บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ปุ๋ย

คำว่า “ปุ๋ย” ในภาษาไทย สันนิษฐานจากการออกเสียงและความหมายได้ว่า มาจากภาษาจีนแต้จิ๋วที่ออกเสียงว่า “ปุ๋ย” หรือ “เฝย” (fei) ในภาษาจีนกลาง ซึ่งสองคำนี้มีความหมายว่าอ้วนพีหรือดิน ที่อุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหาร หรือสารอาหารของพืช นอกจากนี้การที่คนจีนได้นำความรู้เรื่องการทำสวนแบบยกร่อง การบำรุงดินในสวนผักด้วยมูลสัตว์และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ที่แปรรูปแล้วเข้ามาในสังคมไทย ทั้งเรียกสารบำรุงดินประเภทนี้ว่า “ปุ๋ย” คนไทยในสมัยนั้นจึงได้รับเอา วิธีทำการเกษตรดังกล่าวมาใช้และรับเอาคำว่า “ปุ๋ย” มาด้วย ส่วนคำในภาษาอังกฤษที่ใช้กันอย่างกว้าง ขวางอยู่ 2 คำ คือ manure และ fertilizer ซึ่งมีที่มาและความหมายแตกต่างกัน ดังนี้ (ยงยุทธและคณะ, 2551)

1) แมนัวร์ (manure) ปัจจุบันนี้แมนัวร์ หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) ซึ่งมี 3 ชนิด คือ ปุ๋ยคอก (farm yard namure, FYM) ปุ๋ยพืชสด (green manure) และปุ๋ยหมัก (compost) ปุ๋ยนี้แต่เดิมเรียกว่าปุ๋ยคอกเทียม (artificial manure หรือ synthetic manure)

2) ปุ๋ย (fertilizer) หมายถึง สารที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และกล่าวในภาพรวมว่าปุ๋ย คือสารอนินทรีย์ (inorganic substance) หรือสารอินทรีย์ (organic substance) ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สารนี้จะมาจากธรรมชาติหรือเป็นสารสังเคราะห์ก็ได้ ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้จำแนกปุ๋ยไว้ 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์แต่พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้ครอบคลุมถึงปุ๋ยชีวภาพด้วย

2.1.2 การจำแนกปุ๋ย

ปุ๋ยอาจจำแนกได้หลายวิธี โดยอาศัยแนวทางที่แตกต่างกันไป เช่น พิจารณาจากชนิดของสารประกอบที่เป็นปุ๋ย ชนิดและจำนวนของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย เป็นต้น (ยงยุทธและคณะ, 2551)

1) ปุ๋ยจำแนกตามชนิดของสารประกอบ

ปุ๋ยจำแนกตามชนิดของสารประกอบ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) และปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer)

1.1) ปุ๋ยเคมี เป็นคำบัญญัติขึ้นภายหลัง เมื่อมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์มาใช้ในการเกษตร แต่เดิมปุ๋ยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ปุ๋ยอนินทรีย์ (inorganic fertilizer) ซึ่งหมายถึงปุ๋ยที่เป็นอนินทรีย์ อาจเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบ ตัวอย่างของ ปุ๋ยอนินทรีย์ ได้แก่ แอมโมเนียซัลเฟต ซูปเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

ต่อมามีปุ๋ยซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนที่เป็นอินทรีย์สารสังเคราะห์ เช่น ยูเรีย และแคลเซียมไซยานาไมด์ (calcium cyanamide) ซึ่งผลิตแบบอุตสาหกรรม ปุ๋ยสองชนิดนี้มีสมบัติด้านการละลายน้ำและความเป็นประโยชน์ต่อพืช คล้ายคลึงกับปุ๋ยอนินทรีย์ยิ่งกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป (ตารางที่ 2.1) จึงรวมปุ๋ยอนินทรีย์กับปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์เข้าด้วยกัน เรียกว่า ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยที่เป็นสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ ยิปซัมและโดโลไมต์ หรือสารอื่นที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติบางประการของปุ๋ยหมัก ยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต

สมบัติ	ปุ๋ยหมัก	ยูเรีย	แอมโมเนียมซัลเฟต
ธรรมชาติของสาร	อินทรีย์	อินทรีย์	อนินทรีย์
ไนโตรเจนทั้งหมด (%N)	ประมาณ 1	46	21
สภาพละลายน้ำได้ (กรัม/100 กรัม)	น้อยมาก	78.0 (5 °C)	70.6 (0 °C)
การใช้ประโยชน์ของพืช	ช้า	เร็ว	เร็ว

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, (2551)

1.2) ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่เป็นสารอินทรีย์ (organic substance) ปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสด พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 มาตรา 3 ให้คำนิยามของปุ๋ยอินทรีย์ว่า หมายถึงปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากอินทรียวัตถุซึ่งผลิตโดยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด หมัก ร่อนหรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งเน้นไปในเรื่องของปุ๋ยหมัก การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

จากคำนิยามของปุ๋ยเคมีดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าโดยผสมปุ๋ยเคมีลงไปด้วย (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี) ปุ๋ยที่ได้จึงเป็นปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ซึ่งต้องขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีและผู้ผลิตต้องมีใบอนุญาตผลิตปุ๋ยเคมีเพื่อการค้า แต่เนื่องจากกรมวิชาการเกษตรประกาศใน พ.ศ. 2550 ว่าพนักงานเจ้าหน้าที่จะพิจารณาขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งมีวัสดุอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี) ต้องมีธาตุหลักตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไป และมีปริมาณธาตุหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุหลักแต่ละชนิดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10

ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี การที่ผู้ผลิตปุ๋ยดังกล่าวเติมปุ๋ยเคมีลงไปน้อยจึงมีปริมาณธาตุหลักต่ำกว่าเกณฑ์นี้ ประกอบกับมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 10 จึงขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์เคมีไม่ได้ การผลิตเพื่อการค้าย่อมมีความผิดตามกฎหมาย

1.3) ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิต มาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหรือเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยชีวภาพอาจมีบทบาทในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพและทางชีวเคมี และให้ปุ๋ยชีวภาพหมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์

2) จำแนกตามชนิดของธาตุอาหาร

การจำแนกในแนวทางนี้เน้นเฉพาะปุ๋ยเคมีเท่านั้น ปุ๋ยเคมีจำแนกตามชนิดของธาตุอาหารได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยธาตุหลัก ปุ๋ยธาตุรองและปุ๋ยจุลธาตุหรือธาตุอาหารเสริม ดังนี้

2.1) ปุ๋ยธาตุหลัก เป็นปุ๋ยที่มีธาตุหลักเป็นองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งเป็นปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช (potash) และปุ๋ยที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุ

2.1.1) ปุ๋ยไนโตรเจน หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญ เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์ และแคลเซียมไซยานาไมด์

2.1.2) ปุ๋ยฟอสฟอรัสหรือปุ๋ยฟอสเฟต หมายถึงปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัส เป็นสำคัญ เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟต และทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ออร์ดินารีซูเปอร์ฟอสเฟต ปีนต้น

2.1.3) ปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียม เป็นสำคัญ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต และโพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต

2.1.4) ปุ๋ยที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุ หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุหลักเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส ปุ๋ยในกลุ่มนี้ได้จัดอยู่ในประเภท ปุ๋ยเชิงประกอบด้วย

2.2) ปุ๋ยธาตุรอง หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุรองหนึ่งธาตุหรือมากกว่าหนึ่ง ซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก แต่มีความจำเป็นเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง เช่น ปุ๋ยให้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น

2.3) ปุ๋ยจุลธาตุหรือปุ๋ยธาตุอาหารเสริม หมายถึง ปุ๋ยที่มีจุลธาตุเป็นองค์ประกอบซึ่งแบ่งเป็นปุ๋ยจุลธาตุอนินทรีย์และปุ๋ยคีเลต

2.3.1) ปุ๋ยจุลธาตุอนินทรีย์ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ให้จุลธาตุ เช่น กรดบอริก เฟอรัสซัลเฟต และสังกะสี เป็นต้น

2.3.2) ธาตุอาหารเสริมเป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการในปริมาณน้อยมาก แต่ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุอื่นๆ ปุ๋ยธาตุอาหารเสริมที่อยู่ในรูปของคีเลต ได้แก่ เหล็กคีเลต แมงกานีสคีเลต สังกะสีคีเลต ทองแดงคีเลต

3) จำแนกจากธาตุอาหารหลัก

ปุ๋ยจำแนกตามจำนวนของธาตุหลักได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบ ดังนี้

3.1) ปุ๋ยเชิงเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย (single fertilizer หรือ straight fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักธาตุเดียว ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทช

3.2) ปุ๋ยเชิงผสม (mixed fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ยมาผสม กัน ปุ๋ยที่ผสมได้มีปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหาร N P และ K ตามที่ต้องการครบทั้ง 3 ธาตุ เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีสูตรหรือเกรดปุ๋ยเหมาะที่จะใช้กับพืชและดินที่แตกต่างกัน

3.3) ปุ๋ยเชิงประกอบ (compound fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ทำขึ้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี และมีธาตุอาหารหลักอย่างน้อยสองธาตุขึ้นไป เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส และโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม เป็นต้น

4) จำแนกตามความสมบูรณ์ของธาตุหลัก

ปุ๋ยจำแนกตามความสมบูรณ์ของธาตุหลักได้เป็น 2 ประเภท คือ ธาตุอาหารไม่สมบูรณ์และปุ๋ยธาตุอาหารสมบูรณ์

4.1) ปุ๋ยธาตุอาหารไม่สมบูรณ์ (incomplete fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเชิงผสมหรือปุ๋ยเชิงประกอบใดๆ ที่มีธาตุหลักไม่ครบทั้งสามธาตุ อาจจะมีเฉพาะไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส หรือไนโตรเจนกับโพแทสเซียม หรือฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม

4.2) ปุ๋ยธาตุอาหารสมบูรณ์ (complete fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุหลักครบ 3 ธาตุ

5) จำแนกตามผลรวมของปริมาณธาตุอาหารรับรอง

ปุ๋ยจำแนกตามแนวทางนี้ได้เป็น 4 ประเภท คือ ปุ๋ยสูตรต่ำ กลาง สูงและเข้มข้น

5.1) ปุ๋ยสูตรต่ำ (low analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และโพแทชที่ละลาย แต่ละอย่าง (ถ้าเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว) หรือรวมกันทั้งหมดแล้วต่ำกว่าร้อยละ 15

5.2) ปุ๋ยสูตรกลาง (medium analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และโพแทชที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันทั้งหมดอยู่ประมาณร้อยละ 15-25

5.3) สูตรสูง (high analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่มีร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และโพแทสที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันประมาณร้อยละ 26-30

5.4) ปุ๋ยสูตรเข้มข้น (concentrated fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่มีร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันทั้งหมดเกินกว่าร้อยละ 30 (ยงยุทธและคณะ, 2551)

6) จำแนกตามองค์ประกอบที่อยู่ภายในปุ๋ย เมื่อพิจารณาถึงชนิดองค์ประกอบที่อยู่ภายในปุ๋ยแล้ว อาจแบ่งปุ๋ยออกได้ 4 ประเภท คือ

6.1) ปุ๋ยอนินทรีย์ (inorganic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของปุ๋ยที่มีสารอนินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยที่ผลิตโดยผ่านกรรมวิธีทางเคมีสังเคราะห์ อาจเป็นปุ๋ยเดี่ยว (single fertilizer) หรือปุ๋ยผสม (compound fertilizer) ที่มีปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่แตกต่างกันออกไป บางชนิดเป็นปุ๋ยที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยหินฟอสเฟตบด โพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

6.2) ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของปุ๋ยที่มีสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ธาตุอาหารในปุ๋ยจะเกิดประโยชน์ก็ต่อเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดย จุลินทรีย์เสียก่อนแล้วปลดปล่อยออกมาในรูปอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

6.3) ปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีจุลินทรีย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นส่วนผสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อเติมลงดินแล้วสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทันที โดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น หรืออาจทำให้พืชได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารในดินมากขึ้น อันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นๆ

6.4) ปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตทางเคมี ปริมาณธาตุอาหารสูง ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นสารอนินทรีย์ ยกเว้นปุ๋ยชีวภาพ

2.1.3 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) คือ ปุ๋ยที่ได้มาจากการย่อยสลายสิ่งที่มีชีวิตและสัตว์ที่เน่าเปื่อยผุพังผ่านกระบวนการผลิตทางธรรมชาติ เมื่ออินทรียวัตถุย่อยสลายโดยสมบูรณ์จะได้ฮิวมัส ซึ่งจะช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ดี ทำให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้สูงขึ้น ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ช่วยแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุยให้กับดินที่มีโครงสร้างแน่นทึบ ไถพรวนยาก ให้มีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศได้ดี และยังช่วยในรักษาระดับความเป็นกรดด่าง รากพืชจึงชอนไชไปหาธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์ มีปริมาณธาตุอาหารอยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวกโปรตีน เมื่อใส่ลงไปในดินพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมา ในรูปสารประกอบอินทรีย์เช่นเดียวกันกับปุ๋ยเคมี จากนั้นพืชจึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ (มณฑา, 2533)

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถนำไปใช้กับพืชได้หลายชนิดกับดินทุกประเภท แต่จะมีอัตราการใช้ที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพดินในพื้นที่ปลูก ภูมิอากาศตลอดจนคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น พืชผัก พืชไร่และนาข้าว ไม้ผล ไม้ยืนต้นและไม้ดอกไม้ประดับ

ปุ๋ยอินทรีย์แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

1) ปุ๋ยคอก คือปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลและสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลเป็ด มูลสุกร มูลวัว มูลกระบือ มูลค้างคาว

2) ปุ๋ยหมัก คือปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เกิดจากการนำซากหรือเศษ เหลือจากพืชมาหมักรวมกันและผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ จนเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม เป็นวัสดุที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เปื่อยยุ่ยไม่แข็งกระด้าง และมีสีน้ำตาลปนดำ

3) ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการตัดสับหรือไถกลบพืชตระกูลถั่วขณะออกดอกลงไปในดิน โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงดินบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์หลังจากนั้นต้องปล่อยให้เกิดการย่อยสลายประมาณ 2 สัปดาห์จะให้ธาตุอาหารพืชและเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับพืชที่จะปลูก

ลักษณะเด่นของปุ๋ยอินทรีย์

คือปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม ระบบการผลิตเป็นแบบเกษตรธรรมชาติ จึงเน้นที่การนำวัตถุอินทรีย์ที่มีอยู่รอบชุมชนมาใช้ในการผลิต ลดปัจจัยการผลิตที่ต้องนำมาจากภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด แต่จะผลิตปัจจัยเหล่านั้นด้วยชุมชนของตนเอง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางออกหนึ่งที่สำคัญในระบบการผลิตแบบเกษตรธรรมชาติและเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้คนในชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์

1) ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้นโดยเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

2) อยู่ในดินได้นานและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้าๆ จึงมีโอกาสสูญเสียน้อยกว่าปุ๋ยเคมี

3) เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งเสริมปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพ มีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอยู่เกือบครบถ้วนตามความต้องการของพืช

4) ส่งเสริมให้จุลชีพในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกที่มีประโยชน์ต่อการบำรุงดินให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์

1) มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ

2) ใช้เวลานานกว่าปุ๋ยเคมี ที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช

3) ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมี เมื่อคิดเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหารพืช

4) หายาก พิจารณาในด้านเมื่อต้องการใช้เป็นปริมาณมาก

5) ถ้าใส่สารอินทรีย์มากเกินไป เมื่อเกิดการชะล้างจะทำให้เกิดการสะสมของไนเตรทในน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้

6) การใช้สารอินทรีย์ที่สลายตัวยาก เช่น ขี้เลื่อย เมื่อใช้วัสดุคลุมดิน ถ้าใช้ขี้เลื่อยสดใส่ทับถมกันแน่นจะทำให้เกิดการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้อุณหภูมิสูงมาก จนเกิด สารสีดำหรือน้ำตาล ในสภาพนี้ขี้เลื่อยจะอิ่มตัวไปด้วยสารพิษซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ชนิดระเหยง่าย มีกลิ่นฉุนมาก และเกิดไอที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เป็นอันตรายแก่พืชหลายชนิดได้ อย่างไรก็ตาม ขี้เลื่อยเปลือกไม้สามารถนำมาใช้ได้โดยใช้ในดินที่ไม่เป็นกรดจัดเกินไป และมีปุ๋ยไนโตรเจนเพียงพอ ควรเป็นขี้เลื่อยเก่าที่ย่อยแล้ว หรือปล่อยให้ตากแดดตากฝนระยะหนึ่ง การใช้ปูนขาวควบคู่ไป ด้วยในปริมาณที่พอเหมาะ จะช่วยลดความเป็นพิษลงได้

7) มูลสัตว์ที่ไม่ผ่านการหมักหรือการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก่อนจะมีโรค แมลงศัตรูพืช และวัชพืชติดมาด้วย ทำให้เกิดปัญหาการแพร่ระบาดภายหลังได้

8) ปุ๋ยอินทรีย์สลายตัวอยาก เช่น ขี้เลื่อย ซึ่งมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง เมื่อใส่ในดินปลูกพืชจุลินทรีย์จะแย่งไนโตรเจนในดินไปใช้ในขบวนการย่อย มีผลทำให้พืชขาดไนโตรเจนชั่วคราว ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพืชจะขาดจนกว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีกิจกรรมลดลง จึงจะได้ไนโตรเจนกลับคืนสู่ดิน

9) ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานส่งกลิ่นเหม็นไม่เป็นที่จูงใจผู้ใช้และสกปรก

10) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากของเหลือทิ้งจากท่อระบายน้ำโสโครก ตามอาคารบ้านเรือนก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักหลายชนิดที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว ปรอท

11) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ยังสลายตัวไม่เต็มที่หรือยังอยู่ระหว่างการย่อยสลายจะทำให้เกิดความร้อนจากการย่อยสลาย เป็นอันตรายต่อรากพืช เช่น การใช้มูลสดๆ ใส่ใกล้โคนปลูกพืช และการใช้มูลที่มีทั้งอุจจาระและปัสสาวะสัตว์ปน โดยไม่มีการเจือจาง จะทำให้ต้นพืชเหี่ยวเฉาได้ เนื่องจากความเค็มของกรดในน้ำปัสสาวะ

12) ต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการใส่มากกว่า

2.1.4 ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่มีความสำคัญต่อการปรับปรุงและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินโดย ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืช ช่วยปรับปรุงและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ช่วยปรับคุณสมบัติทางเคมีของดิน มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินทั้งยังช่วยลดเงินลงทุนการผลิตของเกษตรกรได้อีกด้วย ดังรายละเอียดดังนี้ (มณฑา, 2533)

1) ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืช

ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองหลายชนิดแก่พืช เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์สาร ล้วนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการทั้งสิ้น จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์ปืนแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญ จำพวกธาตุอาหารในรูปประจุลบ เช่น แอมโมเนียและไนเตรต ได้จากเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในปุ๋ยอินทรีย์ ในขณะที่จุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายจะเกิดกรดอินทรีย์ขึ้น อินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยอนุมูลกรดอินทรีย์ที่เป็นประจุลบจะช่วยไม่ให้อนุมูลฟอสเฟตที่ละลายได้เกิดการตกตะกอน และอนุมูลกรดอินทรีย์จะไปสกัด อนุมูลฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ระหว่างชั้นของอนุภาพดินเหนียว ทำให้ได้ฟอสเฟตอยู่รูปที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ได้ กระบวนการเพิ่มประโยชน์ให้แก่ปุ๋ยหินฟอสเฟต ยังทำได้โดยการนำปุ๋ยคอก ดิน และกำมะถันผงผสมคลุกเคล้ากับปุ๋ยหินฟอสเฟต อาศัยกรดดังกล่าวจากจุลินทรีย์ช่วยละลายหินฟอสเฟตจากปุ๋ยคอกเปลี่ยนกำมะถันผงให้เป็นกรดกำมะถัน เป็นต้น

2) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกหลายประการ ดังนี้

2.1) เพิ่มช่องว่างระหว่างอนุภาคดินเหนียว ดินเหนียวเป็นดินที่ประกอบด้วยอนุภาคดินขนาดเล็กและเป็นแผ่นบาง ทำให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคดินน้อย ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งสลายตัวเป็นอินทรียวัตถุในดิน จะแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของดินเหนียว ทำให้เกิดช่องว่างในดินมากขึ้น จึงเป็นการช่วยให้ดินเหนียวซึ่งแน่นทึบ ร่วนซุยระบายน้ำสะดวกขึ้น

2.2) ลดช่องว่างระหว่างอนุภาคดินทราย อนุภาพของดินทรายมักไม่เกาะรวมกันและอนุภาคมีขนาดใหญ่ มีช่องว่างระหว่างอนุภาคมาก จึงเก็บน้ำได้ไม่ดี ปุ๋ยอินทรีย์จะทำหน้าที่ช่วยให้อนุภาคดินทรายยึดติดกัน ลดช่องว่างระหว่างอนุภาคให้น้อยลง

2.3) เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำในดินทราย มีลักษณะคล้ายฟองน้ำมีคุณสมบัติคล้ายกระดาษซับซึ่งสามารถดูดน้ำได้มากปุ๋ยอินทรีย์จึงช่วยให้ดินทรายอุ้มน้ำได้ดียิ่งขึ้นทำให้อนุภาคดินทรายจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เมื่อปุ๋ยอินทรีย์กลายสภาพเป็นอินทรียวัตถุ มีคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่ง คือ ขณะสลายตัวจะเกิด สารเชื่อม (cementing agent) สารเชื่อมนี้จะช่วยยึดอนุภาคดินที่อยู่ใกล้ให้ชิดติดกัน ทำให้เกิดเป็นเม็ดดิน ดังนั้นอนุภาคของดินทรายจึงสามารถจับตัวกันได้ดียิ่งขึ้น

2.4) ช่วยให้เม็ดดินจับตัวกันแน่น การสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลทำให้จุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อราที่มีรูปร่างยาว เชื้อราดังกล่าวนี้จะเจริญสร้างเส้นใยไขว่กันเป็นร่างแหรัดอนุภาคดินไว้จนเป็นกลุ่มก้อน ช่วยให้เม็ดดินจับตัวกันแน่น ดินที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีคุณสมบัติทนต่อแรงกระแทกของเม็ดฝนหรือน้ำไหล่บ่าได้ดี เม็ดดินไม่แตกง่าย

2.5) มีอิทธิพลต่อสีของดิน ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ดินมีสีดำ เพราะอินทรียวัตถุที่ได้จากการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์เป็นสารที่มีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ และมีอนุภาคละเอียดจึงผสมคลุกเคล้ากับดินได้ดี ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจึงเป็นดินที่มีสีดำปุ๋ยอินทรีย์จัดเป็นปุ๋ยที่มีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินทั้งในด้านสีของดิน คุณสมบัติในการอุ้มน้ำและระบายน้ำ รวมถึงคุณสมบัติในการรักษาเม็ดดินให้คงทนต่อแรงกระแทกต่างๆ จึงมีความสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชและการอนุรักษ์ดิน สมควรจะต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อให้มีอินทรียวัตถุในดินอยู่เสมอ

3) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับคุณสมบัติทางเคมีของดิน

ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับคุณสมบัติทางเคมีของดินโดยเฉพาะช่วยเพิ่มค่า CEC และเพิ่มความจุบัฟเฟอร์ของดินโดย

3.1) เพิ่มค่า CEC ในดิน เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงดิน ปุ๋ยอินทรีย์จะถูกย่อยสลายจะในที่สุดกลายเป็นฮิวมัสซึ่งมีประจุลบมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีค่า CEC สูง ทำให้ดินดูดซับธาตุอาหารพืชประเภทที่มีประจุบวก เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) โพแทสเซียม (K^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ได้มากยิ่งขึ้น มีผลทำให้ธาตุอาหารเหล่านี้ดูดยึดอยู่กับดิน และเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น ไม่สูญเสียไปกับการชะล้าง การใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีธาตุอาหารที่พืชต้องการมากจึงควรใส่ควบคู่กับปุ๋ยอินทรีย์ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้

3.2) การเพิ่มความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยน pH ของดิน เมื่อได้รับกรดหรือด่างลงไปในปริมาณไม่มากนัก ธรรมชาติธาตุอาหารพืชในดินจะอยู่ในสองสภาพ สภาพที่หนึ่งธาตุอาหารจะดูดยึดอยู่ในอนุภาคของดิน สภาพที่สอง ธาตุอาหารพืชจะอยู่ในสารละลายดินในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน ธาตุอาหารพืชทั้งสองสภาพนี้จะสมดุลกัน กล่าวคือ ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น เช่น รากพืชดูดธาตุอาหารที่อยู่ในสารละลายไปใช้ในการเจริญเติบโตธาตุอาหารที่ดูดยึดอยู่กับอนุภาคของดินจะออกมาแทนที่ รากพืชจะดูด K^+ ในสารละลายดินไปใช้ประโยชน์ K^+ ที่ดูดยึดอยู่กับอนุภาคดินจะหลุดออกมาแทนที่อยู่ในสารละลายดิน เมื่อเทียบปริมาณของธาตุอาหารทั้งสองส่วนแล้ว ธาตุอาหารที่ดูดยึดอยู่กับอนุภาคดินจะมีมากกว่าธาตุอาหารที่อยู่ในสารละลายดินมาก ถ้าในดินมีอินทรียวัตถุหรือมีปุ๋ยอินทรีย์น้อย ธาตุอาหารจะอยู่ในสารละลายดินมาก ซึ่งหากมากเกินไป อาจทำอันตรายพืชปลูกได้หรือถูกชะล้างลงสู่ชั้นดินที่ลึก แสดงว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินมีความสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน เมื่อได้รับกรดหรือด่างลงไปในปริมาณไม่มากนัก ซึ่งสภาพดังกล่าวในดินนี้ไม่เพียงพอมีผล

ต่อการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังมีผลช่วยต่อต้านความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็มของดิน รวมทั้งช่วยลดพิษของยากำจัดพืชและโลหะหนักที่ใส่ลงดินได้ด้วย ผลต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งสิ้น ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีบทบาทช่วยควบคุมคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชต่อไป

4) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายคือ แรงกระแทกของเม็ดฝนหรือแรงปะทะของลม ทำให้เม็ดดินแตกกระจาย อนุภาคของดินที่แตกออกไปจะไหลไปกับน้ำหรืออาจฟุ้งกระจายไปตามแรงลม และตกลงทับถมอยู่ระหว่างช่องว่างบนผิวหน้าดิน ทำให้ผิวหน้าดินแน่นแข็ง น้ำซึมลงได้ยาก ถ้าอัตราการซึมของน้ำลงดินน้อยกว่า อัตราการตกของฝน หมายความว่าจะมีน้ำเหลือค้างบนผิวหน้าดินและหากน้ำเหลือค้างบนผิวหน้าดินมีปริมาณมากจะเกิดภาวะน้ำไหลบ่า พัดพาผิวหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ออกไป ปรากฏการณ์เช่นนี้ทำให้ดินเสียความสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว บ่อยครั้งพบว่าน้ำฝนที่ไหลผ่านมีสีขุ่นเนื่องจากน้ำพัดพาอนุภาพดินตามมาด้วยนั่งเอง แต่ถ้าน้ำที่ไหลผ่านดินที่มีพืชขึ้นปกคลุมหรือดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมักจะใส เพราะอินทรียวัตถุช่วยเพิ่มความเสถียรของเม็ดดินที่มีพืชขึ้นปกคลุมหรือดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมักจะใส เพราะอินทรียวัตถุช่วยเพิ่มความเสถียรภาพของเม็ดดินต่อแรงปะทะของฝนหรือลม และช่วยให้ช่องว่างในดินไม่อุดตัน น้ำจึงสามารถซึมลงดินได้มากขึ้น ทำให้ไม่เกิดสภาวะน้ำไหลบ่าและลดการชะล้างพังทลายของดิน ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นปุ๋ยที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ

5) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดินที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์พอเพียงกับความต้องการของพืช พร้อมทั้งมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ สูงจากการทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์ติดต่อกันเป็นเวลานานในหลายประเทศยืนยันว่าปุ๋ยอินทรีย์สามารถรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดี พืชที่ปลูกให้ผลผลิตได้ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี ปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทยส่วนใหญ่ มีปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน คือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากดินส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุต่ำ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์นั้น จะก่อให้เกิดผลดีในการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น และช่วยบำรุง ความอุดมสมบูรณ์และสมบัติทางเคมีของดินให้ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับของอินทรียวัตถุดังนี้

5.1) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุให้แก่พืช โดยเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน กำมะถัน และธาตุฟอสฟอรัส ที่สำคัญธาตุอาหารเหล่านี้ จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ให้พืชนำไปใช้ได้ตลอดเวลาของการเจริญเติบโต

5.2) ปุ๋ยอินทรีย์จะเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวก ได้ใช้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย เนื่องจากเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย จะปลดปล่อยธาตุต่างๆ ออกมาในรูปอนินทรีย์ เหลือแต่ฮิวมัสซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่คงทนต่อการสลายตัวและเป็นคอลลอยด์ ซึ่งมีประจุผลดีนี้จะช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.3) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตในดินกรด และการเน่าเปื่อยของอินทรีย์สาร โดยจุลินทรีย์ ดินนั้นจะมีความเป็นกรดเกิดขึ้น ช่วยย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟต ที่พืชใช้เป็นประโยชน์ไม่ได้ให้มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถประโยชน์ได้ (มณฑา, 2533)

2.1.5 ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารคือ แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช (essential elements) การที่ธาตุใดเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช มีข้อกำหนด 3 ประการ คือ

1) ธาตุนั้นจะต้องจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ ถ้าขาดธาตุนั้นไป พืชไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้

2) พืชต้องการแร่ธาตุนั้นอย่างเฉพาะเจาะจง ธาตุอื่นทำหน้าที่แทนไม่ได้

3) ธาตุนั้นต้องมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง ซึ่งไม่ใช่เป็นธาตุที่ไปทำให้พืชเจริญเติบโตโดยทางอ้อม

ธาตุอาหารพืชมีอยู่ด้วยกัน 16 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน ธาตุอาหารพืชดังกล่าวมีแหล่งที่มา 2 ที่ คือ

1) ธาตุอาหารของพืชที่ได้มาจากน้ำและอากาศได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O)

2) ธาตุอาหารของพืชที่ได้มาจากดิน 13 ธาตุ คือธาตุอาหารหลัก 3 ธาตุ ธาตุอาหารรอง 3 ธาตุและ ธาตุอาหารเสริม 7 ธาตุ ดังนี้

2.1) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในอินทรียวัตถุ พืชดูดกินจากดินทางรากในรูปอนุมูลประจุลบไนไตรต์ ไนเตรต ประจุบวกแอมโมเนียม และเข้าทางปากใบในรูปของสารประกอบยูเรีย ฟอสฟอรัส ซึ่งมีอยู่ในดินในรูปของแร่ฟอสเฟตต่างๆ และในซากพืชเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ พืชดูดกินเข้าไปในรูปประจุลบฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำ และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแร่ต่างๆ ในดินและประจุลบของโพแทสเซียมที่ถูกดูดจับตามผิวของเม็ดดินเหนียว และในซากพืช พืชดูดกินโพแทสเซียมในรูประจุบวกโพแทสเซียม

2.2) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งอยู่ในดินในรูปของแร่ต่างๆ เช่น พวกปูนชนิดต่างๆ และประจุบวกแคลเซียม ที่ถูกดูดจับอยู่ตามผิวของดินเหนียว และในซากพืชดูดกิน

ได้ในรูปของประจุบวกแคลเซียม ประจุบวกแมกนีเซียม และกำมะถัน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในดินในรูปของสารอินทรีย์และอินทรียวัตถุของดินและในซากพืช บางทีก็อยู่ในรูปแร่ เช่น แร่แกลบแก้ว พืชดูดกินกำมะถันในรูปประจุลบซัลเฟต

