

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1) ปุ๋ย

คำว่า “ปุ๋ย” ในภาษาไทย สันนิษฐานจากการออกเสียงและความหมายได้ว่า มาจากภาษาจีนแต้จิ๋วที่ออกเสียงว่า “ปุ๋ย” หรือ “เฟย” (fei) ในภาษาจีนกลาง ซึ่งสองคำนี้มีความหมายว่าอ้วนพีหรือดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหาร หรือสารอาหารของพืช นอกจากนี้การที่คนจีนได้นำความรู้เรื่องการทำสวนแบบขร่ง การบำรุงดินในสวนผักด้วยมูลสัตว์และสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ที่แปรรูปแล้วเข้ามาในสังคมไทย ทั้งเรียกสารบำรุงดินประเภทนี้ว่า “ปุ๋ย” คนไทยในสมัยนั้นจึงได้รับเอาวิธีทำการเกษตรดังกล่าวมาใช้และรับเอาคำว่า “ปุ๋ย” มาด้วย ส่วนตำราด้านปุ๋ยมีคำในภาษาอังกฤษที่ใช้กันอย่างกว้างขวางอยู่ 2 คำ คือ manure และ fertilizer ซึ่งมีที่มาและความหมายแตกต่างกัน ดังนี้ (ยงยุทธ โอสถสภากและคณะ, 2551)

1.1) แม่น้ำ (manure)

ปัจจุบันนี้แม่น้ำหมายถึงปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) ซึ่งมี 3 ชนิด คือ 1. ปุ๋ยคอก (farm yard manure, FYM) 2. ปุ๋ยพืชสด (Green manure) และ 3. ปุ๋ยหมัก (compost) ปุ๋ยนี้แต่เดิมเรียกว่าปุ๋ยคอกเทียม (artificial manure หรือ synthetic manure)

1.2) ปุ๋ย (fertilizer)

ปุ๋ย หมายถึงสารที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และกล่าวในภาพรวมว่าปุ๋ยคือสารอนินทรีย์ (inorganic substance) หรือสารอินทรีย์ (organic substance) ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สารนี้จะมาจากธรรมชาติเป็นสารสังเคราะห์ก็ได้ ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้จำแนกปุ๋ยไว้ 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ แต่พระราชบัญญัติปุ๋ยฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้ครอบคลุมถึงปุ๋ยชีวภาพด้วย

2) การจำแนกปุ๋ย

ปุ๋ยอาจจำแนกได้หลายวิธีโดยอาศัยแนวทางที่แตกต่างกันไป เช่น พิจารณาจากชนิดของสารประกอบที่เป็นปุ๋ย ชนิดและจำนวนของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย เป็นต้น

2.1) ปุ๋ยจำแนกตามชนิดของสารประกอบ

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

(1) ปุ๋ยเคมี เป็นคำบัญญัติขึ้นภายหลัง เมื่อมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์มาใช้ในการเกษตร แต่เดิมปุ๋ยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ปุ๋ยอนินทรีย์ (inorganic fertilizer) ซึ่งหมายถึงปุ๋ยที่เป็นอนินทรีย์ อาจเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบ ตัวอย่างของปุ๋ยอนินทรีย์ได้แก่แอมโมเนียมซัลเฟต ซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

ต่อมามีปุ๋ยซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนที่เป็นอินทรีย์สารสังเคราะห์ เช่น ยูเรีย และแคลเซียมไซยาไนด์ (calcium cyanamide) ซึ่งผลิตแบบอุตสาหกรรม ปุ๋ยสองชนิดนี้มีสมบัติด้านการละลายน้ำและความเป็นประโยชน์ต่อพืช คล้ายคลึงกับปุ๋ยอนินทรีย์ยิ่งกว่าปุ๋ยอนินทรีย์ทั่วไป (ตารางที่ 2.1) จึงรวมปุ๋ยอนินทรีย์กับ ปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์เข้าด้วยกัน เรียกว่าปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยที่เป็นสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมปุ๋ยชีวภาพ ดินมาร์ล ปุ๋ยพลาสติก 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 : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

(2) ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึงปุ๋ยที่เป็นสารอินทรีย์ (organic substance) ปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสด พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 มาตรา 3 ให้คำนิยามของปุ๋ยอินทรีย์ว่า หมายถึงปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากอินทรีย์วัตถุซึ่งผลิตโดยกรรมวิธีทำให้ขึ้นสับ บด หมัก ร่อนหรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งเน้นไปในเรื่องของปุ๋ยหมัก การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

จากคำนิยามของปุ๋ยเคมีดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าโดยผสมปุ๋ยเคมีลงไปด้วย (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี) ปุ๋ยที่ได้จึงเป็นปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ซึ่งต้องขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมี และผู้ผลิตต้องมีใบอนุญาตผลิตปุ๋ยเคมีเพื่อการค้า แต่เนื่องจากกรมวิชาการเกษตรประกาศใน พ.ศ. 2550 ว่าพนักงานเจ้าหน้าที่จะพิจารณาขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงผสม

ซึ่งมีวัสดุอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี) ต้องมีธาตุหลักตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไป และมีปริมาณธาตุหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุหลักแต่ละชนิดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี การที่ผู้ผลิตปุ๋ยดังกล่าวเติมปุ๋ยเคมีลงไปน้อยจึงมีปริมาณธาตุหลักต่ำกว่าเกณฑ์นี้ ประกอบกับมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 10 จึงขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์เคมีไม่ได้ การผลิตเพื่อการค้าย่อมมีความผิดตามกฎหมาย

(3) ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิต มาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหรือเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยชีวภาพอาจมีบทบาทในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพและทางชีวเคมี และให้ปุ๋ยชีวภาพหมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์ (จุลินทรีย์ที่มีจำนวนเซลล์ต่อหน่วยสูง ซึ่งถูกเพาะเลี้ยงโดยกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์)

2.2) จำแนกตามชนิดของธาตุอาหาร

การจำแนกในแนวทางนี้เน้นเฉพาะปุ๋ยเคมีเท่านั้น ปุ๋ยเคมีจำแนกตามชนิดของธาตุอาหารได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยธาตุหลัก ปุ๋ยธาตุรองและปุ๋ยจุลธาตุหรือธาตุอาหารเสริม ดังนี้

(1) ปุ๋ยธาตุหลัก เป็นปุ๋ยที่มีธาตุหลักเป็นองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งเป็นปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช (potash) และปุ๋ยที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุ

(1.1) ปุ๋ยไนโตรเจน หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์และยูเรีย

(1.2) ปุ๋ยฟอสฟอรัสหรือปุ๋ยฟอสเฟต หมายถึงปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นสำคัญ เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟต และทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น

(1.3) ปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียมเป็นสำคัญ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมซัลเฟต

(1.4) ปุ๋ยที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุ หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุหลักเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส และโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม ปุ๋ยในกลุ่มนี้ได้จัดอยู่ในประเภทปุ๋ยเชิงประกอบด้วย

(1.5) ปุ๋ยธาตุรอง หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุรองหนึ่งธาตุหรือมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น แคลเซียมซัลเฟต มีแคลเซียมและกำมะถัน แมกนีเซียมซัลเฟต มีแมกนีเซียมและกำมะถัน

(1.6) ปุ๋ยจุลธาตุหรือปุ๋ยธาตุอาหารเสริม หมายถึง ปุ๋ยที่มีจุลธาตุเป็นองค์ประกอบ ซึ่ง แบ่งเป็นปุ๋ยจุลธาตุอินทรีย์และปุ๋ยคีเลต

(1.6.1) ปุ๋ยจุลธาตุอนินทรีย์ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ให้จุลธาตุ เช่น กรดบอริก เฟอร์รัส ซัลเฟต และสังกะสีซัลเฟต

(1.6.2) ปุ๋ยคีเลต เป็นสารคีเลตที่มีจุลธาตุพวกโลหะเป็นองค์ประกอบ เช่น เหล็ก อีดีทีเอ (EDTA หรือ ethylenediaminetetraacetic acid)

2.3) จำแนกจากธาตุอาหารหลัก

ปุ๋ยจำแนกตามจำนวนของธาตุหลักได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ดังนี้

(1) ปุ๋ยเชิงเดี่ยว (single fertilizer หรือ straight fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักธาตุเดียว ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต หรือปุ๋ยโพแทช

(2) ปุ๋ยเชิงผสม (mixed fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีชนิดหรือประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามต้องการ สำหรับปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดที่นำมาผสมเข้าด้วยกันว่าแม่ปุ๋ย (fertilizer material หรือ fertilizer carrier)

(3) ปุ๋ยเชิงประกอบ (compound fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่สร้างขึ้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี และมีธาตุอาหารหลักอย่างน้อยสองธาตุขึ้นไป เช่น ไคแอม โมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสและ โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม เป็นต้น

2.4) จำแนกตามความสมบูรณ์ของธาตุหลัก

ปุ๋ยจำแนกตามความสมบูรณ์ของธาตุหลักได้เป็น 2 ประเภท คือ ธาตุอาหารไม่ครบ และปุ๋ยธาตุอาหารครบ

(1) ปุ๋ยธาตุอาหารไม่สมบูรณ์ (incomplete fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเชิงผสมหรือปุ๋ยเชิงประกอบใด ๆ ที่มีธาตุหลักไม่ครบทั้งสามธาตุ เช่น มีเฉพาะไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส หรือไนโตรเจนกับโพแทสเซียม หรือฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม ส่วนปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเพียงหนึ่งธาตุที่มีชื่อเฉพาะว่าปุ๋ยเชิงเดี่ยวอยู่แล้ว

(2) ปุ๋ยธาตุอาหารสมบูรณ์ (complete fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุหลักครบทั้งสามธาตุ

2.5) จำแนกตามผลรวมของปริมาณธาตุอาหารรับรอง

ปุ๋ยจำแนกตามแนวทางนี้ได้เป็น 4 ประเภท คือ ปุ๋ยสูตรต่ำ กลาง สูงและเข้มข้น

(1) ปุ๋ยสูตรต่ำ (low analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประ โยชน์ และ โพแทชที่ละลาย แต่ละอย่าง (ถ้าเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว) หรือรวมกันทั้งหมดแล้วต่ำกว่าร้อยละ 15

(2) ปุ๋ยสูตรกลาง (medium analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประ โยชน์ และ โพแทชที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันทั้งหมดอยู่ประมาณร้อยละ 15-25

(3) ปุ๋ยสูตรสูง (high analysis fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่มีร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประ โยชน์ และ โพแทชที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันทั้งหมดประมาณร้อยละ 26-30

(4) ปุ๋ยสูตรเข้มข้น (concentrated fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่มีร้อยละของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประ โยชน์และ โพแทชเข้มข้นที่ละลายน้ำ แต่ละอย่างหรือรวมกันทั้งหมดเกินกว่าร้อยละ 30 (ขงยุทธ โอสถสภาและคณะ, 2551)

2.6) จำแนกตามองค์ประกอบที่อยู่ภายในปุ๋ย

เมื่อพิจารณาถึงชนิดขององค์ประกอบที่อยู่ภายในปุ๋ยแล้ว อาจแบ่งปุ๋ยออกได้ 4 ประเภทคือ

(1) ปุ๋ยอนินทรีย์ (inorganic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของปุ๋ยที่มีสารอนินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยที่ผลิตโดยผ่านกรรมวิธีทางเคมีสังเคราะห์ อาจเป็นปุ๋ยเดี่ยว (single fertilizer) หรือปุ๋ยผสม (compound fertilizer) ที่มีปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่แตกต่างกันออกไป บางชนิดเป็นปุ๋ยที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยหินฟอสเฟตบด โพแทสเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

(2) ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของปุ๋ยที่มีสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ธาตุอาหารในปุ๋ยจะเกิดประ โยชน์ก็ต่อเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เสียก่อนแล้วปลดปล่อยออกมาในรูปอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

(3) ปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีจุลินทรีย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นส่วนผสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อเติมลงดินแล้วสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทันที โดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น หรืออาจทำให้พืชได้รับประ โยชน์จากธาตุอาหารในดินมากขึ้นอันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นๆ

(4) ปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตทางเคมี ปริมาณธาตุอาหารสูง ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นสารอนินทรีย์ ยกเว้นปุ๋ยเคมี

3) ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) คือ ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สารซึ่งผลิตขึ้น โดยกรรมวิธีต่าง ๆ และเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ต้องผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางชีวภาพเสียก่อน มีวัตถุประสงค์หลายประเภทที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถนำไปใช้กับพืชได้หลายชนิดกับดินทุกประเภท แต่จะมีอัตราการใช้ที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพดินในพื้นที่ปลูก ภูมิอากาศตลอดจนคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น พืชผัก พืชไร่และนาข้าว ไม้ผล ไม้ยืนต้นและไม้ดอก ไม้ประดับ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของปุ๋ยอินทรีย์ให้สูงขึ้น ลดกิจกรรมการย่อยของจุลินทรีย์ เก็บไว้ได้นานขึ้น ไม่เกิดกลิ่นเหม็นและสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีความสามารถในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ไม่เพียงเท่านั้นปุ๋ยอินทรีย์ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และทางชีวภาพของดินในทางที่ดีอีกทั้งยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงและมีส่วนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย

การผลิตปุ๋ยหมักอัดเม็ดมีวิธี คือ การนำปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักสมบูรณ์แล้วมาอบด้วยไอน้ำมาเชื้อ แล้วผสมน้ำให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 30 จากนั้นจึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ด เมื่อทำการอัดเม็ดเสร็จแล้วจึงทำการนำไปตากหรืออบให้แห้งอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 10-20 ก่อนจะถึงขั้นตอนสุดท้ายคือนำไปบรรจุถุง

การผลิตปุ๋ยคอกอัดเม็ดก็มีขั้นตอนไม่ค่อยจะแตกต่างจากทำปุ๋ยหมักอัดเม็ด เท่าใดนัก แต่ส่วนใหญ่ในการผลิตปุ๋ยชนิดนี้จะใช้มูลไก่ในการผลิตเสียเป็นส่วนมาก แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C เพื่อทำลายเชื้อโรค และสปอร์ของมัน จากนั้นก็นำเข้าเครื่องป่นให้เป็นผงก่อนที่จะมีการเติมหรือปรุงแต่งสูตรเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ก่อนจะนำไปผ่านกระบวนการอัดเม็ด และผ่านความเย็นจนได้ออกมาเป็นปุ๋ยคอกหากเราปลูกพืชหลักที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง เช่น พืชตระกูลถั่ว เราก็สามารถที่จะไถกลบพืชนั้นกลับลงไปดินได้เลย

ข้อดี - ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์ มีดังนี้

(1) ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์

(1.1) ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้นโดยเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และการปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

(1.2) อยู่ในดินได้นานและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้าๆ จึงมีโอกาสสูญเสียน้อยกว่าปุ๋ยเคมี

(1.3) เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งเสริมปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพมีธาตุอาหารรอง/เสริม อยู่เกือบครบถ้วนตามความต้องการของพืช

(1.4) ส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกที่มีประโยชน์ต่อการบำรุงดินให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

(2) ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์

(1) มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ

(2) ใช้เวลานานกว่าปุ๋ยเคมี ที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช

(3) ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมี เมื่อคิดเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหารพืช

(4) หายาก พิจารณาในด้านเมื่อต้องการใช้เป็นปริมาณมาก

(5) ถ้าใส่สารอินทรีย์มากเกินไป เมื่อเกิดการชะล้างจะทำให้เกิดการสะสมของไนเตรทในน้ำใต้ดินซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคน้ำได้

(6) การใช้สารอินทรีย์ที่สลายตัวยาก เช่น ขี้เลื่อย เมื่อใช้วัสดุคลุมดิน ถ้าใช้ขี้เลื่อยสดใส่ทับถมกันแน่นจะทำให้เกิดการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้อุณหภูมิสูงมาก จนเกิดสารสีน้ำตาลหรือน้ำตาล ในสภาพนี้ขี้เลื่อยจะอึดตัวไปด้วยสารพิษซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ชนิดระเหยง่าย มีกลิ่นฉุนมาก และเกิดไอน้ำที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เป็นอันตรายแก่พืชหลายชนิดได้ อย่างไรก็ตาม ขี้เลื่อยเปลือกไม้สามารถนำมาใช้ได้โดยใช้ในดินที่ไม่เป็นกรดจัดเกินไป และมีปุ๋ยไนโตรเจนเพียงพอควรเป็นขี้เลื่อยเก่าที่ย่อยแล้ว หรือปล่อยให้ตากแดดตากฝนระยะหนึ่ง การใช้ปุ๋ยหมักคลุมไปด้วยในปริมาณที่พอเหมาะ จะช่วยลดความเป็นพิษลงได้

(7) มูลสัตว์ที่ไม่ผ่านการหมักหรือการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนก่อนจะมีโรค แมลงศัตรูพืช และวัชพืชติดมาด้วย ทำให้เกิดปัญหาการแพร่ระบาดภายหลังได้

(8) ปุ๋ยอินทรีย์สลายตัวอย่างช้าๆ เช่น ขี้เลื่อย ซึ่งมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง เมื่อใส่ในดินปลูกพืชจุลินทรีย์จะแย่งไนโตรเจนในดินไปใช้ในขบวนการย่อย มีผลทำให้พืชขาดไนโตรเจนชั่วคราว ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนพืชจะขาดจนกว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีกิจกรรมลดลง จึงจะได้ไนโตรเจนกลับคืนสู่ดิน

(9) ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานส่งกลิ่นเหม็นไม่เป็นที่พอใจผู้ใช้และสกปรก

(10) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากของเหลือทิ้งจากท่อระบายน้ำโสโครก ตามอาคารบ้านเรือนก่อให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักหลายชนิดที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว ปรอท

(11) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ยังสลายตัวไม่เต็มที่หรือยังอยู่ระหว่างการย่อยสลายจะทำให้เกิดความร้อนจากการย่อยสลาย เป็นอันตรายต่อรากพืช เช่น การใช้มูลสด ๆ ใส่ใกล้โคนปลูกพืช และ การใช้มูลที่มีทั้งอุจจาระและปัสสาวะสัตว์ปน โดยไม่มีการเจือจาง จะทำให้ต้นพืชเหี่ยวเฉาได้ เนื่องจากความเค็มของกรดในน้ำปัสสาวะ

(12) ต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการใส่มากกว่า

คุณลักษณะเด่นของปุ๋ยอินทรีย์

(1) ปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

(2) ธาตุอาหารมากกว่ามูลสด 5 เท่าตัว

ระบบการผลิตแบบเกษตรธรรมชาติจะเน้นการนำวัตถุดิบอินทรีย์ที่มีอยู่รอบชุมชน มาใช้ในการผลิตพืชและสัตว์ ลดการนำเข้าปัจจัยการผลิตภายนอกมาใช้ให้น้อยที่สุด อันเป็นระบบที่พึ่งตนเอง และพยายามลดต้นทุนปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ต้องหาซื้อให้น้อยที่สุด แต่เน้นการผลิตปัจจัยเหล่านั้นด้วยตนเองหรือภายในชุมชนของตนเอง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางออกที่สำคัญในระบบการผลิตแบบเกษตรธรรมชาติและเกษตรอินทรีย์

4) แร่ธาตุอาหารในดิน

(1) ธาตุไนโตรเจน ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเอามาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชต่างๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดิน โดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อยให้นอกจากนั้นก็ยังสามารถที่เราใส่ปุ๋ยเคมีลงไปดินด้วย พืชเมื่อขาดไนโตรเจนจะโตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่างๆ จะแห้ง ร่วงหล่น การออกดอกออกผลจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นักดินโดยทั่วๆ ไปมักจะมีไนโตรเจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ดังนั้นเวลาปลูกพืชจึงควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมให้กับพืชด้วย

(2) ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน การสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดินก็จะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยคอกนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยัง

ได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุโมลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และ HPO_4^- ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก

(3) ธาตุโพแทสเซียม ธาตุโพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ มีกำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุโมลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชจะดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ถ้าธาตุโพแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุโมลบวก (K^+) พืชก็ยังคงดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์อะไรไม่ได้ อนุโมลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ดินมักจะมีไม่พอประกอบกับพืชดึงดูดจากดินขึ้นมาใช้แต่ละครั้งเป็นปริมาณมาก จึงทำให้ดินสูญเสียธาตุเหล่านี้หรือที่เรียกว่าสูญเสียในดินไปมาก ซึ่งเป็นผลทำให้ดินที่เราเรียกว่า "ดินจืด" เพื่อเป็นการปรับปรุงระดับธาตุอาหารพืช N, P และ K ที่สูญเสียไปเราจึงต้องใช้ปุ๋ย

ปุ๋ยอินทรีย์มี 3 ประเภท คือ

1. ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของพืช วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น หล้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว ชังข้าวโพด กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล และแกลบจากโรงสีข้าว ขึ้นเลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น มาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดิน หรืออยู่ในหลุม เพื่อให้ผ่านกระบวนการย่อยสลายให้เน่าเปื่อยเสียก่อน โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้สารอินทรีย์วัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ

2. ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ และห่าน ฯลฯ โดยอาจจะใช้ในรูปแบบปุ๋ยคอกแบบสด แบบแห้ง หรือ นำไปหมักให้เกิดการย่อยสลายก่อนแล้วค่อยนำไปใช้ก็ได้ ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของดินและพืชที่ปลูกด้วย โดยเฉพาะการใช้แบบสดอาจทำให้เกิดความร้อนและมีการดึงธาตุอาหารบางตัวไปใช้ใน การย่อยสลายมูลสัตว์ ซึ่งอาจจะทำให้พืชเหี่ยวตายได้ การใช้ปุ๋ยคอกนั้น นอกจากจะมีประโยชน์ในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชในดินแล้ว ยังช่วยทำให้ดินโปร่งและร่วนซุย ทำให้การเตรียมดินง่าย การตั้งตัวของต้นกล้าเร็ว ทำให้มีโอกาสรอดได้มากด้วย

3. ปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการปลูกพืชบำรุงดินซึ่งได้แก่พืชตระกูลถั่วต่างๆ แล้วทำการไถกลบเมื่อพืชเจริญเติบโตมากที่สุด ซึ่งเป็นช่วงที่กำลังออกดอก พืชตระกูลถั่วที่ควรใช้เป็นปุ๋ยพืชสดควรมีอายุสั้น มีระบบรากลึก ทนแล้ง ทนโรคและแมลงได้ดี เป็นพืชที่ปลูกง่าย และมีเมล็ดมาก ตัวอย่างพืชเหล่านี้ก็ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วลาย ปอเทือง ถั่วขอ ถั่วแปบ และโสน เป็นต้น

5) ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกัน แล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงตัวและคงทนต่อการย่อยสลาย เป็นเนื้อเดียวกัน มีสีน้ำตาลปนดำ และไม่มียีสหรือเห็ดขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยจะส่งเสริมการเกิดเม็ดดินทำให้ช่องว่างในดิน ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้นทำให้การระบายน้ำ และอากาศดีขึ้น ช่วยให้ระบบรากพืชแพร่กระจายตัวในดินได้อย่างกว้างขวาง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังมีผลในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน (ธงชัย มาลาธงชัย และอรรถศิษฐ์, 2541)

ผลการผลิตปุ๋ยหมักในปัจจุบันมีหลายระดับและหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งโดยทั่วไปในการผลิตปุ๋ยหมักทุกวิธีและทุกระดับจะมีหลักในการผลิตที่ค่อนข้างเหมือนกัน คือ จะนำเศษซากพืชหรืออินทรีย์วัตถุต่างๆ มากองรวมกัน แล้วควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ให้เหมาะสม แล้วปล่อยให้จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักช่วยย่อยสลายเศษซากอินทรีย์วัตถุเหล่านั้น

วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมัก ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด เปลือกถั่ว ต้นถั่ว และกากวัสดุต่างๆ (ตารางที่ 2.2) วัชพืชต่างๆ เช่น เศษวัชพืชทั่วไป ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ทางการเกษตรหรือในน้ำ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้งน้ำ ฯลฯ หรือใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ เช่น โรงคัดบรรจุผลผลิตผักเปลือกไม้จากโรงงานกระดาษ ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เปลือกผลไม้จากโรงงานผลไม้กระป๋อง กากจากโรงงานผลิตสุราและเบียร์ เศษขี้เลื่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเห็ด เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้มูลสัตว์ต่างๆ มาใช้ผลิตปุ๋ยหมักด้วยก็ได้ การผสมมูลสัตว์ต่างๆ เช่น มูลวัว มูลสุกร มูลไก่ ในกองปุ๋ยหมักจะทำให้กองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมูลสัตว์ต่างๆ เป็นอาหารของจุลินทรีย์และมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่มากมาย จึงทำให้วัสดุย่อยสลายปุ๋ยหมักได้อย่างรวดเร็ว

การเติมปุ๋ยโดยเฉพาะไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรีย ในกองปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุที่สลายตัวยาก (มีความสดและอวบน้ำน้อย) เช่น เศษฟางข้าว หรือเศษใบไม้แห้งทำให้วัสดุสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เนื่องจากเศษพืชที่สลายตัวได้ยาก จะมีแร่ธาตุอาหารอยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ซึ่งแร่ธาตุที่มักจะขาดแคลนในวัสดุที่เน่าสลายยากดังกล่าวคือ ไนโตรเจน

ในกองปุ๋ยหมักจะเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ทั้งแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระยะแรกแต่เมื่อการหมักดำเนินไปสภาพในกองปุ๋ยหมักก็จะขาดก๊าซออกซิเจน หรือเกิดสภาพอับอากาศขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนตายได้ ดังนั้น ในการกองปุ๋ยหมักในลักษณะที่ทำให้การระบายอากาศเกิดขึ้นได้ดีย่อมจะทำให้เกิดการหมักที่รวดเร็วยิ่งขึ้นได้

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

ชนิดของวัสดุเหลือทิ้ง	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: อ้างใน อานันท์ (2549)

ตารางที่ 2.3 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: อ่างใน อานันท์ (2549)

1.2) การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกอง

การผลิตปุ๋ยหมักแบบกลับกอง เป็นการทำปุ๋ยหมักดั้งเดิมที่เกษตรกรนิยมทำกันมานานแล้ว ซึ่งการทำปุ๋ยหมักวิธีการนี้จะเป็นการกองปุ๋ยหมักแบบต่างๆ ไม่ต้องใช้อุปกรณ์มากนัก ซึ่งการกองปุ๋ยหมักบนพื้นเป็นการกองปุ๋ยหมักบนพื้นที่ราบเป็นพื้นดินธรรมดา พื้นซีเมนต์บริเวณกลางแจ้ง หรือในโรงเรือนก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม แต่การกองปุ๋ยหมักในโรงเรือนจะได้ผลผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีกว่า เนื่องจากน้ำจะระเหยออกจากกองปุ๋ยได้ช้ากว่าและไม่ถูกฝนหรือถูกแสงแดดทำให้ธาตุอาหารไม่ถูกชะออกไป

หลังจากตั้งกองปุ๋ยหมักแล้วกองปุ๋ยจะเกิดการหมักทำให้สภาพภายในกองปุ๋ยมีสภาพอับอากาศและอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะสูงขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูงไม่สามารถเจริญเติบโตหรือทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ ดังนั้น หลังจากตั้งกองแล้วตั้งหมั่นกลับกองปุ๋ยหมักอยู่เสมอซึ่งอย่างน้อยที่สุดตลอดการหมักควรกลับกองปุ๋ยอย่างน้อย 3-4 ครั้ง คือ ควรกลับกองครั้งแรกภายหลังจากหมัก 7 วัน ครั้งที่ 2 ภายหลังจาก 14 วัน และครั้งต่อไปภายหลังจาก 20 วัน นำเศษวัสดุที่นำมาใช้หมักแปรสภาพไปเป็นกองปุ๋ยหมักที่ผ่านการย่อยสลายเรียบร้อยแล้ว

(1) ลักษณะของปุ๋ยที่ผ่านการหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว

ภายหลังจากการหมักเศษวัสดุได้ระยะหนึ่งแล้วกองปุ๋ยจะค่อยๆ ย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพไป และความร้อนในกองปุ๋ยจะค่อยๆ ลดลง เศษวัสดุต่างๆ จะค่อยๆ เน่าเปื่อย มีขนาดชิ้นเล็กลง และมีสีคล้ำขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดกองปุ๋ยก็จะเย็นตัวลง ปุ๋ยหมักที่ได้จะมีสีดำคล้ำและเป็นสีเดียวกันที่มีความร่วนโปร่งและไม่มึนกลิ่นเหม็น ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจใช้เวลาเกิน 2-3 เดือน ซึ่งอาจช้าหรือเร็วกว่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการกองปุ๋ย เมื่อได้ปุ๋ยแล้วควรนำปุ๋ยมาเก็บไว้ในโรงเรือน หรือใต้หลังคาที่สามารถทนแดดและฝนได้ เพื่อรักษาและคงสภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ให้มีประสิทธิภาพที่ยาวนาน

ตารางที่ 2.4 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากเศษพืชชนิดต่างๆ

ชนิดของพืช	Total N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	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: อ้างใน อานันท์ (2549)

(2) หลักการพิจารณาว่าปุ๋ยหมักเกิดการหมักสมบูรณ์

(2.1) สีของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ผ่านหมักเสร็จสมบูรณ์แล้ว มักมีสีเข้มหรือสีน้ำตาลออกดำ

(2.2) ลักษณะของเนื้อปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักจะมีเนื้อร่วนเป็นเนื้อเดียวกัน และยุบขาดออกจากกันได้ง่าย

(2.3) กลิ่น ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักแล้วจะไม่มีกลิ่น

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

(2.5) สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยหมักมีค่าประมาณ 20:1

การทำปุ๋ยหมักแบบกลับกองเป็นการทำปุ๋ยหมักแบบดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งใช้เวลานาน 3-4 เดือน และใช้แรงงานในการพลิกกลับกอง ในปัจจุบันมีวิธีการทำปุ๋ยหมักแบบใหม่ อีกหลายวิธีที่ใช้ระยะเวลาสั้นลงและใช้แรงงานน้อย เป็นการผลิตปุ๋ยหมักแบบอัตราเร่ง (high rate composting) ที่สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรม และได้ปุ๋ยหมักในระยะเวลาน้อย

1.2) การทำปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองโดยใช้ระบบกองเดิมอากาศ

วิธีนี้เศษพืชจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง แล้วกองบนลานกลางแจ้งให้มีความสูงประมาณ 2 เมตร มีการควบคุมความชื้น แหล่งจุลินทรีย์ อุณหภูมิภายในกอง รวมทั้งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์มีการเติมอากาศให้แก่กองปุ๋ย การหมักจะเสร็จภายใน 20-45 วัน เมื่อหมักเสร็จควรนำไปบ่มเช่นเดียวกับการเติมอากาศวิธีนี้จะช่วยตัดปัญหาการพลิกกลับกองได้

การหมักปุ๋ยแบบอัตราเร่งระบบกองเดิมอากาศเป็นการทำงานที่ง่าย ต้นทุนต่ำ ไม่ต้องพลิกกลับกอง สามารถกองและหมักปุ๋ยบนลานกลางแจ้งได้ ผลิตได้ทุกฤดูการ และหมักเสร็จภายในเวลาน้อย ประมาณ 20-45 วัน เหมาะสำหรับชุมชนที่มีเศษพืชวัตถุดิบปริมาณมากและต่อเนื่อง เช่น เศษพืชจากการตัดแต่งกิ่งสวนผลไม้ เศษพืชจากเกษตรกรรม และเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะเห็ด เป็นต้น รูปแบบการทำมีดังนี้

(1) กองปุ๋ยควรมีปริมาตรตั้งต้น 9 ลูกบาศก์เมตร มีความสูง 1.0 เมตร ยาว 3.5 เมตร ฐานกว้าง 2.5 เมตร

(2) พัดลมเติมอากาศควรมีมอเตอร์กำลัง 3 แรงม้า ไฟ 3 เฟส โดยมีท่อพีวีซี 4 นิ้ว เป็นท่อเติมอากาศและเจาะรูบริเวณใต้กองปุ๋ย

(3) อัตราส่วนของวัตถุดิบควรเป็นพืช : มูลโค เท่ากับ 2 : 1 โดยปริมาตร

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

(5) ในการผลิตปุ๋ยหมัก สามารถกองเศษพืชเพื่อหมักให้ได้คราวละหลายๆ กอง โดยใช้พัฒนาการเติมอากาศตัวเดียวกัน จำนวนกองเศษพืชมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณเศษวัสดุที่จะนำมาใช้ปุ๋ยหมัก

ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักระบบกองเติมอากาศ

1.1) เตรียมวัตถุดิบ นำเศษพืชไปย่อยในเครื่องย่อยเศษพืช หรือ อาจจะใช้ค้อนทุบเฉพาะเศษใบไม้แห้งก็ได้ 6 ลูกบาศก์ เมตร นำไปผสมคลุกเคล้ากับมูลโค 3 ลูกบาศก์ เมตร เดิมปุ๋ยยูเรีย 400 กรัม หินฟอสเฟต 200 กรัม และหัวเชื้อตัวเร่ง 90 กรัม

1.2) ขึ้นกองปุ๋ย นำเศษกิ่งไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ยาว 40 ซม. วางสลับไปมาบนท่อนพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ที่เจาะรู และต่อท่อมาจากพัฒนาเติมอากาศ กิ่งไม้จะช่วยให้การระบายอากาศที่ดีในกองปุ๋ย นำเศษพืชที่จะหมักวางทับบนกิ่งไม้ที่มีความกว้างฐาน 2.5 เมตร สูง 1.0 เมตร ยาว 3.5 เมตร พร้อมกับรดน้ำให้พอเปียกหมาด หรือมีความชื้นร้อยละ 45-55 มาตรฐานความเปียกทั่วทั้งกอง

1.3) การเติมอากาศ เปิดพัฒนาเติมอากาศ ในวันที่สองหลังจากการเริ่มกอง เติมอากาศวันละ 2 ครั้ง เข้าและเย็นครั้งละ 15 นาทีทุกวัน เป็นเวลา 25 วัน หรือมากกว่า จนกว่าการหมักจะเสร็จ ปุ๋ยที่หมักเสร็จจะไม่เห็นลักษณะเดิมของเศษพืช จะเบา ร่วน นุ่ม มีสีดำคล้ำ และไม่มีกลิ่น

1.4) การดูแลกองปุ๋ย เมื่อเริ่มหมักตรวจสอบความชื้นภายในกองปุ๋ยทุกๆ 4-5 วัน โดยล้วงเข้าไปภายในกองปุ๋ยแล้วบีบ ถ้าความชื้นที่เหมาะสมวัตถุดิบจะไม่แห้งหรือมีน้ำไหลซึมติดมือ การเติมน้ำให้แก่กองปุ๋ยทำได้โดยใช้ไม้แทงในแนวตั้งแล้วเติมน้ำภายใน 2-5 วันแรกอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะสูงขึ้นมีค่าประมาณ 60-80 °C ควรพยายามรักษาไม่ให้มีค่าเกิน 70 °C เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์ตายและทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออินทรีย์สารในวัตถุดิบเริ่มลดลงไปอุณหภูมิภายในกองจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ จนมีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกซึ่งแสดงว่าการหมักได้สำเร็จ

1.5) นำไปบ่ม เมื่อการหมักสิ้นสุดลง ย้ายปุ๋ยเข้าในที่ร่มแล้วทิ้งไว้เฉยๆ เป็นเวลา 30 วัน เพื่อบ่มให้ปุ๋ยมีความเสถียร เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายขึ้นอีกภายหลังซึ่งจะเป็นอันตรายต่อต้นพืชได้

ตารางที่ 2.5 ค่าองค์ประกอบธาตุอาหารหลักของตัวอย่างปุ๋ยที่หมักเสร็จ ด้วยระบบการหมักปุ๋ยระบบกองเติมอากาศ

ตัวอย่าง	พีเอช	ความชื้น	ค่าสภาพการนำไฟฟ้า $\mu\text{mho/cm}$	อินทรีย์สารทั้งหมด	ร้อยละ			
					อินทรีย์คาร์บอน	ไนโตรเจน P_2O_5	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียมละลายน้ำ 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: อ่างใน อานัฐ (2549)

1.3) การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เป็นวิธีการผลิตปุ๋ยรูปแบบหนึ่งที่ได้รับการนิยมเป็นอย่างสูงในต่างประเทศ เนื่องจากการแปรรูปการผลิตปุ๋ยหมักที่ได้ปุ๋ยหมักในเวลาอันรวดเร็ว และได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีเยี่ยมซึ่งในปัจจุบันการผลิตปุ๋ยหมักรูปแบบนี้เป็นที่นิยมกันมากในการนำมาใช้ร่วมกับการจัดการปัญหาขยะอินทรีย์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในส่วนของเกษตรกร หน่วยงานเทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล โรงพยาบาล สถานศึกษา รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วย เนื่องจากการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะเป็นวัตถุดิบที่เป็นขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในกระบวนการผลิตโดยนำวัตถุดิบเหล่านี้มาทำให้ไส้เดือนดินกินและถ่ายมูลออกมา ซึ่งมูลที่ได้จะเป็นปุ๋ยหมักชั้นดี นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังได้ผลผลิตอื่นๆ ด้วยนอกจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน นั่นก็คือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดินที่ขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน (อานัฐ, 2548)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (vermicompost) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการกินขยะอินทรีย์ของไส้เดือนดินในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดิน โดยอินทรีย์วัตถุที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปจะผ่านกระบวนการย่อยในลำไส้ของไส้เดือนดินซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดิน

หลายร้อยชนิดที่สามารถผลิตเอนไซม์ช่วยย่อยธาตุอาหารพืชในขณะที่ใส่เดือนดินดูกินเข้าไปให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถไปใช้ได้ทันที ซึ่งเมื่อขยะอินทรีย์เหล่านั้นผ่านการย่อยสลายและการดูดซึมในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมาเป็นมูลมูลใส่เดือนดินที่ได้เรียกว่า ปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดิน

1.4) คุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดิน

ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายของการทำปุ๋ยหมักโดยใช้ใส่เดือนดินจะได้ปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดินกับน้ำปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดิน ซึ่งปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดินมีลักษณะเป็นเม็ดร่วนละเอียด มีสีดำ โปร่งเบา ถ่ายเทอากาศและน้ำได้ดีมาก และมีความจุความชื้นสูง ซึ่งผลจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ใส่เดือนดินกินเข้าไปภายในลำไส้ด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและน้ำย่อยที่ใส่เดือนดินจะช่วยส่งเสริมการละลายของธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ปนออกมากับมูลใส่เดือนดินยังสามารถสร้างกรดฟอสฟาเตสได้อีกด้วย ดังนั้นในการผลิตปุ๋ยหมักใส่เดือนดินปรับปรุงดิน จะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นได้ และช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น คือ ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถซอนสามารถซอนไชได้ดีขึ้น ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์บริเวณต่อพืชได้เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรีย์วัตถุที่ใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดิน (อานัฐ, 2548)

เศษวัสดุอินทรีย์หลายชนิดที่ถูกย่อยสลายโดยใส่เดือนดิน ธาตุอาหารหลายๆ ชนิดที่อยู่ในเศษอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ไนโตรเจน ในรูปไนเตรทหรือแอมโมเนียมฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ และนอกจากนี้ยังมีส่วนของธาตุอาหารพืชชนิดอื่นๆ และจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมทั้งที่ควบคุมการเจริญเติบโต ของพืชหลายชนิดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้ของใส่เดือนดินด้วย สำหรับการใส่ปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดินในการปรับปรุงดินสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินได้ นอกจากนี้เมื่อใส่ปุ๋ยหมักมูลใส่เดือนดินให้กับต้นพืช ปุ๋ยหมักใส่เดือนดินก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนให้อยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งจะทำให้ดินมี NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นภาวะที่พืชหลายชนิดต้องการมากกว่ามีไอออนชนิดหนึ่งชนิดใดเพียงอย่างเดียวในดิน

1.5) รูปแบบการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

รูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ เพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีหลายรูปแบบ มีตั้งแต่ลักษณะที่กองเป็นแปลงกลางแจ้งแบบง่ายที่สุดจนถึงที่ซับซ้อนที่ต้องใช้เทคนิคและเทคโนโลยีขั้นสูงหลายอย่างร่วมกัน ซึ่งรูปแบบต่างๆ นั้นมีมากมาย ยกแก่การจำแนกได้ครบรายละเอียดถึงการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ในการผลิต แต่เทคนิคและกระบวนการกำจัดขยะโดยใช้ไส้เดือนดินโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านความซับซ้อนและราคาการติดตั้ง โดยในการเริ่มต้นเลี้ยงไส้เดือนดินจำนวนน้อยหรือขนาดเล็กที่สุดส่วนมากจะใช้ระบบแบบง่ายที่สุดและใช้ต้นทุนต่ำ เช่นการเลี้ยงแบบกองหรือใช้ภาชนะที่หาได้ง่ายภายในบ้าน เช่น กระถาง อ่าง ถัง ถังไม้ ตู้อินชก หรือท่อซีเมนต์ ซึ่งการเลี้ยงรูปแบบนี้สามารถเลี้ยงโดยพื้นที่บริเวณบ้านได้ และระบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่มีขนาดใหญ่ที่ต้องการสร้างโรงเรือนและบ่อเลี้ยงจะใช้พื้นที่บริเวณบ้านได้ เป็นรูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการสร้าง และบ่อเลี้ยงดังกล่าว ต้องมีพื้นที่ในการตั้ง โรงเรือนค่อนข้างกว้าง แต่ระบบนี้จะสามารถกำจัดขยะได้จำนวนมาก และรูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินแบบสุดท้ายจะเป็นรูปแบบการเลี้ยงไส้เดือนดินที่พัฒนามาจากเลี้ยงไส้เดือนดินในโรงเรือน แต่จะใช้เทคโนโลยีและเงินที่สูงกว่าในการผลิตติดตั้งโครงสร้างและระบบ แต่ระบบนี้จะใช้แรงงานคนน้อย และมีประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการค่อนข้างสูงและได้ทุนคืนเร็ว ขยะจะถูกกำจัดได้เร็วมากเมื่อใช้ระบบเทคโนโลยีที่สูงและควบคุมแบบอัตโนมัติ ในการจะจัดตั้งระบบการผลิตไส้เดือนทางการค้าควรพิจารณาว่าจะใช้ระบบใดโดยพิจารณาจากพื้นที่ จำนวนเงินทุน แรงงานคน และชนิดของขยะที่จะกำจัด สำหรับตัวอย่างของรูปแบบการกำจัดขยะอินทรีย์เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักแบบที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ง่าย สามารถปฏิบัติได้ดังต่อไปนี้

