# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แหล่งกำเนิดมูลฝอย

การจัดการและการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับมูลฝอยนั้น ควรศึกษาถึงแหล่งกำเนิดของมูลฝอย เพื่อให้สามารถควบคุมและหาแนวทางในการจัดการมูลฝอยแหล่งนั้นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดของมูลฝอยได้ 3 แหล่งใหญ่ คือ

2.1.1 แหล่งชุมชน เป็นแหล่งใหญ่ที่สุดที่ทำให้เกิดมูลฝอยและปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมูลฝอยจากแหล่งชุมชนมีองค์ประกอบต่างๆมากมายไม่ว่าจะเป็นมูลฝอยสด มูลฝอยแห้ง ของใช้ชำรุด ซากรถยนต์ มูลฝอยจากการรื้อถอนและก่อสร้างอาคาร เป็นต้น มูลฝอยในลักษณะต่างๆเหล่านี้มาจากที่อยู่อาศัย ตลาดโรงแรม สำนักงาน โรงพยาบาล เป็นต้น ซึ่งปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งชุมชนโดยเฉพาะมูลฝอยจากที่พักอาศัยจะมีปริมาณอัตราการผลิตมากที่สุดจากมูลฝอยจากทุกแหล่งในชุมชน

2.1.2 แหล่งอุตสาหกรรม มูลฝอยจากทุกแหล่งอุตสาหกรรมมีปริมาณมูลฝอยและองค์ประกอบอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับกิจกรรมของอุตสาหกรรมตามปกติ มูลฝอยจากโรงงานมักก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเฉพาะจุดเท่านั้น แต่เมื่อได้รับการจัดการแล้วปัญหาก็หมดไปได้ อุตสาหกรรมส่วนมากจะมีระบบการจัดการของเสียจากโรงงานให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิต มูลฝอยที่เกิดขึ้นก็จะถูกกำจัดโดยการฝังหรือเผา และบางส่วนก็ถูกส่งไปให้เทศบาลกำจัด มูลฝอยจากแหล่งอุตสาหกรรมจึงสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ามูลฝอยจากแหล่งชุมชน

2.1.3 แหล่งเกษตรกรรม แม้ประเทศไทยจะเป็นแหล่งเกษตรกรรม แต่มูลฝอยจากเกษตรกรรมไม่ได้สร้างปัญหามากนัก เนื่องจากมีการกำจัดโดยเกษตรกรเอง มูลฝอยพวกสิ่งปฏิกูลที่นำไปทำปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก อาจเป็นแหล่งเพาะพันธ์แมลงได้บ้าง มูลฝอยจากเกษตรกรรมนั้นส่วนมากจะเป็นพวกฟาง หญ้า ใบไม้ สิ่งปฏิกูลจากการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งถือได้ว่าสร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแหล่งอื่นมาก (กองกำจัดมูลฝอยกทม., 2539)

## 2.2 ประเภทของมูลฝอย

มูลฝอยสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆที่สำคัญ 10 ประเภท ดังนี้ คือ

2.2.1 เศษอาหาร (Garbage) หมายถึง มูลฝอยที่ได้จากห้องครัว การประกอบอาหาร รวมถึงพวกเศษใบตอง เศษผลไม้ และอาหารเหลือทิ้ง เป็นต้น มูลฝอยประเภทนี้มีสารอินทรีย์เป็น

อาหารของแบคทีเรีย ทำให้เกิดการย่อยสลายบูดเน่าส่งกลิ่นเหม็น มีความชื้นสูง เป็นปัญหาในการเก็บรวบรวมรอการขนถ่าย และก่อให้เกิดเหตุรำคาญในเรื่องกลิ่น การคุ้ยเขี่ยของสัตว์

2.2.2 มูลฝอยที่ไม่เน่าเหม็น (Rubbish) หมายถึง มูลฝอยจำพวกที่ไม่บูดเน่าส่งกลิ่นเหม็นเหมือนอย่างประเภทแรกและมีความชื้นต่ำอาจจะเผาไหม้ได้ เช่น เศษกระดาษ หรือเผาไหม้ไม่ได้ เช่น เศษแก้ว มูลฝอยประเภทนี้อาจจะเรียกว่ามูลฝอยแห้งก็ได้

2.2.3 เถ้าถ่าน (Ashes) หมายถึง เศษที่เหลือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จำพวกไม้ ถ่านหิน ซึ่งในประเทศที่มีอากาศร้อนจะมีปริมาณน้อยมาก ไม่ก่อให้เกิดปัญหามากเท่ากับประเทศในแถบที่มีอากาศหนาวที่ต้องใช้ความร้อนช่วยในการให้ความอบอุ่น ซึ่งใช้เชื้อเพลิงมากทำให้เกิดเถ้าขึ้น

2.2.4 มูลฝอยจากถนน (Street Sweeping) หมายถึง เศษสิ่งของต่างๆที่ได้จากการกวาดถนน มูลฝอยประเภทนี้ส่วนมากจะเป็นพวกกระดาษ เศษสินค้า เศษดิน อาจรวมเป็นพวกซากสัตว์ด้วยบางครั้ง

2.2.5 ซากสัตว์ (Dead Animals) หมายถึง สัตว์ที่ตายตามธรรมชาติ ตายด้วยอุบัติเหตุ หรือตายด้วยโรคต่างๆ แต่ไม่รวมถึงสัตว์หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของสัตว์ ที่ทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์เนื่องจากเป็นโรคหนอนพยาธิ ซากสัตว์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.2.6 ซากรถยนต์ (Abandoned Cars) หมายถึง รถยนต์หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของรถยนต์ที่ไม่ได้ใช้แล้ว ถ้าปล่อยทิ้งไว้ทำให้ไม่น่าดู ต้องนำไปดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.2.7 มูลฝอยจากโรงงาน (Industrial Refuse) หมายถึง มูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ รวมทั้งโรงฆ่าสัตว์ด้วย มูลฝอยประเภทนี้ขึ้นอยู่กับประเภทโรงงาน

2.2.8 เศษวัสดุก่อสร้าง (Construction Refuse) หมายถึง เศษวัสดุต่างๆ ที่ได้จากการก่อสร้างหรือรื้อถอนอาคารบ้านเรือน รวมถึงสิ่งที่เหลือจากการตกแต่งอาคารบ้านเรือนด้วย

2.2.9 ตะกอนจากน้ำทิ้งโสโครก (Sewage Solid) หมายถึง ของแข็งหรือตะกอนที่ได้จากการแยกตะกอนออกจากกระบวนการปรับปรุงน้ำทิ้ง รวมถึงตะกอนจากการลอกท่อระบายน้ำสาธารณะต่างๆ ซึ่งส่วนมากจะเป็นพวกเศษหินดินทรายไม้ สามารถนำไปถมที่ลุ่ม ยกเว้นตะกอนที่ได้จากถังเกรอะ เพราะตะกอนพวกนี้ยังมีแบคทีเรียปะปนอยู่มาก

2.2.10 มูลฝอยที่เป็นอันตราย (Hazardous or Special Refuse) หมายถึง มูลฝอยที่อาจจะก่อให้เกิดปัญหาในการเก็บขน การกำจัด ตลอดจนการจับต้อง เช่น กระป๋องที่มีการอัดลม มูลฝอยที่ได้จากโรงพยาบาลต่างๆ สารกัมมันตรังสี เป็นต้น มูลฝอยประเภทนี้ต้องได้รับการระมัดระวังดูแลเป็นพิเศษในการเก็บขนและการกำจัด (กองกำจัดมูลฝอยกรุงเทพฯ, 2539)

## 2.3 ปริมาณของมูลฝอย

2.3.1 ปริมาณมูลฝอยจำแนกตามแหล่งกำเนิด

ปริมาณมูลฝอยเป็นข้อมูลที่จำเป็นที่สุดต่อการประเมินสภาพปัญหาและการวางแผนการจัดการมูลฝอย ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด โดยให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคต จำแนกตามชนิดของแหล่งกำเนิด ดังนี้ (เรียมสงวน, 2544)

1) ปริมาณมูลฝอยจากแหล่งชุมชน แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

(1) ปริมาณมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ จากการสำรวจของกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2527) พบว่า ปริมาณของมูลฝอยที่เก็บรวบรวมจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและงบประมาณด้านการจัดการมูลฝอยเป็นสำคัญ

(2) ปริมาณของมูลฝอยในแหล่งกำเนิด หรือปริมาณของมูลฝอยที่มีอยู่จริง จำเป็นต้องประมาณปริมาณการเกิดมูลฝอยเอง เนื่องจากบางส่วนของมูลฝอยในแหล่งกำเนิดไม่มีการเก็บรวบรวม ทำให้ปริมาณมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้มีน้อยกว่ามูลฝอยที่เกิดขึ้นจริงในแหล่งกำเนิด

2) ปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งอุตสาหกรรม ปริมาณมูลฝอยจะขึ้นอยู่กับประเภทและกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณมูลฝอยประเภทนี้ได้เก็บรวบรวมไว้กับปริมาณมูลฝอยซึ่งเก็บขนรวบรวมจากแหล่งชุมชนส่งเทศบาลเพื่อกำจัดและอาจมีมูลฝอยบางส่วนถูกกำจัดโดยโรงงานเอง

3) ปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งเกษตรกรรม ไม่สามารถบอกถึงปริมาณได้ เนื่องจากอยู่นอกพื้นที่ในการเก็บรวบรวมของเทศบาลหรือสุขาภิบาล มูลฝอยบางประเภทอาจจะถูกนำไปกำจัดให้หมดหรือใช้ประโยชน์อื่น จึงไม่สามารถจะรู้ถึงปริมาณการเกิดของมูลฝอยเหล่านี้ได้ ธเนศ (2538) ได้รายงานผลจากการสำรวจปริมาณมูลฝอยในปี 2533 ไว้ว่า อัตราการเกิดมูลฝอยจากเทศบาล 128 เทศบาลทั่วประเทศ พบว่า อัตราการเกิดมูลฝอยของคนในเขตเทศบาลทั่วประเทศมีประมาณ 0.925 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน โดยมีช่วงเกิดมูลฝอยอยู่ระหว่าง 0.783 ถึง 1.107 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งปริมาณมูลฝอยของชุมชนจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเมือง ตลอดจนการพัฒนาของเศรษฐกิจและสังคมนั้นๆ

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณมูลฝอย

ข้อมูลการเกิดมูลฝอยแต่ละแห่งอาจจะไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนกันได้เนื่องจากมีปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะของมูลฝอยแตกต่างกัน สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะของมูลฝอย มีดังนี้ (เรียมสงวน, 2544)

1) ลักษณะภูมิประเทศของท้องถิ่น (Geographic location) มีส่วนสำคัญเพราะการประกอบอาชีพหลักของประชาชนในท้องถิ่น ต่างกัน มีผลทำให้การเกิดมูลฝอยแตกต่างกันทั้งในด้านปริมาณและองค์ประกอบ เช่น ในพื้นที่ราบลุ่มเหมาะสมกับการปลูกข้าวองค์ประกอบมูลฝอยอาจเป็นพวกเศษหญ้าหรือฟางข้าวปริมาณมากกว่ามูลฝอยประเภทอื่น

2) ฤดูกาล (Season) ซึ่งแต่ละท้องถิ่นจะมีความแตกต่างกัน เช่น ฤดูกาลที่ผลิตผลไม้ออกมามากทำให้มีมูลฝอยพวกเปลือกและเมล็ดของผลไม้ต่างๆ ปริมาณมาก

3) พฤติกรรมของประชาชนในชุมชน (Behavior of people in community) ในชุมชนที่ประชาชนมีพฤติกรรมประชาชนมีพฤติกรรมที่ดีจะไม่ทิ้งมูลฝอยเกลื่อนกลาด มูลฝอยจะถูกทิ้งอย่างเป็นระเบียบ ง่ายและสะดวกต่อการเก็บรวบรวม จึงทำให้สามารถเก็บรวบรวมมูลฝอยที่เกิดขึ้นได้มาก มักจะทำให้ปริมาณมูลฝอยที่เก็บได้ เมื่อคิดเป็นอัตราต่อคนมีปริมาณสูงขึ้น

4) ความหนาแน่นของประชากร (Population density) ปริมาณของมูลฝอยที่เกิดขึ้นจะผันแปรไปตามจำนวนคน ดังนั้นชุมชนในเขตเมือง เขตเทศบาลและเขตชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นย่อมจะเกิดมูลฝอยมากตามไปด้วย มีผลโดยตรงต่อปริมาณของมูลฝอยแล้ว ยังมีผลด้านลักษณะของมูลฝอยที่เกิดขึ้นอีกด้วย