2.3) ธาตุอาหารเสริมหรือ จุลธาตุ มี 7 ธาตุด้วยกัน ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง พวกนี้เป็นพวกที่พืชดูดกินเข้าไปในรูปของประจุบวก มีอยู่ในดินในรูปแร่ธาตุต่างๆ มากชนิดและในซากพืช และอีก 3 ธาตุ คือ โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน ซึ่งเป็นพวกที่พืชดูดกินในรูปอนุมูลประจุลบ เช่น บอเรตโมลิบเดต และคลอไรด์ ธาตุเหล่านี้อยู่ในดินในรูปของแร่ธาตุของเกลือต่างๆ และในซากพืช

ธาตุอาหารของพืชที่ได้มาจากดินจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามปริมาณความต้องการของพืช ซึ่งแต่ละธาตุมีหน้าที่และความสำคัญต่อพืชรวมทั้งผลเสียจากการขาดธาตุเหล่านั้น แตกต่างกันไปดังนี้

1) ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก หรือมหธาตุ (Macronutrient Elements)

แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือกลุ่มธาตุอาหารหลัก ได้แก่ N P K และกลุ่ม ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Ca Mg S โดยพืชจะใช้กลุ่มธาตุอาหารหลักมากกว่ากลุ่มธาตุอาหารรอง

1.1) ธาตุไนโตรเจน (N)

มีหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของโปรตีน คลอโรฟิลล์และสารอื่นๆ อีก โปรตีนจำเป็นสำหรับการแบ่งเซลล์ในระยะของการเจริญเติบโต ขยายยอดพืช ขยายใบกิ่งก้านสาขา คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียว ในใบที่นำแสงสว่างมาใช้ในการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาล ดังนั้นไนโตรเจนจึงมีส่วนในการสร้างน้ำหนักแห้งหรือการเจริญทางกิ่งก้านสาขาแก่พืช ถ้าพืชขาดไนโตรเจน พืชแสดงอาการผิดปกติตั้งแต่ทรงต้นไม่อวบอ้วน โดยเฉพาะใบล่างจะเหลืองซีด ถ้าขาดมากๆ ทั้งใบบนใบล่างจะเหลืองซีดเพราะขาดคลอโรฟิลล์ ถ้าหากพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไปพืชจะอ้วน ใบเขียวจัด ใบใหญ่ ไม่ยอมแก่ ต้นอาจล้มได้ง่ายเพราะน้ำหนักมากปล้องเปราะ

1.2) ฟอสฟอรัส (P)

มีหน้าที่สำคัญในส่วนที่มีชีวิตของพืช เป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่สำคัญในพันธุกรรมของพืช และจุลชีวิตของเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่สำคัญของสารที่ให้พลังงานต่างๆ ในพืชและน้ำย่อยหลายชนิด สารเหล่านี้แม้มีในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่จะขาดไม่ได้พืชต้องมีฟอสฟอรัสจำนวนเล็กน้อยตลอดเวลาถ้าพืชขาดจะหยุดชะงักการเจริญเติบโตทันที โดยเฉพาะการสร้างเมล็ดหรือการติดดอกออกผลต้องการฟอสฟอรัสมากกว่าปกติพลังงานในพืชเกิดจากสารเคมีที่พืชสังเคราะห์ขึ้นและสารเหล่านี้ต้องมีฟอสฟอรัสอยู่เสมอ พลังงานจำเป็นอย่างยิ่งในขบวนการเพื่อการดำรงชีพของพืช เช่น สังเคราะห์สารต่างๆ การขนส่ง การสะสม การขยายเซลล์ การสืบพันธุ์ เป็นต้น ดังนั้น พืชจะขาดฟอสฟอรัสไม่ได้ ไม่ว่าเวลาใดก็ตามถ้าพืชยังมีชีวิตอยู่ ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ ต้นพืช

จะแคระแกน ใบเล็ก บางทีใบอาจมีสีผิดปกติ บางชนิดมีสีม่วง บางชนิดสีเขียวด้าน เป็นต้น สีของใบไม่ค่อยแน่นอน ต่างกันไปตามชนิดพืช ถ้าหากพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินพอไม่เกิดปัญหาใดๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.3) โพแทสเซียม (K)

โพแทสเซียม แม้ว่าไม่ได้เป็นองค์ประกอบของสารใดๆ เลยในพืช แต่ทำหน้าที่เป็น ประจุบวกที่ไปกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยหลายชนิด โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง น้ำตาล และโปรตีน การขนย้ายแป้ง-น้ำตาล และทำหน้าที่เช่นเดียวกับธาตุอื่นๆ ที่เป็นประจุบวก ในการดึงน้ำให้มาสู่พืชมากยิ่งขึ้น และลดความเป็นกรดของกรดอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นมา ถ้าพืชขาดโพแทสเซียม ต้นพืชแคระแกน แต่แตกกอหรือกิ่งก้านสาขามาก ต้นล้มง่ายใบแก่มักมีสีน้ำตาลไหม้หรือไม้ตามขอบใบ ใบมักม้วนจากปลายใบหรือขอบใบก่อน โดยเฉพาะใบล่าง ต้นอ้อยมีไส้กลวงไม่แน่น ไม่ค่อยมีน้ำตาลสะสมในลำอ้อย พืชหัวในหัวจะไม่ค่อยมีแป้ง แต่ถ้าพืชได้รับโพแทสเซียมมากเกินพอ จะไม่เกิดอันตรายต่อผลผลิตหรือคุณภาพของพืช แต่เสียโพแทสเซียมไปโดยเปล่าประโยชน์ เพราะติดออกไปกับส่วนของพืชที่นำออกไป

1.4) แคลเซียม (Ca)

ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของสารเชื่อมยึดระหว่างเซลล์ และยังเป็นองค์ประกอบของสารย่อยชนิดที่เกี่ยวกับการสลายตัวของแป้ง เป็นประจุบวกที่กระตุ้นให้น้ำย่อยหลายชนิดให้ทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมให้ของเหลวในเซลล์เลือกดูดกินธาตุอาหารแร่ธาตุ และเป็นธาตุที่ป้องกันการทำงานมากเกินกว่าที่ควรของสารกระตุ้น การยืดขยายของเซลล์ ถ้าพืชขาดแคลเซียม ปลายยอดจะคดงอ หรือถ้ารุนแรงมากยอดจะไม่เจริญเติบโต ต้นจะหยุดการเจริญเติบโตทันที แต่ไม่ค่อยพบพืชขาดแคลเซียม เพราะปริมาณที่ต้องการเพื่อทำหน้าที่ที่จำเป็นเหล่านี้น้อยมากในดินทั่วๆ ไป แม้ในดินทรายก็มีมากเกินระดับความต้องการที่จำเป็นนี้ ถ้าหากพืชได้รับแคลเซียมมากเกินไป ไม่มีอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช

1.5) แมกนีเซียม (Mg)

เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของคลอโรฟิลล์ และทำหน้าที่กระตุ้นการเกิดสารพลังงานต่างๆ ในพืช เกี่ยวพันกับขบวนการสร้างแป้ง-น้ำตาล ไขมันและไวตามินต่างๆ ตลอดจนการแบ่งเซลล์ ถ้าพืชขาดแมกนีเซียมใบยอดจะมีสีเหลืองซีดก่อน ต่อไปอาจเหลืองซีดทั้งต้น การเหลืองซีดของใบนี้จะเกิดตามขอบใบและอาจเป็นจุดหรือแถบของสีเหลืองซีด โดยเฉพาะในพวกธัญพืชในอ้อยอาจพบว่าใบยอดสีขาว-เหลืองซีด ใบแก่สีเขียวอ่อน และตายจากปลายใบเข้ามา การแตกกอไม่สม่ำเสมอและมีหน่อมาก ถ้าพืชได้รับแมกนีเซียมมากเกินไปไม่มีอันตรายต่อพืช ซึ่งสาเหตุที่พืชขาดธาตุแมกนีเซียมนั้น เพราะปริมาณแมกนีเซียมที่อยู่ในดินถูกชะล้างลึกลงไปเกินกว่าที่รากพืชจะดึงดูดมาใช้ได้ และการที่มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในดินมากเกินไปก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งเช่นกัน การ

แก้ไขสามารถทำได้โดยการปรับปรุงสภาพดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดด่างของดินให้เหมาะสมต่อการดูดเข้าไปใช้ของพืช

1.6) กำมะถัน (S)

เป็นองค์ประกอบของโปรตีนบางชนิดในพืช โดยเฉพาะชนิดที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของพืช เป็นองค์ประกอบของวิตามินบางตัวที่มีผลทางอ้อมต่อการสร้างสีเขียวของพืช ซึ่งจะช่วยให้เกิดการหายใจและการปรุงอาหารพืช เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยต่างๆ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการย่อยสลายโปรตีนเกี่ยวพันทางอ้อมกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เมื่อขาดกำมะถันใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีด อาการขาดไนโตรเจน ใบขนาดเล็กลง ยอดของพืชจะชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นและกิ่งก้านลีบเล็ก อาการขาดธาตุกำมะถันจะมีอาการแตกต่างจากขาดธาตุไนโตรเจน คือจะปรากฏที่ยอดอ่อนก่อน ส่วนใบล่างยังคงปกติ ถ้าอาการรุนแรงใบล่างก็จะมีอาการด้วยเช่นกัน ซึ่งจะตรงข้ามกับอาการของการขาดไนโตรเจน จะแสดงอาการที่ใบล่างก่อน ถ้าขาดมากใบของทั้งต้นจะซีดเหลือง การมีกำมะถันมากเกินไปไม่เป็นอันตรายต่อพืช

2) ธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย หรือจุลธาตุ (Micronutrient Elements) ถึงแม้ว่าพืชจะต้องการจุลธาตุในปริมาณน้อย แต่พืชจะขาดจุลธาตุไม่ได้ ปริมาณจุลธาตุในพืชจะค่อนข้างต่ำ นิยมบอกเป็น “ส่วนในล้านส่วน” (ppm) ความเข้มข้นที่อยู่ระหว่างการขาดแคลนและความเป็นพิษของจุลธาตุ ค่อนข้างแคบ การใช้จุลธาตุจึงต้องทำด้วยความระมัดระวังความเข้มข้นของธาตุบางชนิด จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนั้น การประเมินอาการขาดธาตุในกลุ่มจุลธาตุยังทำได้ยากอีกด้วย

2.1) ธาตุเหล็ก (Fe)

ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีน และมีบทบาทสำคัญในการปรุงอาหารของพืช ช่วยกระตุ้นให้การหายใจและการปรุงอาหารของพืชเป็นไปอย่างสมบูรณ์อาการขาดธาตุเหล็กจะแสดงออกทั้งทางใบและทางผล อาการเริ่มแรกจะสังเกตพบว่าใบอ่อนบริเวณเส้นใบยังคงมีคามเขียว แต่พื้นใบจะเริ่มเหลืองซีด ส่วนใบแก่ยังคงมีอาการปกติ ระยะต่อมาจะเหลืองซีดทั้งใบ ขนาดใบจะเล็กลงกว่าปกติและจะร่วงไปก่อนใบแก่เต็มที่ กิ่งแห้งตาย ขนาดของผลเล็กและผิวไม่สวย ผิวเรียบและเกรียม การขาดธาตุเหล็กยังมีผลต่อการนเจริญของยอดอ่อนด้วย

2.2) ทองแดง (Cu)

หน้าที่ของธาตุทองแดง มีผลต่อพืชโดยอ้อม ในการสร้างส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช ช่วยเพิ่มโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ และป้องกันการถูกทำลายส่วนสีเขียว การปรุงอาหารยังผลต่อการเจริญเติบโตและการติดดอกออกผลธาตุทองแดงยังช่วยให้ต้นพืชสามารถดูดเอาธาตุเหล็กที่อยู่ในดินนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น อาการของพืชที่ขาดธาตุทองแดง ใบพืชจะมีสีเขียวจัดผิดปกติ แล้ว

ต่อมาจะค่อยๆ เหลืองลง โดยแสดงอาการจะยอดลงมาถึงโคน อาการขาดธาตุทองแดงพบมากในเขตดินเปรี้ยว การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอาจช่วยได้ หรือฉีดพ่นด้วยธาตุอาหารเสริมทางใบ

2.3) สังกะสี (Zn)

สังกะสีมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืช กล่าวคือ พืชที่ขาดธาตุสังกะสีจะให้ปริมาณฮอร์โมน IAA ในตายอดลดลง ทำให้ตายอดและข้อปล้องไม่ขยาย ใบออกมาซ้อนๆ กัน นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับน้ำย่อยของพืชหลายชนิดในการสร้างอาหารและสังเคราะห์แสง จึงมีผลทางอ้อมในการสร้างส่วนสีเขียวของพืช

2.4) แมงกานีส (Mn)

ธาตุนี้มีผลกระทบต่อใบ เนื่องจากมีบทบาทในการส่งเคราะห์แสง เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยในต้นพืช และยังควบคุมกิจกรรมของธาตุเหล็กและไนโตรเจนในต้นพืชอีกด้วย พืชที่ขาดธาตุแมงกานีสใบจะออกสีเหลืองๆ ส่วนเส้นใบจะเขียวอยู่ปกติ โดยเฉพาะใบอ่อนอาจเกิดเป็นจุดขาวๆ หรือจุดเหลืองที่ใบ ต้นโตช้า ใบไม่สมบูรณ์ พุ่มต้นโปร่งพืชที่แสดงอาการขาดธาตุแมงกานีส ต้องฉีดพ่นเข้าทางใบด้วยธาตุอาหารเสริมที่มีองค์ประกอบของธาตุแมงกานีส

2.5) โบรอน (B)

ธาตุโบรอนมีบทบาทเกี่ยวข้องต่อการดูดดึงธาตุอาหารพืช ช่วยให้พืชดูดเอาธาตุแคลเซียมและไนโตรเจนไปใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้พืชใช้ธาตุโพแทสเซียมได้มากขึ้น มีบทบาทในการสังเคราะห์แสง การย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเพิ่มคุณภาพทั้งรสชาติ ขนาด และน้ำหนักของผล เพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโต เพราะโบรอนจะควบคุมการดูดและคายน้ำของพืชในขบวนการปรุงอาหารอีกทางหนึ่งหากขาดโบรอน ส่วนที่จะแสดงอาการเริ่มแรกคือยอดและใบอ่อน ส่วนยอดและตายอดจะบิดงอ ใบอ่อนบางและโปร่งใสผิดปกติ เส้นกลางใบหนากร้านและตกกระ มีสารเหนียวๆ ออกมาตามเปลือกของลำต้น กิ่งก้านจะแลดูเหี่ยว ผลเล็กและแข็งผิดปกติ มีเปลือกหน้า บางทีผลแตกเป็นแผลได้

2.6) โมลิบดินัม (Mo)

บทบาทและหน้าที่ของธาตุโมลิบดินัมในพืชนั้น ทำให้การทำงานของธาตุไนโตรเจนในพืชสมบูรณ์ขึ้น จำเป็นสำหรับขบวนการสร้างสารสีเขียวและน้ำย่อยภายในพืชบางชนิด ด้วยพืชที่ขาดธาตุนี้ ที่ใบแจะเป็นจุดด่างเป็นด้วยๆ ในขณะที่เส้นใบยังเขียวอยู่ ถ้าขาดธาตุนี้รุนแรง ใบจะม้วยเข้าข้างใน ลักษณะที่ปลายและขอบใบจะแห้ง ดอกร่วง และผลแคระแกรนไม่เติบโตเต็มที่

2.7) คลอรีน (Cl)

มีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสง มีผลทำ ให้พืชแก่เร็วขึ้น พืชที่ขาดธาตุคลอรีนใบจะซีด เหี่ยว และใบสีเหลืองบรอนซ์ ถ้ามีคลอรีนมากจำทำให้ของใบแห้ง ใบจะเหลืองก่อน (สุพรชัย, 2554)

2.1.6 ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก (farm manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ประกอบด้วย อุจจาระ ปัสสาวะของสัตว์ต่างๆ เช่น โค กระบือ สุกร ม้า เป็ด ไก่ แพะ แกะ ค้างคาว และสัตว์อื่นๆ ผสมกับเศษอาหารต่างๆ เข้าไปด้วย ในปุ๋ยคอกจึงมีจุลินทรีย์และอินทรีย์มากมายมีทั้งพวกที่เป็นฮิวมัสแล้วและส่วนของอาหารที่ยังสลายตัวไม่หมดมีทั้งส่วนที่เป็นเซลลูโลส ลิกนิน และสารอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่ามีวิตามินและฮอร์โมนพืช เช่น กรดอะมิโน ไทอามีน (thiamine) ไบโอติน (biotin) ไพริด็อกซิน (pyridoxine) (ธงชัย, 2546)

ในประเทศไทยนอกจากการทำการเกษตรด้านการเพาะปลูกพืชแล้ว ยังมีการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะการเลี้ยง สุกร วัว ควาย และไก่ จะมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งจากการเลี้ยงสัตว์ต่างๆ ดังกล่าวจำนวนมาก ทำให้ได้มูลสัตว์ในปริมาณมากขึ้นด้วย ซึ่งมูลจากสัตว์ต่างๆ เหล่านั้น เมื่อนำมาผ่านกระบวนการหมักแล้ว จะได้ปุ๋ยคอกที่สามารถนำมาใช้ในพืชที่เพาะปลูกทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณปุ๋ยคอกที่ได้จากการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดสัตว์	ปริมาณมูลที่ได้ต่อตัวต่อวัน	ปริมาณมูลที่ได้ต่อปี (พันตัน)
โค	19	10,317
กระบือ	27	5,600
สุกร	27	4,596
เป็ด	0.03	4,019
ไก่	0.03	535

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545

ปุ๋ยคอกไม่ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารอยู่สูง แต่เป็นอินทรียวัตถุที่จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายให้เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูญเสียไปกับน้ำหรือระเหยไปได้ง่าย ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยคอกจะสามารถเปลี่ยนก๊าซและสูญเสียไปโดยการระเหยได้ สำหรับธาตุที่ไม่เปลี่ยนแปลงเป็นก๊าซจะสูญเสียโดนการละลายน้ำได้ เช่น ธาตุไนโตรเจนที่หมักอยู่ในรูปของแก๊สแอมโมเนีย

การเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยเป็นภาคเกษตรกรรมที่สำคัญ ประกอบด้วยฟาร์มขนาดใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ผลิตเพื่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ฟาร์มขนาดกลางซึ่งผลิตเพื่อการบริโภคในท้องถิ่น และเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์ควบคุมกับการปลูกพืช หรือเป็นอาชีพเสริม กรมปศุสัตว์รายงานจำนวนปศุสัตว์และปริมาณมูลสัตว์ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ.2547 ไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีในปุ๋ยคอกแต่ละชนิด

ประเภทของปุ๋ยคอก	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
โค	1.91	0.56	1.40
กระบือ	1.23	0.69	1.66
ไก่	3.77	1.89	1.76
เป็ด	2.15	1.33	1.15
สุกร	3.11	12.20	1.84
ค้างคาว	5.28	8.42	0.58
นกนางแอ่น	2.04	1.66	1.83
แกะ	2.33	0.83	1.31
ม้า	2.80	1.36	1.18

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

ตารางที่ 2.4 จำนวนปศุสัตว์และปริมาณมูลสัตว์ในประเทศไทย พ.ศ. 2547

รายการ	โคเนื้อ	กระบือ	โคนม	ไก่	เป็ด	สุกร	รวม
จำนวนสัตว์ (ล้านตัว)	1.95	1.49	0.41	179.74	15.65	6.28	205.52
น้ำหนักมูล (ล้านตัน)	10.53	14.52	2.21	1.94	0.17	6.11	35.48

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

1) ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก

ข้อมูลด้านธาตุอาหารในปุ๋ยคอกมีสามส่วนคือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ยคอก ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสัตว์และชนิดของสารในมูลสัตว์ที่มีธาตุอาหาร

1.1) ความเข้มข้นของธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารอาหารในปุ๋ยคอกที่ได้จากสัตว์ต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์มูลสัตว์แต่ละชนิด ย่อมผันแปรตามคุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ และสภาพการเก็บรักษาปุ๋ยคอก โดยปกติระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถดูดซึมสารอาหารไปได้เพียงบางส่วนที่เหลือจะออกมากับสิ่งขับถ่าย กล่าวคือประมาณร้อยละ 75 ของไนโตรเจน ร้อยละ 80 ของฟอสฟอรัสและร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมในอาหารจะตกค้างอยู่ในมูลที่ขับถ่าย ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหาร

สิ่งขับถ่ายของสัตว์มีทั้งของแข็งและของเหลว (ปัสสาวะ) ทั้งนี้ยกเว้นสัตว์ปีกซึ่งกับกรดยูริก (uric acid) ที่เป็นของแข็งแทนปัสสาวะ ทุกส่วนมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โดยประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสเกือบทั้งหมด และสองในห้าส่วนของโพแทสเซียม พบอยู่ในสิ่งขับถ่ายที่เป็นของแข็ง สำหรับปัสสาวะแม้จะมีธาตุอาหารบางธาตุน้อยกว่า แต่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ง่ายกว่า ดังนั้นจึงควรจัดให้มีการสูญเสียปัสสาวะจากคอกสัตว์น้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ธาตุหลักในมูลสัตว์แสดงว่ามีไนโตรเจน 2–5 %N ฟอสฟอรัส 0.5–2 %P และโพแทสเซียม 1–3 %K ส่วนจุลธาตุบางธาตุเช่นเหล็กและสังกะสีจะมีสูง หากมีการผสมสารประกอบของธาตุเหล่านี้ลงไปในอาหารสัตว์

ตารางที่ 2.5 ความเข้มข้นต่อน้ำหนักแห้งของธาตุอาหารในมูลสัตว์ 4 ชนิด

น้ำ/ธาตุอาหาร	โคนม	โคเนื้อ	ไก่	สุกร
น้ำ (%)	75	80	35	72
N (%)	2.4	1.9	4.4	2.1
P (%)	0.7	0.7	2.1	0.8
K (%)	2.1	2.0	2.6	1.2
Ca (%)	1.4	1.3	2.3	1.6
Mg (%)	0.8	0.7	1.0	0.3
S (%)	0.3	0.5	0.6	0.3
Fe (mg/kg)	1,800	5,000	1,000	1,000
Mn (mg/kg)	165	40	413	182
Zn (mg/kg)	165	8	480	390
Cu (mg/kg)	30	2	172	150
B (mg/kg)	20	14	40	75
Mo (mg/kg)	-	1	0.7	0.6

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

1.2) ปริมาณสิ่งขับถ่ายและปริมาณธาตุอาหาร

1.2.1) มูลโค ปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว สำหรับน้ำหนักมูลซึ่งโคขับถ่ายแต่ละวัน ตลอดจนปริมาณของธาตุอาหารหลักในมูลโคแสดงไว้ในตารางที่ 2.6

1.2.2) มูลสุกรประมาณร้อยละ 60 ของสารอาหารที่สุกรกิน จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นอุจจาระและปัสสาวะ สำหรับปริมาณของสิ่งขับถ่ายและธาตุอาหารจะขึ้นอยู่กับขนาดของสุกร คุณภาพอาหาร และสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง อย่างไรก็ตามอาจแสดงปริมาณเฉลี่ยตามน้ำหนักสุกร ดังตารางที่ 2.7 กล่าวคือปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในมูลสุกรที่มีน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม จะอยู่ในช่วงต่อไปนี้คือ ไนโตรเจน 19–64 กรัม N/วัน ฟอสฟอรัส 11-20 กรัม P/วัน โพแทสเซียม 8–48 กรัม K/วัน

ตารางที่ 2.6 ปริมาณโคที่ขับถ่ายแต่ละวันและปริมาณธาตุหลักในมูลโค

น้ำหนักโค	มูลโค	N		P		K	
(กก.)	(กก./วัน)	ก./วัน	กก./ปี	ก./วัน	กก./ปี	ก./วัน	กก./ปี
227	13.6	54.5	19.9	25.5	9.3	54.5	19.9
318	20.4	118.2	43.1	36.8	13.4	86.4	31.5
454	27.3	154.5	56.4	50.0	18.2	109.1	39.8
568	34.1	195.4	71.3	63.6	23.2	140.9	51.4

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

ตารางที่ 2.7 ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสุกรขนาดต่างๆ

น้ำหนักสุกร	ปริมาณสิ่งขับถ่าย (กิโลกรัม/ตัว/วัน)		
(กิโลกรัม)	ปัสสาวะ	อุจจาระ	รวม
5.5–18.2	0.86	0.70	1.56
18.3–36.3	1.29	1.44	2.73
36.4-54.5	2.43	2.75	5.18
54.6–72.5	2.99	3.77	6.76
72.6–90.0	4.23	4.59	8.82

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

ตามข้อมูลในตารางที่ 2.7 อาจประเมินได้ว่า ถ้าเริ่มเลี้ยงสุกรเมื่อหย่านมจนโตพอขายได้ (ประมาณ 90 กิโลกรัม) ใช้เวลาประมาณ 130 วัน จะได้อุจจาระสด 300 กิโลกรัม และปัสสาวะ 300 กิโลกรัม ซึ่งมีธาตุปุ๋ยอยู่ในนี้ คือ 4.7 กิโลกรัม N 1.4 กิโลกรัม P และ 1.5 กิโลกรัม K

หากจะพิจารณาอีกแง่หนึ่งการเลี้ยงสุกรในช่วงเวลาดังกล่าวต้องใช้อาหาร 350 กิโลกรัม โดยที่ในอาหารสุกรมี crude protein 13% กับมี 0.50 %P และ 0.55 %K และสุกรใช้อาหารเพื่อการเติบโตเพียงร้อยละ 33 ก็จะได้ค่าของธาตุปุ๋ยในสิ่งขับถ่ายใกล้เคียงกับที่คิดโดยวิธีแรก

1.2.3) มูลไก่ มีความแตกต่างตามสภาพของการเลี้ยงคือ 1) มูลไก่ไข่ซึ่งเลี้ยงในกรงขังจะไม่มีวัสดุรองพื้น (litter material) ปน และ 2) มูลไก่กระทงซึ่งเลี้ยงรวมกันบนพื้นคอกซึ่งเป็นดินหรือพื้นคอนกรีต โดยมีวัสดุรองพื้นคอกเช่นแกลบ ขี้เลื่อยและวัสดุอื่น เพื่อให้ดูดความชื้นจากน้ำที่ใช้เลี้ยงและสิ่งขับถ่าย เมื่อวัสดุรองพื้นหมดอายุการการใช้ก็กวาดออกมา แล้วนำไปเป็นวัสดุบำรุงดิน สำหรับปริมาณมูลสดของไก่กระทงและไก่ไข่ที่ขับถ่ายแต่ละวัน มีประมาณ 87 กิโลกรัม และ 73 กิโลกรัม ต่อน้ำหนักตัวสัตว์มีชีวิต 1,000 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่แบบต่างๆ (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ มูลไก่ขังกรงและมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก

ธาตุ	มูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ		มูลไก่ขังกรง		มูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก	
	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย
N (%)	3.7–8.8	6.1	1.3–6.5	4.4	1.2–7.7	3.9
NH_4 (%)	0.4–1.1	0.6	1.2–2.9	1.5	0.1–2.0	1.1
P (%)	1.2–2.9	2.2	0.1–5.1	1.9	0.7–3.6	1.9
K (%)	1.2–2.7	2.0	0.7–4.7	2.8	0.8–4.9	2.4
S (%)	–*	–	0.1–1.5	0.7	0.1–1.5	0.7
Ca (%)	5.2–14.9	8.1	0.2–26.7	10.4	0.7–8.3	2.4
Mg (%)	0.6–1.3	1.0	1.0–1.5	1.4	0.1–1.9	0.7
S (mg/Kg)	–	–	–	–	23–125	54
Cu (mg/Kg)	–	–	2–1053	160	21–845	377
Mn (mg/Kg)	–	–	4–1061	296	88–772	355
Zn (mg/Kg)	–	–	10–937	226	64–777	341

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

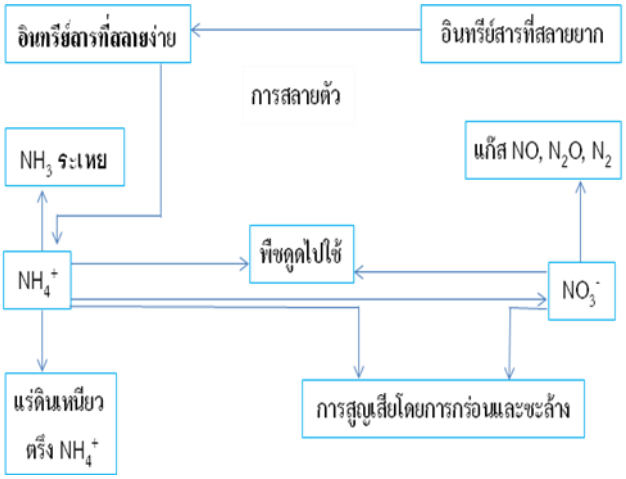
ตารางที่ 2.8 แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่แบบต่างๆ ดังนี้ คือ 1) มูลไก่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่สูงมากกว่ามูลสัตว์เลี้ยงอื่นๆ 2) มูลไก่ที่รวบรวมได้ภายหลังมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำกว่ามูลไก่สด เนื่องจากบางส่วนได้สูญหายไประหว่างอยู่ในคอกหรือเจือจางลงเนื่องจากมีวัสดุอื่นปน 3) แอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 30 ของไนโตรเจนทั้งหมดของมูลไก่ขังกรง และมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอกแต่กรดยูริกเป็นองค์ประกอบสำคัญของไนโตรเจนในมูลสด และ 4) มูลไก่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง การใส่อัตราไร่และ 1,500 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ให้ธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง การใส่อัตราไร่ละ 1,500 กก. (น้ำหนักแห้ง) ให้ธาตุอาหารดังนี้ 43.3 กิโลกรัม N (มี 11.2 กิโลกรัม NH_4^-N), 16 กิโลกรัม P, 26.4 กิโลกรัม K, 26.2 กิโลกรัม Ca, 7.2 กิโลกรัม Mg, 7.2 กิโลกรัม Mg, 7.2 กิโลกรัม S, 0.3-0.8 กิโลกรัม Mn, 0.3-0.8 กิโลกรัมCu, 0.3-0.8 กิโลกรัม Zn ต่อไร่ ซึ่งเพียงพอสำหรับพืชไร่หลายชนิด

1.3) สารมีธาตุอาหาร

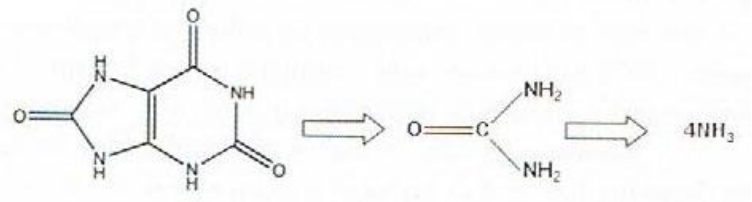
ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยคอกทางเคมีแสดงเพียงปริมาณทั้งหมดของธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ ว่าแต่ละธาตุมีปริมาณเท่าใด ส่วนความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ไม่อาจบอกได้จากการวิเคราะห์ แต่จะต้องทดสอบในแปลงทดลองเท่านั้น

1.3.1) ไนโตรเจน ในปุ๋ยคอกมีอยู่ 3 ส่วน คือ 1) ส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย เช่น แอมโมเนียไอออน ไนเทรตไอออนหรือยูเรีย 2) ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารซึ่งปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้า ๆ ภายในช่วงเวลาหนึ่งปี และ 3) ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารซึ่งสลายยากและปลดปล่อยธาตุอาหารช้ามาก โดยเริ่มปลดปล่อยเมื่อย่างเข้าปีที่สอง สำหรับปุ๋ยคอกแบบแห้งมีไนโตรเจนสามส่วนนี้ประมาณ 10, 45 และ 45% ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยคอกแบบเหลวที่ผ่านการหมักในบ่อเก็บ มีไนโตรเจนสามส่วนประมาณ 50, 30 และ 20% ตามลำดับ มูลสดของสัตว์ปีกมีกรดยูริก ซึ่งจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายเป็นแอมโมเนียแล้วระเหยไปวิธียับยั้งการสูญเสียแอมโมเนียในมูลสัตว์ปีก คือทำให้แห้งโดยเร็ว