(1) เตรียมอุปกรณ์หรือที่อยู่สำหรับเลี้ยงไส้เดือนดิน

(2) เตรียมวัสดุรองพื้นสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของไส้เดือนดินเพื่อให้ไส้เดือนได้ปรับตัวก่อนเริ่มให้อาหารหรือขยะอินทรีย์โดยวัสดุรองพื้นจะใช้มูลวัวตากแห้งนำมาแช่น้ำใส่ในบ่อเลี้ยงที่ใส่กิ้งร่วนในอัตราดินร่วน:มูลวัว เท่ากับ 4:1 ผสมให้เข้ากัน ใส่หนา 15-20 เซนติเมตร แล้วรดด้วยน้ำหมักชีวภาพ (ผสมน้ำ 1:500) ให้วัสดุมีความชื้นประมาณ 70-80%

(3) ใส่ไส้เดือนดินพันธุ์สีแดงที่หาได้ในท้องถิ่น (ในภาคเหนือจะใช้พันธุ์ชี่ตาแร่ : *Pheretima peguana*) ลงไปที่ความหนาแน่น 1 ตารางเมตรต่อไส้เดือนดิน 1 กิโลกรัม

(4) คลุมด้วยตาข่ายในลอน หรือปิดด้วยแผ่นไม้ บริเวณปากบ่อ เพื่อกันสัตว์และแมลงต่างๆ ที่จะเข้าไปในบ่อ ไปทำอันตรายต่อไส้เดือน

(5) ใส່เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ที่เหลือทิ้ง เพื่อให้ไส้เดือนดินย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยหมัก

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

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์ในชุมชนทั่วไป จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ขยะอินทรีย์ 100 กิโลกรัม เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยไส้เดือนดินแล้วจะกลายเป็นปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน 30 กิโลกรัม (อานัฐ, 2548)

6) ปุ๋ยคอก

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

ในประเทศไทยนอกจากการทำเกษตรด้านการเพาะปลูกพืชแล้ว ยังมีการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะการเลี้ยง สุกร วัว ควาย และไก่ จะมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งจากการเลี้ยงสัตว์ต่างๆ ดังกล่าวจำนวนมาก ทำให้ได้มูลสัตว์ในปริมาณมากขึ้นด้วย ซึ่งมูลจากสัตว์ต่างๆ เหล่านี้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการหมักแล้ว จะได้ปุ๋ยคอกที่สามารถนำมาใช้ในพืชที่เพาะปลูกทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ปุ๋ยคอกไม่ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารอยู่สูง แต่เป็นอินทรีย์วัตถุที่จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายให้ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูญเสียไปกับน้ำหรือระเหยไปได้ง่าย ธาตุอาหารพืชในปุ๋ยคอกจะสามารถเปลี่ยนก๊าซและสูญเสียไปโดยการระเหยได้ สำหรับธาตุที่ไม่เปลี่ยนแปลงเป็นก๊าซจะสูญเสียโดยการละลายน้ำได้ เช่น ธาตุไนโตรเจนที่หมักอยู่ในรูปของแอมโมเนีย

ตารางที่ 2.6 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)

ตารางที่ 2.7 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีในปุ๋ยคอกแต่ละชนิด

ประเภทของปุ๋ยคอก	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
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: ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

การเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยเป็นภาคเกษตรกรรมที่สำคัญ ประกอบด้วยฟาร์มขนาดใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ผลิตเพื่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ฟาร์มขนาดกลางซึ่งผลิตเพื่อการบริโภคในท้องถิ่น และเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสัตว์ควบคู่กับการปลูกพืช หรือเป็นอาชีพเสริม กรมปศุสัตว์รายงานจำนวนปศุสัตว์และปริมาณมูลสัตว์ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ.2547 ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.8 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: งบประมาณ อรรถสิทธิ์และชวลิต (2551)

(1) ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก

ข้อมูลด้านธาตุอาหารในปุ๋ยคอกมีสามส่วนคือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ยคอก ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสัตว์และชนิดของสารในมูลสัตว์ที่มีธาตุอาหาร

(1.1) ความเข้มข้นของธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ยคอกที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ แสดงไว้ใน ตารางที่ 2.8 อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์มูลสัตว์แต่ละชนิด ย่อมผันแปรตามคุณภาพอาหารที่ใช้ เลี้ยงสัตว์ และสภาพการเก็บรักษาปุ๋ยคอก โดยปกติระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถดูดซึม สารอาหารไปได้เพียงบางส่วนที่เหลือจะออกมาเป็นสิ่งขับถ่าย กล่าวคือประมาณร้อยละ 75 ของ ไนโตรเจน ร้อยละ 80 ของฟอสฟอรัสและร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมในอาหารจะตกค้างอยู่ใน มูลที่ขับถ่าย ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหาร

สิ่งขับถ่ายของสัตว์มีทั้งของแข็งและของเหลว (ปัสสาวะ) ทั้งนี้ยกเว้นสัตว์ปีกซึ่งกับกรด ยูริก (uric acid) ที่เป็นของแข็งแทนปัสสาวะ ทุกส่วนมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โดยประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสเกือบทั้งหมด และสองในห้าส่วนของ โพแทสเซียม พบอยู่ในสิ่งขับถ่ายที่เป็นของแข็ง สำหรับปัสสาวะแม้จะมีธาตุอาหารบางธาตุน้อยกว่า แต่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กว่า ดังนั้นจึงควรจัดให้มีการสูญเสียปัสสาวะจากคอกสัตว์ น้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ธาตุหลักในมูลสัตว์แสดงว่ามีไนโตรเจน 2-5 % N ฟอสฟอรัส 0.5-2 % P และโพแทสเซียม 1-3 % K ส่วนจุลธาตุบางธาตุเช่นเหล็กและสังกะสีจะมีสูง หากมีการผสม สารประกอบของธาตุเหล่านี้ลงไปในการอาหารสัตว์

(1.2) ปริมาณสิ่งขับถ่ายและปริมาณธาตุอาหาร

1.2.1 มูลโค ปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว สำหรับน้ำหนักมูลซึ่งโคขับถ่ายแต่ละวัน ตลอดจนปริมาณของธาตุอาหารหลักในมูลโคแสดงไว้ในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 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 : ชงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

1.2.2 ประมาณร้อยละ 60 ของสารอาหารที่สุกรกิน จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นอุจจาระและปัสสาวะ สำหรับปริมาณของสิ่งขับถ่ายและธาตุอาหารจะขึ้นอยู่กับขนาดของสุกรคุณภาพอาหาร และสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง อย่างไรก็ตามอาจแสดงปริมาณเฉลี่ยตามน้ำหนักสุกรดังตารางที่ 2.10 กล่าวคือปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในมูลสุกรที่มีน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม จะอยู่ในช่วงต่อไปนี้คือ ไนโตรเจน 19 – 64 กรัม N/วัน ฟอสฟอรัส 11-20 กรัม P/วัน โพแทสเซียม 8-48 กรัม K/วัน

จากตารางที่ 2.11 อาจประเมินได้ว่า ถ้าเริ่มเลี้ยงสุกรเมื่อหย่านมจนโตพอขายได้ (ประมาณ 90 กิโลกรัม) ใช้เวลาประมาณ 130 วัน จะได้อุจจาระสด 300 กิโลกรัม และปัสสาวะ 300 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.10 ปริมาณโคที่จับถ่ายแต่ละวันและปริมาณธาตุหลักในมูลโค

น.น.สัตว์ (กก.)	มูล (กก./วัน)	N		P		K	
		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 : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

ตารางที่ 2.11 ปริมาณสิ่งขับถ่ายของสุกรขนาดต่าง ๆ

น้ำหนักสุกร (กิโลกรัม)	ปริมาณสิ่งขับถ่าย (กิโลกรัม/ตัว/วัน)		
	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 : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

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) มูลไก่ไข่ซึ่งเลี้ยงในกรงตับจะไม่มีวัสดุรองพื้น (litter material) ปน และ 2) มูลไก่กระตังซึ่งเลี้ยงรวมกันบนพื้นคอกซึ่งเป็นดินหรือพื้นคอนกรีต โดยมีวัสดุรองพื้นคอกเช่นแกลบ ขี้เลื่อยและวัสดุอื่น เพื่อให้ดูความชื้นจากน้ำที่ไข่เลี้ยงและสิ่งขับถ่าย เมื่อวัสดุรองพื้นหมดอายุการการใช้ก็กวาดออกมาแล้ว

นำไปเป็นวัสดุบำรุงดิน สำหรับปริมาณมูลสดของไก่กระทงและไก่ไข่ที่ขับถ่ายแต่ละวัน มีประมาณ 87 กิโลกรัม และ 73 กิโลกรัม ต่อน้ำหนักตัวสัตว์มีชีวิต 1,000 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่แบบต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ มูลไก่ขังกรงและมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก
พื้นคอก

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 (มก./กก)	-	-	-	-	23 - 125	54
Cu (มก./กก)	-	-	2 – 1053	160	21 – 845	377
Mn (มก./กก)	-	-	4 - 1061	296	88 – 772	355
Zn (มก./กก)	-	-	10 - 937	226	64 - 777	341

ที่มา : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

จากตารางที่ 2.12 มีดังนี้ คือ 1) มูลไก่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่มากสูงกว่ามูลสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ 2) มูลไก่ที่รวบรวมได้ภายหลังมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำกว่ามูลไก่สด เนื่องจากบางส่วนได้สูญหายไประหว่างอยู่ในคอก หรือเจือจางลงเนื่องจากมีวัสดุอื่นปน 3) แอมโมเนียมเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 30 ของไนโตรเจนทั้งหมดของมูลไก่ขังกรงและมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก แต่กรดยูริกเป็นองค์ประกอบสำคัญของไนโตรเจนในมูลสด และ 4) มูลไก่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง การใส่อัตราไร่ละ 1,500 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ให้ธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง การใส่อัตราไร่ละ 1,500 กก. (น้ำหนักแห้ง) ให้ธาตุอาหารดังนี้ 43.3

กิโลกรัม N (มี 11.2 กิโลกรัม NH_4N), 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 กิโลกรัม Cu, 0.3-0.8 กิโลกรัม Zn ต่อไร่ ซึ่งเพียงพอสำหรับพืชไร่หลายชนิด ปริมาณการสูญเสียของปุ๋ยคอกเมื่อเก็บรักษาไม่ดีแสดงดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ปริมาณการสูญเสียของปุ๋ยคอกเมื่อเก็บรักษาไม่ดี

	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 : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

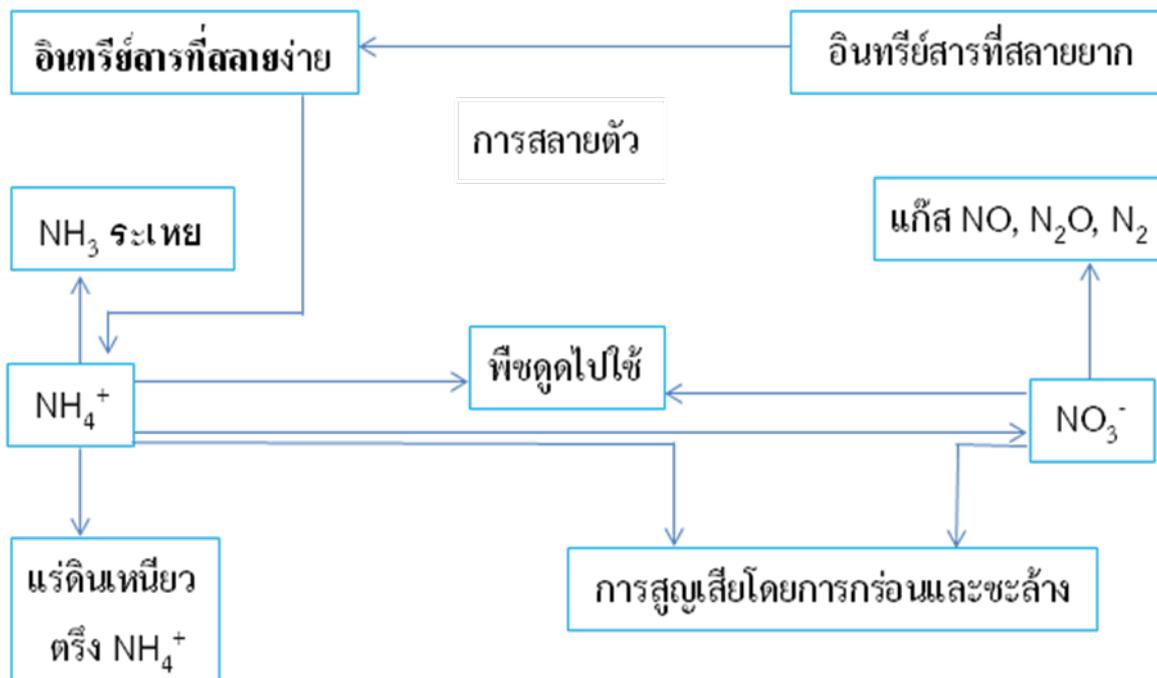
(1.3) ธาตุอาหาร

ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยคอกทางเคมีแสดงเพียงปริมาณทั้งหมดของธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ ว่าแต่ละธาตุมีปริมาณเท่าใด ส่วนความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ไม่อาจบอกได้จากการวิเคราะห์ แต่จะต้องทดสอบในแปลงทดลองเท่านั้น

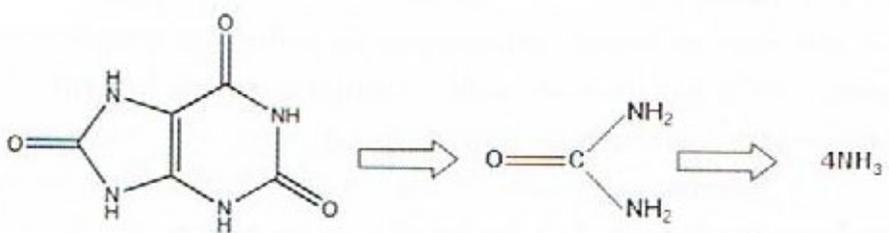
1.3.1 ไนโตรเจน ในปุ๋ยคอกมีอยู่ 3 ส่วน คือ 1) ส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย เช่น แอมโมเนียไอออน ไนเตรตไอออนหรือยูเรีย 2) ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารซึ่งปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้า ๆ ภายในช่วงเวลาหนึ่งปี และ 3) ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารซึ่งสลายยากและปลดปล่อยธาตุอาหารช้ามาก โดยเริ่มปลดปล่อยเมื่อย่างเข้าปีที่สอง สำหรับปุ๋ยคอกแบบแห้งมีไนโตรเจนสามส่วนนี้ประมาณ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

1.3.2 มูลไก่ มีไนโตรเจน 4 ส่วน ดังภาพที่ 10.3 คือ (1) สารเชิงซ้อนในขนและอาหารที่ย่อยสลายยาก (2) อินทรีย์สารที่แปลสภาพได้ เช่นกรดยูริก ซึ่งจะถูกเอนไซม์ยูริเคส (uricase) เปลี่ยนให้เป็นยูเรีย แล้วยูเรียก็ถูกเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ย่อยและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย

(ภาพที่ 10.4) (3) แอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4N) และ (4) ไนเตรตไนโตรเจน (NO_3N) โดยปกติไนโตรเจนรูปไนเตรตไม่มีในมูลไก่สด แต่พบในมูลเก่าซึ่งอยู่ในสภาพชื้นและมีออกซิเจนเพียงพอ สำหรับความเข้มข้นของไนโตรเจนในมูลไก่จะแตกต่างกันตามขนาดของชิ้นส่วน โดยพวกที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 0.83 มิลลิเมตร จะมีไนโตรเจนมากกว่าที่มีชิ้นส่วนใหญ่



ภาพที่ 2.1 รูปของไนโตรเจนในมูลไก่และการเปลี่ยนแปลงของรูปเหล่านั้น
ที่มา : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)



ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดยูริกจนเป็นแอมโมเนีย
ที่มา : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

เมื่อใส่มูลไก่ลงในดิน สารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนจะเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่ามินเนอราไลเซชัน (mineralization) การศึกษามินเนอราไลเซชันสุทธิของมูลไก่ที่ใส่ในดินทรายปนดินร่วน อัตรา 6.5 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่าภายหลังจากคลุกเคล้ากับดิน (incubation) เป็นเวลา 30, 90 และ 150 วัน มีมินเนอราไลเซชันสุทธิ 16, 38, และ 40% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมินเนอราไลเซชันสุทธิอาจสูงถึง 66% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของการทดลอง อัตราปุ๋ยและชนิดของดินที่ใช้

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

ปัจจุบันมีการนำมูลสัตว์ปีกมาอัดเป็นเม็ด (table) เพื่อลดฝุ่นและใช้ได้สะดวก เมื่อนำมาทดสอบมินเนอราไลเซชันของคาร์บอนและไนโตรเจน เปรียบเทียบกับมูลสัตว์ปีกที่ไม่อัดเม็ด ได้ข้อมูลที่แสดงว่าหลังจากใส่ในดิน 60 วัน 1) ปุ๋ยอัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ด มีมินเนอราไลเซชันของคาร์บอน 77 และ 62% ของคาร์บอนในปุ๋ยตามลำดับ และ 2) ปุ๋ยที่อัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ด มีมินเนอราไลเซชันของไนโตรเจนสะสม 83.1 และ 75.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดินตามลำดับ

1.3.3 มูลโค ไนโตรเจนในมูลโคนมแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) ไนโตรเจนทั้งหมด (total) 2) อินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) และ 3) แอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ด้วย 1.0 M KCl (extr.NH₄) นอกจากนี้ยังรายการอื่น ๆ คือ อินทรีย์วัตถุ (organic matter) คาร์บอนทั้งหมด (total C) และเส้นใย (cell wall fiber, NDF) ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง ดังตารางที่ 2.14

เมื่อนำปุ๋ยคอกเหล่านั้นมาศึกษาอัตรามินเนอราไลเซชันสุทธิ (net mineralization rate) ในดิน 2 ชนิด ซึ่งมีเนื้อดินร่วนปนทรายและร่วนปนทรายแข็ง โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 100 มิลลิกรัม อินทรีย์ไนโตรเจน/กิโลกรัม ดิน ในช่วงเวลา 176 วัน ปรากฏว่าอัตรามินเนอราไลเซชันสุทธิ ในดินร่วนปนทรายมีค่า -0.144 ถึง 0.160 มิลลิกรัม N/กิโลกรัม ดิน/วัน และในดินร่วนปนทรายแข็งมีค่า 0.028 ถึง 0.158 มิลลิกรัม N/กิโลกรัม ดิน/วัน สำหรับอัตรามินเนอราไลเซชันสุทธิของปุ๋ยคอกตัวอย่างที่ 8 ในดินร่วนปนทรายมีค่าติดลบนั้น แสดงว่าแทนที่ปุ๋ยคอกดังกล่าวจะปลดปล่อยไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ออกมา กลับทำให้แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยหรือในดิน แปรสภาพเป็นอินทรีย์สารซึ่งพืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ แสดงว่าสมบัติของปุ๋ยคอกบางประการที่มีอิทธิพลต่ออัตรา

มินเนอรอลไลเซชันสุทธิ

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

ผลการศึกษาอัตรามินเนอรอลไลเซชันสุทธิของปุ๋ยคอกในตารางที่ 10.5 อาจสรุปได้ว่า 1) ปุ๋ยคอกลำดับที่ 8 ซึ่งมีอัตรามินเนอรอลไลเซชันสุทธิเป็นลบในดินร่วนปนทรายนั้น มีไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ต่ำ ส่วนอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนทั้งหมดและเส้นใยสูง และ 2) ปุ๋ยคอกลำดับที่ 2 ซึ่งมีอัตรามินเนอรอลไลเซชันสุทธิสูงในดินทั้งสองชนิดนั้น มีไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้สูงกว่า แต่อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนทั้งหมดและเส้นใยต่ำกว่าปุ๋ยคอกตัวอย่างที่ 8

การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยมูลวัว มูลไก่และปุ๋ยหมัก ออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชโดยวัดปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดได้มีความสัมพันธ์กับ C:N เรโซของปุ๋ยอินทรีย์เหล่านั้นเป็นอย่างมาก จากปุ๋ยอินทรีย์ 13 ชนิด ซึ่งมี C:N เรโซ ต่ำกว่า 13 ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชในช่วงสั้น ได้ดีกว่าพวกที่มีค่า 13-15 และที่สูงกว่า 15 จะปลดปล่อยได้น้อย ดังนั้น C:N เรโซของปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินผลของปุ๋ยต่อพืชในช่วงสั้น

1.3.4 ฟอสฟอรัส ในปุ๋ยคอกมีทั้งที่เป็นอนินทรีย์สารและอินทรีย์สารมูลแกะมีฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 1 ในจำนวนนี้เป็นอนินทรีย์สารร้อยละ 82 และอินทรีย์สารร้อยละ 18 ของที่มีอยู่ หากแจกฟอสฟอรัสในอินทรีย์สารจะได้ 4 ส่วน คือ 1) ประกอบเป็นฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ร้อยละ 0.3 2) อยู่ในโปรตีนร้อยละ 12.1 3) อยู่ในอินทรีย์สารซึ่งละลายในกรดไตรคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 3.1 และ 4) ประกอบเป็นสารฟอสฟอรัสทั้งหมด