5) เศรษฐกิจ (Economics) มูลฝอยที่เกิดจากชุมชนนั้น สภาวะทางเศรษฐกิจของประชาชนจะเป็นส่วนที่สำคัญต่อปริมาณและองค์ประกอบของมูลฝอย กล่าวคือ ชุมชนที่มีฐานทางเศรษฐกิจดีย่อมมีกำลังการซื้อสูงจะทำให้มีปริมาณมูลฝอยมากตามไปด้วย เนื่องจากสินค้าส่วนใหญ่บรรจุอยู่ในหีบห่อสำเร็จรูปมาก

6) บริการการเก็บรวบรวมและวิธีกำจัดมูลฝอย (Collection service and disposal methods) ชุมชนที่สามารถจัดบริหารเก็บรวบรวมมูลฝอยได้ดีมีประสิทธิภาพก็จะทำให้เก็บรวบรวมมูลฝอยได้มาก ทำให้มีมูลฝอยตกค้างน้อย และถ้ามีการกำจัดมูลฝอยที่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

## 2.4 องค์ประกอบของมูลฝอย

องค์ประกอบของมูลฝอยจำเป็นในการเลือกวิธีการจัดการมูลฝอยอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบของมูลฝอยด้านกายภาพและเคมี จะแตกต่างกันตามกิจกรรมและแหล่งกำเนิดมูลฝอย จากการรายงานของชั่งทองและคณะ (2539) กล่าวว่า องค์ประกอบมูลฝอยในกรุงเทพมหานครด้านกายภาพ ประกอบไปด้วยประเภทเผาไหม้ได้มากที่สุดถึง ร้อยละ 62.87 มีเศษอาหารมากที่สุดร้อยละ 20.72 ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.35 กิโลกรัมต่อลิตร สมบัติทางเคมี พบว่า

มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 49.71 ปริมาณของแข็งรวมร้อยละ 50.29 ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile solider) เฉลี่ยร้อยละ 38.87 ปริมาณเถ้าร้อยละ 11.40

## 2.5 ผลกระทบของมูลฝอย

มูลฝอยมูลฝอย หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ (องอาจ, 2542)

2.5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

1) เป็นบ่อเกิดของเชื้อโรคต่างๆ เนื่องจากมูลฝอยเป็นสิ่งที่เหลือทิ้ง รวมถึงสิ่งสกปรกทั้งหลายที่อยู่รวมกัน มีเชื้อโรคนานาชนิดปะปนอยู่สามารถแพร่พันธุ์ได้ดีในสภาพแวดล้อมและระยะเวลาที่เหมาะสม ถ้ามีสัตว์มาคุ้ยเขี่ยหรือมีลมพัดให้มูลฝอยฟุ้งกระจายเชื้อโรคที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก จะแพร่กระจายออกไปก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพอนามัยของคนในชุมชนนั้น

2) เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงและสัตว์นำโรค เช่น แมลงวัน แมลงสาบ ยุง หนู เป็นต้น สัตว์เหล่านี้จะใช้มูลฝอยเป็นแหล่งอาหารและเป็นที่อยู่อาศัยจนแพร่พันธุ์มากขึ้นจนเป็นพาหะนำโรคต่างๆ จากมูลฝอยหรือตัวของสัตว์เหล่านั้นมาสู่คนได้

3) กลิ่น และเศษของมีคมจากกองมูลฝอย ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

2.5.2 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

1) ผลกระทบต่อดิน การจัดการมูลฝอยที่ไม่ถูกต้อง เช่น กองไว้บนพื้นดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อดินมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอย กล่าวคือ อนุภาคของสารบางอย่าง เช่น โซเดียม ทำให้ดินแตกกระจาย เสียโครงสร้างที่ดี การถ่ายเทอากาศและอัตราการซึมน้ำของดินเสียไป ทำให้ไม่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก นอกจากนั้นอาจมีพวกโลหะหนัก กัมมันตรังสี และสารประกอบอื่น ที่ทำให้คุณลักษณะของดินเปลี่ยนแปลงไป (องอาจ,2542)

2) ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ มูลฝอยบางส่วนที่ขาดการจัดการที่ดี เมื่อตกลงไปในคูน้ำ ท่อหรือรางระบายน้ำจะไปสกัดกั้นการไหลของน้ำ เป็นเหตุให้เกิดสภาวะน้ำท่วมได้ ส่วนน้ำเสียที่ออกจากกองมูลฝอย (leachate) จากการศึกษาของ องอาจ (2542) กล่าวว่า จะมีความสกปรกมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียโดยทั่วไป เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปส่งผลกระทบให้ระบบนิเวศในน้ำเปลี่ยนแปลง พืชและสัตว์บางชนิดอาจตายหรือสูญพันธุ์ได้

3) ผลกระทบต่ออากาศ องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอยเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดผลกระทบต่ออากาศ เช่น เมื่อปี 2537 มีการนำซากอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ไปทิ้งที่บริเวณ

ตำบลหนองข้างคอก จังหวัดชลบุรี ต่อมาได้เกิดเพลิงลุกไหม้ มีกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง ทำให้ประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้รับความเดือดร้อนและเจ็บป่วย (องอาจ, 2542)

## 2.6 วิธีการกำจัดมูลฝอย

วิธีการกำจัดมูลฝอยที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน อาจสรุปเป็นวิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

2.6.1 การเทกองไว้บนพื้นดิน (Dumping on land) ส่วนใหญ่นิยมใช้กับเมืองที่มีความหนาแน่นน้อย โดยมักจะจัดเตรียมพื้นที่นอกเขตไว้เก็บรวบรวมมูลฝอย มูลฝอยบางส่วนที่แห้งมักจะจุดไฟเผากลางแจ้ง (open burning) ซึ่งวิธีนี้มีผลเสียหลายประการ คือ ก่อเหตุเดือดร้อนรำคาญเนื่องจากกลิ่น การแพร่กระจายของเชื้อโรค มลพิษและอัคคีภัยจากการเผามูลฝอย

2.6.2 การนำไปทิ้งทะเล (Dumping at sea) โดยนำมูลฝอยออกไปทิ้งลงในทะเล ซึ่งห่างจากฝั่งมากๆ วิธีนี้อาจทำให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ แต่อย่างไรก็ดีในปัจจุบันมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งก็ใช้วิธีนี้ในการกำจัด

2.6.3 การหมักทำปุ๋ย (Composting) โดยเฉพาะมูลฝอยจำพวกอินทรีย์ ที่เกิดจากครัวเรือนและเศษวัสดุทางการเกษตร กำจัดโดยการหมักให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ธรรมชาติ

2.6.4 การฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะ (Sanitary landfill) เหมาะสำหรับการเก็บแบบผสม (one-can system) เพราะสามารถกำจัดโดยไม่ต้องแยกมูลฝอยแต่เป็นวิธีที่ต้องใช้พื้นที่มากจึงเหมาะสำหรับเมืองที่มีพื้นที่ว่างมาก และมีความหนาแน่นของประชากรต่ำ

2.6.5 การเผาด้วยเตาเผามูลฝอย (Incineration) โดยทั่วไปแล้วใช้กับมูลฝอยแห้งถือว่าเป็นการกำจัดที่ดีที่สุด โดยเฉพาะมูลฝอยจากโรงพยาบาลและในบางกรณีสามารถใช้ร่วมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ แต่วิธีการนี้อาจทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้

2.6.6 การนำมูลฝอยไปใช้เลี้ยงสัตว์ (Hog feeding) เศษอาหารจากบ้านเรือน ร้านอาหารสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

2.6.7 การเลือกมูลฝอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ (Salvage and reuse) เช่น โลหะต่างๆ พลาสติก ซึ่งเป็นปัญหาในการเผาและไม่เหมาะที่จะนำไปทำ sanitary landfill สมารถนำกลับมาใช้ได้อีก เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด ตลอดจนสามารถลดพื้นที่ในการทำ sanitary landfill ได้

## 2.7 น้ำชะมูลฝอย

2.7.1 การเกิดน้ำชะมูลฝอย

ปกติแล้วน้ำชะมูลฝอยจะเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

-น้ำซึมจากภายนอก เช่น น้ำฝน น้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน เป็นต้น

-ความชื้นของวัสดุกลบทับ

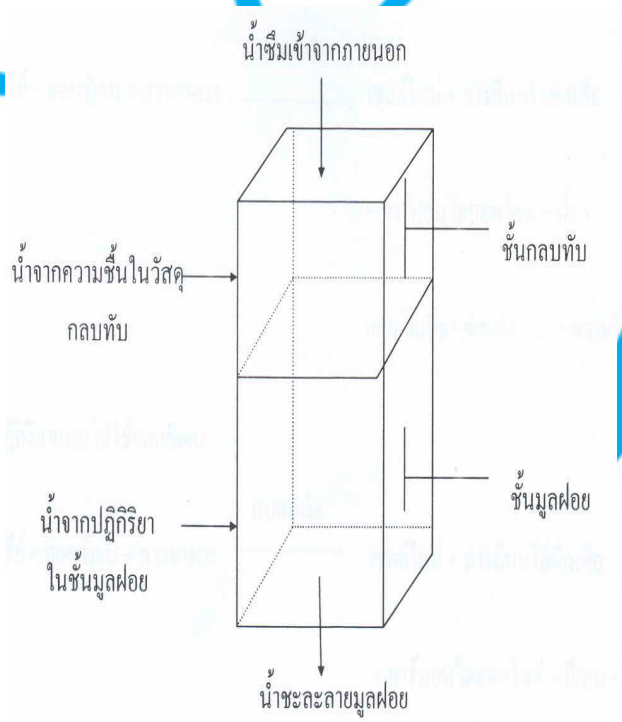
-ปฏิกิริยาทางชีวภาพในมูลฝอย ภายในกองมูลฝอยจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นทั้งแบบใช้ออกซิเจนในขณะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และแบบไม่ใช้ออกซิเจนเมื่อออกซิเจนได้ถูกใช้ไปหมดแล้ว ทำให้มีน้ำเกิดขึ้น ซึ่งน้ำที่เกิดขึ้นนี้เมื่อผ่านชั้นมูลฝอยออกมาจะกลายเป็นน้ำชะมูลฝอย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการดังนี้

1) ปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ + ออกซิเจน + สารอาหาร ⟶ เซลล์ใหม่ + สารอินทรีย์ที่เหลือ + น้ำ + คาร์บอนไดออกไซด์ + ซัลเฟต+ แอมโมเนีย+... + ความร้อน

2) ปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

สารอินทรีย์ + ออกซิเจน + สารอาหาร ⟶ เซลล์ใหม่ + สารอินทรีย์ที่เหลือ + คาร์บอนไดออกไซด์+ มีเทน + แอมโมเนีย+ ซัลเฟต+... + ความร้อน




**ภาพที่ 1** การเกิดน้ำชะมูลฝอย

2.7.2 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

ลักษณะของน้ำชะมูลฝอยขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ปัจจัยภายนอกกองมูลฝอย และปัจจัยภายในกองมูลฝอย ปัจจัยภายนอกได้แก่ สภาพแวดล้อมบริเวณกองมูลฝอย เช่น สภาพทางอุตุนิยมวิทยา และสภาพทางอุทกนิยมวิทยา เป็นต้น ส่วนปัจจัยภายในกองมูลฝอย หมายถึง สภาพการเปลี่ยนแปลงภายในกองมูลฝอยนับตั้งแต่เมื่อมีการนำมูลฝอยมากองรวมกัน

ปฏิกิริยาต่างๆ ภายในกองมูลฝอยมีผลโดยตรงกับลักษณะสมบัติโดยตรงของน้ำชะมูลฝอย กล่าวคือ ในระยะแรก มูลฝอยที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือความร้อน และความชื้นภายในกองจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาต่างๆ ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว และเป็นเหตุให้มูลฝอยที่อยู่ในด้านล่างอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน จุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนจะเจริญขึ้นสารอินทรีย์ต่างๆ จะเกิดการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งในกระบวนการไร้ออกซิเจนนี้จะผลิตกรดอินทรีย์ออกมาแล้วทำปฏิกิริยากับโลหะที่ปนมากับมูลฝอย ทำให้เกิดไอออนของโลหะละลายลงในน้ำ นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำชะมูลฝอยมีค่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเกิดการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน ทำให้น้ำชะมูลฝอยในระยะนี้มีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงมาก

ในระยะเวลาต่อมาจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากขึ้นทำให้เกิดก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแบคทีเรียและองค์ประกอบของมูลฝอย ถ้ามูลฝอยมีเซลล์ลูโลสมากจะเกิดก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ถ้ามูลฝอยมีปริมาณโปรตีนและไขมันมากจะเกิดก๊าซมีเทนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และไทออล ทำให้มีกลิ่น ในระยะนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำมูลฝอยจะสูงขึ้นจนเป็นกลาง และค่าซีโอดีลดลง เนื่องจากกรดอินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน

น้ำชะมูลฝอยมีสมบัติทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ เช่นเดียวกับมูลฝอย ได้มีการกำหนดดัชนีบ่งชี้ของลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** แสดงดัชนีบ่งชี้ของลักษณะคุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

| **Parameter identity** | **Utility for phase description** |
|---|---|
| **Physical** | |
| pH* | Acid-base / stabilization phase indicator |
| ORP* | Oxidation-reduction/ stabilization phase indicator |
| Conductivity | Ionic Strength/activity indicator |
| Temperature | Reduction indicator |
| **Chemical** | |
| COD*TOC,TVA | Substrate indicator |
| TKN*,$NH_3$-N,$PO_4$-p* | Stabilization phase indicator |
| $SO_4$/SI,$NO_3$/ $NH_3$* | Dilution/mobility indicator |
| Total sotid,chloride* | Buffer capacity indicator |
| Total alkalinity* | Toxicity/environment effects indicator |
| Alkali alkaline earth metals | Toxicity/environment effects indicator |
| Heavy metals | Substrate/biodegradability |
| **Biological** | |
| $BOD_5$ | Health effects indicator |
| Total fecal coliforms | Health effects indicator |
| Fecal steptococci | Health effects indicator |
| Viruses | Stabilization phase indicator |
| Pure-----cultures | |

ที่มา: Andreottola, Gisnni and Piero Cannas. 1992 อ้างใน อนุรักษ์, 2543

หมายเหตุ*นิยมใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติน้ำชะมูลฝอย

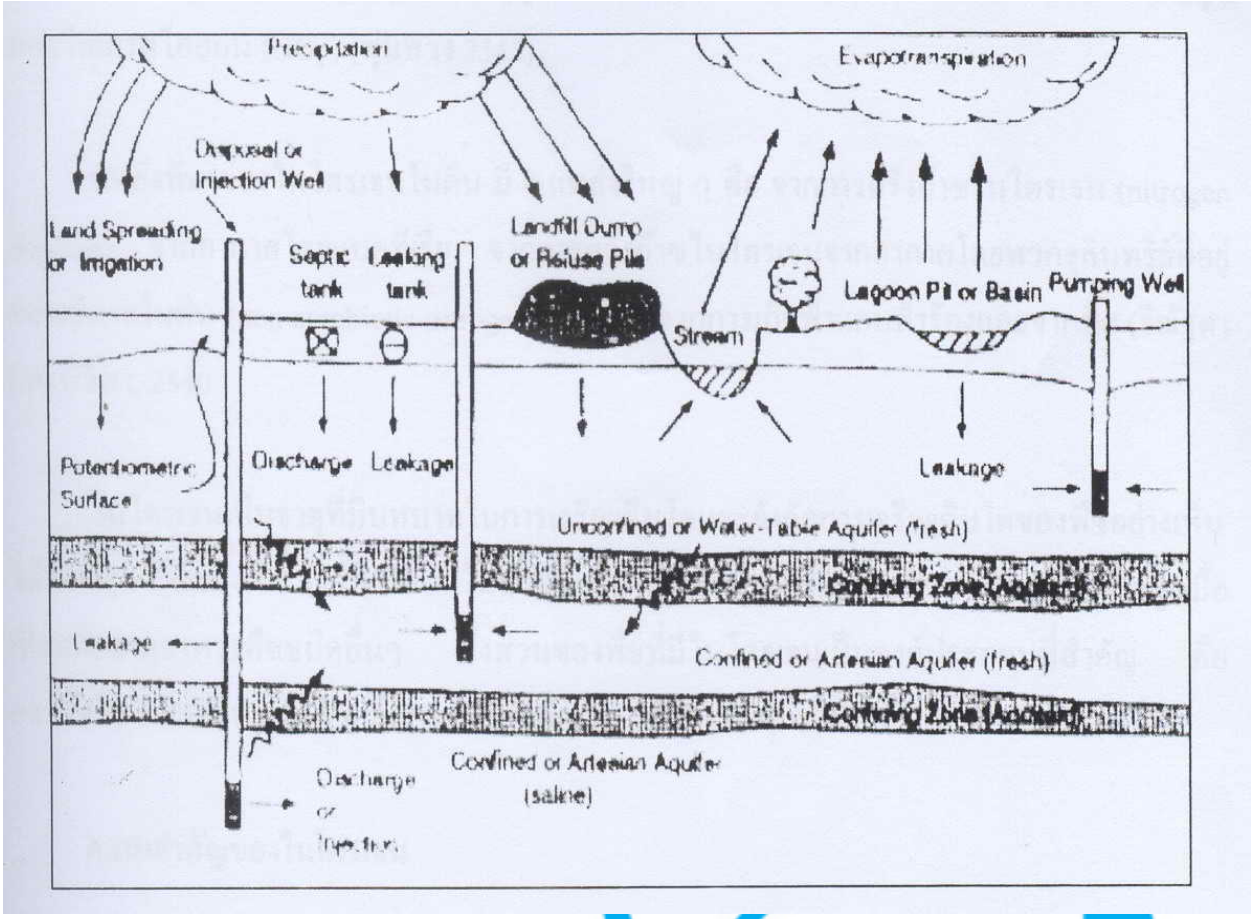
**ตารางที่ 2** แสดงสมบัติทางเคมีของน้ำชะมูลฝอย

| **Parameter** | **Range** |
|---|---|
| COD (mg/litre) | 150 |
| $BOD_5$(mg/litre) | 100-90,000 |
| pH | 5.3-8.5 |
| $NH_4$(mg/litre) | 1-1,500 |
| $N_{org}$(mg/litre) | 1-2,000 |
| $N_{tot}$(mg/litre) | 50-5,000 |
| $NO_3$(mg/litre) | 0.1-50 |
| $P_{tot}$(mg/litre) | 0.1-30 |
| $PO_4$(mg/litre) | 0.3-25 |
| K (mg/litre) | 10-2,500 |
| As ("""""g/litre) | 5-1,600 |
| Cd(mg/litre) | 0.5-140 |
| Pb("""""g/litre) | 8-1,020 |
| Cr("""""g/litre) | 30-1,600 |
| Cu("""""g/litre) | 4-1,400 |
| Hg( """""g/litre) | 0.2-50 |

ที่มา: ดัดแปลงจาก:Andreottola, Gisnni and Piero Cannas. 1992 อ้างใน อนุรักษ์,2543

2.7.3 ผลกระทบของน้ำชะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม

น้ำชะมูลฝอยถือเป็นปัญหาสำคัญในระบบการกำจัดมูลฝอย น้ำชะมูลฝอยเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอันตราย เช่น โลหะหนัก สารไซยาไนด์ เป็นต้น ถ้าไม่มีการกำจัดมูลฝอยที่ถูกสุขาภิบาลจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยทั้งในดิน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน น้ำชะมูลฝอยสามารถที่จะซึมผ่านชั้นดินเกิดการปนเปื้อนทั้งในแนวดิ่งและในแนวราบ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการรวบรวมและบำบัดน้ำชะมูลฝอยก่อนที่จะปล่อยสู่ธรรมชาติ




**ภาพที่ 2** การปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยต่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา: Bedient,Philip B. and others. 1994 อ้างใน อนุรักษ์, 2543

## 2.8 ธาตุอาหารหลักของพืช

### 2.8.1 ไนโตรเจน (N)

ไนโตรเจนเป็นธาตุลำดับที่ 7 สัญลักษณ์ N เป็นอโลหะ ลักษณะเป็นก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี มีปรากฏอยู่ปริมาณร้อยละ 80 ในบรรยากาศ ธาตุนี้มีความสำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตโดยองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก (พุ่มพวง, 2542)

ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ (ยกเว้น พืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศไปใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วไปดึงดูดขึ้นมานั้นจะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน ($NH_4^+$) และไนเตรตไอออน ($NH_3$) (พุ่มพวง, 2542)

แหล่งที่มาของไนโตรเจนมี 4 แหล่งใหญ่ คือ จากการตรึงก๊าซไนโตรเจน (Nitrification) จากอากาศโดยพวกจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน (non-symbiotic nitrogen fixation) จากการเกิดฟ้าแลบฟ้าร้อง และจากปุ๋ย (จิรัฐตา และปวีณา, 2540)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทในการเจริญเติบโตและจำกัดการเจริญเติบโตของพืชอย่างเห็นได้ชัดที่สุด อีกทั้งเป็นองค์ประกอบในส่วนของพืชและสะสมอยู่ในส่วนของพืชเป็นปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสารอาหารชนิดอื่นๆ ซึ่งส่วนพืชที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ คือ คลอโรฟิลล์ โปรตีน กรดนิวคลีอิก และสารอีกหลายชนิด (ชัยฤกษ์, 2536)

1) ความสำคัญของไนโตรเจน

ความสำคัญของไนโตรเจนเมื่อพืชได้รับไนโตรเจนระดับพอเหมาะไม่เพียงพอและไม่มากเกินไปจะเกิดผลต่อพืชดังนี้

(1) ได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่พอเหมาะกับความต้องการของพืชจะส่งผลต่อพืชดังนี้

- จะกระตุ้นให้พืชมีความเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง
- ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและใบของลำต้น ทำให้ใบมีสีเขียว
- ส่งเสริมคุณภาพของพืชโดยเฉพาะพืชสวนครัวที่ใช้ใบ ลำต้น และหัวเป็นอาหาร
- ส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต
- เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เช่น ข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์
- ควบคุมการออกดอกออกผลของพืช
- ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยเฉพาะพืชที่ใช้ผลและเมล็ด

(2) ได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เพียงพอเหมาะกับความต้องการของพืชจะส่งผลต่อพืชดังนี้

- พืชจะปราศจากสีเขียว โดยเฉพาะที่ใบ ใบของพืชจะเหลืองผิดปกติ
- พืชบางชนิดจะมีสีเหลืองปนส้ม ปลายใบและขอบใบจะค่อยๆแห้งและลุกลามเข้าไปเรื่อยๆจนในที่สุดจะร่วงหล่นออกจากต้นก่อนกำหนดที่ควรจะหล่น
- ลำต้นผอมสูง กิ่งก้านลีบเล็กและมีจำนวนน้อย
- พืชจะไม่เติบโตหรือโตช้ามาก การแตกยอดและกิ่งก้านก็ช้า
- ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่พึงปรารถนา

(3) ได้รับไนโตรเจนในปริมาณมากเกินความต้องการของพืช ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการให้ปุ๋ยจะส่งผลต่อพืชดังนี้

- คุณภาพของเมล็ดผลและใบโดยเฉพาะใบยาสูบจะเสื่อมคุณภาพ
- พืชแก่ช้าผิดปกติ เพราะไนโตรเจนส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตตลอดเวลา
- ผลผลิตของพืชที่ให้เมล็ดลดลง เพราะในสภาพที่มีไนโตรเจนมากๆ นั้น พืชมุ่งในการสร้างยอด ลำต้น กิ่งและใบมากกว่าการสร้างดอกและเมล็ด
- ลำต้นอ่อนและล้มง่าย โดยเฉพาะในพืชพวกข้าวและข้าวโพด
- ความต้านทานต่อโรคพืชลดลง

2.8.2 ฟอสฟอรัส (P)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุลำดับที่ 15 สัญลักษณ์ P เป็นอโลหะ ลักษณะเป็นของแข็งมีหลายอัญรูป อัญรูปที่สำคัญ คือ ฟอสฟอรัสขาว (บางทีเรียกฟอสฟอรัสเหลือง) ลักษณะอ่อนคล้ายขี้ผึ้ง หลอมละลายที่ 44 องศาเซลเซียส ติดไฟง่าย เมื่อกระทบกับอากาศจะแสงเรือง เป็นพิษอย่างแรง ฟอสฟอรัสแดงลักษณะเป็นผงสีแดงแกมม่วง เมื่อกระทบอากาศไม่ให้แสงเรือง ติดไฟยาก ไม่เป็นพิษเหมือนฟอสฟอรัสขาว (พุ่มพวง, 2542)

ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน การสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินก็จะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูก การใช้ปุ๋ยคอกนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยังได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน คือ $H_2PO_4^{2-}$ และ $HPO_4^{-}$ ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก (พุ่มพวง, 2542)

ฟอสฟอรัสในพืชและในดินเป็นพวกออร์โทฟอสเฟต หรือพวกที่แปลงมาจากกรดฟอสฟอริค ($H_3PO_4$) ฟอสเฟตในดินแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ อินทรีย์ฟอสเฟตกับอนินทรีย์ฟอสเฟต พวกอินทรีย์ฟอสเฟตมีแนวโน้มที่มากหรือน้อยตามปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นในดินชั้นล่างจึงมีอินทรีย์ฟอสเฟตน้อยและมีมากในดินชั้นบน จากผลการวิเคราะห์ในดินทั่วๆไป พบว่าในดินบนมีอินทรีย์ฟอสเฟตอยู่ระหว่างร้อยละ 0.3-95 ของฟอสเฟตทั้งหมดในดิน แต่ในดินที่ใช้ในเกษตรกรรมทั่วๆไป อนินทรีย์ฟอสเฟตมากกว่าร้อยละ 90 ของฟอสเฟตในดินลึกกว่า 1 เมตร

ความสามารถในการละลายหรือการปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตสู่สารละลายดินจะแตกต่างกันตามชนิดของสารฟอสเฟตและปฏิกิริยาของดิน ในดินที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงหรือมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น เหล็กฟอสเฟตหรือ อลูมินัมฟอสเฟต สามารถปลดปล่อยไอออนฟอสเฟต

ออกมาสู่ดินได้ ถ้าลดค่าความเป็นกรด - ด่างหรือเพิ่มความเป็นกรด เหล็กออกไซด์หรืออลูมินัมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยาจับกับไอออนฟอสเฟตหรืออลูมินัมฟอสเฟตละลายยากขึ้น ดินที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ระหว่าง 6 – 7 (เป็นกลาง) จะมีฟอสเฟตที่อยู่ในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (จิณัฐตา และปวีณา, 2540)

1) บทบาทของฟอสฟอรัสในพืช

ไอออนลบฟอสเฟตอิสระอยู่ในทางลำเลียงน้ำ ในเซลล์ของพืช ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระดับความเป็นกรดด่างภายในพืชให้คงที่ ขณะเดียวกันเป็นวัตถุดิบของกระบวนการสร้างสารต่างๆ โดยเฉพาะสารที่เกี่ยวข้องกับระบบการถ่ายทอดพลังงานในพืช

(1) สารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตมี 3 ประเภทคือ

(1.1) สารพวกที่จำเป็นของเซลล์ที่มีชีวิต เช่น nucleic acid, nucleoprotein, (nucleic acid เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ genes บน chromosome)

(1.2) สารฟอสเฟตที่พืชสะสมของไว้ใช้ เช่น phytin และ phospholipids (phytin และ phospholipids จะทำปฏิกิริยากับน้ำ และปลดปล่อยไอออนลบออกมาเมื่อเมล็ดโดนน้ำ)

(1.3.) สารพวก intermediate metabolite เช่น phosphoric sugars ต่าง ๆ

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของ nucleic acid (ใน genes บน chromosome) nucleoprotein (เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติหน้าที่ของเซลล์ การสร้างองค์ประกอบต่างๆของเซลล์ การแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์) และยิ่งกว่านั้น ฟอสฟอรัสยังเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของสารฟอสเฟต ที่หน้าที่รับช่วงถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ของระบบต่างๆ เช่น ระบบการสังเคราะห์แสง และระบบการหายใจในพืช เป็นต้น นอกจากนี้ในกระบวนการเพื่อการดำรงชีพการเติบโตของพืชต่างๆ เช่น การดูดกินน้ำและธาตุอาหารของพืช การสร้างสาร การขนย้ายสาร ฯลฯ ล้วนต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น

ในกรณีที่ขาดแคลนรุนแรง พืชจะแสดงอาการปิดปกติ เช่น พืชมีการเจริญเติบโตที่จำกัด ต้นเล็กผอมแกร็น ไม้เถาอาจพบลำต้นบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้แข็งเปราะหักง่าย ใบเล็กผิดปกติ สีของใบล่างมักมีสีเหลืองอมสีอื่น ใกล้ยอดกับสีของใบล่างต่างกันเด่นชัด ออกดอกช้ากว่าปกติ ดอกเล็กและเปอร์เซ็นต์ของดอกที่ติดผลต่ำกว่าปกติ พืชแก่ช้า ราก ผอม บางสั้นและมีจำนวนจำกัด

2.8.3 โพแทสเซียม (K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุลำดับที่ 19 สัญลักษณ์ K เป็นโลหะ ลักษณะเป็นของแข็ง สีขาวคล้ายโลหะเงิน หลอมละลายที่ 63.7 องศาเซลเซียส ธาตุโพแทสเซียมในดินพืชนำเอาไปใช้

ประโยชน์ได้ กำเนิดจากการสลายตัวของหินและแร่ในดิน ในรูปอนุมูลบวกหรือโพแทสเซียมไอออน ($K^+$) เท่านั้นที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ถ้าอยู่ในรูปสารประกอบ พืชยังใช้ประโยชน์ไม่ได้ โพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว (พุ่มพวง, 2542)

1) บทบาทของโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืช (ชัยฤกษ์, 2536) โพแทสเซียมอยู่ในดินในรูปของแร่ธาตุประมาณร้อยละ 90 – 98 และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในรูปไอออนบวกที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอย์ และอยู่ในสารละลายดิน พืชใช้โพแทสเซียมในการเสริมสร้างกระบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆในเซลล์ โพแทสเซียมเมื่อเข้าอยู่ในพืชแล้วไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม แต่จะอยู่ในรูปเกลืออินทรีย์ซึ่งละลายน้ำได้ โพแทสเซียมจำเป็นต่อกิจกรรมหรือกระบวนการสร้างสมต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต โพแทสเซียมอิทธิพลต่อพืชดังนี้

ธาตุโพแทสเซียมช่วยในการเคลื่อนย้ายแป้ง และน้ำตาลจากใบไปยังส่วนอื่นๆ ของพืช ช่วยให้รากสามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น จำเป็นสำหรับการสร้างหัวที่สมบูรณ์ของพวกพืชหัว ทำให้การไหม้ของยาสูบดีขึ้น ทำให้ลำต้นข้าวแข็งแรงไม่ล้มง่าย ทำให้หัวมันฝรั่งคุณภาพดี เป็นต้น หากพืชขาดธาตุนี้แล้วจะเจริญเติบโตได้ช้าให้ผลผลิตที่มีคุณภาพต่ำ พืชที่ให้หัวที่รากจะมีแป้งน้อย ใบยาสูบมีคุณภาพต่ำ ติดไฟยาก พืชจะแสดงอาการขาดโพแทสเซียมที่ใบล่างสุดก่อนโดยที่ขอบจะเหลืองแล้วกลายเป็นน้ำตาล และส่วนที่เป็นสีน้ำตาลจะแห้งเหี่ยวไป แต่ถ้าพืชได้รับโพแทสเซียมมากเกินพอจะไม่เกิดอันตรายต่อผลผลิตหรือคุณภาพของพืช ( พุ่มพวง, 2542 )

## 2.9 มาตรฐานของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีได้มาตรฐานให้พิจารณาดังนี้

1) มีเกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 1 : 1 : 0.5 ( N : P : K )
2) มีความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ไม่มากกว่าร้อยละ 35 – 40 โดยน้ำหนัก
3) ความชื้นเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0 – 7.5
4) ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้วจะต้องไม่มีความร้อนหลงเหลืออยู่
5) ปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้วไม่ควรมีวัสดุอื่นเจือปนอยู่
6) จะต้องมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 25 – 50 %
7) จะต้องมีอัตราส่วนระหว่างธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่มากกว่า 20 ต่อ 1

## 2.10 ปุ๋ยหมัก

### 2.10.1 การทำปุ๋ยหมัก

กระบวนการหมักทำปุ๋ยแบ่งได้ดังนี้ (Rabbani และคณะ, 1983 อ้างในองอาจ, 2542)

1) การหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic decomposition) การย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้โดยใช้อากาศเป็นการหมักแบบอัตราเร็ว จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของความร้อนจากการออกซิเดชั่น (oxidation) ของสารอินทรีย์ จะให้ผลผลิตของปฏิกิริยาต่างกันกับการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic decomposition) และให้ผลผลิตสุดท้ายที่เสถียร (final-stabilized products) ดังนี้

$$\underset{\text{(CHONS)}}{\text{อินทรีย์สาร}} + O_2 \xrightarrow[\text{aerobic bacteria}]{} CO_2 + H_2O + NO_3 + SO_4^{2-}$$

ถ้ามีธาตุฟอสฟอรัสอยู่มากจะทำให้ฟอสเฟตออกมาจากปฏิกิริยา เมื่ออินทรีย์สารถูกย่อยสลายแล้วจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำออกมา พร้อมกันนั้นจะให้แร่ธาตุซึ่งเป็นอาหารสำหรับพืช เช่น ไนเตรต ไนไตรท์ ซัลเฟต และฟอสเฟต การที่จะเกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนได้นั้นจะต้องมีสภาวะที่เหมาะสม เช่น มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้นพอเหมาะ การย่อยสลายหรือการหมักโดยวิธีนี้เป็นไปได้เร็วและไม่มีกลิ่นเหม็น

2) การหมักแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic decomposition) การย่อยสลายอินทรียวัตถุของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน ลักษณะเฉพาะของการหมักแบบนี้คือ การย่อยสลายที่อุณหภูมิต่ำและมีกลิ่น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะให้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย (final products) ดังนี้

$$\underset{\text{(CHONS)}}{\text{อินทรีย์สาร}} + O_2 \xrightarrow[\text{anaerobic bacteria}]{} CO_2 + CH_4 + NH_3 + H_2S$$

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในส่วนที่เป็นก๊าซจะหายไป และส่งกลิ่นเหม็นกระจายไปไกล กระบวนการนี้เกิดขึ้นช้ากว่าการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนมากประมาณ 2 – 6 เดือน หรือถึง 1 ปี การหมักทั้งสองแบบนี้ให้ปุ๋ยที่มีคุณภาพต่างกัน ถ้านำมูลฝอยสดมาหมักแบบไม่ใช่ออกซิเจนเลย จะให้สารที่เป็นอันตรายและการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอาหารของพืชจะน้อยกว่ากระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน

3) การหมักแบบ mesophilic และ thermophilic การหมักแบบ mesophilic อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15 – 40 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิของสภาวะอากาศ ส่วนการหมักแบบ thermophilic เกิดที่อุณหภูมิ 45 – 65 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัติกระบวนการหมักเกิดได้ทั้งสองแบบ

4) การหมักแบบ windrow และการใช้เครื่องจักรกล (mechanical) กระบวนการหมักแบบ windrow วิธีการเตรียมการหมักโดยทั่วไปมักไม่มีการบดย่อยวัสดุหมัก แต่จะใช้การกองบนพื้นในรางแบบเปิด หรือหลุมตื้นๆ ทั้งนี้ต้องมีการป้องกันฝนตกและกระแสลมด้วย ส่วนกระบวนการหมักแบบใช้เครื่องจักรกล สิ่งสำคัญ คือสถานที่ที่เป็นระบบปิดและมีตัวบดหรือสับวัสดุที่ใช้หมัก ปัจจุบันการหมักมูลฝอยทำปุ๋ยโดยให้เกิดผลเร็วขึ้นจะใช้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (aerobic microorganisms) ขบวนการหมักภายใต้การควบคุมภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ ความต้องการที่จะกำจัดมูลฝอยมากกว่าการผลิตฮิวมัส

2.10.2 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก

การย่อยสลายอินทรียวัตถุในกองหมักเกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์โดยมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดังนี้ (Zadrazil และBrunert, 1981 อ้างในองอาจ, 2542)

1) ขนาดของวัสดุที่ใช้หมัก ขนาดของมูลฝอยที่เป็นชิ้นขนาดเล็ก มีพื้นที่ในการสัมผัสออกซิเจนได้มาก ทำให้ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทางชีววิทยามากขึ้น การย่อยสลายมูลฝอยเกิดได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามขนาดวัสดุหมักที่เล็กเกินไปจะทำให้ช่องต่างๆ ภายในกองหมักเล็กตามไปด้วยทำให้ไปขัดขวางการแพร่ของอากาศในการหมักเกิดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) การย่อยสลายใช้เวลานานขึ้น

2) สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio) มีความสำคัญต่อการหมักเนื่องจากเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเป็นตัวกำหนดอัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมัก ถ้า C/N ratio ต่ำการย่อยสลายใช้ระยะเวลาสั้นเพราะว่าจำนวนคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ จนถึงสภาวะเสถียรมีน้อย คาร์บอนส่วนมากถูกใช้ได้ง่ายกว่า จะมีปริมาณคาร์บอนส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปของเซลลูโลส (cellulose) และลิคนิน (lignin) ซึ่งมีความต้านทานต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในระยะแรกของการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และใช้ไนโตรเจนในการสร้างโครงสร้างของเซลล์ซึ่งต้องการไนโตรเจนมากกว่าคาร์บอน ถ้าคาร์บอนมากเกินไปการย่อยสลายจะลดลง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตไม่ดีเมื่อมีไนโตรเจนน้อย เวลาในการหมักจะนาน แต่ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินไปจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียเป็นการสูญเสียไนโตรเจนจากกองหมักและยังก่อให้เกิดกลิ่นจากกระบวนการหมักได้