(1) มูลไก่ มีไนโตรเจน 4 ส่วน ดังภาพที่ 2.1 คือ (1) สารเชิงซ้อนในขนและอาหารที่ย่อยสลายยาก (2) อินทรียสารที่แปลสภาพได้ เช่นกรดยูริก ซึ่งจะถูกเอนไซม์ยูริเคส (uricase) เปลี่ยนให้เป็นยูเรีย แล้วยูเรียก็ถูกเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ย่อยและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (ภาพที่ 2.2) (3) แอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^-N) และ (4) ไนเทรตไนโตรเจน (NO_3^-N) โดยปรกติไนโตรเจนรูปไนเทรตไม่มีในมูลไก่สด แต่พบในมูลเก่าซึ่งอยู่ในสภาพชื้นและมีออกซิเจนเพียงพอ สำหรับความเข้มข้นของไนโตรเจนในมูลไก่จะแตกต่างตามขนาดของชิ้นส่วน โดยพวกที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 0.83 มิลลิเมตร จะมีไนโตรเจนมากกว่าที่มีชิ้นส่วนใหญ่



ภาพที่ 2.1 รูปของไนโตรเจนในมูลไก่และการเปลี่ยนแปลงของรูปเหล่านั้น
ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551



ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดยูริกจนเป็นแอมโมเนีย
ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

เมื่อใส่มูลไก่ลงในดิน สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนจะเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบ อนินทรีย์ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่ามินเนอราลไลเซชัน (mineralization) การศึกษามินเนอราลไลเซชันสุทธิของมูลไก่ที่ใส่ในดินทรายปนดินร่วน อัตรา 6.5 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่าภายหลังจากคลุกเคล้ากับดิน (incubation) เป็นเวลา 30, 90 และ 150 วัน มีมินเนอราลไลเซชันสุทธิ 16, 38, และ 40% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมินเนอราลไลเซชันสุทธิอาจสูงถึง 66% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของการทดลอง อัตราปุ๋ยและชนิดของดินที่ใช้

หากพิจารณาอัตราการสลายตัวของอินทรีย์สารในปุ๋ยมูลไก่โดยวัดปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยออกมา อาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วง 7 วันแรกมีการสลายตัวเร็ว (rapid phase) ช่วงที่สองมีอัตราการสลายตัวปานกลาง (intermediate phase) อยู่ระหว่าง 7 ถึง 14 วัน สวนช่วงที่สามซึ่งมีการสลายตัวช้าลง (show phase) เริ่มจากวันที่ 14 เป็นต้นไป ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จากคาร์บอนทั้งหมดของมูลไก่กระทงที่ใส่ในดินในช่วงนั้น คือ 25, 10 และ 65% ตามลำดับ

ปัจจุบันมีการนำมูลสัตว์ปีกมาอัดเป็นเม็ด (table) เพื่อลดฝุ่น และใช้ได้สะดวก เมื่อนำมาทดสอบมินเนอราลไลเซชันของคาร์บอนและไนโตรเจน เปรียบเทียบกับมูลสัตว์ปีกที่ไม่อัดเม็ด ได้ข้อมูลที่แสดงว่าหลังจากใส่ในดิน 60 วัน 1) ปุ๋ยอัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ด มีมินเนอราลไลเซชันของคาร์บอน 77 และ 62 % ของคาร์บอนในปุ๋ยตามลำดับ และ 2) ปุ๋ยที่อัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ด มีมินเนอราลไลเซชันของไนโตรเจนสะสม 83.1 และ 75.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดินตามลำดับ

(2) มูลโค ไนโตรเจนในมูลโคนมแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) ไนโตรเจนทั้งหมด (total) 2) อินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) และ 3) แอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ด้วย 1.0 M KCl (extr.NH_4^-) นอกจากนี้ยังรายการอื่นๆ คือ อินทรียวัตถุ (organic matter) คาร์บอนทั้งหมด (total C) และเส้นใย (central detergent fiber, NDF) ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง ดังตารางที่ 2.9

เมื่อนำปุ๋ยคอกเหล่านั้นมาศึกษาอัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิ (net minerlization-rate) ในดิน 2 ชนิด ซึ่งมีเนื้อดินร่วนปนทรายและร่วนปนทรายแป้ง โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 100 มิลลิกรัม อินทรีย์ไนโตรเจน/กิโลกรัม ดิน ในช่วงเวลา 176 วัน ปรากฏว่าอัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิ ในดินร่วนปนทรายมีค่า -0.144 ถึง 0.160 มิลลิกรัม N/กิโลกรัม ดิน/วัน และในดินร่วนปนทรายแป้งมีค่า 0.028 ถึง 0.158 มิลลิกรัม N/กิโลกรัม ดิน/วัน สำหรับอัตรามินเนลราลไลเซชันสุทธิของปุ๋ยคอก ในดินร่วนปนทรายมีค่าติดลบนั้น จะแปรสภาพเป็นอินทรีย์สารที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ แสดงว่าสมบัติของปุ๋ยคอกบางประการที่มีอิทธิพลต่ออัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิ

สำหรับสมบัติของปุ๋ยคอกที่มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิและอัตราการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมเป็นไนเทรต หรือที่เรียกว่าไนตริฟิเคชัน คือ 1) ไนโตรเจนทั้งหมด 2) อินทรีย์ไนโตรเจน และ 3) แอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ ซึ่งหมายความว่าหากค่าวิเคราะห์ทั้งสามค่านี้สูง ปุ๋ยคอกจะปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ง่าย ส่วนสมบัติของปุ๋ยคอกที่มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับสองกระบวนการดังกล่าว คือ 1) ปริมาณเส้นใย 2) อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมด:ไนโตรเจนทั้งหมด 3) อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมด:อินทรีย์ไนโตรเจน 4) อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมด แอมโนเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ และ 5) อัตราส่วนระหว่างปริมาณเส้นใย:ไนโตรเจนทั้งหมด หรืออินทรีย์ไนโตรเจน หรือแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้

การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยมูลวัว มูลไก่และปุ๋ยหมัก ออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชโดยวัดปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดได้มีความสัมพันธ์กับ C:N เรโชของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น C:N จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินผลของปุ๋ยต่อพืชในช่วงสั้น

1.3.2) ฟอสฟอรัส ในปุ๋ยคอกมีทั้งที่เป็นอนินทรียสารและอินทรียสารมูลแกะมีฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 1 ในจำนวนนี้เป็นอนินทรียสารร้อยละ 82 และอินทรียสารร้อยละ 18 ของที่มีอยู่ หากแจงฟอสฟอรัสในอินทรียสารจะได้ 4 ส่วน คือ 1) ประกอบเป็นฟอสโฟลิพิด ร้อยละ 0.3

2) อยู่ในโปรตีนร้อยละ 12.1 3) อยู่อินทรียสารซึ่งละลายในกรดไตรคลอโรแอซิติก ร้อยละ 3.1 และ 4) ประกอบเป็นสารฟอสฟอรัสทั้งหมด

สัตว์ได้รับฟอสฟอรัสจากการกินพืช กระดูกและเกลือฟอสเฟต สำหรับฟอสฟอรัสที่สัตว์ปีกได้จากอาหาร ส่วนมากอยู่ในรูปของเกลือไฟเทต หรือเกลือของกรดอินโนซิทอลเฮ็กซาฟอส ฟอริก (innositol hexaphosphoric acid) ซึ่งสัตว์ย่อยและดูดซึมไปได้น้อย ดังนั้นเกลือไฟเทต ส่วนใหญ่จึงถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ เมื่อเกลือนี้อยู่ในดินจะถูกจุลินทรีย์ย่อยแล้วปล่อยฟอสเฟตไอออนออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้

โดยปกติสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตในดินมีอยู่ 3 พวก คือ 1) เกลืออินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟต (inositol hexaphosphates) 2) ฟอสโฟลิพิด และ 3) กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) นอกจากนี้อาจพบฟอสโฟโปรตีนและน้ำตาลฟอสเฟต (sugar phosphate) ด้วย ในบรรดาสารประกอบเหล่านี้มีอินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟตประมาณร้อยละ 50 ของอินทรีย์ฟอสเฟตทั้งหมด ในแง่ของความเป็นประโยชน์ นั้น พืชสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากกลีเซอรอลฟอสเฟต (glycerol phosphate) น้ำตาลฟอสเฟต อินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟสและกรดนิวคลีอิก ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายรวดเร็ว ได้ดีทัดเทียมกับปุ๋ยอนินทรีย์ฟอสเฟต ดังนั้นส่วนของฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอกที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างง่าย คือฟอสฟอรัสในรูปเหล่านี้ส่วนพวกที่มีโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อนกว่า ก็จะถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายด้วยเวลาที่นานขึ้น แล้วพืชจึงได้รับประโยชน์ในภายหลัง

ตารางที่ 2.9 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของปุ๋ยคอกจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง

ฟาร์มที่	กิโลกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง					
	ไนโตรเจนทั้งหมด	อินทรีย์ไนโตรเจน	แอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้	อินทรียวัตถุ	คาร์บอนทั้งหมด	เส้นใย
1	27.1	17.1	10.1	742	393	411
2	62.8	40.0	22.8	719	415	162
3	34.2	20.8	13.4	864	458	504
4	39.9	26.2	13.7	767	418	391
5	21.9	16.0	5.9	855	449	622
6	23.9	21.2	2.7	724	385	420
7	27.2	17.9	9.3	811	430	561
8	13.9	12.1	1.8	869	451	617
9	24.5	18.9	5.6	849	443	560

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

1.3.3) โพแทสเซียมและแมกนีเซียม สำหรับโพแทสเซียมในปุ๋ยคอกอยู่ในรูปของเกลือที่ละลายน้ำง่ายและเป็นประโยชน์แก่พืช หากกองปุ๋ยคอกไว้ในที่แจ้งโพแทสเซียมก็จะถูกฝนชะออกไป ส่วนแมกนีเซียมนั้นประมาณครึ่งหนึ่งละลายน้ำง่าย แต่อีกครึ่งหนึ่งไม่ละลายน้ำ แม้จะใช้กรดเจือจางเป็นตัวสกัดก็ตาม

1.3.4) ธาตุอาหารในมูลค้างคาว เนื่องจากค้างคาวเป็นสัตว์ป่าที่อาศัยตามถ้ำรวมกันเป็นฝูงใหญ่ และถ่ายมูลไว้ตามพื้นถ้ำปริมาณมาก มูลค้างคาวจัดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มาจากสัตว์ มีสมบัติหลายอย่างแตกต่างจากมูลสัตว์เลี้ยงทั่วไป และไม่ได้รวบรวมมาจากคอกจึงไม่เรียกว่าปุ๋ยคอก แต่เรียกว่าปุ๋ยค้างคาว (bat guano) มีผู้ไปเก็บรวบรวมปุ๋ยอินทรีย์นี้จากถ้ำมาจำหน่ายให้เกษตรที่ปลูกผัก ไม้ประดับ และไม้ผล

มูลค้างคาวเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรไทยนิยมใช้มาช้านาน คำว่า guano เป็นคำในภาษา quichua ของชาวอินคา (inca) ซึ่งแปลว่ามูลนกทะเล (the droppings of sea birds) ต่อมาได้ใช้คำนี้เรียกทั้งมูลนอกและมูลค้างคาวด้วย กล่าวกันว่าชาวอินคาหวงแหนถ้ำค้างคาวชั้นดี อันเป็นแหล่งวัสดุบำรุงดินนี้มาก ในปัจจุบันประเทศเปรูเป็นผู้ส่งออกปุ๋ยมูลค้างคาวไปจำหน่ายที่สหรัฐอเมริกา โดยเก็บรวบรวมมาจากถ้ำซึ่งมีอยู่มากมาย ร่อนผ่านตะแกรงแล้วบรรจุกระสอบซึ่งหลายขนาด สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลค้างคาวแตกต่างกันตามความสมบูรณ์ของแหล่งอาหารที่ค้างคาวออกไปหากินชนิดและองค์ประกอบของหินพื้นถ้ำ ความยาวนานของการสลายหรืออายุของมูลค้างคาว สำหรับอาหารของค้างคาวคือผลไม้และแมลง ส่วนอายุของมูลค้างคาวอาจแตกต่างกันมาก ตั้งแต่มูลสด แปรสภาพเป็นหินบางส่วน (semi-fossilized guano) หรือแปรสภาพเป็นหินทั้งหมด (fossilized guano) หรือที่เรียกว่า หินฟอสเฟตจากมูลค้างคาว ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในประเทศเปรูมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ดังตารางที่ 2.10 ส่วนสมบัติอื่นๆ มีดังนี้ pH 4.0–5.6 C:N เรโช 5–8 มีอินทรียวัตถุ 40–60% และกรดฟุลวิก (fulvic acid) 15–20 % นอกจากนี้ยังมีเชื้อรา แบคทีเรียและแอกติโนมัยซีตที่เป็นประโยชน์มาก

ตารางที่ 2.10 ความเข้มข้นของธาตุอาหารบางธาตุในมูลค้างคาว

ธาตุ (%)	ความเข้มข้น	ธาตุ (%)	ความเข้มข้น	ธาตุ (%)	ความเข้มข้น
ไนโตรเจน (N)	2.0-6.0	แมกนีเซียม (MgO)	1.5-2.0	แมงกานีส (MnO)	0.1-0.2
ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	1.5-10.0	แคลเซียม (CaO)	3.5-9.0	ทองแดง (CuO)	0.05-0.1
โพแทสเซียม(K_2O)	1.0-3.0	เหล็ก (Fe_2O_3)	0.2-0.4	สังกะสี (ZnO)	0.05-0.1

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

สำหรับมูลค้างคาวและหินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาวที่พบในประเทศไทย มีปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ดังนี้ 1) มูลค้างคาวที่พบในจังหวัดพังงาและกระบี่ มีฟอสเฟตทั้งหมด 2.95–11.89 %P_2O_5 โดย 28.47–94.73% ของทั้งหมดคือฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และ 2) หินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาวซึ่งพบในจังหวัดพังงา กระบี่และเลย มีฟอสเฟตทั้งหมด 19.28–24.23 % P_2O_5 โดย 39.82–93.12 % ของทั้งหมดคือฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์

ตารางที่ 2.11 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารของปุ๋ยคอกเมื่อเก็บรักษาไม่ดี

น้ำหนัก/ธาตุอาหาร	เมษายน (กก.)		กันยายน (กก.)		การสูญเสีย (%)	
	ม้า	กระบือ	ม้า	กระบือ	ม้า	กระบือ
น้ำหนักทั้งหมด	16,000	4,000	692	2,050	23	20
ไนโตรเจน	7.8	18.8	3.1	11.2	24	16
ฟอสฟอรัส	5.9	12.8	3.1	10.4	19	8
โพแทสเซียม	14.4	19.2	3.5	17.6	30	3

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

จากตารางที่ 2.11 แสดงปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารของปุ๋ยคอกจากมูลม้าและกระบือ จะพบว่า ปุ๋ยคอกจากมูลกระบือ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียธาตุอาหารที่ต่ำกว่ามูลม้า เมื่อเก็บรักษาไม่ดี

2.1.7 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกัน แล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงตัวและคงทนต่อการย่อยสลาย เป็นเนื้อเดียวกัน มีสีน้ำตาลปนดำ และไม่มีกลิ่นปุ๋ยหมักมีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยจะส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน ทำให้ช่องว่างในดิน ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้นทำให้การระบายน้ำ และอากาศดีขึ้น ช่วยให้ระบบรากพืชแพร่กระจายตัวในดินได้อย่างกว้างขวาง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังมีผลในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน (ธงชัยและคณะ, 2551)

ปริมาณธาตุอาหารในเศษพืชหรือวัชพืชมีผลโดยตรงต่อปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก เช่น เศษเหลือของผักตบชวาก่อนการหมักมีปริมาณธาตุไนโตรเจนร้อยละ 1.69 ธาตุฟอสฟอรัสร้อยละ 0.66 และธาตุโพแทสเซียมร้อยละ 4.86 (ตารางที่ 2.12)

ตารางที่ 2.12 ปริมาณธาตุอาหารในเศษพืชชนิดต่างๆ

ชนิดพืช	ปริมาณธาตุอาหาร %		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**
หญ้าขน	1.89	0.74	2.87
ผักตบชวา	1.69	0.66	4.86
ฟางข้าว	0.45	0.28	0.38
ซังข้าวโพด	0.74	0.55	1.78
ต้นถั่วเหลือง	3.54	1.04	3.54
ไส้ปอ	1.55	0.44	1.72
ไมยราบ	3.13	0.14	0.55
จอก	6.09	0.94	3.22

ที่มา: ศุภมาศ, 2530 อ้างใน หฤษฎี, 2544

จากตารางที่ 2.12 เห็นได้ว่าพืชแต่ละชนิดจะมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน จอกซึ่งเป็นวัชพืชที่ขึ้นในน้ำเป็นพืชที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 3.22 กรัม ในน้ำหนักพืช 100 กรัม สำหรับต้นถั่วเหลืองน้ำหนัก 100 กรัม จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 3.54 กรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กับพืช 1.04 กรัมและโพแทสเซียม 3.54 กรัม ส่วนฟางข้าวมีธาตุอาหารพืชน้อยมากคือมีทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไม่ถึงร้อยละ 1 แต่เมื่อเศษเหลือเหล่านี้ผ่านขบวนการทำปุ๋ยหมักแล้วพบว่ามีธาตุไนโตรเจนร้อยละ 1.4 ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมร้อยละ 0.5 เท่ากัน (ตารางที่ 2.13)

ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักไม่เพียงขึ้นกับธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของเศษพืชแต่ละชนิดเท่านั้นแต่ยังขึ้นกับชนิดของสารเร่งที่ใส่และสถานที่ที่ทำปุ๋ยหมัก สารเร่งในที่นี้ คือ สารที่ใส่เพื่อช่วยให้เศษพืชสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น สารเร่งที่นิยมใช้กัน เช่น มูลสัตว์ต่างๆ เป็นต้น ตารางที่ 2.13 เสนอให้เห็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่แตกต่างกันปุ๋ยที่ใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบเมื่อผ่านขบวนการหมักแล้วจะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ทำจากหญ้าแห้ง ขณะเดียวกันปุ๋ยหมักที่ทำจากหญ้าแห้งเหมือนกัน แต่ใส่สารเร่งต่างชนิดกัน เช่นมูลโค มูลกระบือ และมูลสุกร จะมีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมแตกต่างกัน นอกจากนี้ปุ๋ยหมักซึ่งหมักซึ่งได้จากพืช และสารเร่งชนิดเดียวกัน เช่น ผักตบชวา+มูลโค หากหมักไว้ในสถานที่ต่างกันคือกองอยู่ในร่ม เช่น ในโรงผลิต และกองอยู่กลางแจ้ง องค์ประกอบธาตุอาหารในปุ๋ยหมักก็ยังแตกต่างกัน แม้กระทั่งปุ๋ยจากซักข้าวโพด+มูลโค ซึ่งหมักในอำเภอปากช่อง

และในจังหวัดตากมีธาตุอาหารแตกต่างกันไปได้เช่นกัน องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักจึงขึ้นกับองค์ประกอบของซากพืช สารเร่งและสถานที่ทำปุ๋ยหมักแต่ละครั้ง

ตารางที่ 2.13 องค์ประกอบธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก

ชนิดพืช	ปริมาณธาตุอาหาร %		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**
หญ้าแห้ง	0.56	0.27	0.29
หญ้าแห้ง+มูลโค	0.60	0.12	0.77
หญ้าแห้ง+มูลกระบือ	1.23	0.29	0.75
หญ้า+มูลสุกร	0.72	0.05	1.06
ผักตบชวา+มูลโค	1.13	0.83	3.46
ผักตบชวา+มูลไก่	1.08	1.08	2.71
ผักตบชวา+มูลโค	0.75	0.75	1.44
ผักตบชวา+มูลไก่	1.04	1.14	1.44
ฟางข้าว	1.41	1.26	0.90
ฟางข้าว+มูลโค	1.80	2.00	0.50
ฟางข้าว+มูลไก่	1.07	0.46	0.94
ซังข้าวโพด+มูลโค (อ.ปากช่อง)	0.66	0.13	0.37
ซังข้าวโพด+มูลโค (จ.ตาก)	1.14	0.22	0.58
ไส้ปอเทือง+มูลสุกร	1.06	0.12	0.19

ที่มา: ศุภมาศ, 2530 อ้างใน หฤษฎี, 2544

1. การผลิตปุ๋ยหมัก

การหมักใช้เศษพืชและสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งซากสัตว์ให้สลายตัวนั้นอาจทำได้หลายวิธีในทางการเกษตรจะพบอยู่ 3 แบบ คือ (ธงชัย, 2546)

1) การหมักในหลุม วิธีนี้เป็นการหมักเศษอินทรีย์ต่าง ๆ ในหลุม เช่นหลุมดิน หลุมคอนกรีตหรือในขอบซีเมนต์ เป็นต้น ด้านบนสุดอาจจะมีการกลบด้วยดิน วิธีนี้ไม่มีการกลับกองเศษสารอินทรีย์ การหมักจึงเกิดขึ้นในสภาพอับอากาศหรือมีอากาศถ่ายเทได้น้อย การย่อยสลายเกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ อุณหภูมิในระหว่างการหมักไม่ค่อยสูงมากนัก เชื้อโรค และไข่ของแมลงอาจไม่ถูก

ทำลายโดยความร้อน การสลายตัวของเศษสารอินทรีย์จนกระทั่งได้ปุ๋ยหมักจะใช้เวลานาน อาจมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวจะมีมากกว่าการย่อยสลายในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทดี เช่น กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน วิตามิน สารฮิวมิค แอลกอฮอล์ ฟีนอล แร่ธาตุอาหาร เอ็นไซม์ และก๊าซมีเทน เป็นต้น

2) การหมักในของเหลว เป็นการนำเอาเศษวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ใส่ลงในภาชนะที่ปิดมิดชิด บรรจุน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะ และสารเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น กากน้ำตาล กากส่าเหล้า และจุลินทรีย์เร่งการย่อยสลาย การหมักในสภาพนี้เป็นการหมักในสภาพอับอากาศ วัสดุอินทรีย์ที่ใช้หมักมักจะเป็นเศษพืชหรือซากสัตว์ที่ยังเปียกแฉะ เช่น ผัก ผลไม้ เศษปลา เป็นต้น การย่อยสลายเกิดอย่างช้า ๆ อาจมีกลิ่นเหม็น แต่ถ้าจะลดกลิ่นลง และเกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น ซึ่งอาจใช้เวลาประมาณ 30 ถึง 45 วัน ก็ต้องมีการให้อากาศอย่างต่อเนื่อง มีสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายมากมายละลายอยู่ในน้ำคล้ายกันกับสารที่เกิดขึ้นในการหมักแบบที่ 1

3) การหมักแบบกองบนพื้น การหมักแบบนี้เป็นการหมักแบบให้อากาศ กล่าวคือมีการกลับกองปุ๋ยอยู่ค่อนข้างสม่ำเสมอในระหว่างการกอง ซึ่งเป็นการให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ การกองแบบนี้เกิดความร้อนได้สูง การย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารเกิดขึ้นได้รวดเร็ว เกิดสารตัวกลางขึ้นระหว่างการย่อยสลายน้อยกว่าแบบอื่น ๆ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

การหมัก 3 แบบนี้ จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป แต่ถ้ามีการให้อากาศโดยวิธีการที่เหมาะสมแล้ว จะเป็นปุ๋ยหมักได้เร็ว ไม่มีกลิ่นเหม็น และมีสารอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืชที่ละม้ายคล้ายคลึงกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นการหมักในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี การสลายตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ มักมีกลิ่นเหม็นได้

2. ลักษณะของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

โดยทั่วไปมักจะมีปัญหาอยู่เสมอว่าวัสดุที่นำมากองปุ๋ยหมักนั้นเป็นปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์สามารถใส่ลงสู่ดินได้อย่างปลอดภัยได้แล้วหรือยัง ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 20:1 ปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนดังกล่าวนี้เมื่อใส่ลงในดินแล้วจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อพืช (จากการย่อยสลายไม่สมบูรณ์) แต่สัดส่วนดังกล่าวต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้นซึ่งต้องใช้เวลาพอสมควร ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการปฏิบัติในภาคสนาม จึงควรพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้ (ธงชัย, 2546)

1) สีของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีเข้ม กล่าวคือมีสีน้ำตาลจนถึงดำ โดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเป็นความแตกต่างของสีอย่างชัดเจน

2) ลักษณะของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย และขาดออกจากกันได้ง่ายไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

3) กลิ่นของวัสดุ ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหรือฉุน แสดงว่ากระบวนการย่อยสลายภายในของกองปุ๋ยหมักยังไม่สมบูรณ์

4) ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมักประมาณ 2 ถึง 3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้วค่อย ๆ ลดลง เมื่อกลับกองปุ๋ย อุณหภูมิก็จะเริ่มสูงขึ้นอีก จนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย จึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพราะในกรณีที่มีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้อุณหภูมิภายในกองลดลงได้เช่นกัน

5) มีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมัก เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้วในบางครั้งจะเห็นว่ามีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ (ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าหรือผักเบี้ยที่เมล็ดอาจปลิวมาจากบริเวณใกล้เคียง) แสดงว่าปุ๋ยหมักดังกล่าวสามารถนำไปใส่ลงดินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

6) สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 20:1

3. มาตรฐานปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเศษวัสดุที่ใช้ กรรมวิธีในการกอง ตลอดจนการดูแลรักษา อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยหมักที่ดีนั้นควรมีมาตรฐาน ดังนี้ (ธงชัย, 2546)

1) ปุ๋ยหมักต้องมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่สูงกว่า 20:1

2) มีไนโตรเจนทั้งหมด 1 เปอร์เซ็นต์ P_2O5 1 เปอร์เซ็นต์ และ K_2O 0.5 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่า

3) ความชื้น และสารระเหยได้ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

4) อินทรียวัตถุ 30 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์

5) pH 6 ถึง 7.5

6) อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิรอบ ๆ บริเวณ

7) ไม่มีกลิ่นเหม็น

8) ไม่มีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช

4. ลักษณะสำคัญของปุ๋ยหมัก โดยทั่วไปสรุปได้ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นในกองปุ๋ยหมักประมาณ 25-80 % มีค่าเฉลี่ยประมาณ 60%

2) ค่าพีเอช ของปุ๋ยอยู่ระหว่างพีเอช 4.5–9 แต่โดยทั่วไปจะมีค่าเป็นกลาง

3) ปุ๋ยหมักส่วนใหญ่มีค่า C/N ratio ประมาณ 20:1 แต่อาจจะผันแปรได้ตั้งแต่ 4:1

จนถึง 4:35

4) ปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยหมักโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 18% และปริมาณไนโตรเจนประมาณ 1%

5) ปริมาณธาตุปุ๋ยผันแปรได้มาก ปริมาณ N-P_2O_5-K_2O ในตารางมีค่าผันแปร ดังนี้ (0.5-1.8) (0.05-2.00)–(0.2-3.5) ซึ่งจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1-0.5-1

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเศษพืช ธาตุอาหารในปุ๋ยหมักขึ้นกับชนิดพืชที่นำมาหมักสารเร่งที่ใส่และสถานที่หมัก เนื่องจากปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารพืชน้อยเช่นเดียวกับปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ แต่มีความชื้นสูงเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยหมักให้กับพืชจึงมุ่งรักษาหรือปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินมากกว่ามุ่งให้ธาตุอาหารพืชทำนองเดียวกับปุ๋ยคอก

ผลการผลิตปุ๋ยหมักในปัจจุบันมีหลายระดับและหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งโดยทั่วไปในการผลิตปุ๋ยหมักทุกวิธีและทุกระดับจะมีหลักในการผลิตที่ค่อนข้างเหมือนกัน คือ จะนำเศษซากพืชหรืออินทรียวัตถุต่างๆ มากองรวมกัน แล้วควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ให้เหมาะสม แล้วปล่อยให้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักช่วยย่อยสลายเศษซากอินทรียวัตถุเหล่านั้น

วัตถุอินทรีย์ที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด เปลือกถั่ว ต้นถั่ว และกากวัสดุต่างๆ (ตารางที่ 2.14) วัชพืชต่างๆ เช่น เศษวัชพืชทั่วไป ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ทางการเกษตรหรือในน้ำ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้งน้ำ ฯลฯ หรือใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ เช่น โรงคัดบรรจุผลผลิตผัก เปลือกไม้จากโรงงานกระดาษ ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เปลือกผลไม้จากโรงงานผลไม้กระป๋อง กากจากโรงงานผลิตสุราและเบียร์ เศษขี้เลื่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเห็ด เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้มูลสัตว์ต่างๆ มาใช้ผลิตปุ๋ยหมักด้วยก็ได้ การผสมมูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลวัว มูลสุกร มูลไก่ ในกองปุ๋ยหมักจะทำให้กองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมูลสัตว์ต่างๆ เป็นอาหารของจุลินทรีย์และมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่มากมาย จึงทำให้วัสดุย่อยสลายปุ๋ยหมักได้อย่างรวดเร็ว

การเติมปุ๋ยโดยเฉพาะไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรีย ในกองปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุที่สลายตัวยาก (มีความสดและอวบน้ำน้อย) เช่น เศษฟางข้าว หรือเศษใบไม้แห้ง ทำให้วัสดุสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เนื่องจากเศษพืชที่สลายตัวได้ยาก จะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ซึ่งแร่ธาตุที่มักจะขาดแคลนในวัสดุที่เน่าสลายยากดังกล่าวคือไนโตรเจน

ในกองปุ๋ยหมักจะเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระยะแรกแต่เมื่อการหมักดำเนินไปสภาพในกองปุ๋ยหมักก็จะขาดก๊าซออกซิเจน หรือเกิดสภาพอับอากาศขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนตายได้ ดังนั้น ในการกองปุ๋ยหมักในลักษณะที่ทำให้การระบายอากาศเกิดขึ้นได้ดีย่อมจะทำให้เกิดการหมักที่รวดเร็วขึ้นได้

ตารางที่ 2.14 ชนิดและปริมาณของวัตถุเหลือทิ้งชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดของวัตถุเหลือทิ้ง	ปริมาณ (1,000 ตัน/ปี)
ฟางข้าว	43,000
ซังข้าวโพด	1,000
เศษต้นถั่วต่างๆ	500
เศษต้นอ้อย	2,000
เศษพืชชนิดอื่นๆ	1,000
กากอ้อย	6,000
ขี้เลื่อย	30
ขุยมะพร้าว	30
แกลบ	5,000
ขยะเทศบาล (ในเขต กทม. และเมืองหลัก)	3,000
ผักตบชวา	1,000
มูลสัตว์ต่างๆ	65,000

ที่มา: อาณัฐ, 2549

1) ลักษณะการหมักแต่ละวิธี

2.1) การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกอง

การผลิตปุ๋ยหมักแบบกลับกอง เป็นการทำปุ๋ยหมักดั้งเดิมที่เกษตรนิยมทำกันมานานแล้ว ซึ่งการทำปุ๋ยหมักวิธีการนี้จะเป็นการกองปุ๋ยหมักแบบต่างๆ ไม่ต้องใช้อุปกรณ์มากนัก ซึ่งการกองปุ๋ยหมักบนพื้นเป็นการกแงปุ๋ยหมักบนพื้นที่ราบเป็นพื้นดินธรรมดา พื้นซีเมนต์บริเวณกลางแจ้ง หรือในโรงเรือนก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม แต่การกองปุ๋ยหมักในโรงเรือนจะได้ผลผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากน้ำจะระเหยออกจากกองปุ๋ยได้ช้ากว่าและไม่ถูกฝนหรือถูกแสงแดดทำให้ธาตุอาหารไม่ถูกชะออกไป