สัตว์ได้รับฟอสฟอรัสจากการกินพืช กระดูกและเกลือฟอสเฟต สำหรับฟอสฟอรัสที่สัตว์ปีกได้จากอาหาร ส่วนมากอยู่ในรูปของเกลือไฟเตต หรือเกลือของกรดอินโนซิทอลเฮกซาฟอสฟอริก (inositol hexaphosphoric acid) ซึ่งสัตว์ย่อยและดูดซึมไปได้น้อย ดังนั้นเกลือไฟเตต ส่วน

ใหญ่จึงถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ เมื่อเกลือนี้อยู่ในดินจะถูกจุลินทรีย์ย่อยแล้วปล่อยฟอสเฟตให้ออกมาทำให้พืชใช้ประโยชน์ได้

โดยปกติสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตในดินมีอยู่ 3 พวก คือ 1) เกลืออินโนซิทอลเฮกซาฟอสเฟต (inositol hexaphosphates) 2) ฟอสโฟลิพิด และ 3) กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) นอกจากนี้อาจพบฟอสโฟโปรตีนและน้ำตาลฟอสเฟต (sugar phosphate) ด้วย ในบรรดาสารประกอบเหล่านี้มีอินโนซิทอลเฮกซาฟอสเฟตประมาณร้อยละ 50 ของอินทรีย์ฟอสเฟตทั้งหมด ในแง่ของความเป็นประโยชน์ นั้น พืชสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากกลีเซอรอลฟอสเฟต (glycerol phosphate) น้ำตาลฟอสเฟต อินโนซิทอลเฮกซาฟอสเฟตและกรดนิวคลีอิก ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายรวดเร็ว ได้ดีทัดเทียมกับปุ๋ยอินทรีย์ฟอสเฟต ดังนั้นส่วนของฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอกที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างง่าย คือฟอสฟอรัสในรูปเหล่านี้ส่วนพวกที่มีโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อนกว่า ก็จะถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายด้วยเวลาที่นานขึ้น แล้วพืชจึงได้รับประโยชน์ในภายหลัง

ตารางที่ 2.14 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของปุ๋ยคอกจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง

ฟาร์มที่	กิโลกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง					
	ไนโตรเจนทั้งหมด	อินทรีย์ไนโตรเจน	แอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้	อินทรีย์วัตถุ	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 : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

1.3.5 โพแทสเซียมและแมกนีเซียม สำหรับโพแทสเซียมในปุ๋ยคอกอยู่ในรูปของเกลือที่ละลายได้ง่ายและเป็นประโยชน์แก่พืช หากกองปุ๋ยคอกไว้ในที่แจ้งโพแทสเซียมก็จะถูกฝนชะออกไป ส่วนแมกนีเซียมนั้นประมาณครึ่งหนึ่งละลายได้ง่าย แต่อีกครึ่งหนึ่งไม่ละลายน้ำ แม้จะใช้กรดเจือจางเป็นตัวสกัดก็ตาม

1.3.6 ธาตุอาหารในมูลค้างคาว เนื่องจากค้างคาวเป็นสัตว์ป่าที่อาศัยตามถ้ำรวมกันเป็นฝูงใหญ่ และถ่ายมูลไว้ตามพื้นถ้ำปริมาณมาก มูลค้างคาวจัดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มาจากสัตว์ มีสมบัติหลายอย่างแตกต่างจากมูลสัตว์เลี้ยงทั่วไป และไม่ได้รวบรวมมาจากคอกจึงไม่เรียกว่าปุ๋ยคอก แต่เรียกว่าปุ๋ยค้างคาว (bat guano) มีผู้ไปเก็บรวบรวมปุ๋ยอินทรีย์นี้จากถ้ำมาจำหน่ายให้เกษตรกรที่ปลูกผัก ไม้ประดับและไม้ผล

มูลค้างคาวเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรไทยนิยมใช้มาช้านาน คำว่า guano เป็นคำในภาษา quichua ของชาวอินคา (inca) ซึ่งแปลว่ามูลนกทะเล (the droppings of sea birds) ต่อมาได้ใช้คำนี้เรียกทั้งมูลนกและมูลค้างคาวด้วย กล่าวกันว่าชาวอินคาหวงแหนถ้ำค้างคาวชั้นดี อันเป็นแหล่งวัสดุบำรุงดินนี้มาก ในปัจจุบันประเทศเปรูเป็นผู้ส่งออกปุ๋ยมูลค้างคาวไปจำหน่ายที่สหรัฐอเมริกา โดยเก็บรวบรวมมาจากถ้ำซึ่งมีอยู่มากมาย ร่อนผ่านตะแกรงแล้วบรรจุกระสอบซึ่งหลายขนาด สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลค้างคาวแตกต่างกันตามความสมบูรณ์ของแหล่งอาหารที่ค้างคาวออกไปหากินชนิดและองค์ประกอบของหินพื้นถ้ำ ความยาวนานของการสลายหรืออายุของมูลค้างคาว สำหรับอาหารของค้างคาวคือผลไม้และแมลง ส่วนอายุของมูลค้างคาวอาจแตกต่างกันมาก ตั้งแต่มูลสด แปรสภาพเป็นหินบางส่วน (semi-fossilized guano) หรือแปรสภาพเป็นหิน

ตารางที่ 2.15 ความเข้มข้นของธาตุอาหารบางธาตุในมูลค้างคาว

ธาตุ (%)	ความเข้มข้น	ธาตุ (%)	ความเข้มข้น
ไนโตรเจน (N)	2.0 – 6.0	เหล็ก (Fe ₂ O ₃)	0.2 – 0.4
ฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	1.5 – 10.0	แมงกานีส (MnO)	0.1 – 0.2
โพแทสเซียม (K ₂ O)	1.0 – 3.0	ทองแดง (CuO)	0.05 – 0.1
แมกนีเซียม (MgO)	1.5 – 2.0	สังกะสี (ZnO)	0.05 – 0.1
แคลเซียม (CaO)	3.5 – 9.0		

ที่มา : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

ทั้งหมด (fossilized guano) หรือที่เรียกว่า หินฟอสเฟตจากมูลค้างคาว สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในประเทศแปรูมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.15 ส่วนสมบัติอื่น ๆ มีดังนี้ pH 4.0–5.6 C:N เรโซ 5–8 มีอินทรีย์วัตถุ 40–60% และกรดฟุลวิก (fulvic acid) 15–20 % นอกจากนี้ยังมีเชื้อรา แบคทีเรียและแอกติโนมัยซิดที่เป็นประโยชน์มาก

เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีผลทำให้ปริมาณของธาตุอาหารในมูลค้างคาวจากแต่ละแหล่ง และแต่ละคราวที่เก็บออกมามีความแตกต่างกันมาก จึงอาจไม่ตรงกับข้อมูลในตารางที่ 2.15 หากต้องการทราบปริมาณธาตุอาหารที่แท้จริงของปุ๋ยที่ได้มาจากคราวนั้น จำเป็นต้องส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

สำหรับมูลค้างคาวและหินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาวที่พบในประเทศไทย มีปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ดังนี้ 1) มูลค้างคาวที่พบในจังหวัดพังงาและกระบี่ มีฟอสเฟตทั้งหมด 2.95–11.89 %P₂O₅ โดย 28.47–94.73% ของทั้งหมดคือฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และ 2) หินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาวซึ่งพบในจังหวัดพังงา กระบี่และเลย มีฟอสเฟตทั้งหมด 19.28 – 24.23 %P₂O₅ โดย 39.82–93.12% ของทั้งหมดคือฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์

(1.4) กระบวนการทางเคมีในการหมัก

องค์ประกอบด้านธาตุอาหารของอินทรีย์สารที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิต สามารถวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำด้วยวิธีมาตรฐาน แต่ผลการวิเคราะห์มักเบี่ยงเบนจากค่าที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บตัวอย่างให้ได้ตัวแทนที่ดึ้นนั้นทำยาก จึงต้องให้ความสนใจเรื่องการเก็บตัวอย่างวัสดุหรือตัวอย่างปุ๋ยหมักเป็นพิเศษ ผลการวิเคราะห์วัสดุอินทรีย์บางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 2.16

1.4.1 คาร์บอนไนโตรเจนและสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนหรือ C:N เรโซ (C:N ratio) องค์ประกอบของธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอินทรีย์สารนำมาหมัก สำหรับคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์หรืออินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุ มีความสำคัญต่อกระบวนการหมักอย่างยิ่ง กล่าวคือ สารอินทรีย์คาร์บอนเป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งของคาร์บอนที่จุลินทรีย์ใช้เป็นหลักในการเจริญเติบโต ส่วนไนโตรเจนก็เป็นธาตุอาหารที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณมาก เนื่องจากส่วนประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

ตารางที่ 2.16 ปริมาณธาตุอาหารและค่าวิเคราะห์ทางเคมีในวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม
บางชนิด

ชนิดของวัสดุ	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	Org. C (%)	C/N	pH
1. กากตะกอนน้ำเสียโรงงาน เป๊ปซี่	4.10	2.33	0.30	-	-	-	-	-
โรงงานเบียร์	4.49	1.59	0.31	2.18	0.29	33	7	7.1
โรงงานสุรามหาราชบุรี	5.94	0.56	0.50	0.18	-	33	6	6.6
โรงงานผงชูรส	4.8	0.63	-	-	-	-	-	-
2. ขี้เลื่อย								
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. กากเมล็ดคละหุ้ง	5.37	0.87	0.98	0.14	-	27.23	5.07	6.34
9. เปลือกมันสำปะหลังแห้ง	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. เปลือกถั่วคาโลโปโก เนียม	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. เปลือกเมล็ดถั่วลิสง	0.73	-	-	-	-	58.36	75	6.40
14. เปลือกทุเรียน	0.83	0.19	2.15	-	-	50.63	81	5.50

ที่มา : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

กระบวนการทำปุ๋ยหมักซึ่งเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำเอาคาร์บอนไปใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ แล้วเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณนั้น จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วหรือไม่ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอาหารอื่นๆ ด้วยว่าเพียงพอหรือไม่ด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่จุลินทรีย์ต้องการในปริมาณมาก และในวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักมักจะมีธาตุนี้อยู่น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุที่นำมา มักเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดอัตราการย่อยสลายของกองวัสดุ ปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่าจะเพียงพอ สำหรับการย่อยสลายที่รวดเร็วนั้น การรายงานเฉพาะความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดยังไม่เพียงพอ แต่นิยมนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ เพื่อหาสัดส่วนระหว่างสารอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนทั้งหมด หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าเป็นอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนหรือ C:N เรโซ (C:N ratio) ด้วย

ตารางที่ 2.17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ N, P, K และ C:N เรโซของวัสดุอินทรีย์บางชนิด

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
เปลือกถั่วลิสง	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 : กรมวิชาการเกษตร (2548)

วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดมีสัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำกว่า 20 ไปจนถึงสูงกว่า 200 เศษพืชโดยทั่วไปมีอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ใกล้เคียง

กันคืออยู่ในช่วงประมาณ 45–50% แต่จะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้นเศษพืชที่มีไนโตรเจนอยู่มาก เช่นพวกพืชตระกูลถั่วก็จะมีค่า C:N เรโซต่ำ เศษพืชตระกูลหญ้าที่มีไนโตรเจนน้อยก็จะมีค่า C:N เรโซสูงเป็นต้น เมื่อนำเอาต้นไม้มที่มีไนโตรเจนมากมาหมัก จุลินทรีย์ก็จะได้ไนโตรเจนมากพอ ในการที่จะย่อยสลายเศษพืช การเข้าไปย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนก็เกิดขึ้นอย่างทั่วถึง และรวดเร็ว แต่หากเอาซังข้าวโพดมาหมัก จุลินทรีย์ย่อมได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ การเข้าไปย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนก็เกิดขึ้นไม่ทั่วถึง โดยจุลินทรีย์จะค่อยๆ ย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนตามปริมาณของไนโตรเจนเท่าที่มีให้ใช้การแปรสภาพของเศษพืชก็ทำได้ไม่เร็วเท่าที่ควรค่า C:N เรโซของเศษพืชโดยทั่วไปที่เหมาะสมสำหรับทำปุ๋ยหมัก อยู่ในช่วงประมาณ 25 ถึง 35 ในทางปฏิบัติอาจขอมให้อยู่ในช่วง 35–45 ก็ทำได้ เนื่องจากการย่อยสลายในช่วงแรกเกิดขึ้นรวดเร็วเพราะมีสารที่ย่อยสลายง่ายอยู่มาก เป็นเหตุให้ค่า C:N เรโซลดต่ำกว่า 35 อย่างรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักนั้นอินทรีย์สารที่สลายได้ (biodegradable materials) จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังนั้นเมื่อเวลาของการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์บอนในวัสดุจะลดลง แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนกลับสูงขึ้นและส่งผลให้ C:N เรโซลดลง นอกจากนี้การหมักด้วยอินทรีย์สารที่ C:N เรโซแคบมาก ก็มักมีการระเหยไปของแอมโมเนีย แต่ถ้ากว้างเกินไปจะได้ปุ๋ยหมักช้า (ตารางที่ 2.17)

มีการทดลองที่แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อการค้าทำให้ C:N เรโซลดลงจาก 24.6 เป็น 13.5 ภายในเวลาเพียง 49 วัน อย่างไรก็ตามหากค่า C:N เรโซต่ำเกินไป ไนโตรเจนในกองวัสดุจะมีความเข้มข้นมาก จนเกิดการระเหยของแอมโมเนียออกไป และทำให้มีกลิ่นเหม็นได้ วิธีลดการระเหยและสูญเสียไปของแอมโมเนีย สามารถทำได้โดยใช้วัสดุที่ย่อยสลายง่ายและที่มีค่า C:N เรโซสูงผสมกันในการทำปุ๋ยหมัก

จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุหลายชนิดพบว่าค่า C:N เรโซของกองปุ๋ยลดลงเรื่อย ๆ หลังจากการตั้งกอง หากกองปุ๋ยสลายตัวได้ดี ค่า C:N เรโซจะลดลงกว่า 25:1 ภายในระยะเวลาประมาณ 2 เดือน ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในกองปุ๋ยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เป็นเวลาประมาณ 5 เดือน หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่โดยที่ไนโตรเจนเกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ มีส่วนน้อยที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียม ($\text{NH}_4\text{-N}$) และไนเตรต ($\text{NO}_3\text{-N}$) ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีในช่วง 2–3 เดือนแรก ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์อยู่ในรูปของแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ แต่ในช่วงหลังแอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนเตรต ปริมาณแอมโมเนียมคงเหลือในระดับต่ำแต่ส่วนใหญ่เป็นไนเตรต อย่างไรก็ตามไนโตรเจนจะเปลี่ยนไปอยู่รูปใดมากกว่าก็ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยด้วยหากมีการระบายอากาศดี จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยก็เปลี่ยนแอมโมเนียมไปอยู่ในรูปของไนเตรตได้มาก

สำหรับตัวชี้วัดมาตรฐานที่ใช้กำหนดสภาพของปุ๋ยหมัก ว่าแปรสภาพได้ดีแล้วหรือไม่ คือ ค่า C:N เรโซ โดยถือว่าปุ๋ยหมักที่แปรสภาพดีแล้วมีค่า C:N เรโซ ต่ำกว่า 20:1 แต่ในทางปฏิบัติการใช้ปุ๋ยหมักที่มีค่า C:N เรโซ สูงกว่านี้ไปบ้างเล็กน้อยก็ได้เกิดผลเสียหายแก่พืช เพียงแต่คุณสมบัติในการเป็นสารปรับปรุงดินอาจด้อยคุณภาพลงไปบ้างเท่านั้น เนื่องจากการแปรสภาพของสารอินทรีย์ไปเป็นสารฮิวมิกยังไม่ค่อยสมบูรณ์ดีนัก ในการนำเอาปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์ต้องทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับรูปของไนโตรเจนในปุ๋ยว่าไนโตรเจนเกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ แต่มีแอมโมเนียมและไนเตรดในสัดส่วนที่ต่ำมาก เช่น ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุต่าง ๆ แม้จะมีไนโตรเจนทั้งหมดสูงถึง 2% แต่จะมีไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ง่ายต่ำกว่า 0.03% ไนโตรเจนที่เหลือจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้พืชได้ใช้จากการสลายตัวของปุ๋ยหมัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักกับพืชผักซึ่งมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว จึงไม่ค่อยเน้นการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่มีอยู่ แต่จะให้ความสำคัญกับความสามารถของปุ๋ยหมักในการปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่า กรณีของไนโตรเจนจะแตกต่างจากฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมในปุ๋ยหมัก เนื่องจากสองธาตุนี้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยหมักจากฟางข้าวมักจะมีโพแทสเซียมที่พืชใช้ได้ทันทีอยู่เป็นปริมาณมาก

1.4.2 ธาตุอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงคือ ฟอสฟอรัส กำมะถัน คลอรีน และ โลหะหนัก

1) ฟอสฟอรัส ในอินทรีย์สารมีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก

เช่นเดียวกับไนโตรเจน สำหรับอินทรีย์สารที่ใช้ปุ๋ยหมักมีฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.90% P ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ใช้ และเมื่อนำมาหาอัตราส่วนกับคาร์บอนจะให้ค่า C:P เรโซ แตกต่างกัน สำหรับค่า C:P เรโซ 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) ซึ่งพบในโปรตีนและอินทรีย์สารอื่น ๆ เนื่องจากในกระบวนการหมักมีทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน กล่าวคือในกองส่วนที่มีออกซิเจนเพียงพอ กำมะถันจะแปรสภาพเป็นซัลเฟต แต่บางส่วนที่ขาดออกซิเจนจะเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และอินทรีย์สารที่ระเหยได้หลายชนิดเช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ คาร์บอนิลซัลไฟด์ เมทิลเมอแคปเทน ไดเอทิลซัลไฟด์ และไดเมทิลซัลไฟด์ สารเหล่านี้มีกลิ่นเหม็น สำหรับปริมาณของกำมะถันในสารระเหยรวมกับซัลเฟตที่เกิดขึ้นจากการ

หมักขยะของชุมชนเมือง (municipal solid waste, MSW) มีตั้งแต่ค่าเพียง 0.05% จนถึง 0.33% S แต่โดยทั่วไปมีประมาณ 0.16% การกลับกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้มีกระบวนการออกซิเดชัน จะช่วยลดกลิ่นและเพิ่มปริมาณซัลเฟตในปุ๋ยหมัก

3) คลอรีนได้รับความสนใจเนื่องจากอินทรีย์สารที่นำมาทำปุ๋ยหมักมีสารฆ่าศัตรูพืชเชื้อคลอรีน (chlorinated pesticide) ตลอดจนสารอื่นๆ ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบปนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิด และใช้เวลาค่อนข้างนาน ได้สลายสารดังกล่าวเป็นส่วนมาก จึงถือว่าการหมักช่วยทำลายสารพิษเหล่านั้นลงไป มีรายงานว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะในชุมชน มีสารประเภทนั้นในระดับต่ำมาก ซึ่งไม่มีปัญหาในการนำมาใช้บำรุงดิน

4) โลหะหนักในปุ๋ยหมักเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดคุณภาพของปุ๋ย ซึ่งผู้ผลิตต้องควบคุมให้มีน้อยที่สุด และอยู่ในเกณฑ์ที่แต่ละประเทศกำหนด สำหรับมาตรฐานของประเทศในทวีปยุโรปแสดงไว้ในตารางที่ 2.18

การศึกษาเรื่องโลหะหนักในปุ๋ยหมักควรพิจารณาสองด้าน คือ ปริมาณและรูปของสารประกอบที่มีอยู่ โดยถือว่าชนิดของธาตุและองค์ประกอบทางเคมีของโลหะหนัก มีความสำคัญกว่าปริมาณที่วัดได้ ในกรณีของโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว แคดเมียมและปรอท นั้น เฉพาะรูปที่ละลายและพืชดูดได้ จะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อพืชและถึงผู้บริโภค หรือถูกชะล้าง

ตารางที่ 2.18 พิกัดของปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัม/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 : ขงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

ลงไปสะสมในน้ำใต้ดิน แต่โลหะหนักซึ่งเป็นธาตุอาหารประเภทจุลธาตุ เช่นทองแดง และสังกะสี ที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักจะเป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง

1.4.3 การเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สาร ในกระบวนการหมัก อินทรีย์สาร ประมาณ 50% ถูกย่อยสลายกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สำหรับสารประกอบที่สลายง่าย ได้แก่โปรตีนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะลดลงไปเรื่อยๆ แล้วมีกรดอินทรีย์ซึ่งเป็นสารใหม่เกิดมากขึ้นตามเวลาของการหมัก ส่วนการเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบของอินทรีย์สารในกระบวนการหมักได้แก่ มีโครงสร้างของสารอะโรมาติก (aromatic structure) ฟีนอล (phenolic structure) และกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนพอลิแซ็กคาไรด์ลดลง

