตอซังของพืช เมื่อนำมากองรวมกัน จะทำให้ภายในกองปุ๋ยมีช่องว่างมาก กองปุ๋ยจะแห้งง่าย และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกองปุ๋ยจะลดลงรวดเร็วทำให้กองปุ๋ยไม่ร้อนเท่าที่ควร การย่อยสลายของเศษพืชเป็นไปอย่างช้า ถ้านำเศษพืชมาสับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนนำมาทำปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตในชิ้นส่วนของพืช และแพร่ขยายได้รวดเร็วช่วยให้การย่อยสลายเกิดได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการทำปุ๋ยหมักปริมาณมาก ๆ การหั่นหรือการสับเศษพืชก็จะเป็นการสิ้นเปลืองแรงงานมาก (เรวดี, 2528; ชวลิต, 2529) แต่อาจใช้เครื่องหั่นได้

4.7 หัวเชื้อปุ๋ย

ในการผลิตปุ๋ยหมักซึ่งเป็นปุ๋ยธรรมชาติ เพื่อประโยชน์ในทางเกษตรนั้น สิ่งที่เป็นปัญหาอุปสรรคสำคัญ คือต้องอาศัยระยะเวลาในการหมัก ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการร่นระยะเวลาหมักให้เร็วขึ้น ซึ่งนอกจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวจะช่วยลดระยะเวลาการหมักแล้ว ยังมีผู้ศึกษาถึงการแยกเชื้อและนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสได้ดีมาใช้ทำปุ๋ยหมัก เพื่อช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายให้เร็วขึ้น

Gaur และ Bhardwaj (1971) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากฟางข้าว และวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้นของฟางข้าวเท่ากับ 47 เมื่อนำฟางข้าวไปคลุกกับเชื้อราที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีคือ Aspergillus sp. (RF2), Penicillium sp. (RF2), Aspergillus sp. (IF1) และ Aspergillus sp. (IF2) พบว่า เมื่อหมักฟางข้าวนาน 90 วัน มีผลทำให้ฟางข้าวมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือ 14.3, 14.8, 16.8 และ 18.9 ตามลำดับ ในขณะที่ฟางข้าวไม่เติมเชื้อรามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือ 20

015290

Yadav (1977) รายงานว่า เมื่อนำฟางข้าวมาหมักรวมกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสูง เช่น Trichoderma viridae, Aspergillus niger, Cellulomonas sp., Cytophaga sp. พบว่า หลังจากหมักฟางข้าวนาน 120 วัน ฟางข้าวจะมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือ 16-18 ขณะที่กองปุ๋ยหมักจากฟางข้าวที่ไม่ได้ผสมเชื้อจุลินทรีย์มีค่าลดลงเหลือ 47

วนิดา และคณะ (2526) แยกเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้เป็นตัวเร่งในการหมักปุ๋ยจากมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ 6 ชนิด คือ มูลวัว ควาย หมู เป็ด ไก่ และม้า ได้เชื้อที่สามารถย่อยกระดาษกรองหรือเซลลูโลส์ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส ภายใน 8-18 วัน ได้แก่ Bacillus sp., Cytophaga sp., Pseudomonas sp., Aspergillus terreus, A.niger, A.fumigatus, Penicillium sp., Trichoderma sp., Micromonospora sp. และแอคติโนมัยซีทอีก 6 ชนิด แต่เชื้อที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลส์ที่ 45-50 องศา เซลเซียส ได้แก่ Bacillus sp.

พิทยากร และคณะ (2527) ศึกษาการแยกเชื้อและคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส์จากดิน เศษพืช มูลสัตว์ และปุ๋ยหมักจากแหล่งต่าง ๆ ตามธรรมชาติได้ทั้งหมด 1,186 สายพันธุ์ ได้แก่ เชื้อรา 707 สายพันธุ์, แอคติโนมัยซีท 407 สายพันธุ์ และเชื้อแบคทีเรีย 72 สายพันธุ์ นำเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มาคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส์ การคัดเลือกขั้นแรกโดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี walseth cellulose เป็นแหล่งคาร์บอน วัดความกว้างของแถบใสรอบโคโลนี สามารถคัดเชื้อราได้ 88 สายพันธุ์ แอคติโนมัยซีท 46 สายพันธุ์ การคัดเลือกขั้นที่สองโดยศึกษาความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส์โดยวิธี DNS method ซึ่งคัดเลือกเชื้อราได้ 11 สายพันธุ์ แอคติโนมัยซีท 7 สายพันธุ์

วิสิตร (2527) ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากดินพรุ เปรียบเทียบระหว่างการใช้ดินพรุหมักอย่างเดียวกับการใช้เชื้อเร่งซี-2 ในอัตรา 0, 300, 450 และ 600 กรัม ต่อดินพรุ 1,000 กิโลกรัมผสมกับมูลสัตว์ 100 กิโลกรัม ปุ๋ยยูเรีย 2.5 กิโลกรัม และปูนขาว 16 กิโลกรัม ระยะเวลาทำปุ๋ยหมัก 30 วัน ทำการกลับกองปุ๋ยทุก 10 วัน พร้อมเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่า การหมักดินพรุผสมมูลสัตว์ ปุ๋ยยูเรีย และปูนขาว ร่วมกับการใช้เชื้อเร่งซี-2 ในอัตรา 300 กรัม มีแนวโน้มทำให้อัตราการย่อยสลายของดินพรุเป็นไปอย่างรวดเร็ว วัดค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 ขณะที่การหมัก

โดยใช้ดินพรุอย่างเดียว และการใช้ดินพรุผสมมูลสัตว์ ปุ๋ยยูเรีย ปูนขาว และเชื้อเร่ง บี-2 ในอัตรา 0, 450, 600 กรัม มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 48, 30, 29, 28 ตามลำดับ

วิศิษฐ์พร (2529) ศึกษาการย่อยสลายฟางข้าวผสมกับแอมโมเนียมไนเตรท 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในโหลหมัก เปรียบเทียบระหว่างการเติมเชื้อราที่คัดเลือกได้และไม่เติมเชื้อรา พบว่า โหลหมักที่เติมเชื้อรา Aspergillus sp. (A-8), Aspergillus sp. (B-25) มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเหลือประมาณ 20 ต่อ 1 ขณะที่โหลหมักไม่เติมเชื้อรา อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะมากกว่า 20 ต่อ 1

ปรัชญาและคณะ (2529) นำเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายเศษพืชซึ่งได้ทำการคัดเลือกไว้ 12 สายพันธุ์ มาผสมเป็นเชื้อเร่งสำหรับทำปุ๋ยหมักใช้ชื่อว่า "เชื้อปุ๋ยหมักพัฒนาที่ดิน 1" ซึ่งประกอบไปด้วยเชื้อรา 7 สายพันธุ์ แอคติโนมัยซีท 3 สายพันธุ์ และแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์

ปัจจุบันมีผู้ผลิตหัวเชื้อปุ๋ย เพื่อใช้เป็นตัวเร่งในการทำปุ๋ยหมักหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน หรือในรูปของเชื้อชนิดเดียว หัวเชื้อปุ๋ยที่ผลิตขึ้นบางครั้งอาจใช้ไม่ได้ผลกับเศษวัสดุบางชนิด ซึ่งจากการศึกษาของวิศิษฐ์พร (2529) โดยการนำฟางข้าวมาหมักรวมกับหัวเชื้อปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อะโกรแมกซ์ บี-2 เชื้อเอฟ คิโลดอร์ และ ไบโอนิค พบว่า หัวเชื้อเหล่านี้ไม่ช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายฟางข้าวให้เร็วขึ้น แต่เมื่อนำฟางข้าวมาหมักรวมกับเชื้อรา Aspergillus sp. (A-8), Aspergillus sp. (B-25) ที่แยกได้จากฟางข้าว พบว่า สามารถเร่งอัตราการย่อยสลายฟางข้าวให้เร็วขึ้น ซึ่งการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์เพื่อมาผลิตเป็นหัวเชื้อปุ๋ยให้เหมาะสมกับเศษวัสดุต่าง ๆ ชนิดควรมีการศึกษากันต่อไป

5. บทบาทของเอ็นไซม์เซลลูเลสต่อกระบวนการทำปุ๋ยหมัก

เซลลูเลสเป็นเอ็นไซม์ที่ผลิตขึ้นภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ แล้วปลดปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ (extracellular enzyme) เอ็นไซม์เซลลูเลสเป็นเอ็นไซม์ที่มีความสำคัญมากในการทำปุ๋ยหมัก เพราะเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของเซลลูโลส ซึ่งเป็นอินทรียสารที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ซึ่ง Stutzenberger และคณะ (1969) รายงานว่า ภายในระยะเวลา 49 วัน ประสิทธิภาพของเอ็นไซม์เซลลูเลสในกองปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาลจะเพิ่มขึ้น 10 เท่า พร้อมกับที่ปริมาณเซลลูโลสลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าเอ็นไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลสในกองปุ๋ยหมัก ผลการย่อยสลายทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักลดลง เนื่องจากการย่อยสลายเซลลูโลสในสภาวะที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี คาร์บอนส่วนหนึ่งจะนำไปเป็นแหล่งพลังงาน อีกส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ปริมาณคาร์บอนลดลง ขณะเดียวกันจุลินทรีย์จะใช้ธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมัก เพื่อไปสร้างเอ็นไซม์และสารประกอบอื่นของเซลล์ และยังมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจน จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงลดลง ทำให้เศษวัสดุเหล่านี้กลายเป็นปุ๋ยหมัก ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงการนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตเอ็นไซม์-เซลลูเลสได้สูง และศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส เพื่อนำเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มาช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมัก ช่วยย่นระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่คัดเลือกจากกองปุ๋ยหมัก Stutzenberger และคณะ (1971) รายงานว่า Thermomonospora curvata ซึ่งเป็นเชื้อแอคติโนมัยซีสที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมักขยะเทศบาลสามารถย่อยสลายเซลลูโลสจากกองปุ๋ยหมักขยะเทศบาลได้ดีเมื่อนำมาศึกษาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.0 ซึ่งคาดว่าถ้าปรับสภาวะแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสมกับเชื้อดังกล่าวจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสในกองปุ๋ยได้เร็วขึ้น

จากการศึกษาคุณสมบัติของเอ็นไซม์เซลลูเลสจากเชื้อราหลายชนิด พบว่าเป็นเอ็นไซม์หลายคอมโพเนนท์ (Multicomponent complex) อย่างน้อยมีเอ็นไซม์ 3 ชนิดมาทำงานร่วมกัน (Siu และ Reese, 1953) คือ

1. C_1 (β-1, 4-glucancellobiohydrolase) หรือ exoglucanase ทำหน้าที่ตัดโมเลกุลของเซลโลไบโอสจากปลายด้านที่ไม่มีอำนาจรีดิวซ์ของสายเซลลูโลส

2. C_x (β-1, 4-glucanglucanohydrolase) หรือ endoglucanase ทำหน้าที่ตัดพันธะ β-1, 4 ภายในสายเซลลูโลส์ตรงบริเวณโครงสร้าง ส่วนอะมอร์ฟัสอย่างสุ่ม (randomly acting) ทำให้ได้เซลโลไบโอส์ และโอลิโกเซลลูโลส์ (Oligocellulose)

3. β-glucosidase (Cellobiase) ทำหน้าที่เปลี่ยนเซลโลไบโอส์ และโอลิโกเซลลูโลส์ ไปเป็นกลูโคส์

ดังนั้นในการศึกษาและคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลส์ได้สูง จึงศึกษาประสิทธิภาพของเอ็นไซม์ 3 ชนิดดังกล่าว ซึ่งมีความจำเพาะต่อซับส์เตรทดังต่อไปนี้คือ cellobiohydrolase หรือ exogluconase ใช้กระดาษกรอง (Filter paper) เป็นซับส์เตรท endogluconase หรือคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส์ โดยใช้คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส์เป็นซับส์เตรท และเบต้า-กลูโคซีเดส์ ซึ่งใช้ออร์โธไนโตรเฟนิล-เบต้า-ดีลกลูโคไพราโนไซด์ เป็นซับส์เตรท