หลังจากตั้งกองปุ๋ยหมักแล้วกองปุ๋ยจะเกิดการหมักทำให้สภาพภายในกองปุ๋ยมีสภาพอับอากาศและอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูงไม่สามารถเจริญเติบโตหรือทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ ดังนั้น หลังจาก ตั้งกองแล้วตั้งหมั่นกลับกองปุ๋ยหมักอยู่เสมอซึ่งอย่างน้อยที่สุดตลอดการหมักควรกลับกองปุ๋ยอย่างน้อย 3-4 ครั้ง คือ ควรกลับกองครั้งแรกภายหลังจากหมัก 7 วัน ครั้งที่ 2 ภายหลัง 14 วัน และครั้งต่อไปภายหลัง 20 วัน นำเศษวัสดุที่นำมาใช้หมักแปรสภาพไปเป็นกองปุ๋ยหมักที่ผ่านการย่อยสลายเรียบร้อย

ตารางที่ 2.15 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในวัสดุชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	ปริมาณไนโตรเจน (%)	ชนิดของวัสดุ	ปริมาณไนโตรเจน (%)
ตะกอนน้ำเสีย	2.0-6.0	ต้นข้าวโพด	0.7-1.0
มูลเป็ด-ไก่	3.5-5.0	ใบไม้แห้ง	0.4-1.5
มูลสุกร	3.0	ฟางข้าว	0.4-0.6
มูลม้า	2.0	หญ้าแห้ง	0.3-2.0
มูลโค-กระบือ	1.2-2.0	กาบมะพร้าว	0.5
ต้นถั่วต่างๆ	2.0-3.0	แกลบ	0.3-0.5
ผักตบชวา	2.2-2.5	กากอ้อย	0.3-0.4
เปลือกถั่วลิสง	1.6-1.8	ขี้เลื่อยเก่า	0.2
ต้นฝ้าย	1.0-1.5	ขี้เลื่อยใหม่	0.1
ต้นข้าวฟ่าง	1.0	เศษกระดาษ	น้อยมาก

ที่มา: อาณัฐ, 2549

2.2) การทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองโดยใช้ระบบกองเติมอากาศ

วิธีนี้เศษพืชจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง แล้วกองบนลานกลางแจ้งให้มีความสูงประมาณ 2 เมตร มีการควบคุมความชื้น แหล่งจุลินทรีย์ อุณหภูมิภายในกอง รวมทั้งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ มีการเติมอากาศให้แก่กองปุ๋ย การหมักจะเสร็จภายใน 20-45 วัน เมื่อหมักเสร็จควรนำไปบ่มเช่นเดียวกันการเติมอากาศวิธีนี้จะช่วยตัดปัญหาการพลิกกลับกองได้

2.3) การทำปุ๋ยหมักระบบกองเติมอากาศ

2.3.1) เตรียมวัตถุดิบ นำเศษพืชไปย่อยในเครื่องย่อยเศษพืช หรือ อาจจะแยกเอาเฉพาะเศษใบไม้แห้งก็ได้ 6 ลูกบาศก์เมตร นำไปผสมคลุกเคล้ากับมูลโค 3 ลูกบาศก์เมตรเติมปุ๋ยยูเรีย 400 กรัม หินฟอสเฟต 200 กรัม และหัวเชื้อตัวเร่ง 90 กรัม

2.3.2) ขึ้นกองปุ๋ย นำเศษกิ่งไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์ 1-2 นิ้ว ยาว 40 ซม. วางสลับไปมาบนท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ที่เจาะรู และต่อท่อมาจากพัดลมเติมอากาศ กิ่งไม้นี้จะช่วยให้การระบายอากาศที่ดีในกองปุ๋ย นำเศษพืชที่จะหมักวางทับบนกิ่งไม้ที่มีความกว้างฐาน 2.5 เมตร สูง 1.0 เมตร ยาว 3.5 เมตร พร้อมกับรดน้ำให้พอเปียกหมาด หรือมีความชื้นร้อยละ 45-55 มาตรฐานความเปียกทั่วทั้งกอง

2.3.3) การเติมอากาศ เปิดพัดลมเติมอากาศ ในวันที่สองหลังจากการเริ่มกองเติมอากาศวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็นครั้งละ 15 นาทีทุกวัน เป็นเวลา 25 วัน หรือมากกว่า จนกว่าการหมักจะเสร็จ ปุ๋ยที่หมักเสร็จจะไม่เห็นลักษณะเดิมของเศษพืช จะเบา ร่วน นุ่ม มีสีดำคล้ำ และมีกลิ่น

2.3.4) การดูแลกองปุ๋ย เมื่อเริ่มหมักตรวจสอบความชื้นภายกองปุ๋ยทุกๆ 4-5 วัน โดยล้วงเข้าไปภายในกองปุ๋ยแล้วบีบ ถ้าความชื้นที่เหมาะสมวัตถุจะไม่แห้งหรือมีน้ำไหลเยิ้มติดมือ การเติมน้ำให้แก่กองปุ๋ยทำได้โดยใช้ไม้แทงในแนวดิ่งแล้วเติมน้ำภายใน 2-5 วันแรกอุณหภูมิภายกองปุ๋ยจะสูงขึ้นมีค่าประมาณ 60-80 °C ควรพยายามรักษาไม่ให้มีค่าเกิน 70 °C เพื่อไม่ให้ จุลินทรีย์ตาย และทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออินทรีย์สารในวัตถุดิบเริ่มลดลงไปอุณหภูมิภายในกองจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ จนมีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกซึ่งแสดงว่าการหมักได้สำเร็จ

2.3.5) นำไปบ่ม เมื่อการหมักสิ้นสุดลง ย้ายปุ๋ยเข้าในที่ร่มแล้วทิ้งไว้เฉยๆ เป็นเวลา 30 วัน เพื่อบ่มให้ปุ๋ยมีความเสถียร เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายขึ้นอีกภายหลัง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อต้นพืชได้ (อาณัฐ, 2549)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการหมักแบบใช้อากาศ

1) การเติมอากาศ

ความสำคัญของการเติมอากาศคือการให้ก๊าซออกซิเจน แก่จุลินทรีย์แล้วเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ถ้าหากว่าระบบเกิดสภาพขาดออกซิเจน กลิ่นเหม็นจากสารประกอบซัลเฟอร์ จะเกิดขึ้น แต่ไม่ควรมีการเติมอากาศมากเกินไป ซึ่งมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความต้องการก๊าซออกซิเจนนั้นมีมากที่สุดในช่วงแรกของการหมัก ดังนั้นอาจลดอัตราการเติมอากาศลงเมื่อปุ๋ยหมักที่ได้ที่แล้ว การควบคุมอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญในแง่ของรูปแบบกระบวนการหมัก ภาวการณ์มีก๊าซออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการย่อยสลาย
ประสิทธิภาพในการเติมอากาศยังขึ้นกับความพรุนของวัสดุที่นำมาใช้หมักด้วยเพราะถ้าหากว่าวัสดุมีความพรุนหรือช่องว่างไม่มากพอ ทำให้อากาศเข้าไปไม่ทั่วถึงทุกจุดในกองปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ความชื้นที่มาก จะเป็นปัญหาในการเติมอากาศอีกด้วย การพลิกกลับกองปุ๋ยเป็นวิธีง่าย ๆ อีกอย่างหนึ่งในการเติมอากาศ ส่วนวิธีการเติมอากาศแบบอัดอากาศตามท่อเข้าไปในกองปุ๋ยหมักเพื่อช่วยเร่งให้อัตราการหมักเกิดเร็วขึ้นซึ่งวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

2) สารอาหาร

ไนโตรเจนเป็นสารอาหารหลักที่สำคัญที่สุดต่อจุลินทรีย์ ส่วนฟอสฟอรัสมีความสำคัญรองลงมา ขณะที่โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ แคลเซียม และเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุที่จุลินทรีย์ต้องการเพียงเล็กน้อย แต่ขาดไม่ได้ เพราะมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

3) ความชื้น

น้ำจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในกระบวนการดูดซึมอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสียดังนั้นความชื้นเริ่มต้นควรอยู่ระหว่างร้อยละ 50-70 จึงจะทำให้กระบวนการหมักดำเนินไปด้วยดี แต่ถ้าความชื้นเกินร้อยละ 70 ปุ๋ยจะถูกอัดแน่นและลดปริมาณช่องว่างของอากาศภายในกองปุ๋ยซึ่งทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าความชื้นไม่เพียงพอต่อกระบวนการหมักจะทำให้อุณหภูมิทั่วทั้งกองปุ๋ยต่ำเกินไปมีผลทำให้ระยะเวลาในการหมักยาวนานออกไปด้วย ขนาดวัสดุและระบบที่ใช้ในการหมัก ในทางปฏิบัติค่าความชื้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 50-70

4) อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมจะเป็นตัวชี้ถึงกิจกรรมการดำรงชีวิตที่ดีของจุลินทรีย์ภายในระบบ การลดลงของอุณหภูมิอาจหมายถึงว่าวัสดุต้องการการเติมอากาศหรือความชื้น มิฉะนั้นแล้วกระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ช้า การทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลดีคือเป็นการเร่งกระบวนการหมักให้เกิดขึ้นเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพที่ดี นอกจากนี้ยังทำลายเชื้อโรคบางชนิดได้ ในช่วงแรกของการหมักที่อุณหภูมิประมาณ 35 °C สารประกอบคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งและน้ำตาลจะถูกย่อยสลาย สารโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60-65 °C เมื่อกระบวนการหมักเริ่มสมบูรณ์อุณหภูมิจะเริ่มลดลง จุลินทรีย์พวกแอคติโนมัยซีสต์และราจะเพิ่มขึ้นและเริ่มทำหน้าที่เปลี่ยนรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีความคงตัว เช่น เซลลูโลส ให้มีโครงสร้างที่เล็กลง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักเมื่อวัดที่จุดกึ่งกลางกองปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะเมโซฟิลิก (mesophilic stage) ช่วงอุณหภูมิ 15-43 °C ระยะเทอร์โมฟิลิก (thermophilic stage) ช่วงอุณหภูมิ 43-72 °C ระยะคูลลิงดาวน์ (coolingdown stage) เป็นช่วงที่อุณหภูมิเริ่มลดลง และระยะคงสภาพ (maturing stage) เป็นช่วงที่อุณหภูมิลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิของบรรยากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเทอร์โมฟิลิก อุณหภูมิ 50-65 °C เป็นระยะเวลา 2-3 วัน สามารถทำลายเชื้อโรคบางชนิดได้

5) ขนาดอนุภาค

ขนาดของวัตถุดิบที่นำมาหมักมีความสำคัญ เพราะว่าหากวัตถุดิบเริ่มต้นมีขนาดเล็กจะช่วยให้การย่อยสลายได้ง่ายขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าขนาดของวัตถุดิบละเอียดมากเกินไปจะขัดขวางการแพร่ของออกซิเจนที่จะเข้าไปในกองปุ๋ยเพราะว่าในช่วงเทอร์โมฟิลิก (50-65 °C) นั้นเป็นช่วงที่มีความต้องการออกซิเจนมากที่สุด ขนาดของวัสดุสำหรับการหมักโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.5-2.0 นิ้ว ค่าที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับการหมักแบบเติมอากาศโดยใช้เครื่องเป่าลมคือ 0.5-1.5 นิ้ว และสำหรับการหมักแบบวินโรว์มีการเติมอากาศแบบธรรมชาติ คือ 1.5-3.0 นิ้ว

6) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

ค่าความเป็นกรด-เบสของวัสดุผสมซึ่งก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก pH ควรมีค่าเป็นกลาง โดยทั่วไปสามารถทนทาน pH ในช่วงกว้าง ๆ ได้มากกว่าแบคทีเรีย กล่าวคือค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6.0-7.5 ส่วนค่า pH ที่เหมาะสมส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5.5-8.0 การเปลี่ยนแปลง pH ของกระบวนการหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงแรก pH จะลดลงเล็กน้อยที่ช่วง 5.0-5.5 จากนั้น pH จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นสภาวะด่างที่ช่วง 8.0-9.0 ต่อมา pH ลดลงเล็กน้อยและท้ายที่สุด pH จะลดลงจนมีค่าในช่วง 7.0-8.0 ในทางปฏิบัติค่า pH มิได้ใช้เป็นตัวควบคุมกระบวนการหมัก แต่ถ้าผู้ปฏิบัติทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในช่วงต่าง ๆ ของกระบวนการหมักจะเป็นการดีที่ทราบความเป็นไปของสภาพการหมักที่ดำเนินอยู่ในช่วงนั้น

7) จุลินทรีย์

ประชากรของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาหมักแบบเปิดในที่โล่งประกอบไปด้วยแบคทีเรียหลายชนิดจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีแอคติโนมัยซีสต์ รา และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อีก ดังนั้นจุลินทรีย์เหล่านี้ จึงเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักและมีส่วนสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกองปุ๋ย ส่วนการเพาะเชื้อจะทำเมื่อจุลินทรีย์เดิมนั้นไม่สามารถพัฒนาตัวเองให้มีการเพิ่มจำนวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8) ระยะเวลา

ระยะเวลาที่ต้องการในกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดความคงตัวของสารอินทรีย์นั้นขึ้นกับค่าเริ่มต้นของอัตราส่วนคาร์บอนไนโตรเจน (C/N) ความชื้น ขนาดของอนุภาค และการรักษาสภาพการหมักแบบใช้อากาศ เกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับสำหรับการหมักอย่างสมบูรณ์คือ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่สามารถลดลงได้ต่ำกว่าร้อยละ 20 ในช่วงระยะคงสภาพ ซึ่งช่วงดังกล่าวนี้ จะเกิดขึ้นภายหลังจากช่วงที่สารอินทรีย์มีความคงตัวภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550)

2.4) การหมักปุ๋ยแบบอัตราเร่งระบบกองเติมอากาศ

เป็นการทำงานที่ง่าย ต้นทุนต่ำไม่ต้องพลิกกลับกอง สามารถกองและหมักปุ๋ยบนลานกลางแจ้งได้ ผลิตได้ทุกฤดูการ และหมักเสร็จภายในเวลาอันสั้น ประมาณ 20-45 วัน เหมาะสำหรับชุมชนที่มีเศษพืชวัตถุดิบปริมาณมากและต่อเนื่อง เช่น เศษพืชจากการตัดแต่งกิ่งสวนผลไม้ เศษพืชจากเกษตรกรรม และเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ด เป็นต้น รูปแบบการทำมีดังนี้ (อาณัฐ, 2549)

2.4.1) กองปุ๋ยควรมีปริมาตรตั้งต้น 9 ลูกบาศก์เมตร มีความสูง 1.0 เมตร ยาว 3.5 เมตร ฐานกว้าง 2.5 เมตร

2.4.2) พัดลมเติมอากาศควรมีมอเตอร์กำลัง 3 แรงม้า ไฟ 3 เฟส โดยมีท่อพีวีซี 4 นิ้ว เป็นท่อเติมอากาศและเจาะรูบริเวณใต้กองปุ๋ย

2.4.3) อัตราส่วนของวัตถุดิบควรเป็นพืช: มูลโค เท่ากับ 2:1 โดยปริมาตร

2.4.4) ผสมธาตุอาหารของจุลินทรีย์ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย หินฟอสเฟต และสารตัวเร่ง ที่มีขายตามท้องตลาด ในสัดส่วน 2 กิโลกรัม 4 กิโลกรัม และ 0.4 กิโลกรัม ต่อวัตถุดิบ 1,000 กิโลกรัม

2.4.5) ในการผลิตปุ๋ยหมัก สามารถกองเศษพืชเพื่อหมักให้ได้คราวละหลายๆ กอง โดยใช้พัดลมการเติมอากาศตัวเดียวกัน จำนวนกองเศษพืชมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเศษวัสดุที่จะนำมาใช้ปุ๋ยหมัก

2) ลักษณะกองปุ๋ยที่ผ่านการหมักเสร็จสมบูรณ์

ลักษณะกองปุ๋ยที่ผ่านการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้วภายหลังการหมักเศษวัสดุได้ระยะหนึ่งแล้วกองปุ๋ยจะค่อยๆ ย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพไป และความร้อนในกองปุ๋ยจะค่อยๆ ลดลง เศษวัสดุต่างๆ จะค่อยๆ เน่าเปื่อย มีขนาดชิ้นเล็กลง และมีสีคล้ำขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดกองปุ๋ยก็จะเย็นตัวลง ปุ๋ยหมักที่ได้จะมีสีดำคล้ำและเป็นสีเดียวกันที่มีความร่วนโปร่งและไม่มีกลิ่นเหม็น ซึ่งลักษณะ

ตารางที่ 2.16 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากเศษพืชชนิดต่างๆ

ชนิดของพืช	total N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	pH
ฟางข้าว	1.18	0.38	2.06	1.8	0.48	0.08	8.5
ผักตบชวา	1.19	0.87	3.06	0-.51	0.28	0.06	7.9
ซังข้าวโพด	1.07	0.51	1.19	-	-	-	-
ขยะเทศบาล	1.98	10.4	1.06	-	-0.20	-	-
กากอ้อย	0.72	0.18	0.53	0.70	-	0.04	8.2
ขุยมะพร้าว	0.61	0.14	2.03	-	0.16	-	7.2
แกลบ	0.54	0.09	0.05	0.69	-	0.05	8.3
ขี้เลื่อย	0.51	0.16	0.43	-	-	-	7.6
พรุ	0.96	0.38	0.70	-		-	6.0

ที่มา: อาณัฐ, 2549

ดังกล่าวอาจใช้เวลาเกิน 2-3 เดือนซึ่งอาจช้าหรือเร็วกว่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการกองปุ๋ย เมื่อได้ปุ๋ยแล้วควรนำปุ๋ยมาเก็บไว้ในโรงเรือน หรือใต้หลังคาที่สามารถทนแดดและฝนได้ เพื่อรักษาและคงสภาพของปุ๋ยหมักให้มีประสิทธิภาพยาวนาน

2.5) การหมักแบบไร้อากาศ

การหมักแบบไร้อากาศ เป็นการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพที่ปราศจากออกซิเจนโดยสามารถแสดงปฏิกิริยาการย่อยสลายได้ดังสมการ

อินทรียวัตถุ + น้ำ + ธาตุอาหาร ⟶ มีเทน (ก๊าซชีวภาพ) + คาร์บอนไดออกไซด์ + แอมโมเนีย + ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ + จุลินทรีย์เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น + พลังงานความร้อน

จากสมการจะเห็นว่ากระบวนการนี้ทำให้เกิดก๊าซมีเทนที่เป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานความร้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้ทำให้เกิดกลิ่นอันเนื่องมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งกระบวนการหมักปุ๋ยแบบไร้อากาศที่เกิดขึ้นนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. กระบวนการไฮโดรไลซิส คือ กระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปพอลิเมอร์และไขมันที่มีโมเลกุลซับซ้อนไปเป็นน้ำตาลและไขมันโมเลกุลเดี่ยว

2. กระบวนการลดมวลโมเลกุลของสารประกอบ คือ กระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนแรก ไปเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลลดลง เช่น กรดน้ำส้ม แอลกอฮอล์ จุลินทรีย์ดังกล่าวคือแบคทีเรียในกลุ่มสร้างกรดซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย และที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน

3. กระบวนการเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ คือ กระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนก๊าซไข่เน่า (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) และกรดน้ำส้ม (แอซิติก) เป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุลินทรีย์ ดังกล่าวคือแบคทีเรียในกลุ่มสร้างมีเทน จุลินทรีย์ชนิดนี้เป็นจุลินทรีย์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้า ดังนั้นอัตราเมตรโบลิซึมจึงเป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะสิ้นสุดเมื่อมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทนเกิดขึ้น

กระบวนการหมักแบบไร้อากาศนั้น จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อควบคุมไม่ให้เกิดการถ่ายเทของอากาศ รวมทั้งการกำจัดก๊าซแอมโมเนียและซัลไฟด์โดยการควบคุมระดับความเป็นกรด-เบส ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.5 เพื่อให้แบคทีเรียสร้างมีเทน ทำงานได้ดี นอกจากนี้ยังต้องมีสารอาหารที่เพียงพอต่อ

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ส่วนอุณหภูมิควบคุมให้อยู่ในช่วง 30-38 °C (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550)

หลักการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักเกิดการหมักสมบูรณ์

1) สีของปุ๋ยหมัก ที่ผ่านหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว มักมีสีเข้มหรือสีน้ำตาลดำ

2) ลักษณะของเนื้อปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักจะมีเนื้อร่วนเป็นเนื้อเดียวกันและยุ่ยขาดออกจากกันได้ง่าย

3) กลิ่น ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักแล้วจะไม่มีกลิ่น

4) ความร้อนในกอง ในระยะแรกหลังหมักปุ๋ยได้ 2-3 วัน กองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ภายหลังจากนั้นเมื่อกองปุ๋ยผ่านการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว อุณหภูมิภายในกองจะเท่ากับอุณหภูมิภายนอกกอง ซึ่งแสดงว่าการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว

5) สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 20:1

การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกองเป็นการทำปุ๋ยหมักแบบดั้งเดิมของเกษตรการซึ่งใช้เวลานาน 3-4 เดือน และใช้แรงงานในการพลิกกลับกอง ในปัจจุบันมีวิธีการทำปุ๋ยหมักแบบใหม่อีกหลายวิธีที่ใช้ระยะเวลาสั้นลงและใช้แรงงานน้อย เป็นการผลิตปุ๋ยหมักแบบอัตราเร่ง (high rate composting) ที่สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรม และได้ปุ๋ยหมักในระยะเวลาอันสั้น ค่าองค์ประกอบธาตุอาหารหลักของตัวอย่างปุ๋ยที่หมักเสร็จด้วยระบบการหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศ แสดงดังตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 ค่าองค์ประกอบธาตุอาหารหลักของตัวอย่างปุ๋ยที่หมักเสร็จด้วยระบบการหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศ

ตัวอย่าง	พีเอช	ความชื้น	ค่าสภาพการนำไฟฟ้า µmho /cm	อินทรีย์สารทั้งหมด	ร้อยละ			
					org. C	N	P_2O_5	K_2O
1	7.54	9/02	214.0	51.04	29.60	2.61	1.42	0.57
2	7.75	6.58	131.0	40.28	23.36	2.19	2.19	0.51
3	7.75	6.34	144.7	35.76	20.74	1.60	1.60	1.24

ที่มา: อาณัฐ, 2549

ตัวอย่างการผลิตปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทิ้งจากการแปรรูปประกอบอาหารทั่วไป และอุตสาหกรรมมะพร้าวกะทิ และอื่น ๆ โดยได้จากการนำกาบมะพร้าว ไปเข้าเครื่องตีขุยมะพร้าวก่อนแล้ว ผลที่ได้จะ

ได้เส้นใยเหนียวมะพร้าว นำไปทำเบาะที่นั่ง ขุดรับแขก ส่วนขุยมะพร้าวนำมาผลิตปุ๋ยหมัก สำหรับประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั่วประเทศ ปีเพาะปลูก 2541/2542 ที่ให้ผลผลิต 2,066,000 ไร่ โดยให้ผลิตผลิตรวม 1,372,000 ตัน ปลูกมากเกือบทุกจังหวัดทางภาคใต้และภาคตะวันออกของไทย ดังนั้น เมื่อนำมะพร้าวมาแปรรูปประกอบอาหารทั่วไป หรือนำไปทำอุตสาหกรรมมะพร้าวกะทิและอื่น ๆ จะได้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้ง เมื่อนำกาบมะพร้าวไปเข้าเครื่องตีขุยมะพร้าว ตัวเครื่องจะแยกกาบมะพร้าวออกเป็น 2 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ เส้นใยมะพร้าวกับขุยมะพร้าว แต่เนื่องจากมีคุณสมบัติสามารถอุ้มน้ำได้ดี รักษาความชื้นได้นาน มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชครบถ้วน โดยเฉพาะโพแทสเซียม จึงสามารถนำขุยมะพร้าวมาผลิตปุ๋ยหมักได้เป็นอย่างดี (พิสิฐ, 2548)

1. ส่วนประกอบของขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าวโดยเฉพาะมีธาตุอาหารไนโตรเจน 0.44 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.066 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1.11 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.34 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.21 เปอร์เซ็นต์ และกำมะถัน ไม่มีข้อมูล คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) 167:1

2. ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าว มีการผลิตหลายสูตร

สูตรที่ 1

1) การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ขุยมะพร้าว มูลสัตว์ ปุ๋ยเคมี หน้าดิน ขี้ตะกรันอ้อย หรือจุลินทรีย์ คราด ส้ม จอบ บุ้งกี๋ และถัง

2) ในกรณีที่มีขุยมะพร้าวในปริมาณที่ไม่มากนัก ให้นำขุยมะพร้าวรวมกับมูลสัตว์และปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 100:10:1 โดยน้ำหนัก ขุยมะพร้าวมากองบนพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ ความกว้างาของกอง 2-3 เมตร สูง 1.0-1.50 เมตร ความยาวไม่จำกัด โดยกองขุยมะพร้าวเป็นชั้น ๆ ย่ำให้แน่น ให้แต่ละชั้นสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร

3) นำมูลสัตว์หรือขี้ตะกรันอ้อยหว่านทับข้างบนให้หนาประมาณ 1-2 นิ้ว โรยปุ๋ยเคมีบาง ๆ ทับมูลสัตว์อีกทีหนึ่ง

4) ถ้าใช้สารเร่งจากเชื้อจุลินทรีย์ ควรละลายเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำอุ่นหรือน้ำเย็นธรรมดา ราดทับลงไป แล้วจึงนำขุยมะพร้าวมากองทับเป็นชั้นต่อไป

5) ทำเช่นเดียวกับการกองชั้นแรกทุกประการให้ขนาดของกองมีความสูง 1.0-1.50 เมตร ชั้นบนสุดใส่หน้าดินปิดทับหนาประมาณ 1 นิ้ว หลังจากนั้นก็ดูและประมาณ 2-4 เดือนก็จะได้ปุ๋ยหมักในกรณีใส่เชื้อเร่งประมาณ 5-6 เดือน ในกรณีที่ไม่ใส่เชื้อเร่ง

6) ถ้ามีขุยมะพร้าวจำนวนมาก ให้นำขุยมะพร้าวมากองบนพื้นราบเรียบได้เลย แล้วใช้มูลสัตว์หรือขี้ตะกรันอ้อยจากโรงงาน ปุ๋ยเคมี และอื่น ๆ ผสมในอัตราส่วนดังกล่าว เมื่อถึงระยะเวลาการกลับกองจะต้องใช้เครื่องจักรดำเนินการ ซึ่งสามารถประหยัดแรงงานได้มาก อีกแนวทางหนึ่งสามารถนำขุยมะพร้าว ใบอ้อย ไปหว่านในแปลงเพาะปลูกได้โดยตรงประมาณ 2-3 ตัน

ต่อไร่ในระยะดินมีความชื้น และหว่านปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรียลงไปด้วยประมาณ 5-6 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบเศษพืช หมักทิ้งไว้ประมาณ 3 เดือน ทำการไถแปรและยกร่องเพื่อปลูกพืชต่อไปได้ โดยจะไม่เป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก

7) ในระหว่างที่กองปุ๋ยหมักเสร็จจนถึงเป็นปุ๋ยหมักแล้ว มีข้อควรดูแลรักษาหลักการกอง คือ

(1) หมั่นตรวจดูแลกองขุยมะพร้าวโดยมีหลักการให้น้ำคือ อย่าให้แห้งหรือแฉะเกินไป โดยมีวิธีการตรวจ คือ ใช้มือสอดเข้าไปในกองลึก ๆ หยิบชิ้นส่วนมาบีบดู ถ้ามีน้ำขังอยู่ที่ฝ่ามือแสดงว่าความชื้อพอเหมาะ ไม่ต้องรดน้ำ ถ้าไม่มีน้ำติดฝ่ามือ แสดงว่า ขุยมะพร้าวแห้งเกินไปต้องรดน้ำระยะนี้ ถ้าบีบดูน้ำทะลักออกมาตามง่ามมือ แสดงว่าแฉะเกินไป ไม่ต้องรดน้ำและควรกลับกองด้วย

(2) กลับกองขุยมะพร้าวทุก ๆ 7-10 วัน เพื่อให้อากาศถ่ายเทผ่านเข้าไปในกองได้สะดวก และลดความร้อนภายในกอง นอกจากนี้ยังเป็นการคลุกเคล้าให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันได้เป็นอย่างดี และทำให้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยได้กระจายและขยายปริมาณออกไปทั่วกองมากยิ่งขึ้นซึ่งจะทำให้กองขุยมะพร้าวสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้นกว่าไม่มีการกลับกองปุ๋ยหมัก

(3) ในกรณีที่ไม่มีแรงงานกลับกองขุยมะพร้าว สามารถใช้ไม้ไผ่หลาย ๆ อันเจาะรูรอบ ๆ และทะลุปลายป้องไปบนกองขุยมะพร้าว เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก จะช่วยทำให้ขุยมะพร้าวสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้รวดเร็วขึ้นกว่าไม่มีการกลับกองปุ๋ย แต่จะช้ากว่าการกลับกองปุ๋ย

สูตรที่ 2

1) การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ขุยมะพร้าว แกลบดิน มูลไก่ (ปุ๋ยคอก) ปุ๋ยยูเรีย สารเร่งจุลินทรีย์ พด.1

2) นำขุยมะพร้าวมากองรวมกับแกลบดินรวมกันและมูลไก่ (ปุ๋ยคอก) ในอัตราส่วน 80:20 โดยน้ำหนัก โดยหลักการทำปุ๋ยหมักทุกอย่างทำเหมือนสูตรที่ 1 ยกเว้น

ทำกองปุ๋ยหมักให้สม่ำเสมอเป็นกองสูงประมาณ 1 เมตร รดน้ำด้วยสายยาง 7 – 10 วัน ต่อครั้ง กลับกองปุ๋ยทุก 15 วัน ใช้เวลาหมักประมาณ 5-6 เดือน ก็จะได้ปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าวแบบสูตรที่ 2 ซึ่งจะให้ธาตุอาหาร คือ ให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส 0.05 เปอร์เซ็นต์ ธาตุโพแทสเซียมประมาณ 2.49 เปอร์เซ็นต์ และธาตุซิลิกอน ซึ่งได้จากการย่อยสลายของแกลบช่วยทำให้พืชมีผิวหนังเซลล์ที่แข็งแกร่ง พีเอชปุ๋ยหมัก 5.9-7.7

ข้อคิดในการผลิตปุ๋ยหมัก

1. ขุยมะพร้าวมีค่า C/N ratio สูงมาก ดังนั้นในการผลิตปุ๋ยหมัก ควรที่จะใช้ปุ๋ยคอก และสารเร่งจุลินทรีย์หรือเชื้อเร่งปุ๋ยหมัก ไม่ควรผลิตปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าวเพียงลำพัง

2. ในการผลิตปุ๋ยหมักจากขุยมะพร้าวในระหว่างการผลิต ต้องมีการระบายความร้อนและแก๊สพิษภายในกองปุ๋ยหมักเสมอ เพราะจะเกิดความร้อนภายในกองปุ๋ยหมักที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง (พิสิฐ, 2548)

5) การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เป็นวิธีการผลิตปุ๋ยรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการนิยมเป็นอย่างสูงในต่างประเทศ เนื่องจาการแปรรูปการผลิตปุ๋ยหมักที่ได้ปุ๋ยหมักในเวลาอันรวดเร็วและได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีเยี่ยมซึ่งในปัจจุบันการผลิตปุ๋ยหมักรูปแบบนี้เป็นที่นิยมกันมาก ในการนำมาใช้ร่วมกับการจัดการปัญหาขยะอินทรีย์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในส่วนของเกษตรกร หน่วยงานเทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล โรงพยาบาล สถานศึกษา รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วย เนื่องจากการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะเป็นวัตถุดิบที่เป็นขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในกระบวนการผลิตโดยนำวัตถุดิบเหล่านี้มาให้ไส้เดือนดินกินและถ่ายมูลออกมา ซึ่งมูลที่ได้จะเป็นปุ๋ยหมักชั้นดี นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังได้ผลผลิตอื่นๆ ด้วย นอกจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน นั่นก็คือน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดินที่ขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน (อาณัฐ, 2549)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (vermicompost) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการกินขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดิน โดยอินทรียวัตถุที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปจะผ่านกระบวนการย่อยในลำไส้ของไส้เดือนดินซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดินหลายร้อยชนิดที่สามารถผลิตเอนไซม์ช่วยย่อยธาตุอาหารพืชในขยะที่ไส้เดือนดินดูดกินเข้าไปให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถไปใช้ได้ทันที ซึ่งเมื่อขยะอินทรีย์เหล่านั้นผ่านการย่อยสลายและการดูดซึมในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมาเป็นมูลมูลไส้เดือนดินที่ได้เรียกว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

5.1) คุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายของการทำปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินจะได้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินกับน้ำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด มีสีดำ โปร่งเบา ถ่ายเทอากาศและน้ำได้ดีมาก และมีความจุความชื้นสูง ซึ่งผลจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปภายในลำไส้ด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและน้ำย่อยที่ไส้เดือนดินจะช่วยส่งเสริมการละลายของธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ปนออกมากับมูลไส้เดือนดินยังสามารถสร้างกรดฟอสฟาเตสได้อีกด้วย ดังนั้นในการผลิตปุ๋ยหมักไส้เดือนดินปรับปรุงดิน จะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นได้ และช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น คือ ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถชอนไชได้ดีขึ้น ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้ได้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อ

พืชได้เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรียวัตถุที่ใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (อาณัฐ, 2549)

เศษวัสดุอินทรีย์หลายชนิดที่ถูกย่อยสลายโดยไส้เดือนดิน ธาตุอาหารหลายๆ ชนิดที่อยู่ในเศษอินทรียวัตถุเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ไนโตรเจน ในรูปไนเตรทหรือแอมโมเนียมฟอสฟอรัสอยู่ในรูที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้และนอกจากนี้ยังมีส่วนของธาตุอาหารพืชชนิดอื่นๆ และจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมทั้งที่ควบคุมการเจริญเติบโต ของพืชหลายชนิดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในลำไส้ของไส้เดือนดินด้วย สำหรับการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในการปรับปรุงดินสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินได้ นอกจากนี้เมื่อใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินให้กับต้นพืช ปุ๋ยหมักไส้เดือนดินก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนให้อยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งจะทำให้ดินมี NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นภาวะที่พืชหลายชนิดต้องการมากกว่ามีไอออนชนิดหนึ่งชนิดใดเพียงอย่างเดียว

5.2) รูปแบบการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

รูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ เพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีหลายรูปแบบ ดังนี้

5.2.1) ลักษณะที่กองเป็นแปลงกลางแจ้งแบบง่ายที่สุดไปจนถึงที่ซับซ้อนที่ต้องใช้เทคนิคและเทคโนโลยีชั้นสูงหลายอย่างร่วมกัน ซึ่งรูปแบบต่างๆ นั้นมีมากมาย ยากแก่การจำแนกได้ครบรายละเอียดถึงการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ในการผลิต แต่เทคนิคและกระบวนการกำจัดขยะโดยใช้ไส้เดือนดินโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยในการเริ่มต้นเลี้ยงไส้เดือนดินจำนวนน้อยหรือขนาดเล็กที่สุดส่วนมากจะใช้ระบบแบบง่ายที่สุดและใช้ต้นทุนต่ำ

5.2.2) การเลี้ยงแบบกองหรือใช้ภาชนะที่หาได้ง่าย ภายในบ้าน เช่น กระถาง อ่าง ถัง ลังไม้ ตู้ลิ้นชัก หรือท่อซีเมนต์ ซึ่งการเลี้ยงรูปแบบนี้สามารถเลี้ยงโดยพื้นที่บริเวณบ้านได้

5.2.3) ระบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่มีขนาดใหญ่ที่ต้องการสร้างโรงเรือน และบ่อเลี้ยงจะใช้พื้นที่บริเวณบ้านได้ เป็นรูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการสร้างและบ่อเลี้ยงดังกล่าว ต้องมีพื้นที่ในการตั้งโรงเรือนค่อนข้างกว้าง สามารถกำจัดขยะได้จำนวนมาก

5.2.4) รูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่พัฒนามาจากเลี้ยงไส้เดือนดินในโรงเรือน แต่จะใช้เทคโนโลยีและเงิน ที่สูงกว่าในการผลิตติดตั้งโครงสร้างและระบบ แต่ระบบนี้จะใช้แรงงานคนน้อย และมีประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการค่อนข้างสูงและได้ทุนคืนเร็ว ขยะจะถูกกำจัดได้เร็วมากเมื่อใช้ระบบเทคโนโลยีที่สูงและควบคุมแบบอัตโนมัติ

5.2.5) รูปแบบของการกำจัดขยะอินทรีย์เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักแบบที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ง่ายเตรียมอุปกรณ์หรือที่อยู่สำหรับเลี้ยงไส้เดือนดินสามารถปฏิบัติได้ดังต่อไปนี้

(1) เตรียมวัสดุรองพื้นสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของไส้เดือนดินเพื่อให้ไส้เดือนได้ปรับตัวก่อนเริ่มให้อาหารหรือขยะอินทรีย์โดยวัตถุรองพื้นจะใช้มูลวัวตากแห้งนำมาแช่น้ำใส่ในบ่อเลี้ยงที่ใส่กินร่วนในอัตราดินร่วน:มูลวัว เท่ากับ 4:1 ผสมให้เข้ากัน ใส่หนา 15-20 เซนติเมตร แล้วรดด้วยน้ำหมักชีวะภาพ (ผสมน้ำ 1:500) ให้วัสดุมีความชื้นประมาณ 70-80 %

(2) ใส่ไส้เดือนดินพันธุ์สีแดงที่หาได้ในท้องถิ่น (ในภาคเหนือจะใช้พันธุ์ขี้ตาแร่ *Pheretima peguana*) ลงไปที่ความหนาแน่น 1 ตารางเมตรต่อไส้เดือนดิน 1 กิโลกรัม

(3) คลุมด้วยตาข่ายไนลอน หรือปิดด้วยแผ่นไม้ บริเวณปากบ่อ เพื่อกันสัตว์และแมลงต่างๆ ที่จะเข้าไปในบ่อ ไปทำอันตรายต่อไส้เดือน

(4) ใส่เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ที่เหลือทิ้ง เพื่อให้ไส้เดือนดินย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยหมัก

ในการจะจัดตั้งระบบการผลิตไส้เดือนทางการค้าควรพิจารณาว่าจะใช้ระบบใดโดยพิจารณาจากพื้นที่ จำนวนเงินทุน แรงงานคนและชนิดของขยะที่จะกำจัด เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินโดยใช้ย่อยสลายขยะอินทรีย์ พบว่า ในพื้นที่ 100 ตารางเมตร ที่ไส้เดือนดินจำนวน 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตรนั้น (ประมาณ 1,200 ตัวต่อกิโลกรัม) จะสามารถกำจัดขยะอินทรีย์ได้ประมาณ 3-5 ตันต่อสัปดาห์ ถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมจากความหลากหลายของสายพันธุ์ไส้เดือนที่อยู่ในพื้นที่สูงจะมีผลทำให้ปริมาณขยะจากเศษผัก เศษอาหารจากชุมชนเปลี่ยนเป็นปุ๋ยหมักได้ในปริมาณที่สูง อันส่งผลถึงปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่จะถูกนำมาใช้ในระบบเกษตรธรรมชาติในพื้นที่ที่ขาดความสมบูรณ์ และสภาพโครงสร้างของดินไม่ดีได้เป็นจำนวนมาก

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์ในชุมชนทั่วไป จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ขยะอินทรีย์ 100 กิโลกรัม เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยไส้เดือนดินแล้วจะกลายเป็นปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 30 กิโลกรัม (อาณัฐ, 2549)

6) กระบวนการต่างๆ ที่เกิดในระหว่างการหมัก

6.1) กระบวนการทางเคมีในการหมัก

องค์ประกอบด้านธาตุอาหารของอินทรีย์สารที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิต สามารถวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำด้วยวิธีมาตรฐาน แต่ผลการวิเคราะห์มักเบี่ยงเบนจากค่าที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บตัวอย่างให้ได้ตัวแทนที่ดีนั้นทำยาก จึงต้องให้ความสนใจเรื่องการเก็บตัวอย่างวัสดุหรือตัวอย่างปุ๋ยหมักเป็นพิเศษ ผลการวิเคราะห์วัสดุอินทรีย์บางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2.18

6.1.1) คาร์บอนไนโตรเจนและสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนหรือ C:N เรโช (C:N ratio) องค์ประกอบของธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอินทรีย

สารนำมาหมัก สำหรับคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์หรืออินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุ มีความสำคัญต่อกระบวนการหมักอย่างยิ่ง กล่าวคือ สารอินทรีย์คาร์บอนเป็นทั้งแหล่งพลังงาน

ตารางที่ 2.18 ปริมาณธาตุอาหารและค่าวิเคราะห์ทางเคมีในวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม

ชนิดของวัสดุ	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Ca (%)	Mg (%)	Org. C (%)	C/N	pH
1. กากตะกอนน้ำเสียโรงงาน								
เป๊ปซี	4.10	2.33	0.30	-	-	-	-	-
โรงงานเบียร์	4.49	1.59	0.31	2.18	0.29	33	7	7.1
โรงงานสุรามหาราษฎร์	5.94	0.56	0.50	0.18	-	33	6	6.6
โรงงานผงชูรส	4.8	0.63	-	-	-	-	-	-
2. ขี้เลื้อย								
ไม้เบญจพรรณ	0.32	0.16	2.45	-	-	62.70	196	5.4
ไม้ยางเก่า	0.25	0.15	0.53	-	-	56.37	225	7.4
ไม้ยางใหม่	0.19	0.36	0.40	-	-	58.41	307	7.5
3. กากอ้อย	0.40	0.15	0.44	-	-	57.69	146	6.05
4. ขุยมะพร้าว	0.36	0.05	2.94	-	-	60.13	167	6.15
5. แกลบ	0.36	0.09	1.08	-	-	54.72	152	6.18
6. ต้นปอกระเจาจากโรงงาน	0.45	-	-	-	-	51.83	115	5.30
7. เปลือกเมล็ดปาล์มบด	0.52	0.03	0.30	-	-	60.95	117	5.49
8. กากเมล็ดละหุ่ง	5.37	0.87	0.98	0.14	-	27.23	5.07	6.34
9. เปลือกมันสำประหลังแห้ง	0.59	0.19	0.77	-	-	31.52	53	4.45
10. เปลือกสับปะรด	1.79	0.85	5.46	-	-	48.60	26	7.60
11. เปลือกถั่วคาโลโปโกเนียม	2.30	0.54	2.94	-	-	53.49	42	5.70
12. เปลือกเมล็ดกาแฟ	0.93	0.14	6.22	-	-	65.05	70	6.30
13. เปลือกเมล็ดถั่งลิสง	0.73	-	-	-	-	58.36	75	6.40
14. เปลือกทุเรียน	0.83	0.19	2.15	-	-	50.63	81	5.50

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, (2551)

และแหล่งของคาร์บอนที่จุลินทรีย์ใช้เป็นหลักในการเจริญเติบโต ส่วนไนโตรเจนก็เป็นธาตุอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณมาก เนื่องจากส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

กระบวนการทำปุ๋ยหมักซึ่งเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำเอาคาร์บอนไปใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ แล้วเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณนั้น จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วหรือไม่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอาหารอื่นๆ ด้วยว่าเพียงพอหรือไม่ด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณมาก และในวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักมักจะมีธาตุนี้อยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุที่นำมามักเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดอัตราการย่อยสลายของกองวัสดุ ปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่าจะเพียงพอสำหรับการย่อยสลายที่รวดเร็วนั้น การรายงานเฉพาะความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดยังไม่เพียงพอ แต่นิยมนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ เพื่อหาสัดส่วนระหว่างสารอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนทั้งหมด หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าเป็นอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหรือ C:N เรโช (C:N ratio) ด้วย

วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดมีสัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำกว่า 20 ไปจนถึงสูงกว่า 200 เศษพืชโดยทั่วไปมีอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วงประมาณ 45–50 % แต่จะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้น เศษพืชที่มีไนโตรเจนอยู่มาก เช่นพวกพืชตระกูลถั่วก็จะมีค่า C:N เรโช ต่ำ เศษพืชตระกูลหญ้าที่มีไนโตรเจนน้อยก็จะมีค่า C:N เรโช สูงเป็นต้น เมื่อนำเอาต้นไม้ที่มีไนโตรเจนมากมาหมัก จุลินทรีย์ก็จะได้ไนโตรเจนมากพอ ในการที่จะย่อยสลายเศษพืช การเข้าไปย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนก็เกิดขึ้นอย่างทั่วถึง และรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักนั้นอินทรีย์สารที่สลายได้ (biodegradable materials) จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังนั้นเมื่อเวลาของการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์บอนในวัสดุจะลดลง แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนกลับสูงขึ้นและส่งผลให้ C:N เรโช ลดลง นอกจากนี้การหมักด้วยอินทรีย์สารที่ C:N เรโชแคบมาก ก็มักมีการระเหยไปของแอมโมเนีย แต่ถ้ากว้างเกินไปจะได้ปุ๋ยหมักช้า (ตารางที่ 2.19)

สำหรับตัวชี้วัดมาตรฐานที่ใช้กำหนดสภาพของปุ๋ยหมัก ว่าแปรสภาพได้ที่ดีแล้วหรือไม่ คือค่า C:N เรโชโดยถือว่าปุ๋ยหมักที่แปรสภาพดีแล้วมีค่า C:N เรโช ต่ำกว่า 20:1 แต่ในทางปฏิบัติการใช้ปุ๋ยหมักที่มีค่า C:N เรโช สูงกว่านี้ไปบ้างเล็กน้อยก็มิได้เกิดผลเสียหายแก่พืช เพียงแต่คุณสมบัติในการเป็นสารปรับปรุงดินอาจด้อยคุณภาพลงไปบ้างเท่านั้น เนื่องจากการแปรสภาพของสารอินทรีย์ไปเป็นสารฮิวมิกยังไม่ค่อยสมบูรณ์ดีนัก ในการนำเอาปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ต้องทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับรูปของไนโตรเจนในปุ๋ยว่าไนโตรเจนเกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ แต่มีแอมโมเนียมและไนเทรตในสัดส่วนที่ต่ำมาก เช่น ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุต่างๆ แม้จะมีไนโตรเจนทั้งหมดสูงถึง 2% แต่จะ

มีไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ง่ายต่ำกว่า 0.03% ไนโตรเจนที่เหลือจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชได้ใช้จากการสลายตัวของปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ

ตารางที่ 2.19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ N, P, K และ C:N เรโชของวัสดุอินทรีย์บางชนิด

วัสดุอินทรีย์	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	C:N	C:P
เปลือกสับปะรด	1.43	0.22	1.89	44.23	33.93	200.0
ทะลายปาล์ม	1.28	0.16	0.90	47.76	37.31	298.5
ฟางข้าว	0.87	0.14	1.05	44.00	50.57	314.3
ใบอ้อย	1.07	0.26	1.28	48.87	45.67	187.9
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	0.57	0.10	0.62	44.94	78.84	449.4
กากอ้อย	0.13	0.36	0.11	50.33	387.15	139.8
ซังข้าวโพด	0.43	0.13	0.59	49.38	114.83	379.8
ผักตบชวา	1.68	0.26	4.05	41.48	24.69	159.5
ต้นถั่วเขียว	3.40	0.22	0.56	44.71	13.15	203.2
เปลือกลิ้นจี่	0.93	0.13	1.83	47.85	51.45	368.1
แกลบ	0.37	0.07	0.54	36.54	89.75	522.0
ขี้เลื่อยยางพารา	0.21	0.05	0.38	80.38	382.76	1607.6

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548ข อ้างในยงยุทธและคณะ, (2551)

ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักกับพืชผักซึ่งมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว จึงไม่ค่อยเน้นการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่มีอยู่ แต่จะให้ความสำคัญกับความสามารถของปุ๋ยหมัก ในการปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่า กรณีของไนโตรเจนจะแตกต่างจากฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมในปุ๋ยหมัก เนื่องจากสองธาตุนี้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยหมักจากฟางข้าวมักจะมีโพแทสเซียมที่พืชใช้ได้ทันทีอยู่เป็นปริมาณมาก

6.1.2) ธาตุอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงคือ ฟอสฟอรัส กำมะถัน คลอรีน และโลหะหนัก

(1) ฟอสฟอรัส ในอินทรีย์สารมีความสำคัญต่อกระบวนการหมักเช่นเดียวกับไนโตรเจน สำหรับอินทรีย์สารที่ใช้ปุ๋ยหมักมีฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.90 % P ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ใช้ และเมื่อนำมาหาอัตราส่วนกับคาร์บอนจะให้ค่า C:P เรโชแตกต่างกัน สำหรับค่า C:P เรโช เปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ฟอสฟอรัสยังคงอยู่ในปุ๋ยหมัก ดังนั้นความเข้มข้นของธาตุนี้ในปุ๋ยหมักจึงสูงกว่าวัตถุดิบ โดยทั่วไปปุ๋ยหมักมีฟอสฟอรัสระหว่าง 0.2–0.7% P

(2) กำมะถัน ในอินทรีย์สารที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมักมีปริมาณแตกต่างกัน เช่นในเศษกระดาษมีเพียง 0.008–0.08%S แต่เศษอาหารมีสูงถึง 0.22–0.54% S ธาตุนี้ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนสองชนิดคือ ซิสเทอีน (cysteine) และเมไทโอนีน (methionine) ซึ่งพบในโปรตีนและอินทรีย์สารอื่นๆ เนื่องจากในกระบวนการหมักมีทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน กล่าวคือในกองส่วนที่มีออกซิเจนเพียงพอ กำมะถันจะแปรสภาพเป็นซัลเฟต แต่บางส่วนที่ขาดออกซิเจนจะเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และอินทรีย์สารที่ระเหยได้หลายชนิดเช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ คาร์โบนิลซัลไฟด์ เมทิลเมอแคปเทนไดเอทิลซัลไฟด์ และไดเมทิลซัลไฟด์ สารเหล่านี้มีกลิ่นเหม็น สำหรับปริมาณของกำมะถันในสารระเหยรวมกับซัลเฟตที่เกิดขึ้นจากการหมักขยะของชุมชนเมือง (municipal solid waste) มีตั้งแต่ค่าเพียง 0.05% จนถึง 0.33%S แต่โดยทั่วไปมีประมาณ 0.16% การกลับกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้มีกระบวนการออกซิเดชัน ช่วยลดกลิ่นและเพิ่มซัลเฟตในปุ๋ยได้

(3) คลอรีนได้รับความสนใจเนื่องจากอินทรีย์สารที่นำมาทำปุ๋ยหมักมีสารฆ่าศัตรูพืชเจือคลอลีน (chlorinated pesticide) ตลอดจนสารอื่นๆ ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบปนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิด และใช้เวลาค่อนข้างนาน ได้สลายสารดังกล่าวเป็นส่วนมาก จึงถือว่าการหมักช่วยทำลายสารพิษเหล่านั้นลงไปมีรายงานว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะในชุมชน มีสารประเภทนั้นในระดับต่ำมาก ซึ่งไม่มีปัญหาในการนำมาใช้บำรุงดิน

(4) โลหะหนักในปุ๋ยหมักเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดคุณภาพของปุ๋ย ซึ่งผู้ผลิตต้องควบคุมให้มีน้อยที่สุด และอยู่ในเกณฑ์ที่แต่ละประเทศกำหนด สำหรับมาตรฐานของประเทศในทวีปยุโรปแสดงไว้ในตารางที่ 2.20

ตารางที่ 2.20 พิกัดของปริมาณโลหะหนัก (มิลิกรัม/กิโลกรัม) ตามกฎการควบคุมปุ๋ยหมักของประเทศในทวีปยุโรปและปริมาณที่วัดได้จากบางแหล่ง

โลหะหนัก	ค่าที่ควบคุม	ปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนเมือง	ปุ๋ยหมักจากอินทรีย์สารอื่นๆ
Cd	1.2–4.0	4.4	0.84
Cr	50–750	90.8	35.8
Cu	60–1,200	298.1	46.8
Pb	120–1,200	455.0	83.1
Hg	0.3–25	-	0.38
Ni	20–400	76.3	20.5
Zn	200–4,000	919.8	249.6

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

การศึกษาเรื่องโลหะหนักในปุ๋ยหมักควรพิจารณาสองด้าน คือ ปริมาณและรูปของสารประกอบที่มีอยู่ โดยถือว่าชนิดของธาตุและองค์ประกอบทางเคมีของโลหะหนัก มีความสำคัญกว่าปริมาณที่วัดได้ ในกรณีของโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว แคดเมียมและปรอทนั้น เฉพาะรูปที่ละลายและพืชดูดได้ จะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อพืชและถึงผู้บริโภค หรือถูกชะล้างลงไปสะสมในน้ำใต้ดิน แต่โลหะหนักซึ่งเป็นธาตุอาหารประเภทจุลธาตุ เช่นทองแดง และสังกะสี ที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักจะเป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง

6.1.3) การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สาร ในกระบวนการหมัก อินทรีย์สารประมาณ 50% ถูกย่อยสลายกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สำหรับสารประกอบที่สลายง่ายได้แก่โปรตีนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะลดลงไปเรื่อยๆ แล้วมีกรดฮิวมิกซึ่งเป็นสารใหม่เกิดมากขึ้นตามเวลาของการหมัก ส่วนการเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบของอินทรียสารในกระบวนการหมักได้แก่ มีโครงสร้างของสารอะโรมาติก (aromatic structure) ฟีนอล (phenolic-structure) และกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนพอลิแซกคาไรด์ลดลง

6.1.4) pH แม้ว่าจะมีจุลินทรีย์หลายกลุ่มเข้ามามีบทบาทในกระบวนการหมัก แต่ช่วย pH ที่เหมาะสมของกระบวนการดังกล่าวอยู่ระหว่าง 6.5–8.5 อย่างไรก็ตามเนื่องจากสารที่ได้ระหว่างการหมักมีความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูง ดังนั้นแม้อินทรีย์สารที่นำมาหมักจะมี pH เดิมแตกต่างกัน เช่น ตะกอนน้ำเสียมี pH 5.0–6.5 เมื่อนำมาหมักมักได้ pH ของกองวัสดุอยู่ระหว่าง 6.5–8.5 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ในการหมักวัสดุต่าง ๆ พบว่าปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ขี้เลื่อย กากตะกอนน้ำเสีย และเปลือกยูคาลิปตัส มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาการหมัก ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า pH อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.7–8.1 ปุ๋ยหมักจากชานอ้อยมี pH ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 5.7–6.9 การทำปุ๋ยหมักไม่ควรใช้อินทรีย์สารที่เป็นด่างล้วนๆ หรือเติมปูนลงไปจนเป็นด่างมาก ๆ เนื่องจากจะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมาก และเป็นเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็น

ในการทำปุ๋ยหมักจากขยะของชุมชนเมืองนั้น มีการเปลี่ยนแปลง pH ดังนี้ คือ 1) เติมวัสดุที่ใช้หมักมี pH ประมาณ 6 และในช่วงแรกของการหมักจะมีกรดอินทรีย์เกิดขึ้น pH จึงลดลงเล็กน้อย 2) ต่อมากรดอินทรีย์เปลี่ยนเป็นมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ pH ของวัสดุจึงสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และ 3) pH สุดท้ายของปุ๋ยหมักอยู่ระหว่าง 7.5–8.5

6.2) กระบวนการทางฟิสิกส์ในการหมัก

แม้ว่าการทำปุ๋ยหมักจะใช้กระบวนการทางชีวเคมีเป็นหลัก แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นในการหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยทางฟิสิกส์ เช่น ความชื้นและขนาดของชิ้นวัสดุด้วย โดยที่ความชื้นและขนาดของชิ้นวัสดุในกองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระหว่างการหมัก จึงนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและช่วงเวลาที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก

6.2.1) ปริมาณความชื้น นอกจากจุลินทรีย์ทุกชนิดต้องการน้ำแล้ว น้ำยังเป็นตัวทำละลายสารอาหารต่างๆ ด้วย จึงต้องรักษาความชื้นของกองวัสดุให้ได้ 50–60% โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการหมักด้วยวัสดุต่างกันก็ควรควบคุมความชื้นที่ต่างกันออกไป เช่น ความชื้นที่เหมาะสมในการหมักขยะจากชุมชน คือ 52–58% ส่วนเศษอาหารควรปรับให้ได้ประมาณ 60% วัสดุบางชนิดความชื้นที่เหมาะสมอาจสูงถึง 70–80% เป็นต้น หากมีความชื้นต่ำเกินไปแม้ว่าแบคทีเรียจะมีกิจกรรมได้เมื่อความชื้นของวัสดุต่ำเพียง 12–15% แต่การย่อยสลายอินทรีย์สารในสภาพดังกล่าวจะช้ามาก ใช้เวลาหมักนานกว่าปกติหรือได้ปุ๋ยหมักซึ่งไม่ดีพอ แต่ถ้าความชื้นสูงเกินไป ปริมาณอากาศอาจไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ทำให้การย่อยสลายชะลอลง บางครั้งยังอาจทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสมเป็นปริมาณมาก เป็นเหตุให้ปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพต่ำลง เพราะกรดอินทรีย์ที่คงค้างอยู่อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์หรือมีผลเสียต่อการเจริญของรากพืชได้

6.2.2) ความชื้นในกองวัสดุมาจากสองแหล่งคือ ความชื้นเดิมของวัสดุและความชื้นที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ สำหรับความชื้นจากการย่อยสลายของอินทรีย์สารนั้นประมาณ 0.55-0.65 กรัม/กรัมวัสดุ ขณะเดียวกันการสลายของอินทรีย์สาร 1 กรัมแบบใช้ออกซิเจน จะให้พลังงานความร้อนประมาณ 25 กิโลจูล ซึ่งเพียงพอสำหรับการระเหยน้ำ 10.2 กรัม หรือประมาณ 10 เท่าของน้ำที่ได้จากกิจกรรมการสลายตัว จึงเห็นได้ว่ากองวัสดุจะมีการสูญเสียน้ำระหว่างการหมักอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นผู้ผลิตปุ๋ยหมักจึงต้องควบคุมให้มีความชื้นระยะแรกและระยะต่อมาประมาณ 60% แล้วปล่อย ให้ลดลงทีละน้อย จนได้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 40% เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตคือร่อนผ่านตะแกรงและบรรจุถุง จะมีความชื้นไม่เกิน 35%

6.2.3) ขนาดของชิ้นวัสดุที่ใช้หมักมีผลต่อการอุ้มน้ำ ความพรุนและการถ่ายเทอากาศ กล่าวคือกองวัสดุชิ้นใหญ่มีความพรุนสูงและการถ่ายเทอากาศดีกว่ากองวัสดุชิ้นเล็ก อย่างไรก็ตามเนื่องจากกิจกรรมการสลายตัวแบบให้อากาศที่เกิดตามผิวของอินทรีย์สารจะมีอัตราสูง หากเพิ่มอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรวัสดุ (surface to volume ratio) ให้มีค่าสูงขึ้น โดยทำให้ชิ้นส่วน

ตารางที่ 2.21 ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (% คิดจากน้ำหนักแห้ง) ในวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

วัตถุดิบที่ใช้	ของแข็งที่ระเหยได้ (%)
มูลไก่	77
เศษอาหาร	84-96
เศษหญ้า	89
กระดาษหนังสือพิมพ์	95-99

ที่มา: ยงยุทธและคณะ, 2551

มีขนาดเล็กลง การสลายตัวของอินทรีย์สารในกองก็ย่อมเร็วขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงแนะนำว่าการใช้ชิ้นวัสดุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3–50 มิลลิเมตร กองให้มีช่องอากาศ 32–36 % และมีความชื้น 52–60 % จะเป็นสภาพที่เหมาะสำหรับการสลายตัวของอินทรีย์สารแบบใช้ออกซิเจน

6.3) ภาพรวมของการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก มีสองเรื่องที่สำคัญมาก คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและกระบวนการมินเนอราลไลเซชัน

6.3.1) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอินทรีย์สารมีหลายชนิด และแต่ละชนิดก็ชอบระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่นพวกมีโซไฟล์เจริญได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิ 15–145 °C ในขณะที่พวกเทอโมไฟล์ชอบอุณหภูมิที่สูงกว่า คือ 45–70 °C เนื่องจากระดับอุณหภูมิของกองปุ๋ยเป็นผลของการปลดปล่อยความร้อนจากกระบวนการหมักได้เป็นอย่างดี ผู้ผลิตปุ๋ยหมักจึงอาศัยการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดผล 2 ประการ คือ 1) มีอัตราการสลายตัวของอินทรีย์สารสูงสุด และ 2) มีการทำลายเชื้อโรคมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยมาใช้บำรุงดิน แม้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหมักอินทรีย์สารต่างชนิดกัน จะมีความแตกต่างกันบ้างก็ตาม แต่โดยทั่วไปถือว่าอุณหภูมิประมาณ 55°C และอยู่ในช่วง 35-60°C นั้นเป็นค่าปรกติ ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งสองด้าน คือ กิจกรรมการย่อยสลายสูงสุดและทำลายเชื้อโรคต่างๆ ได้มาก

6.3.2) กระบวนการมินเนอราลไลเซชัน วัตถุประสงค์หลักของการหมักแบบใช้ออกซิเจน คือ การแปรสภาพซากพืชและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ให้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยน้ำ อินทรีย์สารและอนินทรียสาร ซึ่งวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ดังนี้ คือ หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของการอบจนได้น้ำหนักคงที่ ส่วนปริมาณอินทรีย์สารและอนินทรียสารได้จากการเผาตัวอย่างปุ๋ยหมักในเตาเผา เมื่ออินทรีย์สารถูกเผาและกลายเป็นแก๊สก็เหลืออนินทรียสาร สำหรับอินทรีย์สารที่เผาไหม้นี้เรียกว่าของแข็งที่ระเหยได้ (volatile solids) วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมักมีปริมาณของแข็งที่ระเหยได้แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.21 ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 55–80%

ในระหว่างการหมักปริมาณอินทรีย์สารหรือของแข็งที่ระเหยได้ในวัตถุดิบลดลง แต่ปริมาณอนินทรียสารก็เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณเถ้า (ash) จึงเป็นข้อมูลอย่างหยาบๆ ที่บ่งชี้ถึงระดับความก้าวหน้าของการหมักได้อย่างหนึ่ง โดยทั่วไปปริมาณของแข็งที่ระเหยได้จะหายไปในช่วงการหมัก 17–53% เฉลี่ย 30% หรือประมาณหนึ่งในสามของอินทรีย์สารได้เปลี่ยนเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามปริมาณการสลายของอินทรีย์สารขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบของสาร การควบคุมอุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศและปริมาณอาหารของจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาชนิดของวัตถุที่ใช้พบว่า ขยะจากชุมชนเมืองอาจสูญเสียของแข็งที่ระเหยได้ตั้งแต่ 10 ถึง 30%

7) ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

7.1) ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับดินโดยเป็นแหล่งธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมาให้แก่ต้นพืชอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ

7.2) ให้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ฯลฯ ที่มีประโยชน์ต่อพืช

7.3) ทำให้คุณสมบัติของดินดีขึ้นโดยทำให้ดินอุ้มน้ำหรือดูดความชื้นไว้ให้พืชได้มากขึ้น

7.4) ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศถ่ายเทได้ดี

7.5) ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดินทำให้การงอกของเมล็ดหรือการซึมของน้ำลงไปในดินสะดวกขึ้น ตลอดจนช่วยลดการไหลบ่าของน้ำเวลาฝนตก

7.6) ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม โดยเป็นการนำเศษวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2550)

2.1.8 ปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้จากการไถกลบต้น ใบและส่วนต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่ปลูกไว้ หรือขึ้นเองตามธรรมชาติในระยะช่วงออกดอกจนถึงดอกบานเต็มที่ ซึ่งเป็นช่วงที่มีธาตุอาหารในลำ ต้นสูงสุด แล้วปล่อยไว้ให้เน่าเปื่อยผุพัง ย่อยสลายเป็นอาหารแก่พืชที่จะปลูกตามมา ปุ๋ยพืชสด นอกจากจะให้ธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักแก่พืชแล้ว ยังให้ธาตุอาหารรองอื่นๆ ที่จำ เป็นแก่พืช ช่วยปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินร่วนซุยสะดวกต่อการไถพรวน นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาในการกำจัดวัชพืชได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548)