1.4.4 pH แม้ว่าจะมีจุลินทรีย์หลายกลุ่มเข้ามามีบทบาทในกระบวนการหมัก แต่ช่วง pH ที่เหมาะสมของกระบวนการดังกล่าวอยู่ระหว่าง 6.5–8.5 อย่างไรก็ตามเนื่องจากสารที่ได้อยู่ระหว่างการหมักมีความจุฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูง ดังนั้นแม้อินทรีย์สารที่นำมาหมักจะมี pH เดิมแตกต่างกัน เช่น ตะกอนน้ำเสียมี pH 5.0–6.5 เมื่อนำมาหมักได้ pH ของกองวัสดุอยู่ระหว่าง 6.5–8.5 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ในการหมักวัสดุต่าง ๆ พบว่าปุ๋ยหมักจากฟางข้าว จี๋เลื้อย กากตะกอนน้ำเสีย และเปลือกยูคาลิปตัส มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาการหมัก ปุ๋ยหมักที่ได้มีค่า pH อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.7–8.1 ปุ๋ยหมักจากขานอ้อยมี pH ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 5.7–6.9 การทำปุ๋ยหมักไม่ควรใช้อินทรีย์สารที่เป็นด่างส่วนๆ หรือเติมปูนลงไปจนเป็นด่างมาก ๆ เนื่องจากจะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมาก และเป็นที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น

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

1.5 กระบวนการทางฟิสิกส์ในการหมัก

แม้ว่าการทำปุ๋ยหมักจะใช้กระบวนการทางชีวเคมีเป็นหลัก แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นในการหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยทางฟิสิกส์ เช่นความชื้นและขนาดของชิ้นวัสดุด้วย โดยที่ความชื้นและขนาดของชิ้นวัสดุในกองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระหว่างกระบวนการหมัก จึงนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและช่วงเวลาที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก

1.5.1 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

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% แล้วปล่อยให้ลดลงทีละน้อย จนได้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 40% เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตคือร่อนผ่านตะแกรงและบรรจุถุง จะมีความชื้นไม่เกิน 35%

1.5.2 ขนาดของชิ้นวัสดุที่ใช้หมักมีผลต่อการอุ้มน้ำ ความพรุนและการถ่ายเทอากาศ กล่าวคือกองวัสดุชิ้นใหญ่มีความพรุนสูงและการถ่ายเทอากาศดีกว่ากองวัสดุชิ้นเล็ก อย่างไรก็ตามเนื่องจากกิจกรรมการสลายตัวแบบให้อากาศที่เกิดตามผิวของอินทรีย์สารจะมีอัตราสูง หากเพิ่มอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรวัสดุ (surface to volume ratio) ให้มีค่าสูงขึ้น โดยทำให้ชิ้นส่วนมีขนาดเล็กลง การสลายตัวของอินทรีย์สารในกองก็ย่อมเร็วขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงแนะนำการใช้ชิ้นวัสดุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3–5 มิลลิเมตร กองให้มีช่องอากาศ 32–36 % และมีความชื้น 52–60% จะเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับการสลายตัวของอินทรีย์สารแบบใช้ออกซิเจน

1.6 ภาพรวมของการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก มีสองเรื่องที่สำคัญมาก คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและกระบวนการมินเนอราไลเซชัน

1.6.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอินทรีย์สารมีหลายชนิด และแต่ละชนิดก็ชอบระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่นพวกมิโซไฟล์เจริญได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิ 15 – 145 °C ในขณะที่พวกเทอโมไฟล์ชอบอุณหภูมิที่สูงกว่า คือ 45 – 70 °C เนื่องจาก

ระดับอุณหภูมิของกองปุ๋ย เป็นผลของการปลดปล่อยความร้อนจากกระบวนการหมักได้เป็นอย่างดี ผู้ผลิตปุ๋ยหมักจึงอาศัยการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดผล 2 ประการ คือ 1) มีอัตราการสลายตัวของอินทรีย์สารสูงสุด และ 2) มีการทำลายเชื้อโรคมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยมาจำหน่ายบ้างวัน แม้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหมักอินทรีย์สารต่างชนิดกัน จะมีความแตกต่างกันบ้างก็ตาม แต่โดยทั่วไปถือว่าอุณหภูมิประมาณ 55°C และอยู่ในช่วง 35 - 60°C นั้นเป็นค่าปรกติ ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งสองด้าน คือ กิจกรรมการย่อยสลายสูงสุดและทำลายเชื้อโรคต่างๆ ได้มากด้วย

1.6.2 กระบวนการมินเนอราไลเซชัน วัตถุประสงค์หลักของการหมักแบบใช้ออกซิเจน คือ การแปรสภาพซากพืชและวัสดุอินทรีย์อื่นๆ ให้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยน้ำ อินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ซึ่งวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ดังนี้ คือ หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของการอบจนได้น้ำหนักคงที่ ส่วนปริมาณอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ได้จากการเผาตัวอย่างปุ๋ยหมักในเตาเผา เมื่ออินทรีย์สารถูกเผาและกลายเป็นแก๊สก็เหลืออนินทรีย์สาร สำหรับอินทรีย์สารที่เผาไหม้นี้เรียกว่าของแข็งที่ระเหยได้ (volatile solids) วัสดุที่ใช้ผลิตปุ๋ยหมักมีปริมาณของแข็งที่ระเหยได้แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.19 ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 55-80%

ในระหว่างการหมักปริมาณอินทรีย์สารหรือของแข็งที่ระเหยได้ในวัตถุดิบลดลง แต่ปริมาณอนินทรีย์สารก็เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณเถ้า (ash) จึงเป็นข้อมูลอย่างหายากๆ ที่บ่งชี้ถึงระดับความก้าวหน้าของการหมักได้อย่างหนึ่ง โดยทั่วไปปริมาณของแข็งที่ระเหยได้จะหายไปในช่วงการหมัก 17-53% เฉลี่ย 30% หรือประมาณหนึ่งในสามของอินทรีย์สารได้เปลี่ยนเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามปริมาณการสลายของอินทรีย์สารขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบของสาร การควบคุมอุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศและปริมาณอาหารของจุลินทรีย์ เมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุที่ใช้พบว่า ขยะจากชุมชนเมืองอาจสูญเสียของแข็งที่ระเหยได้ตั้งแต่ 10 ถึง 30%

ตารางที่ 2.19 ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (% คัดจากน้ำหนักแห้ง) ในวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

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

ที่มา : ยงยุทธ อรรถศิษฐ์และชวลิต (2551)

7) ฝักพืชสด

ฝักพืชสด หมายถึง ฝักอินทรีย์ที่เกิดจากการไถกลบพืชที่ปลูกอยู่ในแปลงซึ่งส่วนมากจะเป็นพืชตระกูลถั่ว ในขณะที่พืชนั้นกำลังเจริญเติบโตและยังคงอยู่ในระยะเริ่มออกดอก เมื่อพืชนั้นถูกไถกลบแล้วก็จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน และปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา

พืชที่เหมาะสมจะนำมาปลูกเป็นฝักพืชสด ควรเป็นพืชที่เจริญเติบโตรวดเร็ว ไม่ต้องดูแลมาก ทนแล้ง ทนต่อโรคแมลงศัตรูพืชดี แข่งขันกับวัชพืชได้ดี มีระบบราก ใบ และลำต้นที่เจริญแพร่กระจายสามารถสังเคราะห์แสง และเก็บสะสมธาตุอาหารได้เร็วและดี เติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และไม่เป็นพิษต่อพืชปลูกชนิดอื่นๆ เมล็ดราคาไม่แพง และหาได้ง่าย ตัวอย่างได้แก่ พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วอัญชัน ถั่วแปบ ถั่วลาย ปอเทือง โสนอัฟริกัน โสนอินเดีย เป็นต้น และพืชที่ไม่ใช่ตระกูลถั่ว เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวไรย์ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และพืชตระกูลหญ้าชนิดอื่นๆ

การปลูกพืชที่จะทำเป็นฝักพืชสดจะไม่ค่อยพิถีพิถันมาก โดยทั่วไปจะทำการปลูกโดยใช้เมล็ดหว่าน ประมาณ 3-4 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยจำนวนเมล็ดต่อไร่ที่ใช้อาจแตกต่างกันตามขนาดของเมล็ด ลักษณะทรงพุ่มและอัตราการงอก) ไถกลบแล้วให้ความชื้นตาม เพื่อให้เมล็ดงอกและเจริญเติบโต เมื่อถึงระยะเวลาที่พืชใกล้ออกดอกจึงจะใส่ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลงไปเล็กน้อยโดยไม่จำเป็นต้องดูแลเรื่องวัชพืชหรือโรคและแมลง

การไถกลบจะทำการไถกลบในขณะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ และกำลังจะออกดอก ซึ่งเป็นระยะที่พืชจะมีการสะสมธาตุอาหารพืชอย่างเต็มที่ โดยจะมีธาตุไนโตรเจนระยะนี้สูงสุด และเป็นระยะที่พืชไม่แก่มากนักเนื้อเยื่อจะเน่าสลายตัวได้ง่ายเมื่อทำการไถกลบ เมื่อไถกลบแล้วจะปล่อยให้พืชดังกล่าวให้เน่าสลายประมาณ 15-20 วัน จึงปลูกพืชตามหลัก สำหรับพืชที่ไม่ใช่ตระกูลถั่วเมื่อไถกลบแล้วควรเติมธาตุไนโตรเจนประมาณ 4-5 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้เป็นธาตุอาหารให้แก่จุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษพืชสดที่ไถกลบ สำหรับพืชตระกูลถั่วไม่จำเป็นต้องเพิ่มธาตุไนโตรเจน เนื่องจากมีไรโซเบียมในบริเวณรากที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้เพียงพออยู่แล้ว การใช้ฝักพืชสดจะเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ แร่ธาตุ และความอุดมสมบูรณ์แก่ดินในเวลารวดเร็ว การสลายตัวของพืชจะได้กรดคาร์บอนิก ซึ่งช่วยให้แร่ธาตุอาหารของพืชต่างๆ ละลายได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังได้สารอินทรีย์ที่คงความเป็นประโยชน์ได้นาน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในดินส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

4) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการหมัก การกลั่นกรองปุ๋ยจนได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพ พร้อมทั้งเสริมเติมแร่ธาตุอาหารพืช โดยใช้ปุ๋ยเคมี เพิ่มลงไปให้ได้ตามสูตรความต้องการที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2.20 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ย่อยได้*	ไม่เกิน 35 %
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 %
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคมและโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 % โดยน้ำหนัก
6	pH	5.5 – 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)	ไม่เกิน 20:1
8	การนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (% โดยน้ำหนัก) - ไนโตรเจน (total N) - ฟอสฟอรัส (total P ₂ O ₅) - โพแทสเซียม (total K ₂ O 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

*ปริมาณความชื้น (%) = 100 (น้ำหนักปุ๋ยชื้น-น้ำหนักปุ๋ยแห้ง)/น้ำหนักปุ๋ยชื้น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2548)

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้โดยทั่วไป จะมีปริมาณแร่ธาตุที่พืชต้องการอยู่ในปริมาณที่ต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งในปลูกพืชนอกจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และเกษตรกรยังใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มในการปลูกพืชแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงขึ้น โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาผสมกับปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่พืชแต่ละชนิดต้องการ และจะใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงเพียงอย่างเดียวต่อการปลูกพืชทำให้ลดค่าแรงและเวลาในการใส่ปุ๋ยลงได้ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ผลิตได้เมื่อนำมาใช้จะสามารถทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี แข็งแรงและให้ผลผลิตสูง เช่นเดียวกับปุ๋ยเคมีโดยทั่วไป และสามารถปรับปรุงดินได้ด้วยในขณะเดียวกัน (สุริยาและคณะ, 2545)

8) วิธีการผลิตปุ๋ยเคมีคุณภาพสูง

- (1) นำแม่ปุ๋ยหรือปุ๋ยเคมีมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด
- (2) นำปุ๋ยเคมีที่บดละเอียดมาผสมกับดินเหนียวที่บดละเอียดและปุ๋ยหมัก แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องผสมปุ๋ย
- (3) เติมน้ำให้ปุ๋ยที่ผสมเข้ากันแล้ว ให้มีความชื้นพอเหมาะแล้วนำเข้าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย (ถ้ายังไม่สามารถอัดเป็นเม็ดได้อาจต้องเติมน้ำลงไปอีกเล็กน้อยแล้วลองอัดเม็ดใหม่)
- (4) หลังจากอัดเม็ดปุ๋ยแล้ว ให้นำปุ๋ยที่ได้ไปตากแดดสัก 1-2 แดด ปุ๋ยก็จะแห้ง
- (5) นำปุ๋ยที่แห้งแล้วไปบรรจุใส่กระสอบปุ๋ย เย็บปากกระสอบให้เรียบร้อย แล้วนำกระสอบปุ๋ยที่ได้ไปเก็บไว้ในโรงเรือนเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอเก็บไว้ใช้และจำหน่ายต่อไป ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีอยู่หลายสูตร ซึ่งจะมีสูตรแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้หมัก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548) มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เมื่อ พ.ศ.2548 ดังตารางที่ 2.20

9) โคลโลไมต์

แร่โคลโลไมต์ เป็นแร่เกิดจากตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกัน มีสภาพเป็นดินร่วนซุยตามธรรมชาติจึงแตกตัวละลายน้ำง่าย และมีปฏิกิริยาเร็วกว่าหินถึง 3 เท่า แม้ว่าชนิดหินจะถูกบดละเอียดกว่า 300 เมช ก็ไม่สามารถจะแตกตัวปล่อยธาตุอาหารได้รวดเร็วเท่า “ดินโคลโลไมต์” ประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กละเอียด ทำให้ประจุของแมกนีเซียม แคลเซียม และคาร์บอเนตแตกกระจายตัวดี เหมาะกับการเตรียมบ่อ และน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ช่วยเพิ่มค่าอัลคาไลน์ (alkalinity) ใช้ทำสีน้ำ และป้องกันการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่างในรอบวัน ได้ดีกว่าชนิดหิน

แร่โดโลไมต์ ที่มีสภาพเป็นดินร่วนซุยนั้น พบในภาคเหนือของประเทศไทย (จังหวัดแพร่ลำปาง ตาก อุดรดิษฐ์ สุโขทัย และเพชรบูรณ์) แหล่งที่มีปริมาณมาก และคุณภาพดีที่นำมาใช้ในการเกษตร ได้ นั้น มีที่จังหวัดแพร่ และจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะแหล่งที่พบใน อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัด เพชรบูรณ์ นั้น พบว่ามีคุณภาพที่เหนือกว่าแหล่งอื่นๆ คือ บริสุทธิ์กว่า เพราะเป็นแร่ โดโลไมต์ ล้วนๆ ที่ปราศจากสิ่งเจือปน เช่นดินลูกรัง ดินเหนียว หรือเศษไม้ผุพัง และมีปริมาณ ธาตุอาหาร มากกว่า

ประโยชน์ของแร่โดโลไมต์

- 1) ให้ธาตุอาหารรองแก่พืชเพราะมีทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียม รวมทั้งธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นแก่พืช แคลเซียม (Ca) นอกจากจะแก้ความเป็นกรดแล้ว ยังช่วยพืชในการแบ่งเซลล์ เร่ง การเจริญเติบโต ทำให้พืชแข็งแรง มีความต้านทานโรคสูง แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของ คลอโรฟิลล์ ทำให้พืชปรุงอาหารได้มาก เพิ่มผลผลิตแบบยั่งยืน
- 2) ปรับปรุงบำรุงดินให้ร่วนซุย มีรูพรุนให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้จุลินทรีย์ในดินที่ เป็นประโยชน์ต่อพืชทำงาน ได้เต็มประสิทธิภาพ พืชผลก็จะ ได้คุณภาพที่ดี
- 3) ปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน ดินที่ถูกตรึงธาตุอาหารไว้เนื่องจากใช้ปุ๋ยเคมีมาเป็น เวลานานและทำให้ปุ๋ย เคมีสะสมในดินจำนวนมาก จะทำให้รากพืชสามารถดูด และนำพาปุ๋ยที่ สะสมในดินไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด
- 4) ใช้แก้ปัญหาสภาพดิน สภาพดินเปรี้ยว ดินพรุน ดินดาน ดินเสื่อมโทรม และที่ใช้ทำ การเกษตรมานานๆ สามารถปรับสภาพดินให้กลับมา มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะกับการทำ การเกษตร ส่งให้ผลผลิตที่ได้รับมีคุณภาพสูงสุด
- 5) ป้องกันแก้ไขปัญหา พืชโตช้า แคระแกน ใบเหลือง ใบซีด ใบหงิกงอ ดอกผลร่วง ผลมี ขนาดเล็ก รูปทรงผิดส่วน ผลผลิตตกต่ำ ใช้ดินโดโลไมต์ สารธรรมชาติปรับสภาพดิน จะช่วย แก้ปัญหาเหล่านี้ได้อย่างเห็นผลดี

ประโยชน์ของแร่ธาตุอื่นๆ

แมกนีเซียม

- 1) ช่วยในการสังเคราะห์แสง ทำให้พืชมีการปรุงอาหารดีขึ้น
- 2) ช่วยให้ใบพืชเขียวทนนาน
- 3) ช่วยสร้างน้ำมันในพืช
- 4) จำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ในพืช

5) เป็นอาหารของจุลินทรีย์

แคลเซียม

- 1) ช่วยในการสร้างราก การแตกกิ่ง สร้างตา สร้างดอก
- 2) ป้องกันการหลุดร่วงของดอก
- 3) ช่วยสร้างเซลล์ และทำให้ผนังเซลล์ตึง ทำให้ลำต้นพืชแข็งแรง

อะลูมินา

- 1) ช่วยสลายสภาพความเป็นกรดในดิน (ช่วยลดกรดในดิน)

ซิลิกา

- 1) ช่วยดูดซับความชื้น และแร่ธาตุอาหารในดินให้อยู่ในดินนานขึ้น
- 2) บำรุงลำต้นและใบพืช
- 3) ช่วยให้ลำต้นของพืชแข็งแรง ไม่ล้ม
- 4) ป้องกันการรบกวนของแมลง และโรคบางชนิด

สังกะสี

- 1) ช่วยสร้างฮอร์โมนและเอนไซม์ต่างๆ ในพืช
- 2) ช่วยกระตุ้นในการแตกใบ
- 3) สร้างแป้งในเมล็ดข้าว ช่วยให้เมล็ดข้าวเต็ม

ทองแดง

- 1) สร้างสารคลอโรฟิลล์ (สีเขียว) ในพืช และช่วยสังเคราะห์
- 2) เพิ่มความหวาน กลิ่น และความเข้มข้นของสีในผักและผลไม้

เหล็ก

- 1) สร้างสารคลอโรฟิลล์ และสังเคราะห์โปรตีนในพืช
- 2) ช่วยในกระบวนการหายใจของพืช

โมลิบดีนัม

- 1) มีบทบาทสำคัญในกระบวนการตรึงไนโตรเจน

โบรอน

- 1) ช่วยสร้างโปรตีน แป้ง และการแบ่งเซลล์ของพืช

10) โปแทสเซียมฮิวเมต

โปแทสเซียมฮิวเมตเป็นสารสกัดเข้มข้นจากฮิวมัส ช่วยปรับสภาพดินเหนียวให้คลายตัวออก ในดินทรายจะช่วยอุ้มน้ำ โครงสร้างของดินแข็งแรงทนต่อการชะล้างกัดกร่อนของน้ำ ช่วย

ให้ดินโปร่ง ร่วนซุย อุ้มน้ำ ระบายน้ำดี น้ำและอากาศถ่ายเทสะดวก สารสกัดเข้มข้นจากฮิวมัส ช่วยปรับสภาพดินเหนียวให้คลายตัวออกในดินทรายจะช่วยอุ้มน้ำ โครงสร้างของดินแข็งแรงทนต่อการชะล้างกัดกร่อนของน้ำ ช่วยให้ดินโปร่ง ร่วนซุย อุ้มน้ำ ระบายน้ำดี น้ำและอากาศถ่ายเทสะดวก รากพืชแผ่ขยายได้ง่าย รักษาความเป็นกรด-ด่าง ไม่ให้เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ส่วนประกอบ โปแทสเซียม 8.3 % เหล็ก 0.11 % แคลเซียม 2.5 % แมกนีเซียม 0.94 % ทองแดง 0.0027 % แมงกานีส 0.0434 %

ประโยชน์

- 1) ช่วยประหยัดต้นทุนปุ๋ย
- 2) ช่วยปลดปล่อยหรือนำธาตุอาหารที่ตรึงไว้ในดินให้พืชนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) ช่วยให้ระบบรากแข็งแรงพืชจึงเจริญเติบโตได้ดีและผลผลิตสูง

11) หินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตเป็นสินแร่ตามธรรมชาติที่มีแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และมีธาตุอื่นๆ ปนอยู่ในปริมาณแตกต่างกัน เช่น โปแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส หินฟอสเฟตส่วนใหญ่อยู่ในแร่อะพาไทต์ โดยจะเกิดอยู่ในลักษณะผลึกเล็กๆ หรือไม่เป็นผลึก เรียกว่า คอลลโลเฟน (collophane) สูตรทางเคมี $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4\text{CO}_3)_6(\text{FClOH})_2$ สีมัลหลายสี เช่น เขียว น้ำเงิน น้ำตาล เหลือง ม่วง หรือขาว