3) ความชื้น เป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากเป็นตัวกลางในการส่งผ่านอาหารและก๊าซออกซิเจนจากวัสดุหมักไปยังจุลินทรีย์ อีกทั้งยังเป็นตัวกลางในการส่งผ่านเอนไซม์เข้าไปย่อยสลายวัสดุหมักด้วย และความชื้นยังเป็นตัวกำหนดปริมาณของก๊าซออกซิเจนในวัสดุหมัก ถ้าความชื้นมากปริมาณก๊าซจะลดลงการส่งผ่านออกซิเจนลดลงทำให้เกิดสภาพไร้อากาศได้ ในทางตรงกันข้ามปริมาณความชื้นที่ต่ำเกินไป ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอสำหรับปฏิกิริยาจะไปยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้

4) อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในกระบวนการเมตาโบลิซึมและอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 50 – 60 องศาเซลเซียส จากการศึกษาของ Chang และ Hudson (1967) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายควรอยู่ในช่วง 45 – 55 องศาเซลเซียส เนื่องจาก eumycetes และ actinomycetes ซึ่งมีความสำคัญในการย่อยสลายสารประกอบพวกเซลลูโลส และลิกนิน เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว และอุณหภูมิสูงไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส และไม่ควรเกิดต่อเนื่องเป็นเวลานานเกินไปเพราะจะทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย

5) ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทั่วไปช่วงของความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียและแอคติโนไมซีส จะมีค่าระหว่าง 6 – 8 ในขณะที่เชื้อราต่างๆ สามารถเจริญเติบโตได้ในความเป็นกรดด่างที่ 5.5 – 8.0 ซึ่งในการย่อยสลายในระยะ mesophilic ความเป็นกรดด่างจะอยู่ที่ 5.0 – 5.5 และจะมีค่าระหว่าง 8.0 – 9.0 ในระยะ themophilic เมื่อมีการย่อยสลายของมูลฝอยสมบูรณ์ จะมีค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 – 8.0 ตลอดระยะเวลาของการหมักไม่ควรให้ค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 8.5 เพราะจะทำให้สูญเสียไนโตรเจนในรูปของแก๊สแอมโมเนีย

2.10.3 วิธีการหมักปุ๋ย

การหมักทำปุ๋ย สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีกองบนพื้นหรือในหลุม กับวิธีหมักมูลฝอยโดยใช้เครื่องจักรกล การใช้เครื่องจักรกลในกระบวนการหมัก จะช่วยให้ระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุสั้นลงกว่าวิธีตามธรรมชาติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2536 อ้างในองอาจ, 2542)

1) Windrow System วิธี Windrow นี้ เป็นการนำมูลฝอยมากองบนพื้นราบให้ได้ความสูงพอสมควรที่จะให้การระบายอากาศได้ดีเพื่อให้เกิดการย่อยสลายเกิดได้ดีและช่วยการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุจะต้องมีการพลิกกลับกองเพื่อให้อากาศเข้าได้ทั่วถึง เป็นการเร่งปฏิกิริยาและป้องกันสภาวะการย่อยแบบไม่ใช้อากาศ

2) Static Composting System วิธีการหมักทำปุ๋ยแบบนี้คล้ายกับแบบแรกแต่ฐานการหมักทำในลักษณะการให้การระบายอากาศในกองได้ทั่วถึง เช่น การใช้ไม้ไผ่เจาะช่องระบายอากาศเรียงเป็นฐานหรืออาจใช้เครื่องเป่าอากาศไปตามท่อระบายอากาศในกองหมัก (aerated static)

3) Round Trip Paddling Fermentator มูลฝอยถูกปล่อยจากเครื่องโปรยมูลฝอยสู่ชั้นหมักแบบลักษณะเคลื่อนกลับไปมา มูลฝอยเหล่านี้จะย่อยสลายในชั้นหมัก โดยรับอากาศตลอดเวลาประมาณ 8 วัน ก็จะนำออกพักที่ลานตาก เพื่อให้การย่อยสลายสมบูรณ์ต่อไป

4) Dynamic Composting System มูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้จะเคลื่อนตัวช้าๆ ในถังหมักที่หมุนตลอดเวลาประมาณ 1-2 วันพวกเชื้อโรคจะถูกฆ่าตาย มูลฝอยที่ย่อยแล้วจะถูกนำออกจากลานตาก เพื่อให้ย่อยสลายต่อไป

5) Invessel Composting System การหมักวิธีนี้คล้าย Windrow และ Static Composting แต่เป็นการหมักในภาชนะปิดที่ถูกทำให้เคลื่อนที่ตลอดเวลาด้วยเครื่องจักร จนกระทั่งสิ้นสุดการย่อยสลาย วิธีนี้ดีกว่า Windrow และ Static เพราะสามารถควบคุมกลิ่น ใช้สถานที่น้อย ควบคุมการหมักง่ายและใช้แรงงานน้อย

6) Tunnel Reactor Composting System การหมักมูลฝอยแบบในท่อหมักโดยเครื่องจักรต่างๆ อยู่ภายนอกถังหมัก ทำให้ง่ายต่อการซ่อมแซม การระบายอากาศทั้งเข้าและออกใช้ควบคุมได้ทำให้การหมักมูลฝอยได้ผลดี

2.10.4 ขั้นตอนของการทำปุ๋ย

การหมักทำปุ๋ย ประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้(Rabbani และคณะ, 1983 อ้างในองอาจ, 2542)

1) การเตรียมการ (Preparation) ได้แก่

(1) การคัดแยกมูลฝอย เพื่อคัดแยกวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ออก เช่น พลาสติกยาง ผ้า แก้ว โลหะต่างๆ เป็นต้น ซึ่งการคัดแยกมูลฝอยนี้อาจทำการคัดแยกด้วยมือ (hand sorting) โดยใช้แรงงานคนคัดแยกวัสดุที่มีน้ำหนักเบาออกจากวัสดุที่มีน้ำหนักมากโดยใช้ลมเป่า (air classifier) หรือแยกโลหะเหล็กด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (magmetic) และอาจใช้ตะแกรงร่อน (screening) คัดแยกมูลฝอยก็ได้

(2) การบดหรือสับ เป็นการลดขนาดของวัสดุหมักเพื่อให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้เครื่องมือบดหรือสับ (Shredder) วัสดุหมักจะมีขนาดตามที่ต้องการและสม่ำเสมอมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการหมัก ทำให้ง่ายต่อการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์ และผลต่อการควบคุมระดับความชื้น และการระบายอากาศในกองหมักจะสามารถทำได้ดี

(3) การจัดเตรียมสถานที่การหมักสามารถทำได้หลายรูปแบบตามประเภทต่างๆของการหมักดังนี้ (ยงยุทธ, 2528)

(3.1) พื้นดินที่ปรับให้เรียบ หรือเป็นหลุมดิน ทั้งกลางแจ้งและมีโรงเรือน

(3.2) พื้นซีเมนต์ หรือหลุมซีเมนต์ ทั้งกลางแจ้งและมีโรงเรือน

(3.3) พื้นดินหรือพื้นซีเมนต์ โดยกั้นเป็นคอก ทั้งกลางแจ้งและมีโรงเรือน

สถานที่หมักทำปุ๋ยต้องมีความสอดคล้องกับขบวนการหมัก เช่น การหมักแบบ Aerobic ชนิด Windrow ซึ่งต้องมีการพลิกกลับกอง สถานที่อาจเป็นบนพื้นดินหรือพื้นซีเมนต์ ในทางตรงกันข้ามการหมักแบบ anaerobic สถานที่หมักอาจใช้เป็นหลุมลึกประมาณ 1 เมตร โดยมีความกว้างและความยาวตามความเหมาะสม เป็นต้น (Gotaas, 1976 อ้างใน องอาจ, 2542) สำหรับบริเวณสถานที่หมักทำปุ๋ยควรมีพื้นที่ดำเนินการเพียงพอ น้ำไม่ท่วมขัง ห่างจากที่อยู่อาศัยหรือชุมชน และควรมีรั้วป้องกันการรบกวนกองหมักจากคนและสัตว์

(4) การใช้หัวเชื้อหรือสารเร่งในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก เป็นสิ่งที่เติมลงไปในกองหมัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเร่งอัตราการย่อยสลาย ให้การหมักทำปุ๋ยใช้ระยะเวลาเร็วขึ้น หัวเชื้อสารเร่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทสารเคมี ได้แก่ สารเร่งชนิดอนินทรีย์ เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น สารเร่งชนิดอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ เศษพืชตระกูลถั่ว และสารเร่งประเภทจุลินทรีย์ที่ผ่านการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสลาย มาเพาะเลี้ยงให้มีปริมาณมากๆ แล้วนำมาใช้ในการหมักทำปุ๋ย เช่น แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส เป็นต้น

2) การหมัก(Decomposition) ประกอบขั้นตอนต่างๆดังนี้

(1) การผสมวัสดุหมัก เป็นขั้นตอนสำคัญที่ผู้ดำเนินการต้องเป็นผู้กำหนดองค์ประกอบ และสัดส่วนของวัตถุดิบในการหมักอย่างเหมาะสมที่จะทำให้เกิดการหมักที่ดี โดยอาศัยความรู้ประสบการณ์และการตัดสินใจอย่างรอบคอบ ซึ่งในการผสมนี้อาจทำให้ขั้นตอนของการบดผสมหรือขั้นตอนลงก็ได้

(2) การเติมอากาศ การเติมอากาศให้แก่กองหมักสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพลิกกลับกอง ซึ่งเป็นวิธีการเติมอากาศให้กับกองหมักที่ง่ายที่สุด โดยอาจทำการพลิกกองหมักด้วยมือโดยใช้คราด กรณีกองหมักไม่ใหญ่เกินไป แต่หากเป็นการหมักในพื้นที่ขนาดใหญ่ การพลิกกลับกองอาจต้องใช้เครื่องจักรกลช่วยดำเนินการ ความถี่ของการพลิกกลับกองจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในกองหมักเป็นสำคัญ หลักเกณฑ์ทั่วไปของการพลิกกลับกองหมักที่ดี คือ ถ้ามีกลิ่นเหม็นในภาวะไร้อากาศควรพลิกกลับทุกวัน

สำหรับการเติมอากาศโดยใช้เครื่องจักรกล เป็นวิธีการเติมอากาศแทนการพลิกกลับ เช่น การเป่าอากาศเข้าไปโดยผ่านใต้กองหมัก เป็นต้น ซึ่งปริมาณอากาศที่เติมจะต้องพิจารณาถึงขนาดของวัสดุหมักที่ไม่แตกต่างกัน ปริมาณของแข็งระเหย ระดับอุณหภูมิและความชื้นเป็นสำคัญ (Gray, 1971 อ้างใน องอาจ, 2542)

3) กระบวนการหมัก ประกอบด้วยกลไกที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่

(1) การย่อยสลายอย่างเข้มข้น (Intensive rotting phase) การย่อยสลายอย่างเข้มข้นเกิดขึ้นในระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกของการหมัก อุณหภูมิของการหมักจะสูงถึง 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียประเภท mesophilic หลัง 24 ชั่วโมงแล้ว อุณหภูมิของกองหมักอาจสูงขึ้นจนถึง 55 – 75 องศาเซลเซียสได้ ช่วงนี้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ จะเกิดจากแบคทีเรียประเภท thermophilic อุณหภูมิที่สูงระดับนี้จะทำให้เชื้อโรคที่อยู่ในมูลฝอยส่วนใหญ่ตายได้ระยะของการเกิดกลไกนี้ประมาณ 3 – 6 สัปดาห์ หรือตั้งแต่ 1 – 5 วัน ขึ้นอยู่กับวิธีการหมักและองค์ประกอบของมูลฝอย

(2) การย่อยสลายขั้นสุดท้าย (final rotting phase) หลังจากเกิดการย่อยสลายอย่างเข้มข้นเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิในกองหมักจะค่อยๆ ลดลงเหลือประมาณ 30 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงย่อยสลายได้ยาก เช่น พวกเซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) จะถูกย่อยสลายในขั้นนี้ กลไกในการย่อยสลายจะดำเนินไปอย่างช้าๆ ใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 2 สัปดาห์ ถึง 1 ปี (องอาจ, 2542)

(3) การประเมินความสมบูรณ์ของการหมัก เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ดำเนินการต้องตัดสินใจ โดยมีเหตุผลหลายประการ กล่าวคือ หลังจากที่กองหมักเกิดการย่อยสลายขั้นสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้ว อุณหภูมิในกองหมักจะลดลงเรื่อยๆ ขณะเดียวกันเนื้อวัสดุที่ใช้หมักก็เปื่อยยุ่ยลง และมีสีคล้ำขึ้นจนในที่สุดอุณหภูมิในกองหมักเย็นลงใกล้เคียงกับอากาศนอกกองหมักหากวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่า มีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20 บอกถึงการหมักที่เสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว (องอาจ, 2542)

(4) การทดสอบคุณภาพของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว จะถูกนำมาทดสอบคุณภาพ โดยการหาปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ธงชัย (2535) ได้กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วปุ๋ยหมักจะมีปริมาณแร่ธาตุอาหารของพืชที่สำคัญ คือ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 0.4 – 2.5 ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 0.2 – 2.5 และโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ ประมาณร้อยละ 0.5 – 1.8 ปริมาณแร่ธาตุอาหารดังกล่าว จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเศษพืชที่นำมาหมักและวัสดุอื่นๆที่ใส่ลงไปในกองหมัก