1) ลักษณะของพืชที่จะนำมาปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดควรมีคุณสมบัติทั่วๆ ไป ดังนี้

1.1) ปลูกได้ง่ายเจริญเติบโตเร็ว ระบบรากแข็งแรงออกดอกในระยะเวลาอันสั้น

1.2) สามารถให้น้ำหนักพืชสดสูง ตั้งแต่ 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ขึ้นไป

1.3) ทนแล้งและทนต่อสภาพต่างๆ ได้ดี สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล

1.4) มีความต้านทานต่อโรคและแมลง

1.5) สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้มาก และขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว

1.6) ทำการเก็บเกี่ยว ตัดสับ และไถกลบได้ง่าย

1.7) ลำต้นอ่อน เมื่อไถกลบแล้วเน่าเปื่อยผุพังได้รวดเร็ว และมีธาตุอาหารพืชสูง

2) ชนิดของพืชที่ใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสดแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.1) พืชตระกูลถั่ว

เป็นพืชที่เหมาะจะนำ มาเป็นปุ๋ยพืชสดมากกว่าพืชประเภทอื่น เพราะเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารพืชสูง เมื่อตัดสับและไถกลบจะเน่าเปื่อยผุพังเร็ว โดยเฉพาะจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช เพราะในการที่พืชจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงนั้นพืช

จะต้องได้รับธาตุไนโตรเจนอย่างเพียงพอ รากถั่วจะมีปมเล็กๆ ที่เรียกว่า ปมรากถั่ว (nodule bacteria) ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ไรโซเบียม *(Rhizobium)* อาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถดึงเอาธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในอากาศมาไว้ในปมรากถั่ว เศษพืชที่สลายตัวเน่าเปื่อยลงไปในดินก็จะเพิ่มธาตุอาหารพืชที่สำคัญๆ หลายชนิดให้แก่ดินตลอดจนเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุแก่ดิน ช่วยปรับปรุงสภาพของดินอยู่ในลักษณะที่เหมาะสม การปลูกพืชพืชปุ๋ยสดเป็นพืชตระกูลถั่ว ก่อนปลูกควรพิจารณาถึงสภาพพื้นที่ที่จะปลูก เพื่อให้สามารถใช้ได้ดี และให้ปริมาณน้ำหนักพืชสดสูงโดยพิจารณาชนิดพืชที่ใช้ปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ดังนี้

2.2.1) โสนไต้หวัน (*Sesbania sesban*) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีดอกสีเหลืองเป็นช่อ สามารถขึ้นได้ในดินทั่วๆ ไป แต่จะขึ้นได้ดีในดินเหนียวที่มีน้ำขัง หรือบริเวณที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมถึง จึงเหมาะสำหรับปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวภาคกลาง หรือดินภาคอื่นๆ ที่มีสภาพของดินและสภาพพื้นที่เหมือนกัน นอกจากนี้โสนไต้หวันยังทนแล้งได้ด้วย

2.2.2) โสนอินเดีย (*Sesbania speciosa*) เป็นพืชที่มีดอกสีเหลืองเป็นช่อ ดอกใหญ่กว่าดอกโสนไทย และโสนไต้หวัน มีลำ ต้นสูงและทนต่อความแห้งแล้งได้ดีกว่าโสนไต้หวัน เป็นพืชที่ให้น้ำหนักสดสูงมากพืชหนึ่งโสนอินเดียชอบดินที่ค่อนข้างจะเป็นด่าง จึงนิยมปลูกบนที่ดอนไม่ว่าจะเป็นดินเหนียว ดินร่วน หรือดินทราย ก็สามารถปลูกขึ้นได้ดี เมื่อขึ้นแล้วน้ำขังก็ไม่ตาย

2.2.3) โสนคางคก (*sesbania aculeata*) เป็นพืชที่มีลำต้นขรุขระขึ้นได้ดีในบริเวณที่มีน้ำขัง สามารถขึ้นได้ดีในดินเค็ม จึงเหมาะสำ หรับปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวที่ปลูกในดินเค็ม

2.2.4) ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) มีลำ ต้นคล้ายปอแก้ว ดอกจะมีสีเหลืองอยู่กระจัดกระจาย จัดว่าเป็นพืชปุ๋ยสดที่ดีเยี่ยมชนิดหนึ่ง ซึ่งจะหาพืชชนิดอื่นเทียบได้อยาก เนื่องจากเมื่อไถกลบแล้วจะผุพังได้รวดเร็วและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินในปริมาณมาก สามารถขึ้นได้ในดินเหนียว ดินร่วน ดินทราย หรือดินลูกรัง แต่ไม่ชอบขึ้นในดินที่ชื้นหรือมีน้ำขัง นิยมปลูกบนที่ดอน

2.2.5) ถั่วพร้า (*Canvalia ensiformis*) เป็นพืชที่มีลำ ต้นตรง บางชนิดก็เลื้อยพันเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีรากลึก ใบใหญ่ กว้าง ลำ ต้นแข็งแรง ดอกมีสีแดงอ่อน ม่วงอ่อน หรือขาว เป็นพืชทนแล้งได้ดี สามารถขึ้นได้ในดินทั่วไปแต่นิยมปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดในพื้นที่ปลูกพืชไร่ ถั่วประเภทเถาเลื้อย เช่น ถั่วลาย ถั่วเสี้ยนป่าไมยราบไร้หนาม เว็ลเว็ท คาโลโปโกเนียม ซีรูเลียมและอัญชัน ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นพืชคลุมดินในสวนผลไม้ เพื่อปราบวัชพืชบางชนิดแล้วใต้ต้นหรือใบที่ร่วงหล่นทำเป็นปุ๋ยบำรุงดิน อันเป็นประโยชน์แก่ไม้ผล ที่ปลูกมากกว่าจะตัดสับแล้วไถกลบ

2.2.6) ถั่วประเภทใช้เมล็ดอื่นๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วนา ถั่วลิสงก็สามารถใช้ปลูกทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้

2.3) พืชชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เช่น พวกพืชตระกูลหญ้าก็สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดได้ แต่พืชพวกนี้ส่วนใหญ่จะให้แต่เพียงอินทรียวัตถุ ส่วนธาตุอาหารพืชอย่างอื่นมีปริมาณน้อย

กว่าพืชตระกูลถั่ว ฉะนั้นขณะที่ทำ การไถกลบพืชตระกูลหญ้าลงไปในดิน จึงนิยมหว่านปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบลงไปด้วยในอัตรา 5-10 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้แล้วแต่อายุของพืชที่ถูกกลบ

2.3) พืชน้ำ พืชน้ำชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว คือแหนแดง (Azolla) เนื่องจากแหนงแดงเป็นที่อาศัยของแอลจีบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศมาให้แหนแดงเน่าเปื่อยผุพัง ก็จะให้ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุแก่ดิน แหนแดงสามารถเลี้ยงขยายในนาข้าวแล้วทำเป็นปุ๋ยพืชสด โดยจะให้ไนโตรเจนได้ถึง 4-6 กิโลกรัม/ไร่ นอกจากนี้ยังนำมาเพาะขยายพันธุ์ได้ในดินที่มีน้ำขัง เราจึงมักพบเห็นแหนแดงมีขึ้นอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติบริเวณที่มีน้ำขังเสมอ

ตารางที่ 2.22 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่ได้จากปุ๋ยพืชสด

ชนิดพืช	ธาตุอาหารพืช		
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)
โสนอัฟริกัน	2.87	0.22	2.40
โสนอินเดีย	2.85	0.46	2.68
โสนจีนแดง	2.85	0.34	2.10
ปอเทือง	2.76	0.22	2.40
ถั่วพุ่ม	2.68	0.39	2.46
ถั่วพร้า	2.72	0.54	3.14
มะแฮะ	1.92	0.05	0.90

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2550

3) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด

เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้นาน 5 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ เมื่อนำไปปลูกทำให้ไม่งอกหรืองอกน้อย เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ฯลฯ ฉะนั้นเมื่อได้เมล็ดมาก็นำ ไปปลูกได้เลย ไม่ควรเก็บไว้ แต่เมล็ดพันธุ์บางชนิดสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 2 ปี ก็ยังมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง จึงต้องมีวิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ดังนี้ คือ เก็บไว้ในโอ่ง ถัง ปี๊บ ไห หรือกล่องที่สามารถปิดได้มิดชิด แมลงไม่สามารถเข้าไปได้ และอย่าเก็บไว้ในที่ชื้นใช้เมล็ดพันธุ์คลุกขี้เถ้าแกลบหรือการใช้สารเคมีคลุกเมล็ด

4) การปลูกพืชปุ๋ยสดเพื่อปรับปรุงดิน

ในการปลูกพืชปุ๋ยสดให้ได้ผลดีนั้นควรพิจารณาถึงปัจจัย 3 ประการ คือ

4.1) ลักษณะของดิน

เนื่องจากพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ นั้น ขึ้นได้ดีในดินที่ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นก่อนปลูกควรปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะสม เช่น ถ้าเป็นดินเปรี้ยว ควรใส่ปูนลงไปก่อน ถ้าเป็นดินทราย ควรใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 3-9-6 อัตรา 5-10 กิโลกรัม/ไร่ หว่านเป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก จะช่วยให้พืชสดเจริญเติบโตและให้น้ำหนักสดสูงด้วย

4.2) เวลาฤดูกาลที่ปลูก

เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ ปลูกช่วงต้นฤดูฝนหรือปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวพืช ซึ่งความชื้นในดินยังมีอยู่ หรือปลุกก่อนการปลูกพืช หรือปักดำ ข้าวประมาณ 3 เดือน ในช่วงปลายฤดูฝนก็สามารถปลูกได้แต่ต้องมีความชื้นในดินอยู่บ้าง

4.3) วิธีการปลูก

มีหลายวิธีด้วยกัน คือการปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว หยอดเป็นหลุม หรือหว่านเมล็ดลงไปถั่วแปลงก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีหว่าน ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดแรงงานกว่า ซึ่งควรทำการไถดะก่อนแล้งจึงหว่านเมล็ดลงไป หลังจากนั้นจึงทำ การคราดกลบเมล็ด ถ้าเป็นพืชที่มีเมล็ดใหญ่ควรคราดกลบให้ลึกหน่อย เพื่อช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นการใช้เมล็ดพันธุ์พืชสดที่เหมาะสมในพื้นที่ 1 ไร่ ควรใช้อัตราส่วนเมล็ดดังตารางที่ 2.23

5) วิธีการใช้พืชปุ๋ยสด แบ่งการใช้ได้เป็น 3 วิธี คือ

5.1) ปลูกพืชปุ๋ยสดในพื้นที่แปลงใหญ่ แล้วทำ การตัดสับและไถกลบลงไปในพื้นที่นั้นเลย ก่อนที่จะปลูกพืชหลักชนิดอื่นๆ ตามมา

5.2) ปลูกพืชปุ๋ยสดแซมในระหว่างร่องพืชหลักที่ปลุก โดยปลูกพืชปุ๋ยสดหลังจากพืชหลักเติบโตเต็มที่แล้วเพื่อป้องกันการแย่งธาตุอาหารในดิน เมื่อพืชปุ๋ยสดเริ่มออกดอกจนถึงดอกบานก็ทำการตัดสับ และไถกลบลงไปในดินระหว่างร่องปลูกพืชหลัก

5.3) ปลูกพืชปุ๋ยสดในพื้นที่ที่รกร้างว่างเปล่า หรือ ตามหัวไร่คันนาแล้วตัดสับเอาส่วนของพืชปุ๋ยสดนำ มาใส่ในแปลงเพื่อจะทำ การปลูกพืชหลัก แล้วไถกลบลงไปในดิน

6) การตัดสับและไถกลบพืชปุ๋ยสด

ในการตัดสับและไถกลบพืชปุ๋ยสดนั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงอายุของพืชปุ๋ยสดเป็นสำคัญ ควรกระทำเมื่อมีปริมาณธาตุไนโตรเจนในพืชสูงสุด และให้น้ำหนักพืชปุ๋ยสดสูงด้วย ฉะนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการตัดสับและไถกลบ จึงควรทำ ขณะที่ต้นถั่วเริ่มออกดอกไปถึงระยะที่ดอกบานเต็มที่ เนื่องจากในระยะนี้ต้นถั่วเจริญงอกงามสูงสุด และเป็นระยะที่องค์ประกอบของพืชปุ๋ยสดอยู่ในขั้นที่เหมาะสมเต็มที่ เนื่องจากในระยะนี้ต้นถัวเจริญงอกงามสูงสุด และเป็นระยะที่องค์ประกอบของปุ๋ยพืชสดอยู่ในขั้นที่เหมาะสมแก่การสลายตัว เมื่อไถกลบแล้วจะทำ ให้มีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุไนโตรเจนสะสมอยู่ในดินสูงด้วย แต่ถ้าหากอายุแก่เลยระยะนี้ธาตุไนโตรเจนในพืชจะลดลง

ตารางที่ 2.23 ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืชปุ๋ยสดบางชนิดในระยะออกดอกและเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารหลักในพืชปุ๋ยสด

ชนิดพืชปุ๋ยสด	น้ำหนักสด ตัน/ไร่	น้ำหนักแห้ง กก./ไร่	% N	% P_2O_5	% K_2O	% ความชื้น
ปอเทือง	5	922.50	1.98	0.30	2.41	81.55
โสนจีนแดง	6	1,200	2.25	0.34	2.34	80.00
โสนอินเดีย	5	915	2.55	0.35	3.63	81.70
โสนอัฟริกัน	2.72	635	2.05	-	-	76.65
ถั่วพุ่ม	4	490.80	2.92	0.45	4.00	87.53
ถั่วพร้า	4.7	1,030.24	3.04	0.37	3.12	78.08
ถั่วแระ	7	1,712.20	1.92	0.05	0.90	75.54
ถั่วฮามาต้า	2.2	396	1.06	0.02	0.97	82.00
ถั่วคุดซู	5.3	1,338.78	1.94	0.16	1.49	74.74
ถั่วลาย	3.7	1,093.35	1.60	0.04	1.32	70.45
ไมยราบย์ไร้หนาม	4	1,180	1.04	0.04	1.03	70.50
ถั่วคาโลโปโกเนียม	1	288	1.11	0.03	0.82	71.20
ถั่วเหลือง	3	576	2.71	0.56	2.47	80.80
ถั่วเขียว	4	688	0.39	0.43	4.16	82.80

ที่มา : ปุ๋ยพืชสด, 2555

เมื่อพืชไถกลบถูกฝังอยู่ใต้ดินแล้วก็จะเริ่มเน่าเปื่อยผุพังเป็นปุ๋ยทั้งหมด ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 628 สัปดาห์ ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดและอายุของเศษพืชนั้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศและความชื้นในดินด้วย หลังจากนั้นจึงทำการปลูกพืชตามได้

7) ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด

7.1) ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

7.2) ช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักให้แก่พืช

7.3) ช่วยบำรุงและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

7.4) ช่วยรักษาความชุ่มชื้นในดินและให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

7.5) กรดที่เกิดจากการผุพังของพืช จะช่วยละลายธาตุอาหารในดินให้แก่พืชได้มากขึ้น

7.6) ลดอัตราการสูญเสียของดินอันเกิดจากการชะล้างช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548 ก)

ข้อควรพิจารณาในการเลือกพืชเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสด

การพิจารณาเลือกพืชที่จะใช้ทำเป็นพืชปุ๋ยสดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น สภาพพื้นที่ภูมิอากาศ วัตถุประสงค์ในการใช้ รวมทั้งความนิยม ชนิด และรูปแบบของการปลูกพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นนั้น ๆ ด้วย โดยทั่วไปอาจสรุปเป็นแนวทางหลักในการพิจารณาได้ดังต่อไปนี้ (ปุ๋ยพืชสด, 2555)

1. เลือกพื้นที่เจริญเติบโตได้ดีในดินและฤดูกาลที่ประสงค์จะปลูกโดยเฉพาะอย่างยิ่งควรเจริญเติบโตได้ดีพอควรในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี และต้องการการดูแลรักษาเพียงเล็กน้อย

2. เมล็ดพันธุ์หาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาไม่แพงเกินไป และควรจะสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ต่อไปได้ง่าย

3. ให้น้ำหนักต้นสดต่อเนื้อที่สูง อันจะส่งผลให้ได้ธาตุอาหารจากการสลายตัวแล้วสูงไปด้วย

4. เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว สามารถแข่งกับวัชพืชได้ออกดอกได้ในระยะเวลาสั้น เพื่อจะได้ทำการไถหรือสับกลบได้เร็วขึ้น

5. มีระบบรากลึก กว้าง อันจะส่งผลให้พืชทนต่อความแห้งแล้งและทำให้เกิดช่องว่างในดินล่างช่วยให้มีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้นทั้งรากพืชสามารถดูดธาตุอาหารจากดินชั้นล่างมาสะสมในใบและลำต้นเมื่อพืชถูกไถหรือถูกกลบลงไปแล้วธาตุอาหารเหล่านั้นก็จะอยู่บนดินชั้นบนเป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูกตามมา

6. ต้านทาน และทนต่อการทำลายของศัตรูพืชได้ดีไม่เป็นแหล่งที่พักอาศัยของศัตรูพืชอันจะมีผลต่อการทำลายพืชเศรษฐกิจที่ปลูกตามมา

7. ลำต้น กิ่งก้านเปราะง่ายต่อการไถและสับกลบลงในดินอันจะทำให้ซากพืชไถกลบลงไปนั้นง่ายแก่การถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน

8. ไม่มีผลในทางลบ คือไม่เป็นวัชพืชต่อพืชเศรษฐกิจที่ปลูกตามมาในภายหลัง

9. สามารถจัดเข้าระบบปลูกพืชได้ง่ายและเหมาะสม

ตารางที่ 2.24 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้*	ไม่เกิน 35 %
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5%
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคมและโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 % โดยน้ำหนัก
6	pH	5.5–8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)	ไม่เกิน 20:1
8	การนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 6 เดซิซีเม็น/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (%โดยน้ำหนัก) - ไนโตรเจน (total N) - ฟอสฟอรัส (total P_2O_5) - โพแทสเซียม (total K_2O_5)	 ไม่น้อยกว่า 1 % ไม่น้อยกว่า 0.5 % ไม่น้อยกว่า 0.5 %
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 %
11	สารหนู (arsenic)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
12	แคดเมียม (cadmium)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
13	โครเมียม (chromium)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
14	ทองแดง (copper)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
15	ตะกั่ว (lead)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
16	ปรอท (mercury)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2548

2.1.9 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการหมัก การกลับกองปุ๋ยจนได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพ พร้อมทั้งเสริมเติมแต่งธาตุอาหารพืช โดยใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มลงไปให้ได้ตามสูตรความต้องการที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้โดยทั่วไป จะมีปริมาณแร่

ธาตุที่พืชต้องการอยู่ในปริมาณที่ต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งในปลูกพืชนอกจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และเกษตรกรยังใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มในการปลูกพืชแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงขึ้น โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาผสมกับปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่พืชแต่ละชนิดต้องการ และจะใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงเพียงอย่างเดียวต่อการปลูกพืชทำให้ลดค่าแรงและเวลาในการใส่ปุ๋ยลงได้ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ผลิตได้เมื่อนำมาใช้จะสามารถทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี แข็งแรงและให้ผลผลิตสูง เช่นเดียวกับปุ๋ยเคมีโดยทั่วไป และสามารถปรับปรุงดินได้ในขณะเดียวกัน (สุริยาและคณะ, 2545) กรมวิชาการเกษตร (2548) ได้กำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ดังตารางที่ 2.25

2.1.10 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปั้นเม็ด

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์แบบเม็ดในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย มีทั้งกลุ่มเกษตรและเอกชน มีการตั้งโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปั้นเม็ดกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีตั้งแต่โรงงานขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ทั้งที่ผลิตใช้เองหรือจำหน่ายด้วยเหตุที่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดนั้นสามารถใช้งานได้สะดวก เก็บรักษาได้นาน และขนย้ายได้ง่ายจึงเป็นข้อดีที่ต่างจากปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง แม้จะต้องเพิ่มกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนขึ้นกว่าเดิม แต่ในทางเศรษฐกิจแล้วการนำปุ๋ยผงมาแปรรูปเป็นปุ๋ยเม็ดนั้นนับเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ปุ๋ยอินทรีย์ได้ทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น อาทิ เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548 ก)

จากการวิเคราะห์สภาพดินในประเทศไทยพบว่ามีอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่า 2% จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเร่งปรับปรุงดินให้มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าตามปกติปุ๋ยอินทรีย์จะมีประสิทธิภาพด้อยกว่าปุ๋ยเคมีในเรื่องธาตุอาหารปริมาณการใช้ที่มากกว่า และให้ผลผลิตต่ำในระยะแรก หากมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพมาผลิตและผนวกกับกระบวนการผลิตปุ๋ยเม็ดแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ก็จะมีคุณภาพสูงเทียบเคียงปุ๋ยเคมีที่มาจากอนินทรีย์สารหรืออินทรีย์สังเคราะห์ การเลือกวัตถุดิบมาทำการผลิตสามารถกำหนดเป็นสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับสภาพดิน และให้มีธาตุอาหารตามที่พืชนั้นๆ ต้องการ

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดจะสามารถผสมผสานวัตถุดิบได้หลากหลาย เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช น้ำหมักชีวภาพ หินและแร่ธรรมชาติ หรือแม้กระทั่งกากเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งนี้เพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีทั้งอินทรีวัตถุ ธาตุอาหาร จุลินทรีย์ที่มีชีวิต ฮอร์โมน และสารปรับสภาพดิน เป็นส่วยช่วยให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีธาตุอาหารพืชสูงขึ้น จากที่เกษตรกรนำไปใช้พบว่าจะได้ผลผลิตที่สูงขึ้นกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป และจะใช้ในปริมาณที่น้อยลงในปีต่อๆไป การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดคุณภาพสูงจึงเอื้อต่อการผลิตพืชระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศกำลังมีอัตราการเติบโตสูงขึ้นยังมีผลให้มีปริมาณความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้นอยู่

ตลอด การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสามารถผลิตได้ 2 ลักษณะ คือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ลักษณะเม็ดปุ๋ยที่ได้จะมีความแตกต่างกันไปตามเครื่องจักรที่ใช้ผลิต การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจะใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่เป็นลักษณะเกลียวอัด ปุ๋ยที่ออกมาเป็นลักษณะเป็นเม็ดกิมจ๊อ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดจะใช้เครื่องจักรที่เรียกว่าจานปั้นเม็ดปุ๋ย เม็ดปุ๋ยที่ออกมาจะมีลักษณะกลมมน ก่อนจะนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ดปุ๋ยหรือปั้นเม็ดปุ๋ย ไม่ว่าปุ๋ยอัดเม็ดหรือปุ๋ยปั้นเม็ดจะมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเหมือนกัน ประกอบด้วย การหมักวัตถุดิบ และการบดวัตถุดิบ รายละเอียดดังต่อไปนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548 ก)

1) การหมักวัตถุดิบ

วัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นเม็ดต้องมีการย่อยสลายโดยสมบูรณ์ก่อน ซึ่งต้องมีค่า CN (อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน) อยู่ในช่วงไม่เกิน 20:1 ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับดิน ค่านี้หมายถึงกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นแล้ว เมื่อนำไปใส่ลงดินจะไม่มีจุลินทรีย์ทำงานและไม่ไปแย่งไนโตรเจนจากพืชซึ่งจะทำให้พืชไม่โตโดยปกติวัตถุดิบต่างๆ ก่อนจะหมักมักจะมีค่า C/N แตกต่างกันไป วิธีการหมักให้เกิดการย่อยสลายจะมีผลให้ค่า C/N ลดลงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม วัตถุดิบต่างๆ จะมีค่า C/N แจกแจงไว้ดังตารางที่ 2.26

ตารางที่ 2.25 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบประเภทวัสดุเหลือทิ้ง

ชนิด	อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน (C/N)
มูลไก่ไข่	26
มูลไก่เนื้อ	20
มูลสัตว์ปีก	15
มูลหมู	-
มูลวัว-มูลควาย	18
มูลม้า	25
มูลแกะ	-
มูลคน	6-10

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2548 ก

- ค่า C/N เริ่มต้นของวัตถุดิบอยู่ที่ 20 ใช้เวลาหมัก 12 วัน
- ค่า C/N เริ่มต้นของวัตถุดิบอยู่ที่ 20-50 ใช้เวลาหมัก 14 วัน
- ค่า C/N เริ่มต้นของวัตถุดิบอยู่ที่ 78 ใช้เวลาหมัก 21 วัน

เมื่อหมักสมบูรณ์จะไม่มีความร้อนเกิดขึ้นนอกเหนือจากการหมักให้สมบูรณ์แล้ว วัตถุดิบก่อนการทำเป็นเม็ดต้องสะอาดไม่มีเชื้อโรค สิ่งปะปนอื่นๆ สามารถฆ่าเชื้อโรคโดยการอบไอน้ำ 60-80 °C เป็นเวลา 15 นาที เก็บไว้เพื่อเตรียมบดละเอียด

ตารางที่ 2.26 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบจากพืช

ชนิด		อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน (C/N)
วัชพืช	- หญ้าคา	60
	- หญ้าญี่ปุ่น	12
	- หญ้าขน	15
	- หญ้าชันกาด	21
	- หญ้าขจรจบ	27-78
	- กกลังกา	25
	- สาบเสือ	23
	- ผักตบชวา	24-60
พืชตระกูลถั่ว	- ถั่วลาย	15
	- ปอเทือง	23
ตอซังพืช	- ต้นมันสำปะหลัง	29
	- ซังข้าวโพด	112
	- เปลือกลูกเดือย	38
	- เปลือกถั่วเขียว	16
	- เปลือกถั่วลิสง	41
	- แกลบ	111-152
	- ฟางข้าว	40-89
	- ขี้เลื่อย	200-500

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2548 ก

2) การบดวัตถุดิบ

ปุ๋ยที่จะทำการผลิตเป็นเม็ดต้องมีอนุภาคที่เล็ก หากมีอนุภาคที่ใหญ่เมื่อใช้งานการย่อยสลายก็ช้า และจะมีปัญหาในขั้นตอนการผลิต ซึ่งการบดยิ่งบดให้เป็นลักษณะเหมือนผงแป้งได้ก็จะดี

ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดจะใช้เครื่องจักรทำการแปรรูปให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการหมักซึ่งอยู่ในลักษณะผงเปลี่ยนเป็นเม็ด ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการรวมตัวเป็นเม็ดคือตัวประสาน (binder) ซึ่งอาจเป็นน้ำหรือวัสดุต่างๆ ที่มีลักษณะเหนียวข้น หรือมีสภาพที่แปรเปลี่ยนเป็นกาวเชื่อมได้ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผงเป็นอินทรีย์เม็ดจะมีการทำอยู่ 2 ลักษณะ คือ การอัดเม็ด และการปั้นเม็ด

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เป็นการใช้วัตถุดิบที่ผ่านการหมักแล้วมาทำการอัดเม็ด ก่อนการอัดเม็ดจะมีการเพิ่มความชื้นด้วยน้ำและเพิ่มสารเชื่อมเพื่อง่ายต่อการอัดและการเกาะตัวเป็นเม็ด โดยนำไปผ่านกระบวน การอัดด้วยเครื่องประเภทบดเนื้อสัตว์ บดอาหารสัตว์ ซึ่งจะบดและอัดไปพร้อมกันสู่แป้นอัด ปุ๋ยจะออกมาเป็นเส้นที่รูพรุนของแป้น จากนั้นนำมาปาด หรือตัดด้วยใบมีดจากเครื่อง จากนั้นต้องนำไปตากแดด อบ หรือตากลมเพื่อให้ปุ๋ยเหลือความชื้นเพียง 10-15% เชื้อราจะไม่เกิด เก็บได้นาน เม็ดปุ๋ยจากการอัดจะมีลักษณะเหมือนเม็ดกิมจ๊อ ที่ผลิตกันจะมีขนาด 2-3 หรือ 5-6 มิลลิเมตร ตามขนาดรู

ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดเป็นการใช้วัตถุดิบที่ผ่านการหมักแล้วมาทำการปั้นเม็ด กระบวนการเพิ่มความชื้นให้ปุ๋ยจะอยู่ในขั้นตอนการปั้น ซึ่งจะมีการฉีดพ่นน้ำหมักจุลินทรีย์เพื่อให้ผงปุ๋ยค่อยๆ รวมตัวกันเป็นเม็ด ปุ๋ยจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการปั้น ยิ่งปั้นนานมีการฉีดน้ำหมักอยู่ตลอดเม็ดปุ๋ยที่เคลือบน้ำหมักก็จะจับผงปุ๋ยเพิ่มขนาดให้ตัวเองไปเรื่อยๆ เมื่อปุ๋ยเป็นเม็ดแล้วก็จะมีการไล่อบความชื้นก่อนจะบรรจุถุง สามารถทำได้ทั้งการอบด้วยความร้อน ตากแดด ตากลม หรือทิ้งไว้ให้แห้งเอง เม็ดปุ๋ยที่ได้จะกลมมน ขนาดไม่ค่อยแน่นอนเหมือนการอัดเม็ด

เนื่องจากการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นทั้งมูลสัตว์ และเศษพืชจะให้ธาตุอาหารบางตัวน้อย ปัจจุบันจึงมีความนิยมนำหินและแร่ธรรมชาติมาผสมกับปุ๋ยร่วมด้วย ซึ่งผสมร่วมได้ทั้งการผลิตแบบอัดเม็ด และปั้นเม็ด เช่น หินฟอสเฟต โดโลไมต์และภูไมต์ ฯลฯ ซึ่งนอกเหนือจากการเพิ่มธาตุอาหารแล้ว ยังมีส่วนช่วยในการปรับสภาพดินให้มีความเหมาะสมในการปลูกพืชให้มากขึ้น

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์แบบอัดเม็ด และแบบปั้นเม็ดจะมีเครื่องจักรในการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งมีทั้งแบบที่อาศัยแรงคนในการผลิต แบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์เบนซินซึ่งมีระดับราคาที่หลากหลาย ตั้งแต่ราคาไม่แพงจนถึงแพงมาก ซึ่งเครื่องในแต่ละรูปแบบก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงาน และข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน การใช้งานจึงขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณความต้องการผลิต/วัน งบประมาณการลงทุน ฯลฯ ซึ่งเครื่องต่างๆ ทั้งแบบอัดเม็ดและปั้นเม็ด

3) เครื่องผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

เครื่องทำปุ๋ยเม็ดลักษณะนี้จะทำงานด้วยเกลียวอัดที่เป็นตัวพาวัตถุดิบไปอัดกับแป้นอัดที่มีรูพรุนปุ๋ยที่ออกมาจากเครื่องจึงมีลักษณะเป็นเส้นคล้ายเส้นขนมจีน เมื่อนำพายมาปาดหรือใช้

ใบมีดในเครื่องตัดก็จะขาดเป็นเม็ดได้ง่าย เมื่อนำไปตากแดดหรืออบไล่ความชื้นเม็ดปุ๋ยก็จะแข็งเกาะตัวกันมากขึ้น เครื่องจักรที่ผลิตปุ๋ยเม็ดออกมาในลักษณะนี้จะมีดังนี้