ลักษณะการเกิดของแร่อะพาไทต์ มักพบใน 3 แบบ คือ

- 1) อิกเนียส อะพาไทต์ (igneous apatite) เกิดจากหินอัคนี
- 2) มารีน อะพาไทต์ (marine apatite) เกิดจากการสะสมของ

สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหินปูนกับอนุมูลฟอสเฟตที่ปะปนมากับน้ำทะเล และมีการทับถมร่วมกับอินทรีย์วัตถุจากสิ่งมีชีวิต (พืชและสัตว์ที่สะสมอนุมูลฟอสเฟตจากทะเลไว้มาก) เป็นชั้นตะกอนหนาในก้นทะเล

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

ความสำคัญของหินฟอสเฟตในทางการเกษตร

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

ปุ๋ยฟอสเฟต เป็นปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบฟอสเฟต pH ของดินมีผลต่ออนุมูลของฟอสเฟต พบว่า

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

- pH ของดินต่ำกว่า 5 ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป H_3PO_4 (กรดฟอสฟอริก)

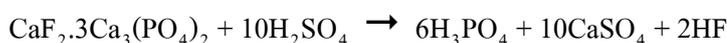
- pH ของดินมากกว่า 8 ขึ้นไป ฟอสเฟตจะอยู่ในรูป PO_4^{3-} (ฟอสเฟตไอออน)

ในสภาวะดินในช่วง pH 5-8 ปุ๋ยฟอสเฟตในการช่วยเสริมการเจริญเติบโต และความแข็งแรงของพืชทั้งส่วนราก ลำต้น และใบ ตลอดจนการออกดอกออกผล

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

การเตรียมปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต

นำหินฟอสเฟตที่บดแล้วมาทำปฏิกิริยากับกรด H_2SO_4 เข้มข้น 4-5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร(ที่มากเกินพอ) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วได้กรด H_3PO_4 กรดกัดแก้ว (HF กรดไฮโดรฟลูออริก) และแคลเซียมซัลเฟต ดังสมการ



กรด H_3PO_4 ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับหินฟอสเฟตที่เหลือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ต้องเก็บหรือบ่มไว้ประมาณ 1 เดือน จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ได้มอนอแคลเซียมฟอสเฟต หรือในท้องตลาดเรียกว่า triple superphosphate



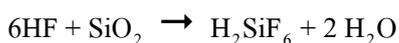
ปุ๋ยมอนอแคลเซียมฟอสเฟตละลายน้ำได้ดี พี่จึงนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้อาจนำหินฟอสเฟตมาทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 จะได้ปุ๋ยซุบเปอร์ฟอสเฟต ดังสมการ



การเตรียมปุ๋ยฟอสเฟตในอุตสาหกรรมจะมีแก๊ส HF เกิดขึ้นซึ่งระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย และเป็นพิษ จึงต้องมีการกำจัด HF ดังปฏิกิริยา



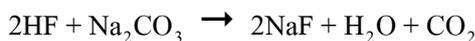
SiF_4 ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับน้ำส่วนที่ได้ H_2SiF_6 อาจนำแก๊ส HF ทำปฏิกิริยากับ SiO_2 โดยตรงจะได้เหมือนกัน ดังสมการ



H_2SiF_6 ใช้เป็นสารละลายในการเติมฟลูออไรด์ให้กับน้ำดื่ม หรือนำมาทำปฏิกิริยากับ MgO ได้แมกนีเซียมซิลิโกฟลูออไรด์ ซึ่งใช้เป็นสารกำจัดแมลง ดังสมการ

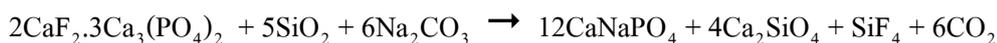


อาจกำจัดแก๊ส HF โดยการผ่านลงในน้ำได้สารละลายกรด HF แล้วนำมาสะเทินด้วย โซดาแอช (Na_2CO_3) หรือหินปูน ดังสมการ





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



นำสารผสมที่ได้จากการเผาเทลงในน้ำแล้วทำให้เย็นลงทันทีจะได้สารที่มีลักษณะพรุนเปราะ และบดให้ละเอียดได้ง่าย สามารถใช้เป็นปุ๋ยฟอสเฟตที่ให้ P_2O_5 ได้ถึงร้อยละ 27.5 โดยมวล จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าหินฟอสเฟตมาใช้อย่างคุ้มค่า

การเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟต กระทำได้หลายวิธี คือ

- 1) ทางกายภาพ โดยการบดให้เป็นผงละเอียด และการเผาที่อุณหภูมิสูง
- 2) ทางเคมี โดยการละลายหินฟอสเฟตในกรด เช่น กรดซัลฟูริก
- 3) ทางชีวภาพ โดยการใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายหินฟอสเฟต

วิธีการเผาที่อุณหภูมิสูงและการละลายด้วยกรดถึงแม้จะเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตได้ แต่ต้นทุนในการดำเนินการค่อนข้างสูง ส่วนการบดหินฟอสเฟตให้เป็นผงนั้น เพิ่มการละลายของฟอสฟอรัสไม่มากนัก แต่ถ้านำหินฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับวิธีชีวภาพ โดยการผสมคลุกเคล้ากับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายหินฟอสเฟตก็จะให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ วิธีนี้ยังไม่ยุ่งยากซับซ้อนและต้นทุนในการผลิตไม่สูง ซึ่งขณะนี้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้พบว่า *Aspergillus No.1* เป็นจุลินทรีย์ที่มี ประสิทธิภาพสูงในการละลายหินฟอสเฟต

12) ไคโตซาน

ไคโตซาน เป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญในรูปของ D-glucosamine พบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อราเป็นสารธรรมชาติที่มีลักษณะ โดดเด่นเฉพาะตัว คือ ที่เป็นวัสดุชีวภาพ (biomaterials) ย่อยสลายตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ ไม่เกิดผลเสีย

และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (non-phytotoxic) ต่อพืช นอกจากนี้ไคโตซานยังมีประโยชน์กับการเกษตรด้านการควบคุมศัตรูพืช

การใช้ไคติน-ไคโตซาน

ประเทศไทย ณ วันนี้กำลังเข้าสู่ยุคของโลกเทคโนโลยีชีวภาพ ประเทศไทยได้เปรียบกว่าประเทศอื่นๆ เนื่องจากเรามีความพร้อมในด้านวัตถุดิบ (เปลือกกุ้ง ปู) และปัจจุบันได้มีการดำเนินธุรกิจผลิตไคติน-ไคโตซานออกมาสู่ตลาดตามความต้องการของตลาด ซึ่งนับได้ว่าผลิตภัณฑ์ไคโตซานประสบความสำเร็จอย่างมาก มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ตลาดในด้านการเกษตร ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อาหารเสริม และต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน ญี่ปุ่น อเมริกา เยอรมัน ฯลฯ ได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ ในด้านการเกษตร อาหารเสริม เครื่องสำอาง ฯลฯ ไคโตซานเป็นสารโพลีเมอร์ธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง ปู แกนปลาหมึก เป็นต้น อนุพันธ์ของมันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ด้านการเกษตร บำบัดน้ำเสีย เครื่องสำอาง การแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษหลายประการ ได้แก่ ความเป็นพิษ สามารถเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อของคนและสัตว์ ความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเพื่อการเกษตรปลอดสารพิษ ไม่มีสารตกค้าง ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้มากมาย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์การเกษตร

ไคโตซาน เป็นสารที่สกัดได้จากธรรมชาติ เพื่อประโยชน์ในด้านการเกษตรต่างๆ ไปเพื่อเป็นแนวทางในการลดสารเคมีและยาฆ่าแมลง ที่เป็นอันตรายต่อเกษตรกรและผู้บริโภค อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงทุกชนิด ปัจจุบันเกษตรกรประสบปัญหาในด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการผลิต ราคาของผลผลิต อัตราการใช้ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช และการบำรุงปรับปรุงคุณภาพดิน อันเนื่องมาจากการใช้สารเคมีและยาปราบศัตรูพืชในอดีตที่ผ่านมา นั้น เกษตรกรต้องพึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ในการจัดการดูแลและบำรุงในด้านต่างๆ จากสารเคมีทุกชนิด เพื่อผลิตผลทางด้านเกษตรของเกษตรกร ที่มุ่งเน้นในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่จะป้อนต่อความต้องการของตลาดโลกแก่ผู้บริโภค แต่ปัจจุบันผลผลิตต่างๆ เริ่มเกิดมีผลกระทบจากการใช้สารเคมีที่รุนแรงขึ้นเรื่อยๆ เช่น ผลผลิตลดลง คุณภาพของผลผลิตต่ำลง เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต ซึ่งปัญหาเหล่านี้เราสามารถแก้ไขได้ หากเกษตรกรให้ความสำคัญและเปลี่ยนแปลงทัศนคติและพฤติกรรม ที่จะหันมาใช้สารชีวภาพ เพื่อทดแทนสารเคมีที่รุนแรงและมีพิษตกค้าง เพราะปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาสนใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น ในการรับประทานอาหาร ดังนั้นผลผลิตจึงต้องมีคุณภาพดีและปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง

ดังนั้นอดีตจนถึงปัจจุบัน นักวิชาการจำนวนมากได้พยายามคิดค้นและวิจัยเพื่อพัฒนาและ

แก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้เพื่อเป็นไปตามแนวพระราชดำริ (การเกษตรปลอดภัย ทุกชีวิต ยั่งยืน) และตามกระแสของตลาดโลก สิ่งเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะคิดค้นและพัฒนาในผลิตภัณฑ์ทางด้านเกษตรทุกชนิด ซึ่งโคโคซาน เป็นสารอีกตัวหนึ่งที่ได้คิดค้น วิจัยและพัฒนา เพื่อนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการที่จะลดปริมาณการใช้สารเคมีให้ลดลง และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลผลิต และต้นทุนของเกษตรกรดังนี้

- 1) นำมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช ทุกชนิด เช่น กระตุ้นการแตกราก ใบ ออกดอก ติดผล เป็นต้นฯลฯ
- 2) นำมาใช้ป้องกันและยับยั้งโรคพืช เช่น โรคเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรีย และโรคแมลง เป็นต้น ฯลฯ
- 3) นำมาใช้เคลือบรักษาผลผลิตทางการเกษตร หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต
- 4) นำมาใช้เคลือบรักษามล็ดพันธุ์
- 5) นำมาใช้เป็นส่วนผสมและเคลือบเมล็ดปุ๋ย (ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์+เคมี)
- 6) นำมาใช้ปรับสภาพดิน เพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ เป็นต้นฯลฯ
- 7) ช่วยกระตุ้นต้นพืชสร้างเอนไซม์โคโคตินเอส ซึ่งเป็นยาฆ่าแมลง จะย่อยสลายโคโคตินที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มตัวของแมลงศัตรูพืชได้ดี

13) กรดซิลิกอน

แร่ซิลิกาหรือแร่ธาตุทองคำมีคุณสมบัติในการปรับปรุงสภาพดินได้ดี แต่จะนำมาใช้โดยใส่ให้พืชทันทีไม่ได้ ต้องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยการเผา (ซิลิกามีจุดหลอมเหลวสูงที่สุดถึง 2500 °C) จากนั้นจึงสเปร์ยกับกรดฟอสฟอริกก็จะได้กรดซิลิกอน H_4SiO_4 ออกมา ซิลิกามีสูตร โครงสร้างทางเคมีคือ SiO_2 เมื่อสเปร์ยกับกรดฟอสฟอริกจะได้ H_4SiO_4 หรือ กรดซิลิกอน (เรียกชื่อต่างกันตามสูตร โครงสร้างทางเคมี) ” ซึ่งหากแร่ตัวนี้เป็นของเหลวจะเรียกว่าฟอริกแอซิดและดินในป่ามักมีธาตุดังกล่าวอยู่มาก เนื่อง เนื่องจากมีการทับถมของใบไม้ และมีจุลินทรีย์มาย่อยสลาย เมื่อพืชได้ดูดซึมน้ำไปใช้ประโยชน์ กรดซิลิกอนก็จะช่วยให้เติบโตได้ดี แข็งแรง ทั้งยังมีภูมิต้านทานโรคแมลงสูง (ช่วงแรกที่เปิดป่าใหม่ ดินมีกรดซิลิกอนมาก พืชที่เพาะปลูกจึงให้ผลผลิตดีนั่นเอง) แต่เมื่อนำไปทดลองใช้ในไร่อ้อยกลับได้ผลลัพธ์ไม่ค่อยน่าพึงพอใจเท่าที่ควร เนื่องจากหากใช้ในปริมาณความเข้มข้นทั้ง 100% จะทำให้ดินร่วนซุยจนเกินไป รากไม่สามารถยึดเกาะดินได้และมักทำให้ดินลึ้ม กระทั่งมีการศึกษาทดลองปรับปริมาณการใช้ให้เหมาะสม ก็พบว่าพืชสามารถนำกรดซิลิกอน 15% ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

กรดซิลิกอน มีสูตรทางเคมีว่า (H_4SiO_4) เป็นแร่ธาตุสารอาหารเสริมที่จำเป็นต่อพืชทุกชนิดสามารถละลายน้ำได้ง่าย ซึ่งช่วยทำให้พืชสามารถดูดซึมน้ำและกรดซิลิกอนผ่านทางรากสู่ลำต้นและทางใบได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อพืชดูดซึมน้ำและกรดซิลิกอนเข้าไปอย่างต่อเนื่อง น้ำที่พืชดูดซึมน้ำเข้าไปจะระเหยออกจากใบแต่กรดซิลิกอนที่พืชดูดซึมน้ำเข้าไปนั้นจะไม่ระเหยออกจากใบแต่จะสะสมอยู่ที่ผิวใบของพืชโดยไม่ระเหยออกไป เมื่อกรดซิลิกอนสะสมอยู่ที่ใบอย่างต่อเนื่องจะกลายเป็นผลึกควออร์ทซ์ โอปอล หรือเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกราะป้องกันพืชทำให้ใบพืชมีลักษณะ ใบหนา ใบเขียวทน เขียวนาน ช่วยทำให้กลิ่น รสชาติ ของลำต้นและใบพืชไม่เป็นที่ปรารถนาของแมลง ช่วยทำให้ผิวพืชแข็งแรง ต่อด้านต่อโรคและแมลง เพลี้ย หนอน รา ไล่เดือนฝอย และป้องกันไม่ให้พืชเปลี่ยนสายพันธุ์ตลอดจนทำให้รสชาติดีขึ้น กรดซิลิกอนยังช่วยเพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพ เพิ่มน้ำหนักในพืชทุกชนิด กรดซิลิกอนที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ป้องกันเชื้อโรค ป้องกันแมลง เพิ่มรสชาติ เพิ่มผลผลิต ซึ่งจากการวิจัยของนักวิชาการได้หวั่นและสหรัฐอเมริกาพบว่า ในดินที่เสื่อมโทรมจะต้องใช้กรดซิลิกอน 30% ธาตุอาหารรองชนิดต่างๆ 10% ใช้ N, P และ K อย่างละ 20% จะทำให้พืชเติบโตเพิ่มผลผลิตขึ้นจากเดิมอีก 1 เท่าตัว และป้องกันโรคและแมลงได้อย่างดี ช่วยปรับปรุงสภาพดิน

คุณสมบัติของกรดซิลิกอนที่มีประโยชน์ต่อพืชและดิน

- 1) ช่วยทำให้พืชเขียวทนเขียวนาน
- 2) ทำให้ใบของพืชมีลักษณะใบใหญ่ใบหนา
- 3) ช่วยต้านทานโรคและแมลง
- 4) ช่วยเปลี่ยนรสชาติของต้นพืชไม่เป็นที่ปรารถนาของแมลง
- 5) ช่วยป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าได้เป็นอย่างดี
- 6) ช่วยเพิ่มผลผลิต เพิ่มรสชาติ เพิ่มน้ำหนัก เพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้ง
- 7) เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

14) ซีโอไลต์

ซีโอไลต์มีโครงสร้างเป็นผลึกของไฮเดรต อะลูมิโนซิลิเกต (hydrated aluminosilicates) เป็นโครงข่ายโพลีแอนไอออนิก (polyanionic network) สามมิติของ SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งมีการเชื่อมโยงแบบเตตราฮีดรอล (tetrahedral) กับอะตอมของออกซิเจน ภายในช่องว่างของโครงข่ายผลึกนี้ประกอบไปด้วยน้ำ และประจุบวก เพื่อให้เกิดสมดุลกับประจุลบที่อยู่บนโครงข่าย ซึ่งประจุบวกเหล่านี้คือ โลหะอัลคาไลน์ (alkali metal) หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ (alkali earth) ที่สามารถถูก

แทนที่ได้ ก่อให้เกิดคุณสมบัติหลักของซีโอไลต์ คือ ความสามารถในการจับประจุบวกเข้ามารวมตัว

การใช้ซีโอไลต์ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร

แร่ภูเขาไฟ หินลาวา ซีโอไลต์ หรือ หินเดือด มีแร่ธาตุที่ละลายน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งซิลิกาที่มีโครงสร้างเคมีอยู่ในรูปของ H_4SiO_4 จึงเป็นประโยชน์ที่สำคัญอย่างยิ่งกับพืช

ประโยชน์

- 1) ใช้ฉีดพ่นเพื่อทำให้พืชแข็งแรง ซีโอไลต์ผงประมาณ 200-300 กรัม ละลายในน้ำ 20 ลิตร ทิ้งไว้หนึ่งคืนแล้วกรองแยกตะกอนไปใส่ต้นไม้เอาแต่น้ำมาฉีดพ่นพืชให้เปียกทั่วถึงทุกส่วน
- 2) ใช้หว่านลงดินก่อนปลูกให้พืชที่จะปลูกบนดินได้รับซิลิกา ตั้งแต่เริ่มคูนน้ำหรือเริ่มการเจริญหรือเริ่มงอกใช้หว่านลงผิวดินแล้วพรวนกลบ หรือจะหว่านลงในแปลงนาทำการสูบหรือคราดให้จมแล้วจึงหว่านเมล็ดหรือใส่ร่องกันหลุมเคล้ากับดินแล้วจึงปลูกพืชหรือหยอดเมล็ด
- 3) ใช้ใส่หลังปลูก ใช้วิธีโรยเป็นแถวข้าง ๆ ต้น เช่น ข้าวโพด หรือหว่านบริเวณใต้ทรงพุ่มต้นของพืชพืชผักต้นเล็กปลูกติดกันแน่นให้หว่านด้วยชนิดเม็ด
- 4) ใช้คลุกผสมใส่ลงไปพร้อมกับ ปุ๋ย โดยใช้ปุ๋ยพรมน้ำพอชื้น แล้วเอา แร่ภูเขาไฟ หรือซีโอไลต์ คลุกผสมให้ผงคิดเม็ดปุ๋ยทุกเม็ดจะช่วยทำให้ปุ๋ยกลายเป็นปุ๋ยละลายช้า
- 5) ลดการสูญเสียปุ๋ย ปกติปุ๋ยเคมีที่ขายในไทยถูกกำหนดให้ละลายทันทีที่ 100 % ดังนั้นถ้าฝนตกมาก รดน้ำมากปุ๋ยละลายออกมา สารจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก จะจับปุ๋ยไว้ทั้งแอม โมเนียมและ โพแทสเซียมให้กลายเป็นปุ๋ยละลายช้า
- 6) ทำลายสารพิษในดินและในน้ำ สารพิษตกค้างที่มีผลในการลดการเจริญของพืชมักเป็นสารกำจัดวัชพืช
- 7) เพิ่มคุณภาพผลผลิต จากการมีซิลิกาที่ผิวพืชมากขึ้นทำให้พืชผัก แข็ง กรอบ อร่อยขึ้น เก็บรอการขายได้นานขึ้น ช้าน้อย คุณภาพสูงขึ้นแทบทุกด้าน ยกเกรดของสินค้าให้สูงขึ้น ราคาที่ดีขึ้นด้วยแม้ผลไม้ก็มีคุณภาพดีขึ้นเช่นกัน
- 8) ลดแมลงและไส้เดือนฝอยในดิน หว่านบางๆ ลงบนดินบริเวณที่มีมด ปลวก เสี้ยนดิน ตัวอ่อนของด้วงหมัดกระโดด ไส้เดือน ไส้เดือนฝอยหอยบกก็จะลดน้อยลง
- 9) ใช้ทำลายสารพิษตกค้างในอาหารสัตว์ ผสมให้สัตว์กินตามปกติ อัตราการตายของหมู เป็ด ไก่ ลดลงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น
- 10) ใช้เพิ่มผลผลิตเห็ด ใช้ผสมในขี้เลื่อยหรือวัสดุคิบเพาะ ไม่ต้องใช้ยิปซัมและปูนขาว