(5) ขั้นสุดท้าย (finishing) นำมูลฝอยที่ได้จากการหมักอาจต้องทำการร่อนหรือบดย่อยให้ละเอียดตามขนาดที่ต้องการ ก่อนรวบรวมและบรรจุถุงเพื่อรอนำไปใช้ต่อไป

2.10.5 ระยะเวลาการหมักทำปุ๋ย

ระยะเวลาที่ต้องการในการหมักมูลฝอยโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับ C/N ratio ขนาดของวัสดุหมักการรักษาสภาพการย่อยสลายให้เป็นแบบ aerobic และระดับความชื้น ในกรณีที่การหมักมีความชื้นและขนาดของวัสดุหมักที่เหมาะสมมีสภาพการหมักแบบ aerobic การกำหนด C/N ratio ที่เหมาะสมจะมีผลต่อระยะเวลาการย่อยสลายของมูลฝอย นอกจากนี้ระยะเวลาการหมักยังขึ้นอยู่กับรูปแบบและสภาวะของการหมักที่แตกต่างกัน (องอาจ, 2542)

## 2.11 ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายวัสดุในการทำปุ๋ยหมัก

2.11.1 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

สารคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงาน และนำมาสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ ส่วนไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีน และจุลินทรีย์จะนำไปใช้สร้างส่วนประกอบของเซลล์ใหม่ ดังนั้นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนจึงมีผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ อัตราส่วน C/N นอกจากจะเป็นปัจจัยกำหนดระยะเวลาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์แล้ว ยังเป็นปัจจัยที่บงชี้ว่าในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นจะมีไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์และทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ดำเนินต่อไปอย่างงมีประสิทธิภาพหรือไม่ ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักจึงจำเป็นต้องควบคุม C/N ratio เริ่มต้นให้เหมาะสม โดยทั่วไปค่า C/N ratio เริ่มต้นที่อยู่ในช่วง 20 -40 ถ้าค่า C/N ratio ของวัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งโดยทั่วไปมีค่า C/N ratio ประมาณ 6 – 10 และ 11 ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าค่า C/N ratio ที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 20) ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในกองปุ๋ยหมักมากเกินไป อัตราการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าอัตราการย่อยสลายที่ค่า C/N ratio สูงกว่า C/N ratio ที่เหมาะสมต่อการหมักแต่จะช้ากว่าวัสดุหมักที่มี C/N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากอัตราส่วนของ C/N อยู่ในช่วงที่เหมาะสม หมายถึงมีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้ง 2 ชนิดที่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต ทำให้วัสดุที่มีอัตราส่วน ของC/N ที่เหมาะสม จะมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่า ส่งผลให้เกิดกิจกรรการย่อยสลายได้สูงกว่า วัสดุที่มีอัตราส่วน ของ C/N ที่เหมาะสม

2.11.2 การระบายอากาศ (Aeration)

โดยกระบวนการทำปุ๋ยหมักส่วนใหญ่มีวิธีการให้อากาศทั่ว ๆไป 2 แบบ คือการกลับกองเป็นครั้งคราวเพื่อให้อากาศ และท่อให้อากาศอยู่ภายในกองปุ๋ยหมัก แล้วปั้มอากาศเข้าสู่

กองปุ๋ยหมักทางด้านล่าง การให้อากาศอาจใช้วิธีดูดกลับโดยใช้เครื่องดูดผ่านท่อที่วางไว้ใต้กองปุ๋ยหมักเช่นเดียวกัน

การระบายอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพที่มีอากาศซึ่งมีการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ ในสภาพที่มีออกซิเจนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วและสมบูรณ์ การระบายอากาศนอกจากจะเป็นการเติมอากาศหรือออกซิเจนให้กับกองปุ๋ยหมักแล้ว ยังเป็นการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกองปุ๋ยหมักด้วย เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเติมอากาศมีความสัมพันธ์กับกระบวนการย่อยสลายและระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมัก

2.11.3 ความชื้น (Moisture content)

ความชื้นบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมักที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์รวมถึงปฏิกิริยาต่างๆในการย่อยสลาย เช่น การทำงานของเอนไซม์การละลายสารประกอบของธาตุอาหารต่างๆระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอยู่ในช่วง 50-70 %(เฉลี่ยที่ 60%) โดยน้ำหนักถ้าความชื้นมากเกินไป(มากกว่า80%) กองปุ๋ยหมักแฉะเกินไปทำให้สัดส่วนของอากาศต่อเนื้อมูลฝอยมูลฝอยน้อยลง การระบายอากาศไม่ดี การย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าและอาจเกิดกระบวนการย่อยสลายแบไม่ใช้อกซิเจนซึ่งมีผลต่ออัตราการย่อยสลายของมูลฝอยมูลฝอยและยังส่งกลิ่นเหม็นกว่ากระบวนการย่อยสลายแบบใช้อกซิเจนถ้าความชื้นน้อยเกินไป(ต่ำกว่า 40 %)ทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการใช้ในกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์เพราะน้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาต่างๆในการย่อยสลาย จึงทำให้กระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ช้า

2.11.4 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี กิจกรรมการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนออกมา จึงส่งผลให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงขึ้น วัสดุเหลือทิ้งที่เป็นสารอินทรีย์บางชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี และมีความสามารถระบายน้ำได้ดี ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกองปุ๋ยหมักถูกกักเก็บไว้ไม่แพร่กระจายออกจากกองปุ๋ยหมักส่งผลให้สภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ก็เปลี่ยนแปลงไปตามระดับอุณหภูมิต่างๆในการทำปุ๋ยหมักแบบกองโดยทั่วไป อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักในช่วงระยะแรกจะอยู่ในช่วง 25-45 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง(mesophilic)หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆลดลงจนถึงระดับ

อุณหภูมิปานกลางอีกครั้ง ในกรณีที่อุณหภูมิสูงมากเกินไป คือประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ก็ลดลงตามไปด้วย

2.11.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรดด่างเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์โดยทั่วๆ ไปค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักมักอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง (pH 6-8) ถ้า pH สูงไปอาจทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนียได้ เนื่องจากกระบวนการ ammonia volatilization ถ้า pH ต่ำเกินไป(ต่ำกว่า 5) จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโต วัสดุที่ทำปุ๋ยหมักโดยทั่วไปควรมีค่า pH ที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 5.0-7.0

2.11.6 ขนาดของวัสดุหมัก (Particle size)

ในการทำปุ๋ยหมักทั่วๆ เช่นไป Window pile , static pile และ forced aeration เป็นต้น ขนาดของวัสดุจะเกี่ยวข้องกับปริมาณพื้นที่ผิวสัมผัส วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักถ้ามีขนาดเล็กจะย่อยสลายได้เร็วกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่และเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักนานขึ้น ถ้าขนาดเล็กเกินไปมูลฝอยมูลฝอยอัดตัวกันแน่น ทำให้อากาศเข้าไปในกองปุ๋ยหมักได้ไม่ทั่วถึง สัดส่วนของอากาศต่อเนื้อมูลฝอยมูลฝอยจะลดลง ทำให้การย่อยสลายเป็นไปได้ช้าขนาดของวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาทำปุ๋ยหมักควรมีขนาดความยาวแต่ละชิ้นส่วนประมาณ 5 เซนติเมตรหรือเล็กกว่า ในกรณีที่นำมูลฝอยมูลฝอยมาทำปุ๋ยหมักนั้นขนาดที่เหมาะสมต่อการหมัก คือ ประมาณ 0.5-1.5 นิ้ว ซึ่งจะมีพื้นที่ผิวที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย

2.11.7 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักเกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนตามกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์หลายประเภท ที่ประกอบกันในลักษณะของเชื้อผสม (Mix Culture) เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1) แบคทีเรีย(Bacteria)

จุลินทรีย์พวกนี้มีขนาดค่อนข้างเล็ก แต่มีปริมาณมากที่สุดในกองปุ๋ยหมักประมาณ 80-90 % ของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมัก โดยเฉพาะในช่วงของกระบวนการทำปุ๋ยหมักและมักตรวจพบในปริมาณที่มากกว่าชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นเสมอ ปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดในกองปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ $2.3*10^8$ เซลล์ต่อน้ำหนัก 1 กรัม ส่วนพวกที่มีสปอร์และทนต่อความ

ร้อนจะมีค่าประมาณ $3.9*10^4$เซลล์ต่อน้ำหนัก 1 กรัมปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าวไม่ใช่ค่าที่แน่นอนแต่จะแปรผันไปจากนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก เชื้อแบคทีเรียค่อนข้างมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายและเกิดความร้อนในกองปุ๋ยหมัก

เชื้อแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์เซลล์เดียวอาจมีรูปร่างต่างกันออกไปเช่น ทรงกลม (cocci) รูปท่อน (bacilli) รูปเกลียว (spiral) เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียหลายชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยพลังงานที่มีในเซลล์ ในระยะแรกของกองหมัก อุณหภูมิภายในกองไม่สูงมากนักเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียที่พบอยู่ในดิน อย่างไรก็ตามมีผู้รายงานว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปมักพบพวก Pseudomonas sp. Achromobater sp. Flavabacerium sp. Micrococcus sp. และ Bacillus sp. ซึ่ง Bacillus sp. ค่อนข้างจะพบในปริมาณมากกว่าพวกอื่น ๆ โดยเฉพาะพวกที่ชอบอุณหภูมิสูงได้แก่ B. subtilis และ B. stearothermophilus ซึ่งพวกนี้เจริญได้ดีในช่วง 50 – 55 องศาเซลเซียส ในบางกรณีอาจจะถึง 65 องศาเซลเซียส นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบว่าสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงระดับนี้ ได้แก่ Thermus sp. เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้จะมีบทบาทสำคัญในช่วงที่อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูง บางครั้งอาจพบพวกแบคทีเรียชนิดหนึ่งที่สามารถทนความร้อนได้สูง ได้แก่ Thermus aquaticus เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 40 – 79 องศาเซลเซียส แต่เจริญได้ดีในช่วง 70 องศาเซลเซียส

พวก Bacillus sp. จัดเป็นพวกที่สามารถสร้างสปอร์ได้จากการตรวจสอบพบว่าสปอร์จะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบพวก Closstridium sp. ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน

2) เชื้อรา (Fungi)

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการดำรงชีวิตคล้ายพืช ซึ่งในสมัยก่อนจัดไว้เป็นพืชชั้นต่ำ แต่มีความสามารถในการใช้อาหารกว้างมากเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์จะเห็นลักษณะคล้ายเส้นใยต่อกันและมีสปอร์กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปเชื้อราเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (Aerobe) ดังนั้นการเจริญจึงต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ

ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ แต่ละชนิดและปริมาณของเชื้อราจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ความชื้น และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม การที่อุณหภูมิสูงขึ้นและมีความชื้นสูงเป็นสภาพที่เหมาะสมกับเชื้อแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา ดังนั้นจึงตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาในกองปุ๋ยหมักในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถพบเชื้อราได้แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียสปริมาณเชื้อราจะลดลงอย่างมาก แต่เมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งพบว่าอุณหภูมิสูงขนาด 62 – 63 องศาเซลเซียส ยังสามารถตรวจพบเชื้อราได้

เชื้อราส่วนใหญ่มีความสามารถในการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ได้ดี เนื่องจากเชื้อราหลายชนิดผลิตเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์หลากหลายชนิด อย่างไรก็ตามปัจจัยต่างๆของสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวควบคุม การคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการดำรงกิจกรรมในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาชนิดของเชื้อราในระยะต่างๆของการทำปุ๋ยหมัก พบว่าในระยะแรกที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้น มักตรวจพบเชื้อราพวก *Geotrichum*, *Cladosporium*, *Aspergillu s sp.* และ *Mucor sp.*เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจพบพวก *Penicillium duponti* อย่างไรก็ตามชนิดของเชื้อราดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่ใช้บางครั้งอาจจะเห็นกลุ่มของเส้นใยเชื้อราเป็นสีขาวหรือเจริญอยู่ภายในกองปุ๋ยหมัก

3) แอคติโนมัยซิส (Actinomycetes)

โดยทั่วไปเชื้อแอคติโนซิสมีอัตราการเจริญช้ากว่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจะเจริญได้ไม่ดีเมื่ออยู่ในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศไม่เพียงพอ เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ลักษณะของเชื้อแอคติโนมัยซิสเมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักจะสังเกตเห็นได้ใยเป็นจุดสีขาว ๆ คล้ายผงปูนขาว ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ในกองปุ๋ยหมักหลังจากอุณหภูมิขึ้นสูงถึงจุดสูงสุด