3.1) เครื่องบดหมูแบบแรงหมุน เป็นเครื่องบดที่ใช้บดหมู บดพริก ในการบดปุ๋ยลักษณะการทำงานก็จะมีเกลียวอัดที่พาวัตถุดิบกับแป้นที่มีรูพรุนจะทำให้ปุ๋ยออกมาเป็นเส้นคล้ายขนมจีน ต้องใช้พายปาดให้ปุ๋ยแยกเป็นเม็ดเอง เนื่องจากไม่มีใบมีดด้านในเหมือนเครื่องบดที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเครื่องจะทำงานโดยอาศัยแรงคนโดยใช้มือหมุนเครื่องเพื่อให้เกลียวทำงาน แรงอัดหรือความเร็วในการหมุนจึงไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับการหมุน เมื่อแรงอัดไม่มากเท่าเครื่องที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าวัตถุดิบที่นำมาอัดเม็ดจึงต้องมีความชื้น โดยการใส่ตัวประสานก่อนอัด อัตราในการผลิตปุ๋ยเม็ดต่อวันไม่แน่นอนเพราะขึ้นกับแรงคน แต่ก็ประหยัดค่าไฟฟ้า เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบมินเซอร์ เป็นเครื่องบดและอัดเม็ดอาหารสัตว์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเป็นเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยได้ อาศัยต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์เบนซินก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะนิยมเครื่องที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องนี้จะมีรอบการหมุนแน่นอน แรงอัดคงที่ วัตถุดิบจะถูกลำเลียงไปตามเกลียวอัดภายในสู่หน้าแป้นที่มีรูพรุนให้วัตถุดิบถูกอัดผ่านออกมา เม็ดปุ๋ยจะมีขนาดเท่าใดขึ้นอยู่กับขนาดรูพรุนที่หน้าแป้น ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ เครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์จะทำงานทั้งบดทั้งอัดอยู่ในตัวเดียวกันแต่เนื่องด้วยกระบวนการอัดในเครื่องจะมีแรงเสียดทานมากขึ้น ความชื้นของวัตถุดิบก่อนอัดควรจะมีประมาณ 30% ซึ่งอาจเป็นน้ำหรือวัสดุอื่นๆ ที่เพิ่มความชื้น เครื่องแบบมินเซอร์ที่มาประยุกต์ทำปุ๋ยอัดเม็ดในปัจจุบันจะมีทั้งที่ใช้มอเตอร์แรงต่ำและแรงสูง แต่ที่นิยมใช้จะเป็นมอเตอร์ขนาด 1-3 แรงม้า บางครั้งเพื่อความรวดเร็วในการผลิตปุ๋ยเม็ดจะมีการปรับแต่งตัวเครื่องให้มีเครื่องผสมปุ๋ยอยู่ในตัวเลย ซึ่งมีแบบทั้งใบพัดผสม และแบบหมุนตัวถังผสมความสามารถในการผลิตของเครื่องขึ้นอยู่กับขนาดแรงม้าของมอเตอร์

3.2) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย แบบ Pellet Mill เป็นเครื่องอัดเม็ดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอัดเม็ดอาหารสัตว์ เครื่องนี้จะมีการทำงานที่ซับซ้อนกว่าเครื่องอัดแบบมินเซอร์โดยที่ภายในจะมีการผ่านไอน้ำเพิ่มความชื้นให้กลับวัตถุดิบก่อนส่งไปยังส่วนอัดเม็ด นอกจากนี้ยังมีการควบคุมทั้งอุณหภูมิ และความดันในตัวเครื่องจะมีลูกกลิ้ง 2 ตัว ซึ่งหมุนไปในทิศทางเดียวกัน ทำหน้าที่บดอัดผ่านหน้าแป้นที่มีรูพรุนออกมา ซึ่งเป็นการไหลออกทางด้านข้างและมีการตัดเป็นเม็ดโดยใบมีดอัตโนมัติ เม็ดปุ๋ยที่ออกมาจะมีความแข็งอัดแน่นไม่ลอยน้ำ เครื่องจะอาศัยกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าและต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซิน ความเร็วในการผลิตจะมีมากกว่าเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์

4) จานปั้นเม็ดผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์แบบปั้นเม็ดเครื่องจักรที่สำคัญในการผลิต คือ จานปั้นเม็ด จานปั้นจะทำงานโดยการหมุนรอบตัวเองในลักษณะแนวแกนเอียง วัตถุดิบจะถูกคลึงค่อยๆ รวมตัวกัน

เป็นเม็ด ตั้งแต่เม็ดเล็กไปจนถึงเม็ดใหญ่ ซึ่งการจะทำให้วัตถุดิบจับตัวเป็นเม็ดได้ดีจะมีเครื่องฉีดพ่นน้ำหมักมาเป็นตัวพ่นให้เนื้อปุ๋ยค่อยๆ จับกันทีละน้อย ปุ๋ยเม็ดที่ผลิตจากจานปั้นเม็ดจะมีลักษณะกลมมน เครื่องจักรในกระบวนการผลิตปุ๋ยปั้นเม็ดจะมีทั้งส่วนของเครื่องตีป่นวัตถุดิบ เครื่องผสม สายพานลำเลียง เครื่องฉีดพ่นน้ำหมัก ท่อออบไล่ความชื้น มีดังต่อไปนี้

จานปั้นเม็ดปุ๋ย เป็นรูปแบบจานปั้นเม็ดปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในระดับโรงงานขนาดเล็กและใหญ่ตัวจานจะมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตที่ต้องการ เช่น 1-5 ตัน/วัน 3-5 ตัน/วัน เป็นต้น ส่วนประกอบของจานจะมีฐานตั้งตัวจาน ข้างหลังจะมีมอเตอร์ เพื่อเป็นต้นกำลังในการหมุนจาน ท้องจานจะเป็นส่วนที่ใส่วัตถุดิบเพื่อให้มีการปั้นเป็นเม็ด ส่วนท้องจานจะมีวงกลมนอกวง และวงในวงกลมด้านในจะมีความลึก และวงกลมรอบนอกจะลึกน้อยกว่า การทำงานจะเริ่มจากวัตถุดิบไหลไปปั้นอยู่ในส่วนของวงกลมด้านในเมื่อเป็นเม็ดแล้วก็จะไหลต่อไปคลึงที่วงกลมรอบนอก เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการคลึงวัตถุดิบก็จะไหลออกนอกจาน ซึ่งสามารถนำกระสอบมารองรับได้ หน้าจานจะมีแท่งเหล็กที่ติดแผ่นเหล็กแบนๆ ยื่นออกมา ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เนื้อปุ๋ยไม่ติดท้องจาน รวมทั้งเป็นตัวปะทะให้เม็ดปุ๋ยกลิ้งออกไปคลึงต่อที่ขอบนอกและกลิ้งออกจากขอบนอกออกจานลงถุงปุ๋ย เมื่อเริ่มเดินเครื่องจะมีการฉีดพ่นน้ำหมักไปด้วย เพื่อเป็นตัวประสานเนื้อปุ๋ยเข้าด้วยกัน จนเป็นเม็ดขนาดที่ต้องการ ความสามารถในการผลิตของจานปั้นเม็ดจะมากกว่าเครื่องจักรที่ใช้อัดเม็ดปุ๋ยเพราะทำงานได้ต่อเนื่อง รวมทั้งในระยะยาวจะมีการสึกหรอช้ากว่า

5) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด

กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อให้ได้ธาตุอาหารสูง และครบถ้วนทัดเทียมกับปุ๋ยเคมี ควรจะใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง จุดประสงค์เพื่อที่จะทำให้ดินดีเป็นดินที่มีชีวิต เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนในการผลิต ปุ๋ยอินทรีย์นั้นไม่ใช่มีสูตรเดียวครอบจักรวาล เราต้องรู้ว่าพืชที่เราปลูกต้องการธาตุอาหารใดในช่วงเวลาใด และพื้นที่ที่เราเพาะปลูกนั้นลักษณะดินเป็นอย่างไร เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุมากหรือน้อย เราจะต้องปรับสูตรปุ๋ยอินทรีย์ของเราให้เหมาะกับความต้องการของพืช จึงจะได้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพ

6) วัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด

6.1) นอกจากตัวปุ๋ยซึ่งก็คือปุ๋ยหมักที่ได้จากหมักเศษพืช หรือมูลสัตว์ แล้ววัตถุดิบตัวแรกที่จะใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดเป็นวัตถุดิบที่ให้ธาตุไนโตรเจนสูง วัตถุดิบตัวนี้จะทำให้ข้าวแตกกอ ข้าวเขียว หรือใช้กับพืชต้นเล็ก หรือใช้กับพืชผักที่ต้องการให้ใบงาม ใบเขียว วัตถุดิบตัวนี้เรียกว่า กากตะกอนของจุลินทรีย์ หรือ กากชูรส ซึ่งมาจากโรงงานผลิตผงชูรส จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบไม่ต่ำกว่า 4% แล้วยังมีอะมิโนโปรตีนมากกว่า 10% ฉะนั้น ตัวนี้เมื่อเรานำไปใส่พืชแล้วมันจะทำข้าวหรือพืชของเราเขียว ข้อสำคัญคือ มันจะเขียวนาน ซึ่งจะแตกต่างจากปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งมันจะเขียวเร็วและหมดเร็ว ฉะนั้น จึงใช้วัตถุดิบนี้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจะ

สามารถให้ผลผลิตที่สูงกว่าเคมี หรือไม่น้อยกว่าเคมี การเตรียมวัตถุดิบตัวนี้จะนำไปผ่านกระบวนการผึ่งให้แห้ง และนำไปตีให้ละเอียด ก่อนจะนำไปผสมกับส่วนผสมตัวอื่นๆ

6.2) วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตัวที่สอง คือ กัวโนค้างคาว หรือขี้ค้างคาวก้นถ้ำ หรือเรียกอีกอย่างว่า ขี้ค้างคาวหนัก ได้จากการเอาคนงานไปขุดในถ้ำ ซึ่งสังเกตว่ามันจะมีทั้ง หิน และฟอสเฟตปนมา กัวโนค้างคาว นี้จะมีองค์ประกอบ คือ ฟอสฟอรัสเป็นหลัก ซึ่งมีอยู่ประมาณ 14% ขึ้นไป ฟอสฟอรัสจะช่วยให้รากพืชเจริญเติบโต ทำให้พืชแข็งแรง ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในกัวโนค้างคาวนี้มีมากใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี แหล่งของกัวโนค้างคาว ซึ่งได้มาจากในถ้ำ เป็นแหล่งที่ให้ฟอสฟอรัสสูง สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ แต่ว่าเราจะต้องนำมาผึ่งให้แห้งพอหมาดๆ แล้วบดนำไปเข้าเครื่องตีป่นแล้วร่อน เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่ละเอียดพร้อมที่จะนำไปปั้นเม็ดต่อไป

6.3) วัตถุดิบตัวที่สาม ที่เรานำมาใช้เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เป็นที่ให้ธาตุโพแทสเซียม ได้แก่ กากส่าของแอลกอฮอล์ หรือ กากส่าเหล้า กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์หรือเหล้านั้น จะใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบแล้วนำยีสต์เปลี่ยนกากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นก็ผ่านกระบวนการกลั่น กากที่ได้เมื่อนำไปตรวจสอบจะพบว่า มีไนโตรเจนมากกว่า 2% และมีโพแทสเซียมมากกว่า 6% กากส่าเหล้าตัวนี้เป็นผลผลิตที่เหลือจากการผลิตทางอุตสาหกรรม แต่เราสามารถที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ปุ๋ยที่ได้ เรียกว่าเป็น ปุ๋ยหวาน เพราะในโพแทสเซียม จะมีผลทำให้ผลไม้มีรสหวาน ฉะนั้น จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ดีที่เรานำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

6.4) วัตถุดิบตัวที่สี่ ได้แก่ วัตถุที่ใช้ปรับสภาพดิน เนื่องจากในประเทศไทยในช่วง 40-50 ปีที่ผ่านมามีการใช้ปุ๋ยเคมีมาก ทำให้ดินอยู่ในสภาพที่เป็นกรด สภาพดินที่เป็นกรด พืชไม่สามารถดูดซึมธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินไปใช้ประโยชน์ได้ จึงต้องปรับสภาพดินที่เป็นกรดด้วยการเอาวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติที่มีธาตุแคลเซียมไปช่วยปรับสภาพดิน โดยใช้ โดโลไมต์ซึ่งในโดโลไมต์ มีองค์ประกอบเป็นแคลเซียมประมาณ 21% ซึ่งทั้งสองตัวจะเป็นธาตุอาหารของพืช เมื่อใส่ลงไปในการปลูกพืช จะช่วยการส่งเสริมการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืช ทำให้พืชใบเขียว โดยใช้กับการใช้พวกไนโตรเจน กระบวนการ คือ นำโดโลไมต์มาหมักร่วมกับเค้กอ้อย ซึ่งเค้กอ้อยก็เป็นส่วนที่เหลือจากการผลิตของโรงงานน้ำตาล เป็นส่วนที่เรียกว่า ฟิลเตอร์เค้ก คือ ส่วนที่เมื่อบีบเอาน้ำอ้อยออกมาแล้วมันจะมีตะกอนอ้อยไหลลงไปตามน้ำอ้อย ดักกรองกากตะกอนนี้มาใช้ ซึ่งในเค้กอ้อยก็จะมีน้ำตาลปนอยู่ มีธาตุอาหาร N, P และ K มากพอสมควร นำมาหมักร่วมกับโดโลไมต์ เพื่อให้ธาตุอาหารสลายออกมา หมักไว้ประมาณ 2 เดือน จึงนำไปผสมรวมกับส่วนผสมอื่นๆ

7) ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด

ขั้นตอนของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ก็คือ การทำปุ๋ยอินทรีย์แบบผงก่อน เพื่อที่จะนำแบบผงไปสู่กระบวนการของการปั้นเม็ดต่อไป

7.1) ขั้นตอนแรกนำวัตถุดิบมาใส่ถังผสม เมื่อผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะนำมาผ่านเครื่องตีให้เป็นผงละเอียด จากนั้นเราก็จะเอาวัตถุดิบไปผ่านกระบวนการร่อน เพื่อแยกส่วนที่ยังหยาบอยู่กับส่วนที่ละเอียดออกจากกัน ส่วนที่ละเอียดก็จะนำไปปั้นเม็ด ส่วนที่หยาบก็นำมาผ่านการตีป่นใหม่ หรือถ้ามันมีหินมาก ก็แยกออกไป ถ้าไม้ต้องการทำปุ๋ยปั้นเม็ดก็สามารถนำปุ๋ยอินทรีย์แบบผงที่ละเอียดนี้ไปใช้กับพืชผักได้เลย แต่ถ้าต้องการนำไปปั้นเม็ดก็นำเข้ากระบวนการปั้นเม็ดในขั้นตอนต่อไป

7.2) การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด จะทำการปั้นเม็ดปุ๋ย โดยใช้เครื่องจักรที่ เรียกว่า จานปั้น นำเอาวัตถุดิบที่ละเอียดแล้วมาตักใส่ถังบรรจุ หรือลำเลียงทางสายพานขึ้นจานปั้น การปั้นคือการทำให้เกิดกระบวนการที่วัตถุดิบละเอียดกลิ้งบนจานพร้อมๆ กับฉีดพ่นหรือสเปรย์น้ำหมักชีวภาพลงไปบนวัตถุดิบในระหว่างการกลิ้งเป็นเม็ด ผงปุ๋ยก็จะกลิ้งจับตัวเป็นเม็ดปุ๋ย หลังจากนั้นก็จะลำเลียงปุ๋ยที่ปั้นเม็ดเสร็จแล้ว ขึ้นไปสู่กระบวนการทำให้แห้ง

8) การทำปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดที่มีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมีชุมชนต่างๆ จำนวนมากกำลังดำเนินการทำปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด โดยได้รับการส่งเสริมชาวบ้านให้พึ่งพาตนเองได้ แต่ชาวบ้านยังขาดความรู้ความเข้าใจทั้งในเรื่องส่วนผสมของวัตถุดิบและเทคนิคในกระบวนการปั้นเม็ดที่จะทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน

ปุ๋ยอินทรีย์มีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดิน โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น ใช้แกลบ ละอองข้าว เค้กอ้อย และมูลสัตว์ เป็นวัตถุดิบ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชนิดนี้เป็นปุ๋ยใช้ที่กันโดยทั่วไป แต่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดนี้จะมีธาตุอาหารไม่สูง แต่เมื่อนำไปใช้จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย แต่ถ้าต้องการให้ได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพสูงหรือให้ผลผลิตได้สูงใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีนั้นจะต้องเลือกวัตถุดิบที่ดีเพื่อนำมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์ โดยพิจารณาจากวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารสูง ก็จะได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง เมื่อนำไปใช้แล้วสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีได้

หลักการที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ก็คือ การทำปุ๋ยให้มีชีวิตเพื่อสร้างดินให้มีชีวิต เมื่อดินมีชีวิตนำไปปลูกต้นไม้ ต้นไม้ก็จะมีชีวิตชีวา ผู้บริโภคหรือคนกินก็จะมีชีวิตที่ยืนยาว การทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีชีวิต ก็คือการรักษาจุลินทรีย์ให้ยังคงอยู่ในเม็ดปุ๋ย ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้โดยการนำเม็ดปุ๋ยที่ปั้นและผ่านการอบแล้ว ใส่แก้วเติมน้ำแล้วคนให้เม็ดปุ๋ยละลาย จากนั้นนำไปหยดบนแผ่นกระจกแล้วส่องดูผ่านทางกล้องจุลทรรศน์ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีจะพบจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ที่ยังคงมีอยู่มาก เมื่อเรานำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีจุลินทรีย์อยู่มากไปใช้ในไร่นาก็เท่ากับได้ไปสร้างโรงปุ๋ยในแปลงนาได้ตลอด 24 ชั่วโมง เพราะจุลินทรีย์จะไปย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นปุ๋ยให้แก่พืช ซึ่งเคล็ดลับในการรักษาปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในเม็ดปุ๋ยก็คือ อุณหภูมิในการอบเม็ดปุ๋ยหลัง

การปั้นเม็ดจะต้องไม่สูง ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่ทำโดยทั่วไปจะใช้ความร้อนในการอบสูงถึง 500-600 °C ความร้อนสูงจะทำให้จุลินทรีย์ตายและธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนระเหยออกไป

9) เทคนิคการปั้นเม็ด

9.1) ขนาดของเม็ดปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดควรมีขนาดของเม็ดที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำไปใช้กับเครื่องหยอดหรือเครื่องหว่านปุ๋ยได้ ปกติถ้าเม็ดปุ๋ยมีขนาดเล็กจะมีการกระจายในการหว่านได้ดีกว่า ขนาดเม็ดที่เหมาะสมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 3-6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมกันโดยทั่วไป มีขนาดใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี

เทคนิคในการควบคุมขนาดของเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่ ทำได้โดยการควบคุมปริมาณปุ๋ยในจานปั้นเม็ด กล่าวคือในช่วงเริ่มต้นการปั้นเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องปั้นปุ๋ย ถ้าเราใส่ผงปุ๋ยลงไปในจานนั้นปริมาณมาก เกือบเต็มวงจาน จะทำให้เม็ดปุ๋ยมีขนาดเล็ก ขนาด 2-3 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ตรงกันข้ามหากเราใส่ผงปุ๋ยลงไปในจานปั้นปริมาณน้อย ไม่ถึงครึ่งจาน เม็ดปุ๋ยที่ได้จะมีขนาดใหญ่ ความถี่ในการเติมผงปุ๋ยลงไปในจานปั้นก็มีส่วนกำหนดขนาดของเม็ดปุ๋ย ถ้าใส่ปุ๋ยลงไปในจานปั้นบ่อยๆ หรือถี่ๆ จะทำให้เม็ดปุ๋ยมีขนาดเล็ก แต่ถ้านานๆ ค่อยเติมครั้งหนึ่ง จะทำให้เม็ดปุ๋ยมีขนาดใหญ่ขึ้น

เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดปุ๋ยหรือขนาดของเม็ดปุ๋ย ยังแปรผกผันกับตำแหน่งการฉีดน้ำหมักชีวภาพลงไปบนผงปุ๋ยขณะปั้นเม็ด กล่าวคือ ถ้าตำแหน่งของการฉีดน้ำหมักชีวภาพห่างจากขอบจานปั้นปุ๋ย จะทำให้ได้ปุ๋ยเม็ดเล็ก แต่ถ้าตำแหน่งการฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพห่างจากขอบจานน้อยหรืออยู่ชิดขอบจานมาก เม็ดปุ๋ยจะมีขนาดใหญ่

9.2) ประสิทธิภาพในการปั้นเม็ดปุ๋ย

กำลังการผลิตปุ๋ยปั้นเม็ดโดยจานปั้นจะมากหรือน้อยส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความเอียงของจาน โดยปกติความเอียงที่เหมาะสมของจานปั้นปุ๋ยจะอยู่ประมาณ 60 องศา แต่ในทางปฏิบัติควรปรับองศาหรือความเอียงของจานปั้นให้สอดคล้องกับน้ำหนักของผงปุ๋ย ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพหรือกำลังการผลิตปุ๋ยต่อวันให้มากขึ้นได้ ถ้าปุ๋ยมีน้ำหนักเบาต้องปรับจานปั้นมีความเอียงมากขึ้นเกิน 60 องศา จะผลิตปุ๋ยได้ปริมาณมาก เพราะถ้าความเอียงน้อย ปุ๋ยจะกลิ้งในจานนาน จะปั้นปุ๋ยได้น้อย แต่มีข้อเสียตรงที่เม็ดปุ๋ยที่ได้จะไม่แน่น ไม่กลม

วัตถุดิบที่จะนำมาปั้นจะต้องบดให้ละเอียดไม่จับเป็นก้อน และมีความชื้นพอเหมาะคือ ประมาณ 10-15% เพราะถ้าผงปุ๋ยแห้งมาก ทำให้ต้องใช้น้ำหมักฉีดพ่นปริมาณมากเพื่อให้เกิดการจับเม็ด ทำให้กำลังการผลิตลดลง ปริมาณปุ๋ยที่ปั้นได้น้อยลงและเกิดฝุ่นละอองมาก จึงไม่ควรตากวัตถุดิบให้แห้งมากจนเกินไป

ส่วนผสมของวัตถุดิบ ถ้าเป็นอินทรียวัตถุจากเศษพืชหรือมูลสัตว์จะปั้นเม็ดได้ยาก เพราะไม่มีตัวเชื่อมเม็ด เพราะฉะนั้นวัตถุดิบที่จะนำมาผสมในส่วนผสมของผงปุ๋ยที่ปั้นเม็ดได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ดินมาเป็นส่วนผสม เช่น ใช้มูลค้างคาวก้นถ้ำหรือกัวโนค้างคาว ซึ่งมีฟอสฟอรัสสูง มีความเหนียวช่วยในการปั้นเม็ดได้ง่าย หรือใช้พวกแร่ปรับปรุงสภาพดิน เช่น โดโลไมต์ ประมาณ 20% มาเป็นตัวเชื่อมเม็ด ซึ่งจะได้ประโยชน์เป็นธาตุอาหารรองของพืช และช่วยปรับสภาพความเป็นกรดของดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548 ก)

2.1.11 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลไก่

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่การเลี้ยงไก่กระจายอยู่ทั่วประเทศ มีทั้งไก่เนื้อ และไก่ไข่ ทั้งนี้เพราะความต้องการบริโภคไก่มีปริมาณมากขึ้น รวมทั้งยังเป็นสินค้าที่ส่งออกไปขายยังต่างประเทศ ในการเลี้ยงไก่รูปแบบในปัจจุบันมีทั้งโรงเรือนแบบเปิดและโรงเรือนแบบปิด ซึ่งจะมีไก่ปริมาณมากในโรงเรือนหนึ่งๆ สิ่งที่ตามมาในการเลี้ยงปริมาณมากๆ คือ มูลที่ไก่ขับถ่ายออกมา และเกษตรกรนำมาตากให้แห้งก่อนนำไปใช้ ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 มูลไก่

นอกจากกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์แล้ว ธาตุอาหารไนโตรเจนในมูลไก่มีสูง จะมีการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย หากมีการระเหยในปริมาณมากยังเป็นการส่งผลให้ไก่ในโรงเรือนมีการ

เจริญเติบโตลดลง หนทางที่จะแก้ปัญหาในส่วนนี้ คือ การนำมูลไก่มาใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดกับไก่ในโรงเรือน จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่อยู่ในมูลไก่พบว่า มีธาตุอาหารที่สูงกว่ามูลของบรรดาสัตว์อื่นๆ แต่รองจากมูลค้างคาว โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนจะมีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอยู่มาก การนำมูลไก่มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางการเกษตรจึงดูมีคุณค่ามากกว่าการปล่อยทิ้งไว้

ด้วยข้อจำกัดในเรื่องของการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ที่ระเหยมาในรูปแอมโมเนีย ซึ่งจะสูญเสียไปถึง 60% การหาวิธีการรักษาไนโตรเจนไว้ไม่ให้เกิดการสูญเสียในปริมาณมากจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผสมกับมูลไก่จะเป็นส่วนช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนของมูลไก่ขจัดมลภาวะในโรงเรือนเลี้ยงไก่ได้

ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลไก่ เนื่องจากมูลไก่จะมีกลิ่นเหม็น ในการเลี้ยงไก่ในโรงเรือน โดยปกติจะมีการนำวัสดุมารองพื้นคอกไว้ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด ฯลฯ ซึ่งเป็นตัวช่วยลดกลิ่นอีกทั้งยังดูดความชื้นในมูลไก่ (ด้วยเหตุที่ธาตุไนโตรเจนในมูลไก่มีสูง จึงมีการสูญเสียได้ง่ายในรูปแอมโมเนีย) การลดการสูญเสียไนโตรเจนสามารถทำได้โดยการใช้แกลบ หรือขี้เลื่อย มาผสมกับมูลไก่ในการอัดเม็ดปุ๋ย จะสามารถช่วยลดและชะลอการสูญเสียไนโตรเจนในมูลไก่ รวมทั้งยับยั้งกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นได้ ในการใช้แกลบหากเป็นแกลบที่มีการเผาแล้ว ความเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุน ยังเป็นประโยชน์ให้แก่จุลินทรีย์เข้าไปอยู่เพื่อลดการสูญเสียจุลินทรีย์ในกระบวนการที่เกิดความร้อนอีกด้วย ในเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารแกลบดำและขี้เลื่อย ช่วยชะลอการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ 60% ในช่วง 1-3 เดือน

1) อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิต

ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด จะใช้เครื่องบดหมู ซึ่งสามารถต่อกับมอเตอร์หรือเครื่องยนต์แรงม้าสูงได้ ในการอัดเม็ดจะเกิดความร้อนจากการเสียดสีประมาณ 72 °C ซึ่งจะช่วยลดความชื้นได้ส่วนหนึ่ง เวลาในการอบหรือตากแห้งก่อนการบรรจุก็จะลดลง ในกรณีที่ใช้เครื่องบดหมูแบบแรงหมุนจะไม่มีความร้อนเกิดขึ้นก็สามารถนำมาทำการอัดเม็ดปุ๋ยได้โดยอาศัยหลักการเดียวกัน

2) กระบวนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการอัดเม็ด

คัดมูลไก่ในส่วนที่เป็นมูลออกมาแยกกรวดหินที่ปนอยู่ในมูลออก มูลไก่ที่นำมาอัดเม็ดต้องมีค่า C/N ไม่เกิน 20 เพื่อง่ายในการย่อยสลาย หาก C/N ยังเกิน 20 อยู่ต้องปล่อยให้เกิดการย่อยหรือนำไปหมักให้มีการย่อยสลาย ค่า C/N จะลดลง มูลไก่ที่ได้จะต้องทำการตากหรืออบให้แห้ง (ภาพที่ 2.4) แล้วนำไปอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำมูลไก่มาผสมกับแกลบ แกลบดำ หรือขี้เลื่อยในอัตราส่วน 3:1-3:2 นำไปบดรวมกันในเครื่องบดให้ละเอียด ก่อนจะอัดเป็นเม็ด ความชื้นต้องอยู่ที่ 20-30% ซึ่งให้ความชื้นโดยการผสมน้ำลงไปคลุกเคล้ากับวัตถุดิบ สามารถสังเกตได้จากการกำวัตถุดิบขึ้นมาบีบดู วัตถุดิบต้องกึ่งเปียกกึ่งแห้ง บีบแล้วไม่มี

น้ำไหลออกมามาก หรือมีลักษณะแห้งจนเกินไป ถ้าชื้นเกินไปต้องนำไปตากแห้งหรืออบแห้งใหม่ หากความชื้นยังไม่พอสามารถผสมน้ำสะอาดลงไปเพิ่มความชื้นได้อีก

ภาพที่ 2.4 มูลไก่ตากแห้ง

3) ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลไก่ (ใช้น้ำเป็นตัวประสาน)

โดยปกติการอัดเม็ดปุ๋ยต้องมีสารเชื่อมประสาน เพื่อทำให้วัตถุดิบมีการเกาะตัวกันได้ง่ายขึ้นเมื่ออัดออกมาจะเป็นเม็ดที่รวมตัวกันดี แต่ถ้ามีการอัดด้วยแรงม้า ตัวประสานก็อาจไม่มีความจำเป็นในการสร้างรูปของเม็ดปุ๋ยมาก เพียงอาศัยความชื้นในวัตถุดิบและแรงอัดของเครื่อง ปุ๋ยก็สามารถออกมาเป็นเม็ดได้ สำหรับมูลไก่ที่บดแห้งมาแล้วเพียงแค่ใช้น้ำก็จะเกิดความเหนียวหนืดสามารถเป็นตัวประสานได้

4) วัตถุดิบและอุปกรณ์

4.1) มูลไก่

4.2) แกลบ แกลบดำ/ขี้เลื่อย

4.3) น้ำ

4.4) เครื่องอัดเม็ด เครื่องบดแบบแรงหมุน

5) วิธีทำ

5.1) เดินเครื่องอัดเม็ดให้ทำงานโดยยังไม่ใส่วัตถุดิบประมาณ 1-2 นาที

5.2) นำวัตถุดิบที่ผ่านการเตรียมและให้ความชื้นแล้วมาเทลงช่องบรรจุ ปุ๋ยจะถูกเกลียวของเครื่องพาไปอัดที่แป้น ปุ๋ยจะออกมาเป็นเส้นคล้ายขนมจีน ไม่เหนียวจนติดกัน หากปุ๋ยที่ออกมายังมีการจับตัวไม่ดีพอ มีผงปนออกมาแสดงว่าความชื้นไม่เพียงพอ ต้องเพิ่มความชื้นด้วยน้ำแล้วทำการอัดใหม่

5.3) ลองใช้พายเกลี่ยให้ปุ๋ยที่เป็นเส้นขนมจีนขาดออกจากกันดูเป็นเม็ดคล้ายเม็ดคล้ายกิมจ๊อ ถ้าเกลี่ยแล้วขาดเป็นเม็ดได้ง่ายถือว่าใช้ได้

5.4) นำปุ๋ยที่ได้ไปเกลี่ยตากแดด หรืออบให้มีความชื้นเหลือเพียง 10-15% เพื่อกันไม่ให้เกิดเชื้อรา เมื่อปุ๋ยแห้งได้ที่จะขาดเป็นท่อน สามารถนำไปบรรจุลงถุงได้

2.1.12 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

1) ไมยราบยักษ์ (กลุ่มงานวัชพืช, 2555)

วงศ์ Mimosaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ Mimosa pigra L.