นำไปเพาะเห็ดตามปรกติ รดบนกองและดินรอบกองจนเปียกชุ่ม จะลดไรเห็ดลง มด ปลวก ไล่เดือนฝอย และกลิ่นลงได้ ผลผลิตเห็ดเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถิตย์, อมรและสุดาพร (2552) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายปุ๋ยอินทรีย์โดยการผสมปุ๋ยอินทรีย์กับโพแทสเซียมอิมเมต โคลโลไมต์ และแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่าง ๆ ศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมในการอบปุ๋ยอินทรีย์ ศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยแร่ธาตุในดิน โดยการวัดปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) ใน 1, 3, 5, 10, 20, 25 และ 30 วัน ผลการวิจัยพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ตามท้องตลาดและปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตร สามารถปลดปล่อยปริมาณ N, P และ K ได้มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ของผู้ประกอบการ ปุ๋ยอินทรีย์ที่เติมโคลโลไมต์จะปลดปล่อยไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ที่ละลายในดิน ปุ๋ยอินทรีย์ตามท้องตลาด ปุ๋ยอินทรีย์ของผู้ประกอบการ และปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตรมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกันปุ๋ยอินทรีย์ที่เติมแป้งมันสำปะหลังทำให้ปลดปล่อยฟอสฟอรัสได้เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่สกัดได้ในช่วงการบ่ม 1-30 วัน ปุ๋ยอินทรีย์ตามท้องตลาดปลดปล่อยได้น้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์ของผู้ประกอบการ และปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 สูตร การเติมโพแทสเซียมอิมเมตจะทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยโพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้น

ธงชัย, วรณิภาและสุดาพร (2552) ศึกษาการควบคุมการละลายของปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์กับปุ๋ยยูเรีย โดยการเคลือบปุ๋ยยูเรียด้วยกำมะถันและไคโตซาน แล้วนำไปศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยแร่ธาตุในดิน โดยการวัดปริมาณของธาตุอาหารหลัก ใน 1, 3, 5, 10, 20, 25 และ 30 วัน ผลการวิจัยพบว่า ปุ๋ยเคลือบกำมะถันมีปริมาณไนโตรเจน (N) เท่ากับ 0.01%, 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.11%, 0.12% และ 0.13% มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 1.30%, 1.38%, 1.47%, 1.55%, 1.60%, 2.26% และ 2.39% และมีปริมาณโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.012%, 0.012%, 0.014%, 0.016%, 0.018%, 0.024% และ 0.028% ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยเคลือบไคโตซานมีปริมาณไนโตรเจน (N) เท่ากับ 0.09%, 0.10%, 0.13%, 0.14%, 0.15%, 0.1% และ 0.21% มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 1.44%, 1.48%, 1.66%, 1.69%, 1.72%, 2.26% และ 2.39% และมีปริมาณโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.012%, 0.014%, 0.016%, 0.018%, 0.024%, 0.028% และ 0.030% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกำมะถันและไคโตซานต่อการละลายของ

ปฏิกิริยา คือโคโตะซานอัตราส่วน 1:20 มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนความสามารถในการละลายเบื้องต้นเมื่อผสมกับปฏิกิริยาอินทรีย์ การดูดซับน้ำของปฏิกิริยาเคลือบ อัตราการกักเก็บน้ำได้มากที่สุดของดินและความสามารถในการอุ้มน้ำของปฏิกิริยาเคลือบในดิน พบว่าปฏิกิริยาเคลือบก้ำมะถันดีกว่าปฏิกิริยาที่เคลือบโคโตะซานและปฏิกิริยาเคลือบโคโตะซานในอัตราส่วน 1:20 ดีกว่าปฏิกิริยาที่เคลือบโคโตะซานอัตราส่วน 1:10 และ 1:30

ณัฐนัย (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาวัสดุควบคุมการปลดปล่อยสำหรับปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการพ่นและจุ่มเคลือบ ทำการเคลือบสารละลายพอลิเมอร์ฐาน โคลิโพลีแลกติกแอซิด และพอลิเมอร์ผสมลงบนผิวของเม็ดปฏิกิริยา จากนั้นตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ ของวัสดุ ร้อยละสารเคลือบผิวที่สัมพันธ์กับชนิดของพอลิเมอร์ น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้นและจำนวนครั้งที่ทำการเคลือบ ตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนัก อัตราการปลดปล่อยปฏิกิริยาของปฏิกิริยาที่เคลือบลงในน้ำกลั่น วัดได้โดยการติดตามดัชนีหักเหของแสงของสารละลาย สันฐานวิทยาของผิวเคลือบพอลิเมอร์แสดงให้เห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เสถียรภาพทางความร้อนและโครงสร้างเคมีของผิวเคลือบตรวจสอบได้ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกแอนาไลซิส (TGA) และเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) ผลของอัตราส่วนร้อยละสารเคลือบผิว/ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ แสดงให้เห็นว่าวิธีการจุ่มเคลือบมีประสิทธิภาพสูงกว่ากระบวนการพ่นเคลือบ นอกจากนี้การใช้เทคนิคการพ่นยังถูกจำกัดด้วยความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้สารละลายพอลิเมอร์ที่เข้มข้นขึ้นและใช้ พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น พบว่าปริมาณร้อยละสารเคลือบผิวมากขึ้นเมื่อใช้สารละลาย พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นมากขึ้นและใช้จำนวนครั้งที่เคลือบเพิ่มขึ้น ผลจากภาพถ่าย SEM และอัตราการปลดปล่อยปฏิกิริยาแสดงให้เห็นว่าคุณภาพและความหนาของชั้นผิวเคลือบมีบทบาทสำคัญในการชะลออัตราการปลดปล่อยปฏิกิริยา ผิวเคลือบที่มีรูพรุนและรอยแตกจำนวนมากได้จากการเคลือบด้วยพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลต่ำอย่าง PLA-1, PLA-2 และ PLA-3 ส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยปฏิกิริยาของวัสดุดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเพิ่มปริมาณของชั้นผิวเคลือบ ในทางตรงกันข้ามประสิทธิภาพในการชะลอการปลดปล่อยปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มร้อยละสารเคลือบผิวเมื่อใช้พอลิแลกติก-แอซิดทางการค้าและพอลิแลกติกแอซิดโคเอทิลีนเทเรฟทาเลต เมื่อใช้พอลิเมอร์ผสมผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุดังกล่าวมีพฤติกรรมการปลดปล่อยที่สอดคล้องกับพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ ผลจากการทดสอบ TGA ของชั้นผิวเคลือบที่เหลือหลังทำการละลายปฏิกิริยาออกจนหมดที่ได้จาก PLA-1, PLA-2 และโคพอลิเมอร์แสดงให้เห็นว่ามีเสถียรภาพทางความร้อนต่ำกว่าวัสดุตั้งต้น อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดเนื่องจากการเสื่อมสภาพของผิวเคลือบด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส การเกิดไฮโดรไลซิสในช่วงเวลาสั้นๆ นั้นไม่น่าจะเป็นไปได้ เนื่องจากการ

เกิดไฮโดรไลซิสในช่วงเวลาสั้นๆ ที่ใช้ในการให้ยูเรียแพร่ออกหมดมีความเป็นไปได้น้อยมาก อีกทั้งการทดสอบด้วย FTIR ก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีในระหว่างการปลดปล่อยยูเรีย

อัมพร และคณะ (2547) ศึกษาผลการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของกรงเขมา ณ สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร ระหว่างเดือนเมษา 2545 ถึง กันยายน 2546 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์โดยเปรียบเทียบสูตร น้ำหมักปุ๋ยคอก น้ำหมักกากน้ำตาล น้ำหมักเศษปลา น้ำหมักหอยเชอรี่ น้ำหมักเศษผักรวม และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 พบว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพทุกหน่วยทดลองมีจำนวนใบมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 แต่การใช้ปุ๋ยเคมี มีขนาดใบ (ความกว้างและความยาว) โตในฤดูกาลแรก หลังจากนั้นการใช้ น้ำหมักปุ๋ยคอกมีแนวโน้มให้ขนาดใบโตกว่า แต่มีความยาวใบไม่แตกต่างกันในฤดูฝนปี 2546 การใช้ น้ำหมักชีวภาพทุกหน่วยทดลองมีความสูงต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากกว่าการใช้ ปุ๋ยเคมี ส่วนการใช้ น้ำหมักปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีมีเพกตินสูงเฉลี่ย 21.7 และ 21.6%

นงลักษณ์และนันทนา (2547) ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ EM ในรูปปุ๋ยคอกหมักชนิด ต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผักและต่อคุณสมบัติบางประการของดิน โดย เปรียบเทียบกับวิธีการเกษตรอินทรีย์และเกษตรเคมีที่แปลงการทดลองสาขาพืชผัก ภาควิชาพืช สวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม 2539 – สิงหาคม 2541 เป็นเวลาติดต่อกัน 2 ปี ในดินชุดสันทราย ซึ่งได้ปลูกพืชผักชนิดต่าง ๆ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ยามาแมลงมาอย่างต่อเนื่องนานกว่า 20 ปี และมีปัญหาหน้าดินอัดแน่น ไม่ร่วนซุย มีโรคระบาดทางดินพอสมควร พบว่า ด้านการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่ให้ผลไม่แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้านผลผลิตต่อแปลงในปีแรกพบว่าให้ผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ มีแนวโน้มว่า การใช้ปุ๋ยคอกหมัก EM มูลสัตว์ชนิดต่างๆ ให้ผลใกล้เคียงกับวิธีการใส่ ปุ๋ยเคมี และผลผลิตต่อแปลงในปีที่ 2 ให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อันอาจจะมี สาเหตุมาจากความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนผลของการวิเคราะห์ดินพบว่า ทุก วิธีการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นความหนาแน่นรวม พบว่ามีแนวโน้ม ลดลง มีธาตุอาหารต่างๆ ในดินเพิ่มขึ้น ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ สภาพของดินเป็นกรด

กมะริยะ (2546) ศึกษาการเจริญเติบโตของผักคะน้า (*Brassica alboglabra*) โดย การใช้น้ำสกัดชีวภาพจากหอยเชอรี่ (*Pila spp.*) ผลการศึกษาภายหลังจากการปลูกคะน้าจนครบ 55 วัน พบว่า น้ำสกัดชีวภาพความเข้มข้น 0.4 %v/v สามารถทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักและความสูง เฉลี่ยต่อต้น 115.2 กรัม และ 20.4 เซนติเมตร ตามลำดับ หรือเท่ากับ 6.48 กรัม/ต้น/วัน และ 0.65 เซนติเมตร/ต้น/วัน การเจริญเติบโตดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับ

การใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งให้การเจริญเติบโต 128.5 กรัม และ 21.9 เซนติเมตร ตามลำดับ หรือเท่ากับ 7.80 กรัม/ต้น/วัน และ 0.70 เซนติเมตร/ต้น/วัน โดยที่น้ำหนักและความสูงของผักคะน้าเฉลี่ยได้ขนาดตามความต้องการของตลาด (marketable size) นอกจากนี้ยังพบลักษณะการเจริญเติบโตของผักคะน้าโดยเฉลี่ย/ต้น/วัน เพิ่มขึ้นตามลำดับจากช่วง 25, 35, 45 และ 55 วัน เป็นแบบ exponential growth

สรวงธิดา และสุรเชษฐ์ (2546) ศึกษาธาตุอาหารที่จำเป็นของวัสดุเหลือใช้บางชนิดที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (waste material) จากพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ พบว่า ในโตรเจน 0.34-4.99 ฟอสฟอรัส 0.04-0.92 โพแทสเซียม 0.32-5.56 แคลเซียม 0-3.74 แมกนีเซียม 0.04-0.85 กำมะถัน 0.04-1.25 อินทรีย์คาร์บอน 31.34-58.83 และ อัตราส่วน C/N 6-61 วัสดุจากสัตว์ เช่น พวกมูลสัตว์ต่าง ๆ รวมถึงปุ๋ยคอกด้วย ผลการวิเคราะห์ทางเคมีมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ คิดเป็นร้อยละดังนี้ ในโตรเจน 0.09-6.28 ฟอสฟอรัส 0.39-13.06 โพแทสเซียม 0.25-6.42 แคลเซียม 5.12-28.86 แมกนีเซียม 0.03-1.97 กำมะถัน 0.69-0.96 อินทรีย์คาร์บอน 0.92-34.52 อัตราส่วน C/N 1-21 pH 4.10-8.58 และ EC 1.03-22.7 dS/m ซึ่งส่วนมากวัสดุจากสัตว์มีปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่าวัสดุจากพืช ส่วนวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งวัสดุที่ย่อยสลายยากและง่ายปนกัน ผลการวิเคราะห์ทางเคมีมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ พบว่าในโตรเจนอยู่ระหว่าง 0-6.66 ฟอสฟอรัส 0.04-30.23 โพแทสเซียม 0.02-2.23 แคลเซียม 0.05-45.25 แมกนีเซียม 0.04-2.08 กำมะถัน 0.02-0.35 อินทรีย์คาร์บอน 5.69-78.88 อัตราส่วน C/N 15-262 pH 2.77-11.29 และ EC 0.95-111.20 dS/m ส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืชผสมกับวัสดุเหลือใช้จากสัตว์ หรืออาจใช้วัสดุเหลือใช้จากสัตว์เพียงอย่างเดียวก็ได้มาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ผลสรุปปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ พบว่า ในโตรเจน 0.36-11.49 ฟอสฟอรัส 0.03-6.85 โพแทสเซียม 0.18-15.46 แคลเซียม 0.33-17.23 แมกนีเซียม 0.29-2.20 อินทรีย์คาร์บอน 0.78-48.48 อัตราส่วน C/N 10-17 pH 4.60-9.38 EC 4.9-39.60 dS/m และ ความชื้น 3.47-10.85 และการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืชผสมกับวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษผักผลไม้และเปลือกผลไม้กับกากน้ำตาล เป็นต้น ทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำชนิดต่างๆ ตามชนิดของวัสดุ นั้น ๆ ผลสรุปปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จากสัตว์ มีปริมาณธาตุอาหารในโตรเจน 0.15-3.22 ฟอสฟอรัส 0.02-2.08 โพแทสเซียม 0.01-1.68 แคลเซียม 0.19-2.90 แมกนีเซียม 0.02-0.32 กำมะถัน 0.06-0.23 pH 1.58-6.90 และ EC 3.36-58.10 dS/m จากพืช มีปริมาณธาตุอาหารในโตรเจน 0.02-0.34% ฟอสฟอรัส 0.01-0.08 โพแทสเซียม 0.02-1.13 แคลเซียม 0.01-0.24 แมกนีเซียม 0.01-0.18 กำมะถัน 0.01-0.36 pH 3.73-5.02 และ EC 3.75-23.60 dS/m ทั้งปุ๋ยอินทรีย์

อัดเม็ดและปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นการนำปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นของวัสดุเหลือใช้บางชนิดมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน

มงคลและคณะ (2545) พัฒนาการจัดการวัสดุอินทรีย์ในการเกษตรให้เกิดประโยชน์ โดยวิธีการแปรรูปเป็นปุ๋ยอัดเม็ดเพื่อเพิ่มมูลค่าด้วยการพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรที่มีหลักการทำงานอย่างง่าย ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งเป็นที่มาของการวิจัยในที่นี่ การพัฒนาเครื่องปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้เป็นการดัดแปลงเครื่องมาจากเครื่องบดคอนกรีตประตักแบบมินเซอร์ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบถ้วนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นถังผสมแห้งซึ่งมีฝาปิดและเปิดมิดชิดทรงลูกบาศก์ (70x70x70 เซนติเมตร) ไร้ใบกวน หมุนรอบแกนสมมาตรของตัวเอง ทำมุม 45 องศา กับแนวตั้ง อาศัยด้านข้าง 8 ช่วยในการพลิกกลับวัสดุ ส่วนที่ 2 เป็นการลำเลียงวัสดุสู่เครื่องอัดเม็ดและทำงานเป็นชุดผสมเปียกไปพร้อมๆกัน ซึ่งเป็นการทำงานด้วยระบบเกลียวลำเลียงแบบคู่ขับเคลื่อนในรางรูปตัวยู ส่วนที่ 3 เป็นเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ซึ่ง 3 ส่วนได้ใช้ต้นกำลังในแหล่งเดียวกันคือมอเตอร์สามารถใช้ขนาด 1-3 แรงม้า โดยการถ่ายทอดกำลังผ่านสายพาน สายโซ่ และมุลเก้ ความสามารถของเครื่องปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในการผลิตปุ๋ยได้อยู่ในช่วง 50-150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งจะผันแปรตามขนาดของเม็ดปุ๋ยที่ต้องการผลิตหรือขนาดของหน้าแวนและชนิดของวัสดุการเกษตรที่จะใช้ทำเป็นปุ๋ย ตลอดจนสารเชื่อมประสานที่ใช้ในอัดเม็ด

วรรณดา (2543) ศึกษาเรื่องน้ำสกัดชีวภาพ และให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับน้ำสกัดชีวภาพ ดังนี้ “น้ำสกัดชีวภาพเป็นสิ่งที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือสัตว์” และนำมาใช้ในรูปของน้ำโดยการใช้น้ำที่ใบบหรือดินบริเวณรอบๆ รากพืช ในกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นจะมีจุลินทรีย์ เข้าร่วมกิจกรรมตามกลไกของธรรมชาติ วัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้หมักจะเป็นส่วนที่ทำให้ ธาตุอาหารที่ได้แตกต่างกัน สำหรับพืชแต่ละชนิดจะให้ปริมาณธาตุอาหารไม่แตกต่างกันมากนักและส่วนใหญ่จะไม่ถึง 1% แต่ถ้าใช้วัสดุจากสัตว์จะมีธาตุอาหารแตกต่างไปจากพืชบ้าง เช่น ปลาทะเลจะมีปริมาณแคลเซียมมากและมีค่าความเค็มสูง ในน้ำสกัดชีวภาพมีจุลินทรีย์หลายกลุ่มที่จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้เกิดสารอินทรีย์ขึ้นด้วย สารเหล่านี้จะมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช และถ้ารดน้ำสกัดชีวภาพลงดิน จุลินทรีย์จะเข้าไปอยู่ในบริเวณรากพืช และทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบริเวณนั้นช่วยให้พืชได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารได้ นอกจากนี้ในระหว่างเกิดกระบวนการย่อยสลายนั้นอาจจะมีสารประเภทฮอร์โมนหรือเอนไซม์เกิดขึ้น และเป็นประโยชน์กับพืช

สุริยา (2542) ได้ศึกษาปุ๋ยปลาหมักเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือจากปลา ได้แก่ หัวปลา ก้างปลา พุงปลา และเลือด ผ่านขบวนการหมักโดยการย่อยสลายโดย

การใช้เอนไซม์ ซึ่งเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ หลังจากหมักจนได้ที่แล้ว จะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม จุลินทรีย์ที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ มีทั้งที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจน มักเป็นกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus sp.* ; *Streptococcus sp.* นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Penicillium*, *Rhizopus* และยีสต์ ได้แก่ *Candida sp.*, *Sacarsmycetes spp.* จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช ประกอบด้วยธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม นอกจากนี้ปุ๋ยปลายังประกอบด้วยธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน และธาตุอาหารเสริมได้แก่ เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส นอกจากนี้ปุ๋ยปลายังประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโน ซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของโปรตีนในตัวปลาซึ่งกรดอะมิโนสามารถจับตัวกับธาตุอาหารปุ๋ย ทำให้ปุ๋ยสามารถดูดซึมเข้าสู่ต้นพืชได้เร็วขึ้น ช่วยพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ดอกไม้สีมีสด ผลไม้มีคุณภาพดี และช่วยเร่งการแตกยอดและดอกใหม่ ตลอดจนการเพิ่มผลผลิตของพืช

สาคร (2542) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพขยะสด ซึ่งขยะสดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประเภทเศษอาหาร เศษผัก ทำการทดลองผลิตปุ๋ยชีวภาพด้วยวิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยขบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนนำเอาขยะสดที่ทำกรัดแยกแล้วมาหมักกับกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนัก ในเวลาในการหมัก 7 วัน ทำให้เชื้อจางในอัตรา 1:500 ซึ่ชี้นำน้ำสกัดชีวภาพที่ได้มาทดลองปลูกดาวเรือง พบว่าดาวเรืองมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดี แสดงว่าน้ำสกัดชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะทดแทนปุ๋ยเคมีได้

อรรถ (2540) ทดลองหมักพืชชนิดต่าง ๆ โดยใช้แนวทางของสมาคมเกษตรธรรมชาติประเทศเกาหลี จากการนำส่วนต่างๆ ของพืช มาหมักกับกากน้ำตาลในอัตรา 3:1 พบว่าพืชผักทุกชนิดสามารถนำมาทำน้ำสกัดชีวภาพ (BE) ได้เป็นอย่างดี โดยใช้ในอัตรา 1:1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์ แบคทีเรียสร้างกรดแลกติก และรา

หรั่ง, สันติ และมงคล (2539) ทำการทดสอบผลของการใช้ปุ๋ยหมักเทศบาล อัตรา 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม/ไร่ ของ $N-P_2O_5-K_2O$ ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตรเต็มอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ในไร่กสิกร จังหวัดศรีสะเกษจำนวน 10 แปลง ติดต่อกัน 3 ปี (2537-2539) พบว่าข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 อัตรา ร่วมกับปุ๋ยหมักนั้นให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่ให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงไม่ใส่ปุ๋ย 54-56% ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมก็คือปุ๋ยเคมีสูตร 10-5-5 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก 1 ตัน/ไร่ การใส่ปุ๋ยยังมีผลตักค้างถึงถั่วลิสงที่ปลูกเป็นพืชแซมข้าวโพดแบบเหลื่อมฤดู โดยปลูกถั่วลิสงก่อนเก็บข้าวโพด 20 วัน