จากการค้นคว้าวิจัยต่าง ๆ พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซิสสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส และการเจริญจะลดลงหรือหยุดชะงักเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส คุณสมบัติของความสามารถที่เจริญได้ในสภาพที่อุณหภูมิสูงนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราแอคติโนมัยซิส

เชื้อแอคติโนมัยซิสที่มักพบอยู่เสมอในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ *Thermoactinomycetes sp.* และ*Theromonospora sp.* เป็นพวกที่สามารถผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากเชื้อแอคติโนมัยซิส 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้วอาจจะพบพวก *Streptomycese sp.* และ *Micropolyspora sp.* อีกด้วย จากข้อมูลต่างๆ พอสรุปได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส ลิคนิน ไคติน และโปรตีน ที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักในขณะที่มีอุณหภูมิสูง (กรมพัฒนาที่ดิน, กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2540 อ้างใน ชีวานุช, 2543)

## 2.12 การประเมินความสมบูรณ์ของการหมัก

หลังจากที่กองปุ๋ยหมักเกิดการย่อยสลายขั้นสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้วอุณหภูมิของกองหมักจะลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันเนื้อวัสดุที่ใช้หมักก็เปื่อยยุ่ยลงและมีสีคล้ำขึ้น อุณหภูมิกองปุ๋ยจะเย็นลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก วัสดุหมักมีลักษณะเป็นขุย ร่วนซุยมีสีดำหรือน้ำตาลเข้มยุบตัวลง

เหลือประมาณ 1 ต่อ 3 หรือ 1 ต่อ 4 ส่วนของกองเดิม (ธงชัย, 2535) ค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20 ต่อ 1 (ยงยุทธ, 2528 ; สุมิตรา, 2532) ส่วน Lardinois และคณะ (1993) กล่าวว่าในปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้วค่า C/N ratio ค่าประมาณ 12 นอกจากนี้ Polprasert (1996) กล่าวว่า ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีค่าอินทรียวัตถุลดลง เช่น volatile solid, C/N ratio เถ้า เป็นต้น นอกจากนั้นต้องปราศจากแมลงหรือตัวอ่อนของแมลง เป็นต้น (องอาจ, 2542)

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยหมักที่ได้ ว่ามีคุณภาพมาตรฐานที่ดีหรือไม่นั้นสามารถนำเปรียบเทียบกับคุณภาพปุ๋ยหมักจากกรส่งเสริมการเกษตรหรือกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** แสดงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของปุ๋ยหมัก

| คุณภาพของปุ๋ยหมัก | หน่วย | เกณฑ์คุณภาพของปุ๋ยหมัก | |
|---|---|---|---|
| | | กรมส่งเสริมการเกษตร | กรมพัฒนาที่ดิน |
| 1.ความเป็นกรดเป็นด่าง | - | 6.0-7.5 | 5.5-85 |
| 2.ปริมาณความชื้น | % | 35-40 | 0-56 |
| 3.ปริมาณอินทรียวัตถุ | % | 25-50 | 0-60 |
| 4.อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน | - | <20 | 0-25 |
| 5.ปริมาณไนโตรเจน | % | 1 | 0.2-1 |
| 6.ปริมาณฟอสฟอรัส | % | 1 | 0.2-1 |
| 7.ปริมาณโพแทสเซียม | % | 0.5 | 0.1-0.5 |
| 8.ปริมาณสิ่งเจือปน | % | ND | 0-10 |

ที่มา ทรงพล,2544

**2.13 คุณสมบัติของพืชสมุนไพร**

2.13.1 สับปะรด

1) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ananas bracyeatus Schult.f* หรือ *Ananus comosus Merr.*

2) ชื่อวงศ์ Bromeliaceae

3) ชื่อสามัญ Pineapple

4) ชื่ออื่น ๆ ขนุนทอง, ยานัด, ย่านนัด, แนะ, บ่อนัก, เนะซะ, ม้าเนื่อ, สับปะรดลาย, ลิงทอง, มะขะพัด, มะพัด, หมากเก็ง

5) ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

สับปะรดเป็นพรรณไม้ล้มลุก ลักษณะลำต้นแตกเป็นกอใหญ่ ไม่มีกิ่งก้านใดๆ มีแต่เพียงกาบใบที่ห่อหุ้มลำต้นไว้ สูงประมาณ 1-3 ฟุต มีไหลใบเป็นใบเดี่ยว แตกออกมาเป็นกอ เรียงแบบบันไดเวียนอย่างหนาแน่นและไม่มีก้านใบ ลักษณะของใบเรียวยาว ปลายแหลม โคนใบเป็นกาบห่อหุ้มลำต้นอยู่ ขอบบีหนามเล็กน้อย ผิวใบเรียบ ด้านบนเป็นสีเขียวเข้ม ท้องใบมีเกล็ดสีขาว ขนาดใบกว้างประมาณ 2 นิ้ว ยาวประมาณ 1 เมตร ผล เกิดจากช่อดอกที่เจริญร่วมกับผนังเชื่อมติดกันโดยมีแกนกลาง ลักษณะผลเป็นรูปมนรี ตรงโคนจะกว้างส่วนปลาย ปลายผลจะมีใบเป็นกระจุกสีเขียวเข้ม ผลโตประมาณ 6 นิ้ว ยาวประมาณ 8 นิ้ว มีตาอยู่รอบผล เมื่อยังอ่อนเป็นสีเขียว พอแก่กลายเป็นสีเหลืองสดน่ารับประทาน ดอก ดอกช่อเชิงลดที่ปลายยอด ใบประดับสีแดงเหลืองหรือเขียว กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันปลายแยกเป็นแฉก รูปไข่แกมสามเหลี่ยม กลีบดอกแหลมแกมขอบขนานปลายแหลม โคนกลีบสีขาว ปลายกลีบสีม่วงหรือสีชมพู ยาว 16-26 มิลลิเมตร ขยายพันธุ์โดยการปักชำ หรือส่วนที่อยู่ตรงปลายของผล จะใช้วิธีนำหน่อไปปลูก แต่จะต้องกลบดินให้แน่นอย่าให้น้ำขัง ควรปลูกให้ลึกประมาณ 4 นิ้ว

6) นิเวศวิทยาและแพร่กระจาย

เป็นพรรณไม้กลางแจ้ง ขึ้นได้ดีในดินปนทราย ความทนทานต่อความแห้งแล้ง

7) ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฆ่าแมลง ฆ่าพยาธิ ลดการอักเสบ ย่อยโปรตีน ยับยั้ง thiamine ยับยั้งเอนไซม์ peroxidase และ protease กระตุ้นเอนไซม์ ATPase เป็นต้น

8) สาระสำคัญ

เนื้อสับปะรดมีวิตามินซีในปริมาณสูง มีน้ำตาล กรดอินทรีย์หลายชนิด และมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนชื่อ โบรมีลิน (bromelin)

2.13.2 มะละกอ

1) ชื่อวิทยาศาสตร์ .*Carica papaya L.*

2) ชื่อวงศ์ Caricaceae

3) ชื่อสามัญ Papaya

4) ชื่ออื่นๆ มะก้วย, มะมั่น, มะกา, สีดา, มะจีน, ยามู, จุ่มโป, ยะมูบุเตปันยา, ชมพู่

5) ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

เป็นไม้ยืนต้นสูงได้ถึง 3-6 เมตร บางครั้งสูงถึง 8 เมตร ไม่แตกกิ่งก้านสาขา นอกจากต้นที่ถูกตัดยอด กิ่งก้านสาขาออก จะเป็นยอดใหม่ได้หลายยอด ลำต้นมีเนื้ออ่อน ฉ่ำน้ำ มีรอยแผลเป็นของก้านใบที่หลุดร่วงไป ใบใหญ่ ตัวใบลักษณะคล้ายนิ้วมือ เว้าเข้าลึก ดูเป็นแฉกประมาณ 7-

9 แฉก เส้นผ่าศูนย์กลางใบประมาณ 60 เซนติเมตร แต่ละแฉกมีรอยเว้าเล็ก ๆ คล้ายขนนก ก้านใบยาว ภายในกลวง ช่อดอกตัวผู้ออกจากง่ามใบห้อยลงยาวประมาณ 1-1.5 เมตร ดอกตัวผู้สีเหลืองออกเขียวอ่อน มีกลิ่นหอม กลีบดอกบางยาวประมาณ 2 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มี 10 อัน ติดบนกลีบดอก ดอกตัวเมียไม่มีก้านดอก ออกเป็นดอกเดี่ยวหรือกระจุกกลีบดอกขาวเหลือง ยาวประมาณ 7 เซนติเมตร หรือน้อยกว่านั้น มีรังไข่ทรงกลมหรือกลมยาว ยาวประมาณ 10-30 เซนติเมตร ผลสุกสีเหลืองส้มเนื้อหนาอ่อนนุ่ม รสหวาน มีเมล็ดมาก เมล็ดแก่ลักษณะรูปไข่สีน้ำตาลดำ ผิวขุรขระ มีสารเป็นเมือกหุ้ม เมล็ดยาวประมาณ 6-7 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 มิลลิเมตร ออกดอกตลอดปี

6) สรรพคุณ

ปาเปน ที่สกัดจากน้ำยางใช้ย่อยเนื้อทำให้เนื้ออ่อนนุ่ม ช่วยย่อยอาหารในคนที่กระเพาะอาหารอักเสบ ลดอาการบวมอักเสบที่เกิดจากการช้ำหรือการติดเชื้อ อาการอักเสบผิดปกติ

ผลดิบ ใช้ย่อยเนื้อและช่วยย่อยอาหารในคนที่กระเพาะอาหารอักเสบ เป็นยาบำรุงน้ำนม ยาถ่ายอ่อน ๆ น้ำคั้นจากผลดิบใช้ขับพยาธิ ในผลดิบ ลำต้น และใบ จะมีน้ำยางสีขาวซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ปาเปน (papain), ไคโมปาเปนเอ (chymopapain A), ไคโมปาเปนบี (chymopapain B), เปบติเดสเอ (peptidase A) และไลโซโซม (lysozyme)

ผลสุก รสหวาน ใช้เป็นยาระบายอ่อน ๆ เหมาะสำหรับคนที่ท้องผูกเป็นประจำ แก้บิด ปัสสาวะขัด และประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญได้แก่ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส เปคติน (pectin) วิตามินเอ วิตามินบีหนึ่ง บีสอง เกลือแร่ชนิดต่าง ๆ และยังเป็นแหล่งของโปรวิตามินเอ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ ได้แก่ ไครโปรแซนทีน และเบต้าแคโรทีน

7) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคและพยาธิ

สารนี้เปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล ยาง และปาเปนที่ใช้เป็นยาขับพยาธิตัวกลมและพยาธิแส้ม้า สารละลายปาเปนที่มีความเข้มข้น 0.11% มีฤทธิ์ฆ่าพยาธิไส้เดือน จากการทดลองพบว่า benzyl isothiocyanate จากเมล็ดมีฤทธิ์ฆ่าพยาธิตัวกลม และกระตุ้นหัวใจ สารสกัดจากเมล็ดด้วยน้ำเย็น น้ำร้อนและส่วนที่เป็น resin ในเมล็ด จากการทดลองภายนอกร่างกายพบว่า มีฤทธิ์ทำให้ไส้เดือนดิน และพยาธิตัวแบนที่ได้จากหนูใหญ่เป็นอัมพาต ทดลองให้หนูใหญ่กิน มีผลลดจำนวนไข่พยาธิ และขับพยาธิตัวแบนของหนูใหญ่นอกจากนี้ carposide ก็มีฤทธิ์ขับพยาธิด้วยปาเปนเป็นน้ำย่อยโปรตีน ปาเปนสามารถย่อยเนื้อเยื่ออักเสบที่ตายแล้ว แต่ไม่ค่อยเนื้อเยื่อที่มีชีวิตปกติ ก้อนเลือดที่แข็งตัวจะถูกย่อยด้วยสารละลายปาเปนเข้มข้น 1.2 % ในน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสภายใน 5 ชั่วโมง ปฏิกิริยานี้จะเร็วขึ้นถ้ามี glutathione เล็กน้อย

ต้านแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ฆ่าพยาธิไส้เดือนดิน ขับพยาธิ ฆ่าแมงต้านไวรัสในยาสูบ ต้านยีสต์ ต้านมาลาเรีย ต้านไวรัส ต้านเชื้อ mycobacterium ฆ่าหอย

2.13.3 ฝรั่ง

1) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Psidium guajava* Linn

2) ชื่อวงศ์ Myrtaceae

3) ชื่ออังกฤษ Guava

4) ชื่ออื่น ๆ จุ่มโป่, ชมพู่, มะก้วย, มะก้วยกา, มะกา, มะจีน, มะมั่น, ยะมูบุเตบันยา, ยะริง, ยาม, ย่ามู, สีดา

5) ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

เป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นที่อาจสูงได้ถึง 15 เมตร กิ่งอ่อนเป็นสี่เหลี่ยม ยอดอ่อนมีขนสั้นปกคลุมใบเดี่ยวติดกับลำต้นแบบตรงข้าม ใบรูปขอบขนาน รูปรีหรือรูปไข่ ปลายใบมนหรือ มีติ่งแหลม โคนใบมนหรือเว้ารูปหัวใจ ใบกว้าง 2-6 เซนติเมตร ยาว 6-20 เซนติเมตร ใต้ใบมักมีขน ดอกออกเดี่ยวหรือช่อที่มี 2-3 ดอก อยู่ตามโคนก้านใบ ดอกสีขาว มีขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ผลมีรูปทรงหลายแบบแล้วแต่พันธุ์ ภายในมีเนื้อสีนวล หรือสีชมพู เมล็ดแข็งเกือบกลมมีเป็นจำนวนมาก

6) สรรพคุณ

ใช้แก้อาการท้องเดิน (ที่ไม่ใช้เกิดจากบิดหรืออหิวาตกโรค) ใช้ระงับกลิ่นปาก แก้ท้องร่วง บิดมูกเลือด รากขับปัสสาวะ การทดลองกับผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วง โดยให้กินผงใบแห้ง 500 มิลลิกรัม ทุก 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน พบว่าได้ผลดีกว่า ยาปฏิชีวนะเตตราซัยคลิน

7) การขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์ใช้วิธีเพาะเมล็ด ตอนกิ่ง ทาบกิ่ง ที่นิยมคือการตอนกิ่ง ชอบดินร่วน ปนทราย ไม่ชอบน้ำขังแฉะ ไม่ชอบอากาศเย็นจัด

2.13.4 สะระแหน่

1) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mentha cordifolia.*

2) ชื่อวงศ์ Labiatae

2) ชื่อสามัญ สะระแหน่ หอมด่วน (เหนือ) ,หอมเดือน, มักเงาะ, สะแหน้ (ใต้), ขะแยะ (อีสาน), Kitchen Mint, Marsh Mint

3) ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชขนาดเล็ก คลุมดิน ลำต้นสีแดงอมเขียวเข้ม เป็นสี่เหลี่ยม ทอดไปตามหน้า ดิน ใบเดี่ยวรูปไข่เท่าปลายนิ้วมือ ขอบจักหน้าใบเป็นล่องลึกตามแนวเส้นใบเป็นตาข่าย สีเขียว

เข้ม กลิ่นหอมร้อน ปลูกไว้ปรุงอาหาร สะระแหน่ หรือ Kitchen Mint กลิ่นหอมเย็นที่เรามักใส่ในลาบ ยำแกล้มอาหารรสเผ็ดนั้น เป็นผักที่มีสารอาหารมากมาย แต่ใครละจะกินใบสะระแหน่เป็นกอบเป็นกำ เหมือนทานผักชนิดอื่นๆ เราจึงได้สารอาหารเพียงบางอย่าง เช่น เบต้าแคโรทีน และธาตุเหล็กจากสะระแหน่ได้เพียงนิดเดียว

สะระแหน่กับมิ้นต์เมืองนอกใช้เหมือนกัน ช่วยเพิ่มกลิ่นหวามเย็นให้กับอาหารบ้างก็นำมิ้นต์ตากแห้งนี้ไปผสมกับชาทำให้ชาหอมอร่อยเย็นโล่งคอ สะระแหน่มีเมนทอล แม้จะมีน้อยกว่ามิ้นต์พันธุ์อื่นๆ แต่ก็ช่วยให้สดชื่นแก้อาการปวดหัว แก้ไข้ ช่วยให้หัวใจแข็งแรง บำรุงสายตา ไม่เป็นหวัดง่าย และเหงือกแข็งแรงอีกด้วย สะระแหน่เป็นผักสวนครัวที่ปลูกง่าย

4) คุณประโยชน์

(1) สะระแหน่สามารถแก้อาการปวดท้อง ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยขับลมในกระเพาะ โดยการนำน้ำที่คันจากต้นและใบมาใช้ดื่มหรือจะรับประทานสดๆเพื่อดับกลิ่นปาก

(2) ช่วยลดอาการจุก เสียดท้องในเด็กได้ โดยนำใบสะระแหน่ 2 -3 ใบ มาบดให้ละเอียดผสมกับยาหอมแล้วนำมากวาดคอเด็ก อาการเสียดท้องจะทุเลาลง เพราะน้ำมันหอมระเหยของสะระแหน่ยังเป็นตัวที่ช่วยยับยั้งเชื้อโรคและลดอาการเกร็งของลำไส้

(3) นอกจากนี้ยังช่วยให้สมองปลอดโปร่งโล่งคอ ป้องกันไข้หวัด บำรุงสายตา และช่วยให้หัวใจแข็งแรง

(4) สะระแหน่มีเบต้า-แคลทีน มากถึง 538.35 RE แคลเซียม 40 กรัม วิตามินซีถึง 8 มิลลิกรัม เมื่อทาน 100 กรัม

## 2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีวานุช ทับทอง (2543) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ในระหว่างการทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยตลาดสดแบบกะที่ใช้สารเร่งจุลินทรีย์ และแบบกึ่งต่อเนื่องโดยใช้ขี้เลื่อยเป็น bulking agent พบว่า การใส่สารเร่งทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ พด.1 Bionic และ F-60 ไม่มีผลอย่างชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพเคมีและจุลินทรีย์ รวมถึงระยะเวลาการทำปุ๋ย ดังนั้นไม่จำเป็นต้องใส่สารเร่งในการทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยตลาดสด ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของวัสดุหมักในการทำปุ๋ยหมักแบบกะโดยใช้วัสดุหมักเริ่มต้นในอัตราของมูลฝอยจากตลาดสด 2 กิโลกรัม และขี้เลื่อย 0.43 กิโลกรัม พบว่า ความชื้นในวัสดุหมักช่วง 8 วันแรกสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การย่อยสลายเกิดช้า มีกลิ่นเหม็น และใช้มูลฝอยสดเป็นวัตถุดิบได้เพียง 2 กิโลกรัมต่อกะเท่านั้น โดยใช้ระยะเวลานาน 41 วัน วัสดุหมักจึงเริ่มเข้าสู่ช่วง Stabilization

ชื่นจิต กิ่งนรา (2543) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะในถังขนาด 5 ลิตร ที่มีการกวนผสมเพื่อให้อากาศ และมีการเติมมูลฝอยเศษอาหารสดในอัตราคงที่ทุกวัน พบว่า ขี้เลื่อยขนาด 60 mesh ชานอ้อยขนาด 40 mesh และกากมันสำปะหลังขนาด 40 mesh มีสมบัติทางกายภาพและเคมีเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น bulking agent ในการทำปุ๋ยหมัก โดยขี้เลื่อยและชานอ้อยให้ค่าคงที่ของการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอน 0.0011 ต่อวัน และ 0.0005 ต่อวัน ตามลำดับ สูงกว่ากากมันสำปะหลัง (0.0004 ต่อวัน) และไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นในระหว่างกระบวนการหมัก ผลของสารเร่งปุ๋ยหมัก 3 ชนิด ได้แก่ พด.1 ไบโอนิก และ เอฟ – 60 มีค่าคงที่ของการย่อยสลายของสารอินทรีย์คาร์บอนใกล้เคียงกันคือ 0.0010 ต่อวัน และสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารเร่งปุ๋ยหมักมีค่าเท่ากับ 0.0007 ต่อวัน

ทรงพล คูณศรีสุข (2544) ศึกษาผลของ bulking agent ชนิดต่างๆ ได้แก่ ขี้เลื่อยจากไม้สัก ไม้เต็ง ไม้ยาง ไม้เสม็ด และขุยมะพร้าว ในการทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะจากมูลฝอยอาหารครัวเรือนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ จากการนำ bulking agent ทั้ง 5 ชนิด มาทำปุ๋ยหมักแบบกึ่งกะจากมูลฝอยอาหารครัวเรือนในถังย่อยมูลฝอย (GADE) และมีการให้อากาศจากด้านล่างของถังหมัก พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีส อุณหภูมิ ปริมาณไนโตรเจน ลิกนิน และโฮโลเซลลูโลส ระหว่างการทำปุ๋ยหมัก bulking agent แต่ละชนิดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน วัสดุหมักที่ใช้ขี้เลื่อยจากไม้สัก ไม้เต็ง ไม้ยาง ไม้เสม็ด จะมีความสามารถในการรักษาความชื้นได้ดีกว่าขุยมะพร้าว และการสังเกตลักษณะทางกายภาพของวัสดุหมักที่ใช้ไม้เสม็ดและไม้เต็ง พบว่า วัสดุหมักจับตัวเป็นก้อน ค่อนข้างแฉะ และเกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยวค่อนข้างรุนแรง ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็น bulking agent

บุปผา คำวัน (2545) ศึกษาศักยภาพของฟางข้าวและแกลบในการทำปุ๋ยหมักแบบอาศัยออกซิเจนตามธรรมชาติที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 วัน โดยใช้น้ำแช่บ่อเป็นแหล่งความชื้นของฟางข้าวและแกลบ การทดลองส่วนที่ 1 ใช้มูลไก่ปรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเริ่มต้น เท่ากับ 25:1, 30:1, 35:1 การทดลองส่วนที่ 2 ใช้เชื้อจุลินทรีย์ 3 แหล่ง คือเชื้อ EM เชื้อ พด.1 เชื้อน้ำหมักมูลวัว ผลการวิจัยพบว่า การใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบใช้เวลาในการหมักที่ทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20:1 เท่ากับ 5,8,12 วัน โดยปุ๋ยหมักที่ได้มีปริมาณธาตุอาหาร N,P,K ตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดินกำหนด และเมื่อเติมเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับฟางข้าวทำให้อัตราการลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด ใช้เวลาเท่ากับ 6,8,5 วัน สำหรับเชื้อ EM เชื้อพด.1 เชื้อน้ำหมักมูลวัว ตามลำดับ การใช้แกลบ พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่ลดลงต่ำกว่า 20:1 จึงประเมินได้ว่าฟางข้าวเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ยหมักผสมมูลไก่ได้ดีกว่าแกลบเนื่องจากใช้เวลาในการหมักน้อยกว่าและการเติมเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยลดระยะเวลาการทำปุ๋ยหมัก

พิมพาภรณ์ โพธิ์ทอง (2545) ศึกษาขนาดมูลฝอยและความสูงของกองหมักต่อระยะเวลาการย่อยสลายสารอินทรีย์จากมูลฝอย โดยศึกษามูลฝอยขนาดมากกว่า 3 นิ้ว,1.5-3 นิ้ว ,น้อยกว่า 3 นิ้ว และไม่ได้คัดขนาดนำมาหมักให้มีความสูงกองเป็น 3 ระดับ คือ 90 เซนติเมตร, 60 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร โดยเมื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของการหมักพบว่า มูลฝอยที่มีขนาดชิ้นหมักเล็กที่สุด คือ น้อยกว่า 1.5 นิ้ว และกองสูงที่สุด 90 เซนติเมตร หมักย่อยสลายได้เร็วที่สุดโดยใช้ระยะเวลาย่อยสลายเพียง 60 วันเท่านั้น

เรียมสงวน วรรณะยะลา (2544) ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีการเติมอากาศจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยมีการเติมสารเร่งได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย มูลควาย ตะกอนน้ำเสีย และมูลควายผสมน้ำทิ้ง และสุดท้ายกลบด้วยดินนาพบว่า การเติมปุ๋ยยูเรียมีระยะเวลาการหมักสั้นที่สุด และมูลฝอยที่ไม่มีการเติมสารเร่งมีระยะเวลาการหมักนานที่สุด การเติมปุ๋ยยูเรียมีประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด และการลดลงของปริมาณคาร์บอนและปริมาณของแข็งระเหยแต่ละรูปแบบการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชมีค่าไม่แตกต่างกัน

องอาจ เอี่ยมสำอางค์ (2542) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักโดยใช้ระบบเติมอากาศ ผลการศึกษาพบว่า ระบบเติมอากาศสามารถเร่งระยะเวลาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในวัสดุหมัก ส่งผลให้มีระยะเวลาการหมักต่ำที่สุดเท่ากับ 26 วัน เมื่อกำหนดอัตราการเติมอากาศที่เหมาะสมคือ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยต่อวัน และการเพิ่มอัตราการเติมอากาศส่งผลให้มีการเพิ่มอุณหภูมิของกองหมักเพิ่มสูงขึ้นแต่ต้องใช้ระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น การผสมตะกอนน้ำทิ้งลงในกองหมักส่งผลให้อุณหภูมิของกองหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองหมักที่มีการผสมตะกอนน้ำทิ้งในปริมาณต่าง ๆ กันมีปริมาณใกล้เคียงกัน และการเติมตะกอนน้ำทิ้งยังส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้น