ชื่อพื้นเมืองและอื่นๆ giant mimosa, giant sensitive plant, giant thorny sensitive plant, thorny sensitive plant ไมยราบต้น ไมยราบน้ำ กระถินน้ำ

ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra L.)* จัดเป็นพืชข้ามปีตระกูลถั่วยืนต้น ที่มีระบบรากลึกสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เป็นพืชที่ออกดอกได้ตลอดทั้งปีและติดเมล็ดมาก เมล็ดมีชีวิตอยู่ได้นาน ไม่มีศัตรูธรรมชาติจัดเป็นวัชพืชที่มีการระบาดอย่างรวดเร็ว เพราะเมล็ดไมยราบยักษ์สามารถงอกในดินทุกชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว และดินลูกรัง ความลึกของเมล็ดในดินจะเป็นตัวจำกัดการงอก

ภาพที่ 2.4 ต้นไมยราบยักษ์

เมล็ดของไมยราบยักษ์สามารถขึ้นได้ในดินทุกสภาพ แม้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากมีระบบรากลึก ปมรากสามารถตรึงไนโตรเจนได้ อายุของเมล็ดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมล็ดที่แช่น้ำไว้นาน 10 เดือน จะงอกถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดจะไม่มีการงอกเมื่อเก็บในน้ำเกิน 2 ปี แต่ถ้าเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องจะเก็บได้นานถึง 2.5 ปี การงอกของเมล็ดจะลดลงจาก 97 เป็น 67 เปอร์เซ็นต์ ความลึกของเมล็ดในดินจะเป็นตัวจำกัดความงอก โดยที่ระดับความลึก 7-8 เซนติเมตร เมล็ดจะไม่สามารถงอกได้ อย่างไรก็ตามพื้นที่ทำการกำจัดต้นไมยราบยักษ์ไปแล้วนาน 15 ปี ก็ยังคงพบต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดในดิน รากแก้วยาวประมาณ 1-2 เมตร พบปมรากที่บริเวณรากฝอย และพบได้ในดินทรายมากกว่าดินร่วน

ลักกษณะทางพฤกษศาสตร์

ใบ เป็นแบบ bipinate มี 2 ชั้น ในขั้นแรก (pinna) ยาวประมาณ 2.5-6.25 เซนติเมตร มีประมาณ 6-16 คู่ ก้านใบยาว 0.3-1.5 เซนติเมตร มีหูใบเล็ก 1 คู่ สีน้ำตาล ใบขั้นที่สองมีก้านใบยาว 3.5-12.0 เซนติเมตร มีใบย่อยเล็ก (pinnule) ประมาณ 20-24 คู่ รูปร่างลักษณะของใบเป็น linear-oblong มีความยาว 3-12.5 มิลลิเมตร กว้าง 0.5-12.5 มิลลิเมตร เส้นใบแยกขนานกับเส้นกลางใบ ขอบใบมีขนสีเหลืองอ่อน ๆ เรียงอยู่ห่างๆ บน rachis ระหว่างคู่ใบย่อยขั้นแรกมีหนามแหลมในแนวตั้ง

และหนามแหลมเล็ก ๆ ในแนวนอน ระหว่างช่วงของใบย่อยขั้นแรกช่วงละ 2 อัน ใบของไมยราบยักษ์มีคุณสมบัติหุบเมื่อโดนสัมผัสหรือเมื่อยามพลบค่ำ ตามกิ่งของลำต้นตะมีหนามเล็กๆ ขึ้นประปราย

ดอก เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ออกเป็นช่อเป็นกระจุกกลม ลักษณะของดอกคล้ายดอกกระถินเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-2 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกย่อยประมาณ 100 ดอก แต่ละดอกย่อยมีกลีบดอกและกลีบเลี้ยงอย่างละ 4 กลีบ กลีบเลี้ยงมีขนาดเล็กยาวประมาณ 0.75-1.0 มิลลิเมตร กลีบดอกยาวประมาณ 2.5-3.0 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้มี 8-10 อัน สั้น 4 อัน ยาว 4 อัน ก้านชูอับเรณูมีสีชมพู ส่วนกระเปาะหุ้มอับเรณูมีสีเหลือง กระเปาะนี้จะแตกออกตามยาว เมื่อเรณูสุก เกสรตัวเมียมี 1 อัน รังไข่อยู่เหนือกลีบดอกและเกสรตัวผู้ (hypogenous) รูปร่างยาว ภายในมีไข่อ่อนเรียงอยู่เป็นแถวประมาณ 16-24 ใบ ไข่อ่อนยึดติดผนังรังไข่

ผล เป็นผลเดี่ยวชนิดแห้ง ลักษณะเป็นฝัก ยาวประมาณ 3.5-7.5 เซนติเมตร กว้าง 1.0-1.2 เซนติเมตร มีขนยาวปกคลุม แต่ละฝักจะมีเมล็ด 10-25 เมล็ด ขึ้นกับขนาดของฝัก ฝักอ่อนขณะเจริญจะมีสีเขียวอ่อน เมื่อแก่หรือสุกตะแห้งกลายเป็นสีดำ และแตกตามขวางเป็นส่วนๆ แต่ละส่วนยาวประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ในแต่ละส่วนจะมีเมล็ดอยู่ 1 เมล็ด การหลุดออกของแต่ละส่วนนั้นอาจจะเป็นไปในขณะที่โครงของฝักยังติดอยู่กับต้นระยะหนึ่ง

เมล็ด ขณะที่อ่อนมีสีเขียว เปลือกเป็นมัน พอแก่จะมีสีเขียวปนน้ำตาล เมล็ดมีความยาวประมาณ 0.4-0.6 เซนติเมตร กว้าง 0.2-0.3 เซนติเมตร รูปร่างของเมล็ดด้านหนึ่งจะแหลมรี มี hilum ผิวเมล็ด เป็นมันและค่อนข้างแข็ง เมล็ดไมยราบยักษ์สามารถงอกในดินทุกชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว และดินลูกรัง ความลึกของเมล็ดในดินจะเป็นตัวจำกัดความงอก โดยที่ระดับความลึก 7-8 เซนติเมตร เมล็ดไม่สามารถงอกได้ การมีชีวิตของเมล็ดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมล็ดที่เก็บในน้ำเกิน 2 ปี เมล็ดจะไม่งอก ถ้าเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องจะเก็บได้นานถึง 2.5 ปี เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงจาก 97 เปอร์เซ็นต์ เป็น 67 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ทำการกำจัดต้นไมยราบยักษ์ไปแล้วนาน 15 ปี ก็ยังคงพบต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดในดิน

ราก เป็นพืชยืนต้นมีระบบรากแก้ว ในต้นไมยราบยักษ์สูง 2-3 เซนติเมตร จะมีรากแก้วยาว 2-4 เท่าของความสูง ส่วนต้นที่สูงประมาณ 3-5 เมตร พบรากแก้วยาว 1-2 เมตร และพบปมรากที่บริเวณรากฝอยและพบในดินทรายมากกว่าดินร่วน

ลักษณะของไมยราบยักษ์ที่เป็นสาเหตุของการแพร่ระบาด

1) ต้นสามารถขึ้นได้ในดินทุกสภาพ แม้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากปมรากสามารถตรึงไนโตรเจนได้

2) เป็นไม้พุ่ม พืชยืนต้น ที่มีระบบรากลึก โดยลึกมากกว่าพืชอื่นในขนาดเดียวกันสามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี และติดเมล็ดมาก

3) ฝักสามารถหลุดออกเป็นข้อๆ และลอยน้ำได้นับเดือน ทำให้สามารถแพร่กระจายได้ไกล เมล็ดมีเปลือกหุ้มป้องกันการซึมเข้าของน้ำ หรืออาจติดไปกับเสื้อผ้า หรือสัตว์

4) เมล็ดมีชีวิตอยู่ได้นาน เมล็ดที่แช่น้ำไว้ 10 เดือน จะงอกถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่โดยทั่วไปจะอยู่ได้ไม่เกิน 2 ปี

5) เนื่องจากขึ้นอยู่ริมน้ำได้ เมล็ดจึงมักติดไปกับดินหรือทรายที่ถูกขุดไปใช้ในการก่อสร้าง

6) ขาดศัตรูธรรมชาติ ในประเทศไทยยังไม่สามารถพบศัตรูธรรมชาติอย่างแท้จริง

7) ลำต้นมีหนามเป็นอุปสรรคในการกำจัด

ประโยชน์ของไมยราบยักษ์

1) ลำต้นใช้ทำรั้ว ไม้ค้ำ หรือทำเป็นฟืน

2) ป้องกันการชะล้างของดิน ป้องกันการพังทลายของตลิ่ง

3) สามารถตรึงไนโตรเจน ทำดินมีความอุดมสมบูรณ์

4) ใช้เป็นอาหารสัตว์

5) ใช้เป็นยา

2) มะพร้าว

Botanical Name	*Cocos nucifera* L.
Family	PALME
English name	Coconut

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพืชที่อยู่คู่กับคนไทยมาช้านาน มะพร้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L. เมื่อมะพร้าวแก่จะมีเปลือก 3 ชั้น ชั้นนอกคือเปลือกที่มีลักษณะแข็ง ชั้นกลางเป็นเส้นใยหนาเรียกว่า ขุยมะพร้าว ส่วนชั้นในสุดคือกะลามะพร้าว ขุยมะพร้าวมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดี จึงนิยมนำมาผสมกับดินที่ใช้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากขุยมะพร้าวจะช่วยดูดซับน้ำทำให้ดินคงความชุ่มชื้นได้นาน มีการศึกษาที่พบว่า ในมะพร้าวมีโพแทสเซียมสูง และมีโซเดียม คลอรีนปริมาณน้อยในมะพร้าวอ่อน น้ำมะพร้าวมีกลูโคสและฟรักโทส (fructose) เป็นสำคัญ แต่ในมะพร้าวแก่กลับมีซูโครส (sucrose) มาก ในเนื้อมะพร้าวอ่อนมีไขมันน้อย ใน 100 มิลลิลิตรมี 0.084 กรัม แต่ในเนื้อมะพร้าวแก่จะมีไขมันมาก ประโยชน์ของมะพร้าวเป็นที่รู้จักกันดี มีมากมาย ตั้งแต่รากจนถึงยอด โดยเพราะอย่างยิ่งในด้านของการประกอบอาหารคาวหวาน ด้วยน้ำกะทิที่ได้โดยการคั้นออกจากเนื้อ

มะพร้าว ตามภูมิปัญญาชาวบ้านมะพร้าวยังมีสรรพคุณทางยาอีกมากมาย เช่น เปลือกมะพร้าวมีรสขม คุณสมบัติเป็นกลาง มีสรรพคุณห้ามเลือด แก้ปวด น้ำมันมะพร้าว แก้กลากเกลื้อน น้ำมะพร้าว รสหวาน แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ลดอาการบวม เนื้อมะพร้าว มีรสหวาน คุณสมบัติเป็นกลาง มีสรรพคุณขับพยาธิตัวตืดใช้เป็นยาระบาย แก้ท้องเสีย แก้นิ่ว ขับปัสสาวะ แก้อาการบวมน้ำ (จุฑารัตน์, 2552)

ภาพที่ 2.5 เปลือกมะพร้าว

3) โดโลไมต์

แร่โดโลไมต์ เป็นแร่เกิดจากตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกัน มีสภาพเป็นดินร่วนซุยตามธรรมชาติจึงแตกตัวละลายน้ำง่าย และมีปฏิกิริยาเร็วกว่าหินถึง 3 เท่า แม้ว่าชนิดหินจะถูกบดละเอียดกว่า 300 เมซ ก็ไม่สามารถจะแตกตัวปล่อยธาตุอาหารได้รวดเร็วเท่า “ดินโดโลไมต์” ประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กละเอียด ทำให้ประจุของแมกนีเซียม แคลเซียม และคาร์บอร์เนต แตกกระจายตัวดี เหมาะกับการเตรียมบ่อ และน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ช่วยเพิ่มค่าอัลคาไลน์ (alkalinity) ใช้ทำสีน้ำ และป้องกันการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่างในรอบวันได้ดีกว่าชนิดหิน แร่โดโลไมต์ ที่มีสภาพเป็นดินร่วนซุยนั้น พบในภาคเหนือของประเทศไทย แหล่งที่มีปริมาณมาก และคุณภาพดีที่นำมาใช้ในการเกษตรได้นั้น มีที่จังหวัดแพร่ และจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะแหล่งที่พบใน อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์นั้น พบว่ามีคุณภาพที่เหนือกว่าแหล่งอื่นๆ คือ บริสุทธิ์กว่า เพราะเป็นแร่โดโลไมต์ล้วนๆ ที่ปราศจากสิ่งเจือปน และมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่า

ประโยชน์ของแร่โดโลไมต์

1) ให้ธาตุอาหารรองแก่พืชเพราะมีทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียม รวมทั้งธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นแก่พืช แคลเซียม (Ca) นอกจากจะแก้ความเป็นกรดแล้ว ยังช่วยพืชในการแบ่งเซลล์ เร่งการ

เจริญเติบโต ทำให้พืชแข็งแรง มีความต้านทานโรคสูง แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชปรุงอาหารได้มาก เพิ่มผลผลิตแบบยั่งยืน

2) ปรับปรุงบำรุงดินให้ร่วนซุย มีรูพรุนให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้จุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ พืชผลก็จะได้คุณภาพที่ดี

3) ปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน ดินที่ถูกตรึงธาตุอาหารไว้เนื่องจากใช้ปุ๋ยเคมีมาเป็นเวลานานและทำให้ปุ๋ย เคมีสะสมในดินจำนวนมาก จะทำให้รากพืชสามารถดูด และนำพาปุ๋ยที่สะสมในดินไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด

4) ใช้แก้ปัญหาสภาพดิน สภาพดินเปรี้ยว ดินพรุน ดินดาน ดินเสื่อมโทรมจากการทำการเกษตรมานานๆ ให้กลับมามีความอุดมสมบูรณ์ ส่งให้ผลผลิตที่ได้รับมีคุณภาพสูงสุด

5) ป้องกันแก้ไขปัญหา พืชโตช้า แคระแกน ใบเหลือง ใบซีด ใบหงิกงอ ดอกผลร่วง ผลมีขนาดเล็ก รูปทรงผิดส่วน ผลผลิตตกต่ำ ใช้ดินโดโลไมต์ สารธรรมชาติปรับสภาพดิน จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างเห็นผลดี

4) หินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตเป็นสินแร่ตามธรรมชาติที่มีแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และมีธาตุอื่นๆ ปนอยู่ในปริมาณแตกต่างกัน เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส หินฟอสเฟตส่วนใหญ่อยู่ในแร่อะพาไทต์ โดยจะเกิดอยู่ในลักษณะผลึกเล็กๆ หรือไม่เป็นผลึก เรียกว่า คอลโลเฟน (collophane) สูตรทางเคมี $Ca_{10}(PO_4CO_3)_6$ $(FCl.OH)_2$ สีมีหลายสี เช่น เขียว น้ำเงิน น้ำตาล เหลือง ม่วง หรือขาว

1) ลักษณะการเกิดของแร่อะพาไทต์ มักพบใน 3 แบบ คือ

1.1) อิกเนียส อะพาไทต์ (igneous apatite) เกิดจากหินอัคนี

1.2) มารีน อะพาไทต์ (marine apatite) เกิดจากการสะสมของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหินปูนกับอนุมูลฟอสเฟตที่ปะปนมากับน้ำทะเล และมีการทับถมร่วมกับอินทรียวัตถุจากสิ่งมีชีวิต (พืชและสัตว์ที่สะสมอนุมูล ฟอสเฟตจากทะเลไว้มาก) เป็นชั้นตะกอนหนาในก้นทะเล

1.3) กัวโน (guano) เกิดจากการสะสมของมูลและซากสัตว์ (นก หรือค้างคาว) ลักษณะนี้มักเกี่ยวข้องกับหินปูน โดยเกิดจากการละลายของฟอสเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของมูลและซากสัตว์ที่ทับถม ซึมแทรกเข้าไปในหินปูน จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี พบแหล่งหินฟอสเฟตเกือบทุกภาคของประเทศ และเป็นประเภทกัวโน เช่น จังหวัดลำพูน สุโขทัย เพชรบูรณ์ กาญจนบุรี ราชบุรี กระบี่ สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต เลย พังงา และร้อยเอ็ด

2) ความสำคัญของหินฟอสเฟตในทางการเกษตร

เนื่องจากหินฟอสเฟตมีธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชเป็นองค์ประกอบอยู่ จึงเหมาะสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีฟอสเฟตในทางอุตสาหกรรม และนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง แต่การนำฟอสเฟตมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงมีประสิทธิภาพในการใช้ต่ำ และมีขอบเขตเงื่อนไขการใช้ที่จำกัดมาก กล่าวคือ ในหินฟอสเฟตมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงประมาณ 8–18% แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาและพืชสามารถนำไปใช้ได้เพียง 1–2 % เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช หากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟต ให้มากขึ้นจะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช

3) ผลของค่า pH ในดินต่ออนุมูลของฟอสเฟต

ปุ๋ยฟอสเฟต เป็นปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบฟอสเฟต pH ของดินมีผลต่ออนุมูลของฟอสเฟต พบว่า

3.1) pH ของดินในช่วง 5-8 ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ (dihydrogen phosphate ion) และ HPO_4^{2-} (hydrogen phosphate ion)

3.2) pH ของดินต่ำกว่า 5 ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป H_3PO_4 (กรดฟอสฟอริก)

3.3) pH ของดินมากกว่า 8 ขึ้นไป ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป PO_4^{3-} (ฟอสเฟตไอออน)

ในสภาวะดินในช่วง pH 5-8 ปุ๋ยฟอสเฟตในการช่วยเสริมการเจริญเติบโต และความแข็งแรงของพืชทั้งส่วนราก ลำต้น และใบ ตลอดจนการออกดอกออกผล

4) การผลิตปุ๋ยฟอสเฟต

ปัจจุบันนี้ใช้วัตถุดิบคือ หินฟอสเฟต (phosphate rock) หินฟอสเฟตในประเทศไทยมีมากในหลายจังหวัด เช่น ร้อยเอ็ด ลำพูน กาญจนบุรี เพชรบูรณ์ และราชบุรี หินฟอสเฟตจากแหล่งดินดังกล่าวมีฟอสฟอรัสคิดเป็นปริมาณของ P_2O_5 อยู่ร้อยละ 20-40 โดยมวล จึงมีการนำหินฟอสเฟตที่บดละเอียดแล้วใส่ลงในดินเพื่อใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง แต่หินฟอสเฟตละลายน้ำได้น้อยมาก พืชจึงนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้น้อยมาก ทำให้ต้องใช้หินฟอสเฟตในปริมาณมากซึ่งไม่คุ้มค่า จึงมีการนำหินฟอสเฟตมาใช้ผลิตปุ๋ยฟอสเฟต

5) การเตรียมปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต

นำหินฟอสเฟตที่บดแล้วมาทำปฏิกิริยากับกรด H_2SO_4 เข้มข้น 4-5 $mol:dm^3$ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วได้กรด H_3PO_4 กรดกัดแก้ว (HF) และแคลเซียมซัลเฟต ดังสมการ

$$CaF_2.3Ca_3(PO_4)_2 + 10H_2SO_4 \rightarrow 6H_3PO_4 + 10CaSO_4 + 2HF$$

กรด H_3PO_4 ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับหินฟอสเฟตที่เหลือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ต้องเก็บหรือบ่มไว้ประมาณ 1 เดือน จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้มอนอแคลเซียมฟอสเฟต

$$CaF_2.3Ca_3(PO_4)_2 + 14H_3PO_4 \rightarrow 10Ca(H_2PO_4)_2 + 2HF$$

ปุ๋ยมอนอแคลเซียมฟอสเฟตละลายน้ำได้ดี พืชจึงนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้อาจนำหินฟอสเฟตมาทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 จะได้ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต ดังสมการ

$$CaF_2.3Ca_3(PO_4)_2 + 7H_2SO_4 + 17H_2O \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2.H_2O + 7CaSO_4.2H_2O + 2HF$$

การเตรียมปุ๋ยฟอสเฟตในอุตสาหกรรมจะมีแก๊ส HF เกิดขึ้นซึ่งระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายและเป็นพิษจึงต้องมีการกำจัด HF ดังปฏิกิริยา

$$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2\ H_2O$$

SiF_4 ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับน้ำส่วนที่ได้ H_2SiF_6 อาจนำแก๊ส HF ทำปฏิกิริยากับ SiO_2 โดยตรงจะได้เหมือนกัน ดังสมการ

$$6HF + SiO_2 \rightarrow H_2SiF_6 + 2\ H_2O$$

H_2SiF_6 ใช้เป็นสารละลายในการเติมฟลูออไรด์ให้กับน้ำดื่ม หรือนำมาทำปฏิกิริยากับ MgO ได้แมกนีเซียมซิลิโกฟลูออไรด์ ซึ่งใช้เป็นสารกำจัดแมลง ดังสมการ

$$H_2SiF_6 + MgO \rightarrow MgSiF_6 + H_2O$$

อาจกำจัดแก๊ส HF โดยการผ่านลงในน้ำได้สารละลายกรด HF แล้วนำมาสะเทินด้วยโซดาแอช (Na_2CO_3) หรือหินปูน ดังสมการ

$$2HF + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaF + H_2O + CO_2$$
$$2HF + CaCO_3 \rightarrow CaF_2 + H_2O + CO_2$$

การผลิตปุ๋ยฟอสเฟตนั้นอาจนำหินฟอสเฟตผสมกับทรายและโซดาแอช แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1000-1200 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง จะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ

$$2CaF_2.3Ca_3(PO_4)_2 + 5SiO_2 + 6Na_2CO_3 \rightarrow 12CaNaPO_4 + 4Ca_2SiO_4 + SiF_4 + 6CO_2$$

นำสารผสมที่ได้จากการเผาเทลงในน้ำแล้วทำให้เย็นลงทันทีจะได้สารที่มีลักษณะพรุนเปราะ และบดให้ละเอียดได้ง่าย สามารถใช้เป็นปุ๋ยฟอสเฟตที่ให้ P_2O_5 ได้ถึงร้อยละ 27.5 โดยมวล จึงเป็นวิธีหนึ่งที่นำหินฟอสเฟตมาใช้อย่างคุ้มค่า

วิธีการเผาที่อุณหภูมิสูงและการละลายด้วยกรดถึงแม้จะเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตได้ แต่ต้นทุนในการดำเนินการค่อนข้างสูง ส่วนการบดหินฟอสเฟตให้เป็นผงนั้น เพิ่มการละลายของฟอสฟอรัสไม่มากนัก แต่ถ้านำหินฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับวิธีชีวภาพ โดยการผสมคลุกเคล้า

กับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายหินฟอสเฟตก็จะให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตดียิ่งขึ้น นอกจากนั้น วิธีนี้ยังไม่ยุ่งยากซับซ้อนและต้นทุนในการผลิตไม่สูง ซึ่งขณะนี้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้พบว่า *Aspergillus* No.1 เป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการละลายหินฟอสเฟต

6) การเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟต กระทำได้หลายวิธี คือ

6.1) ทางกายภาพ โดยการบดให้เป็นผงละเอียด และการเผาที่อุณหภูมิสูง

6.2) ทางเคมี โดยการละลายหินฟอสเฟตในกรด เช่น กรดซัลฟิวริก

6.3) ทางชีวภาพ โดยการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายหินฟอสเฟต

5) ไคโตซาน

ไคโตซาน เป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญในรูปของ D–glucosamine พบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อราเป็นสารธรรมชาติที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว คือ ที่เป็นวัสดุชีวภาพ (biometerials) ย่อยสลายตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ ไม่เกิดผลเสียและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (non–phytotoxic) ต่อพืช นอกจากนี้ไคโตซานยังมีประโยชน์กับการเกษตรด้านการควบคุมศัตรูพืช

การใช้ไคติน-ไคโตซาน ประเทศไทย ณ วันนี้กำลังเข้าสู่ยุคของโลกเทคโนโลยีชีวภาพ ประเทศไทยได้เปรียบกว่าประเทศอื่นๆ เนื่องจากเรามีความพร้อมในด้านวัตถุดิบ (เปลือกกุ้ง ปู) และปัจจุบันได้มีการดำเนินธุรกิจ ผลิตไคติน-ไคโตซานออกมาสู่ตลาดตามความต้องการของตลาด ซึ่งนับได้ว่าผลิตภัณฑ์ ไคโตซานประสบความสำเร็จอย่างมาก มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ตลาดในด้านการเกษตร ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อาหารเสริม และต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน ญี่ปุ่น อเมริกา เยอรมัน ฯลฯ ได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ ในด้านการเกษตร อาหารเสริม เครื่องสำอาง ฯลฯ ไคโตซานเป็นสารโพลิเมอร์ธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง ปู แกนปลาหมึก เป็นต้น อนุพันธุ์ของมันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ด้านการเกษตร บำบัดน้ำเสีย เครื่องสำอาง การแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษหลายประการ ได้แก่ ความไม่เป็นพิษ สามารถเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อของคนและสัตว์ ความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเพื่อการเกษตรปลอดสารพิษ ไม่มีสารตกค้าง ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆได้มากมายโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์การเกษตร

ไคโตซานเป็นสารที่สกัดได้จากธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในด้านการเกษตรทั่วๆไป เพื่อเป็นแนวทางในการลดสารเคมีและยาฆ่าแมลง ที่เป็นอันตรายต่อเกษตรกรและผู้บริโภค อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงทุกชนิด ปัจจุบันเกษตรกรประสบ

ปัญหาในด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะด้านต้นทุนการผลิต ราคาของผลผลิต อัตราการใช้ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช และการบำรุงปรับปรุงคุณภาพดิน อันเนื่องมาจากการใช้สารเคมีและยาปราบศัตรูพืชในอดีตที่ผ่านมานั้น เกษตรกรต้องพึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ในการจัดการดูแลและบำรุงในด้านต่างๆ จากสารเคมีทุกชนิด เพื่อผลิตผลทางด้านการเกษตรของเกษตรกร ที่มุ่งเน้นในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่จะป้อนต่อความต้องการของตลาดโลกแลผู้บริโภค แต่ปัจจุบันผลผลิตต่างๆ เริ่มเกิดมีผลกระทบจากการใช้สารเคมีที่รุนแรงขึ้นเรื่อยๆ เช่น ผลผลิตลดลง คุณภาพของผลผลิตต่ำลง เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต ซึ่งปัญหาเหล่านี้เราสารถแก้ไขได้ หากเกษตรกรให้ความสำคัญและเปลี่ยนทัศนะคติและพฤติกรรม ที่จะหันมาใช้สารชีวภาพ เพื่อทดแทนสารเคมีที่รุนแรงและมีพิษตกค้าง เพราะปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาสนใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น ในการรับประทานอาหาร ดังนั้นผลผลิตจึงต้องมีคุณภาพดีและปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง

ดังนั้นอดีตจนถึงปัจจุบัน นักวิชาการจำนวนมากได้พยายามคิดค้นและวิจัยเพื่อพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่างๆ เหล่านี้เพื่อเป็นไปตามแนวพระราชดำริ (การเกษตรปลอดสารพิษ ทุกชีวิตยั่งยืน) และตามกระแสของตลาดโลก สิ่งเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะคิดค้นและพัฒนาในผลิตภัณฑ์ทางด้านเกษตรทุกชนิด ซึ่งไคโตซาน เป็นสารอีกตัวหนึ่งที่ได้คิดค้น วิจัยและพัฒนา เพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการที่จะลดปริมาณการใช้สารเคมีให้ลดลงและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลผลิต และต้นทุนของเกษตรกร ดังนี้

1) นำมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด

2) นำมาใช้ป้องกันและยับยั้งโรคพืช เช่น โรคเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรีย และโรคแมลง

3) นำมาใช้เคลือบรักษาผลผลิตทางการเกษตร หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต

4) นำมาใช้เคลือบรักษาเมล็ดพันธุ์

5) นำมาใช้เป็นส่วนผสมและเคลือบเม็ดปุ๋ย (ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์+เคมี)

6) นำมาใช้ปรับสภาพดิน เพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ เป็นต้นฯลฯ

7) ช่วยกระตุ้นต้นพืชสร้างเอนไซม์ไคติเนส ซึ่งเป็นยาฆ่าแมลง จะย่อยสะลายไคตินที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มตัวของแมลงศัตรูพืชได้ดี (ไคโตซาน, 2554)

6) ซีโอไลต์

ซีโอไลต์มีโครงสร้างเป็นผลึกของไฮเดรต อะลูมิโนซิลิเกต (hydrated aluminosilicates) เป็นโครงข่ายโพลิแอนไอโอนิค (polyanionic network) สามมิติของ SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งมีการเชื่อมโยงแบบเตตราฮีดคอล (tetrahedral) กับอะตอมของออกซิเจน ภายในช่องว่างของโครงร่างผลึกนี้ประกอบไปด้วยน้ำ และประจุบวก เพื่อให้เกิดสมดุลกับประจุลบที่อยู่บนโครงร่าง ซึ่งประจุบวก

เหล่านี้คือ โลหะอัลคาไลน์ (alkali metal) หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ (alkali earth) ที่สามารถถูกแทนที่ได้ ก่อให้เกิดคุณสมบัติหลักของซีโอไลท์ คือ ความสามารถในการจับประจุบวกเข้ามารวมตัว

การใช้ซีโอไลต์ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร แร่ภูเขาไฟ หินลาวา ซีโอไลต์ หรือหินเดือด มีแร่ธาตุที่ละลายน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซิลิกาที่มีโครงสร้างเคมีอยู่ในรูปของ H_4SiO_4 จึงเป็นประโยชน์ที่สำคัญอย่างยิ่งกับพืช

ประโยชน์ของแร่ซีโอไลต์

1) ใช้ฉีดพ่นเพื่อทำให้พืชแข็งแรง ซีโอไลต์ผงประมาณ 200-300 กรัม ละลายในน้ำ 20 ลิตร ทิ้งไว้หนึ่งคืนแล้วกรองแยกตะกอนไปใส่ต้นไม้เอาแต่น้ำมาฉีดพ่นพืชให้เปียกทั่วถึงทุกส่วน

2) ใช้หว่านลงดินก่อนปลูกให้พืชที่จะปลูกบนดินได้รับซิลิกา ตั้งแต่เริ่มดูดน้ำหรือเริ่มการเจริญหรือเริ่มงอกใช้หว่านลงผิวดินแล้วพรวนกลบ หรือจะหว่านลงในแปลงนาทำการสูบหรือคราดให้จมแล้วจึงหว่านเมล็ดหรือใส่รองก้นหลุมเคล้ากับดินแล้วจึงปลูกพืชหรือหยอดเมล็ด

3) ใช้ใส่หลังปลูก ใช้วิธีโรยเป็นแถวข้างๆ ต้น เช่น ข้าวโพด หรือหว่านบริเวณใต้ทรงพุ่มต้นของพืชพืชผักต้นเล็กปลูกติดกันแน่นให้หว่านด้วยชนิดเม็ด

4) ใช้คลุกผสมใส่ลงไปพร้อมกับปุ๋ย โดยใช้ปุ๋ยพรมน้ำพอชื้น แล้วเอา แร่ภูเขาไฟ หรือซีโอไลต์ คลุกผสมให้ผงติดเม็ดปุ๋ยทุกเม็ดจะช่วยทำให้ปุ๋ยกลายเป็นปุ๋ยละลายช้า

5) ลดการสูญเสียปุ๋ย ปรกติปุ๋ยเคมีที่ขายในไทยถูกกำหนดให้ละลายทันทีทั้ง 100 % ดังนั้นถ้าฝนตกมาก รดน้ำมากปุ๋ยละลายออกมา สารจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะจับปุ๋ยไว้ทั้งแอมโมเนียมและโพแทสเซียมให้กลายเป็นปุ๋ยละลายช้า

6) ทำลายสารพิษในดินและในน้ำ สารพิษตกค้างที่มีผลในการลดการเจริญของพืช

7) เพิ่มคุณภาพผลผลิต จากการมีซิลิกาที่ผิวพืชมากขึ้นทำให้พืชผัก แข็ง กรอบ อร่อยขึ้น เก็บรอการขายได้นานขึ้น ช้ำน้อย คุณภาพสูงขึ้นแทบทุกด้าน ยกเกรดของสินค้าให้สูงขึ้น ราคาก็ดีขึ้นด้วยแม้ผลไม้ก็มีคุณภาพดีขึ้นเช่นกัน

8) ลดแมลงและไส้เดือนฝอยในดิน หว่านบางๆ ลงบนดินบริเวณที่มีมด ปลวก เสี้ยนดิน ตัวอ่อนของด้วงหมัดกระโดดไส้เดือนไส้เดือนฝอยหอยบกก็จะลดน้อยลง

9) ใช้ทำลายสารพิษตกค้างในอาหารสัตว์ ผสมให้สัตว์กินตามปรกติ อัตราการตายของ หมู เป็ด ไก่ ลดลงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

10) ใช้เพิ่มผลผลิตเห็ด ใช้ผสมในขี้เลื่อยหรือวัสดุดิบเพาะ ไม่ต้องใช้ยิปซัมและปูนขาวนำไปเพาะเห็ดตามปรกติ รดบนกองและดินรอบกองจนเปียกชุ่ม จะลดไรเห็ดลง มด ปลวก ไส้เดือนฝอย และกลิ่นลงได้ ผลผลิตเห็ดเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ (ซีโอไลต์, 2554)