มงคลและคณะ (2539) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมีกับข้าวโพดหวานที่ปลูกอย่างต่อเนื่องในดินทรายภายใต้การจัดการดินโดยใช้ถั่วพุ่มเป็นพืชบำรุงดิน พบว่าวิธีการจัดการ

ดินทรายที่เหมาะสมเพื่อปลูกข้าวโพดหวานให้ได้ผล ก็คือการปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนปลูกข้าวโพด 50 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตัดถั่วพรีมาคลุมดินหรือปลูกแซมร่วมกับข้าวโพด การปลูกถั่วพรีเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ความหนาแน่นร่วมของดินลดลง มีการซึมน้ำดีขึ้น ข้าวโพดสามารถใช้ประโยชน์จากควมชื้นในดินตามสภาพน้ำฝนได้ดีกว่าวิธีอื่น 7-25% ช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

สันติ และคณะ (2539) ศึกษาการใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส ซึ่งเรียกว่า glutamic mather liqour (GM) 3 ชนิด คือ GM ในรูปของเหลว GM ในรูปของเหลวที่ปรับ pH 5 และ GM ในรูปแห้ง โดยกำหนดให้ใช้ในรูปแบบของเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ และในรูปแบบแห้ง 1,500 กิโลกรัม/ไร่ และศึกษาวิธีการใช้โดยใส่ทั้งหมดก่อนปลูก 1 สัปดาห์ และการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกก่อนปลูก 1 สัปดาห์และครั้งที่ 2 ใส่ที่เหลือเมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมอัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ ของ P_2O_5 และ K_2O ตามลำดับ ทำการทดลองที่ไร่วิศวกรรม อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ติดต่อกัน 3 ปี ผลความก้าวหน้าของปีที่ 3 ของทั้ง 2 ฤดูปลูก การใช้ GM ทั้ง 3 ชนิดให้น้ำหนักสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยในทางสถิติ ส่วนวิธีใส่ GM ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ศักดิ์วัลย์และคณะ (2549) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ ซึ่งผู้ผลิตศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีประจำตำบลเจ็ดชัยหัก อำเภอมือง จังหวัดราชบุรี จำนวน 2 สูตร สูตรที่ 1 ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากไข่หอยเชอรี่ สูตรที่ 2 ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่ทั้งตัว โดยเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง คือหลังจากหมักได้ 3,5,7,9 และ 12 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี kjeldahl วิเคราะห์ฟอสฟอรัสโดยวิธี spectrophotometer molybdovanadophosphate และวิเคราะห์โพแทสเซียมโดยวิธี flame photometric ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากไข่หอยเชอรี่ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 0.48 ± 0.03 , 0.44 ± 0.04 , 0.43 ± 0.02 , 0.22 ± 0.05 และ 0.35 ± 0.06 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยร้อยละ 1.26 ± 0.05 , 0.50 ± 0.01 , 0.60 ± 0.05 , 0.46 ± 0.02 และ 0.31 ± 0.12 ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.06 ± 0.10 , 0.99 ± 0.04 , 1.05 ± 0.02 , 0.91 ± 0.01 และ 0.92 ± 0.01 ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่ทั้งตัวพบว่ามีปริมาณ ไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 0.66 ± 0.03 , 0.50 ± 0.05 , 0.45 ± 0.05 , 0.39 ± 0.06 และ 0.40 ± 0.01 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยร้อยละ 1.27 ± 0.13 , 0.37 ± 0.20 , 0.24 ± 0.03 , 0.24 ± 0.04 และ 0.09 ± 0.02 ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.83 ± 0.09 , 0.39 ± 0.10 , 0.88 ± 0.02 , 0.72 ± 0.02 และ 0.78 ± 0.02 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์สารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มคาร์บอเมต ผลการวิเคราะห์พบว่าไม่พบสารตกค้างทั้งสองกลุ่มในตัวอย่าง

สิริเกศและคณะ (2549) ศึกษาการทำปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุในท้องถิ่น โดยนำมาเปรียบเทียบกับปุ๋ยจากปุ๋ยชีวภาพบ้านโลก ในการวิเคราะห์ผลได้กำหนดปุ๋ยอินทรีย์ขึ้น 7 ตัวอย่าง คือ ปุ๋ยอินทรีย์จากเถาและใบถั่วฝักยาว ต้นกล้วย ต้นข้าวโพด เถาและใบมันเทศ ต้นหญ้ากีนรีสีม่วง มูลวัว และปุ๋ยของศูนย์ปุ๋ยชีวภาพบ้านโลก โดยวิธีการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณธาตุอาหารของพืชโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ และปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ไนโตรเจนสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากเถาและใบถั่วฝักยาวมีปริมาณ 4.60% โดยน้ำหนักต้นกล้วยมีปริมาณ 4.40% โดยน้ำหนัก ปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ ชีวภาพบ้านโลกและปุ๋ยที่ทำจากต้นข้าวโพดมีค่า 1.20% และ 1.08% โดยน้ำหนัก ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูงสุด คือ ปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากต้นหญ้ากีนรีสีม่วงและต้นกล้วยมีค่า 2.39% และ 1.39% โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณธาตุอาหารรองได้แก่แคลเซียมสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากเถาและใบถั่วฝักยาวมีค่า 23.88% และ 10.72% โดยน้ำหนักปุ๋ยที่มีแมกนีเซียมสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากเถาและใบมันเทศและต้นหญ้ากีนรีสีม่วงมีค่า 1.08% และ 1.07% โดยน้ำหนัก ปุ๋ยที่มีกำมะถันสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากมูลวัวและต้นข้าวโพดมีค่า 1.64% และ 1.58% โดยน้ำหนัก ปริมาณธาตุอาหารเสริมสูงสุดได้แก่ปุ๋ยที่มีคลอรีนสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากเถาและใบมันเทศและต้นข้าวโพดมีค่า 2.07% และ 1.63% โดยน้ำหนัก ส่วนผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพพบว่า ปุ๋ยที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุด คือ ปุ๋ยที่ทำจากต้นกล้วยและต้นหญ้ากีนรีสีม่วงซึ่งมี 22.97% และ 21.72% ปุ๋ยที่มีค่า pH สูงสุดคือ ปุ๋ยชีวภาพบ้านโลกและปุ๋ยที่ทำจากต้นหญ้ากีนรีสีม่วงซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 8.76 และ 8.56 และปุ๋ยที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดคือ ปุ๋ยที่ทำจากต้นหญ้ากีนรีสีม่วงและต้นกล้วยซึ่งมีค่า 3.40 dS/m และ 2.51 dS/m และผลการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพบ้านโลกพบว่า ปริมาณไนโตรเจนต่ำมาก คือ มีค่าเท่ากับ 0.70% โดยน้ำหนัก เนื่องจากปุ๋ยดังกล่าวมีค่า pH สูงถึง 8.76 ซึ่งมีผลทำให้ไนโตรเจนในปุ๋ยกลายเป็นแก๊สระเหยไปในอากาศสามารถแก้ไขได้โดยใส่สารที่มีสภาพความเป็นกรดเช่นฟอสเฟต หรือปุ๋ยหมักให้นานขึ้นเพื่อให้ค่า pH ลดลง ปริมาณไนโตรเจนจะสูง

Halajnia และคณะ (2009) ศึกษาปฏิกิริยาของฟอสฟอรัส (P) และบทบาทของอินทรีย์วัตถุในดินที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนารูปแบบการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสร่วมกับปุ๋ยคอก การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ผลของช่วงเวลาในการบ่มคุณสมบัติของดินและปุ๋ยคอกต่อปริมาณ Olsen-P และโครงสร้างทางเคมีของดินที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ตัวอย่างดิน 8 ตัวอย่างที่บำบัดด้วยฟอสฟอรัสอินทรีย์ปริมาณแตกต่างกัน 2 ระดับ (0 และ 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปุ๋ยคอกปริมาณแตกต่างกัน 2 ระดับ (0 และ 1%, w/w) และวิเคราะห์ปริมาณ Olsen-P ในวันที่ 2, 5, 10, 30, 60, 90 และ 150 หลังจากการใส่ปุ๋ย สัดส่วนของฟอสฟอรัสที่สกัดกลับคืนด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไฮดรอก

ไซค์ (NaCl – NaOH – P), สารละลายผสมระหว่างซิเตรต-ไบคาร์บอเนต-ไดโทโอเนต (CBD -P), สารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกและโซเดียมอะซิเตต (OAc -P) และสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl -P) หลังจากการให้ปุ๋ย 5, 30 และ 150 วัน ปริมาณ Olsen-P ในดินที่ผ่านการให้ปุ๋ย ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนแอมโมเนียมอะซิเตต (NH_4OAc) กับอะลูมิเนียม (Al) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดกลับคืนได้ด้วย สารละลาย CBD เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าออกไซค์ของเหล็กมีความสำคัญต่อการดูดซับฟอสฟอรัส ในระหว่างช่วงการบ่มดิน 0 - 30 วัน การกระจายตัวของฟอสฟอรัสและปริมาณ Olsen-P ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ เรียงลำดับได้ดังนี้: $\text{HCl-P} > \text{OAc-P} > \text{Organic-P} > \text{CBD-P} > \text{Olsen-P} > \text{NaCl-NaOH-P}$ ส่วนปุ๋ย CB-P ไม่สามารถวัดได้ การนำเอาปุ๋ยคอกมาใช้ร่วมกับการให้ปุ๋ย ฟอสฟอรัสทำให้สามารถสกัดเอาฟอสฟอรัสกลับคืนได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ ฟอสฟอรัสที่สกัดกลับคืนได้ด้วย CBD โดยทั่วไปการให้ปุ๋ยคอกสามารถประเมินผลกระทบที่ เกี่ยวข้องกับสัดส่วนทางเคมีของฟอสฟอรัสในดินที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของ ฟอสฟอรัสในดินที่มาจากกาที่ปุ๋ยคอกเปลี่ยนปุ๋ยให้อยู่ในรูปที่สามารถใช้ประโยชน์ได้

Pino, Eltaib, and Ahmad (2008) เปรียบเทียบการปลดปล่อยฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) จากปุ๋ยที่ใช้ร่วมกับซีโอไลต์ 2 ชนิด และจากปุ๋ยโพแทสเซียมไบฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่ใช้ในลักษณะปุ๋ยเม็ด โดยทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ที่ของเหลวสามารถไหลซึม ผ่านได้ (percolation reactor) ที่มีอัตราการไหลของสารละลายคงที่ ในการทดลองทั้งหมดพบว่าการปลดปล่อยสารอาหารเกิดขึ้นหลายช่วงและลักษณะการปลดปล่อยเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First order kinetic law) และในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา ปุ๋ยเคมีที่ใช้ ร่วมกับซีโอไลต์เป็นแหล่งให้ฟอสฟอรัสได้ในช่วงเวลาหลังจาก 70 วันหลังจากที่มีการให้ของเหลวไหลผ่านดินที่มีการให้ปุ๋ย ในขณะที่ฟอสฟอรัสจากโพแทสเซียมไบฟอสเฟตจะถูกใช้หมดไป หลังจากเวลาผ่านไป 50 วัน การทดลองก่อนหน้านี้นี้พบว่าการใช้ซีโอไลต์ร่วมกับกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ช่วยปรับปรุงลักษณะการปลดปล่อยโพแทสเซียมตลอดช่วงการทดลอง ในทางตรงกันข้ามการบำบัดด้วยกรดส่งผลเสียต่อลักษณะการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากซีโอไลต์เมื่อคำนึงถึง การปลดปล่อยแร่ธาตุอื่น ๆ จากซีโอไลต์ ปุ๋ยเคมีทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองสามารถเป็นแหล่งให้ โพแทสเซียมได้ตลอดช่วงการทดลอง แต่ในทางกันข้ามกรณีที่มีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไบ ฟอสเฟตจะให้ผลการทดลองตรงกันข้ามกับการทดลองที่ให้ปุ๋ยที่ใช้ร่วมกับซีโอไลต์ซึ่งจะ เกี่ยวข้องกับการควบคุมการปลดปล่อยโพแทสเซียม

Fernandez-Escobar, Moreno and Sánchez-Zamora (2004) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้น โอเลอีฟ (*olea europaea*) จำนวน 31 กระจ่าง ที่เติมปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต

และการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากการชะล้าง ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้คือ ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรต ปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า คือ ซัลเฟอร์เคลือบยูเรีย (greenmaster) การยับยั้ง nitrification (basammon) วัสดุที่มีความสามารถละลายช้า (floranid) และเรซินเคลือบยูเรีย (multicote) ในการทดลองเริ่มต้นพืชแต่ละกระถางจะได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 2 g และในครั้งที่ 2 จะเติม 0.75 g การใส่ปุ๋ยให้พืชทำให้พืชเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่พืชที่ใส่ปุ๋ย 0.75 g จะเร่งการเจริญเติบโตสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 2 g เมื่อเติมปุ๋ยไนโตรเจน 0.75 g พบว่าไม่แตกต่างทางนัยสำคัญ แต่พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตมากกว่าเมื่อเติม floranid และ multicote และปุ๋ยไนโตรเจน 2 g จากสูตรของปุ๋ย ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อใบของต้นโอสถิฟ ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนจะอยู่ในรูปไนเตรต จำนวนไนโตรเจนทั้งหมดที่สูญเสียจะมีปริมาณสูง เมื่อเติมแอมโมเนียมไนเตรตและแคลเซียม และต่ำกว่าปุ๋ยละลายช้า ยกเว้น basammon

Wu, Liu and Liang (2008) เตรียมและศึกษาสมบัติปุ๋ย NPK ที่เคลือบด้วยไคโตซาน เพื่อควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุและการกักเก็บน้ำ (CFCW) โดยใช้ไคโตซานเคลือบปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ในกระบวนการเตรียมมีโครงสร้าง 3 ชั้น เม็ดปุ๋ย NPK ที่ละลายได้ชั้นในสุดจะเคลือบด้วยไคโตซานและชั้นนอกสุดจะเคลือบด้วยโพลีอะคริลิก แอซิด โคออะคริลลาไมด์ (P(AA-co-AM) จากการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบไคโตซานพบ K_2O , P_2O_5 และ N เท่ากับ 7.98%, 8.14% และ 8.06% ตามลำดับ ความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ คือ 70 เท่าของน้ำหนัก เมื่อจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาทีและศึกษาการปลดปล่อยแร่ธาตุของ CFCW ในดินและค่าความจุในการกักเก็บน้ำของดินที่มี CFCW ศึกษากลไกการปลดปล่อยแร่ธาตุอย่างช้าๆ และแฟกเตอร์อัตราการปลดปล่อยแร่ธาตุ (K) และสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยแร่ธาตุ (n) ของ CFCW ผลิตภัณฑ์ที่ได้ควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุและความจุในการกักเก็บน้ำได้ดี ซึ่งเป็นการปลดปล่อยแร่ธาตุอาหารในดินและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นประโยชน์อย่างมากในทางเกษตรกรรมและพืชสวน

Han *et al.* (2009) ศึกษาการควบคุมอัตราการละลายของปุ๋ยที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์เมมเบรน ซึ่งสามารถลดการสูญเสียของปุ๋ยและความเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยลงได้ ส่วนผสมระหว่างแป้งและ Polyvinyl Alcohol (PVA) จะถูกเตรียมเพื่อใช้เป็นสารสำหรับเคลือบเม็ดปุ๋ย อิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างแป้งต่อ PVA และปริมาณของ Formaldehyde 10 wt%) จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของสารละลายเคลือบที่ศึกษาโครงสร้างของเมมเบรน (อัตราส่วนของแป้ง : PVA = 7:3, ปริมาณของ formaldehyde) ถูกศึกษาโดย x-ray diffraction (XRD), fourier transform infrared absorption spectra (FTIR) และ atomic force microscopy (AFM) ผลจาก XRD แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของ PVA ที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการเชื่อมต่อกับแป้ง การแตกสลายของพันธะ

บางส่วนและโครงสร้างผลึกที่ถูกทำลาย FTIR ใช้ศึกษาพันธะเคมีที่เกิดการเชื่อมต่อระหว่างแป้งกับ PVA ซึ่งการเชื่อมโยงกันดังกล่าว จะนำไปสู่การปรับปรุงในเรื่องการผสมกันของแป้ง กับ PVA สำหรับ AFM แสดงให้ทราบถึงระดับความราบเรียบของพื้นผิวของแผ่นฟิล์มหลังเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงเข้าด้วยกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับการใช้ Formaldehyde สารที่ใช้เคลือบเมล็ดปื๋ยที่เป็นส่วนผสมระหว่างแป้งและ PVA สามารถย่อยสลายทางชีวภาพตามสิ่งแวดล้อมในดินได้

Entry and Sojka (2008) ศึกษาการใส่ปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) ต่อการลดการละลายของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน 3 ชนิด ประสิทธิภาพของปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) โดยวิธีลดการดูดซึมของ NO_3^- , NH_4^+ total phosphorus (TP) กับปื๋ยละลายช้า (SRF) osmocote สูตร 14-14-14 โดยปกติแล้วปื๋ยชนิดนี้จะทำขึ้นมาเพื่อการค้าและไม่มีการปรับปรุงหรือควบคุมความแตกต่างของชนิดดิน โดยจะศึกษาในโรงเรือนที่ทำเป็นแถวไว้สำหรับปลูกพืช ปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบสจะคลุกเคล้าอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ของ N และ P เมื่อเปรียบเทียบความร่วนซุยของดินพบว่า (MBF1) มีความร่วนซุยมากกว่า (MBF1) และมีความร่วนซุยมากกว่า (MBF3) [MBF1 > MBF1 > MBF3] เมื่อผสมกับ $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ/หรือ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$] และส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนประจุของไอออนสูง เช่น แป้ง (ได้จากพืชหรือผลไม้ใช้ทำอาหารได้) ไคโตซานและลิกนิน เมื่อ N และ P มีการละลายของสารอาหารในปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) จะเกิดการยึดจับ N และ P กับ $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ/หรือ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ด้วย แป้ง-ไคโตซาน-ลิกนิน การเพิ่มขึ้นของเชื้อรา *glomus intracdicces* 1 มิลลิกรัม (ประมาณ 800 สปอร์) เป็นการเพิ่มแร่ธาตุอาหารเสริมให้เพิ่มขึ้นในปื๋ย ดิน 3 ชนิด ที่มีปื๋ยละลายช้า ประกอบด้วยจำนวนของ NO_3^- , NH_4^+ และ TP จะมีการดูดซึมที่สูงกว่าในปื๋ยชนิดอื่นๆ ซึ่งได้จากความแตกต่างของจำนวนการดูดซึม NO_3^- , NH_4^+ และ TP ในปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) โดยเปรียบเทียบการดูดซึมกับการเจริญเติบโตของพืชในดินที่ได้รับปื๋ยที่ละลายช้ารวมทั้งอัตราการแตกยอด ราก และชีวมวลทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) และ $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ และ/หรือ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ซึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นของเชื้อรา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร์ ในบริเวณรากพืช ดูได้จากความแตกต่างในการเจริญเติบโตของพืชในดินที่ได้รับปื๋ยละลายช้า, ปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) และการควบคุมการบำรุงแม้ว่าผลลัพธ์ของการใส่ปื๋ยที่มีส่วนผสมหลักเป็นเบส (MBFs) ต่อการเจริญเติบโตของพืชจะน้อยกว่าในการทดลองนี้ แต่สามารถประยุกต์ใช้กับพืชที่มีการเจริญเติบโตในดิน ในพื้นที่ที่มีการดูดซึมของน้ำบนผิวดินได้น้อย

Gutiérrez-Miceli *et al.* (2008) ศึกษาสูตรปื๋ยสำหรับข้าวฟ่างโดยใช้น้ำชะมูลฝอยจากปื๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งน้ำชะมูลฝอยจากปื๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชเป็นจำนวนมากนำมาเป็นปื๋ยน้ำได้ โดยปกติจะเจือจางก่อนเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่มีต่อพืช

การที่จะนำน้ำชะมูลฝอยจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดการใช้ปุ๋ยต้องมีการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำชะมูลฝอยจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน polyoxyethylene tridecyl alcohol ซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้เกิดให้เกิดการกระจายตัว (dispersant) และ polyethylene nonylphenol เป็นสารที่ช่วยให้เกิดการรวมตัวกัน (adherent) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารของพืช ผลการศึกษาพบว่าน้ำชะมูลฝอยจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีค่า pH 7.8 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า 2.6 d Sm^{-1} ปริมาณธาตุอาหาร K^+ 834 mg l^{-1} , NO_3^- 247 mg l^{-1} , PO_4^{3-} 168 mg l^{-1} โดยปราศจากเชื้อที่ทำให้เกิดโรคและมีดัชนีการงอก 65% น้ำชะมูลฝอยจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน สามารถนำมาใช้เตรียมดินสำหรับปลูกข้าวฟ่างโดยไม่ต้องเจือจางและนำมาผสมกับปุ๋ย N, P, K สูตร 17-17-17 ปริมาณ $140\text{-}170 \text{ g l}^{-1}$, dispersant $2\text{-}3 \text{ ml l}^{-1}$ และ adherent $0\text{-}1 \text{ ml l}^{-1}$ ซึ่งพบว่า น้ำชะมูลฝอยจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นปุ๋ยที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชแต่ถ้าใช้ร่วมกับปุ๋ย N, P, K ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอ จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี