ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

Organic Fertilizer and Utilization in Thailand

โดย

นายโสพส แซ่ลิ้ม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการอินทรียวัตถุ

กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

กรมพัฒนาที่ดิน

มกราคม 2559

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
b 9827

เอกสารวิชาการ

เรื่อง

ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

Organic Fertilizer and Utilization in Thailand

โดย

นายโสพส แซ่ลิ้ม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการอินทรียวัตถุ

กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

กรมพัฒนาที่ดิน

มกราคม 2559

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญเรื่อง	(ก)
สารบัญตาราง	(ง)
สารบัญภาพ	(ซ)
บทนำ	**1**
บทที่ 1 สภาพปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรม	**2**
1. ทรัพยากรดินของประเทศไทย	2
2. สภาพปัญหาของทรัพยากรดินที่ใช้ทำการเกษตรของประเทศไทย	11
บทที่ 2 อินทรียวัตถุในดิน	**24**
1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	25
2. องค์ประกอบทางเคมีของอินทรียวัตถุในดิน	25
3. แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุ	30
4. ปัจจัยที่ควบคุมการสลายตัวของอินทรียวัตถุ	30
5. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของดิน	34
6. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดิน	35
7. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน	38
8. สาเหตุที่จำเป็นต้องใส่อินทรียวัตถุลงในดิน	38
9. หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน	39
10. การใช้อินทรียวัตถุให้ถูกประเภท	41
บทที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการเกษตรที่ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	**43**
1. ความหมายของปุ๋ย	43
2. ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์	43
3. ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์	43
4. การย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์	45
5. ข้อจำกัดและข้อควรระวังของปุ๋ยอินทรีย์	45
6. หลักการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	48
บทที่ 4 ปุ๋ยคอก	**51**
1. ความหมาย	51
2. แหล่งที่มาและปริมาณมูลสัตว์ที่มีอยู่ในประเทศไทย	51
3. ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก	52
4. การจัดการปุ๋ยคอกและนำไปใช้	58
5. ประโยชน์ของปุ๋ยคอก	61

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
6. การเก็บรักษา	57
7. ข้อคำนึงในการใช้ปุ๋ยคอก	69
8. การใช้ปุ๋ยคอกตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	69
บทที่ 5 ปุ๋ยหมัก	**71**
1. ความหมาย	71
2. วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก	72
3. ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก	73
4. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมัก	82
5. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด. 1	85
6. หลักการพิจารณาลักษณะของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์	88
7. การกองปุ๋ยหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ	89
8. การผลิตปุ๋ยหมัก	90
9. ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพ	93
10. ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก	94
11. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารหลักสูง	98
12. การใช้ปุ๋ยหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	103
บทที่ 6 ปุ๋ยพืชสด	**106**
1. ความหมาย	106
2. ลักษณะของพืชปุ๋ยสดที่ดี	107
3. พืชปุ๋ยสดที่แนะนำ	108
4. การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืช	112
5. ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด	115
6. การใช้ปุ๋ยพืชสดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	122
บทที่ 7 น้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำของชาวบ้าน	**124**
1. ความหมาย	124
2. องค์ประกอบของน้ำหมัก	125
3. บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตน้ำหมัก	128
4. วัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำหมัก	129
5. กระบวนการผลิตน้ำหมัก	130
6. ปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก	130

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
7. การผลิตน้ำหมัก	132
8. การผลิตน้ำหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ	132
9. หลักการพิจารณาลักษณะของน้ำหมักที่หมักสมบูรณ์แล้ว	133
10. ประโยชน์ของน้ำหมัก	133
11. การใช้น้ำหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	137
บทที่ 8 การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์	**140**
1. คำนำ	140
2. หลักการบำรุงดินในการผลิตพืชแบบเกษตรอินทรีย์	141
3. การเลือกพื้นที่และหลักการบำรุงดิน	141
4. หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน	142
5. ธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยอินทรีย์	144
6. ประโยชน์จากการคืนซากพืชลงไปในดิน	147
7. การบำรุงดินในช่วงการเปลี่ยนแปลง	147
บทที่ 9 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดินแบบผสมผสาน	**151**
1. คำนำ	151
2. หลักการใช้ปุ๋ย	151
3. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อเป็นแนวทางการใช้ปุ๋ย	154
4. วิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดินแบบผสมผสาน	155
บทที่ 10 สรุปและข้อเสนอแนะ	**176**
บรรณานุกรม	**188**

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	เนื้อที่กลุ่มชุดดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557	7/8
1.2	เนื้อที่กลุ่มเนื้อดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557	9
1.3	การกระจายของข้อมูลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบนในประเทศไทย	13
1.4	การกระจายของข้อมูลระดับปริมาณอินทรียวัตถุที่อยู่ในระดับต่างๆ แต่ละภาคของประเทศไทย	15
1.5	การกระจายของข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในระดับต่างๆ แต่ละภาคของประเทศไทย	17
1.6	การกระจายของข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในระดับต่างๆ แต่ละภาคของประเทศไทย	19
2.1	ชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช	30
2.2	ค่า C/N ratio ของสารอินทรีย์ต่างๆ โดยประมาณ	32
2.3	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอินทรียวัตถุระดับต่างๆ	35
2.4	ปริมาณพื้นที่ผิวหน้าของอินทรียวัตถุ เมื่อเปรียบกับดินชนิดต่างๆ	37
2.5	ระดับอินทรียวัตถุที่ใช้เป็นมาตรฐานและปริมาณอินทรียวัตถุแต่ระดับในดินบน (0 – 15 ซม.) ซึ่งมีความหนาแน่นรวม 1.3 กรัม/ลบ.ซม.	40
2.6	ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีในดินบน เมื่อดินมีอินทรียวัตถุแตกต่างกัน	41
4.1	ชนิดและปริมาณมูลสัตว์ในภาคต่างๆ ปี 2547	52
4.2	ปริมาณของธาตุอาหารในมูลสัตว์ 4 ชนิด	53
4.3	ปริมาณธาตุอาหารมูลค้างคาว	54
4.4	ปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายแต่ละวันและปริมาณธาตุหลักในมูลโค	54
4.5	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ มูลไก่ขังกรงและมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก	55
4.6	องค์ประกอบทางเคมีบางประการของปุ๋ยคอกจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง	57
4.7	ผลของการใช้ปุ๋ยคอกต่อผลผลิตข้าว	59
4.8	อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยคอกระยะยาวต่อสมบัติทางกายภาพของดินในประเทศอินเดีย	65
4.9	แสดงถึงอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อสมบัติทางกายภาพของดิน	66
4.10	ผลของการใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กก./ไร่/ปี เป็นเวลา 5 ปี ต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	66
4.11	ผลการใช้ปุ๋ยคอกต่อกิจกรรมของเอนไซม์และชีวมวลของจุลินทรีย์ดิน	67
4.12	การตอบสนองของพืช 4 ชนิด ต่อการใช้กรดฮิวมิก	68
5.1	ปริมาณวัสดุอินทรีย์จากพืชในภาคต่างๆ ของประเทศไทย ปี 2547	72
5.2	ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมในภาคต่างๆ ของประเทศไทย	73
5.3	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายบางชนิด	76

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากบางชนิด	76
5.5 อุณหภูมิที่ทำให้เชื้อโรคและปรสิตทั่วไปตาย	81
5.6 ประชากรจุลินทรีย์ (จำนวนต่อกรัมปุ๋ยหมัก) ในกองปุ๋ยระหว่างการหมักแบบใช้ออกซิเจน	83
5.7 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์	93/94
5.8 อิทธิพลของขนาดของปุ๋ยหมักต่อการอัตรา mineralization ของไนโตรเจน	95
5.9 การปลดปล่อยจุลธาตุของปุ๋ยหมัก 2 ชนิด	96
5.10 แสดงปริมาณธาตุอาหารของวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารสูงชนิดต่างๆ	99
5.11 แสดงชนิดและปริมาณวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรต่างๆ จำนวน 100 กิโลกรัม	100
5.12 อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับพืชชนิดต่างๆ	103/104
6.1 พืชบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ	108/109
6.2 แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสด	109/110
6.3 ผลของปุ๋ยพืชสดต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน	118
7.1 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์เหลวหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	124
7.2 ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองน้ำหมักชนิดต่างๆ	125
7.3 ปริมาณจุลธาตุน้ำหมักชนิดต่างๆ	125
7.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าน้ำหมักชนิดต่างๆ	126
7.5 ปริมาณกรดฮิวมิกในน้ำหมักชนิดต่างๆ	126
7.6 ปริมาณฮอร์โมนในน้ำหมักชนิดต่างๆ	127
7.7 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในน้ำหมักชนิดต่างๆ	128
7.8 ปริมาณจุลินทรีย์ในดินชุดจันทึกก่อนการทดลอง	134
7.9 ปริมาณจุลินทรีย์ในดินชุดจันทึกหลังจากใส่ 21 วัน	134
7.10 ปริมาณธาตุอาหารและความชื้นในดินชุดจันทึกก่อนการทดลอง	135
7.11 ปริมาณธาตุอาหารและความชื้นในดินชุดจันทึกหลังจากใส่ 21 วัน	135
7.12 ผลน้ำหมักต่อการเจริญเติบโตข้าวโพดหวานอายุ 10 วัน ในดินชุดจันทึก	136
7.13 ผลของน้ำหมักต่ออัตราการงอกของเมล็ดพืชในดินชุดจันทึก	137
7.14 อัตราและวิธีการใช้น้ำหมักสำหรับพืชชนิดต่างๆ	138
8.1 ระดับอินทรียวัตถุที่ใช้เป็นมาตรฐานและปริมาณอินทรียวัตถุแต่ระดับในดินบน (0 – 15 ซม.) ซึ่งมีความหนาแน่นรวม 1.3 กรัม/ลบ.ซม.	142
8.2 ปริมาณอินทรียวัตถุทีมีในดินบน เมื่อดินมีอินทรียวัตถุแตกต่างกัน	144

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8.3	เปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลองปลูกพืชหมุนเวียนในระบบเกษตรอินทรีย์ในปีที่ 1 (พ.ศ. 2541) กับปีที่ 4 (พ.ศ. 2544) ในเรื่องอนทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม(Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ระดับความลึก 0 – 15 ซม.	148
8.4	ชื่อสารที่อนุญาติให้ใช้บำรุงดินและประโยชน์ที่ได้จากการใช้	150
8.6	ผลของเขตกรรมแบบต่างๆ ต่อปริมาณชีวมวลของจุลินทรีย์ดิน ความชื้น และปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ระดับ 0 – 7.5 ซม.	150
9.1	เปรียบเทียบผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพในแง่ต่างๆ	152
9.2	ปุ๋ยชีวภาพและผลการใช้	153
9.3	การเปรียบเทียบแนวทางการใช้ปุ๋ยสามแบบ	153
9.4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปฏิกิริยาดิน	155
9.5	ความต้องการปูน (กก./ไร่ของแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์) ที่ต้องใช้กับดินกรดที่มีเนื้อดินต่างกัน เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (พีเอช) จากเดิมขึ้นเป็น 6.5	155
9.6	การใช้ปุ๋ยกับข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน	156
9.7	การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน	156
9.8	การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดิน	157
9.9	การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสดตามค่าวิเคราะห์ดิน	157
9.10	การใช้ปุ๋ยกับอ้อยปลูกตามค่าวิเคราะห์ดิน	158
9.11	การใช้ปุ๋ยกับอ้อยตอตามค่าวิเคราะห์ดิน	158
9.12	การใช้ปุ๋ยกับพืชตระกูลถั่วเศรษฐกิจตามค่าวิเคราะห์ดิน	159
9.13	การใช้ปุ๋ยกับทุเรียนตามค่าวิเคราะห์ดิน	159
9.14	การใช้ปุ๋ยกับลำไยตามค่าวิเคราะห์ดิน	160
9.15	การใช้ปุ๋ยกับมังคุดตามค่าวิเคราะห์ดิน	160
9.16	การใช้ปุ๋ยกับเงาะตามค่าวิเคราะห์ดิน	161
9.17	การใช้ปุ๋ยกับมะม่วงตามค่าวิเคราะห์ดิน	161
9.18	การใช้ปุ๋ยกับส้มตามค่าวิเคราะห์ดิน	162
9.19	การใช้ปุ๋ยกับลิ้นจี่ตามค่าวิเคราะห์ดิน	162
9.20	การใช้ปุ๋ยกับสับปะรดตามค่าวิเคราะห์ดิน	163
9.21	การใช้ปุ๋ยกับมะพร้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน	163
9.22	การใช้ปุ๋ยกับผักรับประทานต้นและใบตามค่าวิเคราะห์ดิน	164

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
9.22 การใช้ปุ๋ยกับผักรับประทานต้นและใบตามค่าวิเคราะห์ดิน	164
9.23 การใช้ปุ๋ยกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียวตามค่าวิเคราะห์ดิน	164
9.24 การใช้ปุ๋ยกับกระเทียม หอมแดง และหอมหัวใหญ่ ตามค่าวิเคราะห์ดิน	165
9.25 การใช้ปุ๋ยกับมันฝรั่ง มันเทศ และเผือก ตามค่าวิเคราะห์ดิน	165
9.26 การใช้ปุ๋ยกับหน่อไม้ฝรั่งตามค่าวิเคราะห์ดิน	166
9.27 ระดับของผลวิเคราะห์ดินที่จัดว่าอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง สำหรับปาล์มน้ำมัน	167
9.28 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	167
9.29 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง	168
9.30 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัด	168
9.31 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินทราย	168
9.32 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกยางพารา	169
9.33 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราเปิดกรีด	169
9.34 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 1 และ 3 เดือน	170
9.35 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 6 เดือน	171
9.36 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 12, 15 และ 18 เดือน	172
9.37 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 24, 30 และ 42 เดือน	173
9.38 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 48, 60, 66 และ 72 เดือน	174

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สถานภาพทรัพยากรดินของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557	10
1.2	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบนของประเทศไทย	14
1.3	การประเมินระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนของประเทศไทย	16
1.4	การประเมินระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนของประเทศไทย	18
1.5	การประเมินระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนของประเทศไทย	20
2.1	กระบวนการย่อสลายตัวของอินทรียวัตถุ	24
2.2	วิธีการสกัดเพื่อแยกส่วนต่างๆ ของอินทรียวัตถุในดิน	26
2.2	กระบวนการ mineralization และ immobilization ของไนโตรเจนในดิน โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์	31
2.3	ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของ carboxylic group และ phenolic group	36
2.4	กระบวนการเติมโปรตอนของ amine group บนอนุภาคอินทรียวัตถุ	36
2.5	ความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	37
3.1	สรุปปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	48
4.1	รูปของไนโตรเจนในมูลไก่และการเปลี่ยนแปลงของรูปไนโตรเจนต่างๆ	56
4.2	วิธีการหมักมูลสัตว์แบบต่อเนื่อง	60
4.3	ผลของปุ๋ยคอกต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน	63
5.1	การใช้ท่อหรือไม้ไผ่สอดในกองปุ๋ย	79
5.2	การใช้ลูกหมุน	79
5.3	การเติมอากาศแบบธรรมชาติ (passive aeration)	79
5.4	การเติมอากาศด้วยแรง (force aeration)	79
5.5	การกองปุ๋ยหมักแบบผสมคลุกเคล้า	87
5.6	การกองปุ๋ยหมักแบบเป็นชั้น	87
5.7	แสดงวิธีการกองปุ๋ยหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ	89
5.9	การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวในรางซีเมนต์แบบใช้ท่อ	91
5.10	การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวในรางซีเมนต์แบบใช้เครื่องจักร	91
5.11	การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวบนพื้นราบ	91
5.12	การผลิตปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศ	92
5.13	ถังหมักแนวตั้ง	92
5.14	ถังหมักแนวนอน	93
6.1	ระบบปลูกพืชหมุนเวียน	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.2 ระบบการปลูกพืชแซม	113
6.3 ระบบการปลูกพืชแบบแถบพืช	114
6.4 ระบบพืชคลุม	114
7.1 ลักษณะน้ำหมักที่หมักได้ 5 – 7 วัน	132
8.1 เปรียบเทียบรูปของธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์	145

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมรายได้ส่วนใหญ่ของประเทศมาจากการเกษตร แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ยังอยู่ระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศเกิดความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง สาเหตุมาจากมนุษย์นำเอาทรัพยากรที่ดินมาใช้ประโยชน์โดยขาดจิตสำนึก ความรู้และการจัดการที่ถูกต้อง ก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินและดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ จากรายงานของนายยุทธศาสตร์ (2557) พบว่า พื้นที่ประเทศไทยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 97.58 ล้านไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่มากที่สุด คือ 56.58 ล้านไร่ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ดินทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี 2547 – 2552 ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินจำนวน 76,146 จุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินของประเทศไทยจัดอยู่ในระดับต่ำ(น้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์) จนถึงปานกลาง (1.5 – 3.5 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นร้อยละ 62.33 และ 33.02 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบมีการกระจายสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 61.91 ของข้อมูลทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข) สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ประเทศไทยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำเกิดมาจากหลายประการ คือ ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนและมรสุม อากาศร้อนและมีฝนตกชุกเป็นสภาพที่เหมาะสมกับการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงอย่างรวดเร็ว การตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำพื้นที่ดินมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในผิวหน้าดินลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การทำการเกษตรกรรมที่ขาดการปรับปรุงบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นสาเหตุที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้หน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุถูกน้ำชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลอง รวมทั้งเกษตรกรใช้พื้นที่การเพาะปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดิน การไถพรวนและการเตรียมดินแต่ละครั้งก็เป็นการเร่งให้อินทรียวัตถุสลายตัวเร็วขึ้น นอกจากนี้ทรัพยากรดินของประเทศไทยมีลักษณะและสมบัติดินที่มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปัจจัยการกำเนิดดิน เช่น สภาพของดินที่เกิดขึ้นมาจากหินทราย ซึ่งมีลักษณะที่ขาดความอุดมสมบูรณ์โดยตามธรรมชาติ เมื่อสลายตัวเป็นดินทรายก็ไม่เหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมเท่าที่ควร เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ การอุ้มน้ำของดินน้อยส่งผลต่อระดับความชื้นของดิน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีลงในดินทรายก็มีโอกาสการสูญเสียจากดินได้รวดเร็ว และมีธาตุอาหารของพืชต่ำ ส่วนดินเหนียวที่ขาดอินทรียวัตถุ ดินจะแน่นทึบทำให้น้ำไม่สามารถผ่านช่องน้ำของเม็ดดินได้ เป็นเหตุให้น้ำไหลผ่านหน้าดินไปอย่างรวดเร็วและจะพาเอาแร่ธาตุอาหารพืชและปุ๋ยที่มีอยู่บริเวณผิวหน้าดินสูญหายไปกับน้ำด้วย นอกจากนี้ปริมาณอากาศในดินมีน้อยส่งผลให้รากพืชไม่สามารถชอนไชหาอาหารบริเวณไกลได้ ในที่สุดมีผลต่อผลผลิตทางการเกษตร

จึงเป็นน่าวิตกอย่างยิ่งว่าในอนาคต การปลูกพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตเท่าเดิมหรือมากขึ้นในประเทศไทยจะไม่ประสบความสำเร็จ หากไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินและแก้ไขให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุลงในดินเป็นมาตรการหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งเกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ง่าย โดยเฉพาะดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำและดินที่เกิดจากความเสื่อมภาพความอุดมสมบูรณ์ เพื่อช่วยทำให้ทรัพยากรดินกลับมามีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นและให้เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างเหมะสม

บทที่ 1
สภาพปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรม

1. ทรัพยากรดินของประเทศไทย

ทรัพยากรดิน เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในการดำรงชีพของมนุษย์ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ต้องใช้ที่ดินเป็นปัจจัยหลักดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ประโยชน์ที่ดินได้แก่การนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตรมาใช้ในการเกษตรและการใช้ประโยชน์จากที่ดินที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการเป็นต้น ทำให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินซึ่งส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อเกษตรกรชุมชนและประเทศชาติ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556ก) จากปัจจัยการควบคุมการเกิดและพัฒนาการของดิน ซึ่งประกอบด้วย สภาพภูมิอากาศ (climate) ความต่างระดับของพื้นที่หรือสภาพภูมิประเทศ (relief หรือ topography) วัตถุต้นกำเนิดดิน (parent material) ปัจจัยทางชีวภาพ (organisms) และระยะเวลาที่ต่อเนื่องในการเกิดดิน (time) ทำให้ทรัพยากรดินของประเทศมีลักษณะและสมบัติดินเฉพาะตัวแตกต่างกันไป ดินส่วนใหญ่ที่พบในประเทศไทยเป็นดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง ซึ่งจะส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) ได้จัดข้อมูลทรัพยากรดินในแต่ละภูมิภาคตามกลุ่มชุดดิน (ตารางที่ 1.1) และกลุ่มเนื้อดินได้จากการรวมกลุ่มชุดดินที่มีลักษณะเนื้อดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรไม่แตกต่างกันมากนักมาอยู่ในกลุ่มเนื้อดินเดียวกัน (ตารางที่ 1.2) สามารถสรุปเป็นรายภาค ได้ดังนี้

1.1 ทรัพยากรดินของภาคเหนือ ประกอบด้วยพื้นที่ 17 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดอุทัยธานี นครสวรรค์ กำแพงเพชร สุโขทัย ตาก พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ แพร่ น่าน พะเยา เชียงราย ลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แต่มีข้อจำกัดของพื้นที่ของภาคที่เป็นเทือกเขาและมีความลาดชันสูงมากเป็นส่วนใหญ่ ดินปัญหาที่พบประกอบด้วยดินทรายและดินตื้นมีพื้นที่รวมประมาณ 106.03 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 41.57 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 17.17 ล้านไร่ พืชไร่ 13.33 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 2.99 ล้านไร่ ไม้ผล 3.50 ล้านไร่ พืชไร่หมุนเวียน 4.04 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.08 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.46 ล้านไร่ แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 5 สภาพ ดังนี้

1) สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 16.95 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 10.58 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 4, 5, 6 และ 7 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 6.32 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 และกลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 0.05 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25

2) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 30.82 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดจนถึงเป็นด่างปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำถึงสูง จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 7.80 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 30, 31, 54 และ 55 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 11.06 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60

กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.26 ล้านไร่ ได้แก่กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 11.03 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ 61

3) สภาพพื้นที่ภูเขาสูง มีพื้นที่ 54.45 ล้านไร่ มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62

4) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 2.79 ล้านไร่

5) พื้นที่น้ำ มีพื้นที่ 0.99 ล้านไร่

1.2 ทรัพยากรดินภาคกลาง ประกอบด้วยพื้นที่ 19 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครนายก ราชบุรี นครปฐม สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรปานกลางถึงสูง ดินส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำหลากได้พาตะกอนมาทับถมทุกปี ดินมีข้อจำกัดน้อยและจัดการดินได้ค่อนข้างง่าย ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินเค็มบก ดินทรายและดินตื้น มีพื้นที่ 43,.45 ล้านไร่โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 21.32 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 8.94 ล้านไร่ พืชไร่ 6.74 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 1.66 ล้านไร่ ไม้ผล 2.14 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 1.21 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.63 ล้านไร่ แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 6 สภาพ ดังนี้

1) สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 12.03 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดปานกลางจนถึงเป็นด่างปานกลาง หากบริเวณใดมีอิทธิพลของดินเปรี้ยวจัดเข้ามาเกี่ยวข้อง ปฏิกิริยาดินจะเป็นดินกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดจัดมาก ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 6 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเลนเละ มีพื้นที่ 0.17 ล้านไร่ ประกอบด้วยดินที่มีศักยภาพเป็นดินเปรี้ยวจัดและไม่มีศักยภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 12 และ 13 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 9.58 ล้านไร่ ส่วนบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของตะกอนทะเลจะเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 และ 11 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 1.21 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 กลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.03 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่23กลุ่มที่ 5 ดินยกร่องมีพื้นที่ 0.99 ล้านไร่ ส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 และกลุ่มที่ 6 ดินเค็ม มีพื้นที่ 0.05 ล้านไร่ มักพบในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลในอดีต ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 20

2) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 13.38 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นด่างปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 3.36 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 5.90 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32, 34, 39 และ 50 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.83 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 43 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 3.08 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45 และ 51

3) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 0.70 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นด่างปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการทางดินและชนิดของวัตถุต้น

กำเนิดดิน จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 0.002 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31, 54 และ 55 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 0.52 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.14 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 0.02 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ 61

4) สภาพพื้นที่ภูเขาสูง มีพื้นที่ 13.01 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 3.20 ล้านไร่

6) พื้นที่น้ำ มีพื้นที่ 1.01 ล้านไร่

1.3 ทรัพยากรดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยพื้นที่ 20 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม นครราชสีมา บึงกาฬ บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด เลย สกลนคร สุรินทร์ ศรีสะเกษ หนองคาย หนองบัวลำภู อุดรธานี อุบลราชธานี และอำนาจเจริญ ส่วนใหญ่ดินมีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากดินมีข้อจำกัดในเรื่องเนื้อดิน เช่น มีเนื้อดินออกทรายจัดหรือดินร่วนหยาบ ทำให้มีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ ดินตื้นหรือดินมีก้อนกรวดลูกรังปะปนหนาแน่นในระดับตื้นถึงตื้นมาก ดินเค็มและพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มของดินและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินเค็มบก ดินทรายและดินตื้น มีพื้นที่ที่รวม 105.53 ล้านไร่หรือประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งประเทศ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 71.68 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 45.85 ล้านไร่ พืชไร่ 17.26 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 6.49 ล้านไร่ ไม้ผล 1.17 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.29 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.62 ล้านไร่ แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 5 สภาพ ดังนี้

1) สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 29.62 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 5 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 5.92 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 4, 6 และ 7 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินเป็นดินร่วน มีพื้นที่ 15.64 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 19, 22 และ 59 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินเป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.52 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 24 กลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 5.33 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 และกลุ่มที่ 5 ดินที่เป็นดินเค็ม มีพื้นที่ 0.05 ล้านไร่ พบในบริเวณที่มีหินเกลือรองรับ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 20

2) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 62.32 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มักพบอิทธิพลของชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินพวกหินตะกอนในหน้าตัดดิน จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 5.33 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31, 54 และ 55 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 38.77 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 8.01 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 7.14 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49 และ 52

3) สภาพพื้นที่ภูเขาสูง มีพื้นที่ 10.88 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62

4) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 0.81 ล้านไร่

5) พื้นที่น้ำ มีพื้นที่ 1.89 ล้านไร่

1.4 ทรัพยากรดินภาคตะวันออก ประกอบด้วยพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำถึงปานกลางคล้ายคลึงกับทรัพยากรดินภาคใต้ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินทราย และดินตื้น มีพื้นที่ 21.49 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 13.47 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 2.99 ล้านไร่ พืชไร่ 3.36 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 4.31 ล้านไร่ ไม้ผล 1.91 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.78 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.12 ล้านไร่ แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 6 สภาพ ดังนี้

1) สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 3.85 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงสูง หากบริเวณใดมีอิทธิพลของดินเปรี้ยวจัดเข้ามาเกี่ยวข้อง ปฏิกิริยาดินจะเป็นดินกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดจัดมาก จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 6 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเลนเละ มีพื้นที่ 0.16 ล้านไร่ ดินมีศักยภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ยังได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลขึ้นลงเป็นประจำทุกวัน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 13 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 2.12 ล้านไร่ ส่วนบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของตะกอนทะเลมักมีศักยภาพในการเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 14 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 1.14 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 กลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.52 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 23 และ 24 กลุ่มที่ 5 ชุดดินที่ยกร่อง ส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 0.017 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 และกลุ่มที่ 6 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 2.20 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25

2) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 8.51 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นด่างปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง ซึ่งขึ้นกับกระบวนการทางดินและชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 1.12 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31 และ 55 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 3.46 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.69 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ44 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 3.22 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ 61

3) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 3.62 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งขึ้นกับกระบวนการทางดินและชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่มจำแนกตาม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 0.83 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26, 27 และ 53 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 1.05 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32 34 39 และ 50 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.10 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 42 และ 43 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 1.64 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45 และ 51

4) สภาพพื้นที่ภูเขาสูง มีพื้นที่ 3.40 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 1.76 ล้านไร่

6) พื้นที่น้ำ มีพื้นที่ 0.33 ล้านไร่

1.5 ทรัพยากรดินภาคใต้ ประกอบด้วยพื้นที่ 14 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี ระนอง พังงา กระบี่ ภูเก็ต นครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง สตูล สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส มีพื้นที่ลาดลงสู่ทะเลทั้ง 2 ด้าน เนื่องจากมีฝนตกชุกและต่อเนื่องนาน ในรอบปีมีการชะล้าง นำพาหรือชะละลายธาตุอาหารออกไปจากดินสูงและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่เนื่องจากดินมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอทำให้เหมาะสมในการปลูกพืชประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น จึงทำให้มีปัญหาทางการเกษตรน้อยกว่าภูมิภาคอื่นๆ ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็มชายทะเล ดินทราย และดินตื้น มีพื้นที่ 44.19 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 26.25 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 2.16 ล้านไร่ พืชไร่ 0.02 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 20.99 ล้านไร่ ไม้ผล 2.51 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.53 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.04 ล้านไร่ แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 5 สภาพ ดังนี้

1) สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 6.45 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง หากบริเวณใดมีอิทธิพลของดินเปรี้ยวจัดเข้ามาเกี่ยวข้อง ปฏิกิริยาดินจะเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดจัดมาก มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง จำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 7 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเลนเละ มีพื้นที่ 0.99 ล้าน เป็นดินเปรี้ยวจัดเพราะได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลขึ้นลงเป็นประจำ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 13 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 4.18 ล้านไร่ บริเวณที่ได้รับอิทธิพลของตะกอนทะเลเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11 และ 14 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 0.77 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 16, 17, 18, 22 และ 59 กลุ่มที่ 5 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.09 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 23 กลุ่มที่ 5 ชุดดินที่ยกร่อง มีพื้นที่ 0.05 ล้านไร่ ส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 กลุ่มที่ 6 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 0.05 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 และกลุ่มที่ 7 เนื้อดินที่เป็นดินอินทรีย์ มีการสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีสะลายตัวน้อยถึงปานกลางเป็นชั้นหนา บางบริเวณในชั้นดินล่างมีตะกอนทะเลที่มีศักยภาพในการเป็นดินเปรี้ยวจัด มีพื้นที่ 0.34 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 57 และ 58

2) สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 19.59 ล้านไร่ ปฏิกิริยาดินมีตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำจำแนกตามกลุ่มเนื้อดินอย่างกว้างๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 เนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีพื้นที่ 3.83 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26 และ 53 กลุ่มที่ 2 เนื้อดินที่เป็นดินร่วน มีพื้นที่ 12.60 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32, 34, 39, 50 และ 60 กลุ่มที่ 3 เนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ 0.86 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 42 และ 43 และกลุ่มที่ 4 เนื้อดินที่เป็นดินตื้น มีพื้นที่ 2.26 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45, 51 และ 52

3) สภาพพื้นที่ภูเขาสูง มีพื้นที่ 15.13 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62

4) พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ 1.72 ล้านไร่

5) พื้นที่น้ำ มีพื้นที่ 1.28 ล้านไร่

ตารางที่ 1.1 เนื้อที่กลุ่มชุดดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557

กลุ่มชุดดิน	เนื้อที่กลุ่มชุดดินรายภาค (ไร่)					รวม
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคใต้	
1	424,783	462,533	165,467	39,852	-	1,092,635
2	-	1,864,996	-	349,744	278,837	2,493,577
3	-	788,593	-	384,883	826,054	1,999,530
4	2,318,264	3,400,155	1,482,947	84,522	-	7,285,888
5	3,067,620	21,474	-	20,860	198,191	3,308,145
6	872,277	72,133	478,641	276,491	1,618,494	3,318,036
7	3,900,784	1,013,708	3,794,061	427,714	48,944	9,185,211
8	-	987,466	-	17,681	15,898	1,021,045
9	-	2,652	-	8,310	-	10,962
10	-	235,715	-	116,341	362,502	714,558
11	-	1,714,381	-	389,400	1,187	2,104,968
12	-	150,334	-	-	-	150,334
13	-	22,692	-	165,528	996,522	1,184,742
14	-	-	-	25,139	848,010	873,149
15	3,028,952	2,868	4,162,652	8,777	-	7,203,249
16	261,432	255,501	245,636	75,839	30,604	869,012
17	671,962	11,974	2,054,743	640,839	449,995	3,829,513
18	1,588,627	556,011	3,615,246	245,504	51,887	6,057,275
19	-	-	1,151,125	-	-	1,151,125
20	-	54,644	2,200,538	-	-	2,255,182
21	214,377	266,506	-	725	-	481,608
22	374,845	710	4,397,167	166,847	30,164	4,969,733
23	-	34,690	-	69,112	92,351	196,153
24	-	-	521,122	129,694	-	650,816
25	50,858	-	5,338,918	207,294	46,342	5,643,412
26	-	2,146	-	661,577	3,103,195	3,766,918
27	-	-	-	69,773	-	69,773
28	1,546,977	1,546,678	272,943	18,142	-	3,384,740
29	2,792,549	792,952	1,081,305	78,496	-	4,745,302
30	373,315	-	-	-	-	373,315
31	1,461,265	494,682	2,036,541	559,296	-	4,551,784
32	-	124,135	-	201,316	2,589,284	2,914,735
33	2,808,150	1,575,196	616,590	135,966	-	5,135,902
34	-	147,625		612,031	5,544,003	6,303,659

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)

ตารางที่ 1.1 เนื้อที่กลุ่มชุดดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557 (ต่อ)

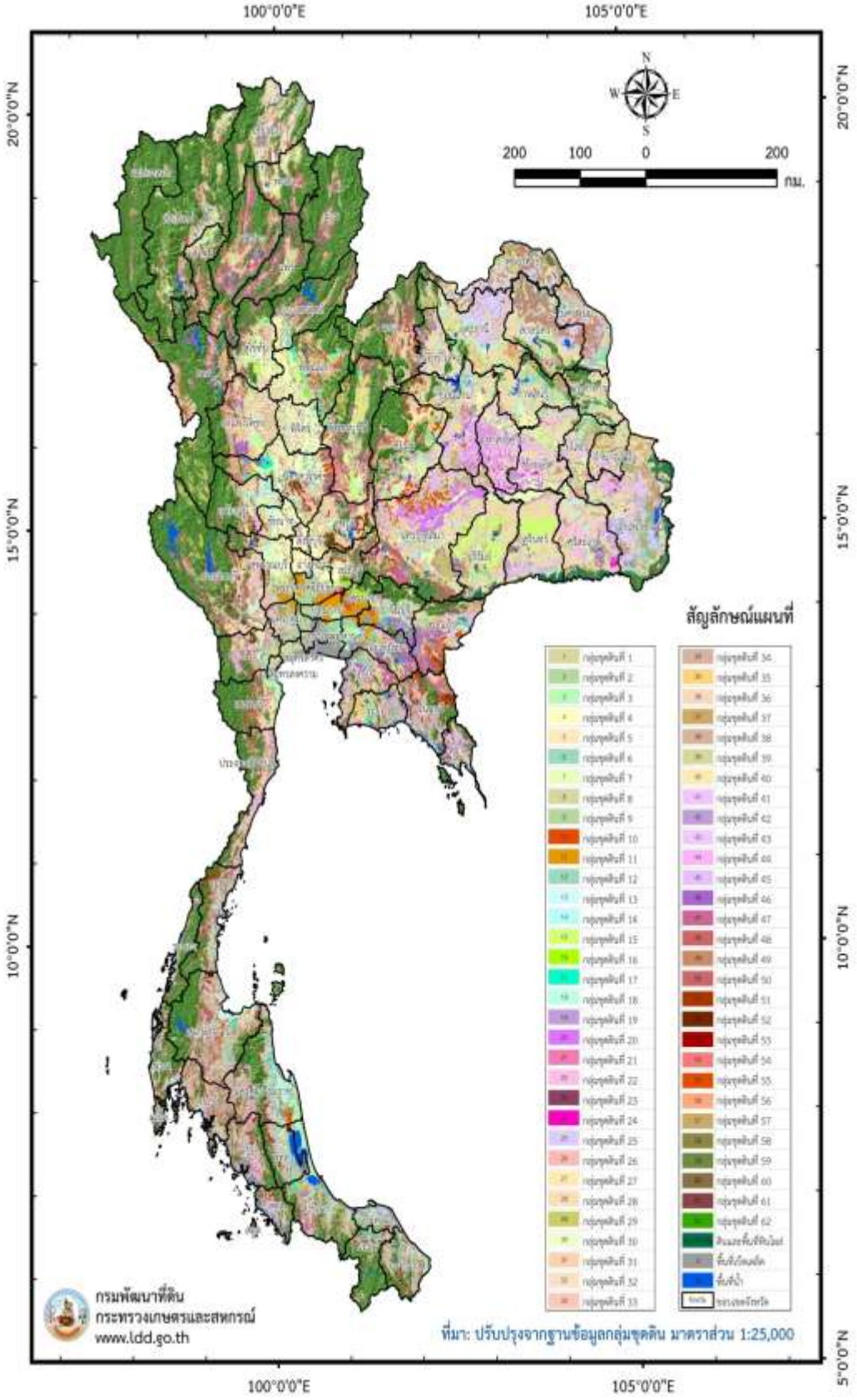
กลุ่มชุดดิน	เนื้อที่รายภาค (ไร่)					รวม
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคใต้	
35	2,329,847	394,043	3,433,298	1,290,233	-	7,447,421
36	711,452	1,229,648	2,499,875	54,101	-	4,495,076
37	166,042	2,567	4,669,660	143,471	-	4,981,740
38	1,131,332	364,600	1,874,795	47,097	-	3,417,824
39	-	122,619	-	68,103	2,253,130	2,443,852
40	1,882,460	1,406,906	23,637,870	1,574,500	-	28,501,736
41	97,934	71,316	5,232,922	129,724	-	5,531,896
42	-	-	-	12,100	365,300	377,400
43	-	143,461	-	87,765	500,647	731,873
44	161,544	758,460	2,780,773	567,841	-	4,268,618
45	-	4,270	-	1,025,846	1,270,407	2,300,523
46	916,169	12,781	721,259	1,418,345	-	3,068,554
47	5,058,838	899,187	1,280,206	644,095	-	7,882,326
48	4,651,387	1,281,675	1,161,766	1,006,958	-	8,101,786
49	61,086	631	3,875,482	14,975	-	3,952,174
50	-	127,509	-	168,629	1,948,100	2,244,238
51	-	21,032	-	609,838	988,182	1,619,052
52	337,879	854,715	109,920	115,686	5,095	1,423,295
53	-	-	-	101,916	730,326	832,242
54	561,525	191,490	4,018		-	757,033
55	1,068,650	336,628	1,935,727	464,323	-	3,805,328
56	2,000,817	864,867	1,793,556	204,760	-	4,864,000
57	-	-	-	-	197,186	197,186
58	-	-	-	-	147,096	147,096
59	179,529	113,552	17,652	2,071	212,813	525,617
60	34,090	67,896	248,430	9,087	274,593	634,096
61	4,780	32,059	-	17,794	-	54,633
62	54,454,711	13,103,778	10,879,525	3,402,372	15,132,351	96,972,737
หน่วยรวมของดินและพื้นที่หินโผล่	669,844	223,245	3,058,052	20,147	24,005	3,995,293
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	2,799,020	3,202,949	808,782	1,762,993	1,725,433	10,299,177
พื้นที่น้ำ	991,707	1,015,406	1,894,753	335,349	1,289,864	5,527,079
รวม	**106,027,680**	**43,450,440**	**105,533,963**	**21,487,812**	**44,196,992**	**320,696,887**

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)

ตารางที่ 1.2 เนื้อที่กลุ่มเนื้อดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557

กลุ่มเนื้อดิน	เนื้อที่ (ไร่)					รวมทั้งประเทศ	ร้อยละ
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคใต้		
พื้นราบลุ่ม หรือพื้นที่น้ำขัง	16,954,310	12,033,288	29,625,915	3,853,167	6,453,077	68,919,757	21.49
ดินเลนเละ		173,026		165,528	996,522	1,335,076	0.42
ดินเหนียว	10,583,728	9,576,340	5,921,116	2,123,256	4,182,219	32,386,659	10.10
ดินร่วน	6,319,724	1,207,122	15,644,221	1,140,602	775,463	25,087,132	7.82
ดินทราย		34,690	521,122	198,806	92,351	846,969	0.26
ดินตื้น	50,858		5,338,918	207,294	46,342	5,643,412	1.76
ดินยกร่อง		987,466		17,681	15,898	1,021,045	0.32
ดินเค็ม		54,644	2,200,538			2,255,182	0.70
ดินอินทรีย์					344,282	344,282	0.11
พื้นที่ดอนเขตดินแห้ง	30,827,932	13,386,069	62,324,988	8,515,037		115,054,026	35.88
ดินเหนียว	7,804,281	3,362,430	5,330,534	1,120,257		17,617,502	5.49
ดินร่วน	11,064,190	5,905,723	38,774,074	3,459,215		59,203,202	18.46
ดินทราย	259,478	829,776	8,013,695	697,565		9,800,514	3.06
ดินตื้น	11,030,139	3,081,048	7,148,633	3,217,853		24,477,673	7.63
พื้นที่หินโผล่	669,844	207,092	3,058,052	20,147		3,955,135	1.23
พื้นที่ดอนเขตดินชื้น		708,950		3,618,894	19,596,267	23,924,111	7.46
ดินเหนียว		2,146		833,266	3,833,521	4,668,933	1.46
ดินร่วน		521,888		1,050,079	12,609,110	14,181,077	4.42
ดินทราย		143,461		99,865	865,947	1,109,273	0.35
ดินตื้น		25,302		1,635,684	2,263,684	3,924,670	1.22
พื้นที่หินโผล่		16,153			24,005	40,158	0.01
พื้นที่ภูเขาสูง	**54,454,711**	**13,103,778**	**10,879,525**	**3,402,372**	**15,132,351**	**96,972,737**	**30.24**
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	**2,799,020**	**3,202,949**	**808,782**	**1,762,993**	**1,725,433**	**10,299,177**	**3.21**
พื้นที่น้ำ	**991,707**	**1,015,406**	**1,894,753**	**335,349**	**1,289,864**	**5,527,079**	**1.72**
รวม	**106,027,680**	**43,450,440**	**105,533,963**	**21,487,812**	**44,196,992**	**320,696,887**	**100.00**

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)



ภาพที่ 1.1 สถานภาพทรัพยากรดินของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557

2. สภาพปัญหาของทรัพยากรดินที่ใช้ทำการเกษตรของประเทศไทย

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ทรัพยากรที่ดินของประเทศไทยมีทั้งหมด 62 กลุ่มดิน มีการกระจายไปตามภาคต่าง ๆ (ภาพที่ 1.1) ดินส่วนใหญ่ที่พบในประเทศไทยเป็นดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ทรัพยากรดินของภาคเหนือ เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง แต่มีข้อจำกัดของพื้นที่ของภาคที่เป็นเทือกเขาและมีความลาดชันสูงมากเป็นส่วนใหญ่ ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินทรายและดินตื้นทรัพยากรดินภาคกลาง เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรปานกลางถึงสูง ดินส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำหลากได้พาตะกอนมาทับถมทุกปี ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินเค็มบก ดินทราย และดินตื้น ทรัพยากรดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากดินมีข้อจำกัดในเรื่องเนื้อดิน เช่น มีเนื้อดินออกทรายจัดหรือดินร่วนหยาบทำให้มีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ ดินตื้นหรือดินมีก้อนกรวดลูกรังปะปนหนาแน่นในระดับตื้นถึงตื้นมาก ดินเค็มและพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มของดินและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเค็มบก ดินทราย และดินตื้น ทรัพยากรดินภาคตะวันออก เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำถึงปานกลางคล้ายคลึงกับทรัพยากรดินภาคใต้ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินทรายและดินตื้น ทรัพยากรดินภาคใต้ เนื่องจากมีฝนตกชุกและต่อเนื่องนาน ในรอบปีมีการชะล้าง นำพาหรือชะละลายธาตุอาหารออกไปจากดินสูงและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่เนื่องจากดินมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้เหมาะสมในการปลูกพืชประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น จึงทำให้มีปัญหาทางการเกษตรน้อยกว่าภูมิภาคอื่นๆ ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็มชายทะเล ดินทรายและดินตื้น การใช้ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2556 พบว่า มีพื้นที่เกษตรกรรม 174.30 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 54.35 ของประเทศ โดยแบ่งเป็นรายภาคได้ดังนี้ ภาคเหนือมีพื้นที่เกษตรกรรม 41.57 ล้านไร่ ภาคกลางมีพื้นที่เกษตรกรรม 21.32 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เกษตรกรรม 71.26 ล้านไร่ ภาคตะวันออกมีพื้นที่เกษตรกรรม 13.48 ล้านไร่ และภาคใต้มีพื้นที่เกษตรกรรม 26.25 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข)

ปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศเกิดความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็วและกว้าง เนื่องมาจากสาเหตุการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรอย่างต่อเนื่อง แต่การปรับปรุงบำรุงดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมยังดำเนินการได้ไม่ทั่วถึง เป็นเหตุให้ทรัพยากรดินเหล่านั้นเสื่อมทั้งคุณภาพและความเหมาะสมในการปลูกพืช และการเพิ่มประชากรในแต่ละปียังส่งผลให้มีความต้องการที่ดินเพื่อการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นตามด้วย โดยมีการนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตรมาใช้ทำการเกษตร เช่น ดินตื้น ดินทราย ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ต้นน้ำลำธาร ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินน้อยลงและทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก สาเหตุของการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรม จนทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตในปริมาณต่ำ มาจากปัญหาหลัก 3 ประการ คือ

2.1 ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

ตามธรรมชาติการชะล้างพังทลายของดินจะเกิดขึ้นอยู่แล้ว แต่อัตราการแตกกระจายของดินเป็นไปอย่างช้าๆ เมื่อมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องจึงเป็นตัวเร่งทำให้เกิดความเสื่อมโทรมรวดเร็วขึ้น ได้แก่ การนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และนำพื้นที่ดอนที่ง่ายต่อการชะล้างพังทลายมาใช้ในการเพาะปลูกโดยมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินอย่างมาก โดยเฉพาะดินบนซึ่งเป็นส่วนของดินที่มีธาตุอาหารและปริมาณอินทรียวัตถุอยู่มาก เมื่อมีการชะล้างพังทลายดินบนถูกชะล้างพัดพาสูญหายไปกับน้ำที่ไหลบ่าจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำสู่แหล่งน้ำ เมื่อเวลาผ่านไปนานๆ เข้าดินในพื้นที่การเกษตรจะเสื่อมคุณภาพ ผลผลิตพืชที่ปลูกลดลง ถ้าหากไม่มีการแก้ไขปรับปรุงอย่างถูกต้อง ดินจะเกิดการเสื่อมโทรมลงจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ปลูกพืชให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสมนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ที่ทำให้แม่น้ำลำคลองตื้นเขิน โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2543ก) ได้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยจากการใช้สมการสูญเสียดินสากล (universal loss equation: USLE) และรายงานไว้ว่าพื้นที่ส่วนต่างๆ ของประเทศมีอัตราการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 0 – 50 ตันต่อไร่ต่อปี โดยแต่ละภาคจะมีอัตราการสูญเสียดินมากน้อยแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัย ลักษณะของดิน ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ พืชพรรณที่ขึ้นปกคลุม และมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ภาคใต้มีการกร่อนของดินสูงกว่าภาคอื่นคือ พื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0 – 50 ตันต่อไร่ต่อปี ขณะที่ภาคเหนือพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0 – 38 ตันต่อไร่ต่อปี ภาคกลางพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0- 17 ตันต่อไร่ต่อปี ภาคตะวันออกพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0 – 16 ตันต่อไร่ต่อปี ภาคตะวันตกพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0 – 10 ตันต่อไร่ต่อปี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการสูญเสียดินต่ำที่สุด ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0 – 4 ตันต่อไร่ต่อปี รวมพื้นที่ที่ต้องได้รับการดูแล ป้องกันและรักษาไว้จากการเกิดการชะล้างพังทลายประมาณ 134.54 ล้านไร่ หรือเท่ากับร้อยละ 41.95 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ

2.2 ปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์

ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ มีสาเหตุมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีแร่ธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบที่ต่ำ ประกอบกับประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนที่มีฝนตกชุกการสลายตัวของแร่ธาตุต่างๆ เปลี่ยนสภาพได้เร็วและชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย อีกทั้งการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกวิธี มีการจัดการดินไม่เหมาะสม โดยปราศจากการปรับปรุงบำรุงดินอย่าเหมาะสมและต่อเนื่อง ทำให้ธาตุอาหารพืชซึ่งแต่เดิมมีน้อยอยู่แล้วถูกพืชดูดใช้ไปในการเจริญเติบโตเสียเป็นส่วนใหญ่ เมื่อมีการนำผลผลิตของพืชออกจากพื้นที่ย่อมทำให้ธาตุอาหารในดินสูญเสียไปผลผลิตด้วย ดังรายงานของสรสิทธิ (2535) ได้ชี้ให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวในนา 1 ตัน จะทำให้ดินสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน (N) ไป 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 11 กิโลกรัม และโพแทสเซียม (K_2O) 27 กิโลกรัม ซึ่งควรจะต้องชดเชยโดยใส่ปุ๋ยเคมีประมาณ 100 กิโลกรัม หรือปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 4,000 กิโลกรัม จึงจะสมดุลกับที่สูญเสียไป แต่เกษตรกรได้ใส่ปุ๋ยทดแทนในอัตราที่ต่ำมาก จึงมีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ในขณะเดียวกันในกรณีของพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ 4 ชนิด คือ ข้าว อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ในปี 2519 ได้ดูดซึมปุ๋ยในดินติดไปกับผลผลิตจากพื้นที่เพาะปลูก 68.8 ล้านไร่

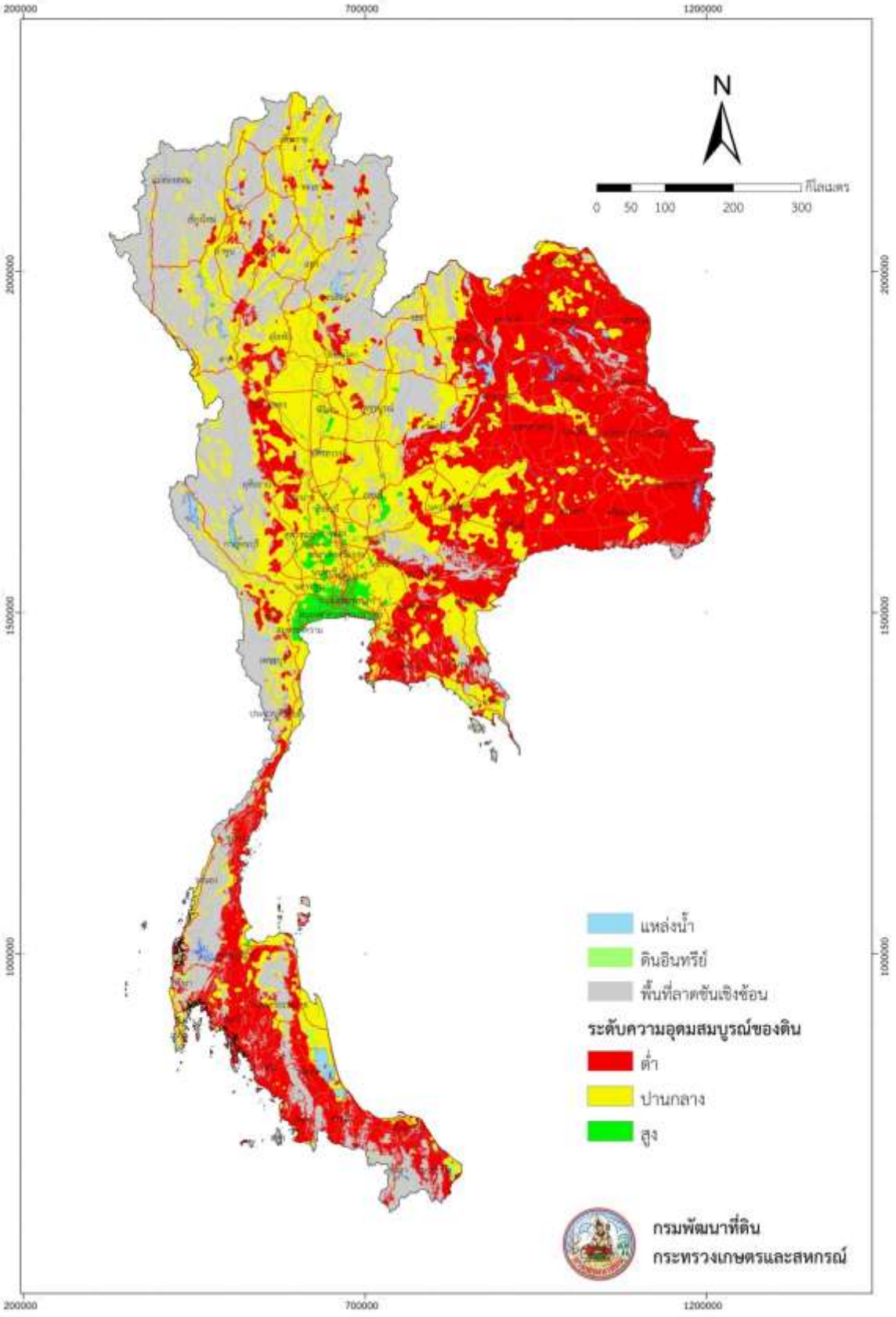
จำนวน 549,900 ตันของธาตุอาหาร (N + P_2O_5 + K_2O) แต่ใส่คืนเพียง 118,200 ตันของธาตุอาหารหรือชดเชยในอัตราส่วน 1 : 4.65 และในระหว่างปี 2525-2531 ค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารพืช (N + P_2O_5 + K_2O) ที่สูญเสียไปมีจำนวนรวม 707,700 ตัน แต่เกษตรกรใส่ปุ๋ยชดเชยเพียง 253,500 ตันเท่านั้นหรือชดเชยในอัตราส่วน 1 : 2 .79 ซึ่งยังถือเป็นการใส่ปุ๋ยทดแทนในอัตราที่ต่ำมาก

จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยมีปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) ว่า พื้นที่ในประเทศไทยมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำมากสุดถึงร้อยละ 49.38 ระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางร้อยละ 44.07 และระดับความอุดมสมบูรณ์สูงร้อยละ 6.58 โดยพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 71.53 รองลงมาได้แก่ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ 67.28, 47.68, 25.10 และ 11.19 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1.3 และภาพที่ 1.2 สาเหตุที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ดินทรายที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินทรายที่มีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้ปริมาณอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในดินต่ำ นอกจากสาเหตุทางธรรมชาติแล้วยังพบว่ากิจกรรมของมนุษย์ก็ส่งผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยในอดีตมากกว่า 50 ปีที่ผ่านมานี้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระบบนิเวศป่าไม้มาเพื่อทำการเกษตร โดยเฉพาะระบบการเกษตรเชิงเดี่ยวซึ่งเป็นระบบที่ขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและอนุรักษ์ดินอย่างเพียงพอ ทำให้ดุลยภาพของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงไปในทางลบ ดินเกิดการกร่อน และการชะล้างธาตุอาหารสูง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง ส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง และมีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงและดินเกิดสภาพเสื่อมโทรมเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.3 การกระจายของข้อมูลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบนในประเทศไทย

ภาค	จำนวนข้อมูล	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน					
		ต่ำ		ปานกลาง		สูง	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กลาง	12,172	1,362	11.19	7,175	58.95	3,635	29.86
ตะวันออก	4,436	2,114	47.66	2,127	47.95	195	4.40
ตะวันออกเฉียงเหนือ	31,642	22,633	71.53	8,868	28.03	141	0.45
เหนือ	15,498	3,890	25.10	10,915	70.43	693	4.47
ใต้	8,263	5,559	67.28	2,652	32.09	52	0.63
รวม	72,011	35,558	49.38	31,737	44.07	4,716	6.55

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)



ภาพที่ 1.2 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบนของประเทศไทย

ซึ่งปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ประกอบด้วย

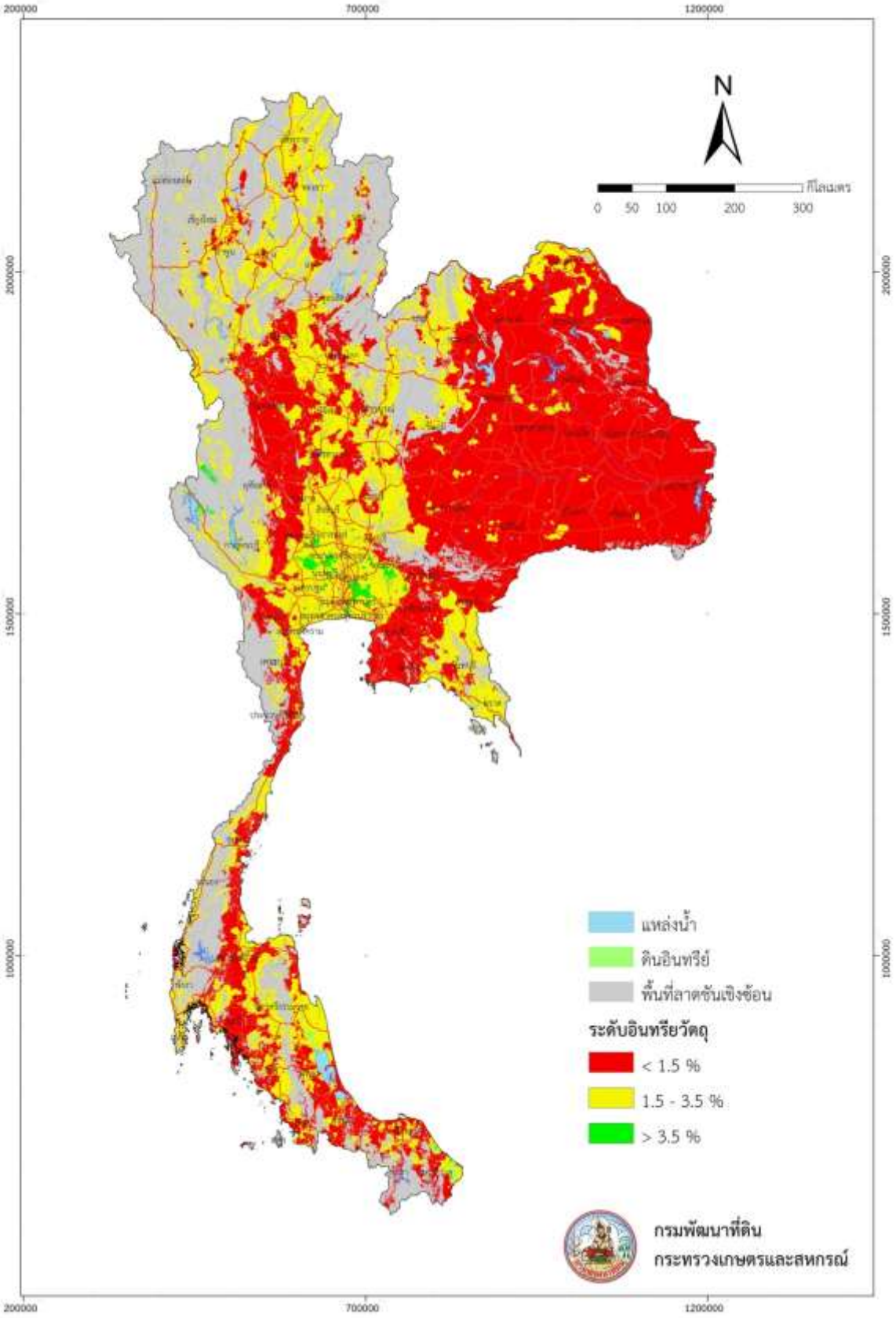
1) อินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดินมีบทบาทที่สำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืชผ่านการหมุนเวียนจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน และมีบทบาทต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน บทบาทของอินทรียวัตถุในระยะสั้นมีความสำคัญมากในการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช โดยมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินจะสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็ว ขณะที่อินทรียวัตถุส่วนที่เป็นชิ้นปลดปล่อยธาตุอาหารออกอย่างช้าๆ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) พบว่า ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ (< 1.5 เปอร์เซ็นต์) จนถึงปานกลาง (1.5 – 3.5 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นร้อยละ 62.33 และ 33.02 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุระดับต่ำ (< 1.5 เปอร์เซ็นต์) พบกระจายสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นร้อยละ 61.91 ของผลวิเคราะห์ดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำทั่วประเทศ ดังตารางที่ 1.4 และภาพที่ 1.3 เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณอินทรียวัตถุพบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีระดับปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (< 1.5 เปอร์เซ็นต์) มากที่สุดคือ ร้อยละ 86.36 รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ 59.95, 52.47, 43.67 และ 29.14 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณของมวลชีวภาพ (biomass) ที่มีน้อยตามธรรมชาติและความแห้งแล้ง ทำให้เกิดการสะสมอินทรียวัตถุในดินน้อยกว่าภาคอื่นๆ อีกทั้งดินส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายที่มีคุณภาพต่ำ ปริมาณอนุภาคดินเหนียวน้อย ประกอบกับในอดีตมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระบบนิเวศป่าไม้มาเพื่อทำการเกษตรโดยเฉพาะระบบการเกษตรเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นระบบที่ขาดการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและอนุรักษ์ดินอย่างเพียงพอ ดินเกิดการกร่อนและการชะล้างสูง ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง

ตารางที่ 1.4 การกระจายของข้อมูลปริมาณอินทรียวัตถุที่อยู่ในระดับต่างๆ ในแต่ละภาคของประเทศไทย

ภาค	จำนวนข้อมูล	ระดับอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)					
		ต่ำ (<1.5)		ปานกลาง (1.5 - 3.5)		สูง (>3.5)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กลาง	12,792	3,728	29.14	7,256	56.72	1,808	14.13
ตะวันออก	4,804	2,880	59.95	1,649	34.33	275	5.72
ตะวันออกเฉียงเหนือ	34,023	29,382	86.36	4,378	12.87	263	0.77
เหนือ	15,882	6,935	43.67	8,125	51.16	822	5.18
ใต้	8,645	4,536	52.47	3,734	43.19	375	4.34
รวม	76,146	47,461	62.33	25,142	33.02	3,543	4.65

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)



ภาพที่ 1.3 การประเมินระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนของประเทศไทย

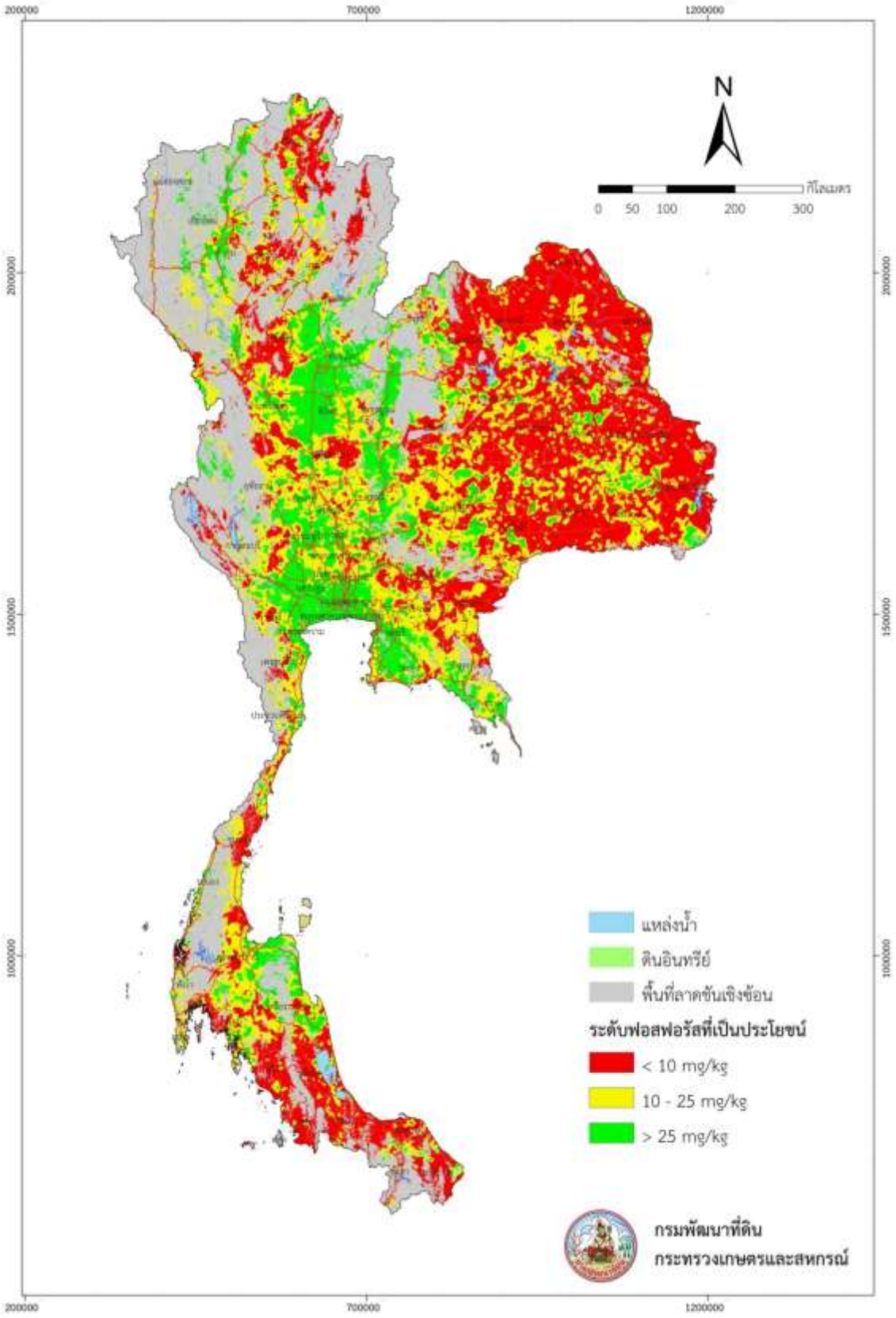
2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช หากดินมีฟอสฟอรัสไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชจะเกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช แหล่งที่ให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมาจากการสลายตัวผุพังของแร่ในดิน การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารจากอินทรียวัตถุในดิน และปุ๋ยที่ใส่ให้กับดิน ปริมาณฟอสฟอรัสในดินในสภาพธรรมชาติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดิน ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีระดับต่ำไม่เพียงมาจากปริมาณจากแหล่งต้นกำเนิดและเกิดจากที่ฟอสฟอรัสถูกตรึงไว้ในดินสูง จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) พบว่า ดินในประเทศไทยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำกว่า 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 59.58 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยมีการกระจายทุกภาคของประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการกระจายสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 54.85 ของผลวิเคราะห์ดินที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดังตาราที่ 1.5 และแผนที่ที่ 1.4 เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากที่สุด คือ ร้อยละ 72.3 รองลงมาได้แก่ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ 69.36, 49.44, 48.16 และ 34.54 ตามลำดับ นอกจากนี้ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 10 – 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบกระจายอยู่ทั่วไปในทั่วทุกภาค โดยภาคกลางภาคตะวันออก มีการกระจายมากที่สุด คือ ร้อยละ 31.47 และ 30.38 ตามลำดับ ส่วนดินปริมาณฟอสฟอรัสที่มีค่าสูงกว่า 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบมากในดินภาคกลางร้อยละ 33.99 ซึ่งโดยมากเป็นพื้นที่ปลูกข้าว และมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงมาเป็นเวลานาน มีความเป็นไปได้ที่อาจเป็นผลตกค้างของการใช้ปุ๋ยที่ผ่านมา

ตารางที่ 1.5 การกระจายข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในระดับต่างๆ ในแต่ละภาคของประเทศไทย

ภาค	จำนวนข้อมูล	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
		ต่ำ (<10)		ปานกลาง (10-25)		สูง (>25)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กลาง	12,271	4,238	34.54	3,862	31.47	4,171	33.99
ตะวันออก	4,713	2,270	48.16	1,432	30.38	1,011	21.45
ตะวันออกเฉียงเหนือ	33,899	24,554	72.43	5,971	17.61	3,374	9.95
เหนือ	15,661	7,743	49.44	3,497	22.33	4,421	28.23
ใต้	8,590	5,958	69.36	1,682	19.58	950	11.06
รวม	**75,134**	**44,763**	**59.58**	**16,444**	**21.89**	**13,927**	**18.54**

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)



ภาพที่ 1.4 การประเมินระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนของประเทศไทย

3) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

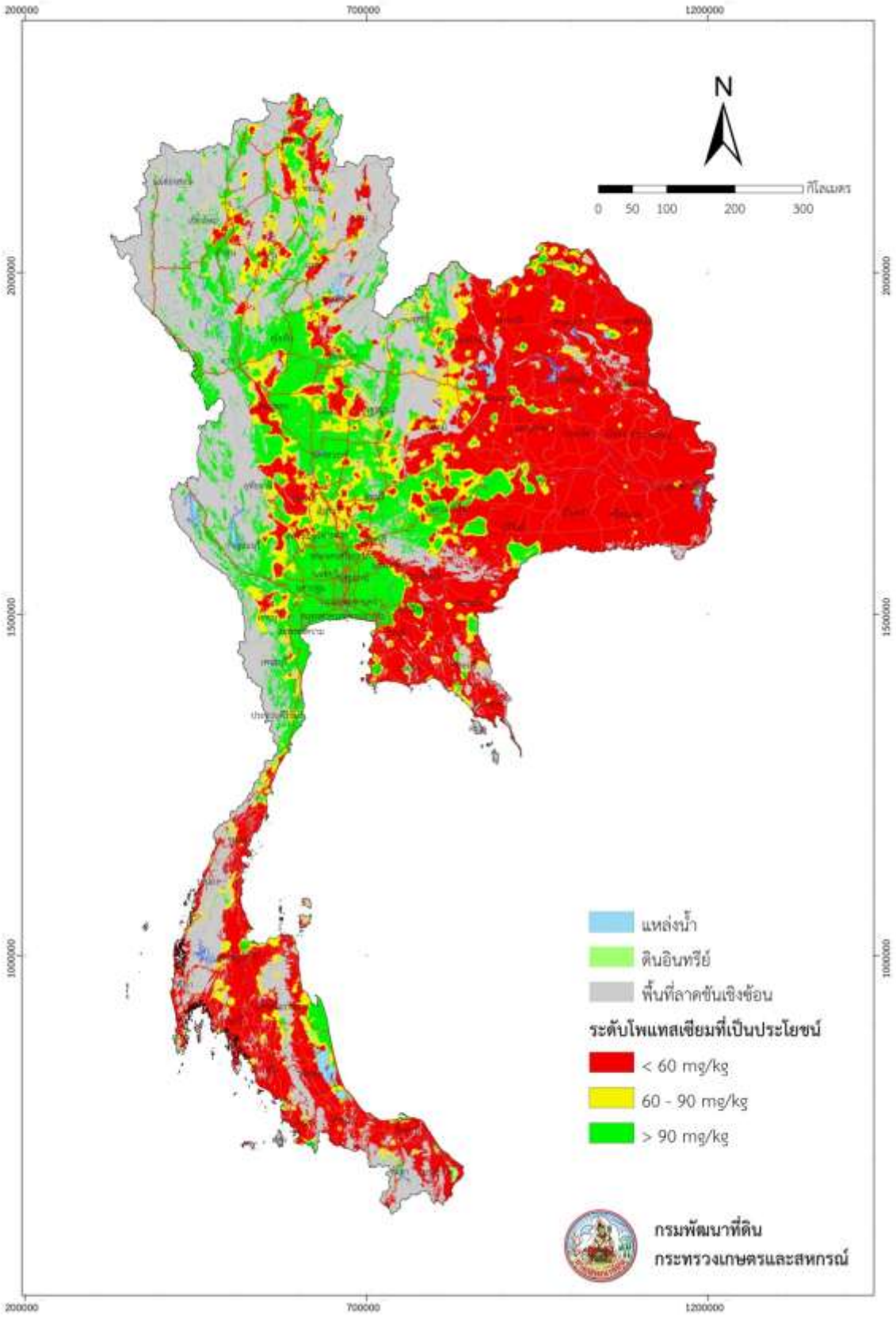
โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชธาตุหนึ่ง ปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน ระยะเวลาของการกัดกร่อน และการชะล้างดิน ในดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงมักจะมีปริมาณโพแทสเซียมเพียงพอ แต่ในดินที่เป็นดินทรายมักมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ ดังนั้น เนื้อดินจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ถูกชะล้างจากดินได้ง่าย อีกทั้งการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลายาวนานส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) พบว่า ดินในประเทศไทยมีปริมาณโพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับต่ำ (<60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) คิดเป็นร้อยละ 61.19 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยมีการกระจายทุกภาคของประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการกระจายสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 57.29 ของผลวิเคราะห์ดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ดังตาราที่ 1.6 และ แผนที่ที่ 1.5 เมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 60.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากที่สุด คือ ร้อยละ 80.67 รองลงมาได้แก่ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคกลาง ดังนี้ ร้อยละ 74.44, 69.48, 40.29 และ 26.77 ตามลำดับ เนื่องจากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยรวมเป็นดินร่วนปนทราย มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินทรายที่มีแร่ที่ให้ธาตุโพแทสเซียมน้อย จึงทำให้ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยโดยธรรมชาติแม้จะมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ดินร่วนปนทรายก็มีความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมได้น้อย หรืออาจมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยส่วนใหญ่จึงยังคงมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำกว่าภาคอื่นๆ นอกจากนี้พบว่าดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมระดับปานกลาง (60 - 90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบกระจายอยู่ทั่วทุกภาคในช่วงแคบๆ ขณะที่ดินที่มีผลวิเคราะห์แสดงปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง (>90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบกระจายในพื้นที่ภาคกลางมากที่สุด

ตารางที่ 1.6 การกระจายข้อมูลปริมาณโพแทสซียมที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในระดับต่างๆ ในแต่ละภาคของประเทศไทย

ภาค	จำนวนข้อมูล	ระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
		ต่ำ (<60)		ปานกลาง (60-90)		สูง (>90)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กลาง	12,778	3,421	26.77	2,227	17.43	7,130	55.80
ตะวันออก	4,535	3,151	69.48	376	8.29	1,008	22.23
ตะวันออกเฉียงเหนือ	31,859	25,701	80.67	2,932	9.20	3,226	10.13
เหนือ	15,754	6,348	40.29	3,424	21.73	5,982	37.97
ใต้	8,380	6,238	74.44	1,376	16.42	766	9.14
รวม	**73,306**	**44,859**	**61.19**	**10,335**	**14.10**	**18,112**	**24.71**

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558ข)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 1.5 การประเมินระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนของประเทศไทย

2.3 การนำเอาดินที่มีปัญหามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ทรัพยากรดินที่มีข้อจำกัดบางประการในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ส่วนใหญ่จะเป็นดินที่มีปัญหาที่เกิดขึ้นมาจาก 2 สาเหตุ คือ 1) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งปัญหาของดินเหล่านี้ที่เกิดเนื่องมาจากปัจจัยที่ให้กำเนิดดิน ซึ่งประกอบด้วย วัตถุต้นกำเนิดดิน คือ หินชนิดต่างๆ ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีที่ปะปนอยู่ สภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ พืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุม และระยะเวลาที่เกิดดิน 2) เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ หมายถึง ดินที่เกิดจากการปฏิบัติหรือการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมของมนุษย์ ได้แก่ การปลูกพืชโดยปราศจากการบำรุงรักษาดิน การปลูกพืชชนิดเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน การทำลายป่าเพื่อการเกษตร การเผาป่าหรือไร่นา การใช้สารเคมีทางการเกษตรจนเกิดผลตกค้างในดิน การใช้เครื่องจักรกลเกษตรขนาดใหญ่ทั้งหลายเหล่านี้เป็นตัวเร่งทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรม เกิดการสะสมธาตุอาหาร สารเคมีชนิดต่างๆ จนเป็นพิษต่อพืช มีโครงสร้างของดินอัดแน่นทึบเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีรายละเอียดดังรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2558ข) ดังนี้

1) ดินเปรี้ยวจัด สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ ดินเป็นกรดจัดมากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำกว่า 4.5 มีอะลูมินัม เหล็ก แมงกานีสและซัลไฟด์ ละลายออกมามากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืชที่ปลูก ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส บริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำน้ำท่วมขัง และโครงสร้างดินแน่นทึบทำให้ดินมีการระบายน้ำเลว เนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัดเมื่อดินแห้งจะแข็งและแตกระแหงทำให้ไถพรวนยาก ยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุและตรึงไนโตรเจน พบมากในพื้นที่ของภาคกลาง 3.19 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 0.89 ล้านไร่ และภาคใต้ 1.49 ล้านไร่

2) ดินอินทรีย์ สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ ในชั้นดินอินทรีย์จะมีกรดฮิวมิค ส่วนใต้ชั้นดินอินทรีย์ที่ระดับความลึกประมาณ 80 - 300 เซนติเมตร เป็นดินเลนตะกอนน้ำทะเลสีเทาปนน้ำเงิน มีสารประกอบกำมะถันอยู่มาก เมื่อมีการระบายน้ำออกไป ดินแห้งและสัมผัสกับอากาศเกิดเป็นกรดกำมะถัน ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินน้อยกว่า 4.5 นอกจากนี้ดินอินทรีย์จะยุบตัว ติดไฟง่ายแต่ดับยาก ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่โดยการระบายน้ำออกจากพรุมากเกินไป จะทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดได้ในภายหลังและเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ ทำให้พื้นที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ การจัดการดินทำได้ลำบากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ในขณะเดียวกันถ้านำมาปลูกไม้ยืนต้น ต้นไม้ล้มง่ายเนื่องจากดินอินทรีย์มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้น้อย นอกจากนี้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้พืชแสดงขาดธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม โบรอน และทองแดง เกิดความเป็นพิษของเหล็กและอะลูมินั่ม และขาดแคลนแหล่งน้ำจืด พบในบริเวณที่ลุ่มน้ำขังชายฝั่งทะเลของภาคใต้และภาคตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 0.34 ล้านไร่ ประกอบด้วย กลุ่มดินที่มีชั้นวัสดุอินทรีย์หนา 40 - 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 57 และกลุ่มดินที่มีชั้นวัสดุอินทรีย์หนามากกว่า 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 58

3) ดินเค็ม สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร มีความเป็นพิษของธาตุโซเดียมและคลอไรด์และขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโคบอลท์ พืชที่ปลูกไม่เจริญเติบโตมีลำต้นแคระแกร็น ให้ผลผลิตต่ำ ดินมีโครงสร้างแน่นทึบ ทำให้เป็น

อุปสรรคต่อการไถพรวนและการชอนไชของรากพืช ความอุดมสมบูรณ์ต่ำของดินต่ำ เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาในพื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียง ดินและน้ำเค็มจนไม่สามารถใช้ในการเกษตรได้ นอกจากนี้ยังขาดแหล่งน้ำจืดสำหรับทำการเกษตร โดยดินเค็มที่พบ มี 3 แหล่ง ได้แก่

(1) ดินเค็มบกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นดินที่มีการสะสมเกลือจากการละลายของหินเกลือหรือจากน้ำใต้ดินที่มีเกลือละลายน้ำอยู่มาก ทำให้พบชั้นสะสมเกลือมาก พบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ทั้งหมด 2,20 ล้านไร่ นอกจากนั้นยังมีดินเค็มที่พบคราบเกลือที่ผิวดินและได้รับผลกระทบจากความเค็มโดยใช้คราบเกลือในฤดูแล้งเป็นหลักอีกด้วย และถ้ามนุษย์ไปทำให้สภาพธรรมชาติต่างๆ ถูกเปลี่ยนแปลงหรือทำให้เสียสมดุล อาจก่อให้เกิดปัญหาของดินในการใช้ประโยชน์อย่างรุนแรงเพิ่มขึ้น เช่น การแพร่กระจายของดินเค็มอันเนื่องมาจากการทำลายป่าไม้ หรือการพัฒนาแหล่งน้ำในบริเวณที่มีเกลือสะสมอยู่มาก ทำให้น้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มถูกยกระดับให้สูงขึ้นและพาเอาเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำมาสู่ผิวดินได้

(2) ดินเค็มบกภาคกลาง เป็นพื้นที่ที่เคยมีน้ำทะเลท่วมถึงมาก่อนและเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำทะเลและตะกอนน้ำกร่อยอยู่ใต้ตะกอนน้ำจืด เมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม เช่น การนำน้ำใต้ดินที่มีความเค็มมาใช้ในการเกษตรและการชลประทานมากเกินไปอย่างไม่เหมาะสม การขุดหน้าดินขายทำให้เกลือที่อยู่ใต้ผิวดินได้เคลื่อนย้ายมาสู่ผิวดิน แล้วเกิดการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็ม ดินเค็มภาคกลาง มีพื้นที่ที่เป็นปัญหาประมาณ 0.05 ล้านไร่ พบใน จังหวัดนครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี อ่างทอง สิงห์บุรีและชัยนาท

(3) ดินเค็มชายทะเลเกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเลท่วมถึงหรือเคยท่วมมาก่อน บริเวณที่มีสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่ม น้ำทะเลท่วมถึง วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำทะเลและน้ำกร่อย ดินบริเวณนี้จะมีความชื้นของดินสูงและมีความเค็มสูง พืชพรรณที่ขึ้นในบริเวณนี้เป็นไม้ชายเลน ซึ่งทนเค็มได้ดี เช่น โกงกาง แสมและลำพู เป็นต้น เป็นดินมีความเหนียวสูงบางแห่งอาจพบชั้นทรายและเปลือกหอยในดินชั้นล่าง ดินเค็มชายทะเลจะพบกระจัดกระจายทั่วไปในพื้นที่ภาคกลาง จำนวน 0.27 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 0.16 ล้านไร่ และภาคใต้ 1.51 ล้านไร่

4) ดินทราย สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย มีการระบายน้ำดีถึงดีเกินไป ไม่อุ้มน้ำทำให้เกิดปัญหาพืชขาดน้ำ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สมบัติทางกายภาพของดินไม่ดี ไม่มีโครงสร้างเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ทำให้ไม่เกาะยึดตัว สูญเสียดิน น้ำและธาตุอาหารได้ง่าย บางพื้นที่ดินแน่นทึบจากการเขตกรรมไม่เหมาะสม โดยเฉพาะดินนาที่มีเนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายละเอียด ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืชพืชมีการเจริญเติบโตไม่ดีพบทั่วไปในทุกภาคของประเทศ พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 8.53 ล้านไร่ รองลงมาคือภาคกลาง 1.01 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 1.00 ล้านไร่ ภาคใต้ 0.96 ล้านไร่ และภาคเหนือ 0.26 ล้านไร่

5) ดินตื้น สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ มีชั้นลูกรัง ก้อนกรวด หรือเศษหินปะปน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช และการไถพรวน มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารต่ำเนื้อดินเหนียวมีน้อยทำให้การเกาะยึดตัวของเม็ดดินไม่ดี และเกิดการชะล้างพังทลายได้ง่ายพบ

กระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุด 12.49 ล้านไร่ รองลงมา คือ ภาคเหนือ 11.07 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 5.06 ล้านไร่ ภาคกลาง 3.11 ล้านไร่ และภาคใต้ 2.31 ล้านไร่

6) ดินดาน สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ ชั้นดินที่อัดตัวแน่นทึบหรือชั้นที่มีสารเชื่อมอนุภาคของดินมาจับตัวกันแน่นทึบและแข็งเป็นแนวขนานกับหน้าดินที่ความลึกแตกต่างกันไปจนเป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช การไหลซึมของน้ำและการถ่ายเทอากาศ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชที่ปลูก พบในบางพื้นที่ที่ใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่เตรียมดินปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพดมันและสำปะหลัง เป็นต้น

7) ดินเหมืองแร่ร้าง หมายถึง ดินที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ผ่านการทำเหมืองแร่ไปแล้ว สภาพปัญหาที่พบ ได้แก่ มีเนื้อดินหยาบและไม่เกาะตัว ความสามารถในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุอาหารต่ำมาก ขาดแร่ธาตุอาหารและอินทรียวัตถุส่วนใหญ่พบอยู่ในภาคใต้ มีพื้นที่ประมาณ 2 แสนไร่

ดังนั้นการนำเอาดินที่มีปัญหามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงจำเป็นต้องรู้และเข้าใจถึงสภาพปัญหาของดินเหล่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วและให้ได้ผลตอบแทนในการปลูกพืชอย่างคุ้มค่า

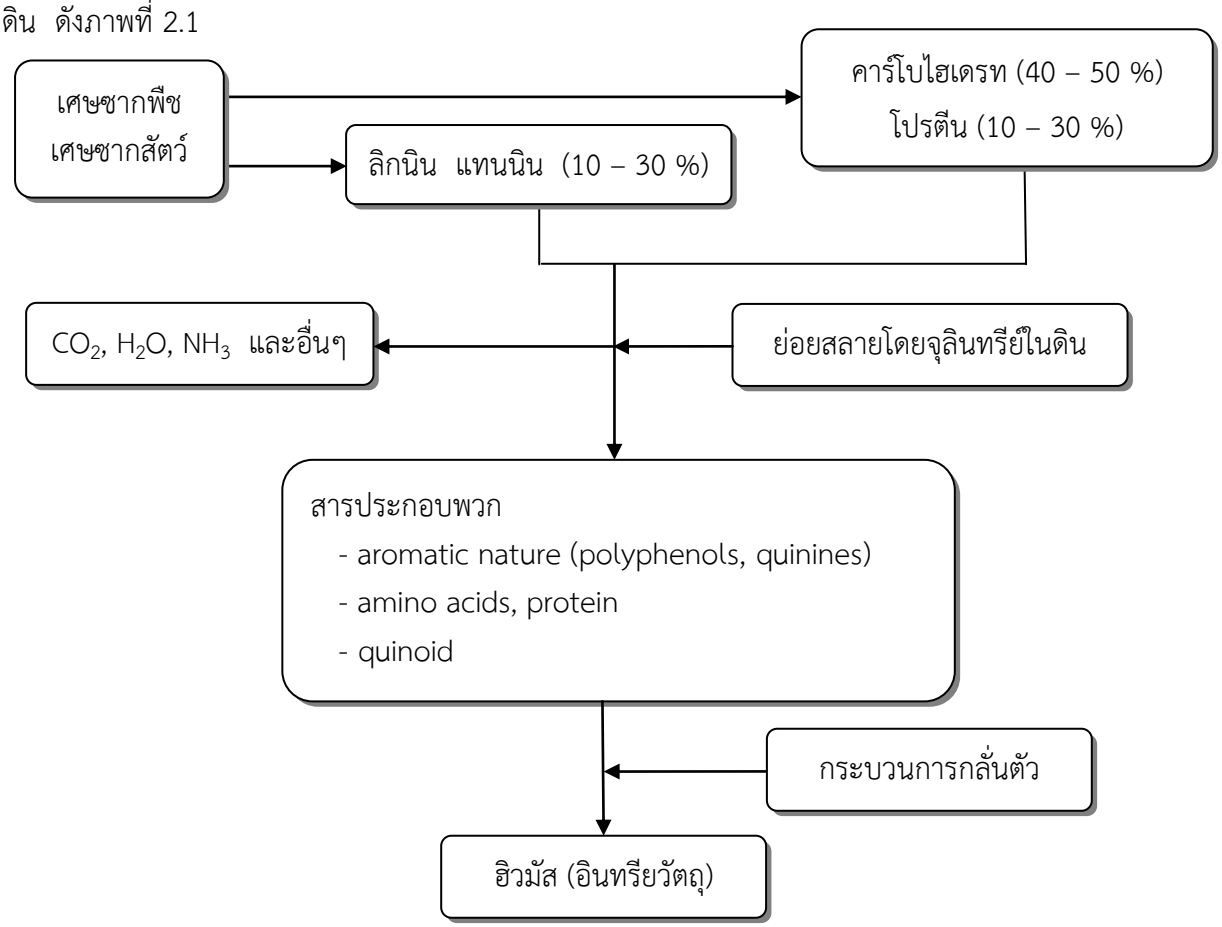
จากมูลเหตุปัญหาของทรัพยากรดินที่ใช้ทำการเกษตรทั้ง 3 ประการ ก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรม จนทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและได้ผลผลิตในปริมาณต่ำ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการรักษาและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรดิน โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุลงดินอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อทำให้พืชที่ปลูกสามารถเจริญเติบโตได้ดีและได้ผลผลิตในปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสามารถกระทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปต่างๆ รายละเอียดเกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์จะได้กล่าวในลำดับต่อไป

บทที่ 2

อินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของดินที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่างๆ ของดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ อันส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมทั้งการพัฒนาระบบนิเวศของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยตรง หากปราศจากอินทรียวัตถุในดินแล้ว ดินจะขาดแหล่งธาตุอาหารของพืช ขาดความอุดมสมบูรณ์ นำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย

อินทรียวัตถุ (Organic Matter) หมายถึง สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ รวมถึงสิ่งขับถ่าย ของมนุษย์และสัตว์ รวมไปถึงเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และส่วนที่ตายแล้วซึ่งกระบวนการย่อยสลายประกอบด้วยหลายขั้นตอนตั้งแต่อยู่ในรูปเดิมหรือเปลี่ยนแปลงแต่ยังจำรูปเดิมได้จนถึงเปลี่ยนแปลงจากเดิมโดยสมบูรณ์ เมื่อย่อยสลายต่อไปขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส แต่ไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 ; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) กระบวนการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ได้แก่ เศษซากพืชและซากสัตว์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุ

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นสมบัติประการหนึ่งของดินที่จะบ่งชี้ถึงคุณภาพของดินทางการเกษตร โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินแต่ละพื้นที่มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งจะถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆ หลายประการ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของพืชที่ปกคลุมพื้นที่ สภาพูมิอากาศ สมบัติของดิน และระบบการเกษตร โดยมีรายละเอียด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนี้

1.1 พืชพรรณ

พืชที่สามารถสร้างชีวมวลได้มาก มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่น และมีระยะเวลาปกคลุมพื้นดินได้นาน จะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่าพืชสร้างชีวมวลได้น้อย มีการเจริญเติบโตอย่างไม่หนาแน่น และมีระยะเวลาปกคลุมพื้นดินได้ไม่นาน เช่น พื้นที่ปลูกทุ่งหญ้าจะมีอินทรียวัตถุสูงกว่าพื้นที่เพาะปลูกพืชทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง นอกจากนี้เศษพืชที่ย่อยสลายตัวได้ช้าจะทำให้ดินมีอินทรียวัตถุมากกว่าเศษพืชที่ย่อยสลายได้เร็ว

1.2 ภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณและการกระจายตัวของฝน มีอิทธิพลอย่างมากต่อชนิดพืช คือ ความหนาแน่นของพืชและอัตราความเร็วของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นถ้าพื้นที่ใดมีปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ดีก็ทำให้พืชเจริญเติบโตได้มาก ดินก็ได้รับสารอินทรีย์ในปริมาณมาก แต่ถ้าพื้นที่มีอุณหภูมิที่สูงจะทำให้เร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน มีผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลง

1.3 สมบัติของดิน

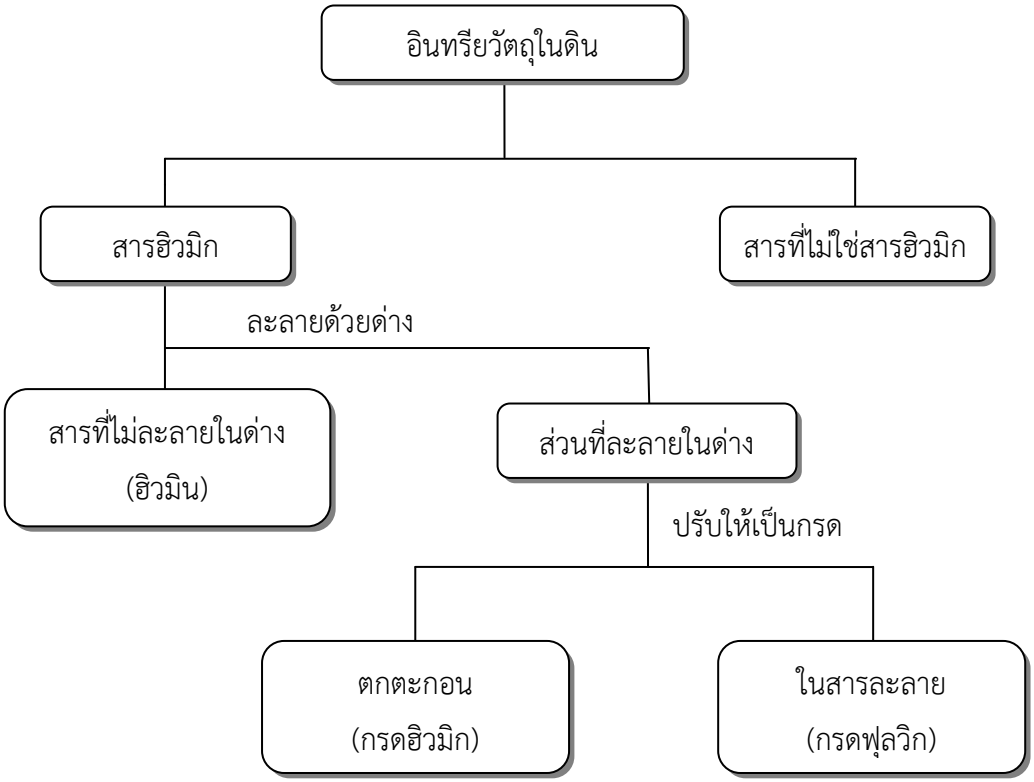
สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความอุดมสมบูรณ์ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม เป็นต้น ถ้ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชย่อมส่งผลทำให้พืชสร้างชีวมวลได้มาก เป็นการช่วยยกระดับปริมาณอินทรีย์ที่จะเพิ่มลงในดินแต่ละปี และดินเนื้อหยาบจะมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่าดินเนื้อละเอียด เพราะว่า ดินเนื้อหยาบมีการระบายได้ดีกว่าดินเนื้อละเอียด มีผลทำให้จุลินทรีย์ย่อยสารอินทรีย์ได้รวดเร็วขึ้น

1.4 ระบบการเกษตร

การทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่มักทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงไปจากระดับเดิม เพราะกระบวนการทางการเกษตรต่างๆ จะทำให้เศษซากพืชกลับลงไปในดินน้อยลง ได้แก่ การเปิดหน้าดินทิ้งไว้โดยไม่มีพืชปกคลุม การปล่อยพื้นที่ให้ว่างเปล่า การกำจัดวัชพืช การปลูกพืชที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าพืชธรรมชาติ พืชที่ปลูกมีสัดส่วนรากอยู่น้อยกว่าพืชธรรมชาติ มีการนำผลผลิตและเศษซากพืชออกจากพื้นที่ และการจัดการหลายประการที่ไปช่วยเร่งอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินให้เกิดเร็วขึ้น เช่น การไถพรวนดิน การให้น้ำชลประทาน

2. องค์ประกอบทางเคมีของอินทรียวัตถุในดิน

ในการศึกษาองค์ประกอบเบื้องต้นของอินทรียวัตถุในดิน จากตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงร่อนซึ่งมีช่องขนาด 2 มิลลิเมตร พบว่า สามารถแยกอินทรียวัตถุได้เป็น 2 ส่วน คือ “สารฮิวมิก” และสารที่ “มิใช่สารฮิวมิก” และสารฮิวมิกจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ฮิวมิน กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วิธีการสกัดเพื่อแยกส่วนต่างๆ ของอินทรียวัตถุในดิน

ที่มา: Brady and Weil (2004)

2.1 สารที่ไม่ใช่ฮิวมิก ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป เช่น สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน ลิกนิน แทนนิน และกรดอินทรีย์ต่างๆ เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้ปกติจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย แต่ยังพบในปริมาณค่อนข้างมากในดิน เพราะส่วนใหญ่เข้าไปเกาะยึดอยู่กับอนุภาคของดินเหนียว หรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก ทองแดง หรืออะลูมินัม หรือแม้ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมของเม็ดดิน ทำให้สลายตัวได้ยากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งการที่สารเหล่านี้ยังคงสภาพอยู่ในดินได้เพราะขึ้นกับขนาดโมเลกุลและความซับซ้อนของสารเหล่านั้น เช่น สารไบโพลีเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ ลิกนิน เซลลูโลส โพลีฟีนอลส์และโปรตีน อาจคงสภาพอยู่ในดินเป็นปีเพราะโครงสร้างโพลีเมอร์ ความเป็นผลึกหรือการเกิดเสถียรภาพ โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสารอื่นๆ เช่น สารประกอบเชิงซ้อนโปรตีน – แทนนิน แต่ในดินส่วนใหญ่กิจกรรมทางชีวภาพไม่ถูกจำกัด ดังนั้น ปริมาณของสารโพลีเมอร์ธรรมชาติ หรือโมเลกุลที่มีโครงสร้างซับซ้อนอย่างลิกนินก็ยังถูกย่อยสลายได้ (ปัทมา, 2547) ลักษณะที่สำคัญของสารอินทรีย์เหล่านี้ คือ มีมวลโมเลกุลค่อนข้างต่ำ มีโครงสร้างโมเลกุลไม่สลับซับซ้อน ง่ายต่อการย่อยสลาย และเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ (ไพบูลย์, 2546)

2.2 สารฮิวมิก เป็นสารอินทรีย์ที่มีลักษณะมีมวลโมเลกุลใหญ่ โครงสร้างโมเลกุลมีรูปร่างไม่แน่นอน และแสดงสมบัติเป็นสารคอลลอยด์ (ไพบูลย์, 2546) ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการย่อยสลายเศษซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้วโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยจะพบสารฮิวมิกในดินทั่วไปประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

ของอินทรียวัตถุในดิน (Muscolo *et al*., 2007) โดยโมเลกุลของสารฮิวมิกประกอบด้วยสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็กหลายๆ อย่างมาเชื่อมกันด้วย hydrophobic interaction และพันธะไฮโดรเจน (Piccolo, 2002; Sutton and Sposito, 2005) จึงทำให้โครงสร้างโมเลกุลของสารฮิวมิกมีความซับซ้อนและคงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลดำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโมเลกุลประมาณ 30 x 10^{-10} ถึง 100 x 10^{-10} เมตร ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ฮิวมิน กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

สารฮิวมิกมีบทบาทที่สำคัญต่อดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยหน้าที่สำคัญที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของดิน คือ ช่วยให้ดินโปร่งไม่อัดกันแน่น (Soane, 1990) เพราะทำให้อนุภาคของดินเกาะรวมกันเป็นเม็ดดิน มีผลทำให้ดินมีการระบายอากาศได้ดีจึงช่วยให้รากพืชหายใจได้ดี เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและลดการกัดเซาะพังทลายของหน้าดิน (Piccolo *et al*., 1997) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะดินทราย หน้าที่สำคัญทางเคมี คือ สารฮิวมิกเป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช (Stevenson, 1994) และช่วยให้การดูดซึมธาตุอาหารได้ดีขึ้น เพราะสารฮิวมิกมีคุณสมบัติเป็นสารอิเล็กโทรไลต์สามารถแตกตัวและดูดจับธาตุอาหารพืชในดิน แล้วดูดซึมผ่านทางรากพืชจึงทำให้พืชเจริญเติบโตดีดี (Nardi *et al*., 2002) สามารถจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารหลักให้แก่พืชที่ละน้อย (Ayuso *et al*., 1996) ทำให้ช่วยชะลอการสูญเสียธาตุอาหารและคงความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน และยังสามารถดูดจับโลหะหนักจึงช่วยลดความเป็นพิษแก่พืช (Newton *et al*., 2006; Soler – Roviira *et al*., 2004) นอกจากนี้ยังช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ (Garcia – Gil *et al* ., 2004) ส่วนหน้าที่สำคัญทางด้านชีวภาพ คือ ช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายสารอินทรย์ในดิน (Kim *et al*., 1997) และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคพืชได้ (Pascual *et al*., 2002)

2.3 ฮิวมิน เป็นส่วนหนึ่งของสารฮิวมิก ไม่สามารถละลายในด่าง กรด และน้ำ (Brady and Weil, 2004) ส่วนมากจะมีสีดำ โครงสร้างมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับกรดฮิวมิก แต่ที่แตกต่าง คือ มีวงแหวนแอโรแมติกน้อยกว่ากรดฮิวมิก (Schnitzer and Khan, 1972 อ้างถึงใน Tan, 2003) สารฮิวมินมีขนาดโมเลกุลค่อนข้างใหญ่มีน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 100,000 – 10,000,000 ดาลตัน โดยสารฮิวมินมีโครงสร้างซับซ้อนและความคงทนต่อการย่อยสลายในดินมากที่สุด และมีโพลีแซคคาไรด์แอลิแฟติกมากจึงทำให้ไม่ละลายในสารละลายด่าง และมีปริมาณหมู่ฟังก์ชันน้อยจึงมีค่าความแลกเปลี่ยนประจุต่ำ ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จึงไม่มีบทบาทด้านการคีเลชั่นหรือการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีผลต่อการดูดซับธาตุอาหาร เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช แต่บทบาทที่สำคัญของฮิวมิน คือ ช่วยปรับโครงสร้างของดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน รักษาเสถียรภาพของดิน เป็นแหล่งของวัฏจักรคาร์บอน อีกทั้งเมื่อสะสมนานไปอาจเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ (Tan, 2003; Robert, 2004) นอกจากนี้ยังช่วยลดความเป็นพิษของโลหะหนัก ได้แก่ ทองแดง นิเกิล และแคดเมียน โดยจะตรึงโลหะหนักให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษต่อพืชได้ (Ingelmo *et al*., 2012) โดยทั่วไปมักพบฮิวมินเป็นส่วนของกรดฟุลวิก กรดฮิวมิก ผนังเซลของจุลินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์บางชนิด เช่น เซลลูโลส หรือลิกนินที่เข้าไปเกาะยึดอยู่กับสารประกอบอนินทรีย์ในดิน เช่น อนุภาคดินเหนียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.4 กรดฮิวมิก เป็นสารประกอบฮิวมิกชนิดหนึ่ง มีสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 10,000 – 100,000 ดาลตัน ละลายในสารละลายด่างและตกตะกอนเมื่อทำให้สารละลายเป็นกรด องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของกรดฮิวมิก พบว่า ภายในโมเลกุลของกรดฮิวมิกประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ คือ หมู่ฟีโนลิกไฮดรอกซิล (phenolic OH groups) และโครงสร้างคิวโนน (quinone structures) โดยมีไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นสะพานเชื่อมส่วนต่างๆ และมีหมู่คาร์บอกซีลิก (COOH groups) กระจายอยู่ในอะโรเมติกที่มีโครงสร้างแบบวงแหวนที่อยู่ชิดกันและแอลิแฟติกจำนวนมาก ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงและไม่มีขั้ว ดังนั้นกรดฮิวมิกจึงมีความเสถียรคงทน ละลายน้ำได้น้อยและถูกชะล้างไปกับน้ำได้ยาก (Stevenson, 1994) โดยกรดฮิวมิกมีธาตุเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และเถ้า คือ 56.40, 5.50, 4.10, 32.90, 1.10 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณ carboxylic group, phenol OH group และ total acidity ดังนี้ 1.00, 4.50, 2.10 และ 6.60 มิลลิกรัมสมมูลต่อกรัม ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

กรดฮิวมิกมีบทบาทเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของดิน โดยทำให้โครงสร้างของดินมีการอุ้มน้ำและระบายอากาศให้ดีขึ้น ดังนี้ กรดฮิวมิกทำให้ดินเหนียวมีชั้นดินมีความโปร่งขึ้น ส่งผลให้น้ำและอากาศถ่ายเทได้ดี เพราะโครงสร้างโมเลกุลของกรดฮิวมิกมีหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งจะไปสร้างพันธะกับอนุภาคประจุบวกในดินที่มีความเป็นดินเหนียวสูง ทำให้ไปทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างประจุบวกและประจุลบออกจากกัน จึงทำให้ดินเหนียวมีความโปรงขึ้น นอกจากนี้กรดฮิวมิกสามารถป้องกันไม่ให้น้ำระเหยไปจากดิน โดยเฉพาะดินที่มีความเป็นดินเหนียวต่ำ ดินทราย และดินในพื้นที่แห้งแล้ง เพราะประจุบวกที่กรดฮิวมิกได้ดูดซับไว้จะไปสร้างพันธะกับประจุลบของน้ำ คือ ออกซิเจน ส่วนประจุบวกที่เหลืออยู่ในน้ำ คือ ไฮโดรเจน ก็จะสามารถไปสร้างพันธะไฮโดนเจนกับอะตอมของออกซิเจนในน้ำโมเลกุลอื่นๆ ต่อไปเรื่อย มีผลทำให้น้ำระเหยออกจากดินน้อยลงหรือสามารถอุ้มน้ำไดมากขึ้น (Burdick, 1965) สำหรับสมบัติทางเคมีดินกรดฮิวมิกมีบทบาทที่สำคัญ คือ 1) เพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity หรือ CEC) ของดิน เพราะกรดฮิวมิกเป็นสารอินทรีย์คอลลอยด์ที่มีประจุลบสูง (มีค่า CEC สูง) ทำให้ดินเนื้อหยาบที่มีอินทรียวัตถุต่ำสามารถดูดซับธาตุในรูปไอออนประจุบวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประจุบวกของไอออนในรูปธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ เช่น NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} และ Mn^{2+} เป็นต้น ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียไปโดยกระบวนต่างๆ เช่น กระบวนการชะละลายในดินและพืชสามารถดูดใช้ประโยชน์ได้ง่าย 2) เพิ่มความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วเกินไป จนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช (ปิยะ, 2553) นอกจากนี้การใช้กรดฮิวมิกยังสามารถแก้ปัญหาดินเค็มบางชนิดได้ (ศุภชัย, 2535) และช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในดินของพืชที่ปลูกในดินที่มีสมบัติตรึงฟอสฟอรัสสูงเพราะมีเหล็กในดินมาก (Weir, 1972) และกรดฮิวมิกช่วยให้รากพืชเจริญเติบโตดี เนื่องจากกรดฮิวมิกมีฤทธิ์คล้ายออกซินสามารถไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ H^+ ATPase ที่เยื่อหุ้มของรากทำให้รากเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (Nardi *et al.*, 2002) ด้านสมบัติทางชีวภาพของดินกรดฮิวมิกมีบทบาทที่สำคัญ คือ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์และช่วยในการเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น เพราะกรดฮิวมิกเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์หลายชนิด และช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษในดิน โดยกรดฮิวมิกจะทำการดูดซับสารเคมี เช่น สารควบคุมวัชพืชอาทราซีน ทำให้สารอาทราซีนไม่ถูกชะละลายลงไป

ในดินชั้นล่างหรือแหล่งน้ำ ต่อจากนั้นกรดฮิวมิกจะค่อยๆ ปลดปล่อยมาสู่สารละลายในดินที่ละน้อยพร้อมกับเกิดการสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและหมดไปในที่สุด (ปิยะ, 2553)

2.5 กรดฟุลวิก เป็นสารประกอบฮิวมิกชนิดหนึ่ง สามารถละลายในด่าง กรด และน้ำ (Brady and Weil, 2004) มีสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาล มีโครงสร้างโมเลกุลไม่ซับซ้อนเท่ากับกรดฮิวมิก มีมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 1,000 – 10,000 ดาลตัน โครงสร้างของกรดฟุลวิกประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชั่นที่มีออกซิเจนจำนวนมากและหมู่คาร์บอกซิลมากกว่ากรดฮิวมิก จึงทำให้กรดฟุลวิกมีปฏิกิริยาที่ว่องไวสูงที่สุด (Stevenson, 1994) จากลักษณะโครงสร้างของกรดฟุลวิกดังกล่าวและการละลายน้ำง่าย ทำให้กรดฟุลวิกมีความสามารถเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อมไปได้ไกล และจากโครงสร้างโมเลกุลที่ค่อนข้างยืดหยุ่น มีช่องเปิดภายในขนาดต่างๆ อยู่มากเปิดโอกาสให้สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์อื่นๆ เข้าไปเกาะยึดภายในโมเลกุลได้ง่าย โดยกรดฟุลวิกมีธาตุเป็นองค์ประกอบ ดังนี้ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และเถ้า คือ 49.50, 4.50, 0.80, 44.90, 0.30 และ 2.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณ carboxylic group, phenol OH group และ total acidity ดังนี้ 0.50, 9.10, 3.30 และ 12.40 มิลลิกรัมสมมูลต่อกรัม ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

บทบาทสำคัญของกรดฟุลวิกส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช เพราะว่ากรดฟุลวิกเป็นโมเลกุลขนาดเล็กและมีฤทธิ์เป็นพิเศษในการละลายเกลือแร่และธาตุโลหะเมื่อสารละลายนั้นอยู่ในน้ำ เกลือแร่ที่เป็นธาตุโลหะเมื่อละลายจะแตกตัวเป็นไอออน หลังจากนั้นจะเข้ารวมตัวอยู่กับโครงสร้างของกรดฟุลวิกกลายเป็นสารชีวะเคมีที่ออกฤทธิ์และเคลื่อนที่ได้ โดยที่กรดฟุลวิกจะแปลงแร่ธาตุและโลหะเหล่านี้ให้กลายเป็นสารเชิงซ้อนกับโมเลกุลของกรดฟุลวิก ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิมไปสู่รูปแบบใหม่ของชีวะสารที่พร้อมจะดูดซึมได้ง่ายๆ นอกจากนี้ยังมีความสามารถเป็นเลิศต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศและสามารถละลายซิลิก้าที่มาสัมผัสด้วย (Ong *et al*., 1970) จากที่กล่าวข้างต้นดังนั้น กรดฟุลวิกช่วยให้สารอาหารพืชเกิดความพร้อมใช้และทำให้ดูดซึมได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยยอมให้เกลือแร่ต่างๆก่อตัวขึ้นใหม่และยืดเวลาให้สารอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช โดยกรดฟุลวิกช่วยเตรียมแร่ธาตุต่างๆ ให้ทำปฏิกิริยากับเซลล์และช่วยให้แร่ทำปฏิกิริยากันเอง แล้วแตกตัวออกอยู่ในรูปของไอออนแล้วถูกทำให้หมดฤทธิ์ในการยึดติดอยู่กับกรดฟุลวิกด้วยอิเลคโตรไลท์ของกรดฟุลวิก (Christman *et al*., 1983) กรดฟุลวิกยังสามารถละลายแปรสภาพและช่วยในการเคลื่อนย้าย เกลือแร่ วิตามิน โคเอนไซม์ ออกซิน ฮอร์โมนต่างๆ และสารปฏิชีวนะธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในดินให้พร้อมใช้สำหรับพืช โดยให้รากพืชง่ายต่อการดูดซึมและผ่านผนังเซลล์ได้อย่างง่ายๆ (Prakash, 1971; Williams, 1963) ซึ่งสารเหล่านี้มีผลในการกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์และแข็งแรง และช่วยให้เกิดแบคทีเรีย เชื้อรา และแอติโนไมซิสเพื่อย่อยสลายซากพืชในดิน (Kanonova, 1966) นอกจากนี้กรดฟุลวิกช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส ทรานซ์แอมไมเนส์ และ อินเวอรเตช (Khristeva *et al*., 1962) และกรดฟุลวิกเป็นตัวกระตุ้นกลไกด้านพันธุกรรมของพืชให้ทำงานที่สูงขึ้น พบว่าเมื่อเซลล์พืชได้รับกรดฟุลวิกจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าเดิม เพราะมีการรับออกซิเจนที่มากขึ้นและกรดนี้จะช่วยให้มีการซึมผ่านรากได้ดี ทำให้รากพืชได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้น โดยออกซิเจนมีหน้าที่สำคัญๆ ของเซลล์ในการช่วยเปลี่ยนรูปแบบการเมตาโบลิซึ่มของคาร์โบไฮเดรทให้เป็น

น้ำตาลมากขึ้น น้ำตาลนี้จะช่วยเพิ่มแรงดันออสโมซิสภายในผนังเซลล์ทำให้พืชไม่เหี่ยวเฉาง่าย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตต่อระบบภูมิคุ้มกันของพืชด้วย (Rashid, 1985; William, 1993; Kononova,1966)

3. แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดิน (อรรถและคณะ, 2548 ; ทิพวรรณ, 2549)

3.1 จากการย่อยสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์โดยเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุได้มีหลายชนิด ที่สำคัญคือ แบคทีเรีย แอกติโนไมซีสต์ และรา

3.2 จากการย่อยสลายตัวของเศษชิ้นส่วนของพืชที่ไถ สับกลบ ลงไปในดิน เช่น ตอ ซัง เศษวัสดุของพืช หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว หรืออาจเป็นพืชที่ปลูกเพื่อไถกลบโดยเฉพาะ เช่น ปุ๋ยพืชสด

3.3 จากการสลายตัวของสิ่งขับถ่ายทั้งหลายจากคนและสัตว์

3.4 จากการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก ที่ใส่ลงไปในดิน

3.5 จากเซลล์ของจุลินทรีย์ในดินที่ยังมีชีวิตอยู่หรือตายแล้ว รวมถึงสารที่จุลินทรีย์ในดินสังเคราะห์ขึ้น

4. ปัจจัยที่ควบคุมการสลายตัวของอินทรียวัตถุ

การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ได้แก่

4.1 ธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ในพืช

พืชประกอบด้วย น้ำ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ส่วนประกอบที่เป็นน้ำจะอยู่ระหว่าง 50 – 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและอายุของพืชชนิดนั้นๆ พืชสีเขียวสดอยู่มีน้ำเป็นส่วนประกอบโดยเฉลี่ย 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ใช่น้ำประกอบด้วย คาร์บอน 11 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน 10 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 2 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ปรากฏว่าพืชโดยทั่วไปประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์มากมายหลายชนิดและในปริมาณต่างๆ กัน ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดและปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืช

สารประกอบ		เปอร์เซ็นต์
1. คาร์โบไฮเดรท	น้ำตาลและแป้ง	1 – 5
	เฮมิเซลลูโลส	10 – 20
	เซลลูโลส	20 – 50
2. ไขมัน, ขี้ผึ้ง, แทนนินฯ		1 – 8
3. ลิกนิน		10 – 30
4. โปรตีน	โปรตีนที่ละลายน้ำได้ และ crude proteins	1 – 15

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

สารประกอบเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายได้จากง่ายไปยาก ดังนี้ น้ำตาล, กรดอะมิโนและกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่ละลายน้ำ, แป้งหรือโปรตีน, เฮมิเซลลูโลส, ลิกนิน, ไขมัน, ขี้ผึ้ง และแทนนิน ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ดังนั้น พืชที่มีอายุมากการสะสมลิกนินภายในพืชก็มากด้วยทำให้ย่อยสลายใช้เวลามากขึ้นและพืชที่มีไขมัน ขี้ผึ้งและแทนนินมากมีผลทำให้การย่อยสลายใช้เวลามากขึ้น เช่น เปลือกยูคา

4.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของสารอินทรีย์

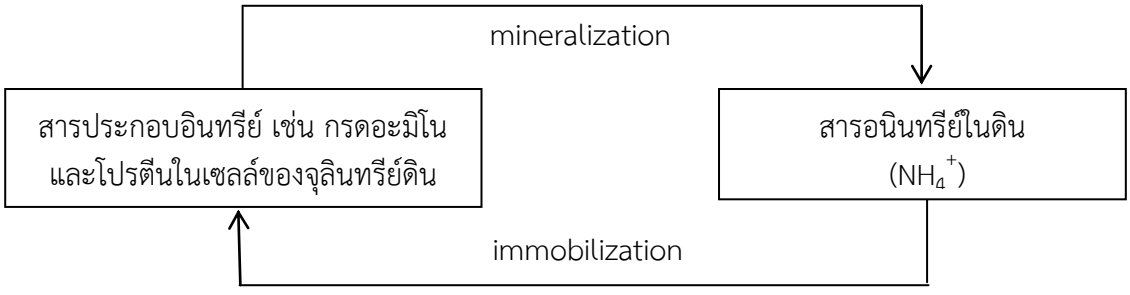
สารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนของสารอินทรีย์ เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งเป็นโมเลกุลเล็กและนำเข้าไปใยเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ส่วนสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นกัน และจุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ เช่น สารโปรตีนและกรดนิวคลีอิก เป็นต้น ดังนั้นปริมาณของคาร์บอนและไนโตรเจนของอินทรียวัตถุ เรียกว่าC/N ratioที่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ จะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด อินทรียวัตถุที่มี C/N ratioที่เหมาะสมกับความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 20 : 1 ถึง 30 : 1 โดยทั่วไปอินทรียวัตถุที่มี C/N ratio กว้างจะสลายตัวได้ช้ากว่าอินทรียวัตถุที่มี C/N ratioแคบ เช่น ฟางข้าวและหญ้าแห้งมี C/N ratio ประมาณ 80 : 1 จะสลายตัวได้ช้ากว่าพืชตระกูลถั่ว ซึ่งมี C/N ratio ประมาณ 20:1 เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์พบว่า 2 ใน 3 ส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดส์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ที่เหลือ 1 ใน 3 ส่วนนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นการย่อยสลายสารอินทรีย์ค่า C/N ratioของพืชจึงลดลงไปเรื่อยๆ

ค่า C/N ratioของเศษพืชเมื่อใส่ลงดินจะมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดิน โดยกระบวนการ mineralization และ immobilization ของจุลินทรีย์ดิน ภาพที่ 2.1 ดังนี้

1) C/N ratio มีค่ามากกว่า 30 : 1 มีผลทำให้กระบวนการเกิด immobilization ของไนโตรเจนจะสูงกว่ากระบวนการเกิด mineralization เนื่องจากไนโตรเจนที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์ไปนำเอาไนโตรเจนในดินมาใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลงจนอาจทำให้พืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนได้

2) C/N ratio มีค่าระหว่าง 30 : 1 ถึง 20 : 1 กระบวนการทั้งสองจะเกิดใกล้เคียงกัน

3) C/N ratio มีค่าน้อยกว่า 20 : 1 มีผลทำให้กระบวนการเกิด mineralization ของไนโตรเจนจะสูงกว่ากระบวนการเกิด immobilization ทำให้สารประกอบไนโตรเจนเหลือและถูกปลดปล่อยออกมาสู่ดิน ต่อจากนั้นค่า C/N ratio จะยังลดลงไปเรื่อยๆ ตามอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ แล้วค่อนข้างคงที่เมื่อ C/N ratio มีค่าประมาณ 12 : 1 ถึง 10 : 1 ซึ่งเป็นค่า C/N ratio ของเซลล์จุลินทรีย์และอินทรียวัตถุในดิน ดังตารางที่ 2.2 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)



ภาพที่ 2.2 กระบวนการ mineralization และ immobilization ของไนโตรเจนในดินโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์
ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ตารางที่ 2.2 ค่า C/N ratio ของสารอินทรีย์ต่างๆ โดยประมาณ

ชนิดของสารประกอบ	C/N ratio
จุลินทรีย์ดิน	5 – 15
อินทรียวัตถุในดิน	10 – 15
ปุ๋ยหมัก	15 – 25
ฟางข้าว	80 - 120
ต้นข้าวโพด	40 – 70
กากอ้อย	140 – 200
ขี้เลื่อย	200 – 300

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

. 4.3 อุณหภูมิในดิน

อุณหภูมิมีผลควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินโดยตรง อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ได้มาก ดังนั้นดินในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยจะมีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในเขตหนาวหรือเขตอบอุ่น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง ความรวดเร็วในการสลายตัวของอินทรียวัตถุขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดินที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมินั้น ๆ นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่จัดว่าเหมาะสมในการสลายตัวของอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (อรรถและคณะ, 2548)

4.4 การระบายอากาศของดิน

กระบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพที่สุดของจุลินทรีย์ คือ กระบวนการหายใจโดยใช้ก๊าซออกซิเจน ดังนั้นสภาพการระบายอากาศของดินจึงมีผลต่อกิจกรรมย่อยสลายเศษพืชของจุลินทรีย์โดยตรง เพราะทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็วและสมบูรณ์ ส่วนใหญ่จะสลายตัวจนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศ (aerobic condition) ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรียที่ต้องการอากาศและแอกติโนไมซีสต์เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการทำให้เกิดการแปรสภาพดังกล่าว ในดินเนื้อหยาบหรือดินที่มีการไถพรวนบ่อยครั้งจะมีอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์รวดเร็วและมีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำเพราะดินมีการระบายอากาศดี ในทางตรงกันข้ามดินที่อยู่ในสภาพขาดอากาศหรือมีน้ำท่วมขังอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์จะลดลงอย่างมากและเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ สารที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวมักเป็น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอร์และสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น amine mercaptan aldehyde ketone และเกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซไข่เน่า (H_2S) หรือแม้แต่ก๊าซมีเทน (CH_4) จุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีอากาศ

(anaerobic condition) ได้แก่ แบคทีเรียไม่ต้องการอากาศ เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการทำให้เกิดการแปรสภาพดังกล่าว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนั้นการถ่ายเทอากาศจึงมีส่วนควบคุมการเจริญเติบโตและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ประเภท

4.5 ความชื้นดิน

น้ำมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของเอมไซด์ การละลายสารประกอบของธาตุอาหารต่างๆ ตลอดจนเป็นที่อยู่อาศัยและช่วยในการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์นอกจากนี้น้ำยังมีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินด้วย ดังนั้นระดับความชื้นของดินจึงมีความสัมพันธ์กับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอยู่ที่ค่าศักย์น้ำ (water potential) ประมาณ -0.01 ถึง -0.05 MPa(megapascal)หรือดินมีความชื้นประมาณ 50 – 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นในดิน หากมีความชื้นมากกว่า -0.01 MPa ไปจนถึงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (0 MPa) อัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินขาดก๊าซออกซิเจน แต่หากความชื้นของดินค่อยๆ ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมอัตราการย่อยสลายตัวจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถทนสภาพแห้งแล้งของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและอัตราการทำงานของเอนไซด์ สภาพดินที่มีความชื้นในดินค่อนข้างต่ำจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายอินทรียวัตถุได้แก่ เชื้อราและแอกติโนไมซีสต์เพราะส่วนใหญ่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ฉวีวรรณ (2556) ว่า แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นในดิน สำหรับแอกติโนไมซีสต์ต้องการดินที่มีความชื้นน้อยกว่าและเชื้อราต้องการความชื้นน้อยที่สุด

4.6 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

โดยทั่วไประดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เป็นกลาง 6 – 7 การย่อยสลายตัวของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าช่วงที่เป็นกรดหรือด่างเกินไป ดังนั้นการใส่ปูนเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เป็นกรดให้เป็นกลาง จึงส่งเสริมการสลายตัวของสารอินทรีย์ในดินไปด้วย ระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่ต่ำกว่า 4.5 (กรดจัดมาก) หรือสูงกว่า 9.0 (ด่างจัดมาก) มีผลยับยั้งการสลายตัวของสารอินทรีย์อย่างมาก สำหรับความเป็นกรดเป็นด่างของดินระดับที่เป็นกรดค่อนข้างมาก เช่น ที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 หรือต่ำกว่ากิจกรรมของแบคทีเรียและแอกติโนไมซีสต์ส่วนใหญ่จะลดลงมาก ในขณะที่เชื้อรายังทนทานอยู่ได้ ดังนั้นกิจกรรมการย่อยสลายจึงเกิดจากเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ฉวีวรรณ (2556) ว่า แบคทีเรียและแอคติโนไมซิสต์เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เป็นกลางส่วนเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่กว้างกว่า ดังนั้นในสภาพดินที่เป็นกรดเชื้อราจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ

4.7 ปริมาณธาตุอาหาร

การที่จุลินทรีย์ดินย่อยสลายอินทรียวัตถุก็เนื่องจากต้องการพลังงานและธาตุคาร์บอนสำหรับสร้างเซลล์ใหม่ ในการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์นั้นต้องการธาตุอาหารอื่นๆ อีกหลายชนิด ดังนั้นการที่จุลินทรีย์จะทำการย่อยอินทรียวัตถุได้เร็วหรือช้าเพียงไร ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่มีอยู่ในดินด้วย การใส่ปุ๋ยลงไปในดินจึงมีผลทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุเร็วขึ้น (อรรถและคณะ, 2548)

5. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

5.1 ส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อน

เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินเป็นสารประกอบที่ประสิทธิภาพสูงในการเกาะยึดหรือรวมตัวกับอนุภาคต่างๆ ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคดินเหนียวหรือเซลจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี การจับตัวนี้บางส่วนก็เนื่องมาจากประส่วนที่แตกต่างกันระหว่างอินทรียวัตถุกับดินเหนียว หรือเป็นการเกาะยึดระหว่างประจุลบของอนุภาคทั้งสอง โดยมี multivalent cation ต่างๆ เป็นตัวเชื่อมโยง นอกจากนี้การสร้างสารเชื่อมโดยจุลินทรีย์ในดินทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน ซึ่งเมื่อรวมกลุ่มกันจำนวนมากก่อให้เกิดโครงสร้างของดินที่ดี สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ขณะเดียวกันก็ทำให้ดินมีสภาพร่วนซุย ช่วยเพิ่มช่องว่างลดความหนาแน่นรวมของดิน มีการซึมซาบน้ำอากาศถ่ายเทได้สะดวก ระบายน้ำได้ดี และลดการชะล้างของเม็ดฝนบริเวณผิวดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

5.2 ทำให้ดินมีการอุ้มน้ำได้มากขึ้น

เพราะอินทรียวัตถุในดินมีความสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก คือ 6 – 20 เท่าของน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอนุภาคเล็กและมีลักษณะเป็นสารคอลลอย์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนี้อนุภาคของอินทรียวัตถุยังประกอบกันเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับได้มากและมีประสิทธิภาพ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) สอดคล้องกับสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) รายงานว่า เนื่องจากอินทรียวัตถุมีพื้นที่ผิวมากทำให้อุ้มน้ำได้เกิน 20 เท่าของน้ำหนักตัว จึงมีผลอย่างมากต่อการอุ้มน้ำในดิน การที่ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงย่อมมีผลทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้เพิ่มขึ้น จึงมีผลให้ความชื้นในดินคงอยู่ได้นานกว่าดินที่ขาดอินทรียวัตถุและมีผลอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่มีพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

5.3 สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินอย่างฉับพลัน

เพราะอินทรียวัตถุมีพื้นที่ผิวจำนวนมาก โดยอินทรียวัตถุ 1 กรัม มีปริมาณพื้นที่ผิว 8,000,000 ตารางเซนติเมตร ทำให้สามารถเก็บความร้อนไว้ที่ตัวได้มาก จึงทำหน้าที่เป็นฉนวนต่อความร้อนของแสงแดดไม่ให้แสงแดดส่องถึงผิวดินโดยตรง ลดการกระทบกระเทือนต่อรากพืชและการระเหยของน้ำในดิน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

5.4 สีของดิน

อินทรียวัตถุทำให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำ เนื่องจากฮิวมัสที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุมีสีน้ำตาลเข้มและมีขนาดของอนุภาคละเอียด มีพื้นที่ผิวจำนวนมาก จึงสามารถคลุกเคล้ากับส่วนอื่นๆ ของดินได้ดีมาก โดยทั่วไปดินที่มีสีน้ำตาลหรือสีดำถือได้ว่าเป็นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมักมีสีคล้ำ (สีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ) มีส่วนทำให้อุณหภูมิของดินโดยรวมสูงขึ้น เนื่องจากดินมีสีคล้ำดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีกว่าดินสีจาง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

6. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดิน

6.1 เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช

เนื่องจากขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุค่อนข้างครบถ้วนที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต ถึงแม้ธาตุอาหารจะมีปริมาณไม่มากเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่ธาตุอาหารเหล่านี้จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุหลักจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุ พบว่า ธาตุไนโตรเจนมาจากอินทรียวัตถุในดินถึง 95 เปอร์เซ็นต์ แต่จะปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ซึ่งปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดสามารถทราบได้จากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังตารางที่ 2.3 พื้นที่ 1 ไร่ ดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร และมีความหนาแน่นดินรวม 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีเนื้อดิน 312,000 กิโลกรัมต่อไร่ ธาตุไนโตรเจนในอินทรียวัตถุจะถูกปลดปล่อยออกมาประมาณ 2 – 5 เปอร์เซ็นต์ หรือเฉลี่ย 4 เปอร์เซ็นต์ต่อฤดูกาลเพาะปลูก ดังนั้นเมื่อดินมีอินทรียวัตถุ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีธาตุไนโตรเจน 90 กิโลกรัมต่อไร่ จะถูกปลดปล่อยออกมาเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ หรือ 3.6 กิโลกรัมไนโตรเจน ซึ่งไม่เพียงพอแก่การเจริญเติบโตของพืช จึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุหรือปุ๋ยเคมีเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของพืช (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) และอินทรียวัตถุยังมีผลทางอ้อมต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ได้แก่ 1) กรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิคที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายและยังสามารถช่วยละลายสารประกอบของธาตุอาหารพืชบางชนิดให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ละลายธาตุฟอสฟอรัสในดิน 2) การเกิดสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นสารคีเลต จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่จะรวมตัวกับประจุของจุลธาตุ ซึ่งเป็นโลหะกลายเป็นคีเลตและเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอินทรียวัตถุระดับต่างๆ

อินทรียวัตถุในดิน (%)	ไนโตรเจนทั้งหมด (กก.ต่อไร่)
0.5	90
1.0	180
2.0	360
3.0	540
4.0	720
5.0	900

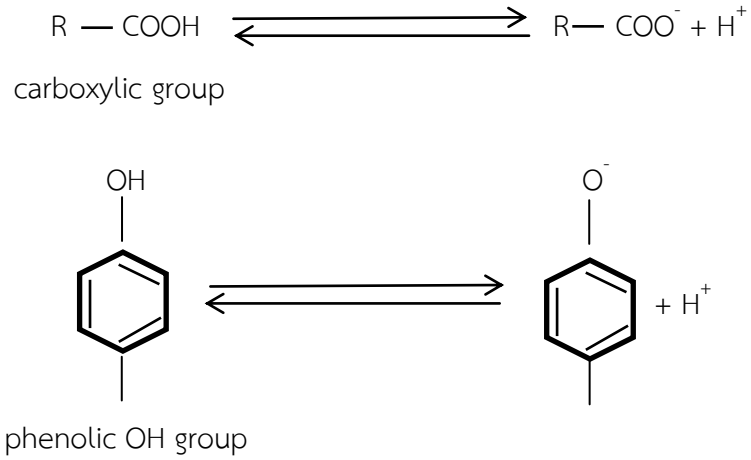
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

6.2 ช่วยให้ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชได้สูง

เนื่องจากอินทรียวัตถุมีพื้นที่ผิวหน้าสัมผัสมากและมีประจุลบเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้มาก กล่าวคือ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ได้สูงกว่าดินเหนียวชนิดอื่นๆ เนื่องจากอินทรียวัตถุที่สลายตัวได้ดีแล้ว CEC สูงถึง 300 meg ต่อ 100

กรัมของฮิวมัส ซึ่งสูงกว่า CEC ของแร่ดินเหนียว ประมาณ 2 – 30 เท่า ในดินโดยทั่วไปปริมาณของประจุบวกที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุในดินจะอยู่ในช่วงประมาณ 30 – 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด

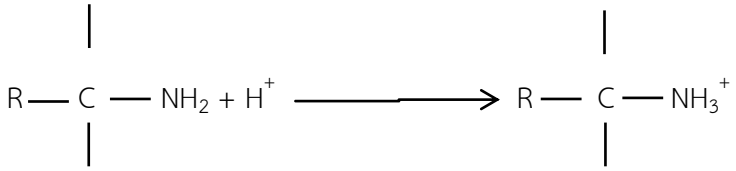
ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารประจุบวกมาจากประจุลบจำนวนมากของอินทรียวัตถุซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการ dissociation ของสารประกอบบางกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง carboxylic group และ phenolic OH group ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของ carboxylic group และ phenolic OH group

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

อินทรียวัตถุในดินยังมีประจุบวกอยู่บางส่วน ทำให้มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารประจุลบ ซึ่งประจุบวกดังกล่าวเกิดมาจากกระบวนการเติมโปรตอนของ amine group บนอนุภาคอินทรียวัตถุ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กระบวนการเติมโปรตอนของ amine group บนอนุภาคอินทรียวัตถุ

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ความสามารถในการดูดซับประจุบวกและประจุลบของอินทรียวัตถุ จึงมีความสำคัญมากในการป้องกันมิให้อาหารพืชที่ใส่ลงไปในดินในรูปปุ๋ยเคมีหรือธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติถูกดูดซับไว้ที่ผิวอินทรียวัตถุ ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับกระบวนการชะล้างโดยเฉพาะดินทรายหรือดินเนื้อหยาบ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเป็นไปได้ดียิ่งขึ้นและเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีนอกจากอินทรียวัตถุมีปริมาณพื้นที่ผิวต่อหน่วยค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับดินเหนียว แต่แตกต่างกับดินทรายอย่างมาก ดังตารางที่ 2.4 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณพื้นที่ผิวหน้าของอินทรียวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับดินชนิดต่าง ๆ

ชนิด	พื้นที่ ตร.ซม. / ดิน 1 กรัม
ดินทรายหยาบ	23
ดินทรายละเอียดปานกลาง	90
ดินทรายละเอียดมาก	230
ดินฝุ่น	450
ดินเหนียว	8,000,000
อินทรียวัตถุ	8,000,000

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

6.3 ช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (buffer capacity)

เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมากและมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูง จึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ดี ซึ่งแสดงให้เห็นได้ ดังภาพที่ 2.5

$$\underset{\text{(reserved acidity)}}{\text{Adsorbed } H^+} \rightleftharpoons \underset{\text{(active acidity)}}{\text{Soil solution } H^+}$$

ภาพที่ 2.5 ความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

ปฏิกิริยานี้เป็น equilibrium reaction ฉะนั้นไม่ว่าจะมีการเพิ่มสารประกอบที่มีสมบัติเป็นกรดหรือด่างลงในดิน ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นทันทีเพื่อรักษา equilibrium โอกาสที่กรดหรือด่างจะสะสมอยู่ในสารละลายดิน จึงมีน้อยมากและเป็นเหตุให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น ถ้าดินมีอินทรียวัตถุสะสมในปริมาณที่เหมาะสม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

6.4 ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด

เนื่องจากฮิวมัสที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุจะรวมตัวกับธาตุเหล่านี้ เช่น เหล็ก อะลูมินั่มและแมงกานีส ซึ่งมีมากในดินกรด เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความคงตัว เพราะฮิวมัสมี functional group คือ carboxylic acid, phenolic, alcohol และenolic hydroxyls ทำให้ธาตุที่เกิดรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน โดยฮิวมัสจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำทำให้ความเป็นพิษของเหล็ก อะลูมินั่มและแมงกานีสลดน้อยลง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

7. อิทธิพลของอินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน

7.1 เป็นการเพิ่มแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ในดิน

โดยปกติดินที่ใช้ในการเพาะปลูกทั่วไปมีอินทรียวัตถุอยู่จำกัดไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ในดิน การใส่อินทรียวัตถุลงในดินจึงมีผลทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น เพราะอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานที่สำคัญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะพวก heterotroph ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซิส ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ประเภทที่มีปริมาณมากที่สุดในดินและมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกซากพืชและซากสัตว์ โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน เช่น การตรึงไนโตรเจน denitrification การเกิดก๊าซมีเทน รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ไมโคไรซาที่บริเวณรากพืช นอกจากนี้การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งกรดอินทรีย์บางชนิดมีผลต่อการปลดปล่อยและเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทีหนึ่ง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

7.2 ทำให้สภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน

เนื่องจากอินทรียวัตถุมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน ได้แก่ สภาพการระบายอากาศ ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่างและความจุแลกเปลี่ยนประจุในดิน ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินเพิ่มมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

7.3 ช่วยควบคุมโรคพืชบางชนิดในดิน

เนื่องจากอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดินมีผลทำให้ปริมาณและกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินเพิ่มมากขึ้น โดยที่เชื้อจุลินทรีย์ในดินที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้จะมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมปริมาณและกำจัดของเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคได้ เช่น สารปฏิชีวนะที่ขับออกมาจากเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด การเกิดการแข่งขันกันระหว่างจุลินทรีย์ดินกับจุลินทรีย์ก่อเกิดโรคพืชและการที่เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูกับเชื้อโรคพืช เช่น เชื้อรา *Trichodermaviride* มีความสามารถเข้าทำลายผนังเซลล์ของสปอร์และเส้นใยของ เชื้อรา *Helminthosporiumsativum* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคใบไหม้ของข้าวสาลี และการที่เชื้อแอคติโนมัยซิสพวก *Streptomyces* sp. บางชนิด สามารถสร้างสารปฏิชีวนะทำลายเชื้อรา *Collectotrichum* sp. ซึ่งทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสของพริก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

8. สาเหตุที่จำเป็นต้องใส่อินทรียวัตถุลงในดิน

เพราะดินที่เหมาะสมในการปลูกพืชจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ คือ แร่ธาตุ 45 เปอร์เซ็นต์ อากาศ 25เปอร์เซ็นต์ น้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ และอินทรียวัตถุ 5เปอร์เซ็นต์แต่การเสื่อมคุณภาพของทรัพยากรดินของประเทศไทยจนทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและได้ผลผลิตในปริมาณต่ำซึ่งมีผลมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก เนื่องจาก

8.1 ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนและมีลมมรสุมฝนตกชุก ทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรียวัตถุได้ง่าย

8.2 เกษตรกรใช้พื้นที่ทำเกษตรติดต่อกันมาเป็นระยะเวลานานโดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

8.3 การบุกเบิกพื้นที่ตัดไม้ทำลายป่าตลอดเวลาทำให้อินทรียวัตถุในธรรมชาติลดน้อยลงไปเรื่อยๆ

8.4 ขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ทำให้อินทรียวัตถุถูกน้ำชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลองตลอดเวลา

8.5 สภาพดินของแต่ละท้องที่ ดินที่เป็นดินทรายเมื่อขาดอินทรียวัตถุดินไม่สามารถเกาะตัวกันได้ทำให้น้ำและปุ๋ยสูญหายไปจากดินอย่างรวดเร็ว ส่วนดินเหนียวหากขาดอินทรียวัตถุดินจะแน่นทึบน้ำไม่สามารถซึมผ่านไปได้ แร่ธาตุอาหารของพืชจึงถูกน้ำพัดพาไป เป็นต้น (อรรถและคณะ, 2548)

9. หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน

หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินมี 3 วิธี คือ

9.1 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกวิธีนี้สามารถกำหนดอัตราการใส่ได้

9.2 การปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ปอเทือง และโสนอัฟริกัน เพื่อทำการสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสด วิธีนี้ไม่สามารถกำหนดอัตราได้เพราะปริมาณของชีวมวลที่ได้แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและอายุพืชปุ๋ยสด

9.3 การไถกลบเศษพืช เช่น การไถกลบตอซังข้าว ข้าวโพด หรือวัชพืช วิธีนี้ไม่สามารถกำหนดอัตราได้เพราะปริมาณชีวมวลของเศษพืชที่ไถกลบแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก ความมากน้อยของส่วนที่ตกค้างในแปลงหลังเก็บเกี่ยวการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในดิน

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นหากปริมาณที่มีอยู่เดิมไม่สูงพอ โดยพยายามเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จนได้ไม่น้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าสามารถเพิ่มได้ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์จะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง โดยควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกปีเพื่อชดเชยส่วนที่สลายไปในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ้ารักษาอินทรียวัตถุในดินระดับนี้ไว้อย่างต่อเนื่องก็นับได้ว่าปรับปรุงดินจนมีศักยภาพสูง ส่วนระดับธาตุอาหารที่ปลดปล่อยออกมาว่าเพียงพอกับพืชที่ปลูกหรือไม่ ควรทำการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน ประกอบด้วยธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นว่าเพียงพอกับพืชที่ปลูกอย่างแท้จริง ก่อนการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินควรทำการประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งระดับเกณฑ์มาตรฐานอินทรียวัตถุในดิน ดังตารางที่ 2.5 แล้วจึงกำหนดเป้าหมายการเพิ่มและจัดหาปุ๋ยอินทรีย์ มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดิน คือ ส่วนที่เป็นอินทรียสารในดิน ซึ่งประกอบด้วย เศษซากพืชหรือสัตว์ที่ผ่านการย่อยสลายไปแล้ว เซลล์และเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์และอินทรียสารต่างๆ ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น ในการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่มีในดินบน (0 – 15 เซนติเมตร) ในพื้นที่ 1 ไร่ ต้องทราบค่าความหนาแน่นรวมของดินและค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยได้จากเก็บตัวอย่างของดินบนในพื้นที่เป้าหมายและส่งวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุ

ตารางที่ 2.5 ระดับอินทรียวัตถุที่ใช้เป็นมาตรฐานและปริมาณอินทรียวัตถุแต่ระดับในดินบน (0 – 15 ซม.) ซึ่งมีความหนาแน่นรวม 1.3 กรัม/ลบ.ซม.

ระดับ	อินทรียวัตถุ (%)	อินทรียวัตถุ (กก./ไร่)
ต่ำมาก	< 0.5	< 1,560
ต่ำ	0.5 –<1.0	1,560 – <3,120
ต่ำปานกลาง	1.0 – 1.5	3,120 – 4,680
ปานกลาง	1.6 – 2.5	4,992 – 7,800
สูงปานกลาง	2.6 – 3.5	8,112 – 10,920
สูง	3.6 – 4.5	11,232 – 14,040
สูงมาก	>4.5	>14,040

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

วิธีการคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนในพื้นที่ 1 ไร่ ดังนี้

กำหนดให้ดินมีความหนาแน่น 1.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาณอินทรียวัตถุ 1 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่ 1 ไร่ = 1,600 ตารางเมตร

= 1,600 x 10,000 ตารางเซนติเมตร

ชั้นดินไถพรวนมีความลึก = 15 เซนติเมตร

ความหนาแน่นดินรวม = 1.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้นดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวนมีน้ำหนัก = 1,600 x 10,000 x 15 x 1.3 กรัม

= 312,000,000 กรัม

= 312,000 กิโลกรัม

ดินมีอินทรียวัตถุ 1 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง

ดิน 100 กิโลกรัม มีอินทรียวัตถุ 1 กิโลกรัม

ดิน 312,000 กิโลกรัม มีอินทรียวัตถุ $312,000 \times 1 \times 10^{-2}$ กิโลกรัม

= 3,120 กิโลกรัม

จากวิธีการคำนวณข้างต้น สามารถแสดงปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนพื้นที่ 1 ไร่ ที่มีอินทรียวัตถุ 0.5 ถึง 4.0 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ต้องเพิ่มเพื่อให้ถึงระดับที่ต้องการ ดังตารางที่ 2.6

2) การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยปุ๋ยอินทรีย์

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่าการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจากระดับ 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก เป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับต้องการ เพราะสามารถกำหนดอัตราการใส่ที่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบเศษพืช เป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินได้แต่อาจจะไม่ตรงกับระดับความต้องการ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับที่ต้องการสามารถปฏิบัติได้ดังนี้ คำนวณหาปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกที่ต้อง

ใส่ลงในดิน ต้องคำนึงถึงเรื่องเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากต้องคำนวณออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง และปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่จะลดลงเนื่องจากมีการสลายตัวก่อนจะเป็นอินทรียวัตถุในดิน

ตารางที่ 2.6 ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีในดินบน เมื่อดินมีอินทรียวัตถุแตกต่างกัน

อินทรียวัตถุ (%)	ปริมาณอินทรียวัตถุ (กก./ไร่)	ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากระดับเดิม(กก./ไร่)
0.5	1,560	--
1.0	3,120	1,560
1.5	4,680	1,560
2.0	6,240	1,560
2.5	7,800	1,560
3.0	9,360	1,560
3.5	10,920	1,560
4.0	12,480	1,560

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

ตัวอย่าง หากต้องการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนจาก 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการใช้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ และการแปรสภาพของปุ๋ยหมักจนเป็นอินทรียวัตถุในดินน้ำหนักปุ๋ยแห้งจะลดลงอีก 20 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์กี่กิโลกรัมต่อไร่ จึงสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับต้องการ

ใช้ข้อมูลข้างต้นในการคำนวณ ตามขั้นตอน ดังนี้

1) เมื่อการแปรสภาพของปุ๋ยหมักจนเป็นอินทรียวัตถุในดินน้ำหนักปุ๋ยแห้งจะลดลงอีก 20 เปอร์เซ็นต์
   - ถ้าให้มีอินทรียวัตถุในดิน 100 กิโลกรัม ต้องใช้ปุ๋ยหมักแห้ง 120 กิโลกรัม
   - ถ้าให้มีอินทรียวัตถุในดิน1,560 กิโลกรัม ต้องใช้ปุ๋ยหมักแห้ง (120 x 1,560) /100 กิโลกรัม
     = 1,872 กิโลกรัม
2) เมื่อปุ๋ยหมักที่ใส่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ปริมาณเท่าใด
   - ถ้าให้ได้ปุ๋ยหมักแห้ง 100 กิโลกรัม ต้องใช้ปุ๋ยหมักชื้น 130 กิโลกรัม
   - ถ้าให้ได้ปุ๋ยหมักแห้ง 1,872 กิโลกรัม ต้องใช้ปุ๋ยหมักชื้น (130 x 1,872) / 100 กิโลกรัม
     = 2,433.60 กิโลกรัม

แสดงว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนความลึก 15 เซนติเมตร จากระดับ 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นั้นต้องใส่ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 2,433.60 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่ถ้าต้องการให้ดินในระดับความลึก 30 เซนติเมตร มีอินทรียวัตถุตามเกณฑ์ดังกล่าว ต้องใช้ปุ๋ยหมักมากขึ้นเป็นสองเท่า (ยงยุทธและคณะ, 2551)

10. การใช้อินทรียวัตถุให้ถูกประเภท

สุนทรี (2554) รายงานว่า อินทรียวัตถุที่ใส่ลงในดินจะผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จนกลายเป็นสารใหม่ เรียกว่า อินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุในดินขณะหนึ่งๆ สามารถเป็นอินทรียวัตถุได้ทั้ง

สามรูป คือ กลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปรวดเร็ว (active fraction)กลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปช้า (slow fraction) และกลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปเฉื่อย (passive fraction)กลุ่มอินทรียวัตถุในสัดส่วนมากน้อยเท่าไรจะต้องขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอัตราการเติมใส่อินทรียวัตถุเทียบกับอัตราการสูญเสียจากการถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ซึ่งกลุ่มอินทรียวัตถุแต่ละกลุ่มมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ที่สามารถนำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจการใช้อินทรียวัตถุ เพื่อให้ใช้ให้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ดังนี้

10.1 เป็นวัสดุคลุมดิน ดังนั้นการใช้เศษซากสิ่งมีชีวิตจะต้องมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากๆ โดยมีค่ามากกว่า 30 จนเป็นร้อย เช่น ชิ้นไม้ เปลือกไม้ และขี้เลื่อย เป็นต้น โดยต้องใส่ที่ผิวดินและให้อยู่ในสภาพแห้ง เพื่อให้ถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายได้อัตราต่ำที่สุด การใช้ในจุดประสงค์นี้เพื่อป้องกันผิวหน้าดินในการรักษาความชื้นในดิน โดยไม่ได้มุ่งหวังในเรื่องธาตุอาหาร

10.2 ปรับโครงสร้างดินและกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้เกิดขึ้นอย่างมากมาย ดังนั้นการใช้กลุ่มอินทรียวัตถุต้องที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 15 – 30 เรียกว่า กลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปรวดเร็ว (active fraction) เมื่อใส่คลุกเคล้ากับดินจะกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในกลุ่มนี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดสารอินทรีย์ที่หลากหลายและจำนวนมากและการสร้างสารเชื่อมโดยจุลินทรีย์ มีผลทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดินหรือรวมตัวกับอนุภาคต่างๆ ในดิน โดยที่ปริมาณของอินทรียวัตถุกลุ่มนี้ลดปริมาณอย่างรวดเร็วและหมดไปภายในระยะเวลามีไม่นาน เพราะมีสารประกอบที่สิ่งมีชีวิตในดินสามารถนำไปใช้ได้ปริมาณมากและอยู่ในรูปที่ใช้ง่าย ได้แก่ น้ำตาล แป้งและโปรตีน ดังนั้นการรักษาระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้สูงอยู่ได้ ทำโดยการเติมอินทรียวัตถุลงในดินอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

10.3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ เป็นแหล่งของธาตุอ่าหารพืช ดังนั้นการใช้กลุ่มอินทรียวัตถุต้องที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 10 – 25 เรียกว่า กลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปช้า (slow fraction)ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนปานกลางควบคู่กับที่มีปริมาณไนโตรเจนมากเกินพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ดิน เป็นอินทรียวัตถุที่ผ่านการย่อยสลายส่วนหนึ่งมาก่อน ทำให้อินทรียวัตถุกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีบทบาทในการเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนและซัลเฟตเป็นหลัก ให้ฟอสฟอรัสรองลงมาและให้จุลธาตุทุกชนิด โดยปริมาณอินทรียวัตถุในกลุ่มนี้มีอายุคงทนในดินได้นานเป็นสิบปี เพราะเป็นอินทรียวัตถุที่รวมชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อพืชที่มีขนาดละเอียดมาก มีปริมาณลิกนินและสารประกอบที่สลายได้ยากอยู่มาก นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่รักษาให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินดำเนินได้ในอัตราคงที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

10.4 การดูดซับธาตุอาหารและความคงทนของก้อนดิน ดังนั้นการใช้กลุ่มอินทรียวัตถุต้องที่มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วงไม่เกิน 10 เรียกว่า กลุ่มอินทรียวัตถุในดินที่มีการแปรรูปเฉื่อย (passive fraction) เป็นอินทรียวัตถุที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายแล้วอย่างมาก จนเหลือเฉพาะสารที่มีรูปคงทน ซึ่งสามารถอยู่ในดินได้เป็นร้อยถึงพันปี สารที่เหลือรวมกัน เรียกว่า ฮิวมัส ซึ่งแทรกซึมกับอนุภาคดินอย่างเหนียวแน่น ทำให้จุลินทรีย์ดินเข้าถึงได้ยาก จึงถูกนำออกมาย่อยสลายต่อได้ในอัตราที่ช้ามาก ปริมาณของฮิวมัสมีประมาณร้อยละ 60 – 90 ของอินทรียวัตถุในดินทั่วไป คุณสมบัติของฮิวมัสมีขนาดเล็ก เป็นสารแขวนลอยและที่ผิวมีประจุเป็นบวกและลบจำนวนมาก ทำให้มีบทบาทในการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ และเพิ่มความคงทนของก้อนดิน ทำให้โครงสร้างดินพัฒนาเป็นแบบเม็ดกลมเล็ก ซึ่งช่วยลดช่องว่างขนาดใหญ่และลดการสูญเสียธาตุอาหารของพืชจากการชะล้างของ

บทที่ 3

ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการเกษตรที่ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.ความหมายของปุ๋ย

ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 และพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้ให้คำจำกัดความของปุ๋ยไว้ว่า “**ปุ๋ย**” หมายถึง สารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือการสังเคราะห์ สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดิน เพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช ในหลักวิชาการปุ๋ยโดยทั่วไปสามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ

1.ปุ๋ยเคมี หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยวปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมถึงปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ ยิปซัม โดโลไมต์ หรือสารอื่นที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

2. ปุ๋ยอินทรีย์ หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ

3. ปุ๋ยชีวภาพ หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้มาจากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพทางกายภาพหรือทางชีวเคมี และให้หมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์

2. ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ ปัจจุบันสามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ดังนี้

2.1 ปุ๋ยคอก

2.2 ปุ๋ยหมัก

2.3 ปุ๋ยพืชสด

2.4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือปุ๋ยอินทรีย์เหลว

โดยปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จะอธิบายในบทที่ 4, 5, 6 และ 7 ต่อไป

3. ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์

3.1 ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งอินทรียวัตถุ ดังนั้น ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงบำรุงดิน

3.2 ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งธาตุอาหาร ได้แก่ ธาตุหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุค่อนข้างครบถ้วนที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต แม้แต่ละธาตุจะมีปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่ธาตุอาหารส่วนมากปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ เพราะธาตุอาหารบางส่วนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์และบางส่วนอยู่ในรูปคีเลต จึงมีการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างน้อย (ธงชัย,2546)

3.3. ปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีของดิน

โดยเหตุที่ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ต่ำและสลายตัวให้ฮิวมัสซึ่งมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง จึงปรากฏต่อสมบัติทางเคมีของดินในลักษณะเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยมีอินทรีย์สารที่มีตำแหน่งของการแลกเปลี่ยนประจุบวกและลบในปริมาณสูงมาก ทำให้ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชได้สูง ซึ่งช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชและพืชสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะดินทราย นอกจากนี้ช่วยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างของดินไม่เปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลันและให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

ในบางกรณีปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดอาจมีปริมาณธาตุอาหารบางธาตุสูงมากและอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนแคบจึงสลายตัวง่าย ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างฉับพลัน ในลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดอันตรายต่อพืช โดยความร้อนที่เกิดจากการสลายตัวอย่างรวดเร็ว และสำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนกว้าง เมื่อใส่ลงในดินจะทำให้เกิดการขาดธาตุไนโตรเจนอย่างรุนแรงในระหว่างการสลายตัว ปุ๋ยอินทรีย์จากซากพืชบางอย่างอาจมีแทนนินและสารอื่นๆ เป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง อาจเป็นพิษกับพืชได้ถ้าปุ๋ยนั้นยังสลายตัวไม่สมบูรณ์ ดังนั้นควรให้ปุ๋ยอินทรีย์มีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปจะไม่พบว่าผลตกค้างจากปุ๋ยอินทรีย์มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

3.4 ปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

เนื่องจากอินทรีย์สารในปุ๋ยอินทรีย์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงและมีแรงยึดเหนียวระหว่างอนุภาคที่พอเหมาะ จึงปรากฏว่าเมื่อใส่ลงในดินจะทำให้ดินอุ้มน้ำดีขึ้นและปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงขึ้น ทำให้ดินที่มีอนุภาคหยาบเกาะตัวกันดีขึ้น ส่วนดินเหนียวจะร่วนขึ้น มีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ความหนาแน่นลดลง ไม่แข็งเมื่อแห้ง และไม่จับติดเครื่องมือไถพรวนเมื่อมีความชื้นสูง อย่างไรก็ดีผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางกายภาพของดินจะไม่เป็นผลที่ยั่งยืนถาวร ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ความถี่ในการใส่และอัตราการสลายตัวขององค์ประกอบของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น พวกที่มีองค์ประกอบของ humic type อยู่สูงจะช่วยรักษาสภาพทางกายภาพของดินให้ดีอยู่ได้นาน ซึ่งพวกนี้มักได้มาจากสารที่มี aromatic compound เป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก แต่อินทรีย์สารบางแหล่ง เช่น ใบของพวก mints (กระเพรา สะระแหน่) พวกสนและยูคาลิปตัส มีสารประกอบประเภทไขมันและสารประกอบ nonpolar hydrophobic อื่นๆ อยู่มาก ถ้านำมาทำปุ๋ยอินทรีย์และย่อยสลายไม่สมบูรณ์ เมื่อนำไปใช้อาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะสารที่อยู่ในอินทรีย์สารเหล่านี้ค่อนข้างคงทนจึงมิได้ถูกย่อยสลายได้ง่าย เมื่อดินได้รับแสงแดด อุณหภูมิสูงขึ้น สารเหล่านี้จะหลอมตัวเคลือบอนุภาคของดินบางส่วนไว้ ทำให้อนุภาคของดินเหล่านั้นไม่เปียกน้ำโดยง่ายและไม่อุ้มน้ำซึ่งอาจส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชได้ อย่างไรก็ตามผลเสียที่เกิดขึ้นในระยะเวลาไม่นาน เมื่อสารเหล่านี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้สมบัติของดินกลับคืนมาเป็นปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

3.5 ปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางชีวภาพของดิน

สารอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์นั้นอยู่ในระหว่างขั้นตอนของการสลายตัว จึงยังมีสารให้พลังงานเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของสิ่งมีชีวิตในดิน เมื่อใส่ลงในดินจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เชื้อราต่างๆ จะแทงกระจุกใยรา (mycelium) ลงในดินอย่างหนาแน่น สัตว์เล็กๆ จะมาใช้เป็นอาหารและไชชอนไปรอบบริเวณ ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์เหล่านี้ล้วนมีผลโดยตรงและโดยทางอ้อมต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในรูปต่างๆ ถ่ายทอดและถ่ายเทจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงเท่ากับเป็นการรักษาธาตุอาหารในรูปต่างๆ ไว้ไม่ให้สูญหายในเวลาอันสั้น และการปรากฏตัวและเพิ่มปริมาณของไส้เดือนและสัตว์เล็กอื่นๆ ภายหลังใส่ปุ๋ยอินทรีย์ย่อมเป็นสัญลักษณ์ที่บ่งบอกให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

4. การย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์

เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงในดิน เมื่อปุ๋ยอินทรีย์ได้รับความชื้นและสภาวะอื่นๆ ในดินที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิการระบายอากาศและความเป็นกรดเป็นด่างของดิน สารต่างๆ ที่ละลายได้ในปุ๋ยจะถูกปลดปล่อยออกมาและถูกดูดกินโดยจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันอินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและง่ายต่อการเข้าทำลายจะถูกย่อยสลาย โดยน้ำย่อยของจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่วนสารที่มีลักษณะโมเลกุลค่อนข้างซับซ้อนก็จะถูกย่อยสลายอย่างช้าๆ และบางส่วนของโมเลกุลที่ถูกย่อยสลายไปบ้างแล้ว แต่ยังมีลักษณะ aromatic ring ที่ซับซ้อนอยู่อาจรวมตัวกับประจุต่างๆ เกิดเป็นสารฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งคงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มากขึ้น เนื่องจากมักจะเข้าทำปฏิกิริยากับอนุภาคดินเหนียวเกิดเป็น humus – clay complex ส่วนสารประกอบอินทรีย์พวก aliphatic หรือ straight chain นั้น ส่วนใหญ่จะค่อยๆ ถูกย่อยสลายกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศ โดยในขณะที่อินทรีย์สารในปุ๋ยอินทรีย์กำลังถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินนั้น สารประกอบอินทรีย์ในรูปต่างๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเปลี่ยนแปลงย่อยสลายไปตามลำดับ และในที่สุดจะไปเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและกำมะถัน เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนเตรทไอออน (NO_3^-) ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) และฟอสเฟตไอออน 2 รูป คือ HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งจุลินทรีย์และรากพืชดูดไปใช้ได้ ส่วนธาตุโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์มักอยู่ในรูปไอออนที่ละลายน้ำได้ดีจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที ส่วนธาตุโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์จะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาลักษณะที่คล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแล้วจะเป็นอัตราที่ช้าและสม่ำเสมอมากกว่า จึงทำให้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงและพืชตอบสนองได้ดีและไม่ค่อยเกิดที่เป็นพิษต่อพืช แต่เมื่อเทียบการใช้ต่อหน่วยมีปริมาณธาตุอาหารหลักน้อยกว่าปุ๋ยเคมี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; ยงยุทธและคณะ, 2551)

5. ข้อจำกัดและข้อควรระวังของปุ๋ยอินทรีย์

5.1 มีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอยู่น้อย เพราะปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารพืชหลักและธาตุอาหารรองอยู่น้อย แต่จุลธาตุพอเพียงหรือเกือบเพียงพอกับความต้องการของพืช

หากต้องการให้พืชได้รับปริมาณธาตุอาหารหลักที่เพียงพอจะต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายในการขนย้ายสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; ธงชัย,2546; อำนาจ, 2548) ดังนั้น เพื่อให้พืชได้รับปริมาณธาตุอาหารที่ครบถ้วนและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด จึงควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังรายงานของ กรรณิกาและคณะ (2554) ว่า จากการทดลองใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยเคมีระยะเวลา 25 ปี ตั้งแต่ 2515 – 2543 แล้วหยุดใส่ปุ๋ยตั้งแต่ พ.ศ. 2544 – 2553 ในนาดินทรายปนดินร่วน พบว่า ในเวลา 25 ปี แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 380 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 523 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวอัตรา 500 1,000 1,500 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 448, 501, 529 และ 558 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 613, 633, 663 และ 690 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และเมื่อหยุดใส่ปุ๋ย 10 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักหรือการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมียังสามารถรักษาระดับผลผลิตข้าวได้ดีกว่าใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

5.2 ปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดสิ้นเปลืองพื้นที่ในการเก็บรักษาก่อนนำไปใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก

5.3 ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละแหล่งอาจมีคุณภาพไม่เท่ากันเช่น ปุ๋ยคอกจากมูลไก่ไข่จะมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่ามูลโคที่เลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติ เพราะอาหารที่เลี้ยงไก่มีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปุ๋ยหมักที่ผลิตมาจากวัสดุอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง ได้แก่ กากเมล็ดถั่วเหลือง กระดูกป่น ใบกระถิน รำข้าว หรือมูลสัตว์ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตมาจากเศษพืช เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด ดังนั้นก่อนนำไปใช้ควรทำการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อให้ทราบปริมาณอินทรียวัตถุและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ จะได้นำไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

5.4 ปริมาณไม่เพียงพอบางโอกาสปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดหายากหรือหามาได้ไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ซึ่งบางครั้งอาจทำให้มีราคาแพงเกินไปที่จะคุ้มค่าที่จะนำมาใช้ เช่น มูลค้างคาว

5.5 ปุ๋ยอินทรีย์อาจมีโรคพืชและเมล็ดวัชพืชติดมา เช่น การนำปุ๋ยคอกมาใส่ให้กับดินโดยตรงโดยไม่ผ่านกระบวนการหมักก่อน หรือการนำปุ๋ยหมักที่หมักไม่ถูกวิธีอาจจะมีโรคพืช แมลงศัตรูพืชและเมล็ดวัชพืชติดมาด้วย ทำให้พืชที่ได้รับปุ๋ยได้รับผลกระทบจากโรคพืช แมลง และวัชพืชมากขึ้น (อำนาจ, 2548)

5.6 ปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดมีธาตุโลหะหนักและสารพิษอื่นๆ ติดมาเช่น ปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำมาจากขยะของวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และครัวเรือนที่ไม่มีการคัดแยกวัตถุที่มีธาตุโลหะหนัก เช่น แบตเตอรี่แห้งที่มีสารแคดเมียนหรือมีสารตะกั่ว หรือกระดาษบางชนิดที่มีการพิมพ์ด้วยหมึกที่มีโลหะหนัก จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำมาจากขยะมีโอกาสที่จะมีธาตุโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอทและแคดเมียน ติดมาได้ เมื่อพืชดูดปุ๋ยไปใช้คนหรือสัตว์ที่บริโภคพืชจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวอาจเกิดอันตรายได้และยังสะสมอยู่ในดิน นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อาจมีธาตุอาเซนิคปะปน เนื่องจากมีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโตของไก่ที่มีธาตุอาร์เซนิคเป็นส่วนประกอบอยู่ การใช้มูลไก่หรือมูลสุกรอาจมีโซดาไฟติดมาจากการใช้โซดาไฟทำความสะอาดพื้นคอก ซึ่งธาตุโซดาไฟมีผลเสียต่อสมบัติของดินและพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข; อำนาจ, 2548) ดังนั้นจึงควรระมัดระวังโดยการไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีโลหะหนักหรือสารพิษอื่นๆใส่ลงในดิน

5.7 ปุ๋ยอินทรีย์อาจทำให้เกิดปัญหาการสะสมไนเตรทในพืช เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากซากพืชและสัตว์ ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆมีสัดส่วนระหว่างธาตุอาหารชนิดต่างๆ ผันแปรในช่วงที่แคบมาก

เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ดังนั้น จึงไม่สามารถปรับสมดุลของธาตุอาหารในดินได้ ส่งผลให้ได้ผลผลิตพืชต่ำ แล้วยังอาจทำให้พืชมีการสะสมธาตุอาหารบางตัวมากเกินไป เช่น ในกรณีที่ดินขาดธาตุฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง แล้วพยายามใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนมากแต่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อย ถ้าหากใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปเพื่อมุ่งหวังแก้ปัญหาการขาดธาตุฟอสฟอรัส แต่ในปุ๋ยมูลไก่ส่วนใหญ่มีธาตุไนโตรเจนในสัดส่วนที่สูงและมีธาตุฟอสฟอรัสในสัดส่วนที่ต่ำ เมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่ลงไปในดินในปริมาณที่สูงอาจทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนเกินความต้องการของพืช ขณะที่ยังมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ สภาพเช่นนี้ทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่และต้องการไนโตรเจนน้อย แต่ดินมีการปลกปล่อยไนเตรทมาก พืชดูดเข้าไปมากจนเกินความต้องการและเกิดการสะสมในพืช จนอาจเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ที่กินพืชนั้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข; อำนาจ, 2548) ดังนั้นในการแก้ปัญหาดินที่ขาดธาตุอาหารควรคำนึงถึงสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่ขาดมากเพียงพอต่อการแก้ปัญหา โดยอาจวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนที่จะนำไปใช้ เพื่อจะได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่เหมาะสมกับพืช และไม่ก่อเกิดปัญหาการตกค้างของธาตุอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อคนและสัตว์ที่กินพืชนั้น

5.8 ปุ๋ยอินทรีย์มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาการชะล้างไนเตรทสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ของธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปที่พืชดูดไม่ได้และจะต้องรอจนกว่าปุ๋ยจะสลายตัว เพื่อให้ธาตุอาหารถูกเปลี่ยนเป็นรูปที่พืชดูดใช้ได้ ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ได้อย่างช้าๆ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่พืชจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยก่อนปลูกพืชหรือก่อนระยะที่พืชต้องการธาตุอาหาร และมักมีการแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปลูกพืช อย่างไรก็ตามเมื่อใส่ปุ๋ยแล้วเกิดสภาพฝนแล้งทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้และตายในที่สุด เมื่อฝนตกในระยะต่อมาทำให้ดินมีความชื้นแต่ไม่มีพืชที่ปลูกอยู่แล้ว ดังนั้น เมื่อปุ๋ยอินทรีย์ก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารรวมทั้งไนโตรเจนออกมาสู่ดินโดยกิจกรรมจุลินทรีย์และสะสมในดิน โดยไม่มีพืชดูดไปใช้จึงอาจทำให้ไนเตรทถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข; อำนาจ, 2548) ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาการชะล้างไนเตรทสู่แหล่งน้ำ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่พืชต้องคำนึงถึงความชื้นของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์

5.9 ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกออกจากดิน เนื่องจากใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดกระตุ้นให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตมากขึ้น ทำให้ดินสภาพที่มีน้ำขังปรับสู่สภาพอับอากาศหรือสภาพที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอรุนแรงขึ้นและดินดอนปรับสู่สภาพอับอากาศในบางส่วนของมวลดิน เช่น ส่วนในของเม็ดดินรุนแรงขึ้นเกิดสภาพรีดักชันรุนแรงที่เกื้อหนุนการเกิดก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในดินซึ่งก๊าซทั้งสองชนิดนี้เป็นก๊าซเรือนกระจก เมื่อระเหยสู่บรรยากาศทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน โดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนสูงและเศษพืชที่ยังสลายตัวหรือสลายตัวไปเพียงบางส่วนจะมีผลต่อการเกิดก๊าซดังกล่าวมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนต่ำและฟางข้าวมีผลมากกว่าต้นและใบพืชตระกูลถั่ว (กรมวิชาการเกษตร, 2548ข; อำนาจ, 2548) ดังนั้นเพื่อลดการเกิดโลกร้อนจึงควรใช้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่สลายตัวสมบูรณ์โอกาสการเกิดก๊าซเรือนกระจกทั้งสองชนิดจะน้อยลง นอกจากนี้การจัดการน้ำอย่างเหมาะสมจะลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากแปลงนาได้อย่างต่อเนื่อง เช่น มีการระบายน้ำระหว่างฤดู

ปลูก การปล่อยน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในดินนาเพราะเมื่อปล่อยให้ดินทีการระบายน้ำจะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในดินได้ (วิภาวรรณ, 2558)

6. หลักการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

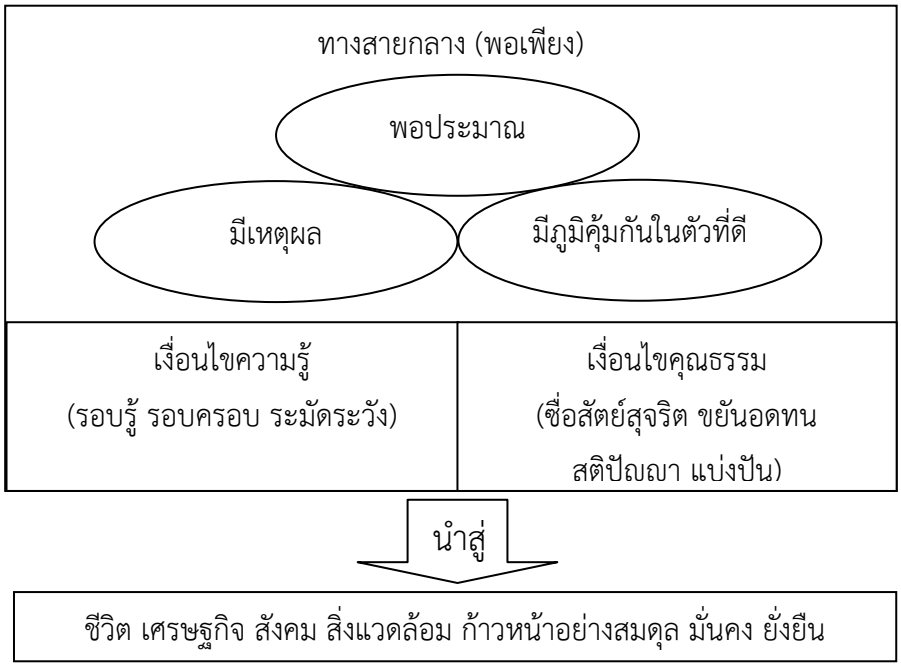
เศรษฐกิจพอเพียง (sufficiency economy) เป็นหนึ่งในแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวราชกาลที่ 9 ที่ได้พระราชทานเป็นปรัชญาในการดำรงชีวิตและปฏิบัติตนของประชาชนในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับครอบครัว ระดับชุมชน จนถึงระดับรัฐ ในการดำเนินทางสายกลาง โดยเฉพาะการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อระสานงานโครงการอันเนื่องจากพระราชดำริ. กปร., 2549) หลักการของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ประการ คือ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล และสร้างภูมิคุ้มกัน และ 2 เงื่อนไข คือ ความรู้ และคุณธรรม (คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียง, 2549) ซึ่ง สุเมธ (2549) ได้ขยายความไว้ดังนี้ คือ

1. ความพอประมาณ คือ ทำตามศักยภาพและความพร้อมของตนเอง การพัฒนาต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอน

2. สร้างภูมิคุ้มกันในตัว คือ การเตรียมตัวเพื่อให้สามารถเผชิญและอยู่รอดจากผลลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งภายนอกและภายใน มีการสร้างความสมดุลและความพร้อมต่อการรองงรับการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ

3. ความมีเหตุผล คือ ต้องมีความรู้ ความรอบคอบ และความระมัดระวังอย่างยิ่งในการนำวิชาการต่างๆ มาวางแผนงานและดำเนินการทุกๆ ขั้นตอนในการทำงาน

4. เสริมสร้างพื้นฐานจิตใจให้สำนึกในคุณธรรมและจริยธรรม ดำเนินชีวิตด้วยความซื่อสัตย์สุจริต ขยันอดทน มีความเพียร มีสติปัญญาและการแบ่งปัน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 สรุปปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ที่มา: คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียง (2549)

ในการปรับใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการเกษตรอย่างยั่งยืนนั้น หลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ

1. ความพอประมาณ หมายถึง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอยู่เป็นทุนเดิมของตนเองหรือภายในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดก่อนแสวงหาปุ๋ยอินทรีย์จากภายนอก ซึ่งเป็นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างพอเหมาะ พอควร กับระบบการเกษตร ส่วนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต้องคำนึงถึงความจำเป็น สถานะของตนเอง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ว่าเหมาะสมหรือไม่ โดยคำนึงถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอยู่และจำเป็นต้องใช้ในการรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตของพืช เพื่อให้เพียงพอที่จะดำเนินการให้เกิดประโยชน์ต่อพื้นที่มากที่สุด โดยอาศัยความรู้ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและพืชว่าต้องการธาตุอาหารของพืชที่ปลูก เพื่อใช้ในการวางแผนและตัดสินใจการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสม เช่น ถ้าเกษตรกรต้องการปลูกผักจำนวน 1 ไร่ จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ โดยร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 25 – 50 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ดังนั้น ถ้าเกษตรกรมีปุ๋ยหมักเพียง 2 ตัน จึงควรปลูกผักเพียง 0.5 ไร่ จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด

2. ความมีเหตุผล หมายถึง ต้องมีความรู้เกี่ยวกับชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ว่าชนิดไหนมีความเหมาะสมกับระบบการเกษตรแบบไหน เพื่อนำไปใช้ในการการตัดสินใจดำเนินการใช้ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ให้มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูก เช่น ในพื้นที่การทำเกษตรที่มีขนาดใหญ่มาก ส่วนใช้จะใช้พืชปุ๋ยสดในการปรับปรุงบำรุงดิน เพราะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าการใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกและลงทุนน้อยกว่า แต่ถ้าเกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกได้ปริมาณมากๆ ก็สามารถใช้ได้ตามความเหมาะสม เพราะในปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกจะมีปริมาณธาตุอาหารของพืชโดยรวมมากกว่าปุ๋ยพืชสดและเป็นการนำธาตุอาหารจากแหล่งอื่นมาใส่โดยพื้นที่ปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และสับปะรด นิยมใช้พืชปุ๋ยสด ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพร้าและถั่วพุ่ม เพราะความสามารถเจริญเติบโตและทนต่อความแห้งแล้งได้ดี โดยสามารถปลูกก่อนปลูกพืชหลักและไถกลบ หรือปลูกแซมระหว่างแถวพืชหลัก ส่วนพื้นที่นาข้าว นิยมใช้พืชปุ๋ยสด ได้แก่ โสนอัฟริกัน เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพน้ำขัง ถ้าสภาพน้ำไม่ขังใช้ปอเทือง ถั่วพร้าและถั่วพุ่มได้ โดยปลูกพืชปุ๋ยสดก่อน พร้อม หรือหลังการทำนา และสามารถใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมด้วยโดยการราดและฉีดพ่นพืช เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช เพราะปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะมีสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ฮอร์โมน กรดอะมิโน และสารฮิวมิก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

3. การสร้างภูมิคุ้มกัน หมายถึง โดยมีการวางแผนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ต้องการใช้ในระบบการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการกับพืชที่ปลูก ได้แก่ การเตรียมปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดที่ต้องการใช้ในปีต่อไปให้เพียงพอ โดยหาแหล่งวัตถุดิบที่มีราคาถูกภายในท้องถิ่นหรือบริเวณใกล้เคียงในการนำมาผลิตปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และเก็บเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดไว้บางส่วนที่ต้องการใช้ หรืออาจมีการตั้งกลุ่มกันภายในชุมชนในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น ธนาคารปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน กลุ่มโรงปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน ซึ่งต้องมีความซื่อสัตย์สุจริต ขยันอดทน สติปัญญา แบ่งปัน และหาความรู้ด้านต่างๆ เพื่อมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูงและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น นำวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารสูงในท้องถิ่นมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักและผสมเชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ผลิตฮอร์โมน

และป้องกันโรคราก เน่าโคนเน่า เพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพและนำมาซึ่งผลประโยชน์ในระยะยาวและความสุขที่ยั่งยืน และเป็นการป้องกันผลกระทบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการเกษตรในอนาคต

บทที่ 4
ปุ๋ยคอก

1. ความหมาย

ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากมูลสัตว์ต่างๆ เช่น เป็ด ไก่ หมู วัว และควาย เป็นต้น (มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540)

ปุ๋ยคอก หมายถึง สิ่งที่ได้จากมูลสัตว์ และเกิดการเน่าเปื่อยหรือย่อยสลายจนถึงขั้นกลายเป็นฮิวมัสแล้วจึงนำไปใช้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ประกอบด้วยอุจจาระ ปัสสาวะของสัตว์ต่างๆ เช่น โค กระบือ สุกร ม้า เป็ด ไก่ แพะ แกะ ค้างคาว และสัตว์อื่นๆ ผสมกับเศษอาหารต่างๆ เข้าไปด้วย ซึ่งมีสารอินทรีย์ต่างๆ มากมาย มีทั้งพวกที่เป็นฮิวมัสและส่วนอาหารที่ยังสลายตัวไม่หมด (ธงชัย, 2546)

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ได้แก่ มูลเป็ด มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลค้างคาว เป็นต้น เป็นผลพลอยได้มาจากการเลี้ยงสัตว์ที่มีการนำมาใช้ทางด้านการเกษตรเป็นเวลานานมาแล้ว มูลสัตว์เหล่านี้เป็นส่วนของซากพืชซากสัตว์จากอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยอาหารสัตว์ (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548ก)

ปุ๋ยคอก คือ ปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ที่สามารถรวบรวมได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากคอกสัตว์เลี้ยง บางชนิดอาจได้มาจากสัตว์ที่ไม่ได้เลี้ยงอาศัยอยู่รวมกัน ได้แก่ มูลนกและมูลค้างคาว (ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย, 2549)

ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์อย่างหนึ่งที่ได้จากมูลสัตว์และเศษซากพืชรองคอก (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ เช่น โค กระบือ สุกร ไก่ เป็ดและห่าน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ปุ๋ยคอก คือ มูลซึ่งสัตว์ขับถ่ายและสะสมอยู่ตามพื้นคอก ตลอดจนมูลและน้ำล้างคอกที่รวมอยู่ในสระเก็บน้ำทิ้ง มูลสัตว์ซึ่งรวบรวมได้มากพอที่จะใช้เป็นปุ๋ย ได้แก่ มูลโค กระบือ สุกรและสัตว์ปีก ในมูลสัตว์ดังกล่าวมีฟาง วัสดุรองคอก เศษพืช เศษอาหารและปัสสาวะรวมกัน (ยงยุทธและคณะ, 2551)

จากความหมายปุ๋ยคอกที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า **ปุ๋ยคอก (animal manure)** หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากมูลสัตว์ที่ขับถ่ายและสะสมอยู่ตามพื้นคอกรวมทั้งวัสดุรองพื้นคอก ตลอดจนมูลและน้ำล้างคอกที่รวมในบ่อเก็บน้ำทิ้งหรือบ่อแก๊สชีวภาพ หรือมูลสัตว์ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เช่น มูลค้างคาว

2. แหล่งที่มาและปริมาณมูลสัตว์ที่มีอยู่ในประเทศไทย

การเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยเป็นภาคเกษตรกรรมที่สำคัญ ประกอบด้วยฟาร์มขนาดใหญ่ที่ใช้เทคโนโลยีสูงผลิตเพื่อการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ฟาร์มขนาดกลางซึ่งผลิตเพื่อการบริโภคในท้องถิ่น และเกษตรกรรมย่อยที่เลี้ยงสัตว์ควบคู่กับการปลูกพืช หรือเป็นอาชีพเสริม ซึ่งเป็นแหล่งปุ๋ยคอกที่สำคัญเพราะในแต่ละปีมีมูลสัตว์จำนวนมาก โดยส่วนใหญ่มักนำไปใช้เป็นปุ๋ยแต่ยังมีส่วนหนึ่งที่เหลือทิ้งไว้ในคอกหรือระบายออกไปกับน้ำล้างคอกลงสู่ทางน้ำสาธารณะ และก่อมลพิษกับแหล่งน้ำ นอกจากนี้ปุ๋ยคอกจาก

แหล่งธรรมชาติส่วนมากจะอยู่ตามถ้ำ ได้แก่ มูลค้างคาวและมูลนก อย่างไรก็ตามหากสามารถนำมูลสัตว์มาใช้เป็นปุ๋ยคอกในท้องถิ่นได้มากกว่าที่เป็นอยู่ก็จะช่วยเพิ่มผลิตภาพของดินให้สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยคอกมีทั้งธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ พืชจะได้รับประโยชน์จากการใส่ปุ๋ยคอกสองประการ คือ ประการที่ 1 ธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์อย่างช้าๆ และต่อเนื่องด้วยกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และประการที่ 2 ปรับปรุงสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดิน ซึ่งจะเกิดผลเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยคอกหลายๆ ครั้ง จากรายงานของกรมวิชาการเกษตร พบว่า ปุ๋ยคอกส่วนใหญ่มาจากสัตว์ 6 ประเภท คือ โคเนื้อ โคนม กระบือ ไก่ เป็ด และสุกร ซึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณสูงสุด คือ 18.198 ล้านตัน ภาคกลางรวมกับภาคตะวันออกมีปริมาณ 11.039 ล้านตัน ภาคเหนือมีปริมาณ 4.975 ล้านตัน และภาคใต้มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 1.259 ล้านตัน เมื่อพิจารณามูลสัตว์ที่ได้จากสัตว์แต่ละประเภท พบว่า มูลจากระบือมากที่สุดถึง 14.52 ล้านตัน มูลจากโคเนื้อ 10.53 ล้านตัน มูลจากสุกร 6.11 ล้านตัน มูลจากโคนม 2.20 ล้านตัน มูลจากไก่ 1.94 ล้านตัน และมูลจากเป็ดน้อยที่สุด คือ 0.171 ล้านตัน ซึ่งแยกเป็นรายภาคต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชนิดและปริมาณมูลสัตว์ในภาคต่างๆ ปี 2547 (ล้านตัน)

ชนิดมูลสัตว์	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลางและภาคตะวันออก	ภาคใต้	รวม
มูลโคเนื้อ	2.18	4.36	3.66	0.33	10.53
มูลโคนม	0.175	0.44	1.54	0.045	2.20
มูลกระบือ	1.49	11.81	0.95	0.27	14.52
มูลสุกร	0.80	1.00	3.84	0.47	6.11
มูลไก่	0.30	0.54	0.97	0.13	1.94
มูลเป็ด	0.030	0.048	0.079	0.014	0.171
รวม	4.975	18.198	11.039	1.259	35.471

ที่มา: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2548ข)

3. ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกแต่ละชนิดจะมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า

3.1 คุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.2 พบว่า มูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารหลักมากที่สุด เพราะคุณภาพของอาหารที่เลี้ยงไก่มีโปรตีน ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่าอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยทั่วไประบบการย่อยอาหารของสัตว์สามารถดูดซึมสารอาหารไปได้เพียงบางส่วนที่เหลือจะออกมากับสิ่งขับถ่าย กล่าวคือประมาณร้อยละ 75 ของไนโตรเจน ร้อยละ 80 ของฟอสฟอรัส และร้อยละ 90 ของโพแทสเซียมในอาหารจะตกค้างอยู่ในมูลที่ขับถ่าย และสิ่งขับถ่ายของสัตว์มีทั้งของแข็งและของเหลว (ปัสสาวะ) โดยประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสเกือบทั้งหมดและสองในห้าส่วนของ

โพแทสเซียมพบอยู่ในสิ่งขับถ่ายที่เป็นของแข็ง สำหรับปัสสาวะแม้จะมีธาตุอาหารบางธาตุน้อยกว่า แต่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ง่ายกว่า ดังนั้นจึงควรจัดการให้มีการสูญเสียปัสสาวะจากคอกสัตว์น้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์ พบว่า มีไนโตรเจน 2.0 – 5.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.5 – 2.0 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1.0 – 3.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจุลธาตุบางธาตุ เช่น เหล็กและสังกะสี จะมีสูง หากมีผสมผสานประกอบของธาตุเหล่านี้ลงไปอาหารสัตว์ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าปุ๋ยคอกจึงเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารพืช (ยงยุทธและคณะ, 2551)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของธาตุอาหารในมูลสัตว์ 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, มก./กก.	1,800	5,000	1,000	1,000
Mn, มก./กก.	165	40	413	182
Zn, มก./กก.	165	8	480	390
Cu, มก./กก.	30	2	172	150
B, มก./กก.	20	14	40	75
Mo, มก./กก.	-	1	0.7	0.6

ที่มา: Bredy and Well (2002)

แต่ยกเว้นมูลค้างคาว เนื่องจากค้างคาวเป็นสัตว์ป่าที่อาศัยตามถ้ำรวมกันเป็นฝูงใหญ่ และถ่ายมูลไว้ตามพื้นถ้ำปริมาณมาก ทำให้มูลค้างคาวมีสมบัติหลายอย่างที่แตกต่างจากมูลสัตว์เลี้ยงทั่วไป ดังรายงานของยงยุทธและคณะ (2551) ว่า มูลค้างคาวที่จำหน่ายในประเทศเปรูมีปริมาณธาตุอาหาร ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.0 – 5.6 ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 5 – 8 ปริมาณอินทรียวัตถุ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ กรดฟุลวิก 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ และมีเชื้อรา แบคทีเรียและแอคติโตมัยซีสที่เป็นประโยชน์อยู่มาก สำหรับมูลค้างคาวและหินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาวที่พบในประเทศไทย มี

ปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ดังนี้ 1) มูลค้างคาวที่พบในจังหวัดพังงาและกระบี่ มีฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.95 – 11.89 เปอร์เซ็นต์P_2O_5 โดย 28.47 – 94.73 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด คือ ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และ 2) หินฟอสเฟตที่เกิดจากมูลค้างคาว ซึ่งพบในจังหวัดพังงา กระบี่และเลย มีฟอสเฟตทั้งหมด 19.28 – 24.23 เปอร์เซ็นต์P_2O_5 โดย 39.82 – 93.12 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด คือ ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีผลทำให้ปริมาณของธาตุอาหารในมูลค้างคาวจากแต่ละแหล่งและแต่ละคราวที่เก็บออกมามีความแตกต่างกันมาก จึงอาจไม่ตรงกับข้อมูลในตารางที่ 4.3 หากต้องการทราบปริมาณธาตุอาหารธาตุอาหารที่แท้จริงของปุ๋ยที่ได้มาในคราวนั้น จำเป็นต้องส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.3 ปริมาณธาตุอาหารมูลค้างคาว

ธาตุ	ปริมาณ	ธาตุ	ปริมาณ
ไนโตรเจน (%N)	2.0 – 6.0	เหล็ก (%Fe_2O_5)	0.2 – 4.0
ฟอสฟอรัส (%P_2O_5)	1.5 – 10.0	แมงกานีส (%MnO)	0.1 – 0.2
โพแทสเซียม (%K2O)	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: ยงยุทธและคณะ (2551)

3.2 ขนาดของสัตว์ มีผลต่อปริมาณมูลสัตว์ที่ขับถ่ายและปริมาณธาตุอาหาร เช่น ปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว เพราะเกี่ยวข้องกับการกินอาหารและการนำธาตุอาหารไปใช้ สำหรับน้ำหนักมูลโคที่ขับถ่ายแต่ละวันตลอดจนปริมาณของธาตุอาหารหลักในมูลโค แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายแต่ละวันและปริมาณธาตุหลักในมูลโค

น.น.สัตว์	มูล	ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม	
(กก.)	(กก./วัน)	ก./วันกก./ปี		ก./วันกก./วัน		ก./วันกก./วัน	
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	195.5	71.3	63.6	23.2	140.9	51.4

ที่มา: Neumann (1977)

3.3 สภาพของการเลี้ยง เช่น มูลไก่ไข่ซึ่งเลี้ยงในกรงตับจะไม่มีวัสดุรองพื้นปน ส่วนมูลไก่กระทงซึ่งเลี้ยงรวมกันบนพื้นคอก ซึ่งอาจเป็นพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต โดยมีวัสดุรองพื้นคอก เช่น แกลบ ขี้เลื่อยและวัสดุอื่นเพื่อให้ดูดความชื้นจากน้ำที่ใช้เลี้ยงและสิ่งขับถ่าย เมื่อวัสดุรองพื้นหมดอายุการใช้ก็กวาดออกมาแล้วนำไปเป็นวัสดุบำรุงดิน สำหรับปริมาณมูลสดของไก่กระทงและไก่ไข่ที่ขับถ่ายแต่ละวันมีประมาณ 87

กิโลกรัม และ 73 กิโลกรัมต่อน้ำหนักไก่ 1000 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่าการเลี้ยงไก่ไข่แบบขังกรงจะมีธาตุไนโตรเจนมากกว่าการเลี้ยงไก่เนื้อในวัสดุรองพื้นคอก และปริมาณธาตุอาหารในมูลไก่แบบต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 นอกจากนี้พบว่าธาตุอาหารในมูลไก่จะมีค่ามากกว่ามูลชนิดอื่นๆ ดังรายงานของยงยุทธและคณะ (2551) ว่า การใส่มูลไก่อัตราไร่ละ 1500 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ให้ธาตุไนโตรเจน 43.3 กิโลกรัม (มี 11.2 กิโลกรัมNH_4-N) ธาตุฟอสฟอรัส 16 กิโลกรัม ธาตุโพแทสเซียม 26.4 กิโลกรัม ธาตุแคลเซียม 26.2 กิโลกรัม แมกนีเซียม 7.2 กิโลกรัม ธาตุซัลเฟอร์7.2 กิโลกรัม ธาตุแมงกานีส 0.3 – 0.8 กิโลกรัม ธาตุทองแดง 0.3 – 0.98 กิโลกรัม และธาตุสังกะสี 0.3 – 0.8 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเพียงพอสำหรับพืชไร่หลายชนิด

ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในมูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ มูลไก่ขังกรงและมูลไก่ในวัสดุรองพื้นคอก

ธาตุ	มูลไก่ที่ถ่ายใหม่ๆ		มูลไก่ไข่ (ขังกรง)		มูลไก่เนื้อในวัสดุรองพื้นคอก	
	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
B, (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	61–777	341

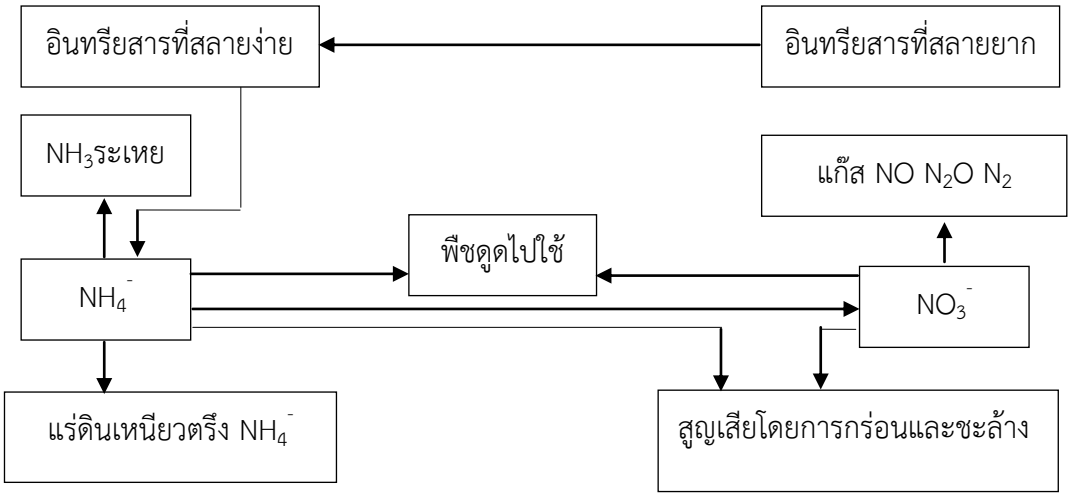
- ไม่มีข้อมูล

ที่มา: Sims and Wolf (1994)

สำหรับธาตุอาหารในปุ๋ยคอกที่ได้จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี เป็นการแสดงปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุว่าแต่ละธาตุมีปริมาณเท่าใด ส่วนความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารไม่อาจบอกได้จากการวิเคราะห์ แต่จะต้องทดสอบในแปลงทดลองเท่านั้น โดยกระบวนการ mineralization (Warman and Cooper, 2000; Tewolde et al., 2005) โดยในที่นี้จะกล่าวเฉพาะธาตุอาหารหลัก ดังนี้

1) ธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยคอก มีอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย เช่น แอมโมเนียม ไอออน ไนเทรตไอออนหรือยูเรีย ส่วนที่ 2 เป็นอินทรียสารซึ่งปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ

ภายในช่วงเวลาหนึ่งปี และส่วนที่ 3 เป็นอินทรียสารซึ่งสลายยากและปลดปล่อยธาตุอาหารช้ามาก โดยเริ่มปลดปล่อยเมื่ออย่างเข้าปีที่สอง สำหรับปุ๋ยคอกแบบแห้งมีไนโตรเจนสามส่วนนี้ประมาณ 10, 45 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยคอกแบบเหลวที่ผ่านการหมักในบ่อเก็บ มีไนโตรเจนสามส่วนนี้ประมาณ 50, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในมูลสัตว์ปีกมีกรดยูริกที่เป็นของแข็งที่มีไนโตรเจนสูงและจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายเป็นแอมโมเนียแล้วระเหยไป วิธียับยั้งการสูญเสีย คือ ทำให้มูลสัตว์แห้งโดยเร็ว มูลไก่มีไนโตรเจน 4 ประเภท ดังภาพที่ 4.1 คือ ประเภทที่ 1 เป็นสารเชิงซ้อนในขนและอาหารที่ย่อยสลายยาก ประเภทที่ 2 เป็นอินทรียสารที่แปรสภาพได้ เช่น กรดยูริกซึ่งจะถูกแอนไซม์ยูริเคสเปลี่ยนให้เป็นยูเรีย แล้วยูเรียก็ถูกเอนไซม์ยูรีเอสย่อยและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ประเภทที่ 3 เป็นแอมโมเนียมไนโตรเจน และประเภทที่ 4 เป็นไนเตรทไนโตรเจนโดยปกติไนโตรเจนรูปไนเตรทไม่มีในมูลไก่สด แต่พบในมูลเก่าซึ่งอยู่ในสภาพชื้นและมีออกซิเจนเพียงพอ สำหรับปริมาณของธาตุไนโตรเจนในมูลไก่จะแตกต่างตามขนาดของชิ้นส่วน โดยพวกที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 0.83 มิลลิเมตร จะมีธาตุไนโตรเจนมากกว่าพวกที่มีชิ้นใหญ่ (Scanes et al., 2004) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Pare *et al*. (2000) ว่า มูลสัตว์ปีกมาอัดเป็นเม็ดจะมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนน้อยกว่ามูลสัตว์ปีกที่ไม่อัดเม็ด โดยทดสอบมูลสัตว์หลังจากใส่ในดิน 60 วัน พบว่า ปุ๋ยที่อัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ดมีมินเนอราลไลเซราลไลเซชันของคาร์บอน 77 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยที่อัดเม็ดและที่ไม่อัดเม็ดมีมินเนอราลไลเซชันสุทธิของไนโตรเจน 75.5 และ 83.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 รูปของไนโตรเจนในมูลไก่และการเปลี่ยนแปลงของรูปไนโตรเจนต่างๆ

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

การทดสอบความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในมูลไก่ โดยการทดลองในดินที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการmineralization คือ กระบวนการการเปลี่ยนแปลงหรือการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ เพื่อหาค่ามินเนอราลไลเซชันสุทธิ (net mineralization) ถ้ามีค่ามากแสดงว่า มูลไก่มีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในเวลาอันรวดเร็วและมีปริมาณมาก โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

% mineralization $=[(NH_4\text{–}N + NO_3\text{-}N)_{trt}\text{–}(NH_4\text{ –}N+NO_3\text{-}N)_{ck}\text{–}(NH_4\text{ –}N+NO_3\text{ –}N)_{waste}]x100/$

$[(\text{Total N})_{waste} - (NH_4\text{-N}+NO_3\text{-N})_{waste}]$

เมื่อ $(NH_4\text{-N})_{trt}$และ$(NO_3\text{-N})_{trt}$คือ ปริมาณของธาตุNH_4-N และ NO_3-N ในดินที่ใส่ปุ๋ยคอก

$(NH_4\text{-N})_{ck}$และ $(NO_3\text{-N})_{ck}$ คือ ปริมาณของธาตุNH_4-N และ NO_3-N ในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอกเมื่อเริ่มทดลอง

$(\text{Total N})_{waste}$, $(NH_4\text{-N})_{waste}$ และ $(NO_3\text{-N})_{waste}$ คือ ปริมาณของธาตุไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณของธาตุNH_4-N และ NO_3-N ของปุ๋ยคอกก่อนเริ่มทดลอง (ยงยุทธและคณะ, 2551)

สำหรับสมบัติของปุ๋ยคอกที่มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิและอัตราการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมเป็นไนเตรท หรือที่เรียกว่า “**ไนตริฟิเคชัน**” คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ ซึ่งหมายความว่าหากค่าวิเคราะห์ทั้งสามค่านี้สูง ปุ๋ยคอกจะปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ง่าย ส่วนสมบัติของปุ๋ยคอกที่มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับสองกระบวนการดังกล่าวคือ ปริมาณเส้นใย อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมดต่อไนโตรเจนทั้งหมด อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมดต่ออินทรีย์ไนโตรเจน อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมดต่อแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณเส้นใยต่อไนโตรเจนทั้งหมด หรืออินทรีย์ไนโตรเจน หรือแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ (Castellanos and Pralt, 1981) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาอัตรามินเนอราลไลเซชันสุทธิของปุ๋ยคอกของ Griffin et al. (2005) พบว่า ปุ๋ยคอกลำดับที่ 8 จะมีมินเนอราลไรเซชันสุทธิต่ำกว่าปุ๋ยคอกลำดับที่ 2 หรือมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ยากและน้อยกว่าในดินร่วนปนทรายนั้น เพราะว่าปุ๋ยคอกลำดับที่ 8 มีไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ต่ำกว่าปุ๋ยคอกลำดับที่ 2 และมีอินทรียวัตถุ คาร์บอนทั้งหมด และเส้นใยสูงกว่าปุ๋ยคอกลำดับที่ 2 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของปุ๋ยคอกจากฟาร์มโคนม 9 แห่ง

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

ที่มา: Griffin et al. (2005)

นอกจากนี้การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยมูลวัว มูลไก่ และปุ๋ยหมักออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอาจจะวัดจากค่า C:N เรโชของปุ๋ยอินทรีย์เหล่านั้นได้ ซึ่งมีรายงายจากนักวิจัยหลายท่าน พบว่า ปริมาณ

ไนโตรเจนที่พืชดูดได้มีความสัมพันธ์กับ C:N เรโชของปุ๋ยอินทรีย์เหล่านั้น จากการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์ 13 ชนิด นี้ที่มีค่าC:N เรโช ระหว่าง 6.6 ถึง 21.7 นั้น การทดลองในช่วงเวลา 67 วัน สรุปได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี C:N เรโชต่ำกว่า 13 ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชในช่วงสั้นได้ดีกว่าพวกมีค่า 13–15 และที่สูงกว่า 15 จะปลดปล่อยได้น้อย ดังนั้น C:N เรโชของปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งในการประเมินผลของปุ๋ยต่อพืชในช่วงสั้น (Hartz et al., 2000; Qlan and Schoenau, 2002)

2. ธาตุฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอก มีทั้งที่เป็นอนินทรียสารและอินทรียสาร มูลแกะมีฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 1 ในจำนวนนี้เป็นอนินทรียสารร้อยละ 82 และอินทรียสารร้อยละ 18 ของที่มีอยู่ หากแจงฟอสฟอรัสในอินทรียสารจะได้ 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ประกอบเป็นฟอสโฟลีฟิด (phospholipids) ร้อยละ 0.3 ส่วนที่ 2 อยู่ในโปรตีนร้อยละ 12.1 ส่วนที่ 3 อยู่ในอินทรียสารซึ่งละลายในกรดไตรคลอโรแอซิติกร้อยละ 3.1 และส่วนที่ 4 ประกอบเป็นสารอินทรีย์อื่นๆ อีกร้อยละ 2.5 ของฟอสฟอรัสทั้งหมด ส่วนมากสัตว์ได้รับฟอสฟอรัสจากการกินพืช กระดูกและเกลือฟอสเฟส สำหรับฟอสฟอรัสที่สัตว์ปีกได้รับจากอาหารส่วนมากอยู่ในรูปของเกลือไฟเทตหรือเกลือของกรดอินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสฟอริก (inositalhexaphosphoric acid) ซึ่งสัตว์ย่อยและดูดซึมไปใช้ได้น้อย ดังนั้นเกลือไฟเทตส่วนใหญ่จึงถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ เมื่อเกลือนี้อยู่ในดินจะถูกจุลินทรีย์ย่อยแล้วปลดปล่อยฟอสเฟตไอออนออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้ โดยปกติสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตในดินมีอยู่ 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 คือ เกลืออินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟต ประเภทที่ 2 คือ ฟอสโฟลิพิด และประเภที่ 3 คือ กรดนิวคลีอิก นอกจากนี้อาจพบฟอสโปรตีนและน้ำตาลฟอสเฟต (sugar phosphate) ด้วย ในบรรดาสารประกอบเหล่านี้มีอินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟตประมาณร้อยละ 50 ของอินทรีย์ฟอสเฟตทั้งหมด ในแง่ของความเป็นประโยชน์นั้น พืชสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากกลีเซอรอลฟอสเฟต (glycerol phosphate) น้ำตาลฟอสเฟตม อินโนซิทอลเฮ็กซาฟอสเฟตและกรดนิวคลีอิก ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายรวดเร็วได้ดีทัดเทียมกับปุ๋ยอนินทรีย์ฟอสเฟต ดังนั้นส่วนของฟอสฟอรัสในปุ๋ยคอกที่พืชใช้เป็นประโยชน์ค่อนข้างง่าย คือ ฟอสฟอรัสในรูปเหล่านี้ ส่วนพวกที่มีโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อนกว่าก็จะถูกจุลิทรีย์ดินย่อยสลายด้วยเวลาที่นานขึ้นแล้วพืช จึงได้รับประโยชน์ในภายหลัง (Dual, 1977; Sikora and Enkiri, 2003 and 2005)

3. ธาตุโพแทสเซียมในปุ๋ยคอก จะอยู่ในรูปของเกลือที่ละลายน้ำง่ายและเป็นประโยชน์แก่พืช ดังนั้นหากกองปุ๋ยคอกไว้ในที่แจ้งธาตุโพแทสเซียมก็จะถูกฝนชะออกไป

4. การจัดการปุ๋ยคอกและนำไปใช้

ปุ๋ยคอกมีรูปแบบการใช้ 2 แบบ คือ ปุ๋ยคอกที่เป็นของแข็ง และปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลว โดยมีวิธีการใช้ปุ๋ยคอกอยู่ 3 วิธี ดังนี้

4.1 ปุ๋ยคอกที่เป็นของแข็งไปใช้โดยตรง การนำมูลสัตว์แบบสดสามารถนำไปใช้ในสวนไร่นาได้เลย แต่การใช้แบบนี้ต้องคำนึงชนิดของดินและพืชที่ปลูก เพราะการนำมูลสัตว์แบบสดใส่ลงในดินที่ปลูกพืชอาจทำให้พืชเหี่ยวหรือตายได้ เนื่องจากความร้อนและอินทรียสารบางชนิดซึ่งสะสมระหว่างที่มูลสัตว์สลายตัวจากรายงานของ Harry et al. (1974) ว่า การใส่มูลโคโดยตรงอัตรา 6 ตันต่อไร่ ทำให้เพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับพืช โดยให้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมค่อนข้างสูง คือ 44 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสซึ่งจะให้ธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ คือ 19.4 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นการใช้ปุ๋ยคอกแบบใช้โดยตรง

นี้จึงเหมาะสมในการปรับปรุงพื้นที่ที่เป็นดินทราย ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมค่อนข้างต่ำ เช่น ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใส่ปุ๋ยคอกสดหรือแห้งก็ได้ โดยควรใส่ในอัตรา 1 – 3 ตันต่อไร่ ในขณะเตรียมดินแล้วไถกลบทิ้งไว้ 15 – 30 วัน ก่อนปลูกพืช แต่ถ้าใส่ในดินที่มีพืชเจริญอยู่แล้ว ควรนำมูลสัตว์มาตากแห้งก่อนสักระยะหนึ่งแล้ว จึงนำไปใส่ในดินบริเวณรอบทรงพุ่ม จากแปลงทดสอบโดยการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16 – 20 – 0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์ กข.6 พันธุ์เหลืองประทิว และข้าวฟ่างพันธุ์พื้นเมือง มีผลผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ ดังนี้ 460, 644, 624 และ 176 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของการใช้ปุ๋ยคอกต่อผลผลิตข้าว

จังหวัด	พืชที่ทดสอบ	ผลผลิต (กก./ไร่)			
		ไม่ใส่ปุ๋ย	ปุ๋ยคอก3 ตัน/ไร่	ปุ๋ยคอก3 ตัน/ไร่ ปุ๋ยเคมี10 กก./ไร่	ปุ๋ยเคมี 20 กก./ไร่
หนองคาย	ข้าวพื้นเมือง (พันธุ์ดอนยวน)	256	304	460	384
ยโสธร	ข้าวพันธุ์ กข.6	304	404	644	416
ตาก	ข้าวเหลืองประทิว	316	552	624	504
นครสวรรค์	ข้าวฟ่างพันธุ์พื้นเมือง	118	145	176	169

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

4.2 การหมักปุ๋ยคอกก่อนนำไปใช้ การนำสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ได้แก่ มูลและปัสสาวะ ไปใช้โดยตรงในแปลงพืชได้ทันทีอาจเป็นอันตรายต่อพืช เพราะความร้อนและอินทรียสารบางชนิดที่เกิดขึ้นระหว่างที่มูลสัตว์สลายตัว ดังนั้น ควรมีการหมักมูลสัตว์ก่อนนำไปใช้ เพื่อแปรสภาพอินทรียสารเดิมในมูลสัตว์ให้เป็นสารฮิวมิกมากขึ้นและได้ปุ๋ยที่เหมาะแก่การใช้ ซึ่งแตกต่างจากการทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากการทำปุ๋ยหมักใช้ซากพืชเป็นหลักและอาจใส่มูลสัตว์เป็นส่วนผสมในกองหมักเท่านั้น (Yang, 2000) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสลายของมูลสัตว์ในกองหมัก ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ สภาพกรดด่าง การถ่ายเทอากาศ ขนาดของชิ้นวัสดุและสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน สำหรับความชื้นของมูลสัตว์หากสูงกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมของจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนจะลดลง ทำให้การสลายตัวของมูลสัตว์ช้าและมีกลิ่นเหม็น ส่วนการถ่ายเทอากาศก็มีความสำคัญมาก ควรให้กองปุ๋ยมีช่องว่างไม่น้อยกว่า 30เปอร์เซ็นต์ เพื่อส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจน โดยปรกติมูลสัตว์มักมีความชื้นสูงกว่า 80เปอร์เซ็นต์ จึงควรเติมแกลบหรือขี้เลื่อยเพื่อปรับความชื้นให้อยู่ระหว่าง 50 – 60 เปอร์เซ็นต์จึงเริ่มหมัก (ยงยุทธและคณะ, 2551) โดยพบว่าปุ๋ยคอกที่หมักก่อนการนำไปใช้จะมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยให้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 42.0 และ 49.5 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสซึ่งมีประมาณ 22.5 เปอร์เซ็นต์ (Harry et al., 1974) ฉะนั้นการนำปุ๋ยคอกซึ่งหมักแล้วไปใช้ในดินทราย เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้ผลดีมาก

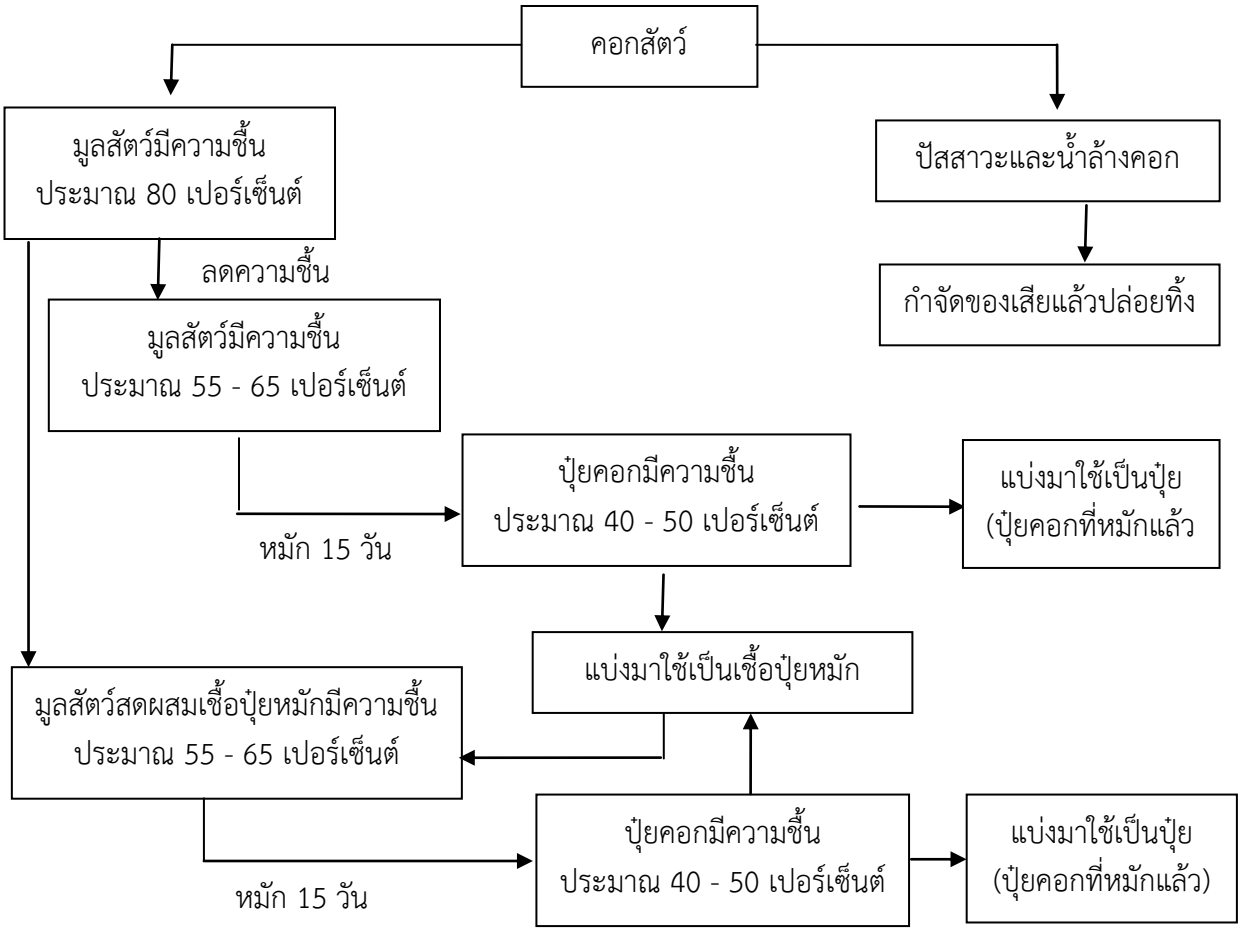
เนื่องจากเป็นดินทรายและธาตุโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ได้มีการพัฒนาการหมักเฉพาะมูลสัตว์สดแบบต่อเนื่องของ Matsuzaki (1977) โดยมีวิธีการดังนี้

1) ลดความชื้นมูลสัตว์ให้เหลือเพียง 55 – 65 เปอร์เซ็นต์ โดยการผึ่งแดดหรือใช้พลังงานในรูปอื่น โดยปกติมูลสัตว์สดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 80

2) เมื่อลดความชื้นลงตามที่ต้องการแล้วจัดให้เป็นกองและกลับกองมูลสัตว์ทุกๆ 3- 4 วัน การกองและกลับกองมูลสัตว์เป็นครั้งคราวเช่นนี้ จะเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้สูงขึ้น โดยกองปุ๋ยจะร้อนขึ้นส่วนความชื้นลดลงไปเองจนเหลือเพียง 40- 50 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลาเพียง 15 วัน ผลที่ได้จากการหมักในขั้นนี้เรียกว่า เชื้อปุ๋ยหมัก (seed compost) การปฏิบัติในข้อ 1. และ 2. ถือได้ว่าเป็นขั้นเตรียมการเท่านั้น

3) นำอุจจาระสัตว์สดๆ มาผสมกับเชื้อปุ๋ยหมัก โดยให้มีความชื้นไม่เกิน 55 – 65 เปอร์เซ็นต์ และคลุกให้เข้ากันดีแล้วก็ทำเป็นกอง ปล่อยให้สลายตัวต่อไปประมาณ 15 วัน ก็แบ่งปุ๋ยที่ได้ส่วนหนึ่งไปใส่ไร่นา ส่วนที่เหลือก็ใช้เป็นเชื้อปุ๋ยหมักสำหรับการหมักครั้งต่อไป

จากคำอธิบายข้างต้นจะเห็นได้ว่า การลดความชื้นของมูลสัตว์สดนั้นทำเพียงครั้ง คือ ก่อนเริ่มต้นเท่านั้น เมื่อได้เชื้อปุ๋ยหมักแล้วก็สามารถหมุนเวียนใช้ได้ตลอดไป ระบบการหมักมูลสัตว์นี้ช่วยให้ได้ปุ๋ยคอกที่มีคุณภาพดีภายในเวลาเพียง 15 วัน โดยไม่มีความยุ่งยากในการปฏิบัติ แสดงไว้ในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 วิธีการหมักมูลสัตว์แบบต่อเนื่อง

ที่มา: Matsuzaki (1977)

4.3 ปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวไปใช้โดยตรง คือ การจัดการอุจจาระปัสสาวะ เศษอาหารและวัสดุอื่นๆ ที่ถูกล้างลงไปรวมในบ่อพักหรือบ่อน้ำทิ้ง ดังนั้น การผลิตปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวจากอินทรียสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำทิ้งของบ่อพัก จึงจำเป็นต้องทำให้สมบัติด้านต่างๆ ของอินทรียสารเหล่านี้มีเสถียรภาพ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากของเหลวที่รวบรวมได้จากฟาร์มเลี้ยงสุกรและโคนมมีน้ำมากกว่าร้อยละ 92 ถ้าหากนำไปใส่ในพื้นที่เพาะปลูกโดยตรงจะก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น นอกจากนี้ยังมีผลกระทบด้านสุขอนามัยอีกด้วย จึงต้องจัดสภาพที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนแล้วแต่กรณีดังนี้

1) การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (aerobic digestion) การย่อยสลายแบบนี้อาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน เพื่อทำให้สารอินทรีย์เปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สำหรับสารประกอบที่อาจเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นก็สลายตัวเช่นเดียวกัน ข้อดีของกระบวนการย่อยสลายที่ใช้ออกซิเจนในการผลิตปุ๋ยเหลว คือ ไม่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ไม่มีการสะสมแอมโมเนียม ลด BOD ของปุ๋ย ลดเชื้อโรคในปุ๋ย จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายเป็นพวกที่ใช้ออกซิเจนทั้งสิ้น ปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวมีส่วนผสมที่สม่ำเสมอและเมื่อนำไปเจือจางแล้วใช้ฉีดพ่นทางใบก็ไม่เป็นพิษต่อใบพืช โดยปัจจัยหลักที่ทำให้การผลิตปุ๋ยเหลวโดยวิธีนี้ประสบผลสำเร็จ คือ การเลือกวิธีการเติมอากาศ ซึ่งมีหลายแบบจำเป็นต้องอาศัยคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการเลือกวิธีที่เหมาะสม

2) การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion) วิธีการผลิตปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวแบบนี้ อาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน หรือเรียกตามผลผลิตการย่อยสลายว่าระบบไบโอแก๊ส (biogas digester) ซึ่งเป็นการนำมูลสัตว์ไปหมักในบ่อที่ไม่มีอากาศ เพื่อทำให้อินทรียสารในของเหลวมีเสถียรภาพ ผลที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ คือ มีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำส่วนของปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำมูลสัตว์หมักและน้ำหมักส่วนข้น (concentrated liquid) สามารถใช้เป็นปุ๋ยได้ดี เพราะมีปริมาณของแข็ง (solids) อยู่ประมาณ 2–12 เปอร์เซ็นต์ ประกอบขึ้นด้วยอินทรียวัตถุที่ถูกย่อยสลายแล้ว โดยการนำไปพ่นลงในแปลงปลูกพืชแล้วไถกลบ ปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวเป็นวิธีการนิยมใช้ในหลายๆ ประเทศในยุโรป เช่น เดนมาร์ค และเนเธอร์แลนด์ เพื่อเป็นการกำจัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยการนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดิน จากผลการศึกษาในหลายๆแห่งในจีนและประเทศในทวีปอัฟริกา พบว่า การใช้ปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวได้จากระบบไบโอแก๊สให้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวที่ไม่ผ่านระบบไบโอแก๊ส (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

5. ประโยชน์ของปุ๋ยคอก

ประโยชน์ของปุ๋ยคอก คือ เป็นแหล่งธาตุอาหารต่างๆ ของพืชและยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพของดิน ดังนี้

5.1 เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช

ปุ๋ยคอกเป็นแหล่งทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ ดังรายละเอียดที่กล่าวมาในหัวข้อธาตุอาหารในปุ๋ยคอก นอกจากนี้ยังให้ธาตุอาหารพืชในลักษณะต่อเนื่องหรือมีผลตกค้างระยะยาวกว่าปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ จากรายงานของ Sluijsmans and Kolmbander (1977) แสดงให้เห็น

ลักษณะการสนองของพืชต่อธาตุอาหารไนโตรเจนในปุ๋ยคอกระยะยาว เมื่อใส่ปุ๋ยเหล่านี้เพียงครั้งเดียวหรือใส่เป็นประจำทุกๆปี ซึ่งสรุปได้ว่าปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะที่สามารถให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินดำเนินการไปอย่างมีประสิทธิภาพและควบคุมความชื้น และจากการทดลองของ Panchaban and Pipatveevat (1975) โดยทำการทดลองการใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 800 และ 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 8 และ16 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8 และ16 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ปุ๋ยคอกสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้กับดิน

5.2 ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยคอกนั้นมีผลทางตรงในแง่ของธาตุอาหารพืช ดังรายงานของสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) ว่า การใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 4 ตันต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ในผักกาดหัว มีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ กล่าวคือ ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจาก 0.81 เป็น 1.04 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดินจาก 0.039 เป็น 0.073 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ให้สูงขึ้นจาก 15.92, 178.8, 164.5, 158,15.9 เป็น 17.79, 254, 188.5, 221.0 และ 24.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนผลทางอ้อม ได้แก่

1) ทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อปุ๋ยคอกถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายก็ปลดปล่อยธาตุต่างๆ ในรูปอนินทรีย์ แล้วเหลือสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนและลักษณะคงทนเรียกว่า ฮิวมัส ซึ่งฮิวมัสมีขนาด 0.1–1.0 ไมโครเมตร และ CEC 100 – 500 $cmol_c\ kg^{-1}$ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกมีผลต่อการเพิ่ม CEC ของดิน และมีค่า CEC มากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับอัตราที่ใส่ในแต่ละครั้งและความต่อเนื่องของการใช้ด้วย (ยงยุทธและคณะ, 2551) สอดคล้องกับรายงานของ Sequi and Calcinai (1978) ว่า ผลการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1.6 ตันต่อไร่ต่อปีเป็นเวลา 10 ปี ในดินร่วนปนทรายแป้งที่ปลูกฝ้าย และดินร่วนปนทรายที่ใช้ปลูกข้าวสาลี พบว่า ค่า CEC ทั้งสองเพิ่มขึ้นเป็น 1.10 และ 0.4 $cmol_c\ kg^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3.5, 7.0 และ 10 ตันต่อไร่ เป็นเวลา 5 ปี ในดินเหนียว ซึ่งมีค่า CEC เดิม 20.02 $cmol_c\ kg^{-1}$ และปลูกข้าวโพดโดยตลอด ปรากฏว่าปุ๋ยคอกช่วยให้ค่า CEC ของดินเพิ่มจากแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก 0.38, 0.76 และ 0.78 $cmol_c kg^{-1}$ ตามลำดับ และรายวิจัยของ Kanwar and Prihar (1962) ว่า การใส่ปุ๋ยคอกในดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนซิลต์ มีผลทำให้ค่า CEC ของดินมีค่ามากว่าการไม่ใส่ปุ๋ยคอก โดยแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอกในดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนซิลต์ มีค่า CEC ของดิน คือ 5.50 และ 9.90 $cmol_c\ kg^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ใส่ปุ๋ยคอกในดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนซิลต์มีค่า CEC ของดิน คือ 5.90 และ 11.00 $cmol_c\ kg^{-1}$ ตามลำดับ (ยงยุทธและคณะ, 2551)

2) ช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) การใส่ปุ๋ยคอกอัตราสูงอาจทำให้ค่าpH ของดินลดลงเล็กน้อยในช่วงแรก เนื่องจากมีกรดอินทรีย์สะสมจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ แต่เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนมากสลายตัวกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว pH ของดินก็มีแนวโน้มจะกลับสู่ระดับเดิม อย่างไรก็ตามดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากขึ้น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยคอกย่อมมีค่า CEC

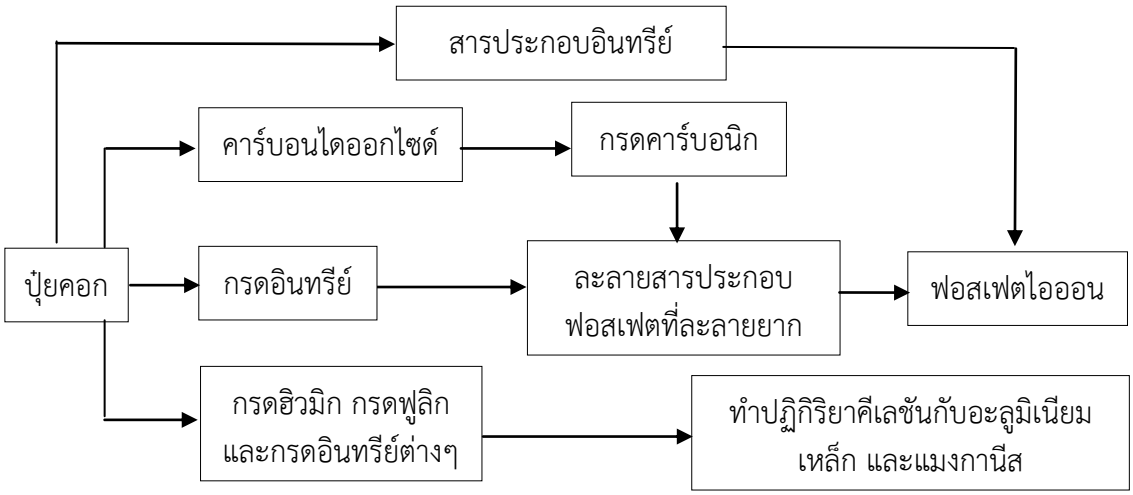
สูงขึ้นดังได้กล่าวมาแล้ว เป็นเหตุให้เพิ่มความจุบัฟเฟอร์ buffering capacity ดินจึงต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดินมากกว่าเดิม

3) ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุฟอสฟอรัสในดิน พืชใช้ประโยชน์จากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงดินได้ระหว่าง 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นจะถูกตรึงอยู่ในดิน การใส่ปุ๋ยคอกจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินและหินฟอสเฟต (Loria and Sawyer. 2005) ดังนี้

3.1) ปุ๋ยคอกมีสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต เช่น สารไฟเทต เมื่อมีการสลายตัวในดินก็จะปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

3.2) ปุ๋ยคอกมีการสลายตัวจะได้กรดฮิวมิก ซึ่งกรดฮิวมิกซึ่งเป็นสารคีเลตที่มีสัมพรรค (affinity) สูงต่อเหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีสไอออน ทำให้สามาถทำปฏิกิริยาคีเลชั่นกับไอออนเหล่านั้นให้อยู่ในรูปคีเลตได้ดี จึงลดโอกาสของการตรึงฟอสเฟตของไอออนทั้งสามชนิดนี้ โดยเฉพาะดินกรดจัดที่มี เหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีสไอออนในสารละลายดินมาก ดังนั้นธาตุฟอสฟอรัสในดินจึงมีประโยชน์เพิ่มขึ้น ในบางกรณีกรดฮิวมิกอาจทำปฏิกิริยากับ HA + $(OH)_2$ - Al -H_2PO_4 กลายเป็น homo – Fe-P complex ซึ่งแม้จะเป็นสารประกอบเชิงซ้อน แต่สามารถปลดปล่อยฟอสเฟตไอออนออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายกว่าสารประกอบดิน (Tan, 2003)

ดังนั้น นอกจากปุ๋ยคอกจะให้ฟอสฟอรัสแก่ดินแล้ว ยังเพิ่มความประโยชน์ของธาตุนี้ซึ่งมีอยู่เดิมในดินและเพิ่มประสิทธิภาพใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ดังภาพที่ 4.3 (ยงยุทธและคณะ, 2551)



ภาพที่ 4.3 ผลของปุ๋ยคอกต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

3.3) กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการสลายตัวของปุ๋ยคอก ได้แก่ กรดซิตริกกรดออกซาลิก และกรดตาตาริก สามารถละลายสารประกอบฟอสฟอรัสในดินที่ถูกตรึงและปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น

5.3 ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

ปุ๋ยคอกมีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอย่างเด่นชัด กล่าวคือ การใช้อย่างต่อเนื่องจะช่วยให้เกิดเม็ดดินมากขึ้น เพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดิน ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน และลดความหนาแน่นรวมของดิน ผลเหล่านี้ปรากฏชัดเจนในดินเนื้อหยาบ สำหรับดินเนื้อละเอียดนั้นปุ๋ยอินทรีย์ช่วยให้การซาบซึมน้ำดีขึ้น (ยงยุทธและคณะ, 2551) ดังนี้

1) การเกิดเม็ดดินและเสถียรภาพของเม็ดดินซึ่งมี 2 กระบวนการ ดังนี้

1.1) การเกิดเม็ดดิน (soil aggregate formation) มีลำดับขั้นของการเกิดดังนี้คือ เม็ดดินขนาดโตกว่า 1 มม. เกิดจากการรวมมวล (aggregation) ของเม็ดดินขนาดเล็ก และเม็ดดินขนาดเล็กก็เกิดจากการรวมมวลของอนุภาคดินจำนวนมาก ซึ่งอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์ดินมีบทบาทในการเกิดเม็ดดิน ดังนี้

ก) ดินเหนียวและดินเหนียว – ฮิวมัสโคเมน (clay and clay – humus domains) ขนาดประมาณ 0.003 มิลลิเมตร เกิดจากการจับตัวของอนุภาคดินเหนียวและอนุภาคดินเหนียวกับฮิวมัสรวมตัวกันเป็นกลุ่ม แล้วเชื่อมยึดเข้ากับสารอินทรีย์ชิ้นเล็กๆ และอนุภาคขนาดทรายแป้งมีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมเป็นสารเชื่อมอีกอย่างหนึ่ง

ข) กลุ่มอนุภาคข้างต้นทำการรวมตัวกันจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นได้เป็นเม็ดดินจุลภาคย่อยขนาดประมาณ 0.03 มิลลิเมตร ภายในประกอบด้วยทรายแป้งที่มีฮิวมัสห่อหุ้มและชั้นอินทรียสารที่มีดินเหนียวพอกอยู่โดยรอบรวมทั้งมีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมช่วยเชื่อมยึดด้วย

ค) เม็ดดินขนาดจุลภาคย่อยรวมตัวกันเป็นเม็ดดินจุลภาคขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร มีทราย กลุ่มอนุภาคทรายแป้งและชิ้นส่วนเล็กๆ ของสารอินทรีย์รวมกัน โดยมีการเชื่อมของสารเหนียวจากจุลินทรีย์ (microbialgum) และสารที่ขับออกมาจากรากพืช ขณะเดียวกันขนรากพืชและใยรา (fungal hyphae) ก็พันรัดอยู่ทั่วไป

ง) เม็ดดินจุลภาคต่างๆ เม็ดรวมเป็นกลุ่ม เรียกว่า เม็ดดินมหัพภาค (macroaggregate) ขนาดประมาณ 3.0 มิลลิเมตร มีใยราและรากขนาดเล็กแทรกอยู่ด้วย

1.2) เสถียรภาคของเม็ดดิน (soil aggregate stability) เกิดจากการเกาะกลุ่มและเชื่อมโยงกันเข้าของอนุภาคทราย ทรายแป้งและดินเหนียวเป็นเม็ดดิน ต้องอาศัยสิ่งที่เชื่อมให้อนุภาคต่างๆ เกาะกันเป็นเม็ดดินที่มีเสถียรภาพ ได้แก่ แร่ดินเหนียวพวกอะลูมิโนซิลิเกต ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม แคลเซียมคาร์บอเนต ดินเหนียว ฮิวมัสโดเมน อินทรียวัตถุและจุลินทรีย์ดิน โดยความเสถียรของเม็ดดินมากขึ้นจาก 26, 22, 29 และ 22 เป็น 56, 33, 33 และ 24 เปอร์เซ็นต์ สำหรับดินที่มีโครงสร้างดีเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชย่อมต้องมีเม็ดดินขนาด 1 ถึง 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีเสถียรภาพในน้ำ (water-stable aggregates) คือ คงสภาพอยู่ได้แม้จะนำไปร่อนด้วยตะแกรงในน้ำ มีรูพรุนขนาดใหญ่ (> 75 ไมโครเมตร) เพียงพอ สำหรับการระบายอากาศและช่องว่างขนาดเล็ก (0.2-30 ไมโครเมตร) มากพอที่จะกักเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้สอย ช่องว่างระหว่างเม็ดดินก็ควรจะระบายน้ำส่วนเกินออกไปได้สะดวก (Tisdall and Oades, 1982) มีรายงานวิจัย พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกเป็นประจำช่วยให้เกิดเม็ดดินมากขึ้น เพิ่มความเสถียรของเม็ดดิน ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินเพิ่มขึ้นและลดความหนาแน่นรวมของดิน ซึ่งได้ทำการทดลองในดินชนิดต่างๆโดยทำการใส่ปุ๋ยคอกในอัตราต่างๆลงไป ซึ่งปุ๋ยคอกทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นหลังจากใส่ปุ๋ยคอกลงไป

แล้ว ได้แก่ ความเสถียรของเม็ดดิน ความหนาแน่นของเม็ดดิน ความสามารถในการซับน้ำปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งได้แสดงที่ตารางที่ 4.8 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Snchez, (1976) อ้างโดย กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ (2545ก) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 11.8 ตันต่อไร่ ในดิน Alluvialการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 7.2 ตันต่อไร่ในดิน Vertisol และการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1.5 ตันต่อไร่ในดิน Redpozodic และ Lateritic มีผลทำให้ความเสถียรของเม็ดดินมากขึ้นจาก 26, 22, 29 และ 22 เป็น 56, 33, 33 และ 24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรายงานของ Jung and Yang (2000) ได้ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่เป็นเวลา 5 ปี พบว่า การใช้ปุ๋ยคอกมีผลทำให้การเกิดเม็ดดินมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยมีค่า 45.6 และ 33.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อใส่ปุ๋ยคอกตลอดจนปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ ลงไปในดินการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยดังกล่าวจะเกิดสารเชื่อมชนิดชั่วคราวและถาวร ดังนี้เกิดสารเชื่อมชั่วคราว ได้แก่ พอลิแซกคาไรด์ของจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากเติมปุ๋ยคอก สารเชื่อมนี้จะถูกสร้างขึ้นเร็วและสลายตัวง่ายเช่นเดียวกัน และการใส่ปุ๋ยคอกช่วยให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในดิน เช่น รากพืช รา แบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เจริญเติบโตได้ดี ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีบทบาทในการประสานให้อนุภาคดินรวมกลุ่มกันโดยตรงและเกาะตัวกลายเป็นเม็ดดิน เมื่อจุลินทรีย์ตายลงเซลล์เหล่านั้นก็สลายตัวกลายเป็นสารเชื่อมเม็ดดินต่อไปอีกระยะหนึ่ง นอกจากนี้อินทรียวัตถุในดินบางส่วนเป็นพวกแร่อินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการรวมตัวของฮิวมัสกับสารประกอบเหล็ก อะลูมิเนียม และแร่ดินเหนียวอะลูโนซิลิเกต โดยสารประเภทนี้เชื่อมให้เกิดเม็ดดินที่คงทน นอกจากนั้นเชื้อราไมคอร์ไรซายังสังเคราะห์โปรตีนชนิดหนึ่งชื่อโกลมาลินออกมาเชื่อมให้เม็ดดินมหัพภาคมีเสถียรภาพระดับปานกลาง (ยงยุทธและคณะ, 2551)

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยคอกระยะยาวต่อสมบัติทางกายภาพของดินในประเทศอินเดีย

ชนิดดิน	ปุ๋ยคอก (ตัน/ไร่)	คาร์บอน (%)	ความเสถียรของเม็ดดิน (%)	ความหนาแน่นรวมของดิน (ก./ลบ.ซม.)	ช่องว่างซึมน้ำ (%)	การซึมซับน้ำ (ลบ.ซม./ซม.)	น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (0.1-15 บาร์)
Alluvial	0	0.2	26	1.47	46	0.43	28
	11.8	2.9	56	1.29	50	0.47	37
Vertisol	0	0.5	22	1.26	43	0.06	29
	7.2	0.6	33	1.18	56	0.10	31
Redpozodic	0	0.6	29	1.37	49	0.33	21
	1.5	0.7	33	1.30	51	0.05	23
Lateritic	0	0.3	22	1.53	42	1.68	13
	1.5	0.5	24	1.31	50	2.16	14

ที่มา: Snchez (1976) อ้างโดย กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ (2545ก)

2) สมบัติทางฟิสิกส์ของดินด้านอื่นๆ การใช้ปุ๋ยคอกและการใช้อย่างต่อเนื่อง จะทำให้ความหนาแน่นรวม และความเข้มแข็งลดลงแต่เพิ่มการเกิดเม็ดดิน ความพรุนและการถ่ายเทอากาศ ดังตารางที่ 4.8 ตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 แสดงถึงอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

เดือนที่เก็บข้อมูล	ปุ๋ยคอก	ความจุความชื้นในสนาม (%)	จุดเหี่ยวถาวร (%)	ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (%).
มีนาคม	ใส่	17.4	6.0	11.4
	ไม่ใส่	14.6	5.3	9.3
มิถุนายน	ใส่	15.1	7.0	8.1
	ไม่ใส่	13.1	5.7	7.4
สิงหาคม	ใส่	14.3	6.5	7.8
	ไม่ใส่	12.6	5.4	7.2
กันยายน	ใส่	15.6	6.8	8.8
	ไม่ใส่	13.9	5.9	8.0
ธันวาคม	ใส่	16.2	7.5	8.7
	ไม่ใส่	14.1	6.3	7.8

ที่มา: Salter *et al*., (1967)

ตารางที่ 4.10 ผลของการใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 1600 กก./ไร่/ปี เป็นเวลา 5 ปี ต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

สมบัติของดิน	ใช้ปุ๋ย NPK	ใช้ปุ๋ยคอก
ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	1.37	1.22
ความพรุน (%)	48.3	54.0
การถ่ายเทอากาศ (ซม./วินาที)	0.27	0.41
การเกิดเม็ดดิน (%)	33.6	45.6

ที่มา: Jug and Yang (2000)

การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลของอินทรียวัตถุทั้งทางตรงและทางอ้อมดังนี้ ผลทางตรงเกิดจากสมบัติของอินทรียวัตถุที่มีความจุความชื้นสูงและให้ความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงด้วย จากการเปรียบเทียบดินร่วนปนทรายแป้งสองตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่างกัน คือ ตัวอย่างที่หนึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ 1เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างที่สองมีปริมาณอินทรียวัตถุ 3เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำให้ดินทั้งสองมีความชื้นที่ความจุความชื้นสนามเหมือนกัน พบว่า ดินตัวอย่างที่หนึ่งและตัวอย่างที่สองจะมีปริมาณน้ำ 0.22 และ 0.32 ลูกบาศก์เมตรต่อดิน 1 ลูกบาศก์เมตร แต่ปริมาณน้ำที่จุดเหี่ยวถาวร 0.10 และ 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อดิน 1 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำจะได้ 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อดิน 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนดินที่มีอินทรียวัตถุสูงได้ 0.20 ลูกบาศก์เมตรต่อดิน 1 ลูกบาศก์เมตร และผลทางอ้อมเกิดจากอิทธิพลของ

อินทรียวัตถุที่ทำให้โครงสร้างดินมีเสถียรภาพเพิ่มปริมาณช่องว่างรวมและขาดของช่อง จึงเพิ่มการซึมน้ำและความจุในการอุ้มน้ำของดิน (Brady and Weil, 2002)

5.4 ปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน

เนื่องจากปุ๋ยคอกเป็นแหล่งพลังงานและสารอาหารของจุลินทรีย์ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกลงในดินจึงมีผลต่อการเพิ่มชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ดินรวมทั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย ตารางที่ 4.11 แสดงผลของการใส่ปุ๋ยคอกในดินต่อปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในชีวมวล (biomass C and biomass N) กับกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase, DHA) ฟอสฟอรัสโมโนเอสเทอเรส (phosphomonoesterase, PME) และโปรเตส (protease)

ตารางที่ 4.11 ผลการใช้ปุ๋ยคอกต่อกิจกรรมของเอนไซม์และชีวมวลของจุลินทรีย์ดิน

พืช	ปุ๋ย	DHA[1)]	PME[2)]	Protase[3)]	Biomass C[4)]	Biomass N[5)]
กะหล่ำปลี	ควบคุม	12.2	1.4	8.6	2.3	14.3
	ปุ๋ย NPK	8.0	1.3	7.8	191	12.9
	ปุ๋ยคอก	40.2	2.5	13.5	362	43.8
พริกหวาน	ควบคุม	9.5	1.5	12.8	184	7.7
	ปุ๋ย NPK	6.0	1.5	12.9	180	8.2
	ปุ๋ยคอก	26.0	2.2	17.5	268	20.1

หน่วยที่ใช้ 1) TPF/gsoil/24 h [2)]micromol PNP/g soil/24h[3)]nmolleucine/g soil/24h[4)]และ[5)]mg/kg dry soil
ที่มา : Jung and Yang (2000)

5.5 ผลของสารฮิวมิกต่อกระบวนการทางสรีระและการเจริญเติบโตของพืช

การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ อย่างต่อเนื่องทำให้อินทรียวัตถุในดินสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้สมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและชีวภาพของดินดีขึ้นดังที่ได้กล่าวแล้ว สำหรับอินทรียวัตถุในดินมีสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญคือ สารฮิวมิก (humic substances) และในสารฮิวมิกยังแยกได้เป็นฮิวมิน(humin) กรดฮิวมิก(humic acid) และกรดฟุลวิก(fulvic acid) สมบัติของกรดฮิวมิก คือ มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ น้ำหนักโมเลกุลสูงถึง 300 กิโลดาลตัน ส่วนกรดฟุลวิกมีสีเหลืองถึงแดง น้ำหนักโมเลกุล 2–50 กิโลดาลตัน สารเชิงซ้อนทั้งสองมีบทบาทต่อกระบวนการทางสรีระและการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ ดังนี้

1) ผลของกรดฮิวมิกต่อกระบวนการทางสรีระของพืช มีดังนี้ ทำให้อัตราการหายใจของมะเขือเทศ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลีและข้าวโพดสูงขึ้น เมื่อฉีดพ่นสารละลายกรดฮิวมิกอัตรา 300 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ใบชูการ์บีด ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบและอัตราการสังเคราะห์แสงของชูการ์บีด ช่วยเพิ่มการสะสมน้ำตาลในเซลล์รากข้าวโพด จึงเพิ่มความดันออสโมซีส (osmotic pressure) ของเซลล์ทำให้พืชทนแล้งกว่าเดิม สำหรับยาสูบที่ได้รับกรดฮิวมิกมีปริมาณของสารอัลคาลอยด์ในใบเพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane permeability) ของราก โดยมีบทบาทในการเพิ่มการสูบโปรตอน (proton pump) ของเยื่อรากพืชจึงมีอัตราการดูดธาตุอาหารสูงขึ้น (Tan, 2003)

2) ผลของกรดฮิวมิกหรือกรดฟุลวิกต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้ฮิวมิกความเข้มข้น 5–25 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยเร่งการยืดตัวของเซลล์ราก ส่วนกรดฮิวมิกและกรดฟลุวิกความเข้มข้น 50– 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยกระตุ้นการแตกรากใหม่และการยืดตัวของราก (Brady and Well, 2002) และการตอบสนองของพืชต่อการใช้กรดฮิวมิกแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การตอบสนองของพืช 4 กลุ่ม ต่อการใช้กรดฮิวมิก

กลุ่ม	ชื่อพืช	ระดับการตอบสนอง
1. พืชคาร์โบไฮเดรตสูงมันฝรั่ง	ชูการ์บีด แครอด มะเขือเทศ	สูง
2. ธัญพืชข้าว	ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์	ปานกลาง
3. พืชโปรตีนสูง	ถั่วต่างๆ	น้อย
4. พืชน้ำมัน	ละหุ่ง ทานตะวันในทางลบหรือไม่ตอบสนอง	

ที่มา: Tan (2003)

6. การเก็บรักษา

การเก็บรักษาปุ๋ยคอกมีความสำคัญมาก หากเก็บรักษาไม่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารได้ง่าย ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และการชะล้าง โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม การสูญเสียโดยจุลินทรีย์จะเกิดได้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ สภาพกรดด่างและความชื้นเหมาะสม จุลินทรีย์จะแปรสภาพไนโตรเจนจากอินทรียวัตถุจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งจะระเหยเป็นแก๊สหรือละลายน้ำสูญเสียไป การเก็บปุ๋ยคอกในที่โล่งแจ้งไนโตรเจนในรูปไนเทรตจะถูกน้ำฝนชะล้างออกไป ในกรณีที่แอมโมเนียซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการ ammonification ของสารอินทรีย์ถูกดูดซับอยู่ในกองมูลสัตว์ ซึ่งมีการถ่ายเทอากาศดีแอมโมเนียมก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนเทรต ซึ่งเป็นแอนไอออนและมีโอกาสถูกฝนชะออกไปจากกองปุ๋ย นอกจากนี้ในบางขณะกองปุ๋ยมีความชื้นสูงเกินไปและบางส่วนของกองขาดออกซิเจน ไนเทรตจะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์หรือแก๊สไนโตรเจนแล้วระเหยไปด้วย

เพราะฉะนั้นการเก็บรักษาปุ๋ยคอกมีความสำคัญมาก หากเก็บรักษาไม่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารได้ง่าย ดังนั้น การเก็บรักษาควรใช้เศษหญ้า ฟางข้าว แกลบหรือขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วนดังนี้ คือ ฟางข้าว 1 ส่วนต่อปุ๋ยคอก 1 ส่วน และเนื่องจากไนโตรเจนสูญเสียไปในรูปแอมโมเนียได้ง่าย จึงจำเป็นต้องลดอัตราการสูญเสียไนโตรเจน โดยทำให้แห้งโดยเร็วและเติมปุ๋ยฟอสเฟตลงไปประมาณ 5 – 10 กิโลกรัมต่อปุ๋ยคอก 1 ตัน เพราะปุ๋ยฟอสเฟตที่เพิ่มลงไป นอกจากจะช่วยยกระดับฟอสฟอรัสในปุ๋ยแล้ว ยังช่วยรักษาไนโตรเจนในปุ๋ยคอกไม่ให้สูญเสียไปอีกด้วย การเก็บรักษาโดยทั่วไปมีหลักการอย่างคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

6.1. เก็บในที่ร่ม ถ้าจำเป็นที่จะต้องเก็บรักษาปุ๋ยคอกโดยวิธีการกองทิ้งไว้ ก็จำเป็นที่จะต้องทำหลังคาให้ เพื่อป้องกันการชะล้างเอาธาตุอาหารออกไป อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาวิธีนี้ ก็ยังนับว่ามีการสูญเสียอยู่มากพอสมควร โดยเฉพาะการสูญเสียส่วนที่เป็นอินทรียวัตถุ เพราะว่าเมื่อกองปุ๋ยทิ้งไว้น้ำจะระเหยออกไปอากาศจะแทรกซึมเข้าไปในกองปุ๋ย จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการหายใจจะดำเนินกิจกรรมได้ดีขึ้น ทางที่ดีไม่ควรเก็บปุ๋ยคอกด้วยวิธีนี้ไว้นานๆ

6.2 เก็บในหลุมดิน ขุดหลุมใกล้ๆ บริเวณที่จะใส่ปุ๋ยให้หลุมลึกประมาณ 5 – 6 ฟุต ควรเลือกขุดบริเวณที่เป็นดินเหนียวเพราะจะช่วยเก็บน้ำไว้ได้ดีใส่ปุ๋ยคอกลงไปในหลุม พยายามรักษาความชื้นให้มากอยู่เสมอ ถ้าเป็นในฤดูฝนอาจไม่จำเป็นเพราะมีฝนตก น้ำจะไหลลงไปในหลุมอย่างเพียงพอ ถ้าจำเป็นต้องกองปุ๋ยสูงกว่าปากหลุมขึ้นไปก็อาจทำได้ แต่ไม่ควรสูงมากเกินไป ถ้าสูงมากเกินไปจะทำให้ส่วนบนของปุ๋ยสูญเสียได้ง่ายเช่นเดียวกัน การที่รักษาให้ปุ๋ยคอกมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่เสมอ จะเป็นการช่วยลดการสูญเสียอินทรียวัตถุได้เป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะส่วนที่เป็นของแข็งของปุ๋ยคอกจะตกตะกอนติดกันเป็นแผ่นอยู่ใต้หลุมและสวนที่เป็นน้ำชั้นบนของหลุม จะช่วยป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปได้เป็นการลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ การเก็บรักษาวิธีนี้อาจมีการสูญเสียได้บ้าง เช่น การสูญเสียเนื่องจากการซึม แต่ถ้าเลือกบริเวณทำหลุมได้เหมาะสมการสูญเสียโดยการซึมจะน้อยลง การสูญเสียในรูปแอมโมเนียเกิดขึ้นได้บ้าง แต่ถ้ารักษาความชื้นให้สูงอยู่เสมอแอมโมเนียที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะละลายอยู่ในน้ำ และถ้าใส่ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตลงไปบ้างแอมโมเนียก็จะรวมกับซัลเฟสที่มีอยู่ซุปเปอร์ฟอสเฟตเป็นแอมโมเนียซัลฟอส ซึ่งสูญเสียได้ยากขึ้น

6.3 เก็บในหลุมคอนกรีตหรือหลุมป้องกันการซึมของน้ำ การเก็บปุ๋ยคอกนั้นถ้าสามารถทำหลุมหรือบ่อคอนกรีตสำหรับเก็บได้ ก็จะช่วยลดการสูญเสียได้มากและสามารถเก็บปุ๋ยไว้ได้นาน ด้วยเหตุที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 2

ดังนั้น เกษตรกรสามารถเลือกวิธีเก็บรักษาได้ แล้วแต่ความเหมาะสมของเกษตรกรแต่ละราย แต่วิธีที่สะดวกและนิยมใช้ คือ วิธีการเก็บปุ๋ยคอกในโรงเก็บ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการเก็บและการนำไปใช้ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

7. ข้อคำนึงในการใช้ปุ๋ยคอก

7.1 ไม่ควรนำไปใช้ในพื้นที่ที่ไกลไปจากแหล่งผลิต

7.2 อย่านำปุ๋ยไปผึ่งแดดเพราะจะสูญเสียธาตุไนโตรเจนโดยการระเหิด

7.3 เก็บรักษาไว้ให้แห้งในที่ร่มและใช้ปุ๋ยในสภาพแห้ง

7.4 ใส่ปุ๋ยในขณะที่ดินชื้นพอเหมาะและไถดินกลบปุ๋ยทันที

7.5 อย่าใส่ปุ๋ยใกล้กับบริเวณที่ปลูกพืช และควรใช้ในปริมาณที่พอเหมาะ

8. การใช้ปุ๋ยคอกตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การใช้ปุ๋ยคอกตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ

1. ความพอประมาณ หมายถึง การใช้ปุ๋ยคอกที่มีอยู่เป็นทุนเดิมของตนเองก่อนแสวงหาปุ๋ยคอกจากภายนอก ดังนั้นเกษตรกรควรมีการเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว ควาย หมูหลุม และไก่ เพื่อใช้มูลของสัตว์ที่ขับถ่ายและสะสมอยู่ตามพื้นคอกรวมทั้งวัสดุรองพื้นคอกเป็นแหล่งของปุ๋ยคอกของตนเอง เป็นการลดการพึ่งพาปุ๋ยคอกจากภายนอก โดยการใช้ปุ๋ยคอกต้องคำนึงถึงปริมาณของปุ๋ยคอกที่เกษตรกรมีอยู่ เพราะเมื่อนำปุ๋ยคอกไปใช้ในพื้นที่จะมีความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อพืชที่ปลูก เช่น เกษตรกรเลี้ยงโคขุน 10 ตัว จะได้มูลโคแห้ง 10.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548ข) ถ้าเลี้ยงโคเป็นเวลา 5 เดือน จะมีมูลโคแห้ง 15,750 กิโลกรัม และจากอรสา (2551) รายงานว่า การปลูกผักควรใส่ปุ๋ยคอกอัตรา

2 – 3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้น พื้นที่เกษตรกรสามารถปลูกผักได้ คือ 3.28 – 4.92 ไร่ จึงมีความเหมาะสมที่สุด เพราะปริมาณปุ๋ยคอกเพียงพอกับความต้องการของพืชที่ปลูก

2. ความมีเหตุผล หมายถึง ต้องมีความรู้เกี่ยวกับชนิดของปุ๋ยคอกว่าชนิดไหนมีธาตุอาหารอย่างไร เพราะปุ๋ยคอกแต่ละชนิดจะมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน ดังรายงานของ Brady and Well (2002) ว่า มูลไก่จะมีปริมาณธาตุอาหารหลักมากกว่ามูลโคนม โคเนื้อ และสุกร ดังนั้น การใช้มูลไก่กับพืชจะใช้ในปริมาณที่น้อยกว่ามูลโคนม โคเนื้อและสุกร ซึ่งสามารถจะวางแผนการใช้ชนิดของปุ๋ยคอกให้มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูก นอกจากนี้พบว่ามูลค้างคาวมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงถึง 14.82 เปอร์เซ็นต์ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ดังนั้น สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้

3. การสร้างภูมิคุ้มกัน หมายถึง โดยมีการวางแผนการผลิตปุ๋ยคอกชนิดต่างๆ ที่ต้องการใช้ในระบบการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการกับพืชที่ปลูกในปีต่อไป ได้แก่ การวางแผนในการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ ตามความสามารถ เพื่อให้ได้ปุ๋ยคอกในปริมาณเพียงพอที่ใช้ในปีต่อไป และถ้ามีปุ๋ยคอกจำนวนมากควรมีการเก็บรักษาในที่ร่มหรือเก็บในหลุมดินหรือหลุมคอนกรีตเพื่อรักษาคุณภาพของปุ๋ยคอก นอกจากนี้การนำมูลสัตว์มาหมักและเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช จะทำให้ได้ปุ๋ยคอกที่มีคุณภาพและนำมาซึ่งผลประโยชน์ในระยะยาวและความสุขที่ยั่งยืน ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบการใช้ปุ๋ยคอกในอนาคต

บทที่ 5

ปุ๋ยหมัก

1. ความหมาย

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่ได้มาจากการนำเศษอินทรีย์สาร ได้แก่ เศษพืชอย่างเดียวหรือเศษพืชผสมซากสัตว์ หรืออาจผสมปุ๋ยคอกลงไปบางส่วน นำมากองรวมกันแล้วปล่อยให้เน่าเปื่อยไป จนกระทั่งอินทรียสารเหล่านั้นเน่าเปื่อยจนถึงขั้นกลายเป็นฮิวมัสแล้วจึงนำไปใช้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้มาจากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกันแล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย สีน้ำตาลปนดำ (ธงชัย, 2546)

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืชและสัตว์ทางการเกษตรและจากชุมชนมาผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด ร่อน และผ่านกรรมวิธีการหมักอย่างสมบูรณ์ จนแปรสภาพจากเดิม ซึ่งกระบวนการหมักเป็นการย่อยสลายทางชีววิทยา โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์บางชนิดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งย่อยสลายสารอินทรีย์จนกลายเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะนุ่นยุ่ยขาดจากการกันได้ง่ายและมีอุณหภูมิไม่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548ก)

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากการนำชิ้นส่วนของพืชมาหมักในรูปของการกองซ้อนทับกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เศษชิ้นส่วนของพืชที่นำมาหมักนั้นจะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายจนแปรสภาพไปจากรูปเดิม โดยกิจกรรมจุลินทรีย์จนกระทั่งได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำและมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเศษพืชและวัสดุเสร็จสมบูรณ์ก็จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ปรับปรุงและบำรุงดิน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำเอาเศษพืชและสารอินทรีย์ต่างๆ มาหมักให้สลายตัวโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่ได้จากการหมักซากพืช ซากสัตว์ตลอดจนมูลสัตว์ เพื่อให้อินทรียสารสลายตัวผุพังจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ผลิตโดยนำวัสดุเหล่านี้มากองรวมกัน รดน้ำแล้วปล่อยให้ย่อยสลายและแปรสภาพจนกลายเป็นขุยสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม มีลักษณะพรุน ยุ่ยและร่วนซุยแล้วจึงนำไปใช้บำรุงดิน (ยงยุทธและคณะ, 2551)

จากความหมายปุ๋ยหมักที่กล่าวข้างต้น สามารสรุปได้ว่า **ปุ๋ยหมัก (compost)** หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืชและสัตว์ทางการเกษตรและจากชุมชน มาหมักในรูปของการกองรวมกัน แล้วปล่อยให้ย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์จนแปรสภาพไปจากรูปเดิม จนกระทั่งได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทน ที่มีลักษณะพรุน ยุ่ยและร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นเหม็น

2. วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

วัสดุที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกโดยอาศัยแหล่งที่มาดังนี้ คือ

2.1 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงมีอยู่ทั่วไป จากรายงานของกรมวิชาการเกษตรได้ประเมินวัสดุอินทรีย์จากพืช พบว่า ข้าวให้วัสดุอินทรีย์สูงสุดถึง 349.2 ล้านตัน โดยกระจายอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้วัสดุอินทรีย์ 55.34 ล้านตัน โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ ส่วนยางพารา 155.6 ล้านตัน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ภาคใต้ นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันให้วัสดุอินทรีย์ 84.79 ล้านตัน โดยกระจายอยู่ในภาคกลางและภาคใต้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปริมาณวัสดุอินทรีย์จากพืชในภาคต่างๆ ของประเทศไทย ปี 2547 (ล้านตัน)

ชนิดพืช	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลางและภาคตะวันออก	ภาคใต้	รวม
ข้าว	13.21	16.83	318.10	1.08	349.22
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	38.72	9.91	6.67	0.03	55.33
อ้อย	0.58	5.27	3.45	0.01	9.31
ถั่วเขียว	0.06	0.004	6.67	0.001	6.735
ถั่วเหลือง	0.16	0.07	0.02	--	0.25
มันสำปะหลัง	0.89	2.36	1.46	--	4.71
สับปะรด	0.72	0.26	6.80	0.35	8.13
มะพร้าว	0.02	0.05	0.38	0.39	0.84
ยางพารา	0.20	5.12	19.48	130.81	155.61
ปาล์มน้ำมัน	--	--	5.24	79.55	84.79
ลำไย	1.04	0.09	0.09	0.001	1.221
กล้วย	0.34	0.44	0.37	0.241	1.39
กาแฟ	0.02	--	0.005	0.34	0.365
น้อยหน่า	0.15	1.11	0.13	0.002	1.392
มะม่วง	0.38	0.49	0.56	0.02	1.45

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2548ข)

2.2 วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก แต่ละปีจึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งวัสดุดังกล่าวสามารถนำมาผลิตปุ๋ยหมักได้ เช่น กากอ้อย ซังข้าวโพด ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว กากเมล็ด

ปาล์มและกากตะกอนน้ำทิ้งต่างๆ จากรายงานพิทยากรและคณะ (2541) พบว่า ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมในภาคต่างๆ ของประเทศไทย ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมในภาคต่างๆ ของประเทศไทย (ล้านตันต่อปี)

ชนิดพืช	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลางและภาคตะวันออก	ภาคใต้	รวมทั้งประเทศ
กากอ้อย	3.26	4.31	5.96	0.00	13.53
แกลบ	0.30	1.42	1.36	0.08	3.16
ซังข้าวโพด	0.05	0.08	1.06	0.068	1.258
ขี้เลื่อย	0.10	0.07	0.85	0.41	1.43
มันสำปะหลัง	0.57	3.04	0.89	0.00	4.50

ที่มา: พิทยากรและคณะ (2541)

2.3 วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน ในเขตชุมชนที่มีประชากรอยู่ร่วมกันอย่างหนาแน่นมักมีปัญหาในเรื่องขยะมูลฝอย กรมควบคุมมลพิษได้สรุปสถานการณ์ในปี 2556 ว่า ผลสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ 7,782 แห่ง พบว่ามีขยะมูลฝอยราว 26.77 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มจากปี 2555 ถึง 2 ล้านตัน ซึ่งกำจัดแบบถูกต้อง 7.2 ล้านตันและกำจัดไม่ถูกต้อง 6.9 ล้านตัน โดยมีขยะที่ได้นำกลับมาใช้ประโยชน์ 5.1ล้านตัน จึงมีขยะตกค้างอีก 7.6 ล้านตัน ขณะที่ประเทศไทยมีสถานที่กำจัดขยะทั้งหมด 2,490 แห่ง เป็นสถานที่กำจัดขยะแบบถูกต้องเพียง 466 แห่ง ยังคงมีสถานที่กำจัดแบบไม่ถูกต้อง เช่น การเททิ้งกลางแจ้ง เผาในที่โล่งอยู่ถึง 2,024 แห่ง ทำให้ขยะมูลฝอยสะสมทั้งประเทศมีสูงถึง 19.9 ล้านตัน ทั้งนี้แนวโน้มปริมาณขยะจากชุมชนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยในปี 2556 แต่ละคนมีส่วนทำให้เกิดขยะมากถึง 1.15 กก./คน/วัน สาเหตุหลักของปัญหา คือ ขาดระบบการจัดการที่ดีตั้งแต่ต้นทางและขาดการมีส่วนร่วมรับผิดชอบของสมาชิกในชุมชนตั้งแต่จุดเริ่มต้นของขยะในครัวเรือน (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย, 2557) ดังนั้นถ้าประชาชนมีการนำเศษขยะจากครัวเรือน รวมทั้งใบไม้ เศษหญ้าและมูลสัตว์เลี้ยงมาเป็นวัสดุทำปุ๋ยหมัก นอกจากได้ปุ๋ยหมักไว้ใช้แล้ว ยังช่วยลดปริมาณขยะที่ก่อให้เกิดมลภาวะด้วย

2.4 วัชพืช นอกจากวัสดุเหลือใช้ทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวข้างต้น ยังมีวัชพืชบกและวัชพืชน้ำหลายชนิดที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักได้ เช่น หญ้ายาง หญ้าดอกขาว ต้นกกชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักตบชวาที่ก่อให้เกิดปัญหาการขัดขวางทางน้ำ ส่งเกิดผลกระทบต่อการเดินเรือในแม่น้ำ ลำคลอง ดังนั้นการนำผักตบชวามาทำปุ๋ยหมักจึงนับว่าเป็นแนวทางในการกำจัดที่ดี

3. ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายวัสดุเศษพืชภายในกองปุ๋ยหมักนั้นเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดังนั้นสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมัก จึงเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมหรือลดอัตราการย่อยสลายวัสดุเศษพืชนั้น เพราะ

สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการอัตราการย่อยสลายของวัสดุ สำหรับปัจจัยของสภาพแวดล้อมดังกล่าวที่มีผลต่อคุณภาพและช่วงเวลาการย่อยสลายวัสดุเศษพืชในการผลิตปุ๋ยหมักสามารถแบ่งออกได้ดั้งนี้ คือ

3.1 ลักษณะของเศษวัสดุ

ขนาดของเศษวัสดุ พบว่า การนำมาทำปุ๋ยหมักจะมีผลต่อการอุ้มน้ำ ความพรุนและการถ่ายเทอากาศ กล่าวคือ วัสดุขนาดใหญ่มีความพรุนสูงและการถ่ายเทอากาศดีกว่ากองวัสดุขนาดเล็กอย่างไรก็ตาม เนื่องจากกิจกรรมจุลินทรีย์ในการสลายตัวของวัสดุแบบใช้อากาศจะเกิดตามผิวของเศษวัสดุ ซึ่งวัสดุขนาดเล็กมีการผสมคลุกเคล้าทำได้ทั่วถึงและมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ดังนั้นวัสดุขนาดเล็กจึงมีการย่อยสลายในการกองเร็วขึ้น แต่ระหว่างการหมักวัสดุขนาดเล็กอาจเกิดการอัดตัวของวัสดุการถ่ายเทอากาศช้าลง ทำให้อากาศในกองปุ๋ยหมักไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ จึงทำให้กระบวนการย่อยสลายวัสดุเศษพืชของจุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยหมักช้าลง สำหรับแนวทางแก้ไขสามารถทำได้โดยให้เติมวัสดุที่หยาบ เช่น ขี้เลื่อย ฟางข้าวหรือแกลบดิบ สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟางข้าว ทลายปาล์ม และผักตบชวา ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย ทำให้การผสมคลุกเคล้าไม่ทั่วถึงและปฏิบัติค่อนข้างลำบาก สำหรับแนวทางแก้ไขสามารถทำได้โดยการกองเศษวัสดุเป็นชั้นๆ เพื่อเพิ่มโอกาสให้จุลินทรีย์สามารถสัมผัสกับเศษวัสดุได้เพิ่มขึ้น เมื่อถึงเวลากลับกองปุ๋ยหมักก็จะช่วยผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดีขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการแนะนำว่าการใช้ขนาดวัสดุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 – 50 มิลลิเมตร กองให้มีช่องอากาศ 32 – 38 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้น 52 – 60 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นสภาพที่เหมาะสำหรับการย่อยสลายตัวของวัสดุแบบใช้อากาศ สำหรับปริมาณช่องอากาศอิสระในกองวัสดุ อาจคำนวณจากความหนาแน่นรวม (bulk density, BD) และความถ่วงจำเพาะ (specific gravity, SG) ของวัสดุที่ใช้ ดังนี้

ปริมาณช่องอากาศ = 100(1 –BD/SG) x มวลแห้ง

โดยทั่วไปเศษวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักมีลักษณะที่แห้ง เนื่องจากสะดวกในการกองและควบคุมสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยในด้านความชื้นและการระบายอากาศ บางกรณีอาจใช้เศษวัสดุสดแต่ต้องระมัดระวังเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่มากและการระบายอากาศไม่ดี เพราะอาจก่อให้เกิดกระบวนการเน่าเสียในกองปุ๋ยได้ เช่น การนำผักตบชวามาทำปุ๋ยหมัก ควรนำผักตบชวามาตากแดดประมาณ 2 – 3 วัน เพื่อให้น้ำระเหยออกจากวัสดุหรือนำวัสดุอื่น เช่น ฟางข้าวมาผสมในระหว่างการทำปุ๋ยหมัก เพื่อเป็นการลดความชื้นในกองปุ๋ยหมัก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ,2551)

3.2 องค์ประกอบทางเคมีของเศษวัสดุ

สารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนของเศษวัสดุเป็นสารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งได้โมเลกุลเล็กและนำเข้าในเซลล์ เพื่อใช้เป็นแหล่งของพลังงานและแหล่งของคาร์บอนที่จุลินทรีย์ใช้เป็นหลักในการเจริญเติบโต สำหรับสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นกัน และเซลล์จุลินทรีย์จะนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ที่ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนและกรดนิวคลีอิคซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยปกติเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 10 – 15 ซึ่งหมายความว่าการที่จุลินทรีย์ดูดสารอินทรีย์คาร์บอนเข้าไปใช้ในเซลล์ 10 – 15 หน่วย จำเป็นต้องดูดสารประกอบไนโตรเจนเข้า

ไปด้วย 1 หน่วย จึงจะทำให้เกิดความสมดุลของสารประกอบทั้งสองในเซลล์และจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี (Alexander, 1977) ดังนั้นการทำปุ๋ยหมักมักจะพิจารณาถึง C/N ratio ของเศษวัสดุนั้นๆ เศษพืช โดยทั่วไปมีอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วงประมาณ 45 – 50 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้น ปริมาณไนโตรเจนเศษพืชจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดอัตราการย่อยสลาย สำหรับเศษวัสดุพืชที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ พวกที่ย่อยสลายได้ง่ายกับพวกที่ย่อยสลายได้ยาก

1) เศษวัสดุพืชพวกที่ย่อยได้ง่าย ได้แก่ เศษวัสดุพืชที่มีค่า C/N ratio ต่ำ ดังตารางที่ 5.3 เช่น ต้นพืชตระกูลถั่วต่างๆ อาจจะไม่จำเป็นต้องเติมสารไนโตรเจน หรืออาจจะเติมในปริมาณที่น้อยกว่าที่ใช้กับเศษวัสดุที่มีค่า C/N ratio สูง วัสดุเศษพืชตระกูลถั่วมีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูงกว่าวัสดุการเกษตรชนิดอื่น ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้มากขึ้น และใช้ระยะเวลาการย่อยสลายสั้นกว่าวัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (Cotrufoet et al., 1995) ทำให้วัสดุเหล่านี้จะใช้เวลาน้อยในการย่อยสลายเพราะเมื่อนำต้นถั่วที่มีไนโตรเจนมากมาหมัก จุลินทรีย์ก็จะได้ไนโตรเจนมากพอในการที่ย่อยสลายเศษพืช ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนก็เกิดขึ้นอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

2) เศษวัสดุพืชพวกที่ย่อยได้ยาก ได้แก่ เศษวัสดุพืชที่มีค่า C/N ratio สูงมาก ดังตารางที่ 5.4 เนื่องจากมีองค์ประกอบของลิกนินค่อนข้างสูง ซึ่งย่อยสลายได้ยาก เช่น ซังข้าวโพด กากอ้อย ขี้เลื่อย และขุยมะพร้าว เป็นต้น วัสดุเหล่านี้จะใช้เวลามากในการย่อยสลาย เพราะกากอ้อยที่มีไนโตรเจนน้อยมาหมักจุลินทรีย์ย่อมจะได้ไนโตรเจนไม่เพียงพอในการที่ย่อยสลายเศษพืช ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนก็เกิดขึ้นไม่ทั่วถึง โดยจุลินทรีย์จะค่อยๆ ย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนตามปริมาณไนโตรเจนเท่าที่มีให้ใช้ เศษพืชบางชนิด เช่น ใบยูคาลิปตัสจะมีสารประกอบพวกฟีนอลลิกสูงทำให้ยากต่อการย่อยสลาย ซึ่งสารฟีนอลลิกจะพบในใบยูคาลิปตัสมากกว่าในใบพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นในการทำปุ๋ยหมักอาจจะใช้วัสดุหลายชนิดทำการหมักร่วมกัน เช่น การทำปุ๋ยหมักโดยใช้วัสดุที่ย่อยสลายยากพวกฟางข้าวหรือขี้เลื่อยร่วมกับวัสดุเศษพืชสดพวกผักตบชวาหรือหญ้าสด จากรายงานของ Briones and Ineson (1996) พบว่า การหมักวัสดุจากใบยูคาลิปตัสร่วมกับเศษใบพืชที่ย่อยสลายง่ายพวกใบโอ๊ค จะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นกว่าการหมักใบยูคาลิปตัสอย่างเดียว โดยมีการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการย่อยสลายมีเพิ่มมากขึ้น และมีผลทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูปของแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นด้วย

ค่า C/N ratio ของเศษวัสดุที่เหมาะสมทำปุ๋ยหมักอยู่ในช่วงประมาณ 25 – 35 ในทางปฏิบัติอาจยอมให้อยู่ในช่วง 35 – 45 เนื่องจากการย่อยสลายในช่วงแรกเกิดขึ้นรวดเร็ว เพราะมีสารที่ย่อยสลายง่ายอยู่มากเป็นเหตุให้ค่า C/N ratio ลดต่ำกว่า 35 อย่างรวดเร็ว สำหรับกระบวนการหมักอินทรียสารที่สลายได้จะแปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ดังนั้นเมื่อเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณคาร์บอนในวัสดุจะลดลงแต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนกลับเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ C/N ratio ลดลง นอกจากนี้การหมักเศษวัสดุที่มี C/N ratio ต่ำกว่า 25 จะทำให้ปุ๋ยหมักสูญเสียไนโตรเจนจากการระเหยไปของแอมโมเนีย แต่ถ้า C/N ratio มากเกินไปจะทำให้ได้ปุ๋ยหมักช้า สำหรับตัวชี้วัดมาตรฐานที่ใช้กำหนดสภาพของปุ๋ยหมักว่าแปรสภาพได้ดีแล้วจะมีค่า C/N ratio ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20:1 ถือว่าสามารถนำปุ๋ยหมักดังกล่าวไปใช้ใส่ในดินได้โดยไม่ทำให้พืชเป็นอันตรายและเป็นปุ๋ยหมักมีคุณภาพดี แต่ในทางปฏิบัติการใช้ปุ๋ยหมักที่ค่า C/N ratio สูงกว่านี้เล็กน้อยก็

มิได้ก่อผลเสียหายแก่พืช เพียงแต่คุณสมบัติในการเป็นสารปรับปรุงดินอาจด้อยคุณภาพลงไปบ้างเท่านั้น เนื่องจากการแปรสภาพของสารอินทรีย์ไปเป็นสารฮิวมัสยังไม่ค่อยสมบูรณ์ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน , 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายบางชนิด

เศษวัสดุ	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	C/N ratio
ต้นถั่วเขียว	2.18	0.28	2.00	47.19	22.45
ผักตบชวา	1.68	0.26	4.05	41.48	24.69
ทะลายปาล์ม	1.28	0.16	0.90	47.76	37.31
ต้นข้าวโพด	1.29	0.25	0.79	48.98	40.31
ใบอ้อย	1.07	0.26	1.28	48.87	45.67
เศษมันสำปะหลังโรงงาน	1.20	0.20	0.81	44.86	50.52
ฟางข้าว	0.87	0.14	1.05	44.00	50.57
เศษสับปะรดโรงงาน	0.95	0.16	1.16	48.34	55.37

ที่มา: ปรับปรุงมาจากสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2548ข) และพิทยากรและคณะ (2541)

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากบางชนิด

เศษวัสดุ	N (%)	P (%)	K (%)	C (%)	C/N ratio
เปลือกยูคาลิปตัส	0.57	0.10	0.62	44.94	78.84
กากอ้อย	0.31	0.13	0.44	53.54	179.68
ซังข้าวโพด	0.43	0.13	0.59	49.38	114.83
ขี้เลื่อย	0.30	0.09	0.36	56.30	209.64
ขุยมะพร้าว	0.35	0.05	0.58	48.21	140.22
แกลบ	0.35	0.08	1.52	53.30	158.36

ที่มา: ปรับปรุงมาจากสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2548ข) และพิทยากรและคณะ (2541)

3.3 ความชื้น

ความชื้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก น้ำเป็นตัวทำละลายสารอาหารต่างๆ และมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาในระบบ metabolism ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และการปลดปล่อย extracellular enzyme ออกมาภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ เพื่อย่อยสารโมเลกุลใหญ่ ระดับความชื้นที่เหมาะสมในกองปุ๋ยหมักต่อการย่อยสลายประมาณ 50 – 60 เปอร์เซ็นต์

โดยน้ำหนักถ้าหากมีความชื้นต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ การย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ถึงแม้ว่ามีแบคทีเรียที่สามารถมีกิจกรรมได้เมื่อวัสดุมีความชื้นเพียง 12 – 15 เปอร์เซ็นต์ แต่การย่อยสลายอินทรียสารในสภาพดังกล่าวจะช้ามาก ต้องใช้เวลาการหมักนานกว่าปกติและได้ปุ๋ยหมักที่คุณภาพไม่ดี แต่ถ้าความชื้นมากเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้กองปุ๋ยหมักแฉะเกินไปมีผลทำให้ปริมาณอากาศมีไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ ส่งผลกระทบกระบวนการย่อยสลายเศษวัสดุชะลอลง บางครั้งอาจทำให้เกิดกรดอินทรีย์สะสมเป็นปริมาณมาก เป็นเหตุให้ปุ๋ยหมักมีคุณภาพต่ำลง เพราะกรดอินทรีย์ที่ค้างอยู่อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์หรือมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของรากพืชได้ นอกจากความชื้นมีผลโดยตรงต่อการเจริญและกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลทางอ้อมต่อการระบายอากาศด้วย กล่าวคือถ้าความชื้นมีมากเกินไปการแพร่กระจายของออกซิเจนในกองปุ๋ยหมักจะเกิดได้ยาก จนทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนและมีผลต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวแล้ว เป็นผลทำให้เกิดการหมักแบบสภาพที่ไม่มีอากาศจะเกิดกลิ่นเหม็นภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยจำพวก มีเทน ฟอสฟิน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ และมีผลทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจากวัสดุเศษพืชในระหว่างการทำปุ๋ยหมักด้วย เช่น ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนีย

ความชื้นในกองเศษวัสดุมาจากสองแหล่ง คือ ความชื้นเดิมของวัสดุและความชื้นที่เกิดจาก metabolism ของจุลินทรีย์ สำหรับความชื้นที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรียสารของจุลินทรีย์นั้นประมาณ 0.55 – 0.65 กรัมต่อกรัมวัสดุ โดยปกติภายในกองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้มีการสูญเสียน้ำจากการระเหยระหว่างการหมักอย่างต่อเนื่อง เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่ากระบวนการย่อยสลายอินทรียสารของจุลินทรีย์ 1 กรัมแบบใช้ออกซิเจน จะให้พลังงานความร้อนประมาณ 25 กิโลจูล ซึ่งเพียงพอสำหรับการน้ำระเหย 10.2 กรัม หรือประมาณ 10 เท่าของน้ำที่ได้จากจากกิจกรรมการสลายตัวของเศษวัสดุโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมให้กองปุ๋ยหมักมีความชื้นระยะแรกและระยะต่อมาประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ แล้วปล่อยให้ลดลงที่ละน้อยจนปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตควรให้มีความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

3.4 การระบายอากาศ

การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมักเป็นสิ่งจำเป็นอีกประการหนึ่ง เนื่องจากการย่อยสลายเศษวัสดุโดยจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะมีปฏิกิริยาที่รวดเร็วกว่าจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนหลายเท่า ดังนั้นถ้าไม่มีการระบายอากาศในกองปุ๋ยจะทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจน ซึ่งมีผลต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นผลทำให้เกิดการหมักแบบสภาพที่ไม่มีอากาศ จะเกิดกลิ่นเหม็นภายในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยจำพวกมีเทนและไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ มีผลทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจากวัสดุเศษพืชในระหว่างการทำปุ๋ยหมักด้วย เช่น ไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนีย เป็นต้น จากที่กล่าวข้างต้นจึงจำเป็นต้องมีการระบายอากาศในกองปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอต่อการเจริญและย่อยสลายเศษซากพืชของจุลินทรีย์ (Macgregor, 1981)

การระบายอากาศหรือการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองปุ๋ยอาจจะทำได้โดยการกลับกองปุ๋ย ซึ่งนอกจากจะมีผลดีในการระบายอากาศแล้วยังช่วยคลุกเคล้าเศษวัสดุต่างๆ ให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ การกลับกองปุ๋ยหมักในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นวิธีการที่ไม่ต้อง

ลงทุนแต่ต้องใช้แรงงานเพิ่มขึ้น จากการศึกษาวิธีการระบายอากาศต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าวของพิทยากรและคณะ (2534) พบว่า การกลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 10 วัน ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 วันแรกของการกองปุ๋ยหมัก หรือจะทำการกลับกองปุ๋ยหมักทุกๆ 20 วัน หรือทำการกลับกองปุ๋ยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในกองปุ๋ย 50 องศาเซลเซียสได้ ซึ่งจะช่วยทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน และทำให้อัตราการลดลงของค่า C/N ratio ลดลงใกล้เคียงกันระหว่าง 20:1 ถึง 30:1 หลังจากหมักฟางข้าวประมาณ 3 เดือน สำหรับในกรณีที่ไม่มีแรงงานเพียงพอในการกลับกองปุ๋ยหมักอาจจะใช้วิธีการ 2 วิธีการ ดังนี้

1 การใช้การเติมอากาศแบบธรรมชาติ (passive aeration) ซึ่งอาศัยกลไกที่ทำให้อากาศเคลื่อนไหว 3 แบบ (ยงยุทธและคณะ, 2551) คือ

1.1 การแพร่โมเลกุล เกิดเนื่องจากการใช้ออกซิเจนในการหมัก ดังนั้นความเข้มข้นของออกซิเจนภายนอกกองย่อมสูงกว่าภายในกองเสมอ จึงเกิดมีการแพร่ของออกซิเจนเข้าไปอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดสมดุล แต่กระบวนการนี้เกิดขึ้นช้ามากจึงไม่ถือเป็นกลไกสำคัญของการเติมอากาศให้กองปุ๋ย

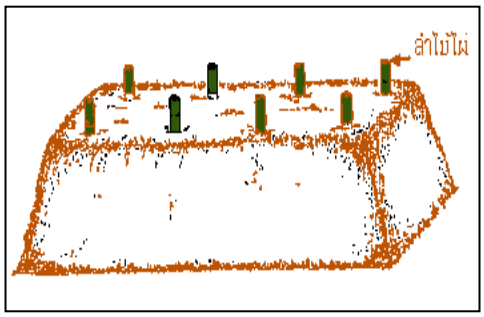
1.2 ลมมีความสำคัญในการเคลื่อนที่ของอากาศ เพื่อเติมออกซิเจนสำหรับกองวัสดุในที่โล่งและมีลมโกรก อาจเห็นไอน้ำโชยออกมาจากกองวัสดุ

1.3 การพาความร้อน เป็นกลไกที่สำคัญของการเติมอากาศแบบธรรมชาติ เพราะความร้อนที่เกิดจากการหมัก ทำให้อุณหภูมิของอากาศและวัสดุในกองสูงขึ้นและอากาศลอยออกจากกอง เป็นเหตุให้อากาศใหม่ภายนอกกองที่เย็นกว่าเข้าไปแทนที่ ดังนั้นอัตราการถ่ายเทอากาศจึงขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกกองปุ๋ย และความต้านทานการไหลของอากาศผ่านวัสดุในกองปุ๋ยนั้น ดังนั้นการทำให้กองปุ๋ยมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อขับเคลื่อนการพาความร้อนและสภาพของกองปุ๋ยมีความพรุนมากพอและมีช่องต่อเนื่อง จะทำให้การเติมอากาศแบบธรรมชาติเกิดขึ้นได้ดี

เช่น การผลิตปุ๋ยหมักโดยการใช้ท่อหรือไม้ไผ่สอดในกองปุ๋ยการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ด้วยระบบเติมอากาศโดยใช้ลูกหมุน และการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 (ธีระพงษ์, 2555)

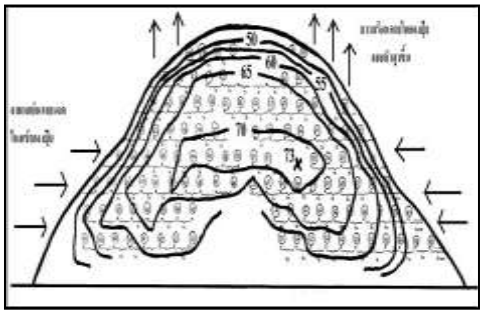
2. การเติมอากาศด้วยแรง (force aeration) เป็นการใช้วิธีกล เช่น พัดลมประกอบกับท่อนำอากาศ อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็น และเครื่องควบคุม ซึ่งมีหลายระบบเช่นใช้พัดลมหลายเครื่องและควบคุมแต่ละเครื่องเป็นให้ปิดเปิดเป็นอิสระต่อกัน หรือมีพัดลมหลายเครื่องประกอบเข้ากับท่อลมใหญ่และแยกเป็นท่อลมย่อยควบคุมเข้าไปแต่ละกองปุ๋ย โดยการเติมอากาศแบบนี้แบ่งเป็น 2 แบบ คือ ใช้แรงอัดเพื่อดันอากาศให้กระจายไปตามเครือข่ายท่อย่อยสู่บริเวณที่กำหนด และใช้แรงดูดเพื่อดูดอากาศจากภายนอกมาสู่ท่อเครือข่ายแล้วเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุในกอง เมื่อเปรียบเทียบสองระบบนี้แล้ว พบว่า การใช้แรงดันเหมาะสำหรับการเติมอากาศในกองปุ๋ย ส่วนการใช้แรงดูดเหมาะสำหรับการดูดกลิ่นเหม็นออกจากกองปุ๋ย ดังนั้นการใช้ทั้งสองระบบร่วมกันโดยมีการปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศให้เหมาะสมกับแต่ละระยะของการหมักก็จะได้ผลดี กล่าวคือให้ระบบใช้แรงดูดทำงานในช่วงแรกเพื่อรวบรวมแก๊สที่มีกลิ่นเหม็นในกองออกไปกำจัด ในช่วงต่อมาก็ให้ระบบใช้แรงดันเพื่อเติมอากาศให้กองปุ๋ย นอกจากนี้การกลับทิศทางการไหลของอากาศจะช่วยในการปรับความชื้นและอุณหภูมิของกองปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองระบบการเติมอากาศ (ธีระพงษ์, 2549) เพื่อเป็นการช่วยระบายอากาศภายในกองปุ๋ยหมักได้ และ

จะช่วยลดแรงงานในการกลับกองปุ๋ยหมัก แต่อย่างไรในช่วงแรกของการทำปุ๋ยหมักควรจะมีการกลับกองปุ๋ยหมักบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระหว่างสัปดาห์แรกของการกองปุ๋ยหมัก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)



ภาพที่ 5.1 การใช้ท่อหรือไม้ไผ่สอดในกองปุ๋ย
ที่มา: http:// www.baanjomyut.com/library-3/ extension- 5/agricultural-knowledge/ 12 html.

ภาพที่ 5.2 การใช้ลูกหมุน
ที่มา: http:// www.muangklangnews. Biogspot.com/2011/06.



ภาพที่ 5.3 การเติมอากาศแบบธรรมชาติ (passive aeration)
ที่มา: ธีระพงษ์ (2555)

ภาพที่ 5.4 การเติมอากาศด้วยแรง (force aeration)
ที่มา: ธีระพงษ์ (2549)

3.5 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก Day and Shaw (2001) จำแนกจุลินทรีย์ตามช่วงอุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) จุลินทรีย์ประเภทชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophile) สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 0 – 25 องศาเซลเซียส 2) จุลินทรีย์ประเภทชอบ

อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25 – 45 องศาเซลเซียส และ 3) จุลินทรีย์ประเภทชอบอุณหภูมิสูง (thermophile) สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิมากกว่า 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตปุ๋ยหมักจึงมีเพียง 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงและปานกลาง เพราะว่าอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะมีการเปลี่ยนแปลง 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ระยะอุณหภูมิปานกลาง ระยะที่ 2 ระยะอุณหภูมิสูง และระยะที่ 3 ระยะอุณหภูมิปานกลางครั้งที่สองหรือระยะบ่ม(ระยะอุณหภูมิลดลง) ซึ่งมีผลต่อชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเศษวัสดุในการกองปุ๋ยหมัก

จากผลการทดลองของ Bertoldiet et al. (1983) รายงานเกี่ยวกับปริมาณจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักที่มีอุณหภูมิสูง พบว่าเชื้อจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียและแอคติโนมัยซิสสามารถทนและอยู่รอดได้ดีแต่เชื้อรามีปริมาณลดลง จากการปรับระดับอุณหภูมิให้คงที่ที่ระดับต่างๆ กัน แล้ววัดปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายพบว่าที่อุณหภูมิ 57 – 60 องศาเซลเซียส (ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์) กระบวนการย่อยสลายเกิดได้ดี โดยมีปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมามาก แต่อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่านี้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจะลดลง แสดงว่าอุณหภูมิระหว่าง 57 – 60 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไปประมาณ 70 องศาเซลเซียส จะมีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย ทำให้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ลดลงและกิจกรรมของจุลินทรีย์จะลดลงตามไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิค่อยๆลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสมเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือรอดอยู่จะเริ่มกิจกรรมในการย่อยสลายต่อไป (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ระดับอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมชนิดและขนาดของเศษวัสดุ จากรายงานวิจัยของเสียงแจ่วและคณะ (2534) พบว่า ชนิดและลักษณะของวัสดุเศษพืชนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักด้วย โดยวัสดุที่เป็นเส้นขนาดใหญ่ ได้แก่ ฟางข้าวและผักตบชวาจะมีอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงระหว่าง 45 – 50 องศาเซลเซียส แต่วัสดุที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ กากอ้อย แกลบและเศษปอจะมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียสนอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักยังขึ้นอยู่กับการเติมปัจจัยบางชนิดร่วมกับวัสดุเศษพืชในการทำปุ๋ยหมักด้วย ได้แก่ การเติมมูลสัตว์ลงในกองปุ๋ยหมัก ดังรายงานของวรรณลดาและคณะ (2534ก) ว่า ผลของมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว พบว่าการใส่มูลสัตว์ซึ่งอาจจะเป็นมูลไก่ มูลวัวหรือมูลสุกร ในอัตราตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงกว่าการไม่ใส่มูลสัตว์ในช่วง 5 วันแรกของการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 51 เป็น 60 องศาเซลเซียส และการใส่มูลสัตว์ในอัตราที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งเสริมการเพิ่มอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในกองปุ๋ยหมักจะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการย่อยสลาย และมีความสอดคล้องกับอัตราส่วนการลดลงของค่า C/N ratio ในกองปุ๋ยหมักด้วย

การเปลี่ยนแปลงระดับของอุณหภูมิตามที่ได้กล่าวแล้วนี้ โดยเฉพาะระยะที่สองที่มีอุณหภูมิสูงถึง 50 – 70 องศาเซลเซียส จะมีผลไปทำลายเมล็ดวัชพืชและไข่แมลง แม้แต่เชื้อโรคต่างๆของคนและเชื้อโรคพืชก็

ถูกทำลายด้วย โดยทั่วไปเชื้อราสาเหตุโรคพืชจะถูกทำลายที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่วนเชื้อโรคของคนมักถูกทำลายที่อุณหภูมิตั้งแต่ 55 องศาเซลเซียส (ยงยุทธและคณะ,2551) เชื้อโรคต่างๆ อาจมีชีวิตอยู่รอดภายใต้อุณหภูมิที่สูงแตกต่างกันไป เช่น เชื้อ *Salmonella typhosa* ที่อยู่ในอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะตายภายใน 30 นาที แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส จะตายภายใน 20 นาที ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 อุณหภูมิที่ทำให้เชื้อโรคและปรสิตทั่วไปตาย

เชื้อโรค	50 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส	60 องศาเซลเซียส
Salmonella typhosa	--	30 นาที	20 นาที
Salmonella sp.	--	60 นาที	15 – 20 นาที
Shigella sp.	--	60 นาที	--
Escherichia coll	--	60 นาที	15 – 20 นาที
Streptococcus pyogens	--	10 นาที	--
Mycobacterium diptheriae	--	45 นาที	--
*Brucellusabortus*or *suis*	--	60 นาที	3 นาที

ที่มา: Day and Shaw (2001)

3.6 ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เป็นกลางระหว่าง 6.5 – 7 โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียและแอคทิโอไมซีสจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6 – 8 แต่ถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5 แบคทีเรียและแอคทิโอไมซีสจะเจริญเติบโตลดลง ในขณะเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่ทนกรดได้ดีกว่า จึงจะเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้มากกว่า (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) แต่ระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมกับกระบวนการหมักอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารที่ได้ระหว่างการหมักมีลักษณะของ buffer ที่ดี ดังนั้นแม้เศษวัสดุที่นำมาหมักจะมีความเป็นกรดเป็นด่างที่แตกต่างกัน เช่น ตะกอนน้ำเสียมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 5.0 – 6.5 เมื่อนำมาหมักความเป็นกรดเป็นด่างในกองปุ๋ยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่างในการหมักวัสดุต่างๆ พบว่า ปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ขี้เลื่อย กากตะกอนน้ำเสียและเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าระดับความเป็นกรดเป็นด่างไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าระดับความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 6.7 –8.1 (ยงยุทธและคณะ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Stuzenbergeret et al. (1970) พบว่า ระดับความเป็นกรดเป็นด่างจากตัวอย่างที่เก็บจากกองปุ๋ยหมัก นำมาหาค่าเฉลี่ยในช่วง 3 วันแรกจะลดลงจากเดิมเหลือ 5.3 ถึง 5.7 เนื่องจากในช่วงแรกจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายอย่างรวดเร็วและผลิตกรดอินทรีย์บางชนิด มีผลทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างลดลงจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆและไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง และเมื่อสิ้นสุดการหมักจะได้ปุ๋ยหมักมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ระหว่าง 7.0 – 8.5 และงานวิจัยของวรรณลดาและคณะ (2534ข) พบว่า จากการย่อยสลายวัสดุเศษพืชที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของใบยูคาลิปตัสก่อนการทำปุ๋ยหมักมีค่าเท่ากับ 3.9 หลังจากหมักเป็นเวลา 10 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเพิ่มขึ้น 5.2 จนกระทั่งหลังจากสิ้นสุดการหมักวัสดุดังกล่าวเป็นเวลา 50 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกองปุ๋ยหมักจากใบยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้นเป็น 6.0

4. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเศษวัสดุในการกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ความร้อนและสารประกอบฮิวมัส เมื่อกระบวนการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ จะได้สารประกอบที่มีความคงทนที่ เรียกว่า **“ปุ๋ยหมัก”** กระบวนการย่อยสลายดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกัน ซึ่งแต่ละชนิดของจุลินทรีย์จะมีบทบาทในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในกองวัสดุและสภาพแวดล้อมภายในกอง กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในแต่ละช่วงเวลาของกระบวนการหมัก มี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง และกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิสูง ดังตารางที่5.6 ดังนั้นจึงแบ่งระยะเวลาการหมักเป็น 3 ระยะ ตามอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก คือ

1) ระยะอุณหภูมิปานกลาง (mesophillic phase) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงแรกของการย่อยสลายประมาณ 1 – 2 วัน โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วงประมาณ 30 – 45 องศาเซลเซียส โดยจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลและสารอาหารที่ย่อยสลายง่ายอย่างรวดเร็วเป็นเหตุให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยเพิ่มสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ในระยะนี้แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลางจะมีมากที่สุด แต่เมื่ออุณหภูมิของกองปุ๋ยสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส ก็จะพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 2

2) ระยะอุณหภูมิสูง (thermophilic phase) หลังจากหมักเศษวัสดุประมาณ 4 วัน อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะเพิ่มสูงขึ้นจนอยู่ระหว่าง 50 – 75 องศาเซลเซียส ในสภาพดังกล่าวมีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิปานกลางเริ่มมีปริมาณลดลง เนื่องจากไม่สามารถเจริญและดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่อุณหภูมิสูง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงจะเริ่มเจริญและเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์พวกนี้ยังคงดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสารประกอบที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ไขแลน เซลลูโลส และลิกนิน เป็นต้น ช่วงนี้ตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสและลิกนินได้ดี เมื่อความร้อนในกองปุ๋ยหมักมากเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดตายลงและมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายลดลง ส่งผลทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลง เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ก็จะดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายได้อีกก็จะทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นอีก ลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักช่วงนี้ประมาณ 45 – 65 องศาเซลเซียสและค่อนข้างคงที่ในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวนี้ จนกระทั่งสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักไม่เหมาะสมหรือวัสดุในกองปุ๋ยหมักถูกย่อยสลายจนใกล้จะสมบูรณ์ก็จะทำให้อุณหภูมิลดลง ในช่วงที่เกิดกิจกรรมย่อยสลายของจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นควรมีการปรับสภาพในกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสม ได้แก่ การระบายอากาศโดยการกลับกองปุ๋ย เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศและทำให้กองปุ๋ยมีความร้อนกระจายสม่ำเสมอ และเอาวัสดุที่อยู่ภายนอกเข้ามารับความร้อน

ภายในกองปุ๋ยและควบคุมความชื้น เพื่อทำให้อัตราการย่อยสลายโดยกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงเหล่านี้ดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายเศษวัสดุอย่างรวดเร็วทำให้ระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักน้อยลง

3) ระยะอุณหภูมิปานกลางครั้งที่สองหรือระยะบ่ม (ระยะอุณหภูมิลดลง) เมื่อผ่านระยะอุณหภูมิสูงไปแล้วแหล่งอาหารที่ใช้ได้ง่ายสำหรับจุลินทรีย์ก็เหลือน้อย เป็นเหตุให้กิจกรรมโดยรวมของจุลินทรีย์ลดต่ำลง อุณหภูมิจึงลดลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศรอบกองปุ๋ย จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิระดับนี้จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ระยะนี้อาจกินเวลาตั้งแต่ 3 – 5 สัปดาห์หรือหลายเดือนขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุและสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ย

ตารางที่ 5.6 ประชากรจุลินทรีย์ (จำนวนต่อกรัมปุ๋ยหมัก) ในกองปุ๋ยระหว่างการหมักแบบใช้ออกซิเจน

จุลินทรีย์	ระยะแรกอุณหภูมิปานกลาง (< 40 ^{0}C)	ระยะอุณหภูมิสูง (40 – 70 ^{0}C)	ระยะอุณหภูมิปานกลางครั้งที่สอง 70 ^{0}C แล้วลดลง	จำนวนชนิดของจุลินทรีย์
แบคทีเรีย				
- mesophile	10^8	10^6	10^{11}	6
- hermophile	10^4	10^9	107	1
แอคติโนไมซีสต์				
- hermophile	10^4	10^8	10^5	14
รา				
- mesophile	10^6	10^3	10^5	18
- hermophile	10^3	10^7	10^6	16

ที่มา: Day and Shaw (2001)

ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในกองปุ๋ยหมักดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ตามกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการย่อยสลายดังกล่าวต้องอาศัยเชื้อจุลินทรีย์หลายประเภทประกอบกันในลักษณะของเชื้อผสม (mix culture) เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1.แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีขนาดค่อนข้างเล็กมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่น ทรงกลม (cocci) รูปท่อน(bacilli) และรูปเกลียว (spiral) เป็นต้น จึงเพิ่มประชากรมากตั้งแต่เริ่มตั้งกอง จึงมีปริมาณมากที่สุดในกองปุ๋ยหมักประมาณ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากวัสดุที่ใช้หมักมีสารอาหารที่ใช้ได้ง่ายอยู่มาก แบคทีเรียก็จะย่อยสลายสารอาหารเหล่านั้นอย่างรวดเร็วและปลดปล่อยความร้อนออกมาปริมาณมาก กองปุ๋ยจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส แบคทีเรียพวกที่ไม่ทนอุณหภูมิสูงก็จะชะงักการเจริญเติบโตและพวกที่ชอบอุณหภูมิสูงก็จะเพิ่มปริมาณขึ้นไปอีก ส่งผลให้อุณหภูมิในกองปุ๋ยสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ถ้าความร้อนเกิดขึ้นเร็วและกระจายออกไปได้ช้า ความร้อนก็จะสะสมในกองปุ๋ยมากเกินไป เช่น สูงกว่า

65 – 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทำให้แบคทีเรียที่ทนความร้อนส่วนใหญ่ชะงักการเจริญเติบโตเหลือเพียงมีกี่ชนิดที่ทนทานอยู่ได้ ส่งผลให้การย่อยสลายวัสดุช้าลง เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักค่อยๆ ลดลง แต่ก็มีแบคทีเรียและจุลินทรีย์ทนอุณหภูมิสูงกลุ่มอื่นๆ ยังมีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุต่อไประยะหนึ่ง จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส กิจกรรมของแบคทีเรียทนอุณหภูมิปานกลางจะมีปริมาณมากขึ้นและมีบทบาทมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ไปจนกระบวนการหมักสิ้นสุดลง

ในการศึกษาปริมาณประชากรจุลินทรีย์โดยทั่วไป พบว่า ในช่วงที่อุณหภูมิปานกลางจำนวนของแบคทีเรียมีมากกว่าจำนวนของเชื้อรา อาจพบได้มากเป็น 100 เท่าของเชื้อรา แบคทีเรียที่พบเสมอในช่วงนี้ได้แก่ *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Arthrobacter* sp. และ *Alicaligenes* sp. แม้จะพบแบคทีเรียในจำนวนที่มากกว่าเชื้อราหลายเท่า แต่ก็ไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มใดมีบทบาทมากว่ากันในช่วงนี้ เนื่องจากเชื้อรามีลักษณะเป็นเส้นใยและมีขนาดของเซลล์ที่ใหญ่กว่า นอกจากนี้การเจริญเติบโตยังสามารถทอดเส้นใยข้ามช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนวัสดุได้ดีและรวดเร็วกว่าแบคทีเรียมาก ทั้งยังมีการปล่อยเอนไซม์ออกนอกเซลล์มาย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

สำหรับในช่วงที่อุณหภูมิสูงใกล้ถึง 60 องศาเซลเซียส เชื้อรายังคงมีบทบาทร่วมกับแบคทีเรีย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงมากกว่านี้เชื้อราก็จะหยุดกิจกรรมลง โดยทั่วไปอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราจะถูกทำลาย ดังนั้นกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จึงเกิดจากแบคทีเรียและแอคทิโนไมซิสพวกที่ทนความร้อน แบคทีเรียที่พบมาก ได้แก่ *Streptococcus* sp., *Vibrio* sp. และ *Bacillus* sp. รวมกันมากกว่า 2,000 สายเชื้อ บางครั้งความร้อนในกองปุ๋ยสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส พบว่า แอคทิโนไมซิสที่ทนความร้อนก็จะตายไปเหลือแต่แบคทีเรียบางชนิดที่ทนความร้อนจัดเท่านั้น ได้แก่ *Bacillus* sp และ *Thermusaquaticus* โดยร้อยละ 87 เป็น *Bacillus* sp. ได้แก่ *B. Subtilis, B. Stearothermophili* และ *B. licheniformis* พวก *Bacillus* sp. จัดเป็นพวกที่สามารถสร้างสปอร์ได้จากการตรวจสอบพบว่าสปอร์จะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่ามีพวก *Clostridium* sp. ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้เช่นกัน แต่เจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

2.แอคติโนไมซิสต์ (Actinomycetes) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งเพราะมีผนังเซลล์และองค์ประกอบของเซลล์ตลอดจนขนาดที่เหมือนกับแบคทีเรียทั่วไป แต่มีลักษณะรูปร่างการเจริญเติบโตในรูปแบบการแตกแขนงเป็นเส้นใยและสร้างสปอร์คล้ายเชื้อรา เพียงแต่เส้นใยมีขนาดเล็กและสั้นกว่าเชื้อรามาก จึงมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อราหรือแบคทีเรีย การเพิ่มปริมาณในกองปุ๋ยก็ช้ากว่าเชื้อราและแบคทีเรียด้วยในช่วงแรกของหมัก หลังจากกระบวนการหมักผ่านไป 5 – 7 วัน จะพบแอคทิโนไมซีสต์มีปริมาณมากและเจริญได้ดี เพราะสารประกอบที่ย่อยสลายง่ายอื่นๆ ถูกจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ใช้ไปเกือบหมดแล้วเหลือแต่สารอินทรีย์ประเภทอินทรีย์ประเภทที่ย่อยสลายยากเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีแต่กลุ่มจุลินทรีย์แอคติโนไมซิสต์ที่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะกลุ่มจุลินทรีย์นี้ทนทานต่อสภาพที่ไม่ค่อยเหมาะสม เช่น ความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูง แต่ต้องการการออกซิเจนและผลิตเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถใช้สารอินทรีย์ประเภทที่ย่อยสลายยากได้ดีและใช้ได้หลากหลายชนิด จึงมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกนิน และสารประกอบที่ย่อยสลายยากอื่นๆ

สกุลที่พบมาก ได้แก่ *Micromonospora* sp., *Streptomyces* sp. *Thermoactinomycetes* sp., *Actinomyces* sp. และ *Thermomonospora* sp หากเปิดกองวัสดุที่หมักออกดูจะพบแอคติโนไมซีตมีลักษณะเป็นขุยสีขาวคล้ายกับผงแป้งในกองปุ๋ย ซึ่งเป็นลักษณะการเจริญแบบเส้นใยและสร้างสปอร์ของจุลินทรีย์ชนิดนี้ หรือหากเป็นการกองปุ๋ยในหลุมหมักที่มีฝาปิดและผิวหน้ากองมีความชื้นมากพอ อาจพบแอคติโนไมซีสต์เจริญเติบโตเป็นขุยที่ผิวหน้ากองปุ๋ยจนขาวโพลนก็ได้ เชื้อแอคติโนมัยซิสต์สามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 65 องศาเซลเซียส และการเจริญจะลดลงหรือหยุดชะงักเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 75 องศาเซลเซียส (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

3.เชื้อรา (Fungi) มีลักษณะเป็นเส้นใยต่อกันและมีสปอร์กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป เชื้อราเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (aerobe) เป็นกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและเพิ่มปริมาณมากในช่วงแรกๆ ของการหมักใกล้เคียงกับพวกแบคทีเรีย ซึ่งช่วงนั้นยังมีสารประกอบที่ย่อยสลายง่ายอยู่มากแต่ก็เป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้น เพราะเป็นช่วงเวลาที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสม เมื่ออุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงกว่า50 องศาเซลเซียสจนใกล้ 60 องศาเซลเซียส การเจริญเติบโตของเชื้อรามักจะลดลงและที่อุณหภูมิประมาณ 60– 65 องศาเซลเซียสเชื้อราจะถูกทำลาย แต่เมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งพบว่าอุณหภูมิสูงขนาด 62 – 63 องศาเซลเซียสยังสามารถตรวจพบเชื้อราได้ในกองปุ๋ยหมัก การตรวจพบเชื้อราแต่ชนิดและปริมาณของเชื้อจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดชองเศษวัสดุและสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความชื้น และอุณหภูมิ ในการทำปุ๋ยหมัก การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและมีความชื้นสูงเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมกับเชื้อรา ดังนั้นจึงมักตรวจพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของปุ๋ยหมัก ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก เชื้อราส่วนใหญ่มีความสามารถในการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่ได้ดี เนื่องจากเชื้อราหลายชนิดผลิตเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ได้หลากหลายชนิด อย่างไรก็ตามปัจจัยต่างๆของสภาพแวดล้อม จะเป็นตัวควบคุมและคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการดำรงกิจกรรมในกองปุ๋ยหมัก เชื้อราที่พบทั่วไปในกองวัสดุจากเศษพืช คือ เชื้อรายย่อยเซลลูโลส ได้แก่ *Aspergillus* sp., Peniculium sp., Fusarium sp., *Trichoderma* sp. และ *Chaetomonium* sp. สำหรับอินทรียสารที่มีในกองวัสดุนั้น น้ำตาลและกรดอินทรีย์ต่างๆ จะถูกย่อยสลายเร็วที่สุด เซลลูโลสสลายตัวค่อนข้างช้า ส่วนลิกนินสลายช้าที่สุดจึงถูกใช้เป็นลำดับสุดท้ายของโซ่อาหาร อย่างไรก็ตามเชื้อรา *Basidiomycetes* sp. เป็นเชื้อราที่มักพบว่ามีบทบาทสำคัญในกาย่อยสลายลิกนิน และจากการศึกษาชนิดของเชื้อราในระยะต่างๆของการทำปุ๋ยหมัก พบว่าในระยะแรกที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นมักจะตรวจพบเชื้อราพวก *Geotrichumcandidum* และ *Aspergillusfumigatu* sและเมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับ45 – 55 องศาเซลเซียส มักจะตรวจพบพวก *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้อาจพบพวก *Penicilliumduponti* อย่างไรก็ตามชนิดของเชื้อราดังกล่าวนี้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัสดุที่ใช้ บางครั้งอาจจะเห็นกลุ่มของเส้นใยเชื้อราเป็นสีขาวหรือสีเทาเจริญอยู่ภายในกองปุ๋ยหมัก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551; ยงยุทธและคณะ, 2551)

5. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.1

กระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก พบว่า จุลินทรีย์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เพราะกระบวนการย่อยสลายเศษวัสดุในกองปุ๋ยหมักเกิดจากกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้น ถ้าต้องการผลิตปุ๋ยหมักให้ใช้เวลาน้อยที่สุด ต้อง

คำนึงถึงชนิดของจุลินทรีย์และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ เช่น การเพิ่มธาตุอาหาร การใส่มูลสัตว์ การรักษาความชื้น และการกลับกองเป็นครั้งคราว เพราะเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์จะช่วยทำให้อัตราการย่อยสลายเศษพืชเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้ช่วยลดเวลาในการทำปุ๋ยหมักให้สั้นลง ดังรายงานวิจัยของฉวีวรรณและพิมพ์ธิดา (2555) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 กับการย่อยวัสดุหมัก 3 ชนิด ได้แก่ ทะลายปาล์ม กากสบู่ดำ และเปลือกถั่วพร้า จะใช้เวลาในการทำปุ๋ยหมักน้อยกว่าการใช้สารเร่ง พด.1 และการไม่ใช้สารเร่งจะใช้เวลาในการทำปุ๋ยหมักมากที่สุด แต่ถ้าไม่มีสารเร่ง (เชื้อจุลินทรีย์) ก็ไม่เป็นอุปสรรคในการผลิตปุ๋ยหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัสดุก็สามารถช่วยย่อยสลายวัสดุได้ดี ถ้าสภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักมีความเหมาะสม และวิธีการกองปุ๋ยหมักไม่มีข้อกำหนดแน่นอนแต่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยของวัสดุที่มีอยู่ ได้แก่ วัสดุเศษพืช มูลสัตว์ปุ๋ยไนโตรเจนหรือน้ำหมักจากปลา และสารเร่ง เป็นต้น

ซึ่งวิธีการกองปุ๋ยหมักสามารถเลือกปฏิบัติได้ตามความเหมาะสมได้ 4 วิธี คือ 1) การกองแบบใช้เศษพืชอย่างเดียว 2) การกองแบบใช้เศษพืชผสมมูลสัตว์ 3) การกองแบบใช้เศษพืชผสมมูลสัตว์และปุ๋ยไนโตรเจน และ 4) การกองแบบใช้เศษพืชผสมมูลสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจนและสารเร่ง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการกองปุ๋ยหมักวิธีที่ 4 เพราะเป็นวิธีการกองปุ๋ยหมักแบบนี้นำวัสดุมาผสมกันทั้งหมด ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์วิธีการกองปุ๋ยแบบต่างๆได้ตามวัสดุที่มีอยู่

สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส ไขมัน และลิกนินที่ย่อยสลายยาก เพื่อผลิตปุ๋ยหมักในเวลาที่รวดเร็วและมีคุณภาพ เป็นจุลินทรีย์ที่ทนอุณหภูมิสูง ซึ่งประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม ได้แก่ เชื้อราย่อยเซลลูโลส 4 สายพันธุ์ คือ *Scytalidium thermophilum, Chaetomium thermophilum, Corynascus verrucosus* และ *Scopulariosis breviaculis* แอคติโนไมซิสต์ย่อยเซลลูโลส คือ *Streptomyces* sp. 2 สายพันธุ์ และแบคทีเรียย่อยไขมัน คือ *Bacillus subtilis* 2 สายพันธุ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556ค)

5.1 ส่วนผสมของวัสดุในการกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน ประกอบด้วย

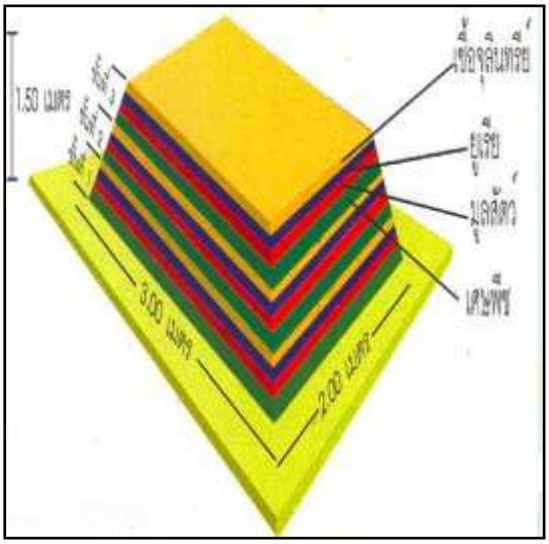
1. เศษพืชแห้ง	จำนวน	1,000	กิโลกรัม
2. มูลสัตว์	จำนวน	200	กิโลกรัม
3. ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย)	จำนวน	2	กิโลกรัม
หรือน้ำหมักจากปลา	จำนวน	9	ลิตร
4. สารเร่งซุปเปอร์ พด.1	จำนวน	1	ซอง

5.2 วิธีการกองปุ๋ยหมัก

กองปุ๋ยหมัก 1 ตัน มีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 1.5 เมตร มี 2 วิธี ตามขนาดของเศษพืช ดังนี้

1) เศษพืชที่มีขนาดเล็ก เช่น แกลบ ขี้เลื่อย โดยนำส่วนผสมของวัสดุตามสัดส่วนมาคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังภาพที่ 5.5

2) เศษพืชที่มีขนาดยาว เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา ทะลายปาล์ม ควรกองเป็นชั้นๆ 3 – 4 ชั้น หรือถ้าเป็นกิ่งไม้ขนาดใหญ่ควรบดหรือย่อยด้วยเครื่องสับก่อน ดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.5 การกองปุ๋ยหมักแบบผสมคลุกเคล้า **ภาพที่ 5.6 การกองปุ๋ยหมักแบบเป็นชั้น**

ที่มา: ดัดแปลงมาจากสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

5.3 ขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก มีดังนี้

1. แบ่งส่วนผสมของวัสดุออกเป็น 3 ส่วน

2. ผสมสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง ในน้ำ 20 ลิตร คนนานประมาณ 10 – 15 นาที เพื่อกระตุ้นจุลินทรีย์ออกจากสภาพที่เป็นสปอร์และพร้อมที่จะเกิดกิจกรรม

3. การกองชั้นแรก นำเศษพืชแห้งที่แบ่งไว้ส่วนที่หนึ่งมากอง มีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูงประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร ย้ำให้พอแน่นและรดน้ำให้ชุ่มทั่วกอง

4. ใส่มูลสัตว์ทับชั้นเศษพืชและเกลี่ยให้ทั่วกองจากนั้นโรยปุ๋ยไนโตรเจนหรือน้ำหมักจากปลาให้ทั่วชั้นมูลสัตว์

5. ใส่สารละลายจุลินทรีย์ให้ทั่วกองปุ๋ยสิ้นสุดการกองชั้นแรกหลังจากนั้นนำเศษพืชมากองทับเพื่อทำชั้นต่อไป โดยปฏิบัติการเหมือนกับการกองชั้นแรก ทำต่ออีก 2 - 3ชั้น

6. กองปุ๋ยที่กองเสร็จแล้ว ชั้นบนสุดของกองปุ๋ยให้ปิดทับด้วยดินพลาสติกหรือทางมะพร้าว เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น

5.4 การปฏิบัติและดูแลรักษากองปุ๋ยหมัก

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งหลังจากการกองปุ๋ยหมัก คือ การปฏิบัติและดูแลรักษาจนกระทั่งกองเศษวัสดุนั้นเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใส่ลงดิน เพราะการปฏิบัตินี้เป็นการควบคุม

สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสมต่อการดำเนินการกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษวัสดุ ซึ่งมีการปฏิบัติ ดั้งนี้

1) รดน้ำกองปุ๋ยควรกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มีความชื้นภายในกองอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมกับจุลินทรีย์ คือ ประมาณ 50 – 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในทางปฏิบัติอาจจะสังเกตจากกองปุ๋ยหมักว่าไม่แห้งและแฉะเกินไป หรือตรวจสอบโดยการสอดมือเข้าไปในกองปุ๋ยให้ลึกและหยิบวัสดุในกองปุ๋ยมาบีบดู ถ้าความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้าจึงควรรดน้ำกองปุ๋ย แต่ถ้าความชื้นมากเกินไปจะมีผลต่อการระบายอากาศภายในกองปุ๋ย ทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนกระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้าเช่นกัน

2) กลับกองปุ๋ยเป็นการระบายอากาศลดความร้อนในกองปุ๋ยและช่วยให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากัน เพื่อให้สภาพแวดล้อมในกองปุ๋ยมีความเหมาะสมกับจุลินทรีย์ในการดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ควรมีการกลับกองปุ๋ยทุกๆ 7 – 10 วัน

3) เมื่อกองปุ๋ยกลายเป็นปุ๋ยที่สมบูรณ์แล้ว หากยังไม่ได้นำไปใช้ ควรเก็บรักษาปุ๋ยหมักไว้ในโรงเรือนหรือสถานที่ที่มีกำบังแดดและฝน เพราะเมื่อปุ๋ยหมักถูกแดดหรือฝนจะทำให้คุณภาพของปุ๋ยหมักลดลง

6. หลักการพิจารณาลักษณะของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

โดยทั่วไปมักมีปัญหาอยู่เสมอว่า วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้นจะเป็นปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์เมื่อใดและพร้อมนำไปใช้แล้วหรือยัง ซึ่งข้อกำหนดตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศไทยที่จะบอกว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ คือ ปุ๋ยหมักต้องมีค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20: 1 (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548ก) เมื่อนำปุ๋ยหมักใส่ลงดินแล้วจะไม่เป็นอันตรายต่อพืช ค่า C/N ratio แต่ต้องส่งวิเคราะห์ทางเคมีทำให้เสียค่าใช้จ่าย ดังนั้น ถ้าเกษตรกรทำปุ๋ยหมักไว้ใช้เองอาจใช้หลักเกณฑ์ในภาคสนามต่างๆ ร่วมกันเพื่อพิจารณาว่าปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ในภาคสนามมี ดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

6.1 สีของเศษวัสดุหลังจากเป็นหมักที่สมบูรณ์ จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำโดยปกติเมื่อใช้เศษพืชในการทำปุ๋ยหมักจะเห็นความแตกต่างของสีที่ชัดเจน

6.2 ลักษณะของวัสดุที่เป็นปุ๋ยหมักสมบูรณ์ จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ยและฉีกขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก

6.3 กลิ่นของวัสดุปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นหหรือฉุนอยู่แสดงว่ากระบวนการย่อยลายในกองปุ๋ยยังไม่สมบูรณ์

6.4 ความร้อนในกองปุ๋ย หลังจากกองปุ๋ยหมัก 2 – 3 วัน อุณหภูมิในกองปุ๋ยจะสูงประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะสูงอยู่ในระดับนี้ระยะหนึ่งแล้วจึงค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับภายนอกกองปุ๋ย จึงยอมรับว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ แต่ควรระวังเรื่องความชื้นในกองปุ๋ยด้วย เพราะในกรณีที่กองปุ๋ยมีความชื้นน้อยหรือมากเกินไปอาจจะทำให้ระดับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยลดลงได้เช่นกัน เนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ลดลง

6.5 ลักษณะมีพืชเจริญเติบโตบนกองปุ๋ยหมักแสดงว่าปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้ได้ เพราะเมื่อใส่ลงดินไม่เป็นอันตรายต่อพืช

7. การกองปุ๋ยหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ

จากปัญหาที่พบว่า เกษตรกรต้องการหัวเชื้อจุลินทรีย์ (สารเร่ง พด.) ในการทำปุ๋ยหมัก แต่ปริมาณสารเร่ง พด. ไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร ดังนั้นทางกรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาวิจัยโดยวรรณลดาและคณะ (2527) พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนสูงสุดในช่วง 15 วันแรกของการกองปุ๋ยหมักฟางข้าวและขี้เลื่อย หลังจากนั้นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ จึงค่อยๆ ลดลงเป็นลำดับ ดังนั้นการกองปุ๋ยหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ สามารถใช้วัสดุจากกองปุ๋ยหมักที่ 15 วัน นำไปใช้เป็นต้นตอของเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณสูงสุด หรืออาจจะใช้ช่วงที่เป็นปุ๋ยหมักแล้วก็ได้ เนื่องจากในระยะดังกล่าวถึงแม้เชื้อจุลินทรีย์อาจจะน้อยที่ระยะเวลา 15 วัน แต่ก็มีปริมาณเชื้อมากเพียงพอที่จะใช้เป็นต้นตอเชื้อจุลินทรีย์ในการทำปุ๋ยหมักครั้งต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงใช้ปุ๋ยหมักที่อายุ 10 – 15 วัน หรือปุ๋ยหมักที่เป็นแล้วจำนวน 200 กิโลกรัมแทนเชื้อสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยหมักที่จะนำไปต่อเชื้อนี้จะต้องมีการดูแลและเก็บรักษาค่อนข้างดี คือ ต้องไม่ทิ้งตากแดดและลม โดยควรให้มีความชื้นอยู่ในระดับที่พอเหมาะต่อการดำรงชีพและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก โดยใช้อัตราส่วนดังนี้ คือ วัสดุเศษพืช 1 ตัน ผสมปุ๋ยหมักที่เป็นแล้ว 200 กิโลกรัม และปุ๋ยไนโตรเจน 2 กิโลกรัม สำหรับวิธีการกองปุ๋ยหมักปฏิบัติตามขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักและดูแลรักษากองปุ๋ยหมักที่กล่าวมาข้างต้น ดังแสดงในภาพที่ 5.7 การกองปุ๋ยหมักโดยวิธีนี้จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดต้นทุนในการผลิตปุ๋ยหมักได้เป็นอย่างดี (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ภาพที่ 5.7 แสดงวิธีการกองปุ๋ยหมัก โดยวิธีการต่อเชื้อ

ที่มา: ดัดแปลงมาจากสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

8. การผลิตปุ๋ยหมัก

การผลิตปุ๋ยหมักมี 2 แบบ คือ การผลิตใช้เอง และการผลิตแบบอุตสาหกรรม

8.1 การผลิตปุ๋ยหมักแบบใช้เอง ควรปฏิบัติตามมีขั้นตอน ดังนี้

การนำเศษวัสดุมากองทำปุ๋ยหมักในพื้นที่ราบ ซึ่งไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์มากนัก โดยขั้นตอนการทำปุ๋ยหมักและดูแลรักษากองปุ๋ยหมักให้ปฏิบัติตามที่กล่าวมาในหัวข้อ 5 เรื่องการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 โดยส่วนผสมของวัสดุในการกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน ประกอบด้วย เศษพืชแห้ง จำนวน 1,000 กิโลกรัม มูลสัตว์ จำนวน 200 กิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย) จำนวน 2 กิโลกรัม หรือน้ำหมักจากปลา 9 ลิตร และสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง วิธีนี้มีต้นทุนต่ำแต่ใช้พื้นที่และแรงงานมาก อาจสร้างความสกปรกในกรณีที่กองปุ๋ยถูกทำลายจากสัตว์เลี้ยงหรือภัยธรรมชาติ การผลิตแบบนี้มีความเหมาะสมเฉพาะการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อใช้เองในระดับไร่นา

8.2 การผลิตแบบอุตสาหกรรม

เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม มีการปรับปรุงวิธีการหมักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจึงมีความจำเป็น เช่น การบดวัสดุให้มีขนาดเล็กลงก่อนหมัก การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ช่วยเร่งปฏิกิริยา และการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนในขั้นตอนต่างๆ เป็นต้น การผลิตแบบนี้คุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อผลิตในปริมาณมาก ใช้เครื่องจักรและการจัดการที่ซับซ้อน เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรมมีหลายแบบ เช่น แบบกองยางในแนวรางซีเมนต์ แบบกองยาวบนพื้นราบ และแบบถังแนวตั้ง (Tchobanoglous and Kreith, 2002)

8.2.1 แบบกองยาวในรางซีเมนต์ (Passively aerated bins) เป็นวิธีการทำปุ๋ยหมักที่มีวิธีการซับซ้อนน้อยและทำปุ๋ยหมักในพื้นที่ทำขึ้นจากคอนกรีต ที่มีลักษณะเป็นกำแพง 3 ด้าน ในบางครั้งอาจมีการทำหลังคาเพื่อคลุมกองปุ๋ย มีการให้อากาศและมีการพลิกกลับกองปุ๋ยหมัก การทำปุ๋ยหมักวิธีนี้จะเริ่มจากการนำวัสดุที่ย่อยสลายได้มากองในรางหรือคอกแล้วคลุมทับด้วยปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของกลิ่น มีการวางท่อบริเวณด้านล่างของกองเพื่อให้อากาศสามารถแพร่เข้าสู่กองปุ๋ยได้และไม่มีการพลิกกลับกองในระหว่างการหมัก (Goldstein and Block, 1997) ดังภาพที่ 5.9 นอกจากนี้ยังมีการหมักโดยวัสดุอยู่ในรางยาวและมีการกวนวัสดุสำหรับรางที่หมักทำด้วยคอนกรีต สร้างในอาคารจำนวนหลายราง ขนาดของราง คือ สูง 1 – 2 เมตร กว้าง 2 – 4 เมตร และยาว 50 – 100 เมตร และด้านบนเปิดเพื่อให้เครื่องกวนทำงานตามแนวยาวของราง ดังภาพที่ 5.10 การหมักเริ่มจากการใส่วัสดุที่ต้นทาง โดยเครื่องกวนจะคลุกเคล้าวัสดุและเติมออกซิเจนพร้อมพ่นน้ำ ขณะเดียวกันก็ค่อยๆ ดันวัสดุให้ไปข้างหน้าทีละน้อย เปิดช่องให้เติมวัสดุใหม่เข้ามา สำหรับวัสดุที่ค่อยๆ เคลื่อนตัวไปข้างหน้านั้น เมื่อถึงปลายรางก็เคลื่อนที่ย้อนกลับมา โดยใช้เวลาประมาณ 10 – 28 วัน แล้วแต่ชนิดของวัสดุ จากนั้นนำออกไปบ่มจนได้ปุ๋ยหมักมีคุณภาพตามต้องการ (ยงยุทธและคณะ, 2551) ดังภาพที่ 5.10

ภาพที่ 5.9 การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวในรางซีเมนต์แบบใช้ท่อ

ที่มา: Department of chemisty, Washington State University (2000)

ภาพที่ 5.10 การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวในรางซีเมนต์แบบใช้เครื่องจักร

ที่มา: http:// www.youtube.com/ watch?v=MHcqilLQ-um.

8.2.2 แบบกองยาวบนพื้นราบ (windrow compositing) การทำปุ๋ยหมักแบบนี้จัดเป็นวิธีที่มีความเก่าแก่และมีความซับซ้อนน้อยที่สุดแบบหนึ่ง วิธีนี้ทำโดยนำวัสดุหมักมาวางกองบนพื้นราบให้เป็นแถวยาว มีความกว้างและความสูงพอเหมาะ เพื่อให้กระบวนการย่อยสลายเป็นแบบใช้ออกซิเจน จึงควรมีการกลับกองอย่างน้อย 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และรักษาความชื้นให้อยู่ที่ร้อยละ 50 – 60 ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อนำมาใช้ในการกลับกองและให้น้ำกับกองปุ๋ยหมักไปพร้อมๆ กัน การทำปุ๋ยหมักด้วยวิธีนี้ต้องใช้เวลาประมาณ 4 – 5 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปบ่มต่ออีก 2 – 8 สัปดาห์ เพื่อให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Rolz *et al*., 2010) ดังภาพที่ 5.11

ภาพที่ 5.11 การผลิตปุ๋ยหมักแบบกองยาวบนพื้นราบ

ที่มา: http:// www.kasetporpeang.com/index.php?topic=65928.1024

8.2.3 แบบเติมอากาศ (Aerated static pile composting) การทำปุ๋ยหมักวิธีนี้จะมีความคล้ายคลึงกันแบบ windrow compositing แต่วิธีนี้จะไม่มีการกลับกอง และบริเวณฐานของกองปุ๋ยหมักจะมีการวางท่อเพื่อใช้ในการให้อากาศผ่านทางเครื่องเป่าลม วิธีการให้อากาศกับกองปุ๋ยหมักสามารถทำได้ทั้งแบบเป่าลมเข้ากองหรือดึงลมออกจากกองปุ๋ยหมัก บริเวณผิวหน้าของกองจะคลุมทับด้วยปุ๋ยหมักที่ถูกย่อย

สลายอย่างสมบูรณ์หนาประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นฉนวนและป้องกันการแพร่กระจายของกลิ่น การทำปุ๋ยหมักวิธีนี้จะใช้เวลาประมาณ 3 – 5 สัปดาห์ (Misra *et al*., 2003) ดังภาพที่ 5.12

ภาพที่ 5.12 การผลิตปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศ

ที่มา: ธีระพงษ์ (2549)

8.2.4 การทำปุ๋ยหมักในภาชนะปิด (In-Vessel Composting) เช่น

8.2.4.1 แบบถังแนวตั้ง (Vertical BioTower) การทำปุ๋ยหมักแบบนี้จะใช้พื้นที่น้อย เนื่องจากทำในภาชนะรูปทรงกระบอกแนวตั้ง ที่ติดตั้งเครื่องจักรและระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ ทำให้มีราคาแพงและค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูง (Walker *et al* ., 1989) อาทิ ถังหมักแนวตั้งของบริษัท Chubu Ecotec จากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ถึง 20 ตันต่อวัน โดยการโหลดวัสดุหมักลงในถัง ทำการหมุนเพื่อผสมวัสดุหมัก การระบายอากาศผ่านเข้าออกจากแผ่นกรองชีวภาพ มีการหมุนเวียนนำน้ำชะที่ออกจากระบบการหมักมาใช้ใหม่ และการปลดปล่อยปุ๋ยหมักออกจากระบบอย่างอัตโนมัติ พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และออกซิเจนโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งถังหมักแนวตั้งของบริษัท Chubu Ecotec นี้ในประเทศไทยมีติดตั้งและเดินเครื่องอยู่ที่จังหวัดขอนแก่นเพื่อผลิตปุ๋ยหมักจากมูลไก่ ดังภาพที่ 5.13

ภาพที่ 5.13 ถังหมักแนวตั้ง

ที่มา: http://www.allbaba.com/product=detaiis-6Oct-119732628 html

8.2.4.2 แบบถังแนวนอน (Rotating drums) การทำปุ๋ยหมักวิธีนี้เป็นการย่อยสลายมูลฝอยในภาชนะปิดที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบตัว โดยทั่วไปแล้วขนาดของถังจะมีตั้งแต่ขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-5 ฟุต ยาว 8-16 ฟุต จนกระทั่งขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ฟุต ยาว 50 ฟุต โดยจะติดตั้งให้ความยาวขนานไปกับพื้นหรือลาดเอียงเล็กน้อย วัสดุหมักจะถูกใส่ลงในถังที่ปลายด้านหนึ่งและปุ๋ยหมักที่ได้จะเคลื่อนที่ออกที่ปลายอีกด้านหนึ่ง การหมุนของถังทำให้เกิดการพลิกกลับวัสดุหมักและสัมผัสกับอากาศ อีกทั้งยังระบายความร้อนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลาย สำหรับกระบวนการให้อากาศอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ การทำปุ๋ยหมักด้วยวิธีนี้ วัสดุหมักจะอยู่ในระบบประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นจะนำไปบ่มต่อเพื่อให้เกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ สำหรับบางกรณีอาจปล่อยให้เกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ในถังหมักเลย โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 สัปดาห์ (Aboulam *et al*., 2006) ดังภาพที่ 5.14

ภาพที่ 5.14 ถังหมักแนวนอน

ที่มา : http://www.xactsystemscomposting.com/tag/rotating-dram/papc/2/

9. ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี

กรมวิชาการเกษตรได้ประกาศพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 และพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เรื่อง การกำหนดลักษณะเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพและปลอดภัย ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 2เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคมและโลหะอื่นๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552)

ตารางที่ 5.7 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ (ต่อ)

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
6	ความเป็นกรดเป็นด่าง	5.5 – 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20:1
8	ค่าการนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
	- ไนโตรเจน (total N)	ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	- ฟอสฟอรัส (total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	- โพแทสเซียม (total K_2O)	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
		หรือปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่า 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	ปริมาณเกลือ	ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
12	ปริมาณสารพิษไม่เกินกว่าที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552)

10. ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก

ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก คือ เป็นแหล่งธาตุอาหารต่างๆ ของพืชและยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพของดิน ดังนี้

10.1 เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช

ปุ๋ยหมักมีจุดเด่นด้านธาตุอาหารพืช 2 ประการ คือ 1) มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ ครบตามที่พืชต้องการ แม้แต่ละธาตุจะมีปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยเคมี และ 2) ธาตุอาหารในปุ๋ยหมักส่วนมากจะปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จึงมีการสูญเสียจากการชะล้างน้อยกว่าปุ๋ยเคมี (He et al., 2001) สำหรับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในปุ๋ยหมักเป็นดังนี้

1) ธาตุไนโตรเจน ในปุ๋ยหมักมีธาตุไนโตรเจนในรูปอินทรียสารเป็นส่วนมาก ส่วนรูปแอมโมเนียมและไนเตรทมีส่วนน้อย โดยอัตราการเปลี่ยนธาตุไนโตรเจนจากรูปอินทรียสารเป็นรูปแอมโมเนียมค่อนข้างช้า ทำให้ไม่ได้ปลดปล่อยธาตุนี้ทั้งหมดให้แก่พืชในฤดูปลูกเดียว แต่สามารถปลดปล่อยให้พืชที่ปลูกตามมาได้อีกด้วย ซึ่งการเปลี่ยนธาตุไนโตรเจนจากรูปอินทรียสารเป็นรูปแอมโมเนียมในปุ๋ยหมักเรียกว่า กระบวนการมินเนอราลไลเซชัน (mineralization) เกิดขึ้นได้ดีเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำเพียง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 25 – 30 องศาเซลเซียส การนำไฟฟ้าไม่เกิน 1 เดซิซีเมนต่อเมตร และค่าความเป็นกรด

เป็นด่างของดิน 6 – 7 ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุต่างกันก็ทำให้กระบวนการ mineralization แตกต่างกันด้วย ดังรายงานวิจัยของ Castellanos and Pratt (1981) พบว่า ปุ๋ยหมักจากฟางข้าวกับมูลโคนมมีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมได้ 14.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด แต่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำเสียกับต้นฝ้ายให้ค่าเพียง 8.3 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะมาจากไนโตรเจนทั้งหมดและค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ Sikora and Szmidt (2001) ว่า ขนาดของปุ๋ยหมัก ไนโตรเจนทั้งหมด และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 อิทธิพลของขนาดของปุ๋ยหมักต่อการอัตรา mineralization ของไนโตรเจน

ขนาด	ไนโตรเจนทั้งหมด (กรัมต่อกิโลกรัม)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	Mineralization (% ของไนโตรเจนทั้งหมด)
ผ่านตะแกรง 10 มิลลิเมตร	12.3	14.7	3.4
ผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร	13.5	10.4	10.7
ค้างบนตะแกรง 10 มิลลิเมตร	11.6	18.6	2.5

ที่มา: Sikora and Szmidt(2001)

2) ธาตุฟอสฟอรัส ปุ๋ยหมักมีค่าธาตุฟอสฟอรัสตั้งแต่น้อยกว่า 0.4 ถึงมากกว่า 23 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ผลิต โดยปกติตะกอนน้ำเสียมีธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่าวัสดุอินทรีย์อื่น ๆ และพบว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะชุมชนเมืองมีธาตุฟอสฟอรัส 2 – 6 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 3.3กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่าธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินที่ใช้เพาะปลูก 2 – 10 เท่า โดยทั่วไปธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมักต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ดินมีอยู่ ส่วนฟอสฟอรัสที่อยู่ในปุ๋ยหมักสามารถปลดปล่อยออกมาในรูปเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ โดยกระบวนการ mineralization (ยงยุทธและคณะ, 2551) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักเป็นการเพิ่มระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ฮิวมัสในปุ๋ยหมักยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลตที่ทำปฏิกิริยาคีเลชันกับอะลูมิเนียม เหล็กและแมงกานีสไอออน จึงป้องกันมิให้ไอออนดังกล่าวตรึงธาตุฟอสฟอรัส เป็นเหตุให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัส เหล็กและแมงกานีสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Dulal, 1977; Bloom, 1981; Tan, 2003) เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงไปในดินธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปเป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกระบวนการ mineralization ภายหลังใส่ในดิน ดังงานวิจัยของ He *et al*. (2001) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนและปุ๋ยหมักจากเศษพืช โดยนำปุ๋ยหมักชนิดมาสกัดด้วยสารละลาย Mehlich 3 ก่อนใส่ในดิน (0 วัน) และหลังใส่ในดิน 180 และ 360 วัน พบว่า ปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนสกัดได้เพิ่มจาก 3.3 เป็น 17.3 และ 18.4 เปอร์เซ็นต์ของธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด และปุ๋ยหมักจากเศษพืชสกัดได้เพิ่มจาก 3.7 เป็น 25.5 และ 27.0 เปอร์เซ็นต์ของธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด

3) ธาตุโพแทสเซียม ปุ๋ยหมักมีค่าธาตุโพแทสเซียมตั้งแต่ 0.7 ถึงมากกว่า 12 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 5.4 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายและเป็นแหล่งเสริมของธาตุนี้สำหรับพืช เพราะในดินที่ใช้ในการเกษตรส่วนมากมีธาตุโพแทสเซียมประมาณ 4 – 25 กรัมต่อกิโลกรัม และมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมดเท่านั้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ยงยุทธและคณะ, 2551) โดยพบว่าธาตุโพแทสเซียมที่สกัดได้จากปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนและปุ๋ยหมักจากเศษพืชเมื่อเวลา 0 วัน มีค่า 33.9 และ 73.4 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมทั้งหมดตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนในดิน 180 วัน สามารถกัดธาตุนี้ได้เป็น 71.1เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด ส่วนที่สกัดได้จากปุ๋ยหมักจากเศษพืชในดิน 180 วัน ได้ 35.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าลดลงเพราะมีการสูญหายจากการชะล้าง (He *et al*., 2001)

4) แคลเซียมและแมกนีเซียม ปุ๋ยหมักมีค่าธาตุแคลเซียมตั้งแต่ 21 – 75 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 39 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแมกนีเซียมมีค่าตั้งแต่ 1 – 7 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 3.5 กรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่าดินเนื้อหยาบและเป็นกรดมีแนวโน้มที่จะขาดธาตุเหล่านี้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักก็สามารถช่วยเสริมธาตุเหล่านี้แก่พืชได้ แต่การใส่ปูนตามความต้องการปูนของดินจะแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกว่า (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5) จุลธาตุ ปริมาณของจุลธาตุในปุ๋ยหมักมีความแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาผลิต สำหรับค่าเฉลี่ยธาตุเหล็ก คือ 9,300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุโบรอน 44.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุทองแดง 299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุแมงกานีส 483 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุโมลิบดีนัม 7.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสี 838 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ยงยุทธและคณะ, 2551) และจากการทดลองของ He *et al.* (2001) พบว่า ภายหลังจากใส่ปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชนและปุ๋ยหมักจากเศษพืชลงในดินเป็นเวลา 180 วัน ขึ้นไปจะมีการปลดปล่อยจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 การปลดปล่อยจุลธาตุของปุ๋ยหมัก 2 ชนิด (เปอร์เซ็นต์ของธาตุทั้งหมด)

ธาตุ	ปุ๋ยหมักจากขยะในชุมชน			ปุ๋ยหมักจากเศษพืช		
	0 วัน	180 วัน	360 วัน	0 วัน	180 วัน	360 วัน
เหล็ก	6.8	8.5	9.5	11.6	14.0	16.8
แมงกานีส	24.5	38.8	62.7	47.1	51.9	57.8
สังกะสี	59.0	67.3	71.9	67.7	76.6	80.0
ทองแดง	13.3	16.4	16.8	33.8	50.0	63.8

ที่มา: He *et al.* (2001)

จากรายงานของกลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ (2545) พบว่า ระดับธาตุอาหารในปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุต่างๆ ของประเทศไทย ได้แก่ ฟางข้าว ผักตบชวา ซังข้าวโพด ขยะเทศบาล กากอ้อย แกลบ ขี้เลื่อย และขุยมะพร้าว มีค่าธาตุไนโตรเจนตั้งแต่ 0.37 – 1.81 เปอร์เซ็นต์ มีค่าธาตุฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0.11 – 1.04 เปอร์เซ็นต์ มีค่าธาตุโพแทสเซียมตั้งแต่ 0.05 – 3.85 เปอร์เซ็นต์ มีค่าธาตุแคลเซียมตั้งแต่ 0.51 – 2.10

เปอร์เซ็นต์ มีค่าธาตุแมกนีเซียมตั้งแต่ 0.18 – 0.55 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าธาตุกำมะถันตั้งแต่ 0.041 – 0.10 เปอร์เซ็นต์

10.2 ปรับปรุงสมบัติของดิน

จากการใช้ปุ๋ยหมักติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง พบว่าปุ๋ยหมักที่ใช้มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางตรงและทางอ้อมด้วยกันหลายประการ แต่ปัจจัยหลักคือการเป็นแหล่งของสารประกอบฮิวมัสในดิน ซึ่งจะเป็นแหล่งปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและรองของพืช ทำให้ดินมีความสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยให้การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชเป็นไปแบบครบวงจร ดังจะเห็นได้จากเมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วจะทำการเผาวัสดุเหลือทิ้งในไร่นา ซึ่งเป็นการทำลายอินทรียวัตถุและแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญของดิน เนื่องจากเมื่อพืชเจริญเติบโตจะมีการดูดธาตุอาหารไปใช้สร้างส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งใบ ลำต้น กิ่งก้าน ดอกและผล ในส่วนของผลผลิตจะเป็นการสูญเสียธาตุอาหาร โดยการนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่เพาะปลูก แต่ในส่วนของใบ ดอก กิ่ง เปลือกและลำต้น เราสามารถทดแทนหรือชดเชยคืนให้แก่ดิน โดยนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้และมูลสัตว์มาใช้ในการทำปุ๋ยหมักแล้วกลับคืนแก่ดินได้ จากการประมวลผลต่างๆ ของปุ๋ยหมักต่อคุณสมบัติของดิน สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

10.2.1 ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน

ดินที่มีอินทรียวัตถุสูง (มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์) จะมีสมบัติทางกายภาพที่ดี คือ โครงสร้างดินมีเสถียรภาพ ความหนาแน่นรวมต่ำ ดินมีการอุ้มน้ำดีขึ้น การแทรกซึมน้ำ และการซาบซึมน้ำของดินสะดวก การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดี ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักลงในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลางให้มีอินทรียวัตถุมากขึ้น จะทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดังกล่าวข้าวต้นดีขึ้น ทำให้พืชที่ปลูกเจริญเติบโตได้ดี เพราะช่วยส่งเสริมให้ระบบรากพืชพัฒนาและมีการกระจายตัวไปได้กว้างและลึกมากขึ้น จึงมีโอกาสดูดธาตุอาหารและน้ำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม (ยงยุทธและคณะ, 2551) ซึ่งการใส่ปุ๋ยหมักลงในดินที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน มีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง ดังนี้

1) สำหรับดินเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวและดินร่วนเหนียวที่มีอินทรียวัตถุต่ำ จะมีความหนาแน่นรวมสูงรวมทั้งการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศช้า เมื่อใส่ปุ๋ยหมักลงในดินเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุจะมีผลทำให้สมบัติดังกล่าวของดินดีขึ้น (Alexander, 2001; Fullen and Call, 2004)

2) สำหรับดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลาง เมื่อใส่ปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุจะมีผลทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น เนื่องจากฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารเชื่อมที่ดีมีผลทำให้อนุภาคดินเกาะตัวกันเป็นเม็ดดินและก้อนดินตามลำดับ จนทำให้โครงสร้างดินมีเสถียรภาพและทนต่อการกัดกร่อน ซึ่งมีผลทางอ้อมต่อการช่วยควบคุมการเกิดชะล้างพังทลาย (Soil erosion) ของหน้าดิน อย่างไรก็ตามการพัฒนาโครงสร้างดินต้องอาศัยเวลาและการใช้ปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่อง (Cosico, 1985; Im, 1982; Sdall and Oades, 1982)

10.2.2 ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

เนื่องจากปุ๋ยหมักมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงกว่า 60 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดังนั้นเมื่อใส่ลงดินจึงช่วยเพิ่ม CEC ตามสัดส่วนของอัตราปุ๋ยหมักที่ใส่ การที่ดินมี CEC สูงขึ้นมี

ผลดี 2 ประการ คือ

1) ลดการสูญเสียของธาตุอาหารของปุ๋ยเคมีรูปประจุบวก เพราะความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างสูง ซึ่งจะมีส่วนให้ปุ๋ยเคมีที่อยู่ในรูปของประจุบวกบางชนิดถูกดูดยึดไม่สูญเสียไปกับการชะล้าง และพืชก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารมาก (FAO, 1987)

2) ช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (buffer capacity) กล่าวคือ เมื่อดินมีกรดหรือด่างเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก็จะไม่เปลี่ยนแปลงจนเป็นอันตรายต่อพืช (Qui and Calcinal, 1978) นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยหมักในดินกรดสามารถช่วยลดความเป็นพิษของอลูมินัมและแมงกานีส เพราะปุ๋ยหมักซึ่งช่วยดูดยึดธาตุทั้ง 2 ไว้ทำให้ละลายในสารละลายดินลดลง และการใช้ปูนร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะสามารถลดความเป็นพิษของอลูมินัมและแมงกานีสได้ดีที่สุด ทำให้ถั่วเหลืองที่ปลูกในดินนั้นมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (สุรพันธ์และครรชิต, 2526)

10.2.3 ปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน

การใส่ปุ๋ยหมักในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำหรือปานกลาง เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้มีผลในการเพิ่มปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในดิน รวมทั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายอินทรียสาร กระบวนการแปรสภาพของอนินทรียสารจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น การเปลี่ยนรูปอนุมูลแอมโมเนียม ซึ่งเป็นรูปที่พืชดูดนำไปใช้ได้ยากให้อยู่ในรูปไนไตรท์เป็นไนเตรท ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่าย และกระบวนการตรึงไนโตรเจนเป็นต้น (Gray and William, 1971; Alexander, 1977) รวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไมคอไรซาที่บริเวณรากพืชด้วย นอกจากนั้นยังพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักทำให้ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียมีผลช่วยยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิดโรคพืชของเชื้อโรคโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้รากพืช ดังรายงานของ Nishio and Kusano (1980) ว่า การใส่ปุ๋ยหมักในดินมีผลช่วยลดปริมาณเชื้อโรคพืชบางชนิดในดินและมีผลให้พืชเกิดโรคดังกล่าวน้อยลง นอกจากนี้การเจริญของจุลินทรีย์ดินทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งกรดอินทรีย์บางชนิดพืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง บางชนิดมีผลต่อการปลดปล่อยและเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทีหนึ่ง (Kucey, 1983) พบว่า ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีปริมาณไส้เดือนเพิ่มขึ้น ซึ่งกิจกรรมของไส้เดือน เช่น การสร้างโพรงที่ต่อเนื่อง จะช่วยในการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ ส่งผลให้รากพืชเจริญเติบโตดีขึ้น (ยงยุทธและคณะ, 2551)

11. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารหลักสูง

ปัจจุบันภูมิปัญญาชาวบ้านของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ได้มีการนำวัตถุดิบที่มีความหลากหลายมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก โดยมีสูตรหรืออัตราส่วนและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น วัตถุดิบที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักแห้งชีวภาพ ได้แก่ มูลสัตว์ ขี้เถ้าแกลบหรือกากอ้อย รำละเอียด กากน้ำตาล น้ำสะอาด และหัวเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการพัฒนาปุ๋ยหมักให้มีธาตุอาหารหลักสูงขึ้น เพื่อเป็นระบบทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถนำมาในการลดหรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ดังนั้น ทางกรมพัฒนาที่ดินจึงได้มีการพัฒนาปุ๋ยหมักให้มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูงขึ้นจากปุ๋ยหมักทั่วไปโดยนำวัสดุอินทรีย์และหรืออนินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุ

อาหารสูงมาผ่านการหมักจนสลายตัวสมบูรณ์ หรือการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการสลายตัวสมบูรณ์แล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์หรืออนินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูง เช่นการนำปุ๋ยหมักที่เป็นแล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์หรืออนินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูง เช่น กระดูกป่น มูลค้างคาว หรือหินฟอสเฟต เป็นต้น เรียกว่า **"ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง"** (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) แต่เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง พบว่ามีธาตุอาหารหลักสูงกว่าปุ๋ยหมักทั่วไป ดังนั้นควรเรียกว่า **"ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารหลักสูง"** น่าจะถูกต้องมากกว่า

11.1 ปัจจัยที่สำคัญในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

1) วัตถุดิบ ต้องมีปริมาณธาตุอาหารหลักค่อนข้างสูงนั้น เช่น กากเมล็ดถั่วเหลืองป่น รำละเอียด มูลสัตว์ (มูลค้างคาว มูลไก่ มูลสุกร) กระดูกป่น เศษปลาและหินฟอสเฟต ดังตารางที่ 5.10

2) จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ในการแปรสภาพแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงด้วย ได้แก่ สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 เป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน ไขมันและละลายฟอสเฟต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายองค์ประกอบของอินทรียไนโตรเจนและไขมัน เพื่อลดการสูญเสียไนโตรเจนในระหว่างกระบวนการหมักและลดกลิ่นแอมโมเนีย สารเร่งซุปเปอร์ พด.3 จุลินทรีย์เพื่อควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช และจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.9 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟต และกระดูกป่น เป็นต้น

ตารางที่ 5.10 แสดงปริมาณธาตุอาหารของวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารหลักสูงชนิดต่างๆ

วัตถุดิบ	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
กากเมล็ดถั่วเหลือง	7-10	2.13	1.12-2.70
ปลาป่น	9-10	5-6	3.8
รำข้าว	2.41	4.31	1.81
มูลไก่	3.19	4.73	3.01
มูลสุกร	2.41	3.38	1.31
มูลวัว/กระบือ	1.48	0.96	2.08
มูลแพะ	3.74	1.56	5.29
กากผงชูรส	4.93	0.35	2.47
กระดูกป่น	3-4	15-23	0.68
กากกาแฟ	3.21	1.64	2.60
กากส่าเหล้า	2.06	0.17	1.03
มูลค้างคาว	1-3	12-15	1.84
หินฟอสเฟต	0.15	15-17	0.10
ขี้เถ้าไม้ยาง	1.13	0.06	13.48
เปลือกเมล็ดกาแฟ	0.93	0.14	6.22

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

11.2 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

1) ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรกรมพัฒนาที่ดิน

สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงโดยกรพัฒนาที่ดิน ได้มีการศึกษาวิจัยและคัดเลือกชนิดของวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลักของพืชในปริมาณสูง รวมทั้งอัตราส่วนของวัตถุดิบในแต่ละชนิด กระบวนการในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและชีวภาพ ซึ่งวัตถุดิบที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ กากถั่วเหลือง รำข้าว มูลสัตว์ หินฟอสเฟต กระดูกป่น และมูลค้างคาว โดยอัตราส่วนของวัตถุดิบในแต่ละชนิดสามารถกำหนดสูตรปุ๋ยได้ 5 สูตร โดยมีปริมาณธาตุไนโตรเจน 3 – 4 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 5 – 9 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกษตรกรหรือผู้ผลิตสามารถเลือกผลิตได้ตามปริมาณและชนิดของวัตถุดิบที่มีในพื้นที่ ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 แสดงชนิดและปริมาณวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรต่างๆ จำนวน 100 กิโลกรัม

ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กิโลกรัม)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
กากเมล็ดถั่วเหลือง	40	40	40	--	40
ปลาป่น	--	--	--	30	--
รำละเอียด	10	10	10	--	10
มูลสัตว์	10	10	10	30	10
หินฟอสเฟต	24	24	40	24	24
กระดูกป่น	8	16	--	--	--
มูลค้างคาว	8	--	--	16	16
สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 สารเร่งซุปเปอร์ พด.3 และจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.9 อย่างละ 1 ซอง					
สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อในกากน้ำตาล จำนวน 26 – 30 ลิตร					

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2556ค)

2) วิธีการขยายเชื้อสารเร่งซุปเปอร์ พด.2

- เจือจางกากน้ำตาล ต่อ น้ำ อัตราส่วน กากน้ำตาล 5 กิโลกรัม ต่อ น้ำ 50 ลิตร
- ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 จำนวน 1 ซอง คนให้เข้ากัน
- ปิดฝาตั้งไว้ในที่ร่ม โดยขยายเชื้อเป็นเวลา 3 วัน

3) ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงของสูตรกรมพัฒนาที่ดิน 5 สูตร มีดังนี้

1. ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน ตามส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงแต่ละสูตร
2. นำสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง ใส่ลงในสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ

แล้วจำนวน26–30 ลิตร คน 10-15 นาที เทลงในวัตถุดิบและคลุกเคล้าให้ทั่ววัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ และปรับความชื้นกองปุ๋ยประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์

3. ตั้งกองปุ๋ยหมักเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มีความสูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร และใช้วัสดุคลุมเพื่อรักษาความชื้นหลังจากหมักประมาณ 3 วัน อุณหภูมิภายในกองจะสูงขึ้น45–55 องศาเซลเซียส

4. กลับกองทุก 5 วัน หมักกองปุ๋ยเป็นเวลาประมาณ 9 – 12 วัน หรือจนกระทั่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยมีอุณหภูมิเท่ากับภายนอกกอง ขึ้นกับขนาดกองปุ๋ย

5. ใส่จุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด. 9 และสารเร่งซุปเปอร์ พด.3 อย่างละ 1 ซอง คลุกเคล้าให้ทั่วกองและหมักไว้เป็นเวลาประมาณ 3 วัน จึงนำปุ๋ยไปใช้ได้

11.3 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโต ดังนั้น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงควรคำนึงถึงความต้องการปริมาณและชนิดของธาตุอาหารในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ละชนิด ได้แก่ สูตรไนโตรเจนสูงและฟอสฟอรัสสูง เพื่อให้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ตรงตามความต้องการของพืชและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งจะทำให้ประหยัดการใช้ปุ๋ย ลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต โดยสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดินกรพัฒนาที่ดินได้ศึกษาและได้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรไนโตรเจนและสูตรฟอสฟอรัส โดยมีรายละเอียด ดังนี้

11.3.1 ส่วนผสมและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรไนโตรเจน

1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรไนโตรเจน 100 กิโลกรัม ประกอบด้วยกากเมล็ดถั่วเหลืองหรือปลาป่น 60 กิโลกรัม มูลสัตว์ 40 กิโลกรัม สารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซองและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อในกากน้ำตาล 26– 30 ลิตร

2. ผสมกากเมล็ดถั่วเหลืองหรือปลาป่นและมูลสัตว์ ตามส่วนผสมให้เข้ากัน

3. นำสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซองเทลงในสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อแล้วจำนวน 26 –30 ลิตร คนประมาณ 5 -10 นาที เทลงในวัตถุดิบและคลุกเคล้าให้ทั่ววัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและปรับความชื้นให้สม่ำเสมอทั่วทั้งกองประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์

4. ตั้งกองปุ๋ยเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้มีความสูงประมาณ 30 – 50 เซนติเมตร แล้วใช้วัสดุคลุมกองให้มิดชิด เพื่อรักษาความชื้นในกองปุ๋ยระหว่างการหมักกลับกองปุ๋ยทุก 5 วัน ควบคุมความชื้นให้เหมาะสม

5. หมักเป็นเวลาประมาณ 10 – 15 วัน หรือจนกระทั่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยมีอุณหภูมิเท่ากับภายนอกกอง ขึ้นกับขนาดกองปุ๋ย จึงนำไปใช้ ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 4.0 – 5.0, 3.0 – 4.0 และ 1.0 – 2.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

11.3.2 ส่วนผสมและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรฟอสฟอรัส

1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรฟอสฟอรัส 100 กิโลกรัม ประกอบด้วยหินฟอสเฟต 80 กิโลกรัม ปุ๋ยหมัก 10 กิโลกรัม รำข้าว 10 กิโลกรัม และจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.9 จำนวน 1 ซอง

2. ผสมหินฟอสเฟต ปุ๋ยหมัก และรำข้าว ตามส่วนผสมให้เข้ากัน

3. นำจุลินทรีย์ซุปเปอร์ พด.9จำนวน 1 ซอง เทลงในน้ำ 20 ลิตรคนประมาณ 5 – 10 นาทีเทลงในวัตถุดิบและคลุกเคล้าให้ทั่วกอง และปรับความชื้นให้สม่ำเสมอทั่วทั้งกองประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์

4. ตั้งกองปุ๋ยเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มีความสูงประมาณ 30 – 50 เซนติเมตร แล้วใช้วัสดุคลุมกองให้มิดชิด เพื่อรักษาความชื้นในกองปุ๋ยระหว่างการหมัก

5. หมักกองปุ๋ยเป็นเวลา 4 – 5 วัน จึงนำไปใช้ ซึ่งจะได้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 6 เปอร์เซ็นต์

11.4 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรกรมพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน (2556ข) ได้มีการกำหนดมาตรฐานเป็นแนวทางที่จะยึดเป็นเกณฑ์เพื่อที่จะให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ดี ดังนี้

1. ปริมาณอินทรียวัตถุ มากกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
2. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1
3. ค่าการนำไฟฟ้า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 เดซิซีเมนต่อเมตร
4. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 5.5 – 10
5. ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- ไนโตรเจน (N)	มากว่าหรือเท่ากับ	1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
- ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	มากว่าหรือเท่ากับ	2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
- โพแทสเซียม (K_2O)	มากว่าหรือเท่ากับ	1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

และธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด (N, P_2O_5, K_2O) รวมกันปริมาณต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 9 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

6. ปริมาณความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสด
7. ปริมาณหิน กรวด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
8. เศษพลาสติก เศษแก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่นๆ น้อยกว่าและเท่ากับ 0.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
9. ปริมาณโลหะหนัก

- Arsenic (As)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	50	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Cadmium (Cd)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	5	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Chromium (Cr)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	300	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Copper (Cu)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	500	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Lead (Pb)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	500	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Mercury (Hg)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	2	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

12. การใช้ปุ๋ยหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับประโยชน์ของปุ๋ยหมักที่สำคัญ มี 2 ประการ คือ 1) เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช และ 2) ปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืช ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ

1. ความพอประมาณ หมายถึง การใช้ปุ๋ยหมักที่มีอยู่เป็นทุนเดิมของตนเอง ก่อนแสวงหาปุ๋ยหมักจากภายนอก โดยเกษตรกรควรทำการผลิตปุ๋ยหมักไว้ใช้เอง ดังตามที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีได้พระราชดำริแก่ประชาชนชาวไทยว่า **"ต้นไม้ทุกชนิดต้องการอาหาร เพื่อการเจริญเติบโต พูดง่าย ๆ เราต้องใส่ปุ๋ย ไร่นา สวน ของเรา พืชผลจึงจะงามดี เดี๋ยวนี้ปุ๋ยที่ซื้อตามท้องตลาดแพงเหลือเกิน เรามาทำปุ๋ยหมักใช้เองดีกว่า"** ซึ่งเกษตรกรควรเตรียมวัสดุในพื้นที่ของตนเอง สำหรับผลิตปุ๋ยหมัก ได้แก่ เศษซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ เพื่อให้มีปริมาณปุ๋ยหมักเพียงพอกับการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรเอง ดังนี้ ในพื้นที่ 1 ไร่ เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 2,433.60 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำให้ดินที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 1,703.60 กิโลกรัม มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 851.80 กิโลกรัม และมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น 851.80 กิโลกรัม แต่ธาตุในปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมา (ยงยุทธและคณะ, 2551) หรือใช้ปุ๋ยหมักตามคำแนะนำของสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับพืชชนิดต่างๆ

ชนิดพืช	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อปี		วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก
	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยเคมี	
ข้าว	2– 4 ตันต่อไร่	15-30 กก.ต่อไร่ 16-20-0, 18-22-0 20-20-0, 16-16-8	หว่านทั่วพื้นที่แล้วไถกลบก่อนการปลูกพืช
พืชไร่	2– 4 ตันต่อไร่	25-50 กก.ต่อไร่ 16-20-0, 18-22-0, 14-14-21,15-15-15	ใส่เป็นแถวตามแนวปลูกพืชแล้วคลุกเคล้ากับดิน
พืชผัก			
1. แปลงเพาะกล้า	2– 4กก.ต่อตรม.	- 25-50 กก.ต่อไร่ 15-15-15, 20-10-10 15-15-10,16-16-24	- ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากันกับดินในแปลงเพาะกล้าขณะเตรียมดินปลูก
2.แปลงปลูกผักขนาดใหญ่	4– 6 ตันต่อไร่		- หว่านให้ทั่วแปลงปลูกแล้วไถกลบขณะเตรียมดิน

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

ตารางที่ 5.11 อัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับพืชชนิดต่างๆ (ต่อ)

ชนิดพืช	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อปี		วิธีการใส่ปุ๋ยหมัก
	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยเคมี	
ไม้ผล ไม้ยืนต้น			
1. ต้นขนาดใหญ่	25-50 กก./หลุม	100-200 กรัม/หลุม 20-10-10, 15-15-15, 14-14-21, 12-24-12	- ใส่ปุ๋ยหมักตอนเตรียมหลุมปลูกโดยคลุกเคล้ากับดินแล้วใส่ด้านล่างของหลุม
2.ต้นขนาดเล็ก			-ใส่ปุ๋ยหมักตอนพืชเจริญแล้วโดยขุดร่องรอบต้นตามแนวทรงพุ่มใส่ปุ๋ยหมักในร่องแล้วกลบด้วยดิน
ไม้ดอกไม้ประดับ		15-15-15, 10-20-10, 12-24-12	
1. ไม้ตัดดอก	1-3 ตัน/ไร่	30-50 กก./ไร่	- หว่านให้ทั่วพื้นที่แล้วสับกลบ ก่อนการปลูกพืช
2. ไม้ดอกยืนต้น	5-10 กก./ไร่	25-45 กรัม/หลุม	-ใส่ปุ๋ยหมักคลุกเคล้ากับดินบนรองก้นหลุมปลูก
3. ไม้ประดับ	1กก/ดินเหนียว 4 กก. 1กก./ดินทราย 2 กก.	0.8-1.6 กรัม/วัสดุปลูก 10 กก.	- ใส่ปุ๋ยหมักผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

2. ความมีเหตุผล หมายถึง ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการเก็บรักษาปุ๋ยหมัก เพราะการผลิตปุ๋ยหมักให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น ได้แก่ มีธาตุอาหารที่พืชต้องการมากขึ้น หรือมีการผสมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ได้แก่ จุลินทรีย์ป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า จุลินทรีย์ที่ช่วยทำให้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น เพื่อจะใช้ปุ๋ยหมักในปริมาณที่น้อยลงและสามารถใช้ในพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ลดค่าใช้จ่ายปุ๋ยได้มากขึ้น ดังเช่น การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารหลักสูง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) และการเก็บรักษาปุ๋ยหมักควรเก็บในสภาพที่มีความชื้นน้อยที่สุดไม่ควรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายปุ๋ยหมักน้อยลง ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมักไม่สูญหายไป เมื่อนำไปใช้จะเกิดประโยชน์สูงสุด

3. การสร้างภูมิคุ้มกัน หมายถึง โดยมีการวางแผนการผลิตปุ๋ยหมักที่ต้องการใช้ในระบบการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการกับพืชที่ปลูกในปีต่อไป หรือถ้ามีวัสดุที่จะมาทำปุ๋ยหมักในปริมาณมากๆ ก็ควรศึกษาวิธีการผลิตปุ๋ยหมักที่ได้ครั้งละปริมาณมาก เช่น การผลิตปุ๋ยหมักโดยการใช้ท่อหรือไม้ไผ่สอด การผลิต

ปุ๋ยอินทรีย์ด้วยระบบเติมอากาศโดยใช้ลูกหมุน และการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1 (ธีระพงษ์, 2555) นอกจากนี้ควรมีการรวมกลุ่มคนในชุมชนมารวมกันผลิตปุ๋ยหมัก เช่น กลุ่มโรงปุ๋ยอินทรีย์ชุมชน เพื่อจะได้ผลิตปุ๋ยหมักได้ครั้งละปริมาณมากๆ สร้างความสามัคคีในชุมชนและก่อให้เกิดรายได้ในชุมชน ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบการใช้ปุ๋ยหมักในอนาคต

บทที่ 6
ปุ๋ยพืชสด

1. ความหมาย

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์อีกประเภทหนึ่ง ซึ่งได้จากการปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม ปอเทือง และโสน ลงบนพื้นที่ปล่อยให้เจริญเติบโตจนมีอายุ 7 – 8 อาทิตย์ ซึ่งเป็นพืชเจริญเติบโตมากที่สุดและกำลังออกดอก แล้วทำการไถกลบพืชเหล่านั้นลงในดินปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 7 – 10 วัน หรือปล่อยให้เน่าสลายเป็นปุ๋ยแล้วทำการปลูกพืชตาม (มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการใช้พืชสดชนิดต่างๆ ที่คาดว่าจะให้ประโยชน์ในแง่การเป็นปุ๋ยต่อพืชที่จะได้รับการใส่พืชสดนั้นๆ พืชที่ใช้เป็นปุ๋ยอาจเป็นพืชตระกูลถั่ว ตระกูลหญ้า หรือพืชอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชโตเร็วที่มีลักษณะง่ายต่อการตัดหรือไถกลบ เมื่อพืชเจริญเติบโตจนได้อินทรียสารและธาตุอาหารพืชต่างๆ ปริมาณมากพอจะทำการตัดหรือไถกลบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นพืชที่ถูกไถกลบหรือคลุกลงไปในดินในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโตและยังสดอยู่ก่อนที่จะปลูกพืชหลัก โดยปกติแล้วจะไถกลบพืชในระยะเริ่มออกดอก เมื่อพืชที่ถูกไถกลบย่อยสลายไปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินแล้ว จึงปลูกพืชหลักตาม (ธงชัย, 2546)

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการไถกลบพืชขณะที่ยังสดอยู่ลงสู่ดิน โดยได้จากการไถกลบพืชหลัก และการปลูกพืชบางชนิดที่ให้ปริมาณธาตุอาหารสูงและเจริญเติบโตเร็ว พืชที่นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ส่วนใหญ่เป็นพืชตระกูลถั่วเพราะพืชเหล่านี้มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ จึงเป็นการช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พืชหลักได้อีกรูปแบบหนึ่ง นอกจากนี้ปุ๋ยพืชสดยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้กับดินได้ด้วย (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548)

ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการปลูกพืชแล้วไถกลบลงไปในดิน เพื่อให้มวลของพืชที่ไถกลบนั้นทำหน้าที่เป็นปุ๋ย มวลของพืชที่ถูกไถกลบจะเน่าเปื่อยทำให้ธาตุอาหารพืชในมวลของพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรียสาร ซึ่งพืชดูดไม่ได้ถูกเปลี่ยนธาตุอาหารในรูปอนินทรียสารซึ่งพืชดูดได้ พืชที่ใช้ปลูกเป็นพืชปุ๋ยสดนิยมใช้ ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว (อำนาจ, 2548)

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการปลูกพืชลงไปในพื้นที่แล้วไถกลบเมื่อต้นพืชเจริญเติบโตดี เพื่อให้เศษพืชย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชที่ปลูกและเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน พืชที่ใช้เป็นปุ๋ยอาจเป็นพืชตระกูลถั่ว ตระกูลหญ้า หรือพืชอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชโตเร็วที่มีลักษณะง่ายต่อการตัดหรือไถกลบ (ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย, 2549)

ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการไถกลบพืช ซึ่งมักเป็นพืชตระกูลถั่วหรือเศษพืชต่างๆ ที่ยังสดอยู่ที่ทิ้งไว้ในไร่นา หรือหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการตัดสับหรือไถกลบลงไปในดินในขณะที่พืชยังเขียวสดอยู่ โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ในช่วงระยะเวลาที่พืชออกดอกเพราะให้น้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง จากนั้นปล่อยให้เกิดการย่อยสลายก็จะให้ธาตุอาหารพืชและ

เพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับพืชที่จะปลูกต่อไป พืชปุ๋ยสดที่นิยมปลูกทั่วไปจะเป็นพืชตระกูลถั่ว เนื่องจากขึ้นได้ง่ายและเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้พืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงเกิดจากการตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วและจุลินทรีย์ในดินนั่นเอง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยซึ่งได้จากการปลูกพืชในไร่นาจนเติบโตถึงระยะที่เหมาะสมแล้วไถกลบขณะยังสดเพื่อบำรุงดิน พืชที่ปลูก เรียกว่า **พืชปุ๋ยสด(green manure crop)** ซึ่งอาจเป็นพืชตระกูลถั่วหรือมิใช่พืชตระกูลถั่วได้ แต่พืชตระกูลถั่วมีความเหมาะสมในการทำปุ๋ยพืชสดมากกว่า เนื่องจากไรโซเบียมในปมรากถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนได้ จึงช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่พื้นที่เพาะปลูก (ยงยุทธและคณะ,2551)

จากความหมายปุ๋ยพืชสดที่กล่าวข้างต้น สามารสรุปได้ว่า **ปุ๋ยพืชสด (green manure)** หมายถึงปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการปลูกพืชลงไปในพื้นที่แล้วไถกลบขณะที่ยังสด และอยู่ในช่วงระยะเวลาที่พืชออกดอก เพราะให้น้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง จากนั้นปล่อยให้เกิดการย่อยสลายก็จะให้ธาตุอาหารพืชและเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับพืชที่จะปลูกต่อไป

พืชที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด เรียกว่า **พืชปุ๋ยสด** ซึ่งอาจเป็นพืชตระกูลถั่วหรือมิใช่พืชตระกูลถั่วได้ แต่พืชตระกูลถั่วมีความเหมาะสมในการทำปุ๋ยพืชสดมากกว่า เนื่องจากไรโซเบียมในปมรากถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ ทำให้พืชตระกูลถั่วมีปริมาณธาตุไนโตรเจนต่อหน่วยน้ำหนักมวลพืชแห้งสูงกว่าที่ไม่ใช้พืชตระกูลถั่ว จึงช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พื้นที่เพาะปลูก โดยเมื่อไถกลบลงดินจะมีไนโตรเจนจากซากพืชปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้ได้ และอีกส่วนหนึ่งให้จุลินทรีย์ไปใช้ในการสร้างเนื้อหนังอย่างพอเพียง ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่ต้องใช้ธาตุไนโตรเจนในดิน ทำให้ดินไม่ขาดธาตุไนโตรเจนที่ให้แก่พืชที่ปลูกตามมาและส่งเสริมให้กิจกรรมและปริมาณจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นด้วย

2. ลักษณะของพืชปุ๋ยสดที่ดี

ลักษณะของพืชที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสดมี ดังนี้ (ธงชัย, 2546; ยงยุทธและคณะ,2551)

2.1 เป็นพืชตระกูลถั่ว ปลูกง่ายและเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งได้ดี ปลูกได้ทุกฤดูกาลและต้องการการดูแลเพียงเล็กน้อย

2.2 เป็นพืชที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เพื่อประโยชน์ในการเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ในฤดูต่อไป และเมล็ดพันธุ์หาได้สะดวกราคาไม่แพงเกินไป เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ง่าย

2.3 มีธาตุอาหารสะสมในลำต้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน

2.4 สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว เพื่อข่มวัชพืชได้ไถกลบขณะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ในช่วงอายุ 30-50 วัน โดยให้น้ำหนักสดสูงพอประมาณเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้มากขึ้น

2.5 ต้านทานต่อโรคและแมลงได้ดี ไม่เป็นแหล่งที่พักอาศัยของศัตรูพืช อันจะมีผลการทำลายต่อพืชที่ปลูกตามมา

2.6 เป็นพืชที่สามารถจัดเข้าระบบการปลูก เช่น ระบบพืชหมุนเวียนและพืชแซมได้อย่างเหมาะสม

2.7 เป็นพืชที่มีระบบรากลึก กว้าง เมื่อรากเน่าเปื่อยจะเกิดช่องว่างในดินล่าง ช่วยให้มีการระบาย

น้ำ และถ่ายเทอากาศดีขึ้น ทั้งพืชจะดูดธาตุอาหารจากดินชั้นล่างขึ้นมาสะสมในใบและลำต้น เมื่อซากพืชถูกไถกลบแล้วธาตุอาหารเหล่านั้นมาอยู่ในดินบน

2.8 เป็นพืชที่ทำการไถกลบลงดินได้ง่าย กิ่งก้าน ลำต้นเปราะ และเน่าเปื่อยผุพังได้อย่างรวดเร็ว เพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูกตามมา

2.9 เป็นพืชที่ไม่มีผลในทางลบต่อพืชหลักที่ปลูกตามมา

3. พืชปุ๋ยสดที่แนะนำ

พืชปุ๋ยสดเป็นพืชบำรุงดินที่ช่วยให้ความอุดมสมบูรณ์และสมบัติต่างๆ ของดินดีขึ้น รวมทั้งช่วยในการอนุรักษ์ดินด้วย อาจจำแนกพืชบำรุงดินเป็น 4 ประเภท คือ

3.1 พืชตระกูลถั่วประเภทพืชปีเดียว (annual plant) โตเร็ว ใบมากและลำต้นไม่แข็ง เมื่อไถกลบจะเน่าเปื่อยเร็ว ได้แก่ ปอเทือง โสน และถั่วแปบ ใช้ทำปุ๋ยพืชสดได้ดี

3.2 พืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นอาหาร (food legumes) ให้ฝักและเมล็ดเป็นอาหารของมนุษย์ ส่วนใบใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วก็ไถกลบซากพืชบำรุงดิน จึงเหลือชีวมวลที่จะไถกลบน้อย เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง และถั่วพุ่ม การปลูกมีวัตถุประสงค์สองอย่าง คือ เก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นอาหารและไถกลบซากพืชเพื่อบำรุงดิน

3.3 พืชตระกูลถั่วคลุมดิน ซึ่งมีทั้งประเภทเถาเลื้อย เช่น คาโลโปโกเนียม และประเภทพุ่มเตี้ย เช่น ถั่วเวอราโน มักใช้เป็นพืชคลุมดินและอาหารสัตว์ การไถกลบพืชพวกเถาเลื้อยอาจมีปัญหาเถาพืชพันผาลไถ

3.4 พืชตระกูลถั่วประเภทไม้พุ่มและไม้ยืนต้น ใช้ปลูกเป็นแถวชิดเพื่อเป็นแนวกันลมและป้องกันการกร่อนดินในที่ลาดชัน เช่น กระถินและแคฝรั่ง อาจตัดกิ่งก้านและใบมาคลุมดินหรือไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด กรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาและรวบรวมพืชตระกูลถั่วทั้งพืชยืนต้นและพืชล้มลุก ลักษณะเป็นพุ่มและเถาเลื้อยที่เหมาะสมสำหรับการบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 พืชบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ลักษณะของพืช
กระถิน	*Leucaenaleucocephala*	ไม้ยืนต้นสูง 1.5 – 5.0 เมตร
แคฝรั่ง	*Gliricidiasepium*	ไม้ยืนต้น
คราม่า	*Tephrosia candida*	ไม้พุ่ม สูง 2 – 3 เมตร
ถั่วเขียว	*Phaseolusaureus*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วเขียวผิวดำ	*Phaseolusmungo*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วเขียวผิวแดง	*Phaseolusradiatus*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วคาโลโปโกเนียม	*Calopogoniummucunoides*	พืชปีเดียวลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วคุดซู	*Puerariaphaseoloides*	อายุหลายปี ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วลาย	*Centrosemapubescens*	อายุหลายปี ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
กระถิน	*Leucaenaleucocephala*	ไม้ยืนต้นสูง 1.5 – 5.0 เมตร

ตารางที่ 6.1 พืชบำรุงดินและอนุรักษ์ดินและน้ำที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ลักษณะของพืช
แคฝรั่ง	*Gliricidiasepium*	ไม้ยืนต้น
คราม่ป่า	*Tephrosia candida*	ไม้พุ่ม สูง 2 – 3 เมตร
ถั่วเขียว	*Phaseolusaureus*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วเขียวผิวดำ	*Phaseolusmungo*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วเขียวผิวแดง	*Phaseolusradiatus*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่ม
ถั่วคาโลโปโกเนียม	*Calopogoniummucunoides*	พืชปีเดียวลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วคุดซู	*Puerariaphaseoloides*	อายุหลายปี ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วลาย	*Centrosemapubescens*	อายุหลายปี ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วนิ้วนางแดง	*Phaseoluscalcaratus*	ลักษณะต้นเป็นเถาเลื้อย
ถั่วแปบ	*Lablab purpureus*	ลักษณะต้นพุ่มอาจมีเถาเลื้อย
ถั่วพุ่ม	*Vigna spp.*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่มเตี้ย
ถั่วพร้า	*Canavalia spp.*	พืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นพุ่มสูง
ถั่วมะแฮะ	*Cajanuscajan*	พืชอายุ 2 – 3 ปี ลักษณะต้นสูง 1 – 5 เมตร
ปอเทือง	*Clotalariajuncea*	พืชปีเดียวลำต้นตั้งตรง สูง 1.5 - 1.7 เมตร
โสนอัฟริกัน	*Sesbaniarostrata*	พืชปีเดียวเป็นพุ่มปานกลางสูง 2 – 3 เมตร
ถั่วปันหยีหรือถั่วฝรั่ง	*Voandzeia subterranean*	ลำต้นตรง เป็นพุ่ม
ถั่วเวอราโน	*Stylosanthshamata*	ลักษณะต้นเป็นพุ่มเตี้ย

ที่มา: ปรับปรุงจากคณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการที่ดิน (ไม่ระบุ พ.ศ.)

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549) แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสดชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสด

ชนิดพืช	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	C/N	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)					
				N	P	K	Ca	Mg	S
ปอเทือง	2,500 – 3,000	500 – 840	19.96	2.76	0.22	2.40	1.53	2.04	0.96
ถั่วพร้า	2,500 – 3,000	500 – 840	21.11	2.72	0.54	2.14	1.19	1.59	0.77
ถั่วพุ่ม	1,500 – 2,400	300 – 672	19.51	2.68	0.39	2.46	0.87	1.59	0.48
ถั่วมะแฮะ	2,000 – 2,500	400 – 700	27.33	2.34	0.25	1.11	1.45	1.92	0.54

ตารางที่ 6.2 แสดงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญในพืชปุ๋ยสด (ต่อ)

ชนิดพืช	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	C/N	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)					
				N	P	K	Ca	Mg	S
โสนอัฟริกัน	2,000 – 4,000	400 – 1,120	18.30	2.87	0.42	2.06	0.82	1.74	2.27
โสนอินเดีย	2,000 – 3,500	400 – 980	17.83	2.85	0.46	2.83	1.96	2.14	0.97
โสนจีนแดง	1,500 – 2,000	300 – 560	18.93	2.85	0.43	2.10	0.79	1.83	0.90
โสนคางคก	1,500 – 3,000	300 – 840	27.55	1.84	0.28	1.26	0.70	1.58	0.30

หมายเหตุ: น้ำหนักสดของพืชปุ๋ยสดมีความชื้นเฉลี่ย 72 – 80 เปอร์เซ็นต์
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549)

พืชตระกูลถั่วที่กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมใช้เป็นพืชปุ๋ยสด มี 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง โสนอัฟริกัน และถั่วมะแฮะ โดยแบ่งตามชนิดของพืชที่ปลูกได้ ดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2549; ยงยุทธและคณะ, 2551)

1. ถั่วพุ่ม (cow pea) หลายชนิด เช่น ถั่วพุ่มแดงหรือถั่วพุ่มลาย (Vignasinesis) และถั่วพุ่มดำ (Vignaunguiculata) เป็นพืชปีเดียวลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ยสูงประมาณ 40 เซนติเมตร บางชนิดลำต้นอาจจะเลื้อยบนดินบ้างเล็กน้อย เช่น ถั่วพุ่มลาย เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อน ดินร่วนซุย มีการระบายน้ำและอากาศดี ปลูกได้ตลอดปีแต่ช่วงที่เหมาะสม คือ ต้นฤดูฝนโดยวิธีการหว่านอัตราเมล็ด 8 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในระบบการปลูกสองแบบ คือ แบบระบบปลูกพืชหมุนเวียน โดยปลูกก่อนพืชหลักแล้วไถกลบเมื่ออายุ 45 – 45 วัน พร้อมกับเตรียมดิน เพื่อปลูกพืชหลักหลังจากไถกลบ 12 – 15 วัน และแบบระบบปลูกแซม โดยหว่านถั่วพุ่มระหว่างแถวพืชหลักหลังจากปลูกพืชหลักไปแล้วประมาณ 2 สัปดาห์ ไถกลบระยะออกดอกอายุประมาณ 40 – 45 วัน โดยถั่วพุ่มให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 1,500 – 2,400 และ 300 – 672 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และให้ธาตุไนโตรเจน 10 –20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักคิดต่อน้ำหนักแห้ง ดังนี้ ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.00 – 2.89 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.50 – 0.58 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณธาตุโพแทสเซียม 2.50 – 3.51 เปอร์เซ็นต์

2. ถั่วพร้า มี 2 ชนิด คือ ถั่วพร้าเมล็ดขาวหรือ Jack bean (*Canavaliaensiformis*) และถั่วพร้าเมล็ดแดงหรือ swod bean (*Canavallagladista*) เป็นพืชปีเดียว ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ระบบรากลึก เจริญเติบโตได้ดีในดินดอน ที่มีการระบายน้ำดี ทนความแห้งแล้งได้ดี ปลูกโดยวิธีการหว่านอัตราเมล็ด 10 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในระบบการปลูกสองแบบ คือ แบบระบบปลูกพืชหมุนเวียน โดยปลูกก่อนพืชหลักแล้วไถกลบเมื่ออายุ 60 – 65 วัน พร้อมกับเตรียมดิน เพื่อปลูกพืชหลักหลังจากไถกลบ 12 – 15 วัน พืชหลักที่ปลูก เช่น ข้าวโพดมันสำปะหลังและอ้อย และแบบระบบปลูกแซม โดยหว่านถั่วพร้าระหว่างแถวพืชหลักหลังจากปลูกพืชหลักไปแล้วประมาณ 2 สัปดาห์ และไถ

กลบเมื่ออายุ 60 – 65 วัน โดยถั่วพร้าให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 2,500 – 3,000 และ 500 – 840 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ธาตุไนโตรเจน 10 – 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักคิดต่อน้ำหนักแห้งดังนี้ ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.00 – 2.95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.30 – 0.40 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณธาตุโพแทสเซียม 2.20 – 3.00 เปอร์เซ็นต์

3. ปอเทือง (*Clotalaria juncea*) เป็นพืชปีเดียวลักษณะลำต้นตั้งตรงแตกกิ่งก้านสาขามาก สูงประมาณ 1.80 – 3.00 เมตร มีดอกสีเหลือง จะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 45 – 50 วัน ขึ้นได้ดีในพื้นที่ดอนที่มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ทนแล้งได้ดีปลูก โดยวิธีการหว่านอัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อไร่ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในระบบการปลูกสองแบบ คือ แบบระบบปลูกพืชหมุนเวียน โดยปลูกก่อนพืชหลักแล้วไถกลบเมื่ออายุ 50 – 65 วัน พร้อมกับเตรียมดินเพื่อปลูกเพื่อปลูกพืชหลักหลังจากไถกลบ 12-15 วัน และแบบระบบปลูกแซม โดยหว่านปอเทืองระหว่างแถวพืชหลัก หลังจากปลูกพืชหลักไปแล้วประมาณ 2 สัปดาห์ ปอเทืองให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 2,000 – 3,500 และ 400 – 980 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ธาตุไนโตรเจน 10 – 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักคิดต่อน้ำหนักแห้ง ดังนี้ ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.10 – 2.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.30 – 0.38 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส และปริมาณธาตุโพแทสเซียม 2.10 – 3.10 เปอร์เซ็นต์

4. โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata*) เป็นพืชปีเดียว ไวต่อช่วงแสง ต้องมีช่วงวันน้อยกว่า 12.0-12.5 ชั่วโมง จึงออกดอกลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านสาขา สูงประมาณ 2.00 – 3.50 เมตร สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาพดินไร่และดินนาในสภาพน้ำท่วมขัง ทนต่อสภาพดินเค็มที่ระดับความเค็มประมาณ 2 –8 เดซิซีเมนต่อเมตร ปลูกโดยวิธีการหว่านอัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปลูกควรแช่น้ำ 1 คืน เหมาะที่จะใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว โดยปลูกพืชนี้ล่วงหน้าอย่างน้อย 70 วัน แล้วไถกลบเมื่ออายุ 50 – 70 วัน ขณะยังมีน้ำขังในแปลง ทิ้งช่วงเวลาประมาณ 10 วัน จึงทำเทือกเพื่อปลูกข้าว โสนอัฟริกัน อายุ 50 – 70 วัน ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 2,000 – 4,000 และ 400 – 1,120 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และให้ธาตุไนโตรเจน 12 – 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักคิดต่อน้ำหนักแห้ง ดังนี้ ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.50 – 3.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.30 – 0.40 เปอร์เซ็นต์และปริมาณธาตุโพแทสเซียม2.00 – 2.78 เปอร์เซ็นต์ นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดไถกลบก่อนปลูกข้าว หรือปลูกหมุนเวียนสลับกับพืชไร่ เช่น ข้าวโพด และอ้อย เป็นต้น

5. ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) ลักษณะต้นเป็นทรงพุ่ม สูงประมาณ 1 – 5 เมตร สามารถเจริญเติบโตข้ามปีได้ 2 – 3 ปี เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนที่มีการระบายน้ำดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังและไม่ทนเค็ม มีระบบรากแก้วและรากแขนงจำนวนมาก และหยั่งรากลึกสามารถดูดฟอสฟอรัสได้ดี จึงทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุฟอสฟอรัสจากดินชั้นล่างสู่ผิวดิน ในด้านการใช้ประโยชน์ โดยปลูกถั่วมะแฮะไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดอายุประมาณ 60 – 75 วัน แล้วปลูกพืชไร่ตาม ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 2,000 – 4,000 และ 400 – 1,120 กิโลกรัมต่อไร่ โดยส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักเฉลี่ยคิดต่อน้ำหนักแห้ง ดังนี้ ปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.34 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 0.25 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณธาตุโพแทสเซียม 1.11 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้ในระบบปลูกพืชแซมแบบแถบ เพื่อป้องกันและลดการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน เช่น การปลูกกระถินผสมถั่วมะแฮะเป็นแถบไม้พุ่มบำรุงดิน

สามารถลดการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ที่มีความลาดชัน และทำให้ผลผลิตข้าวไร่ที่ปลูกในระหว่างแถบพืชอนุรักษ์เพิ่มขึ้น

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า พืชตระกูลถั่วต่างชนิดกันให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน นอกจากนี้พืชตระกูลถั่วชนิดเดียวกันก็ให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันด้วยเหมือนกัน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ชนิดของพืชตระกูลถั่ว สภาพแวดล้อมตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและการตรึงธาตุอาหารของพืชตระกูลถั่วดังรายงานของอำนาจและคณะ (2543) ว่า การนำไมยราบไร้หนามเข้ามาแซมข้าวโพดแล้วไถกลบก่อนปลูกข้าวโพดครั้งต่อไปรวม 2 ฤดูกาลปลูก ทำให้ให้ดินให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 130 (เพิ่มขึ้นจาก 307 เป็น 707 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนการนำถั่วแปบและถั่วมะแฮะเข้ามาแซมข้าวโพดเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 77 และ 86 ตามลำดับ แสดงว่า พืชต่างชนิดกันเมื่อนำมาปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตไม่เท่ากัน นอกจากนี้ พบว่า การปลูกปอเทืองในพื้นที่ต่างกัน ได้แก่ จังหวัดสระบุรี สุโขทัย อุดรธานี และเชียงใหม่ มีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน ดังนี้ 534, 617, 357 และ 883 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (กองปฐพี (2534) อ้างโดย ธงชัย (2546) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของโสพสและคณะ (2553) และเมธินและคณะ (2553) พบว่า การปลูกปอเทืองในดินปนกรวด จังหวัดราชบุรี และการปลูกปอเทืองในดินร่วนจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 2 ปี พบว่า ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งปอเทืองมีค่าเฉลี่ย 2 ปี แตกต่างกัน ดังนี้ 403.42 และ 287.65 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และปริมาณธาตุไนโตรเจนในต้นปอเทืองมีค่าเฉลี่ย 2 ปี แตกต่างกัน ดังนี้ 2.39 และ 1.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืช

การใช้พืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกพืชมี 4 ระบบ ดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2549)

4.1 ใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) ซึ่งเป็นการปลูกพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสมบางชนิดหมุนเวียนให้พอเหมาะกับระยะเวลาในการปลูกพืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจ แบ่งออกเป็น

1) ปลูกพืชหลักหนึ่งชนิดหมุนเวียนสลับกับปลูกพืชปุ๋ยสดหนึ่งชนิดภายในเวลาหนึ่งปีโดยทำการปลูกพืชปุ๋ยสดต้นฤดูฝนแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดเมื่อถึงระยะเวลากำหนดหลังจากนั้นจึงปลูกพืชหลักตาม เช่น ปลูกปอเทืองและไถกลบแล้วจึงปลูกข้าวโพดตาม

2) ปลูกพืชหลักในต้นฤดูฝนแล้วปลูกพืชปุ๋ยสดในปลายฤดูฝนในระยะเวลาหนึ่งปี วิธีนี้เกษตรกรนิยมใช้กันแพร่หลาย โดยพืชปุ๋ยสดที่ปลูกนั้นส่วนมากสามารถนำมาเป็นอาหารหรือจำหน่ายผลผลิตได้ แต่ก็เสี่ยงต่อความชื้นไม่พอเพียงแก่การปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น การปลูกข้าวเป็นพืชหลักในฤดูนาปีหลังเก็บเกี่ยวข้าวปลูกถั่วเหลืองตามโดยหยอดในตอซังข้าว

3) ปลูกพืชหลักหนึ่งชนิดสลับหมุนเวียนกับปลูกพืชปุ๋ยสดหนึ่งชนิดในระยะเวลาสองปี คือ การปลูกพืชปุ๋ยสดหรืออาจเป็นพืชปุ๋ยสดคลุมดินซึ่งมีอายุยาวในหนึ่งปี ทำการไถกลบแล้วจึงปลูกหลักในปีที่สองหมุนเวียนกันไป ซึ่งใช้กับพื้นที่ที่มีความลาดเทเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย หรือพื้นที่เกษตรที่สูงที่มีการทำไร่เลื่อนลอย เช่น การปลูกถั่วแปบเป็นพืชปุ๋ยสดสลับกับถั่วแดงหลวง

4.2 ใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชแซม (Inter cropping) คือ การปลูกพืชปุ๋ยสดบางชนิดที่เหมาะสมแซมในแถวพืชหลัก ซึ่งอาจเป็นการปลูกพืชหลักแล้วก็ปลูกพืชปุ๋ยสดแซมในแถวไปพร้อมๆ กันในเวลาเดียวกัน หรือปลูกพืชหลักแล้วระยะเวลาหนึ่งจึงปลูกพืชปุ๋ยสดแซมเป็นการเหลื่อมเวลากันในหนึ่งปีแบ่งออกเป็น

1) ปลูกพืชหลักหนึ่งชนิดแล้วแซมด้วยพืชปุ๋ยสดหนึ่งชนิดในเวลาหนึ่งปี วิธีนี้เป็นวิธีการทำการเกษตรในที่ดอนเขตอาศัยน้ำฝน เช่น การปลูกถั่วเขียวหรือถั่วพร้าหรือปอเทืองแซมในแถวข้าวโพดแบบแถวต่อแถว หรือพืชหลัก 2 แถวคู่ แล้วจึงแซมด้วยพืชปุ๋ยสด เมื่ออายุพอเหมาะทำการไถกลบพืชปุ๋ยสด หรือสับกลบพืชปุ๋ยสดพร้อมสับกลบตอซังพืชหลัก

2) ปลูกพืชหลักสองชนิดแล้วแซมด้วยพืชปุ๋ยสดหนึ่งชนิดในเวลาหนึ่งปี วิธีนี้ใช้ในระบบการปลูกพืชในเขตชลประทานที่เป็นนาข้าว โดยการปลูกข้าวเป็นพืชหลักในฤดูฝนหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว จึงปลูกพืชหลักอย่างอื่นโดยใช้น้ำชลประทาน เช่น ปลูกข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวข้าวแล้วแซมด้วยโสนอัฟริกัน ปอเทือง หรือถั่วพุ่มในแถวข้าวโพด

3) ปลูกพืชหลักสองชนิดและพืชปุ๋ยสดสองชนิดในแถวพืชหลักในหนึ่งปี วิธีนี้ใช้ในเขตเกษตรกรรมชลประทานที่เป็นที่ดอนหรือนาดอน โดยในฤดูฝนปลูกพืชไร่เป็นพืชหลัก เช่น ปลูกข้าวโพดแล้วแซมด้วยพืชปุ๋ยสด เช่น ปอเทือง ถั่วเขียว หรือถั่วพร้า และเมื่อเก็บเกี่ยวพืชหลัก ทำการสับกลบพืชปุ๋ยสดและซากพืชหลักหลังฤดูฝนแล้ว ทำการปลูกพืชหลักชนิดอื่นๆ แล้วแซมด้วยพืชปุ๋ยสดในแถวเช่นเดียวกับที่กล่าวมา โดยอาศัยน้ำจากชลประทาน

ภาพที่ 6.1 ระบบปลูกพืชหมุนเวียน
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549)

ภาพที่ 6.2 ระบบปลูกพืชแซม
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549)

4.3 ใช้พืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชแบบแถบพืช (Strip cropping) เป็นวิธีการใช้พืชปุ๋ยสดปลูกเป็นกำแพง เพื่อเป็นการป้องกันและลดการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยแนวชนวนของพืชปุ๋ยสดนี้จะทำหน้าที่เป็นแนวดักตะกอน อันเกิดจากการชะล้างพังทลายจากฝนและลดความรุนแรงจากการไหลบ่าของน้ำฝนได้ โดยใช้ไม้พุ่มบำรุงดิน เช่น กระถินหรือถั่วมะแฮะ ปลูกเป็นแถบกว้างประมาณ 2 เมตร ยาวตามแนวระดับความลาดเท ต่อจากแถบพืชปุ๋ยสดจึงปลูกเป็นแปลงพืชหลักอาจกว้างประมาณ 3 เมตร ขึ้นกับความลาดเทต่อจากนั้นก็เป็นแถบพืชปุ๋ยสด ทำสลับกันไปจนเต็มพื้นที่ เหตุที่ใช้กระถินหรือถั่วมะแฮะเพราะมีอายุข้ามปี ทำให้ไม่ต้องปลูกใหม่และช่วยป้องกันชะล้างพังทลายของดิน นอกจากนี้ยังใช้เป็นปุ๋ยพืช

สดได้โดยการตัดแต่งกิ่งก้านและยอดอ่อนของพืชเหล่านั้นมาใส่ในแปลงปลูกพืชหลัก แล้วทำการสับกลบ วิธีการปลูกพืชปุ๋ยสดเป็นแถบพืชนิยมทำกันในแถบภาคเหนือของประเทศไทยหรือพื้นที่ที่มีความลาดชัน 30 – 40 เปอร์เซ็นต์

4.4 การปลูกพืชปุ๋ยสดในระบบพืชคลุมดิน (Cover cropping) การปลูกพืชในระบบนี้มักเป็นการปลูกพืชปุ๋ยสดตระกูลถั่วชนิดที่มีลำต้นเป็นเถาเลื้อย เพื่อให้เจริญเติบโตปกคลุมผิวดิน ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมากระทบผิวดินไม่รุนแรง เพราะจะกระทบถูกกิ่งใบของพืชปุ๋ยสดก่อนถึงดินช่วยมิให้เกิดการชะล้างหน้าดินได้ พืชปุ๋ยสดใช้ปลูกกันในระบบนี้ ได้แก่ ถั่วคาโลโปโกเนียม ถั่วคุดซู ถั่วฮามาต้า ไมยราบไร้หนาม และถั่วแปบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามพืชตระกูลถั่วที่มีลำต้นเตี้ยเป็นทรงพุ่ม ก็สามารถปลูกเป็นพืชคลุมดินได้ เช่น ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันกำจัดวัชพืช ปรับปรุงบำรุงดิน และรักษาความชื้นของดิน

ภาพที่ 6.3 ระบบปลูกพืชแบบแถบพืช
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549)

ภาพที่ 6.4 ระบบพืชคลุมดิน
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2549)

นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยพืชสด สามารถแบ่งตามสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 4 กลุ่ม คือ การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวการใช้ปุ๋ยพืชสดในพืชไร่ การใช้ปุ๋ยพืชสดในไม้ผลและการใช้ปุ๋ยพืชสดในยางพาราปาล์มน้ำมันและกาแฟ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ดังนี้

1. การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

สภาพพื้นที่การทำนาของประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ สภาพพื้นที่ลุ่ม สภาพพื้นที่ดอน และสภาพพื้นที่ดินเค็ม ดังนั้น ชนิดพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ สามารถแบ่งได้ ดังนี้ สภาพพื้นที่นาลุ่มพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม ได้แก่ โสนอัฟริกัน โสนคางคก และโสนอินเดีย สภาพพื้นที่นาดอนพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม ได้แก่ ถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วพุ่ม และโสนอัฟริกัน สภาพพื้นที่นาดินเค็มพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม ได้แก่ โสนอัฟริกันและโสนคางคก สำหรับการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวมี 3 วิธีการดังนี้

1.1 ปลูกพืชปุ๋ยสดก่อนการทำนา เช่น โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 5, 5, 8 และ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปลูกในระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ไถกลบระยะออกดอกทิ้งให้ย่อยสลาย 7 วัน จึงปลูกข้าวตาม เมล็ดโสนอัฟริกันก่อนปลูกควรแช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้เมล็ดงอกดีขึ้น เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดมีความหนา

1.2 ปลูกพืชปุ๋ยสดพร้อมกันกับข้าว โดยปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 8 และ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พร้อมกับหว่านข้าวในนาหว่านข้าวแห้ง เพื่อให้ถั่วเจริญเติบโตพร้อมต้นข้าวในช่วงที่น้ำยังไม่ขังในนา แต่ถ้ามีน้ำขังพืชปุ๋ยสดที่ปลูกจะตายเน่าสลายให้ธาตุอาหารและอินทรียวัตถุ

1.3 ปลูกพืชปุ๋ยสดหลังทำนา เช่น โสนอัฟริกัน ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ใช้อัตราเมล็ด 5, 5, 8 และ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปลูกโดยไม่ไถพรวน ไม่ต้องเกี่ยวตอซังข้าวออก ใช้เมล็ดถั่วหยอดลงไปในนาโดยตรง และปลูกทันทีที่เกี่ยวข้าวเสร็จ ในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่ หรือจะปลูกโดยการไถพรวนดินอย่างดีก็ได้ และไถกลบระยะออกดอกทิ้งให้ย่อยสลายจึงปลูกข้าว

2. การใช้ปุ๋ยพืชสดในพืชไร่

ในปัจจุบันการปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่ที่มีขนาดใหญ่จำพวก มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสับปะรด ส่วนใหญ่นิยมใช้พืชปุ๋ยสด ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า เนื่องจากเจริญเติบโตและทนต่อความแห้งแล้งได้ดี โดยนิยมปลูกก่อนปลูกพืชหลักและไถกลบระยะออกดอก แล้วปลูกพืชหลักตาม หรืออาจจะปลูกแซมระหว่างพืชหลักหลังจากปลูกพืชหลักประมาณ 1 เดือน

3. การใช้ปุ๋ยพืชสดในยางพารา กาแฟ และปาล์มน้ำมัน

พืชปุ๋ยสดที่นิยมปลูกเป็นพืชคลุมดินระหว่างแถวพืชที่ปลูกเพื่อป้องกันกำจัดวัชพืช ป้องกันการชะล้างพังทลายและช่วยรักษาความชื้นของดิน

- ยางพารา ปลูกพืชตระกูลถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วคาโลโปโกเนียม ถั่วลาย และถั่วคุดซู มาผสมในอัตราส่วน 5 : 4 : 1 หรือ 2 : 2 : 1 อัตราเมล็ด 1 – 2 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปลูกเป็นแถว 3 แถว แถวที่ติดกับต้นยางพาราห่าง 2 เมตร หรือโดยการหว่านถั่วแต่ละชนิดอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่

- ปาล์มน้ำมัน และกาแฟ ปลูกถั่วคาโลโปโกเนียมหรือถั่วลาย โดยโรยเป็นแถวระหว่างแถวพืชหลัก ใช้อัตราเมล็ด 1 – 2 กิโลกรัมต่อไร่ หรือโดยการหว่านอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่

4. การใช้ปุ๋ยพืชสดในไม้ผล

พืชปุ๋ยสดที่นิยมปลูกในสวนไม้ผล ได้แก่ ถั่วพร้าและถั่วพุ่ม ใช้อัตราเมล็ด 10 และ 8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยปลูกแซมในระหว่างแถวไม้ผลเช่น พุทรา มะม่วง มังคุดและลำไย ในช่วงปีแรกเพื่อควบคุมวัชพืชและรักษาความชื้นแก่ดิน เมื่อทำการสับกลบลงดินเป็นช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

5. ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด

ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด คือ เป็นแหล่งธาตุอาหารต่างๆ ของพืชหลัก และยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และอื่นๆ ดังนี้

5.1 เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช เมื่อพืชปุ๋ยสดสลายตัวแล้วจะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชต่างๆ ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุลงสู่ดิน โดยปริมาณธาตุอาหารจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่ 2 ปัจจัย คือ น้ำหนักและปริมาณของธาตุอาหารของพืชปุ๋ยสด โดยธาตุอาหารของปุ๋ยพืชสด มีดังนี้

5.1.1 ธาตุไนโตรเจน

การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดที่ไถกลบดินจากรูปอินทรียสารที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นรูปอนนินทรีย์สารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการมินเนอราลไลเซชัน (mineralization) และอิมโมบิไลเซชัน (immobilization) โดยที่กระบวนการมินเนอราลไลเซชันมีอัตราสูงกระบวนการอิมโมบิไลเซชันก็จะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็สูงขึ้น แต่ถ้ากระบวนการอิมโมบิไลเซชันมีอัตราสูงกว่ามินเนอราลไลเซชันปริมาณธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็ลดลง ดังนั้น ระดับของอนินทรียสารไนโตรเจนในดินที่ได้จากปุ๋ยพืชสดจึงอยู่ที่กระบวนการใดเด่นกว่า ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นสุทธิของอนินทรียสารไนโตรเจนเป็นบวกหรือลบ ซึ่งเรียกว่าการผันเวียนของมินเนอราลไลเซชัน–อิมโมบิไลเซชัน(mineralization-immobilization tumover) (Tate, 1994) ในสภาพดินไร่และดินนาน้ำขังการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดจะเร็วมากในสองสัปดาห์แรกและลดลงในช่วงเวลาต่อมา ดังงานวิจัยของ Sing *et al*. (1992) พบว่า ในสภาพดินไร่โสนคางคกที่ไถกลบจะเกิดการย่อยสลายและได้มีค่ามินเนอราลไลเซชันของไนโตรเจนสุทธิ 48 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 2 สัปดาห์ เมื่อครบ 4 สัปดาห์ ค่าดังกล่าวของโสนคางคกเพิ่มเป็น 59 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า อัตราการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของโสนคางคกจะช้าลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Frankenberger and Abdelmagid (1985) ว่า การไถกลบพืชปุ๋ยสดชนิดต่างๆ ในช่วงเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า ถั่วเหลืองและโคลเวอร์สลายตัวและปลดปล่อยไนโตรเจนได้เร็วกว่าและมากกว่าถั่วพุ่มและอัลฟัลฟา โดยกระบวนการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรก และช้าลงเล็กน้อยใน 2 สัปดาห์ต่อมา หลังจากนั้นแม้จะยังปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างต่อเนื่องแต่อัตราการปลดปล่อยก็ช้าลง ในสภาพดินนาน้ำขังเมื่อไถกลบโสนคางคก พบว่า จะเกิดการย่อยสลายและมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 14 วัน โดยมีค่ามินเนอราลไลเซชันของไนโตรเจนสุทธิ 31 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 20 และ 30 วัน ค่ามินเนอราลไลเซชันของไนโตรเจนสุทธิ 37 และ 49เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของโสนคางคกจะช้าลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (Sing *et al.,*1992) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Khind *et al*. (1985) ว่า การไถกลบโสนในดินนาน้ำขังจะมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมไนโตรเจนเกิดขึ้นสูงสุดภายใน 2 สัปดาห์ ต่อจากนั้นก็จะลดลง

5.1.2 ธาตุฟอสฟอรัส

เมื่อใส่ปุ๋ยพืชสดลงในดิน จะมีผลทำให้ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีประโยชน์มากขึ้น 2 ทาง คือ (ยงยุทธและคณะ, 2551)

1) โดยจากการปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสของปุ๋ยพืชสด เมื่อไถกลบพืชปุ๋ยสดลงดินจะเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในกระบวนการมินเนอราลไลเซชันของฟอสฟอรัสจากรูปอินทรียสารไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นรูปอนนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช องค์ประกอบของปุ๋ยพืชสดที่มีผลต่อการปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัส ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส และสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและฟอสฟอรัส (C : P เรโช) โดยที่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมปุ๋ยพืชสด ซึ่งมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบมากย่อมย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสเร็ว แต่หากในซากพืชมีธาตุฟอสฟอรัสต่ำกว่า 0.2เปอร์เซ็นต์แทนที่จะเกิด

กระบวนการมินเนอราลไลเซชันกลับเกิดกระบวนการอิมโมบิไลเซชันแทน นอกจากนี้สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและฟอสฟอรัสเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมการปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสของปุ๋ยพืชสด สำหรับค่าวิกฤตของ C : P เรโช ที่ส่งเสริมกระบวนการมินเนอราลไลเซชันของฟอสฟอรัสนั้นยังไม่มีความชัดเจนนัก โดยค่าที่รายงานไว้ต่ำสุดคือ 55:1และ สูงสุดถึง 300:1 อย่างไรก็ตามการทดสอบในถั่วบางชนิดที่มี C : P เรโช 112:1 เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า มีกระบวนการอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัสองค์ประกอบของพืชทั้งสองประการข้างต้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชปุ๋ยสด ระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่ใช้ปลูกและอายุของพืชที่ไถกลบ สำหรับพืชปุ๋ยสดอายุ 6 – 8 สัปดาห์ มักมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์เล็กน้อย และC : P เรโช ประมาณ 100:1 ซึ่งเมื่อไถกลบในดินส่วนเหนือดินซึ่งสลายง่ายกว่ารากและจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาก่อน

2) ผลของปุ๋ยพืชสดยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส

การใช้พืชปุ๋ยสดช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนาน้ำขังและดินไร่ ดังนี้

- ดินนาน้ำขัง ปุ๋ยพืชสดช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ด้วยกลไก 3 แบบ คือ รีดักชัน(reduction) คีเลชัน (chelation) และปรับpH ของดินให้เหมาะสม เนื่องจากการใส่ปุ๋ยพืชสดในดินนาจะเร่งการใช้ออกซิเจนในการหายใจของจุลินทรีย์ เป็นเหตุให้ศักย์รีดอกซ์ของดินมีค่าลดลง สารประกอบเหล็กฟอสเฟตและแมงกานีสฟอสเฟตจึงละลายได้มากขึ้น ประกอบกับการใส่ปุ๋ยพืชสดทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงได้สองทาง คือ pH ของดินด่างลดลง และ pH ของดินกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสภาพที่ส่งเสริมการละลายของสารประกอบฟอสเฟตในดินเช่นเดียวกัน เช่น การขังน้ำดินกรด (pH 5.8) เป็นเวลา 50 วัน ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มจาก 0.8 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ เป็น 2.4 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ แต่ถ้าใส่ปุ๋ยพืชสดจะเพิ่มเป็น 4.1 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ นอกจากนี้กรดอินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด จะอยู่ในรูปสารคีเลตที่สามารถทำปฏิกิริยาคีเลชันกับไอออนของธาตุแคลเซียม เหล็ก แมงกานีสและอลูมิเนียม จึงป้องกันมิให้ไอออนทั้งสี่ชนิดดังกล่าวไปทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตรูปที่เป็นประโยชน์ในดินอีก จึงป้องกันการตรึงฟอสฟอรัสในดินนาน้ำขังได้อีกทางหนึ่ง (ยงยุทธและคณะ, 2551)

- ดินไร่ สำหรับผลของปุ๋ยพืชสดต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินไร่ แม้จะไม่มากเหมือนดินนาน้ำขัง แต่ก็มีตัวอย่างน่าสนใจ ดังนี้ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตของอ้อย กล่าวคือ อ้อยใช้ประโยชน์จากปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ได้เพียง 38.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใส่ปุ๋ยฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยพืชสดช่วยให้อ้อยใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ได้ถึง 50.5 เปอร์เซ็นต์ และดึงฟอสฟอรัสจากดินล่างมาสู่ดินบน เนื่องจากรากของพืชปุ๋ยสดมีความสามารถในการดูดฟอสฟอรัสในดินล่างมาเก็บไว้ในรากตื้นใช้ประโยชน์ และรากพืชตระกูลถั่วหลายชนิดชอนไชได้ลึกลงไปในดินล่าง จึงมีการขับสารออกจากรากในดินรอบๆ ผิวรากที่แผ่ขยายไปนั้น ภายหลังการไถกลบพืชปุ๋ยสดลงดิน กรดอินทรีย์และอินทรียสารต่างๆ ที่ได้จากการสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ก็ทำหน้าที่ละลายสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยาก รวมทั้งทำหน้าที่เป็นสารคีเลต ซึ่งทำปฏิกิริยากับแคลเซียม เหล็ก แมงกานีส และอลูมินั่ม จึงป้องกันมิให้ไอออนทั้งสี่ชนิดไปตรึงฟอสฟอรัสในดินอีก (Amberger, 1992)

5.1.3 ธาตุโพแทสเซียม

ปุ๋ยพืชสดทำให้พืชหลักใช้ประโยชน์จากโพแทสเซียมในดินได้มากขึ้น เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรกเนื่องจากรากพืชตระกูลถั่วเป็นระบบรากลึก ทำให้สามารถดูดธาตุโพแทสเซียมในดินล่างมาสะสมในต้น เมื่อทำการไถกลบลงไปในดินก็สลายตัวและปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหลักที่ปลูกตามมา ดังรายงานของ Sing *et al*. (1992) ว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดในการปลูกข้าวฟ่างต่อเนื่อง 3 ปี ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนมีค่ามากกว่าดินล่าง ดังตารางที่ 6.3 ส่วนประการที่สองเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์และกรดอินทรีย์จากกระบวนการสลายตัวของซากพืช ช่วยละลายแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ จึงเพิ่มโพแทสเซียมไอออนในสารละลายดิน นอกจากนี้โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของซากพืชก็ถูกปลดปล่อยออกมาในกระบวนการสลายตัวด้วย และจากรายวิจัยในห้องปฏิบัติการ พบว่า การใช้โสนคางคก 0.5 กรัมน้ำหนักแห้งต่อดินแห้ง 100 กรัม หมักเป็นเวลา 8, 16 และ 120 วัน มีการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 342, 347 และ 347 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการไม่ใช้โสนคางคกการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 128, 165 และ 155 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 6.3 ผลของปุ๋ยพืชสดต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน

สภาพการทดลอง	ความลึกของดิน (มม.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	
		ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด	ใช้ปุ๋ยพืชสด
ปลูกข้าวต่อเนื่องกัน 3 ปี และใช้ปุ๋ยพืชสด 4 ครั้ง	0 – 75	105	114
	75 – 150	100	89
	150 – 300	109	83

ที่มา: Sing *et al*. (1992)

5.1.4 ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม

ปุ๋ยพืชสดทำให้พืชหลักใช้ประโยชน์จากแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินได้มากขึ้น เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรกเนื่องจากรากพืชตระกูลถั่วเป็นระบบรากลึก ทำให้สามารถดูดธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินล่างมาสะสมในต้น เมื่อทำการไถกลบลงไปในดินก็สลายตัวและปลดปล่อยดังรายงานของ Gu and Qi-Xiao (1981) ว่า รากพืชตระกูลถั่วของมิลค์เวตซ์และเวตซ์ มีความสามารถพิเศษในการดูดแคลเซียมส่วนที่ไม่ค่อยเป็นประโยชน์จากแร่อะพาไทต์ได้มาก จึงมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นถึง 312 และ 183 เปอร์เซ็นต์ ของที่ไม่ใส่แร่นี้ตามลำดับ นอกจากนั้นพืชทั้งสองยังดูดแมกนีเซียมที่ไม่ค่อยเป็นประโยชน์จากแร่เซอร์เพมาใช้ได้พอประมาณ จึงมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นถึง 30 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อไถกลบลงไปในดิน ปุ๋ยพืชสดก็สลายตัวและปลดปล่อยแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ให้พืชหลักที่ปลูกตามมา ส่วนประการที่สองเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการสลายตัวของซากพืช จะ

ทำให้ไปละลายแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตในดินเป็นแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนในสารละลายดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

5.1.5 ธาตุกำมะถัน

ปุ๋ยพืชสดสลายตัวเร็วและปลดปล่อยกำมะถันออกมา 2 รูปตามสภาพดิน กล่าวคือ ให้ซัลเฟตในดินที่มีออกซิเจนเพียงพอ และให้ซัลไฟด์ในดินที่ขาดออกซิเจน เช่น ดินนาน้ำขัง ในสภาพหลังนี้อาจมีการระเหยของไฮโดรเจนซัลไฟด์ระหว่างการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด ปัจจัยด้านองค์ประกอบของพืชที่ส่งเสริมกระบวนการมินเนอราลไลเซชันของกำมะถัน โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน คือ เปอร์เซ็นต์กำมะถันและสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและกำมะถัน กล่าวคือ ปุ๋ยพืชสดซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วมีกำมะถันมากกว่า 0.15 เปอร์เซ็นต์และมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและกำมะถันต่ำกว่า 200 จะเกิดมินเนอราลไลเซชันของกำมะถันและปลดปล่อยออกมาให้พืชหลักใช้ประโยชน์ แต่การไถกลบซากพืชซึ่งมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและกำมะถันสูงกว่า 420 จะเกิดอิมโมบิไลเซชันของกำมะถัน โดยจุลินทรีย์ดินดูดซัลเฟตจากดินไปใช้ เป็นเหตุให้กำมะถันรูปที่เป็นประโยชน์ลดลง (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5.1.6 จุลธาตุ

เนื่องจากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดจะมีการปลดปล่อยจุลธาตุให้แก่พืชที่ปลูกตามมา นอกจากนี้ยังได้อินทรียสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์และสารคีเลต ซึ่งมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลธาตุในดิน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพออกซิเดชัน-รีดักชัน ของดินนาน้ำขัง เป็นเหตุให้จุลธาตุหลายชนิดละลายได้มากขึ้น และการเพิ่มปฏิกิริยาคีเลชันระหว่างอินทรียสารกับไอออนของจุลธาตุพวกโลหะในสภาพน้ำขัง พบว่า ธาตุเหล็กกับแมงกานีสจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพออกซิเดชัน – รีดักชันของดินมากที่สุด ดังรายงานของ Chen and Stevenson (1986) พบว่า การใส่ปุ๋ยพืชสดในสภาพน้ำขังทำให้ความเข้มข้นของเฟอรัสไอออน (Fe^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) ในสารละลายดินเพิ่มเร็วกว่าเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด โดยความเข้มข้นของ Fe^{2+} ในสารละลายดินเพิ่มถึงจุดสูงสุดหลังการขังน้ำ 2 สัปดาห์ ส่วน Mn^{2+} เพิ่มถึงจุดสูงสุด 1 – 2 สัปดาห์ หลังการขังน้ำ นอกจากผลของสภาพรีดักชันอันเกิดจากการขังน้ำแล้ว อิทธิพลของอินทรียสารอันเป็นตัวรีดิวซ์ที่เกิดจากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด ทำให้เฟอริกออกไซด์ (Fe^{3+}) และแมงกานิกออกไซด์ (Mn^{3+}) ถูกรีดิวซ์และละลายได้มากขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของ Fe^{2+} และ Mn^{2+} ในสารละลายดินจึงสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยพืชสดอย่างมาก กล่าวคือในวันที่ 14 หลังการขังน้ำ ดินที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยพืชสดมีธาตุเหล็กในสารละลายดิน 60 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในวันที่ 10 หลังการขังน้ำ ดินที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด มีธาตุแมงกานีสในสารละลายดิน 38 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.2 ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

การใส่ปุ๋ยพืชสดในดินมีผลต่อ ความเป็นกรดเป็นด่าง ศักย์รีดอกซ์ (redox potential) และเมแทบอไลด์อินทรีย์ (organic metabolite) (Signh *et al*., 1992) ดังนี้

5.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

การใส่ปุ๋ยพืชสด มีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงได้สองทาง คือ ลดลงหรือเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงเกิดจากการสลายตัวของปุ๋ยสดทำให้เกิดกรดอินทรีย์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วยเพิ่มไฮโดรเจนไอออน (โปรตอน) เป็นสาเหตุให้ความเป็นกรดเป็นด่าง

ของดินลดต่ำกว่าเดิม ส่วนการเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของดินเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการที่ 1 สารอินทรีย์บางชนิดที่เกิดขึ้นในการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing substances) จึงรีดิวซ์เฟอริกออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ได้ดึงโปรตอนจากดินมาใช้ และประการที่ 2 การแปรสภาพแอนไอออนอินทรีย์ (organic anions) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ก็จะดึงโปรตอนมาใช้ทำให้โปรตอนในดินลดลง อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยพืชสดจะมีผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินขณะหนึ่งลดหรือเพิ่มขึ้นอยู่กับผลของปฏิกิริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้นขณะนั้น กล่าวคือ เมื่อกระบวนการทั้งหมดมีผลให้ปริมาณโปรตอนในดินเพิ่มขึ้นความเป็นกรดเป็นด่างของดินก็ลดลง แต่ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างผลสุดท้ายโปรตอนในดินลดลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินก็เพิ่มขึ้น

5.2.2 ศักย์รีดอกซ์ของดิน

การใช้ปุ๋ยพืชสดในดินนาน้ำขังมีผลต่อศักย์รีดอกซ์ (Eh) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อค่านี้ เมื่อใส่ในดินไร่ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยพืชสดดินนาจะเร่งการใช้ออกซิเจนในการหายใจของจุลินทรีย์ และเพื่อออกซิไดส์สารประกอบอินทรีย์บางชนิดให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ศักย์รีดอกซ์ของดินจึงมีค่าลดลง การใส่ปุ๋ยพืชสดในดินนาที่มีสมบัติทางเคมีต่างๆ กัน ก็ทำให้ศักย์รีดอกซ์ของดินลดลงกว่าเมื่อไม่ใส่ โดยลดลงมากในช่วง 1 – 4 สัปดาห์แรก หลังการขังน้ำ นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยพืชสดยังทำให้ชั้นออกซิไดส์ (oxidized layer) ของดินนาน้ำขังแคบลงจาก 5 – 6 มิลลิเมตร เหลือ 2 – 3 มิลลิเมตร อีกด้วย

5.2.3 เมแทบอไลด์อินทรีย์

ระหว่างที่ปุ๋ยพืชสดสลายตัวในดินจะมีอินทรียสารหลายชนิดเกิดขึ้นและสะสม สำหรับกระบวนการสลายตัวแบ่งเป็นสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดอินทรีย์ ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊ส สำหรับในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีกระบวนการในขั้นตอนที่สองเกิดรวดเร็วกว่าขั้นตอนแรก จึงไม่มีการสะสมกรดอินทรีย์ แต่ในดินขังน้ำที่ใส่ปุ๋ยพืชสดจะมีกรดอินทรีย์และสารอินทรีย์อื่นๆ ตกค้างอยู่มาก สำหรับอินทรียสารซึ่งสะสมในดินขังน้ำที่ใส่ปุ๋ยพืชสด ได้แก่ 1) กรดอินทรีย์ เช่น กรดแอซิติก (acetic acid) กรดบิวทีริก (butyric acid) กรดตาตาริก (tartaric acid) และกรดฟีนอลิก (phenolic acid) 2) แอลกอฮอล์ เช่น เมทานอลและอีทานนอล 3) แอลดีไฮด์ เช่น แอซิตาลดีไฮด์ และ 4) อะมีน เช่น พิวเตรสซีน (putresine) ในช่วงที่มีการสะสมสารเหล่านี้มากยังไม่ควรปลูกพืช เนื่องจากมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดอินทรีย์มีผลยับยั้งการยืดตัวของรากและจำกัดการดูดธาตุอาหาร โดยเฉพาะกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นมาก เช่น กรดแอซิติกเข้มข้นเกินกว่า 1 มิลลิโมลาร์ยับยั้งการดูดธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

5.3 ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

การปลูกพืชปุ๋ยสดและสับกลบลงดิน เมื่อพืชปุ๋ยสดสลายตัวสมบูรณ์แล้วทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งอินทรียวัตถุมีผลทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้นอย่างเด่นชัด กล่าวคือ ช่วยให้เกิดเม็ดดินมากขึ้นเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดิน ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินเพิ่มขึ้น และลดความหนาแน่นรวมของดินลดลง ดังรายงานวิจัยของ ชุมพลและคณะ ว่า การไถกลบพืชปุ๋ยสด 8 ชนิด ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วขอ ปอเทืองเตี้ย ถั่วแปบ ถั่วแดง ถั่วแปยี และถั่วพร้า สามารถลดความหนาแน่นของดินชุดปากช่องลงจากเดิม 1.29 เป็น 1.21 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ความพรุนของดินเพิ่มขึ้นจากเดิมจาก 63.20 เป็น 66.66

เปอร์เซ็นต์ และการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้นจาก 23.35 เป็น 27.73 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปุ๋ยพืชสดที่ไถกลบลงไปในดินจะสลายตัวได้สารโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ซึ่งบางประเภทมีลักษณะเหนียว (gums) จึงช่วยเชื่อมประสานอนุภาคดินให้เกาะกันเป็นเม็ดดินที่มีเสถียรภาพ (stable aggregates) อย่างไรก็ตามสารเหนียวเหล่านั้นจะสลายตัวภายในชั่วเวลาปีเดียว ทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินเหล่านั้นหมดไปด้วย ทางที่จะรักษาให้เม็ดดินมีเสถียรภาพต่อไปเรื่อยๆ ก็โดยการใส่อินทรียสารที่สลายง่าย เช่น ปุ๋ยพืชสดทุกปี (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5.4 ส่งเสริมการเจริญของรากพืช

ปุ๋ยพืชสดช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืชหลัก เมื่อใช้พืชตระกูลถั่วที่มีรากลึก เช่น อัลฟัลฟาและสวีตโคลเวอร์ กับพวกที่มีรากค่อนข้างลึก เช่น เรลโคลเวอร์ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และถั่วเหลือง พืชเหล่านี้เมื่อปลูกในดินที่มีเนื้อละเอียดจะหยั่งรากลึกประมาณ 60 เซนติเมตรหรือมากกว่านั้น ซึ่งนับว่าลึกกว่ารากพืชหลักหลายๆ ชนิด ในระบบพืชหมุนเวียนรากที่หยั่งลงลึกนี้อาจถึงชั้นดินดานหรือผ่านชั้นดินดานได้บ้าง โดยปกติรากพืชตระกูลถั่วมักมีความสามารถในการชอนไชชั้นดินแข็งได้ดีกว่าพืชอื่น เมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดรากที่อยู่ในดินล่างก็ผุพังอยู่ตรงที่เดิม หากรากของพืชหลักไชชอนผ่านแนวของรากนั้นก็จะได้รับธาตุอาหารที่มาจากการเน่าเปื่อยของรากเก่าทั้งอาจหยั่งลึกกว่าเดิม จึงใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารและน้ำจากในดินชั้นล่างด้วย หากพืชซึ่งใช้ทำปุ๋ยพืชสดเป็นพวกที่มีรากเล็กและแผ่ขยายกว้างในแนวราบแต่ไม่ดิ่งลึก จะให้ประโยชน์ในการสร้างเม็ดดินในดินเนื้อละเอียด ซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกัน (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5.5 ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

พืชปุ๋ยสดโดยปลูกเป็นพืชคลุมดิน เช่น ถั่วคาโลโปโกเนียม ถั่วลาย และถั่วคุดซู จะช่วยมิให้หน้าดินเกิดการชะล้างพังทลาย (erosion) อันเกิดจากน้ำและลม และเมื่อเศษใบหรือกิ่งของพืชคลุมนั้นหมดอายุที่หลุดร่วงลงทับถมในหน้าดินและต่อมาก็ผุสลายตัวเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

5.6 ช่วยในการป้องกันกำจัดวัชพืช

ในกรณีที่พืชปุ๋ยสดที่ปลูกเป็นพืชคลุมดิน เช่น การปลูกถั่วพร้าในไม้ผล หรือถั่วคาโลโปโกเนียม ในสวนปาล์มน้ำมัน เมื่อเจริญเติบโตเต็มพื้นที่แล้วก็จะเป็นตัวป้องกันมิให้วัชพืชอื่นๆ ที่ไม่ต้องการขึ้นได้ อันเป็นการช่วยลดต้นทุนในการป้องกันกำจัดวัชพืชอีกด้วย (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

5.7 ช่วยในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช

การเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูกจากพืชหลักเป็นพืชอื่น เช่น พืชปุ๋ยสด จะเป็นการทำลายวงจรของโรคและแมลงลงได้ จึงเป็นการลดการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืชบางชนิดได้ (ธงชัย, 2546) เช่น การใช้พืชปุ๋ยสดสามารถตัดวงจรการระบาดของโรคใบขาวในอ้อยได้ นอกจากนี้ช่วยในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช *Aspergillusflavus*, *Sclerotiumrolfsi* และ *Rhizoctoniasolani* (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) เพราะเมื่อพืชปุ๋ยสดสลายตัวสมบูรณ์แล้วทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อมีอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานอย่างเพียงพอมีผลทำให้จุลินทรีย์ ซึ่งเป็นคู่แข่งของเชื้อโรคนั้นมีการเจริญดีและสังเคราะห์สารยับยั้งบางอย่างออกมาในความเข้มข้นที่สูง ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุของโรค นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ดินซึ่งมีภาวะปฏิปักษ์ต่อกันอีกหลายคู่ที่ควบคุมซึ่งกันและกันให้อยู่ในภาวะสมดุลได้ เมื่อดินมี

ปริมาณอินทรียวัตถุเพียงพอ ซึ่งเป็นวิธีการปรับระบบนิเวศของดินให้เป็นธรรมชาติ เพื่อส่งเสริมให้จุลินทรีย์ดินนานาชนิดอยู่ร่วมกันอย่างสมดุล (Reisinger *et al*., 1992: Zhang *et al*., 1996) จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าเมื่อดินมีอินทรียวัตถุเพียงพอย่อมส่งเสริมให้จุลินทรีย์ดินนานาชนิดมีประชากรและกิจกรรมที่มีดุลยภาพ เมื่อจุลินทรีย์ดินเหล่านี้ควบคุมกันเองได้ก็ไม่ปลดปล่อยให้เชื้อสาเหตุโรคพืชบางอย่างในดินมีมากและทำลายพืชจนเกินขอบเขต ประกอบกับพืชในสภาพดังกล่าวได้รับธาตุอาหารต่างๆ ครบถ้วน ย่อมมีความแข็งแรงและมีความต้านทานต่อโรคได้มากกว่าเดิม (Scholes *et al*., 1994)

6. การใช้ปุ๋ยพืชสดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การใช้ปุ๋ยพืชสดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ

1. ความพอประมาณ หมายถึง เกษตรกรควรมีเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดที่เพียงพอ สำหรับการนำไปปลูกในพื้นที่ทำการเกษตรเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน ก่อนปลูกควรมีการทดสอบความงอกองเมล็ดก่อน โดยเมล็ดที่ดีควรมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 เพราะเมื่อนำเมล็ดไปปลูกจะได้คำนวณอัตราเมล็ดได้ถูกต้องอย่างเหมาะสมกับพื้นที่ที่จะปลูก ควรใช้ในอัตราเมล็ดพันธุ์ที่หน่วยงานราชการแนะนำเพราะถ้าใช้น้อยเกินไปจะได้จำนวนประชากรพืชต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่ำไม่มีผลดีต่อการปรับปรุงบำรุงดิน ถ้าใช้มากเกินไปจำนวนประชากรพืชมาก ทำให้การเจริญเติบโตไม่เต็มที่ได้มวลชีวภาพไม่มากเท่าที่ควรเป็นการสิ้นเปลืองเมล็ด โดยทางกรมพัฒนาที่ดินแนะนำ ดังนี้ สภาพพื้นที่ที่มีน้ำขังพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม คือ โสนอัฟริกัน โดยใช้เมล็ดอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสภาพพื้นที่ดอนพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสม คือ ถั่วพร้าใช้เมล็ดอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ปอเทืองใช้เมล็ดอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ และถั่วพุ่มใช้เมล็ดอัตรา 8 กิโลกรัมต่อไร่ ควรปลูกพืชปุ๋ยสดในช่วงที่ดินมีความชื้น ไถกลบช่วงพืชปุ๋ยสดกำลังออกดอกหรือระยะที่พืชปุ๋ยสดเจริญเติบโตมากที่สุด โดยสภาพพื้นที่ปลูกพืชไร่ควรทิ้งเวลาหลังสับกลบพืชปุ๋ยสด 10 – 15 วัน ส่วนในสภาพพื้นที่น้ำขังควรทิ้งเวลาหลังสับกลบพืชปุ๋ยสด 7 วัน จึงปลูกพืชเศรษฐกิจตาม ถ้ามีการใช้ปุ๋ยพืชสดต้องใช้ติดต่อกันทุกปีจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นและสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมี ช่วยให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกพืชเป็นเกษตรอย่างยั่งยืน และลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดินด้วย (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5, 2541; สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) และควรนำเมล็ดพืชปุ๋ยสดมาคลุกเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก เพราะจะทำให้ได้ธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

2. ความมีเหตุผล หมายถึง ต้องมีความรู้และความเข้าใจชนิดของพืชปุ๋ยสดแต่ละชนิดว่ามีคุณสมบัติอย่างไร เช่น เป็นพืชมีอายุเท่าไร ลักษณะลำต้น เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอย่างไร อายุเท่าไรจึงมีการไถกลบ ระบบการปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจ เป็นต้น เพื่อจะได้วางแผนในการใช้พืชปุ๋ยสดให้มีความเหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจและเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด พืชปุ๋ยสดที่กรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริม มี 5 ชนิด คือ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง โสนอัฟริกัน และถั่วมะแฮะ ซึ่งคุณสมบัติของพืชปุ๋ยสดได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3

3. การสร้างภูมิคุ้มกัน โดยมีการวางแผนการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดที่ต้องการใช้ในให้เพียงพอกับความต้องการกับพืชที่ปลูกในปีต่อไป ซึ่งสามารถทำได้โดยแบ่งพื้นที่ปลูกพืชปุ๋ยสดสำหรับเก็บเมล็ดพันธุ์หรือเหลือพืชปุ๋ยสดที่ปลูกบางส่วนไว้สำหรับเก็บเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บได้ควรอยู่ในอุณภูมิที่เหมาะสม เพราะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดไม่ลดลง นอกจากนี้ควรมีการรวมกลุ่มคนในชุมชนมารวมกันผลิต

เมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด เช่น ธนาคารเมล็ดพันธุ์ เพื่อจะได้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดได้ครั้งละปริมาณมากๆ สร้างความสามัคคีในชุมชนและก่อให้เกิดรายได้ในชุมชน ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบการใช้พืชปุ๋ยสดในอนาคต

บทที่ 7
น้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำของชาวบ้าน

1. ความหมาย

น้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของเหลวที่ได้มาจากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ลักษณะสดโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท กรดอินทรีย์ ฮอร์โมนหรือสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (ออกซิน จิบเบอร์เรลลิน และไซโตไคนิน) วิตามิน กรดอะมิโน กรดฮิวมิกเอนไซด์ วิตามิน และแร่ธาตุ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545; ราเชนทร์และศิริธรรม, 2551; กรมพัฒนาที่ดิน , 2558) แต่ส่วนใหญ่ที่พบจากการผลิตน้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำของชาวบ้านจะเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่เกิดการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็มหรือจุลินทรีย์ในท้องถิ่นในการนำมาหมักกับกากน้ำตาลและเศษพืช สัตว์ ซึ่งเป็นวัสดุหลักของท้องถิ่น และนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายท้องถิ่น และมีการเรียกกันว่า “น้ำหมัก” ต่อมาเรียกว่า “ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหรือปุ๋ยอินทรีย์เหลว” ซึ่งส่วนใหญ่จะมีธาตุอาหารหลักและปริมาณอินทรียวัตถุไม่ผ่านเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์เหลวของกรมวิชาการเกษตร ดังตารางที่ 7.1 (สุนันทา, 2546) ดังนั้น **ปุ๋ยอินทรีย์น้ำของชาวบ้าน** จึงควรเรียกว่า **“น้ำหมัก”** ตามเดิม

ตารางที่ 7.1 รายละเอียดการกำหนดสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์เหลวหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ลำดับที่	ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
2	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20:1
3	ค่าการนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมน/เมตร
4	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
	- ไนโตรเจน (total N)	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	- ฟอสฟอรัส (total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	- โพแทสเซียม (total K_2O)	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หรือปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
5	ปริมาณโซเดียม	ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ปริมาณสารพิษไม่เกินกว่าที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ก)

2. องค์ประกอบของน้ำหมัก

2.1 ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในน้ำหมัก พบว่า น้ำหมักจากปลามีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส มากกว่าน้ำหมักชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองน้ำหมักชนิดต่างๆ

ธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	วัสดุที่ใช้หมัก				
	ผัก	ผลไม้	ปลา	หอยเชอรี่	ไข่ไก่ นมและถั่ว
ไนโตรเจน	0.07 – 0.92	0.07 – 1.91	1.45 – 3.42	0.24 – 1.48	0.39 – 1.48
ฟอสฟอรัส	0.01 – 0.40	0.03 – 0.78	1.04 – 1.30	0.02 – 0.93	0.07 – 0.25
โพแทสเซียม	0.14 – 1.84	0.05 – 1.84	1.04 – 2.39	0.42 – 1.47	0.62 – 1.82
แคลเซียม	0.01 – 1.19	0.09 – 1.06	0.14 – 1.00	0.13 – 0.73	0.13 – 0.73
แมกนีเซียม	0.009 – 0.19	0.026 – 0.35	0.038 – 0.22	0.045 – 0.16	0.033 – 0.21
กำมะถัน	0.001 – 0.29	0.008 – 0.54	0.002 – 0.30	0.006 – 0.42	0.002 – 0.29

ที่มา: ออมทรัพย์และคณะ (2547)

2.2 จุลธาตุ

จากการศึกษาปริมาณจุลธาตุในน้ำหมัก พบว่า น้ำหมักจากหอยเชอรี่ ปลาและไข่ไก่ นมและถั่ว มีปริมาณธาตุเหล็กมากกว่าน้ำหมักจากผักและผลไม้ น้ำหมักจากหอยเชอรี่ปริมาณธาตุแมงกานีสมากกว่าน้ำหมักชนิดอื่นๆ ส่วนปริมาณธาตุทองแดงและโบรอนน้ำหมักจากผักและผลไม้มีค่ามากกว่าน้ำหมักชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ปริมาณจุลธาตุน้ำหมักชนิดต่างๆ

จุลธาตุ (มก./ลิตร)	วัสดุที่ใช้หมัก				
	ผัก	ผลไม้	ปลา	หอยเชอรี่	ไข่ไก่ นมและถั่ว
เหล็ก	10 – 640	35 – 410	35 – 1700	45 – 3870	70 - 3500
แมงกานีส	1 – 130	10 – 150	6 – 130	2 – 220	2 – 10
ทองแดง	3 – 68	1 – 20	3 – 10	4 – 11	4 – 13
สังกะสี	4 – 30	15 – 58	8 – 50	6 – 55	9 – 40
โบรอน	2 -100	1 – 166	2 – 12	1 – 40	1 – 10

ที่มา: ออมทรัพย์และคณะ (2547)

2.3 ความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้า

จากการวิจัยของออมทรัพย์และคณะ (2547) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำหมักทุกชนิดมีค่าเป็นกรด โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.6 – 4.7 เนื่องจากกระบวนการหมักวัสดุแต่ละชนิดจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายจะสร้างกรดอินทรีย์ในปริมาณมาก ได้แก่ กรดแลคติกและกรดอะซีติก และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายน้ำหมักจากปลา ผักและหอยเชอรี่มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่ามากกว่าสารละลายน้ำหมักจากผลไม้และพืชพื้นเมือง เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากเศษปลาและหอยเชอรี่อาจมีแร่ธาตุโซเดียมหรือคลอรีน จึงทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูง ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าน้ำหมักชนิดต่างๆ

วัสดุที่ใช้หมัก	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง			ค่าการนำไฟฟ้า (เดลิซิเมนต่อเมตร)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ปลา	4.0	4.7	4.4	20.3	27.0	21.6
ผัก	3.6	4.9	4.3	2.1	49.0	15.9
ผลไม้	3.4	3.9	3.6	1.4	16.8	3.8
หอยเชอรี่	4.3	4.9	4.7	17.4	45.0	29.2
พืชพื้นเมือง	3.6	4.1	3.8	1.7	2.9	2.2

ที่มา: ออมทรัพย์และคณะ (2547)

2.4 กรดฮิวมิก

น้ำหมักแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของกรดฮิวมิกค่อนข้างแตกต่างกัน กรดฮิวมิกเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก โดยช่วงแรกของการหมักจะเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดเป็นไปอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นการย่อยสลายจะเกิดช้าลงจนแปรสภาพเป็นสารฮิวมิก ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนสลายตัวได้ยาก สารฮิวมิกจะมีสมบัติเป็นสารคอลลอยด์ประกอบด้วย ฮิวมิน กรดฟุลวิค และกรดฮิวมิก โดยพบว่า ปริมาณกรดฮิวมิกในน้ำหมักจากไข่ไก่ นมและถั่ว มีค่ามากที่สุด ส่วนน้ำหมักจากผักมีค่าน้อยที่สุด ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 ปริมาณกรดฮิวมิกในน้ำหมักชนิดต่างๆ

วัสดุที่ใช้หมัก	กรดฮิวมิก (ร้อยละ)
ผัก	0.02 – 0.14
ผลไม้	0.03 – 1.00
ปลา	0.02 – 0.59
หอยเชอรี่	0.04 – 0.64
ไข่ไก่ นมและถั่ว	0.09 – 2.34

ที่มา: ออมทรัพย์และคณะ (2547)

2.5 ฮอร์โมน

จากการวิเคราะห์ฮอร์โมนในน้ำหมักแต่ละชนิด พบว่า มีความแตกต่างกันในชนิดของฮอร์โมนในน้ำหมักแต่ละชนิด โดยน้ำหมักจากปลา หอยเชอรี่ ไข่ไก่ นมและถั่ว และผลไม้ จะมีปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมาก ส่วนน้ำหมักจากผักมีปริมาณน้อย นอกจากนี้น้ำหมักจากผลไม้ และไข่ไก่ นม และถั่ว มีปริมาณฮอร์โมนไซโตไคนินมากกว่าน้ำหมักชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ปริมาณฮอร์โมนน้ำหมักชนิดต่างๆ

ฮอร์โมน	วัสดุที่ใช้หมัก				
(มก./ลิตร)	ผัก	ผลไม้	ปลา	หอยเชอรี่	ไข่ไก่ นมและถั่ว
ออกซิน	<0.10 – 3.00	0.13 – 1.40	<0.10 – 9.75	0.22 – 3.99	0.1 – 9.78
จิบเบอเรลลิน	9.1 – 38.1	5.2 – 215.5	16.9 – 620.2	15.1 – 323.0	39.7 – 217.7
ไซโตไคนิน	1.4 – 13.3	1.5 – 64.5	1.6 – 15.5	1.3 – 12.8	2.1 – 87.3

ที่มา: ออมทรัพย์และคณะ (2547)

2.6 เอนไซม์บางชนิด

ในกระบวนการหมักวัสดุอินทรีย์ลักษณะสดจะมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์บางชนิด สามารถผลิตเอนไซม์เพื่อแปรสภาพอินทรียสารให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและจุลินทรีย์ โดยเอนไซม์ที่ผลิตได้ เช่น เอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลส (ไฟเบอร์ที่พบในผักต่างๆ) เอนไซม์โปรติเอส (protease) ทำหน้าที่ย่อยอาหารโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ต่างๆ ถั่ว และเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืช จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2544) พบว่า น้ำหมักจากปลาและหอยเชอรี่มีปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสในปริมาณที่ต่ำน้ำหมักจากผักและผลไม้ โดยมีค่าระหว่าง 72.5 – 85.6, 43.6 – 68.4, 440.2 – 579.4 และ 470.5 – 592.8 มิลลิยูนิตต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ ส่วนเอนไซม์ฟอสฟาเทส พบว่า น้ำหมักจากปลาและหอยเชอรี่มีปริมาณมากกว่าน้ำหมักจากผักและผลไม้ โดยมีค่าระหว่าง 379.2 – 406.8, 301.7 – 328.6, 57.3 – 69.0 และ 39.5 – 45.6 มิลลิยูนิตต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณเอนไซม์โปรติเอสจะทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ปลดปล่อยออกมาจากเซลล์พืชและสัตว์แทน โดยปริมาณโปรตีนในน้ำหมักจากปลาและหอยเชอรี่มีปริมาณมากกว่าน้ำหมักจากผักและผลไม้ โดยมีค่าระหว่าง 603.1 – 745.8, 702.5 – 763.9, 103.6 – 145.7 และ 114.6 – 128.9 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ

2.7 จุลินทรีย์

จากรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2543) พบว่า น้ำหมักจากปลา, ผัก, ผลไม้ และหอยเชอรี่ มีปริมาณจุลินทรีย์แบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียและราที่แปรสภาพฟอสฟอรัส และยีสต์ แต่มีปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยหมัก โดยมีปริมาณ ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในน้ำหมักชนิดต่างๆ

วัสดุที่ใช้หมัก	จุลินทรีย์ (log No ml^{-1})			
	แบคทีเรียทั้งหมด	แบคทีเรียแปรสภาพฟอสฟอรัส	ราแปรสภาพฟอสฟอรัส	ยีสต์
ผัก	3.60 – 4.17	1.05 – 1.28	1.04 – 1.45	3.17 – 3.96
ผลไม้	3.68 – 4.53	1.43 – 1.77	1.23 – 1.67	2.11 – 3.68
ปลา	3.35 – 3.68	3.02 – 3.51	2.11 – 2.42	2.15 – 3.76
หอยเชอรี่	4.26 – 4.33	3.28 – 3.47	2.40 – 2.74	3.26 – 3.56

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2543)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นขององค์ประกอบของน้ำหมักแต่ละชนิด พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำมากและมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากใช้วัตถุดิบในการหมักที่แตกต่างกัน โดยพบว่าน้ำหมักจากปลามีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส มากกว่าน้ำหมักชนิดอื่นๆ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เนื้อปลาจะประกอบด้วยโปรตีน ซึ่งในโปรตีนเป็นส่วนประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 16 เปอร์เซ็นต์และเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โดยจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์โปรติเอสและทำการย่อยสลายโปรตีนจากปลา ทำให้ได้ปริมาณโปรตีนและธาตุไนโตรเจนออกมา นอกจากนี้กระดูกหรือก้านปลาจะประกอบด้วยธาตุฟอสฟอรัสรวมตัวกับธาตุแคลเซียมในรูป hydroxyapatite ($(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) จุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจากก้านปลาออกมา ถึงแม้น้ำหมักมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำมาก แต่ในน้ำหมักมีสิ่งอื่นๆ ที่ช่วยการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดฮิวมิก ฮอร์โมน เอมไซม์ และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับวัสดุและชนิดจุลินทรีย์ที่นำมาหมัก การนำน้ำหมักไปใช้โดยการเจือจางประมาณ 500 – 1,000 เท่า แล้วฉีดพ่นทางใบ พืชจะได้รับธาตุอาหารน้อยมากแต่อาจได้สารอื่นๆที่ช่วยการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ จึงถือว่า น้ำหมักไม่เป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารสำหรับพืช แต่เป็นสารอื่นๆ ที่ช่วยการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการนำน้ำหมักไปใช้จำเป็นจะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับแต่ละช่วงการเจริญเติบโตว่าพืชต้องการน้ำหมักสูตรใด ความเข้มข้นและระยะเวลาการฉีดพ่นเท่าใด โดยสังเกตอาการของพืชหลังใช้เพื่อปรับใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับพืช

3. บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตน้ำหมัก

กลุ่มจุลินทรีย์สำคัญที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายเพื่อผลิตน้ำหมัก มี 4 กลุ่ม ดังนี้ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545 และสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

3.1 กลุ่มยีสต์ (Yeasts) ยีสต์มีรูปร่างกลมหรือรี มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแตกหน่อ (budding) จัดอยู่ใน family Saccharomycetaceae เมื่ออายุน้อยมีรูปร่างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีขนาดรูปร่างรียาว ในกระบวนการหมักยีสต์จะมีการสร้าง ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน asci ได้แก่ ยีสต์สกุล *Sacchoromyces* sp. และ *Candida* sp. และใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หลังจากการหมัก 1 – 2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) และเกิด

ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ glycerol, acetic acid, organic acids, amino acids, purines, pyrimidines และ alcohol นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่าง 4.0 – 6.5 แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย

3.2 กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมบวกไม่มีการสร้างสปอร์ (endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อน จัดอยู่ใน Family Lactobacillaceae มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. และใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงานโดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติ เช่น ในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกมีบทบาทในการถนอมอาหารหลายชนิด เช่น ผักดองต่างๆ และผลิตภัณฑ์นมพวกทำเนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวมีความสามารถทนทานต่อสภาพความเป็นกรดสูงอยู่ในช่วงระหว่าง 2.0 – 3.5 ซึ่งสภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์หรือกำจัดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร

3.3 กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนประกอบด้วย แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่จะได้แอมโมเนีย จึงเรียกกลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้ว่า ammonifiers กลุ่มแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* sp. สามารถผลิต extracellular enzyme ออกมาภายนอกเซลล์ เรียกว่า proteolytic enzyme (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นกรดอะมิโน

3.4 กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นรูปฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ประกอบด้วยแบคทีเรียในสุกล *Bacillus* sp.และราในสกุล *Aspergillus* sp. โดยจุลินทรีย์จะสร้างน้ำย่อยและกรดอินทรีย์เพื่อละลายฟอสฟอรัสออกมาให้เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งในองค์ประกอบเศษปลา พบว่า มีสารประกอบฟอสฟอรัสทั้งในรูปอินทรียสารและอนินทรียสาร ในส่วนของอินทรียสารฟอสฟอรัสอยู่ในเนื้อปลาประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของอินทรียสารฟอสฟอรัสอยู่ในกระดูกและเกล็ดปลาประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจุลินทรีย์กลุ่มนี้จึงมีความเหมาะสมในการทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรียสารและอินทรียสารฟอสฟอรัสของเศษปลา ทำให้ได้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันจะได้แคลเซียมออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชด้วย

4. วัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำหมัก ประกอบด้วย

4.1 ชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุต้องมีลักษณะสด มี 2 ประเภท คือ

1) วัสดุเหลือใช้จากพืช ได้แก่ เศษพืชผักต่างๆ เศษผลไม้ และเศษอาหารจากบ้านเรือน

2) วัสดุเหลือใช้จากสัตว์ ได้แก่ เศษปลา เศษหอย รกหมู หรือสัตว์ที่ตายแล้วแต่ยังไม่เน่า

4.2 กากน้ำตาล

การใส่กากน้ำตาลในการหมักวัสดุลักษณะสด เพื่อเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักเพื่อผลิตน้ำหมัก โดยกากน้ำตาลได้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย น้ำ ซูโครส รีดิวชิงซูการ์ และน้ำตาลที่ใช้หมักเชื้อ ดังนี้ 20.65, 36.60, 13.00 และ 50.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและซิลิกา ดังนี้ 0.95, 0.12, 4.19, 1.35, 1.12 และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมถึงมียาง แป้งและขี้ผึ้ง 3.43 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สามารถใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว น้ำอ้อยสด น้ำตาลสด ฝักจามจุรี และผลไม้ที่ให้ความหวานมากๆ เช่น ลำไย เงาะ แทนกากน้ำตาลได้ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545)

4.3 ชนิดจุลินทรีย์ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำหมัก โดยทางกรมพัฒนาที่ดินได้ผลิต **“สารเร่งซุปเปอร์ พด.2”** ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เพิ่มประสิทธิภาพการย่อย

โปรตีน ไขมัน ช่วยลดกลิ่นเหม็นระหว่างการหมักเพิ่มการละลายธาตุอาหารในการหมักเปลือกไข่ก้างปลาและกระดูกสัตว์ เพื่อผลิตน้ำหมักในเวลาสั้นและได้คุณภาพ ที่มีทั้งฮอร์โมน กรดอะมิโน กรดฮิวมิค กรดอินทรีย์ และธาตุอาหารบางชนิดเพิ่มขึ้น ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ แบคทีเรียผลิตกรดแลคติค แบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน แบคทีเรียย่อยสลายไขมันและแบคทีเรียละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

5. กระบวนการผลิตน้ำหมัก

น้ำหมักเกิดจากการการหมักแบบไร้อากาศโดยมี 2 กระบวนการที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ (ราเชนทร์และศิริธรรม, 2551)

3.1 กระบวนการพลาสมอลิซีสหรือการสกัด (plasmolysis) เป็นกระบวนการดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อพืชหรือสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยอาศัยความเข้มข้นของน้ำตาลหรือกากน้ำตาลเข้าไปแทนที่น้ำที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชหรือสัตว์ ทำให้ได้น้ำที่มีสารอาหารพืชต่างๆ ละลายออกมา

3.2 กระบวนการย่อยสลาย (decomposition) เป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชหรือสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ โดยจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น แล้วจึงสร้างกรดและน้ำย่อย (เอนไซม์) มาใช้ในการย่อยสลาย ทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ ถูกย่อยมากขึ้น ซึ่งอาจมีการสร้างสารอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาใหม่โดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา

6. ปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

ระยะเวลาการหมักวัสดุเหลือใช้ลักษณะสดในสภาพที่เป็นของเหลวนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมและปัจจัยของวัสดุลักษณะสดที่ใช้ในการหมักด้วย ดังนั้นปัจจัยบางประการจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพอัตราการย่อยสลายวัสดุหมักลักษณะสด มีดังนี้ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545)

6.1 ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุหมัก วัสดุจากเศษปลาจะย่อยยากกว่าวัสดุผักและผลไม้ เนื่องจากปลามีองค์ประกอบของโปรตีนและส่วนของกระดูกปลา ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานขึ้น ในขณะที่วัสดุหมักที่เป็นเศษพืชจะใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นกว่า เนื่องจากองค์ประกอบของวัสดุหมักจากผักและผลไม้มีปริมาณเซลลูโลสต่ำ แต่วัสดุจากปลาจะมีแร่ธาตุที่อยู่ในรูปเป็นประโยชน์มากกว่า นอกจากนี้ในวัสดุผักหรือผลไม้จะมีองค์ประกอบของน้ำตาลอยู่มากกว่าวัสดุประเภทเนื้อสัตว์ สารประกอบของน้ำตาลที่อยู่ในวัสดุผักและผลไม้นี้จะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมักได้ดี ยีสต์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในองค์ประกอบของวัสดุหมักแล้วแปรสภาพให้เป็นของเหลวเป็นการถนอมผลิตภัณฑ์ไว้ โดยผ่านกระบวนการหมัก

6.2 ความอวบน้ำของวัสดุหมัก วัสดุที่มีความชื้นสูงหรืออวบน้ำ จะทำให้กระบวนการหมักดำเนินการย่อยสลายได้ดี เช่น วัสดุเหลือใช้ จากผักกาดขาว ฟักเขียวและมะเขือเทศ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่เป็นของเหลวแล้วในช่วง 1 – 3 วันแรกของการหมัก จะมีของเหลวออกมาจากวัสดุผักได้ง่ายโดยผ่านกระบวนการทางชีวเคมี หรือถ้าเป็นวัสดุเหลือใช้จากผลไม้ เช่น แตงโม มะละกอ มะม่วง สับปะรด ส้ม ลำไย ลิ้นจี่และผลไม้อีกหลายชนิด วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวนี้มีความชื้นสูงประมาณ 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สารละลายจากพืชปลดปล่อยออกได้รวดเร็ว ในกรณีของวัสดุเหลือใช้ที่ได้มาจากสัตว์ เช่น ปลาหรือหอยนั้น สารละลายที่จะถูกสกัดออกมาจะใช้ระยะเวลานานกว่าพืชผักและผลไม้ เนื่องจากสัตว์มีองค์ประกอบของโมเลกุลที่ซับซ้อนมากกว่าในเซลล์พืช และนอกจากนี้ความชื้นจะต่ำกว่าเซลล์พืช

6.3 แหล่งอาหารคาร์บอนของจุลินทรีย์ ในกระบวนการหมักน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนที่สำคัญของจุลินทรีย์ในการดำเนินกิจกรรม เช่น กากน้ำตาล น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว น้ำอ้อยสดและน้ำตาลสด ดังนั้น ในการหมักนอกจากจะเกิดกิจกรรมการย่อยสลายจุลินทรีย์แล้ว ความเข้มข้นของน้ำตาลยังมีผลต่อการเกิดกระบวนการ plasmolysis เพราะทำให้เซลล์พืชหรือสัตว์แตกออกและได้สารละลายถูกสกัดออกมาเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุผลไม้มีองค์ประกอบของน้ำตาลในปริมาณที่มากกว่าวัสดุหมักชนิดอื่น ดังนั้นในการหมักวัสดุจากสัตว์ควรใช้ผลไม้ร่วมด้วย เพราะจะทำให้การดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ดีขึ้น

6.4 การระบายอากาศ โดยทั่วไปแล้วกระบวนการหมักวัสดุลักษณะสดนี้จะเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนมากกว่ามีออกซิเจนและได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในระหว่างการหมัก ดังนั้นจะต้องให้มีการระบาย CO_2 ออกไป จึงไม่ควรปิดฝาให้สนิท และควรมีการกวนวัสดุหมักทุก 7 วัน

6.5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยกลุ่มจุลินทรีย์พวก acetic หรือ lactic bacteria จะปลดปล่อยกรดอินทรีย์พวก acetic หรือ lactic acid ในกระบวนการหมัก ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มแรกมีค่าประมาณ 5 และสิ้นสุดขบวนการจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 3 – 4

6.6 อุณหภูมิ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักดังกล่าวนี้ เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิปกติหรือระหว่าง 30 – 35 องศาเซลเซียส และไม่ต้องการแสง

6.7 ความชื้น ในกระบวนการหมักจะต้องมีความชื้นสูง โดยมีการเติมน้ำให้ท่วมวัสดุหมัก ซึ่งเป็นสภาพที่มีความเหมาะสมในกระบวนการหมักโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ เพื่อทำให้สารละลายในวัสดุหมักออกมาจากเซลล์

7. การผลิตน้ำหมัก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

7.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักมี 2 ประเภท โดยมีส่วนผสม ดังนี้ คือ

1) น้ำหมักจากผักและผลไม้ จำนวน 50 ลิตร (ใช้เวลาการหมัก 7 วัน)

ผักหรือผลไม้	40	กิโลกรัม
กากน้ำตาล	10	กิโลกรัม
น้ำ	10	ลิตร
สารเร่งซุปเปอร์ พด.2	1	ซอง (25 กรัม)

2) น้ำหมักจากปลาหรือหอยเชอรี่ จำนวน 50 ลิตร (ใช้เวลาการหมัก 15 – 20 วัน)

ปลาหรือหอยเชอรี่	30	กิโลกรัม
ผลไม้	10	กิโลกรัม
กากน้ำตาล	10	กิโลกรัม
น้ำ	10	ลิตร
สารเร่งซุปเปอร์ พด.2	1	ซอง (25 กรัม)

7.2 วิธีการผลิตน้ำหมัก

1) เทกากน้ำตาลตามอัตราส่วนลงในถังหมักใส่น้ำจำนวน 5 ลิตร และคน เพื่อละลายกากน้ำตาลกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน

2) เทสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ในน้ำ 5 ลิตร หรือใส่ถังหมัก คนประมาณ 5 นาที เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

3) หั่นหรือสับวัสดุพืชหรือสัตว์ให้เป็นชิ้นเล็กๆ และใส่ลงในถังหมักขนาดที่เหมาะสมกับวัสดุ พร้อมใส่สารเร่ง พด. ที่เตรียมไว้ และปรับปริมาตรน้ำให้พอเหมาะหรือท่วมวัสดุหมัก เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา เช่น ราดำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและเว้นช่องว่างระหว่างวัสดุหมักกับปากถังหมักประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร เพื่อป้องกันของเหลวในถังหมักล้นออกมาระหว่างการหมัก

4) คนส่วนประกอบต่างๆ ให้เข้ากันอีกครั้ง แล้วปิดฝาไม่ต้องสนิท เพื่อให้มีการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก เก็บได้ในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

5) ในระหว่างการหมัก คนหรือกวน 1 – 2 ครั้งต่อวัน เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าได้ดียิ่งขึ้น

8. การผลิตน้ำหมักโดยวิธีการต่อเชื้อ

การผลิตน้ำหมักโดยไม่ใช้สารเร่งจุลินทรีย์ ทำได้โดยนำน้ำหมักที่มีอายุหมัก 5– 7 วัน ซึ่งจะสังเกตเห็นฝ้าสีขาวที่ผิวหน้าวัสดุหมัก ดังภาพที่ 7.1 โดยใช้จำนวน 2 ลิตร แทนการใช้สารเร่งจุลินทรีย์จำนวน 1 ซอง จะสามารถผลิตน้ำหมักได้จำนวน 50 ลิตร

ภาพที่ 7.1 ลักษณะน้ำหมักที่หมักได้ 5 – 7 วัน
ที่มา: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

9. หลักการพิจารณาลักษณะของน้ำหมักที่หมักสมบูรณ์แล้ว

น้ำหมักที่ผ่านกระบวนการหมักโดยสมบูรณ์แล้ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มีลักษณะ ดังนี้ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2545)

9.1 การเจริญของจุลินทรีย์น้อยลง โดยสังเกตจากคราบเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในช่วงแรกจะลดลง แสดงว่า กระบวนการหมักสิ้นสุดลง

9.2 กลิ่นแอลกอฮอล์ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์จำพวกยีสต์ได้ใช้น้ำตาลเสร็จสิ้นกระบวนการเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอรล์ และจุลินทรีย์ได้ใช้แอลกอฮอล์ผลิตเป็นกรดอินทรีย์ ทำให้การดำเนินกิจกรรมการหมักลดลง

9.3 มีกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดอินทรีย์มากขึ้น ลักษณะการเป็นกรดสูงขึ้น

9.4 ไม่พบฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุของจุลินทรีย์มีน้อยมาก ทำให้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดน้อยมาก

9.5 ได้ของเหลวใสสีน้ำตาล เป็นการแสดงว่ากิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นสมบูรณ์

9.6 น้ำหมักมีคุณสมบัติเป็นกรดสูง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 3 – 4 เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักได้ผลิตกรดอินทรีย์ จำพวกกรดแลคติกและกรดอะซีติก

10. ประโยชน์ของน้ำหมัก

ประโยชน์ของน้ำหมักมีผลต่อสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพบางประการของดินและการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

10.1 สมบัติทางชีวภาพของดิน

การใส่น้ำหมักลงในดินมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากในน้ำหมักมีแหล่งสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุ กรดอินทรีย์ และฮอร์โมน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2544) ว่า การไม่ใส่น้ำหมักและการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ (เจือจางน้ำหมัก 1 ส่วนต่อน้ำ 500 ส่วน) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ ในดินชุดจันทึก เป็นเวลา 21 วัน พบว่า การไม่ใส่น้ำหมัก ใส่น้ำหมักจากปลา, ผัก, ผลไม้ และหอยเชอรี่ ก่อนการทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์แบคทีเรียทั้งหมด จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอิสระ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัสและยีสต์ ดังตารางที่ 7.8 และหลังจากใส่เป็นเวลา 21 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4 ชนิด เพิ่มขึ้นเป็น 5.22, 2.13, 2.04 และ 3.33 log No ต่อกรัมของดิน การเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักซึ่งเป็นแหล่งอาหารและพลังงานรวมทั้งเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ ส่วนการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยหมัก พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีจำนวนเพิ่มขึ้นและมากกว่าการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว โดยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นระหว่าง 5.95 – 6.34, 2.43 – 4.19, 3.12 – 4.15 และ 3.89 – 4.45 log No ต่อกรัมของดิน ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.8 ปริมาณจุลินทรีย์ในดินชุดจันทึกก่อนการทดลอง

ตำรับการทดลอง	จุลินทรีย์ (log No ต่อกรัมของดิน)			
	แบคทีเรียทั้งหมด	จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอิสระ	จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส	ยีสต์
1. ไม่ใส่น้ำหมัก	5.03	1.84	2.01	2.84
2. ใส่น้ำหมักจากปลา	5.11	1.72	1.95	2.76
3.ใส่น้ำหมักจากผัก	5.07	1.90	1.85	2.90
4. ใส่น้ำหมักจากผลไม้	5.03	1.76	2.10	2.89
5. ใส่น้ำหมักจากหอยเชอรี่	5.13	1.92	2.06	2.89

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

ตารางที่ 7.9 ปริมาณจุลินทรีย์ในดินชุดจันทึกหลังจากใส่ 21 วัน

ตำรับการทดลอง	จุลินทรีย์ (log No ต่อกรัมของดิน)			
	แบคทีเรียทั้งหมด	จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอิสระ	จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส	ยีสต์
1. ไม่ใส่น้ำหมัก	5.22	2.13	2.40	3.33
2. ใส่น้ำหมักจากปลา	5.95	2.43	4.15	4.45
3.ใส่น้ำหมักจากผัก	6.32	3.26	3.14	4.53
4. ใส่น้ำหมักจากผลไม้	6.18	4.19	3.12	3.89
5. ใส่น้ำหมักจากหอยเชอรี่	6.34	3.35	3.90	4.33

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

10.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน

การใส่น้ำหมักลงในดิน มีผลทำให้ส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน เนื่องจากในน้ำหมักมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ได้แก่ จุลินทรีย์แปรสภาพธาตุฟอสฟอรัสในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น และยีสต์ปลดปล่อยฮอร์โมนหรือวิตามิน จึงทำให้ดินมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นแหล่งสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน จึงทำให้จุลินทรีย์ในดินมีกิจกรรมและปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตสารและเส้นใยทำให้เกิดเม็ดดินมากขึ้นเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดิน ทำให้ดินเก็บความชื้นได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2544) ว่า การไม่ใส่น้ำหมักและการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ (เจือจางน้ำหมัก 1 ส่วนต่อน้ำ 500 ส่วน) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ ในดินชุดจันทึก เป็นเวลา 21 วัน พบว่า การไม่ใส่น้ำหมัก ใส่น้ำหมักจากปลา, ผัก, ผลไม้ และหอยเชอรี่ ก่อนการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของดิน ดังตารางที่ 7.10 และหลังจากใส่เป็นเวลา 21 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวทำให้ปริมาณธาตุ

ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 6.02 และ 51.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และความชื้นของดินเพิ่มขึ้นเป็น 9.89 เปอร์เซ็นต์ เนื่องปุ๋ยหมักทำให้ธาตุอาหารในดินปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้นและอีกส่วนหนึ่งได้จากปุ๋ยหมักเอง นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังช่วยดูดซับน้ำในดิน เนื่องจากปุ๋ยหมักมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี เมื่อพิจารณาผลการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆร่วมกับปุ๋ยหมัก พบว่า ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นและมากกว่าการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว โดยเพิ่มจาก 6.02 และ 51.60 เป็นระหว่าง 7.71 – 8.25 และ 68.20 – 72.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และความชื้นในดินเพิ่มขึ้นจาก9.89 เป็นระหว่าง 11.72 – 11.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.10 ปริมาณธาตุอาหารและความชื้นในดินชุดจันทึก ก่อนการทดลอง

ตำรับการทดลอง	ธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ความชื้นในดิน
	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	(เปอร์เซ็นต์)
1. ไม่ใส่น้ำหมัก	5.04	48.70	5.28
2. ใส่น้ำหมักจากปลา	5.03	49.90	8.17
3.ใส่น้ำหมักจากผัก	5.12	47.60	8.29
4. ใส่น้ำหมักจากผลไม้	5.15	48.20	8.19
5. ใส่น้ำหมักจากหอยเชอรี่	5.09	49.30	8.28

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

ตารางที่ 7.11 ปริมาณธาตุอาหารและความชื้นในดินชุดจันทึก หลังจากใส่ 21 วัน

ตำรับการทดลอง	ธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ความชื้นในดิน
	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	(เปอร์เซ็นต์)
1. ไม่ใส่น้ำหมัก	6.02	51.60	9.89
2. ใส่น้ำหมักจากปลา	8.25	69.80	11.98
3.ใส่น้ำหมักจากผัก	7.29	70.10	11.72
4. ใส่น้ำหมักจากผลไม้	7.71	68.20	11.83
5. ใส่น้ำหมักจากหอยเชอรี่	8.03	72.60	11.95

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

10.3 การเจริญเติบโตของพืช

1) ด้านการส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของพืช

เนื่องจากในน้ำหมักมีส่วนประกอบของฮอร์โมน กรดอินทรีย์ และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะฮอร์โมน ได้แก่ ฮอร์โมนออกซิน มีหน้าที่ในการช่วยให้เซลล์ของพืชขยายตัวได้มากขึ้น ทำให้ลำต้นขยายตัวใหญ่ขึ้น ส่วนฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน มีหน้าที่ในการยืดตัวของลำต้น จึงมีผลทำให้ความสูงของพืชเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีกรดฮิวมิกที่มีสมบัติคล้ายฮอร์โมนออกซิน ซึ่งมีความสำคัญในการเร่งอัตราการ

เจริญเติบโตของรากและลำต้นพืชได้ดี แต่อย่างไรก็ตามการใส่น้ำหมักจะมีผลตอบสนองของพืชเด่นชัด ต้องมีการจัดการดินให้เหมาะสมทั้งในด้านกายภาพและเคมีของดินก่อน กล่าวคือ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด เพื่อให้ดินมีโครงสร้างที่ดี มีการถ่ายเทอากาศ และธาตุอาหารที่เพียงพอแก่การเจริญเติบโตของพืช ดังรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2544) ว่า การไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก การไม่ใส่น้ำหมักและการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ (เจือจางน้ำหมัก 1 ส่วนต่อน้ำ 500 ส่วน) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ ในดินชุดจันทึก โดยนำน้ำหมักชนิดต่างๆ รดลงดินในช่วงเริ่มต้นการทดลอง หลังจากนั้นปลูกข้าวโพดหวานและฉีดพ่นน้ำหมักทุก 7 วัน หลังจากปลูกข้าวโพดหวาน 10 วัน พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมักต้นข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตน้อยสุด คือ มีความกว้างใบและความสูง 1.15 และ 3.07 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักต้นข้าวโพดหวานมีความกว้างใบและความสูง 1.23 และ 3.82 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับการใส่น้ำหมักจากปลา, ผัก และผลไม้ร่วมกับปุ๋ยหมัก มีผลทำให้ต้นข้าวโพดหวานมีความกว้างใบและความสูงเพิ่มขึ้นและมากกว่าการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว โดยเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.45 – 1.47 และ 5.20–6.02เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 ผลของน้ำหมักต่อการเจริญเติบโตข้าวโพดหวานอายุ 10 วัน ในชุดดินจันทึก

ตำรับการทดลอง	ความกว้างของใบ (ซม.)	ความสูง(ซม.)
1. ไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก	1.15	3.07
2. ใส่ปุ๋ยหมัก	1.23	3.82
3. ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากปลา	1.45	5.20
4.ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากผัก	1.45	5.28
5. ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากผลไม้	1.47	6.02

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

2) ด้านการส่งเสริมการงอกของเมล็ดพืช

เนื่องจากในน้ำหมักมีส่วนประกอบของฮอร์โมนออกซินและจิบเบอเรลลิน ซึ่งมีผลต่อการยืดตัวของเซลล์รากที่งอกออกมาจากส่วนของเมล็ด ดังรายงานกรมพัฒนาที่ดิน (2544) ว่า การไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับน้ำหมักชนิดต่างๆ (เจือจางน้ำหมัก 1ส่วนต่อน้ำ 500 ส่วน) โดยใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ ในดินชุดจันทึก ต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดหวานและกวางตุ้ง พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมักอัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดหวานและกวางตุ้ง คือ 66.67 และ 76.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักอัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดหวานและกวางตุ้งมีค่ามากกว่า คือ 77.67 และ 86.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่น้ำหมักชนิดต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยหมักมีผลทำให้อัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดหวานและกวางตุ้งมากกกว่าการใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียว โดยเพิ่มขึ้นระหว่าง 89.00 – 100.00 และ 90.60 – 93.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 ผลของน้ำหมักต่ออัตราการงอกของเมล็ดพืช ในชุดดินจันทึก

ตำรับการทดลอง	เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพืช	
	ข้าวโพดหวาน	กวางตุ้ง
1. ไม่ใส่ปุ๋ยหมักและน้ำหมัก	66.67	76.70
2. ใส่ปุ๋ยหมัก	77.67	86.70
3. ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากปลา	100.00	93.30
4.ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากผัก	89.00	93.30
5. ใส่ปุ๋ยหมัก + น้ำหมักจากผลไม้	89.00	90.60

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

11. การใช้น้ำหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับน้ำหมัก พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารต่ำมาก แต่มีสารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดฮิวมิก ฮอร์โมน เอนไซม์ การใช้น้ำหมักมี 2 วิธี คือ ราดลงดินและฉีดพ่นกับพืช โดยต้องมีการเจือจางก่อนนำไปใช้ ดังนั้น การใช้น้ำหมักจำเป็นต้องมีการจัดการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ก่อน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะการปรับปรุงทางกายภาพของดิน นอกจากนี้ยังจำเป็นจะต้องมีแหล่งธาตุอาหารหลักและรองให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากน้ำหมักมีปริมาณของธาตุอาหารต่ำ แต่มีฮอร์โมนและกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งช่วยเร่งการเจริญเติบโตของรากพืช การขยายตัวของใบรวมถึงการยืดตัวของลำต้น ชักนำให้เกิดการงอกของเมล็ด และส่งเสริมการออกดอกและติดผลดีขึ้น โดยการใช้น้ำหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมีหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ

1. ความพอประมาณ หมายถึง ควรมีการผลิตน้ำหมักให้เพียงพอกับความต้องการใช้ โดยสามารถผลิตได้ตามคำแนะนำของหน่วยงานราชการ หรือภูมิปัญญาชาวบ้าน การผลิตน้ำหมักควรให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่นำไปใช้ เช่น ถ้าต้องการน้ำหมักที่มีปริมาณกรดฮิวมิกและฮอร์โมนมาก ควรผลิตน้ำหมักจากไข่ไก่ นมและถั่ว (ออมทรัพย์และคณะ, 2547) เมื่อนำน้ำหมักจากไข่ไก่ นมและถั่ว จะมีผลทำให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีที่สุด ในกรณีไม่มีกากน้ำตาลสามารถใช้อ้อยหรือพืชชนิดอื่นๆ ที่ให้ความหวานทดแทนได้ โดยเกษตรกรสามารถปลูกเองได้ หรือหามาจากท้องถิ่นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งเกษตรกรควรเตรียมวัสดุในพื้นที่ของตนเองสำหรับผลิตน้ำหมักต้องมีลักษณะสด เช่น เศษผัก ผลไม้ ปลา หอยเชอรี่ ไข่ไก่และเศษนม เป็นต้น เพื่อสำหรับผลิตน้ำหมักให้มีปริมาณเพียงพอกับการนำไปใช้และให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรเอง โดยการใช้น้ำหมักควรใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ เพราะปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชและทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น โดยปริมาณและวิธีการใช้น้ำหมักสามารถทำตามคำแนะนำของสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) ดังตารางที่ 7.14 นอกจากนี้กากวัสดุที่เหลือจากการทำน้ำหมักสามารถนำไปใส่กองปุ๋ยหมักก่อน และทิ้งไว้เพื่อให้กากของวัสดุที่เหลือจากการทำน้ำหมักย่อยสลายสมบูรณ์ก่อนจึงจะนำมาใส่ลงดินต่อไป (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน ,2551)

ตารางที่ 7.14 อัตราและวิธีการใช้น้ำหมักสำหรับพืชชนิดต่างๆ

ชนิดพืช	อัตราน้ำหมัก	วิธีการใช้
ข้าว		
● แช่เมล็ดพันธุ์ข้าว	● น้ำหมัก 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรต่อเมล็ดข้าว 20 กิโลกรัม	● แช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นพักไว้ 1 วัน จึงนำไปปลูก
● ช่วงเตรียมดิน	● น้ำหมัก 5 ลิตรต่อไร่	● ฉีดพ่นหรือรดลงดินระหว่างเตรียมดินหรือก่อนไถกลบตอซัง
● ช่วงการเจริญเติบโต	● น้ำหมัก 5 ลิตรต่อไร่ เมื่อข้าวอายุ 30, 50 และ 60 วัน	● เทลงในนาข้าว
พืชไร่		
● ช่วงการเจริญเติบโต	● น้ำหมัก 1 ลิตร เจือจางด้วยน้ำ 500 ลิตร ในพื้นที่ 5 ไร่	● ฉีดพ่นหรือรดลงดินทุก 10 วัน ก่อนออกดอกและช่วงติดฝน
● แช่ท่อนพันธุ์อ้อยและมันสำปะหลัง	● น้ำหมัก 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร	● แช่ท่อนพันธุ์อ้อยหรือมันสำปะหลังเป็นเวลา 12 ชั่วโมงจึงลงปลูก
พืชผักและไม้ดอก	● น้ำหมัก 1 ลิตร เจือจางด้วยน้ำ 1,000 ลิตร ในพื้นที่ 10 ไร่	● ฉีดพ่นหรือรดลงดินทุก 10 วัน
ไม้ผล	● น้ำหมัก 1 ลิตร เจือจางด้วยน้ำ 500 ลิตร ในพื้นที่ 2 ไร่	● ฉีดพ่นหรือรดลงดินทุก 1 เดือนช่วงกำลังเจริญเติบโต ก่อนดอกและช่วงติดผล

ที่มา: ดัดแปลงมาจากสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551)

2. ความมีเหตุผล หมายถึง ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตและการใช้น้ำหมัก เพราะการผลิตน้ำหมักให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น เช่น การผลิตน้ำหมักจากปลา พบว่า มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส มากกว่า หรือการผลิตน้ำหมักจากไข่ไก่ นมและถั่ว มีปริมาณกรดฮิวมิกและฮอร์โมนมาก (ออมทรัพย์และคณะ, 2547) ทำให้ลดค่าใช้จ่ายปุ๋ยได้มากขึ้น การใช้น้ำหมักให้มีประสิทธิภาพสูงสุดไม่ควรใช้เกิน 3 เดือน (สุภาวดีและคณะ, 2556) ภาชนะที่ใส่ไม่ควรเป็นโลหะ เพราะน้ำหมักมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งจะกัดกร่อนโลหะได้ ทำให้มีโลหะเจือปนในน้ำหมักและอาจเป็นพิษต่อพืชได้ แต่ควรเป็นพลาสติกทึบแสงและเก็บไว้ในที่ร่มอุณหภูมิไม่เกิน 45 – 50 องศาเซลเซียส พร้อมปิดฝาสนิทเพื่อป้องกันน้ำและอากาศเข้าไปเพราะจะทำให้น้ำหมักเสื่อมสภาพได้ ก่อนใช้ควรเขย่าขวดทุกครั้ง นอกจากนี้น้ำหมักมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเจือจางน้ำหมักทุกครั้งก่อนที่จะนำไปใช้ เพราะน้ำหมักมีสภาพเป็นกรดจัดและยังมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายสูงด้วย หากไม่มีการเจือจางจะมีผลกระทบทำให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตของพืช โดยเซลล์

พืชจะแตกและพืชจะเหี่ยวแห้งตายไป โดยอัตราที่เหมาะสม คือ น้ำหมัก 1 ส่วน ต่อ น้ำ 500 ส่วน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน ,2551; ราเชนทร์และศิริธรรม, 2551)

3. การสร้างภูมิคุ้มกัน หมายถึง โดยมีการวางแผนการผลิตน้ำหมักที่ต้องการใช้ในระบบการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการกับพืชที่ปลูกในปีต่อไป และการเก็บรักษาคุณภาพของน้ำหมักถ้าเน้นเกี่ยวฮอร์โมนไม่ควรเก็บเกิน 3 เดือน แต่ถ้าเน้นธาตุอาหารสามารถเก็บได้ 10 เดือน (สุภาวดีและคณะ, 2556) นอกจากนี้ควรมีการรวมกลุ่มคนในชุมชนมารวมกันผลิตน้ำหมัก เพื่อให้มีการผลิตน้ำหมักได้หลากหลายชนิด เช่น ธนาคารน้ำหมักชุมชน เพื่อจะได้ผลิตน้ำหมักได้ต่อเนื่องสำหรับการนำน้ำหมักไปใช้ให้เพียงพอและมีคุณภาพสูงสุด ซึ่งเป็นการสร้างความสามัคคีในชุมชนและทำให้ชุมชนเข้มแข็ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบการใช้น้ำหมักในอนาคต

บทที่ 8

การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์

1. คำนำ

เกษตรอินทรีย์ (organic farming) คือ ระบบการปลูกพืชที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม รักษาสมดุลของธรรมชาติ และความหลากหลายชีวภาพ จึงจัดระบบนิเวศให้คล้ายธรรมชาติมากที่สุด การบำรุงดินใช้ปุ๋ยอินทรีย์และอนินทรียสารบางชนิด ส่วนการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชก็ใช้สารและวิธีการที่อนุญาตให้ใช้ หากผู้ผลิตปฏิบัติได้ตามมาตรฐาน ผลผลิตย่อมปลอดจากผลตกค้างของสารเคมีที่ใช้ควบคุมศัตรูพืช ส่วนคุณภาพหลายด้านและองค์ประกอบทางเคมีของผลผลิตพืชอินทรีย์บางชนิดที่ทดสอบแล้ว เช่น กล้วยหอม สตรอเบอรี่ และมะเขือเทศ ไม่มีความแตกต่างจากการผลิตโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี(Daugaard, 2001; Caussiol and joyce, 2004; Rippy *et al*.,2004)

การผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ 9 ประการ เริ่มจากการเลือกพื้นที่ การวางแผนจัดการ การเลือกพันธุ์ การปรับปรุงบำรุงดิน การจัดการศัตรูพืช การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังเก็บเกี่ยวและเก็บรักษา (Plotto and Nariso, 2006) การขนส่งและการแปรรูป เห็นได้ว่าการปรับปรุงบำรุงดินเป็นกิจกรรมส่วนหนึ่ง ที่ทำให้ได้พืชอินทรีย์ตามวัตถุประสงค์ (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

การผลิตพืชอินทรีย์ในประเทศไทยมี 3 แบบ คือ แบบที่ 1 เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรร่วมกันผลิต “พืชอินทรีย์” ตามวิธีการที่กำหนดกันเอง มิได้ผลิตตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร จึงไม่มีใบรับรองที่แสดงว่าผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการตรวจสอบตามมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ เป็นการผลิตเพื่อบริโภคเองภายในกลุ่มหรือเป็นสินค้าที่จำหน่ายในท้องถิ่น แบบที่ 2 เป็นการผลิตตามมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ผ่านการตรวจสอบและมีใบรับรอง และแบบที่ 3 เป็นการผลิตเพื่อส่งออกและใช้มาตรฐานของประเทศผู้นำเข้า ซึ่งภาคเอกชนที่รับซื้อสินค้าจะติดต่อกับผู้ผลิตในประเทศไทยโดยตรง ในบทนี้จะเน้นการผลิตพืชตามแบบที่ 2

สำหรับคำนิยามของศัพท์บางคำตามมาตรฐานนี้ (สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต, 2542) มีดังนี้

1. พืชอินทรีย์ หมายถึง พืช ผลิตผล และผลิตภัณฑ์จากพืชที่ได้จากการผลิตโดยใช้วัสดุธรรมชาติ ไม่ใช้พืชที่มีการตัดต่อสารพันธุกรรม รักษาความหลากหลายทางชีวภาพและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม

2. ผลิตผล หมายถึง พืช หรือส่วนของพืชที่ผลิตจากระบบเกษตรอินทรีย์

3. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลผลิตจากพืชหรือส่วนของพืชที่ผลิตจากระบบเกษตรอินทรีย์ โดยผ่านกรรมวิธีแปรรูป

4. หน่วยรับรองระบบการผลิตเกษตรอินทรีย์ คือ องค์กรภาครัฐซึ่งมีอำนาจหน้าที่ในการควบคุม และกำกับดูแลมาตรฐานการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ รวมทั้งให้การรับรองหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการออกใบรับรองและตรวจสอบมาตรฐานการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์

5. หน่วยงานออกใบรับรองและตรวจสอบมาตรฐานการผลิตพืชแบบเกษตรอินทรีย์ หมายถึง หน่วยงานซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบและออกใบรับรองการผลิตพืชอินทรีย์ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

2. หลักการบำรุงดินในการผลิตพืชแบบเกษตรอินทรีย์ ได้แก่

1) ปลูกพืชหมุนเวียน โดยใช้พืชตระกูลถั่วร่วมในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน สำหรับการใช้พืชตระกูลถั่วในระบบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเอาผลผลิตหรือเพื่อทำปุ๋ยพืชสด

2) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก

3) ใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน และนำเศษซากพืชตลอดจนวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรในฟาร์มไปปรับใช้อย่างเหมาะสม

สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดที่ผลิตจากวัสดุนอกฟาร์ม ก่อนใช้ต้องได้รับการรับรองจากทางราชการก่อน

3. การเลือกพื้นที่และหลักการบำรุงดิน

การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์ ให้ประสบความสำเร็จในการผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้มาตรฐาน มีหลักเกณฑ์ 2 ประการ คือ เลือกพื้นที่และหลักการบำรุงดิน ดังนี้

3.1 การเลือกพื้นที่

เนื่องจากสมบัติของดินในแต่ละพื้นที่ที่เลือกสำหรับใช้ปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์นั้นเกี่ยวข้องกับความยากง่ายของการทำงาน ต้นทุนและช่วงเวลาที่ใช้เพื่อให้เกิดความสำเร็จ กล่าวคือถ้าเลือกดินที่มีผลิตภาพสูง ก็ใช้ต้นทุนต่ำและใช้ช่วงเวลาในการพัฒนาสั้นกว่าดินที่มีผลิตภาพต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติดินพื้นฐานด้านฟิสิกส์และเคมีดีอยู่แล้ว เพียงแต่เพิ่มระดับอินทรียวัตถุให้สูงพอ เพื่อให้ดินเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชที่สมบูรณ์โดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมี แต่ถ้าเลือกพื้นที่ซึ่งดินมีสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีไม่ดีแล้ว การพัฒนาต้องเริ่มจากการปรับปรุงสมบัติทั้งสองด้านให้เหมาะสมก่อน โดยปรกติดินซึ่งมีเนื้อดินต่างกันจะมีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมแตกต่างกัน กล่าวคือ ดินทรายมีกำเนิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีธาตุอาหารน้อย จึงมีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด การพัฒนาให้ดินมีความสามารถในการสนองธาตุอาหารพืชอย่างครบถ้วนและพียงพอนั้น จำเป็นต้องบำรุงดินให้มีอินทรียวัตถุสูง เป็นเหตุให้ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ตลอดจนวัสดุบำรุงดินอื่นๆมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และใช้เวลามากขึ้นจึงจะประสบผลสำเร็จ (กรมวิชาการเกษตร, 2548ก)

3.2 แนวทางการปรับปรุงบำรุงดิน

ดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชโดยทั่วไป ควรมีองค์ประกอบโดยปริมาตร ดังนี้คือ อนินทรียสาร 45 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ และอากาศ 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอินทรียวัตถุในดินมีความหนาแน่น 0.7 – 0.8 กรัม/ลบ.ซม. (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนั้น ดินที่เหมาะแก่การปลูกพืชจึงควรมีอินทรียวัตถุ 3.5 – 4.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ระดับอินทรียวัตถุที่ใช้เป็นมาตรฐานและปริมาณอินทรียวัตถุแต่ระดับในดินบน (0 – 15 ซม.) ซึ่งมีความหนาแน่นรวม 1.3 กรัม/ลบ.ซม.

ระดับ	อินทรียวัตถุ (%)	อินทรียวัตถุ (กก./ไร่)
ต่ำมาก	< 0.5	< 1,560
ต่ำ	0.5 –<1.0	1,560 – <3,120
ต่ำปานกลาง	1.0 – 1.5	3,120 – 4,680
ปานกลาง	1.6 – 2.5	4,992 – 7,800
สูงปานกลาง	2.6 – 3.5	8,112 – 10,920
สูง	3.6 – 4.5	11,232 – 14,040
สูงมาก	>4.5	>14,040

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

ดินที่ใช้ปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ จึงต้องบำรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์จนกระทั่งมีอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง โดยมีค่า 2.6 – 3.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอย่างน้อย ซึ่งมีผลทำให้ดินมีสภาพที่เหมาะสม 3 ประการ คือ

1) สามารถปลดปล่อยธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุ ให้แก่พืชที่ปลูกอย่างเพียงพอ และสมดุลในลักษณะต่อเนื่อง (Sanchez *et al*., 2006) โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมีใดๆ แต่ใช้ได้เฉพาะสารที่อนุญาต

2) มีสมบัติทางกายภาพเหมาะสม เช่น การอุ้มน้ำ การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศดี เนื่องจากมีดินมีโครงสร้างดีและมีเสถียรภาพ ตลอดจนไม่แน่นทึบ เป็นสภาพที่เอื้อต่อการไชชอนของรากทั้งแนวดิ่งและแนวราบ เพื่อดูดธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ น้ำและอากาศในชั้นดินได้กว้างและลึก

3) มีสมบัติทางเคมี เช่น ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความจุบัฟเฟอร์สูง ดินจึงมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพวกแคตไอออนได้มาก และต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพกรดด่างในดินได้ดีขึ้น

4. หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน

หลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินควรทำมี 3 วิธี ร่วมกัน คือ

1) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก วิธีนี้สามารถกำหนดอัตราการใส่ได้

2) การปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม ปอเทือง และโสนอัฟริกัน เพื่อทำการสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสด วิธีนี้ไม่สามารถกำหนดอัตราได้เพราะปริมาณของชีวมวลที่ได้แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและอายุพืชปุ๋ยสด การไถกลบปุ๋ยพืชสดที่เนื้อเยื่อพืชมีลิกนินน้อย และสลายง่าย จะปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็วแต่เพิ่มอินทรียวัตถุในดินน้อย

3) การไถกลบเศษพืช เช่น การไถกลบตอซังข้าว ข้าวโพด หรือวัชพืช วิธีนี้ไม่สามารถกำหนดอัตราได้ เพราะปริมาณชีวมวลของเศษพืชที่ไถกลบแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก ความมากน้อยของส่วนที่ตกค้างในแปลงหลังเก็บเกี่ยว รวมทั้งปริมาณของวัชพืชในแปลงด้วย

ดังนั้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์ คือ การนำปุ๋ยอินทรีย์ใส่ลงดินที่ปลูกพืชอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นหากปริมาณที่มีอยู่เดิมไม่สูงพอ โดยพยายามเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จนได้ไม่น้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าสามารถเพิ่มได้ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ ได้ก็จะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง โดยควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกปีเพื่อชดเชยส่วนที่สลายไปในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ้ารักษาอินทรียวัตถุในดินระดับนี้ไว้อย่างต่อเนื่อง ก็นับได้ว่าปรับปรุงดินจนมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมาอย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชรากตื้นส่วนมาก ซึ่งต้องยืนยันด้วยผลการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน อันประกอบด้วยธาตุหลัก ธาตุรอง จุลธาตุ จึงจะมีความเชื่อมั่นว่าเพียงพออย่างแท้จริง ก่อนการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ควรประเมินระดับอินทรียวัตถุในดิน แล้วจึงกำหนดเป้าหมายการเพิ่ม และจัดหาปุ๋ยอินทรีย์ (ประเสริฐ, 2543) มี 2 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดิน คือ ส่วนที่เป็นอินทรียสารในดิน ซึ่งประกอบด้วย เศษซากพืชหรือสัตว์ที่ผ่านการย่อยสลายไปแล้ว เซลล์และเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์และอินทรียสารต่างๆ ซึ่งจุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น ในการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่มีในดินบน (0 – 15 เซนติเมตร) ในพื้นที่ 1 ไร่ ต้องทราบค่าความหนาแน่นรวมของดินและค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยได้จากเก็บตัวอย่างของดินบนในพื้นที่เป้าหมายและนำส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการทางเคมี ซึ่งการคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนในพื้นที่ 1 ไร่ ดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งสามารถแสดงปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนในพื้นที่ 1 ไร่ ที่มีอินทรียวัตถุ 0.5 – 4.0 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ต้องการเพิ่มเพื่อให้ถึงระดับที่ต้องการ ดังตารางที่ 8.2 ดังนั้น การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้ถึงระดับที่ต้องการได้สามารถทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

4.2 การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยปุ๋ยอินทรีย์

การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้ถึงระดับที่ต้องการได้ สามารถทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจากระดับ 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกเป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับต้องการ เพราะสามารถกำหนดอัตราการใส่ที่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชปุ๋ยสดและไถกลบเศษพืชเป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินได้ แต่อาจจะไม่ตรงกับระดับความต้องการ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับที่ต้องการสามารถปฏิบัติได้ ดังนี้ การคำนวณหาปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกที่ต้องใส่ลงในดิน เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับที่ต้องการ ต้องคำนึงถึงเรื่องเปอร์เซ็นต์ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากต้องคำนวณออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง และปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่จะลดลงเนื่องจากมีการสลายตัวก่อนจะเป็นอินทรียวัตถุในดิน

ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนจาก 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการใช้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ และการแปรสภาพของปุ๋ยหมักจนเป็นอินทรียวัตถุในดินน้ำหนักปุ๋ย

แห้งจะลดลงอีก 20 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์กี่กิโลกรัมต่อไร่ จึงสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสู่ระดับต้องการ โดยมีขั้นตอนการคำนวณ ดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

ตารางที่ 8.2 ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีในดินบน เมื่อดินมีอินทรียวัตถุแตกต่างกัน

อินทรียวัตถุ (%)	ปริมาณอินทรียวัตถุ (กก./ไร่)	ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจากระดับเดิม(กก./ไร่)
0.5	1,560	--
1.0	3,120	1,560
1.5	4,680	1,560
2.0	6,240	1,560
2.5	7,800	1,560
3.0	9,360	1,560
3.5	10,920	1,560
4.0	12,480	1,560

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

แสดงว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนความลึก 15 เซนติเมตร จากระดับ 1.0 เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นั้นต้องใส่ปุ๋ยหมักที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 2,433.60 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แต่ถ้าต้องการให้ดินในระดับความลึก 30 เซนติเมตร มีอินทรียวัตถุตามเกณฑ์ดังกล่าว ต้องใช้ปุ๋ยหมักมากขึ้นเป็นสองเท่า (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5. ธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยอินทรีย์

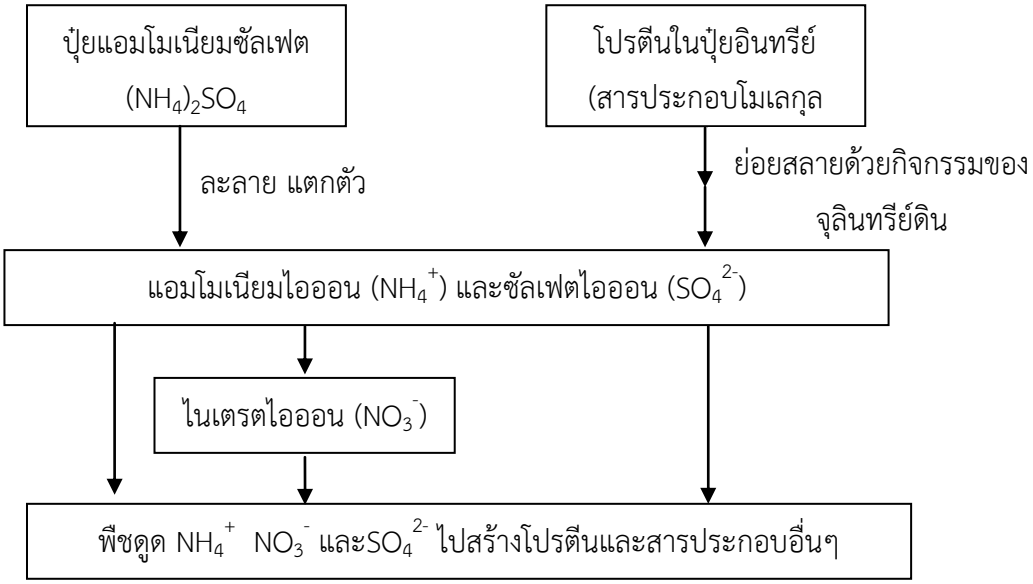
การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์ ต้องคำนึงธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ลงดิน ได้แก่ รูปของธาตุอาหารพืชที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยอินทรีย์ และปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด

5.1 รูปของธาตุอาหารพืชที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยอินทรีย์

พืชที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ หรือระบบการบำรุงดินแบบผสมผสาน (ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี) ต้องได้รับธาตุอาหารเหมือนกันใน 2 ประเด็น คือ 1) พืชต้องได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุในปริมาณที่เพียงพอและสมดุลกัน 2) ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ไม่ว่าจะปลดปล่อยออกมาจากการสลายของแร่ต่างๆ อินทรียวัตถุเดิมในดินหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ ตลอดจนมาจากการละลายและแตกตัวของปุ๋ยเคมีก็ตาม จะอยู่ในรูปแคตไอออนหรือแอนไอออน และพืชก็ดูดไปใช้ในรูปของไอออน (ภาพที่ 8.1) อย่างไรก็ตามแม้ว่ารากและใบสามารถดูดอินทรียสารโมเลกุลเล็กๆ เช่น ยูเรีย และกรดอะมิโนไปใช้ประโยชน์ได้ แต่กรดอะมิโนในดินส่วนมากถูกจุลินทรีย์หลายชนิดนำไปใช้เป็นสารอาหาร หรือถูกแปรสภาพเป็นแอมโมเนียมออน จึงมีกรดอะมิโนเหลืออยู่ในดินให้พืชดูดไปใช้โดยตรงเพียงเล็กน้อย (Harper, 1984; Hartz and Johnstone, 2006)

5.2 ปริมาณธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด

สำหรับอินทรียวัตถุในดินมี 3 ส่วน คือ 1) อินทรียวัตถุเดิมที่มีในดินก่อนปลูกพืช 2) มาจากการสลายของซากพืชที่ปลูกในฤดูก่อน และ 3) ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ในการปลูกพืช โดยปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่นอกจากเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินแล้ว ยังช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารด้วย โดยปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีดังนี้



ภาพที่ 8.1 เปรียบเทียบรูปของธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

5.2.1 ปุ๋ยคอก เนื่องจากปุ๋ยคอกแต่ละแหล่ง มีความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละธาตุแตกต่างกันมาก หากต้องการทราบข้อมูลที่แท้จริง ควรนำไปวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อทราบความเข้มข้นของธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุในปุ๋ยคอก ซึ่งทำให้สามารถนำปุ๋ยหมักไปใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ถูกต้อง ข้อมูลทั่วไปด้านธาตุอาหารในปุ๋ยคอกอยู่ในบทที่ 4 สำหรับปุ๋ยคอกที่ใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ ถ้าเป็นมูลสัตว์ปีกต้องได้มาจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ไม่มีการทรมานสัตว์ อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องไม่เป็นพืชดัดแปลงพันธุกรรม และไม่มีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโต ส่วนอุจจาระและปัสสาวะของคนที่หมักแล้วให้ใช้กับพืชที่มิได้เป็นอาหารของมนุษย์ เช่น พืชพลังงาน ฝ้าย

เนื่องจากปุ๋ยคอกมีองค์ประกอบแตกต่างกันมาก ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในปุ๋ยจึงแตกต่างกัน กล่าวคือ ไนโตรเจนในปุ๋ยคอกสดเป็นประโยชน์ 1 - 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในปุ๋ยคอกที่สลายดีแล้วไนโตรเจนที่จะปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ การใส่ปุ๋ยคอกในดินด้วยอัตราที่เหมาะสมต่อเนื่องกันหลายปีจะช่วย 1) เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน 2) เพิ่มมินเนอราลไลเซชันของไนโตรเจน 3) เพิ่มความพรุนและลดความหนาแน่นรวมของดิน และ 4) เพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เกษตรกรที่ปลูกพืชด้วยระบบเกษตรอินทรีย์ในสหรัฐอเมริกาส่วนมาก ใช้ปุ๋ยคอก 0.48 – 1.76 ตันต่อไร่

และใส่เศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว 0.48 – 1.6 ตันต่อไร่ (Bouldin *et al*., 1984; Eghball *et al*., 2004)

5.2.2 ปุ๋ยหมัก ที่ผลิตได้จากซากพืชต่างชนิด และด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน มีความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละธาตุแตกต่างกันมากเช่นเดียวกัน จึงควรนำไปวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อทราบความเข้มข้นของธาตุหลัก ธาตุรอง และจุลธาตุในปุ๋ยหมัก ซึ่งทำให้สามารถนำปุ๋ยหมักไปใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ถูกต้อง ข้อมูลทั่วไปด้านธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมีในบทที่ 5

สำหรับปุ๋ยหมักและอินทรียสารอื่นๆ ที่อนุญาตให้ใช้ได้ในระบบเกษตรอินทรีย์ มีดังนี้ 1) ปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ฟาง ข้าว ขี้เลื่อย เปลือกไม้ เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรอื่นๆกับปุ๋ยคอก ถ้าจะมีการเติมสารอนินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารลงไปด้วย เช่น หินฟอสเฟต จะต้องเป็นสารที่อนุญาตให้ใช้ได้ 2) ของเหลือใช้จากกระบวนการในโรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานมันสำปะหลัง โรงงานน้ำปลา โดยกระบวนการเหล่านี้ต้องไม่เติมสารสังเคราะห์ และจะต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ และ 3) ของเหลวจากระบบน้ำโสโครกของโรงงาน ที่ผ่านกระบวนการหมักโดยไม่เติมสารสังเคราะห์ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ต้องมีหลักฐานยืนยันว่าไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารต้องห้ามตามหลักเกณฑ์ของเกษตรอินทรีย์ (Stoffella *et al*., 1997) ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ที่ห้ามใช้คือ 1) ปุ๋ยเทศบาลหรือปุ๋ยหมักในเมือง และ 2) กากตะกอนโสโครกห้ามใช้กับพืชผัก

สำหรับน้ำหมักที่ผลิตจากพืชและสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารต้องห้ามอนุญาตให้ใช้ได้ จากบทที่ 7 ที่กล่าวมาแล้วว่า น้ำหมักมีปริมาณธาตุอาหารต่ำและมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากใช้วัตถุดิบและวิธีการหมักที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาเจือจางประมาณ 500 เท่าแล้วฉีดพ่นทางใบหรือราดลงดิน พืชจะได้รับธาตุอาหารแต่ละธาตุน้อย จึงไม่ถือว่าเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารสำหรับพืช แต่มีสารที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดฮิวมิก ฮอร์โมนและเอนไซม์ ซึ่งช่วยเร่งการเจริญเติบโตของรากพืช การขยายตัวของใบรวมถึงการยืดตัวของลำต้น ชักนำให้เกิดการงอกของเมล็ด และส่งเสริมการออกดอกและติดผลดีขึ้นแต่น้ำหมัก ดังนั้น การนำน้ำหมักไปใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ สามารถช่วยในการเจริญเติบโตและผลผลิตได้

5.2.3 ปุ๋ยพืชสด ซึ่งการใช้พืชตระกูลถั่วมีความสำคัญมากเพราะเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินที่สำคัญมาก เพราะพืชปุ๋ยสดมีไรโซเบียมที่ปมรากที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนในอากาศให้แก่ดิน นอกจากนี้ยังดูดธาตุอาหารจากดินมาสะสมไว้ในต้นและราก แล้วปลดปล่อยให้พืชหลักภายหลังการไถกลบ ดังรายละเอียดในบทที่ 5 โดยสามารถนำไปใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ดีในการปลูกพืชหมุนเวียน เช่น อัลฟัลฟาให้ 24 – 32 กิโลกรัมNต่อไร่ ถั่วเหลืองให้ 9.6 กิโลกรัมNต่อไร่ การปลูกพืชหมุนเวียนด้วยระบบข้างโพด-ถั่วเหลือง-ข้าวโพด-ข้าวโอ๊ต – อัลฟัลฟา – อัลฟัลฟา – อัลฟัลฟา นั้น ถ้าอัลฟัลฟาให้ไนโตรเจนปีละ 24 กก. และถั่วเหลืองให้ปีละ 9.6 กก. ไนโตรเจนที่เพิ่มลงไปจากการตรึงไนโตรเจนในรอบ 7 ปี จะสูงถึง 81.6 กิโลกรัมต่อไร่ หากคิดเฉพาะช่วงเวลา 4 ปีที่ปลูกถั่วเหลืองและอัลฟัลฟาแล้ว จะได้ไนโตรเจนปีละ 20.4 กิโลกรัมต่อไร่

ซึ่งการปลูกพืชหมุนเวียนในระบบเกษตรอินทรีย์มี 2 ระบบคือ

1) ระบบปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ (stocked rotation) ระบบนี้มีการปลูกธัญพืช พืชตระกูลถั่ว พืชอาหารสัตว์ และเลี้ยงสัตว์ควบคู่กันไป จึงได้รับไนโตรเจนจากการปลูกพืชตระกูลถั่ว การพรวนกลบซากพืช และมูลสัตว์

2) ระบบปลูกพืชโดยไม่เลี้ยงสัตว์ (stockless rotation) ระบบนี้อาจต้องนำปุ๋ยคอกจากภายนอกมาบำรุงดิน เพิ่มเติมจากการใช้พืชแทรกในระบบที่ดำเนินการอยู่แล้ว

ดังนั้นในระบบปลูกพืชตระกูลถั่วและเลี้ยงสัตว์นี้ ธาตุอาหารสำหรับพืชจึงได้มาจาก 3 แหล่งคือ ปุ๋ยอินทรีย์จากภายนอกหรือภายใน ไนโตรเจนที่ได้มาจากการปลูกพืชตระกูลถั่ว และการพรวนกลบซากพืช (ยงยุทธและคณะ,2551)

6. ประโยชน์จากการคืนซากพืชลงไปในดิน

การเตรียมดินในระบบเกษตรอินทรีย์นั้นมักใช้วิธีไถตื้น ดังนั้นซากพืชส่วนมากจึงยังคงอยู่บนผิวดินและในดินชั้นบน ซึ่งเกิดผลดีหลายประการ คือ 1) ช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้ดินบน ประกอบกับดินมีเศษซากพืชปกคลุม การสูญเวียธาตุอาหารโดยการกร่อนของดินจึงเกิดน้อยลง และ 2) ลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่ผิวดิน จึงช่วยรักษาความชื้นที่มีในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช

เมื่อได้การจัดการซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสมและต่อเนื่องจะเกิดผลดังนี้คือ 1) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะสูงและคงที่ เนื่องจากเกิดภาวะสมดุลระหว่างการสูญเสียคาร์บอนในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับที่ได้รับกลับคืนจากการไถกลบซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 2) ไนโตรเจนในอินทรียสารที่ปลดปล่อยออกมาในดินนั้น ส่วนมากได้ถูกจุลินทรีย์และพืชดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต บางส่วนสูญหายไปกับการชะล้าง การ ตลอดจนการสูญเสียในรูปของแก๊ส จึงจำเป็นต้องรักษาสมดุลไว้เช่นเดียวกับคาร์บอน แต่อาจจะต้องเน้นการใช้พืชตระกูลถั่วในระบบพืชหมุนเวียนหรือปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสด (Mubarak *et al*., 2003)

7. การบำรุงดินในช่วงการเปลี่ยนแปลง

การเริ่มเกษตรอินทรีย์ช่วงเปลี่ยนแปลง จำเป็นต้องมีการปรับระบบเกี่ยวกับการกำจัดวัชพืช ควบคุมศัตรูพืช และการไถพรวนที่พอเหมาะ เป็นต้น เพื่อให้ระบบเกษตรอินทรีย์มีเสถียรภาพ ดังนั้น ผลผลิตที่ได้จึงมักต่ำกว่าในช่วงหลังเมื่อมีระบบมีเสถียรภาพแล้ว นอกจากนี้ยังต้องสังเกตด้วยว่า ในบางช่วงที่พืชเจริญเติบโตเร็วและใช้ไนโตรเจนมาก อาจมีปัญหาขาดแคลนธาตุนี้ได้เช่นเดียวกัน ในกรณีดังกล่าวจำเป็นต้องปรับระบบการปลูกพืชหมุนเวียนบ้าง เช่น เพิ่มความถี่ของการปลูกพืชตระกูลถั่วในระบบ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผลผลิตพืชในช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลง อาจใกล้เคียงกับการปลูกและบำรุงดินแบบเดิมก็ได้ ขึ้นอยู่กับระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเมื่อเริ่มต้น ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ชนิด และอัตราปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ จากผลการศึกษาของ Delate and Cambradella (2004) ในช่วงเวลา 4 ปี คือ ช่วงเปลี่ยนแปลง 3 ปี และเกษตรอินทรีย์เต็มรูปแบบ 1 ปี โดยมีรายละเอียดของวิธีการทดลองดังนี้ 1) การใช้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง คือ ดินในระดับ 0 – 15 เซนติเมตร มีอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด 24.1 กรัมต่อกิโลกรัม ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 6.2 ธาตุฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

เฉลี่ย 30 และ 313 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ 2) การใช้ระบบข้าวโพด-ถั่วเหลือง-ข้าวโอ๊ต ร่วมกับอัลฟัลฟา และ 3) การใช้ปุ๋ยหมักจากมูลสุกรกับตอซังข้าวโพด ซึ่งมีธาตุหลัก คือ 7.8 กรัมNต่อกิโลกรัม 9.6 กรัมPต่อกิโลกรัม และ 13.7 กรัมKต่อกิโลกรัม โดยอัตราปุ๋ยหมักที่ใช้คำนวณเป็นกิโลกรัมNต่อไร่ โดยในปีแรกใช้อัตรา 28 กิโลกรัมNต่อไร่ ส่วนปีที่ 2-4 ใช้ปีละ 21.4 กิโลกรัมNต่อไร่ ผลการทดลองสรุปได้ว่า ทั้งข้าวโพดและถั่วเหลืองที่ปลูกระบบเกษตรอินทรีย์ในช่วงเปลี่ยนแปลง 3 ปี และ 1 ปีที่เป็นเกษตรอินทรีย์เต็มรูปแบบนั้น ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการปลูกและบำรุงดินแบบปรกติ ซึ่งให้ยูเรีย-แอมโมเนียมไนเทรตอัตรา 21.4 กิโลกรัมNต่อไร่ เช่นเดียวกัน

สำหรับด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น พบว่า การบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ และใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนตามที่ระบุไว้ ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง 3 ปีแรก ดังนี้คือ อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินบนเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 (จาก 21.4 กรัมCต่อกิโลกรัม ในปีที่ 3) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ยังช่วยให้ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ คือ ค่า 1.22 – 1.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเท่านั้น ผลการเปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างปีที่ 1 และปีที่ 4 แสดงไว้ในตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 เปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลองปลูกพืชหมุนเวียนในระบบเกษตรอินทรีย์ในปีที่ 1 (พ.ศ. 2541) กับปีที่ 4 (พ.ศ. 2544) ในเรื่องอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ของดินระดับความลึก 0-15 ซม.

ผลการวิเคราะห์	พ.ศ.	C-S*	C-S-O/A*	C-S-O/A-A*	S-R*
TOC (ก./กก.)	2541	23.8	25.0	24.6	23.4
	2544	24.9	26.3	26.1	25.7
TN (ก./กก.)	2541	1.7	1.7	1.8	1.9
	2544	2.2	2.3	2.4	2.3
P (มก./กก.)	2541	35	51	45	28
	2544	40	85	61	34
K (มก./กก.)	2541	331	361	355	248
	2544	267	308	320	215
Ca (มก./กก.)	2541	2,973	2,972	3,131	3,241
	2544	3,297	3,657	3,740	3,831
Mg (มก./กก.)	2541	294	281	270	336
	2544	308	315	340	389

*C= ข้าวโพด, S = ถั่วเหลือง, O= ข้าวโอ๊ต, A= อัลฟัลฟา, R= ข้าวไรต์

ที่มา : Delate and Cambradella (2004)

หากนำค่าความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและไนโตรเจนทั้งหมด มาแปลงเป็นปริมาณที่ดินได้รับต่อพื้นที่ (กิโลกรัมCต่อไร่) ในช่วงการเปลี่ยนแปลง 3 ปี และเป็นเกษตรอินทรีย์แล้วอีก 1 ปี รวมเป็น 4 ปีนั้น การปลูกพืชหมุนเวียนในระบบเกษตรอินทรีย์ได้เพิ่มอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด 864 กิโลกรัมCต่อไร่ และไนโตรเจนทั้งหมด 73.1 กิโลกรัมNต่อไร่ หรือเพิ่มไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 18.2 กิโลกรัมNต่อไร่ต่อ ซึ่งถือว่าเพียงพอที่จะรักษาระดับไนโตรเจนในดินไว้

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การบำรุงดินด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ การใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน และการไถพรวนเท่าที่จำเป็น สามารถปรับเปลี่ยนให้เกิดระบบเกษตรอินทรีย์ได้ โดยมีข้อการปฏิบัติ ดังนี้คือ

1. ควรทำการเก็บดินในพื้นที่ที่จะทำเกษตรอินทรีย์ มาวิเคราะห์ดินหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์

2. การใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก สามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้เหมาะสมกับระบบเกษตรอินทรีย์ได้ทันที แต่ต้องใช้ปริมาณมากและลงทุนสูง ดังนั้น จึงควรค่อยๆ เพิ่มอินทรียวัตถุในดินในปริมาณที่เหมาะสม โดยอาจเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนความลึก 15 เซนติเมตร ปีละ 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยต้องใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกแห้ง อัตรา 3,120 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.95 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทุกๆปี ดังรายละเอียดบทที่ 4 และ 5

3) อาศัยพืชตระกูลถั่ว (ปุ๋ยพืชสด) ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน ดังรายละเอียดบทที่ 6

4) สามารถใช้ปุ๋ยชีวภาพในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ระบบการเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพประเภทจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอากาศ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่มีภาวะอยู่ร่วมกันกับสิ่งมีชีวิต เช่น ไรโซเบียม และจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนที่ดำรงแบบอิสระ เช่น *Azotobacter* sp. แหนแดง เป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พืช และใช้ปุ๋ยชีวภาพประเภทจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายธาตุอาหารและช่วยให้พืชดูดใช้ง่าย เช่น เชื้อไรโซแบคทีเรียเร่งการเจริญเติบโตของพืช เรียกว่า PGPR และจุลินทรีย์ที่ช่วยในการดูดธาตุอาหาร เช่น ไมคอร์ไรซา (ยงยุทธและคณะ, 2551)

5) ในกรณีที่ธาตุอาหารบางธาตุมีปริมาณต่ำไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อาจต้องใส่แร่ธรรมชาติหรือสารที่อนุญาตให้ใช้ได้ ดังตารางที่ 8.4 เพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่ดินยังขาด เช่น ดินขาดธาตุฟอสฟอรัสก็สามารถใช้หินฟอสเฟตบดได้ โดยใส่อัตราที่เหมาะสมและวิธีการที่ถูกต้อง

6) มีการไถพรวนเท่าที่จำเป็น และไถตื้นๆ เพื่อให้เศษซากพืชส่วนมากกระจายอยู่ตามผิว การไถเพียงตื้นๆ พร้อมทั้งใส่ปุ๋ย ซากพืช และทำพืชปุ๋ยสด เป็นการสะสมชิ้นส่วนของอินทรียสารที่อุดมด้วยธาตุอาหารไว้บริเวณผิวดิน ซึ่งมีผลต่อเนื่องอีกหลายประการ เช่น ลดการระเหยน้ำจากผิวดิน ความชื้นในดินจึงลดลงช้า ขณะที่อุณหภูมิดินต่ำกว่าสภาพทั่วไปเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้เองสภาพแวดล้อมจุลภาคที่ผิวดินซึ่งใช้เทคนิคด้านเกษตรอินทรีย์จึงดีกว่าปฏิบัติทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความชื้นดิน และการกระจายของสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งการไถพรวนน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น นอกจากจะช่วยอนุรักษ์เศษซากพืชและอินทรียวัตถุในชั้นดินบนแล้ว ยังเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ บริเวณผิวดินระดับ 0-7.5 ซม. อีกด้วย ดังตารางที่ 8.5 ด้วยเหตุนี้การปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ที่

ไถพรวนน้อย ใส่ซากพืชและปุ๋ยอินทรีย์อย่างเพียงพอ ทำให้ 1) อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และ 2) เพิ่มปริมาณอินทรียสารที่มีศักยภาพในการปลดปล่อยไนโตรเจน สารเหล่านี้จะแปรสภาพโดยกระบวนการมินเนอราลไลเซชัน เป็นแอมโมเนียมไอออนได้ค่อนข้างรวดเร็ว นอกจากนี้กระบวนการย่อยสลายอินทรียสารของจุลินทรีย์ยังก่อให้มีการสะสมสารฮิวมัสซึ่งสลายยาก และกลายเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่จะมีการปลดปล่อยอย่างช้าๆอีกด้วย (Torstensson *et al*., 2006)

ตารางที่ 8.4 ชื่อสารที่อนุญาตให้ใช้บำรุงดินและประโยชน์ที่ได้จากการใช้

สาร	ประโยชน์
หินฟอสเฟต	ให้แคลเซียมและฟอสฟอรัส
หินโพแทช	ให้โพแทสเซียม
แร่แลงไบไนต์	ให้โพแทสเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน
โพแทสเซียมซัลเฟต	ให้โพแทสเซียมและกำมะถัน (อนุญาติเฉพาะปุ๋ยที่ผลิตโดยกระบวนการทางกายภาพ
ยิปซั่ม	ให้แคลเซียมและกำมะถัน
กำมะถันผง	ให้กำมะถัน
แมกนีเซียมซัลเฟต	ให้แมกนีเซียมและกำมะถัน
หินปูนบด, เปลือกหอย	แก้ไขสภาพความเป็นกรดของดินและให้แคลเซียม
หินปูนโดโลไมต์	แก้ไขสภาพความเป็นกรดของดิน ให้แคลเซียมและแมกนีเซียม
เถ้าไม้	มีฤทธิ์เป็นด่างเล็กน้อย ให้โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเล็กน้อย
แคลเซียมจากสาหร่าย	ให้แคลเซียม
แคลเซียมจากซิลิเกต	ให้แคลเซียมและซิลิกอน
โบแรกซ์	ให้โบรอน
ปุ๋ยจุลธาตุ	ให้ B, Cu, Fe, Mn, Mo และหรือ Zn (ต้องได้รับการรับรองก่อนใช้)

ที่มา: ปรับปรุงจากกรมวิชาการเกษตร (2543)

ตารางที่ 8.5 ผลของการเขตกรรมแบบต่างๆต่อปริมาณชีวมวลของจุลินทรีย์ดิน ความชื้นดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดินระดับ 0-7.5 ซม.

วิธีการ	ดีกรีของการรบกวนดิน	ชีวมวลของจุลินทรีย์ (กก.C/ไร่)	ความชื้นดิน (%โดยปริมาตร)	อินทรียวัตถุ (%)
แปลงหญ้าถาวร	ไม่รบกวน	171.2	17.7	4.49
ไม่ไถพรวน	เล็กน้อย	141.4	14.3	3.80
ไถพรวนเท่าที่จำเป็น	ปานกลาง	132.5	12.2	3.28
ไถพรวนตามปกติ	มาก	105.1	10.6	2.42

ที่มา: Power and Doran (1984)

บทที่ 9

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดินแบบผสมผสาน

1. คำนำ

เนื่องจากดินเป็นส่วนสำคัญมากของระบบการผลิตพืช ประกอบกับความยั่งยืนของการเกษตรก็ขึ้นอยู่กับผลิตภาพดิน (soil productive) ถ้าดินมีผลิตภาพสูง (productive soil) เรียกว่า **"ดินดี"** หมายถึงดินที่มีสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพที่เหมาะสม และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เมื่อใช้ปลูกพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดีและมีการจัดการที่เหมาะสมกับพืชก็จะให้ผลผลิตสูง ดังนั้น ดินผลิตภาพสูงจึงต้องเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง โดยสมบัติด้านอื่นๆ ไม่เหมาะสมก็จะมีผลทำให้ดินมีผลิตภาพต่ำ (ยงยุทธและคณะ, 2551)

สำหรับสมบัติของดินทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ มีความหมาย ดังนี้

1) สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง สภาพความเค็ม ปริมาณสารพิษ ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ความสามารถในการตรึงธาตุอาหาร เช่น การตรึงฟอสฟอรัส เป็นต้น

2) สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน คามหนาแน่น ความจุในการอุ้มน้ำ อัตราการซาบซึมของน้ำ และการระบายอากาศในดิน

3) สมบัติทางชีวภาพของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ชนิด จำนวนและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินทั้งที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษต่อพืช

ดังนั้นหลักการบำรุงดินในระบบการเกษตรอย่างยั่งยืน จึงควรใช้ปุ๋ยวิธีการแบบผสมผสาน ดังนี้

1) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพมากที่สุดเท่าที่จะหาได้ เพื่อบำรุงดินในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพตลอดจนปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมาให้พืชใช้ประโยชน์

2) ถ้าธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพไม่เพียงพอกับพืช ก็เสริมด้วยปุ๋ยเคมีตามความจำเป็นโดยอาศัยการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นตัวกำหนดชนิดและอัตราของปุ๋ยเคมีที่ต้องการใช้ ทั้งต้องคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมในระยะสั้นและระยะยาวด้วย

2. หลักการใช้ปุ๋ย

2.1 หลักการใช้ปุ๋ยแต่ละประเภท

ปุ๋ยมี 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ คำนิยามของการใช้ปุ๋ยจึงแตกต่างกันและวัตถุประสงค์ของการใช้ ก็มีประเด็นที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 9.1

1) การใช้ปุ๋ยเคมี คือการให้สารประกอบซึ่งมีธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ โดยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกัน เช่นใส่ทางดิน ให้ทางใบหรือให้ทางระบบชลประทาน (ยงยุทธ, 2547 และ 2549) การใช้ปุ๋ยเคมีที่ดี คือการให้ธาตุอาหารซึ่งตรงกับที่พืชขาดแคลน ในปริมาณที่พอเหมาะ เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารต่างๆครบถ้วน แต่ละธาตุมีปริมาณที่เพียงพอและสมดุล อันจะช่วยให้ได้ผลผลิตสูงและผลผลิตมีคุณภาพดีและคงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับดีเอาไว้ระยะยาว (Brady and Weil, 2004)

2) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ คือการใส่ปุ๋ยที่เป็นอินทรียสารจากธรรมชาติลงไปในดิน เพื่อให้ธาตุอาหารปรับปรุงทางดินฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ

3) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ คือการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ลงไปในดิน เพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร เช่นใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มไนโตรเจน หรือเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่นใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (ตารางที่ 9.2)

ตารางที่ 9.1 เปรียบเทียบผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพในแง่ต่างๆ

การเปรียบเทียบ	ปุ๋ยอินทรีย์	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยชีวภาพ
1. ธาตุอาหารพืชที่ดินได้รับ			
จำนวนธาตุ	มาก	น้อย	น้อย
ปริมาณแต่ละธาตุ	น้อย	มาก	ขึ้นกับชนิดจุลินทรีย์
อัตราการใส่ (กก./พื้นที่)	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ปลดปล่อยให้พืชเร็วหรือช้า	ช้า	เร็ว	ปานกลาง
2. ผลต่อสมบัติทางเคมีของดิน			
CEC	เพิ่ม	-	-
ความจุบัฟเฟอร์	เพิ่ม	-	-
ผลตกค้างด้านสภาพกรดด่าง	-	กรด ด่าง หรือไม่มีผล	-
3. ผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน			
ความหนาแน่นรวม	ลด	-	-
การเกิดเม็ดดิน	เพิ่ม	-	-
ความชื้นที่เป็นประโยชน์	เพิ่ม	-	-
การถ่ายเทอากาศ	เพิ่ม	-	-
4. ผลต่อจุลินทรีย์ดิน			
แหล่งธาตุอาหาร	หลายธาตุ	บางธาตุ	-
แหล่งพลังงาน	ให้พลังงาน	บางธาตุ	-
สารอาหาร	กรดอะมิโน	-	-
	โปรตีน	-	-
	วิตามินและอื่นๆ	-	-
สมดุลของจุลินทรีย์ดิน	ดีขึ้น	-	ดีขึ้น

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

ตารางที่ 9.2 ปุ๋ยชีวภาพและผลจากการใช้

ปุ๋ยชีวภาพ	ชนิดของจุลินทรีย์	ประโยชน์
เชื้อไรโซเบียม	แบคทีเรีย	อยู่ในปมรากถั่วและช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาให้พืชใช้ประโยชน์
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	ไซยาโนแบคทีเรีย	ใส่ในนาข้าวและช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศแบบอิสระมาให้รากข้าวใช้ประโยชน์
เชื้อราไมคอร์ไรซา	รา	อยู่ร่วมกับรากพืชและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดน้ำและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของรากพืช
จุลินทรีย์ย่อยฟอสเฟต	แบคทีเรียและรา	ช่วยย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยาก ให้อยู่ในรูปที่รากพืชใช้ประโยชน์ได้

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

2.2 เป้าหมายของการใช้ปุ๋ย

การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ มีเป้าหมาย 2 ประการคือ

1) เพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (corrective application) คือการใส่ปุ๋ยเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ต่ำหรือปานกลาง ให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ

2) เพื่อคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (maintainance application) คือการใส่ปุ๋ยประจำฤดูปลูก เพื่อคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ดีเอาไว้ โดยใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยธาตุอาหารส่วนที่สูญหายไปกับการเก็บเกี่ยว และกระบวนการตามธรรมชาติ รวมทั้งชดเชยอินทรียวัตถุในดินที่สลายไปในรอบปีที่ผ่านมา

หากสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องและต่อเนื่อง ร่วมกับการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเหมาะสม ดินจะมีผลิตภาพสูงอย่างยั่งยืน

2.3 หลักการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานหรือเชิงบูรณาการ

การใช้ปุ๋ยต่างชนิดกันทำให้ได้ระบบการจัดการดินที่ดี 2 ระบบคือ 1) ระบบเกษตรอินทรีย์ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผสมผสานกับปุ๋ยชีวภาพ และ 2) ระบบที่ใช้ปุ๋ยเคมีผสมผสานกับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ โดยใช้ปุ๋ยแต่ละอย่างในช่วงเวลาและด้วยวิธีการที่เหมาะกับแต่ละพืช รวมทั้งการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่จำเป็น สำหรับแก้ไขสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดินบางอย่างที่บกพร่องให้ดีอีกด้วย ทั้งสองระบบมีองค์ประกอบที่สำคัญดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 การเปรียบเทียบแนวทางการใช้ปุ๋ยสามแบบ

ปุ๋ยและอื่นๆ	เกษตรอินทรีย์	ผสมผสาน	ระบบที่ไม่แนะนำ
ปุ๋ยเคมี	ไม่ใช้	ใช้	ใช้
ปุ๋ยอินทรีย์	ใช้	ใช้	ไม่ใช้
ปุ๋ยชีวภาพ	ใช้	ใช้	ไม่ใช้
การจัดการซากพืช	คืนสู่ดิน	คืนสู่ดิน	เผา
การปลูกพืช	ระบบหมุนเวียน	ระบบหมุนเวียน	เชิงเดี่ยว

ที่มา: ยงยุทธและคณะ (2551)

สำหรับการบำรุงดินแบบผสมผสานมีหลักการปฏิบัติ ดังนี้

1) ปรับปรุงดินทางเคมีด้วยสารปรับปรุงดิน เช่นใส่ปูนในดินกรด เพื่อปรับพีเอชให้ใกล้กลาง ซึ่งจะช่วยให้ธาตุอาหารเดิมในดินและปุ๋ยที่ใช้มีความเป็นประโยชน์สูง

2) ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ ด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการไถพรวนที่เหมาะสม เพื่อเอื้ออำนวยให้รากพืชแผ่ขยายได้ดีทั้งแนวราบและแนวดิ่ง

3) มีการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการทางพืช เช่นใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนและปลูกพืชคลุมดิน ร่วมกับวิธีการเชิงกล เช่นการไถพรวนตามแนวระดับ และใช้มาตรการอื่นๆตามความจำเป็น เพื่อลดการสูญเสียดินและน้ำ

4) ใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมธาตุอาหารบางธาตุที่ยังไม่เพียงพอ ช่วยให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง เหมาะกับความต้องการของพืชที่ปลูก

5) ใช้ปุ๋ยชีวภาพ เพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร หรือเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งจะช่วยลดอัตราปุ๋ยหรืองดการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้บางธาตุ

3. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อเป็นแนวทางการใช้ปุ๋ย

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน หมายถึง การตรวจสอบว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ สูง ปาน หรือต่ำ เพื่อใช้สำหรับปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง โดยอาศัยหลักการประเมิน 3 วิธี คือ การสังเกตอาการผิดปกติของพืช การวิเคราะห์ดินและการวิเคราะห์พืช (Jones, 2001) ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะการวิเคราะห์ดินเพื่อเป็นแนวทางการใช้ปุ๋ยในการบำรุงดินแบบผสมผสาน ซึ่งการวิเคราะห์ดินทางเคมีเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินมีขั้นตอน ดังนี้

ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ เวลาที่เหมาะสมแก่การเก็บตัวอย่างดิน คือ หลังเก็บผลผลิตพืชหรือในระยะต้นของฤดูกาลของการผลิตพืช พื้นที่ 5 – 10 ไร่ ควรเก็บตัวอย่างดินอย่างน้อย 5 – 10 หลุม กระจายให้ทั่วพื้นที่ ความลึกของดินที่เก็บประมาณ 15 เซนติเมตร แล้วใส่ถังพลาสติกที่สะอาดปราศจากปุ๋ยเคมีหรือสารเคมี หลังจากเก็บทุกหลุมแล้วทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันดี เพื่อจะได้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่นั้นๆ แล้วเก็บตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม เขียนชื่อสถานที่เก็บตัวอย่างและมัดปากถุงให้แน่นก่อนส่งไปวิเคราะห์ โดยสามารถส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ได้ที่หน่วยงานในสังกัดกรมพัฒนาที่ดิน หน่วยงานในสังกัดกรมวิชาการเกษตร ในพื้นที่ที่อยู่ใกล้หรือจังหวัดใกล้เคียง (กรมวิชาการเกษตร , 2552)

จากผลวิเคราะห์ดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ สามารถนำผลไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารหลักเฉพาะพืช โดยปรกติดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะปลดปล่อยไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างมากแล้ว ยังมีศักยภาพในการให้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุรอง และจุลธาตุรูปที่เป็นประโยชน์ด้วยค่อนข้างดีด้วย ซึ่งหลายธาตุมีแนวโน้มที่จะเพียงพอสำหรับพืช หากใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมบางธาตุก็ใช้ในอัตราต่ำ (ยงยุทธและคณะ, 2551) สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างซึ่งความหมายแสดงไว้ในตารางที่ 9.4 ซึ่งค่าที่

เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) และปริมาณปูนที่ใช้เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างให้เหมาะสมหรือปรับปรุงดินกรดดังตารางที่ 9.5

ตารางที่ 9.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและปฏิกิริยาดิน

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	ปฏิกิริยาดิน
ต่ำกว่า 4	กรดจัดมาก
4.0 – 5.5	กรดจัด
5.5 – 6.5	กรดปานกลาง
6.5 – 6.9	กรดเล็กน้อย
7.0	เป็นกลาง
7.1 – 7.5	ด่างเล็กน้อย
7.5 – 8.5	ด่างปานกลาง
8.5 – 9.0	ด่างจัด
สูงกว่า 9.0	ด่างจัดมาก

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ตารางที่ 9.5 ความต้องการปูน (กก.ต่อไร่ของแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์) ที่ต้องใช้กับดินกรดที่มีเนื้อดินต่างกัน เพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (พีเอช) จากเดิมขึ้นเป็น 6.5

พีเอชเดิมของดิน	ดินทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วน	ดินเหนียวและร่วนเหนียว
5.0	200	300	400	500
4.5	700	800	1,000	1,100
4.0	1,100	1,300	1,800	2,100
3.5	1,600	2,000	2,500	3,000
3.0	2,200	2,800	3,200	4,000

ที่มา: โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแดล้อม (2549)

4. วิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดินแบบผสมผสาน

จากผลการวิเคราะห์ดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารที่พืชแต่ละชนิดต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยสามารถพิจารณาจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ โดยต้องมีการปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้มีความเหมาะสมก่อนการใส่ปุ๋ย โดยการใส่ตามค่าความต้องการปูนของดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

4.1 การใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจตามค่าวิเคราะห์ดิน

ต้องทราบพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารหลักปริมาณเท่าไร โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดยพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารหลัก ดังนี้

1) การใช้ปุ๋ยกับข้าว ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.6

ตารางที่ 9.6 การใช้ปุ๋ยกับข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่		วิธีการใส่ปุ๋ย
	ข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง	ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง	
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)			ปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่
< 1	ปุ๋ยN 9 กก./ไร่	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	2 ครั้งๆ ละเท่ากัน
1 – 2	ปุ๋ยN 6 กก./ไร่	ปุ๋ยN 12 กก./ไร่	ครั้งแรกใส่ระยะปักดำ
> 2	ปุ๋ยN 3 กก./ไร่	ปุ๋ยN 6 กก./ไร่	ครั้งที่ 2 ใส่ระยะ
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)			กำเนิดช่อดอก
< 5	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	ปุ๋ยฟอสฟอรัสและ
5 – 10	ปุ๋ยP_2O_5 3 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 3 กก./ไร่	ปุ๋ยโพแทสเซียม
> 10	ปุ๋ยP_2O_5 0 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 0 กก./ไร่	ใส่ระยะปักดำ
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)			
< 60	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	
60 – 80	ปุ๋ยK_2O 3 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 3 กก./ไร่	
> 80	ปุ๋ยK_2O 0 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 0 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

2) การใช้ปุ๋ยกับพืชไร่

2.1) มันสำปะหลัง ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.7

ตารางที่ 9.7 การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ใส่ปุ๋ยครั้งเดียว หลังปลูก
< 1	ปุ๋ยN 16 กก./ไร่	1 – 3 เดือน หรือหลังกำจัดวัชพืช
1 – 2	ปุ๋ยN 8 กก./ไร่	เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ
> 2	ปุ๋ยN 4 กก./ไร่	โดยใส่สองข้างต้นมันสำปะหลัง
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		
< 7	ปุ๋ยP_2O_5 8 กก./ไร่	
7 – 30	ปุ๋ยP_2O_5 4 กก./ไร่	
> 30	ปุ๋ยP_2O_5 0 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		
< 30	ปุ๋ยK_2O 16 กก./ไร่	
30 – 60	ปุ๋ยK_2O 8 กก./ไร่	
> 60	ปุ๋ยK_2O 4 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

2.2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.8

ตารางที่ 9.8 การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง รองก้นร่องตอนปลูก และส่วนที่เหลือใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30 วัน
< 1	ปุ๋ยN 20 กก./ไร่	
1 – 2	ปุ๋ยN 15 – 10 กก./ไร่	
> 2	ปุ๋ยN 5 – 10 กก./ไร่	
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		ใส่รองก้นร่องตอนปลูก
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 10 กก./ไร่	
10 – 15	ปุ๋ยP_2O_5 10 – 5 กก./ไร่	
> 15	ปุ๋ยP_2O_5 5 – 0 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		ใส่รองก้นร่องตอนปลูก
< 60	ปุ๋ยK_2O 10 กก./ไร่	
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 10 – 5 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 5 – 0 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

2.3) ข้าวโพดฝักสด ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.9

ตารางที่ 9.9 การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสดตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง รองก้นร่องตอนปลูก และส่วนที่เหลือใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30 วัน
< 1	ปุ๋ยN 30 กก./ไร่	
1 – 2	ปุ๋ยN 20 กก./ไร่	
> 2	ปุ๋ยN 15 กก./ไร่	
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		ใส่รองก้นร่องตอนปลูก
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 10 กก./ไร่	
10 – 15	ปุ๋ยP_2O_5 10 – 5 กก./ไร่	
> 15	ปุ๋ยP_2O_5 5 – 0 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		ใส่รองก้นร่องตอนปลูก
< 60	ปุ๋ยK_2O 10 กก./ไร่	
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 10 – 5 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 5 – 0 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552)

2.4) อ้อยปลูก ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.10

ตารางที่ 9.10 การใช้ปุ๋ยกับอ้อยปลูกตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง โรยข้าง
< 1	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	แถวปลูกแล้วพรวนกลบ หลัง
1 – 2	ปุ๋ยN 12 กก./ไร่	อ้อยงอก 30 วัน และส่วนที่เหลือ
> 2	ปุ๋ยN 12 กก./ไร่	ใส่โรยข้างแถวปลูก แล้วพรวน
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		กลบ หลังจากครั้งแรก 60 วัน
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โรยข้างแถว
15 – 30	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	ปลูก แล้วพรวนกลบหลังอ้อย
> 30	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	งอก 30 วัน
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โรยข้างแถว
< 60	ปุ๋ยK_2O 12 กก./ไร่	ปลูก แล้วพรวนกลบหลังอ้อย
60 – 90	ปุ๋ยK_2O 12 กก./ไร่	งอก 30 วัน
> 90	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

2.4) อ้อยตอ ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.11

ตารางที่ 9.11 การใช้ปุ๋ยกับอ้อยตอตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งหนึ่ง โรยข้าง
< 1	ปุ๋ยN 24 กก./ไร่	แถวปลูกแล้วพรวนกลบ หลัง
1 – 2	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	จากแต่งตอ และส่วนที่เหลือ
> 2	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	ใส่โรยข้างแถวปลูก แล้วพรวน
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		กลบ หลังจากแต่งตอ 60 วัน
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 12 กก./ไร่	ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โรยข้างแถว
15 – 30	ปุ๋ยP_2O_5 9 กก./ไร่	ปลูก แล้วพรวนกลบหลังแต่งตอ
> 30	ปุ๋ยP_2O_5 9 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โรยข้างแถว
< 60	ปุ๋ยK_2O 24 กก./ไร่	ปลูก แล้วพรวนกลบหลังแต่งตอ
60 – 90	ปุ๋ยK_2O 18 กก./ไร่	
> 90	ปุ๋ยK_2O 18 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

3) การใช้ปุ๋ยกับพืชตระกูลถั่วเศรษฐกิจ (ถั่วเขียว ถั่วลิสง และถั่วเหลือง) ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.12

ตารางที่ 9.12 การใช้ปุ๋ยกับพืชตระกูลถั่วเศรษฐกิจ ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	
	ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		
< 1	ปุ๋ยN 0 – 3 กก./ไร่	ปุ๋ยN 12 – 20 กก./ไร่
1 – 2	ปุ๋ยN 0 กก./ไร่	ปุ๋ยN 9 – 15 กก./ไร่
> 2	ปุ๋ยN 0 กก./ไร่	ปุ๋ยN 6 - 10 กก./ไร่
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		
< 8	ปุ๋ยP_2O_5 9 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 9 กก./ไร่
8 – 12	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่
> 30	ปุ๋ยP_2O_5 3 กก./ไร่	ปุ๋ยP_2O_5 3 กก./ไร่
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		
< 40	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่
40 – 80	ปุ๋ยK_2O 3 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 3 กก./ไร่
> 80	ปุ๋ยK_2O 0 กก./ไร่	ปุ๋ยK_2O 0 กก./ไร่

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4) การใช้ปุ๋ยกับไม้ผลต่างๆ

4.1) ทุเรียน ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.13

ตารางที่ 9.13 การใช้ปุ๋ยกับทุเรียนตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 8 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,920 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 960 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 720 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 800 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 400 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 200 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,600 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 800 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 400 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.2) ลำไย ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.14

ตารางที่ 9.14 การใช้ปุ๋ยกับลำไยตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 8 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,440 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 720 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 360 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 800 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 400 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 200 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,360 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 680 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 360 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.3) มังคุด ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.15

ตารางที่ 9.15 การใช้ปุ๋ยกับมังคุดตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 7 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,400 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 700 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 350 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 700 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 350 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 175 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,680 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 840 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 420 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.4) เงาะ ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.16

ตารางที่ 9.16 การใช้ปุ๋ยกับเงาะตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 7 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,680 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 840 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 420 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 560 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 280 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 140 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 840 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 420 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 210 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.5) มะม่วง ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.17

ตารางที่ 9.17 การใช้ปุ๋ยกับมะม่วงตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 5 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 1.5	ปุ๋ยN 1,200 กรัม
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 600 กรัม
> 2.5	ปุ๋ยN 300 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 400 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 200 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 100 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,000 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 500 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 250 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.6) ส้ม ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.18

ตารางที่ 9.18 การใช้ปุ๋ยกับส้มตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 4 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 800 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 400 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 200 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 480 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 240 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 120 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 640 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 320 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 160 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.7) ลิ้นจี่ ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.19

ตารางที่ 9.19 การใช้ปุ๋ยกับลิ้นจี่ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม 6 เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,120 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 560 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 280 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 560 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 280 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 140 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,120 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 560 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 280 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.8) สับปะรด ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.20

ตารางที่ 9.20 การใช้ปุ๋ยกับสับปะรดตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 1.5	ปุ๋ยN 75 กก./ไร่
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 50 กก./ไร่
> 2	ปุ๋ยN 25 กก./ไร่
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 6	ปุ๋ยP_2O_5 34 กก./ไร่
6 – 455	ปุ๋ยP_2O_5 17 กก./ไร่
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 0 กก./ไร่
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 35	ปุ๋ยK_2O 136 กก./ไร่
35 – 140	ปุ๋ยK_2O 68 กก./ไร่
> 140	ปุ๋ยK_2O 34 กก./ไร่

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

4.9) มะพร้าว ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.21

ตารางที่ 9.21 การใช้ปุ๋ยกับมะพร้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่ต่อต้น (ขนาดทรงพุ่ม ถ เมตร)
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)	
< 2	ปุ๋ยN 1,200 กรัม
2 – 3	ปุ๋ยN 600 กรัม
> 3	ปุ๋ยN 300 กรัม
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)	
< 15	ปุ๋ยP_2O_5 500 กรัม
15 – 45	ปุ๋ยP_2O_5 250 กรัม
> 45	ปุ๋ยP_2O_5 125 กรัม
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)	
< 50	ปุ๋ยK_2O 1,000 กรัม
50 – 100	ปุ๋ยK_2O 500 กรัม
> 100	ปุ๋ยK_2O 250 กรัม

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

5) การใช้ปุ๋ยกับพืชผักต่างๆ

5.1) ผักรับประทานต้นและใบ เช่น คะน้า กะหล่ำ ผักกาด และบรอกโคลี เป็นต้น ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.22

ตารางที่ 9.22 การใช้ปุ๋ยกับผักรับประทานต้นและใบตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		1. ปลูกโดยใช้เมล็ดหว่าน
< 1.5	ปุ๋ยN 20 กก./ไร่	ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยN ครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 15 กก./ไร่	ร่วมกับปุ๋ยP และ K หลังจากแตกใบจริง
> 2.5	ปุ๋ยN 10 กก./ไร่	3 – 4 ใบ ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยN ที่เหลือจากใส่
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		ครั้งแรก ประมาณ 15 วัน
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 10 กก./ไร่	2. ปลูกด้วยต้นกล้า
10 – 20	ปุ๋ยP_2O_5 5 กก./ไร่	ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยN ครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ
> 20	ปุ๋ยP_2O_5 5 กก./ไร่	ร่วมกับปุ๋ยP และ K หลังย้ายกล้าปลูกแล้ว
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		7 วัน หรือกล้าตั้งตัวดีแล้ว ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยN
< 60	ปุ๋ยK_2O 15 กก./ไร่	ที่เหลือหลังจากย้ายกล้าปลูก 30 วัน
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 10 กก./ไร่	ใส่ปุ๋ยโดยโรยสองข้างแถวปลูกและพรวนดิน
> 100	ปุ๋ยK_2O 5 กก./ไร่	กลบและให้น้ำ

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

5.2) พริก มะเขือ มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียว ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.23

ตารางที่ 9.23 การใช้ปุ๋ยกับพริก มะเขือ มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียว ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ครั้งแรก ใส่ปุ๋ย ½ N+P+K หลังจากย้ายกล้า
< 1.5	ปุ๋ยN 24 กก./ไร่	ปลูกแล้ว 7 วัน หรือกล้าตั้งตัวดีแล้ว
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ย ½ N ที่เหลือหลังจากย้าย
> 2.5	ปุ๋ยN 12 กก./ไร่	กล้าปลูก 30 วัน ใส่สองข้างแถวปลูก แล้ว
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		พรวนดินกลบพร้อมกับให้น้ำทันที
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 16 กก./ไร่	
10 – 20	ปุ๋ยP_2O_5 8 กก./ไร่	
> 20	ปุ๋ยP_2O_5 4 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		
< 60	ปุ๋ยK_2O 16 กก./ไร่	
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 12 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

5.3) กระเทียม หอมแดง และหอมหัวใหญ่ ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.24

ตารางที่ 9.24 การใช้ปุ๋ยกับกระเทียม หอมแดง และหอมหัวใหญ่ ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ครั้งแรก ใส่ปุ๋ย ½ N+P+K หว่านให้ทั่วแปลง
< 1.5	ปุ๋ยN 15 กก./ไร่	ก่อนปลูก หลังจากปลูกแล้วคลุมด้วยฟางข้าว
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 10 กก./ไร่	แล้วรดน้ำให้ชุ่ม
> 2.5	ปุ๋ยN 10 กก./ไร่	ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ย ½ N ที่เหลือหลังจากย้าย
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		กล้าปลูก 30 วัน ใส่วิธีการหว่านให้ทั่วแปลง
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 15 กก./ไร่	แล้วรดน้ำให้ชุ่ม อย่าให้ปุ๋ยตกค้างอยู่บนฟาง
10 – 20	ปุ๋ยP_2O_5 10 กก./ไร่	ข้าว
> 20	ปุ๋ยP_2O_5 5 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		
< 60	ปุ๋ยK_2O 10 กก./ไร่	
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 5 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 5 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

5.4) มันฝรั่ง มันเทศ และ เผือก ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.25

ตารางที่ 9.25 การใช้ปุ๋ยกับมันฝรั่ง มันเทศ และ เผือก ตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		ครั้งแรก ใส่ปุ๋ย ½ N+P+K รองก้นหลุมก่อน
< 1.5	ปุ๋ยN 24 กก./ไร่	ปลูก
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 16 กก./ไร่	
> 2.5	ปุ๋ยN 16 กก./ไร่	ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ย ½ N ที่เหลือหลังจากย้าย
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		กล้าปลูก 30 วัน ใส่สองข้างแถว แล้วพรวน
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 8 กก./ไร่	ดินกลบ พร้อมกับพูนโคนละให้น้ำทันที
10 – 20	ปุ๋ยP_2O_5 8 กก./ไร่	
> 20	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		
< 60	ปุ๋ยK_2O 24 กก./ไร่	
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 16 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

5.5) หน่อไม้ฝรั่ง ต้องการธาตุอาหารหลัก ดังตารางที่ 9.26

ตารางที่ 9.26 การใช้ปุ๋ยกับหน่อไม้ฝรั่งตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	วิธีการใส่ปุ๋ย
1) อินทรียวัตถุ (OM, %)		1. ระยะย้ายกล้าปลูก
< 1.5	ปุ๋ยN 24 กก./ไร่	ครั้งแรก ใส่ปุ๋ย ½ N+P+K หลังจากย้ายกล้า
1.5 – 2.5	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	ปลูก 7 – 10 วัน
> 2.5	ปุ๋ยN 18 กก./ไร่	ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยN ที่เหลือจากใส่ครั้งแรก
2) ฟอสฟอรัส (P, มก./กก)		ประมาณ 30 วัน ใส่สองข้างแถวปลูกแล้ว
< 10	ปุ๋ยP_2O_5 12 กก./ไร่	พรวนดินกลบ
10 – 20	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	2. ระยะพักต้น
		ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 12 กก./ไร่ หลัง
> 20	ปุ๋ยP_2O_5 6 กก./ไร่	จากตัดต้นแม่แล้ว
3) โพแทสเซียม (K, มก./กก)		ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอีก 12 กก./ไร่
< 60	ปุ๋ยK_2O 24 กก./ไร่	หลังจากใส่ครั้งแรก 30 วัน
60 – 100	ปุ๋ยK_2O 16 กก./ไร่	
> 100	ปุ๋ยK_2O 6 กก./ไร่	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

6. การใช้ปุ๋ยกับปาล์มน้ำมัน

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถเพิ่มศักยภาพการใช้ปุ๋ยและลดการใช้ปุ๋ยได้ โดยการประเมินสมบัติของดินจากผลการวิเคราะห์ทางเคมีว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์มากน้อยเท่าไร โดยเปรียบเทียบได้จาก ตารางที่ 9.27 และนำผลที่ได้ไปพิจารณาการใช้ปุ๋ยเคมีให้ถูกต้องและเหมาะสมกับต้นปาล์มที่ปลูก ดังตารางที่ 9.28, 9.29, 9.30 และ 9.31

ตารางที่ 9.27 ระดับของผลวิเคราะห์ดินที่จัดว่าอยู่ในระดับต่ำ ปานกลางและสูง สำหรับปาล์มน้ำมัน

รายการวิเคราะห์	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน			
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
pH	< 3.5	4.0	4.2	5.5
อินทรียวัตถุ (%)	< 0.8	1.2	1.5	2.5
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	< 0.08	0.12	0.15	0.25
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./กก.)	< 8.0	15.0	20.0	25.0
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 120	200	250	400
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 32.0	80.0	100.0	120.0
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$)	< 0.08	0.20	0.25	0.30
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 20	50.0	75.0	100.0
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$)	0.08	0.20	0.25	0.30
ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 4.0	< 5.0	5.0	> 6.0
CEC ($cmol_c/kg$)	< 6.0	12.0	15.0	18.0

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

ตารางที่ 9.28 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

อายุปาล์มน้ำมัน (ปี)	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี (กก./ต้น)				
	21 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
1	1.25	0.50	1.00	0.50	0.09
2	2.50	0.75	2.50	1.00	0.13
3	3.50	1.00	3.00	1.00	0.13
รวม (กก./ต้น/3 ปี)	7.25	2.25	6.50	2.50	0.35
รวม (กก./ไร่/3 ปี)	165.30	51.30	148.20	57.00	7.99

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

ตารางที่ 9.29 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

อายุปาล์มน้ำมัน (ปี)	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี (กก./ต้น)				
	21 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
1	1.00	0.60	0.50	-	0.09
2	2.00	0.90	1.80	-	0.13
3	2.00	1.10	2.30	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3 ปี)	5.00	2.60	4.60	0.70	0.35
รวม (กก./ไร่/3 ปี)	114.00	59.28	104.88	15.96	7.99

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

ตารางที่ 9.30 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินกรดหรือดินเปรี้ยวจัด

อายุปาล์มน้ำมัน (ปี)	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี (กก./ต้น)				
	21 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
1	1.00	0.90	1.00	0.30	0.09
2	2.20	0.90	2.50	0.30	0.13
3	3.00	1.10	2.50	0.70	0.13
รวม (กก./ต้น/3 ปี)	6.20	2.90	6.00	1.30	0.35
รวม (กก./ไร่/3 ปี)	141.36	66.12	136.80	29.67	7.99

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

ตารางที่ 9.31 ปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับปาล์มน้ำมัน 3 ปีแรก ที่ปลูกในดินทราย

อายุปาล์มน้ำมัน (ปี)	ชนิดและปริมาณปุ๋ยเคมี (กก./ต้น)				
	21 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	กีเซอร์ไรท์	โบเรท
1	2.50	0.90	1.20	1.00	0.13
2	3.00	1.10	3.50	1.40	0.13
3	5.00	1.30	4.00	1.40	0.13
รวม (กก./ต้น/3 ปี)	10.50	8.70	8.70	3.80	0.39
รวม (กก./ไร่/3 ปี)	239.40	198.36	198.36	86.64	8.90

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

7. การใช้ปุ๋ยกับยางพารา

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของยางพาราเป็นการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่ ยางพาราต้องการปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันตามอายุ ชนิดของดิน และพันธุ์ยาง แต่เนื่องจากดินปลูกยางแต่ละพื้นที่สมบัติทางเคมี กายภาพ ละชีวภาพแตกต่างกัน ดังนั้น การใช้ผลการวิเคราะห์ดินของแต่ละธาตุเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต หรือระดับที่เหมาะสมของธาตุนั้นๆ ดังตารางที่ 9.32 เพื่อประเมินธาตุอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ดิน และพิจารณาร่วมกับผลการทดลอง ทำให้สามารถแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินว่าต้องใส่ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามผลการประเมินธาตุอาหารที่ได้จากการวิเคราะห์ดิน ซึ่งสามารถแนะนำการใส่ปุ๋ยสำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดได้ 27 แบบ พร้อมทั้งปริมาณแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมและอัตราที่ใช้ตามอายุของต้นยาง ดังตารางที่ 9.33 – 9.38 (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ตารางที่ 9.32 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกยางพารา

รายการวิเคราะห์	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
คาร์บอนอินทรีย์ (%)	< 0.5	0.5 – 1.5	1.6 – 2.5
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	< 0.10	0.11 – 0.25	0.26 – 0.40
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./กก.)	< 250	250 – 350	351 - 600
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 11	11 – 30	> 30
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	< 40	> 40	-
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$)	< 0.30	0.30 – 0.45	> 0.45
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$)	< 0.30	> 0.30	-
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($cmol_c/kg$)	< 0.30	> 0.30	-

ที่มา: นุชนารถและประสาท (2547)

ตารางที่ 9.33 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราหลังเปิดกรีด

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	40	16	28	1,200
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	40	16	21	1,100
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	43	8	28	1.120
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	43	8	21	1,020
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	27	16	28	1,020
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	27	16	21	920
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	30	8	28	940
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	30	8	21	840
สูง	ต่ำ	ต่ำ	17	16	28	880
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	17	16	21	780
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	20	8	28	800
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	20	8	21	700

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

ตารางที่ 9.34 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 1 และ 3 เดือน

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	4.0	1.5	2.5	105
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	4.0	1.5	2.0	100
ต่ำ	ต่ำ	สูง	4.0	1.5	1.8	100
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	4.0	1.2	2.5	100
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	4.0	1.2	2.0	95
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	4.0	1.2	1.8	95
ต่ำ	สูง	ต่ำ	4.0	1.0	2.5	100
ต่ำ	สูง	ปานกลาง	4.0	1.0	2.0	95
ต่ำ	สูง	สูง	4.0	1.0	1.8	90
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	3.0	1.5	2.5	95
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	3.0	1.5	2.0	90
ปานกลาง	ต่ำ	สูง	3.0	1.5	1.8	85
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	3.0	1.2	2.5	90
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	3.0	1.2	2.0	85
ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	3.0	1.2	1.8	80
ปานกลาง	สูง	ต่ำ	3.0	1.0	2.5	90
ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	3.0	1.0	2.0	80
ปานกลาง	สูง	สูง	3.0	1.0	1.8	80
สูง	ต่ำ	ต่ำ	2.4	1.5	2.5	85
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	2.4	1.5	2.0	75
สูง	ต่ำ	สูง	2.4	1.5	1.8	75
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	2.4	1.2	2.5	80
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	2.4	1.2	2.0	75
สูง	ปานกลาง	สูง	2.4	1.2	1.8	70
สูง	สูง	ต่ำ	2.4	1.0	2.5	80
สูง	สูง	ปานกลาง	2.4	1.0	2.0	70
สูง	สูง	สูง	2.4	1.0	1.8	70

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

หมายเหตุ ต้นยาง 72 ต้นต่อไร่

ตารางที่ 9.35 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 6 เดือน

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	6.0	2.0	3.8	155
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	6.0	2.0	3.2	150
ต่ำ	ต่ำ	สูง	6.0	2.0	2.6	140
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	6.0	1.8	3.8	155
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	6.0	1.8	3.2	145
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	6.0	1.8	2.6	140
ต่ำ	สูง	ต่ำ	6.0	1.5	3.8	150
ต่ำ	สูง	ปานกลาง	6.0	1.5	3.2	140
ต่ำ	สูง	สูง	6.0	1.5	2.6	135
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	3.0	2.0	3.8	140
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	4.8	2.0	3.2	135
ปานกลาง	ต่ำ	สูง	4.8	2.0	2.6	125
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	4.8	1.8	3.8	140
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	4.8	1.8	3.2	130
ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	4.8	1.8	2.6	120
ปานกลาง	สูง	ต่ำ	4.8	1.5	3.8	135
ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	4.8	1.5	3.2	125
ปานกลาง	สูง	สูง	4.8	1.5	2.6	120
สูง	ต่ำ	ต่ำ	3.3	2.0	3.8	120
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	3.3	2.0	3.2	115
สูง	ต่ำ	สูง	3.3	2.0	2.6	105
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	3.3	1.8	3.8	120
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	3.3	1.8	3.2	110
สูง	ปานกลาง	สูง	3.3	1.8	2.6	100
สูง	สูง	ต่ำ	3.3	1.5	3.8	115
สูง	สูง	ปานกลาง	3.3	1.5	3.2	105
สูง	สูง	สูง	3.3	1.5	2.6	100

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

หมายเหตุ ต้นยาง 72 ต้นต่อไร่

ตารางที่ 9.36 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 12, 15 และ 18 เดือน

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	7.8	2.8	4.8	200
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	7.8	2.8	4.0	195
ต่ำ	ต่ำ	สูง	7.8	2.8	3.4	185
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	7.8	2.3	4.8	200
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	7.8	2.3	4.0	185
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	7.8	2.3	3.4	180
ต่ำ	สูง	ต่ำ	7.8	1.8	4.8	190
ต่ำ	สูง	ปานกลาง	7.8	1.8	4.0	180
ต่ำ	สูง	สูง	7.8	1.8	3.4	170
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	6.0	2.8	4.8	180
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	6.0	2.8	4.0	170
ปานกลาง	ต่ำ	สูง	6.0	2.8	3.4	160
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	6.0	2.3	4.8	175
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	6.0	2.3	4.0	165
ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	6.0	2.3	3.4	155
ปานกลาง	สูง	ต่ำ	6.0	1.8	4.8	165
ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	6.0	1.8	4.0	155
ปานกลาง	สูง	สูง	6.0	1.8	3.4	150
สูง	ต่ำ	ต่ำ	4.2	2.8	4.8	155
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	4.2	2.8	4.0	145
สูง	ต่ำ	สูง	4.2	2.8	3.4	140
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	4.2	2.3	4.8	150
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	4.2	2.3	4.0	140
สูง	ปานกลาง	สูง	4.2	2.3	3.4	130
สูง	สูง	ต่ำ	4.2	1.8	4.8	145
สูง	สูง	ปานกลาง	4.2	1.8	4.0	135
สูง	สูง	สูง	4.2	1.8	3.4	125

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

หมายเหตุ ต้นยาง 72 ต้นต่อไร่

ตารางที่ 9.37 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 24, 30 และ 42 เดือน

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	12.0	4.0	7.2	305
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	12.0	4.0	6.2	295
ต่ำ	ต่ำ	สูง	12.0	4.0	5.2	280
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	12.0	3.5	7.2	300
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	12.0	3.5	6.2	285
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	12.0	3.5	5.2	275
ต่ำ	สูง	ต่ำ	12.0	3.0	7.2	295
ต่ำ	สูง	ปานกลาง	12.0	3.0	6.2	280
ต่ำ	สูง	สูง	12.0	3.0	5.2	265
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	9.0	4.0	7.2	265
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	9.0	4.0	6.2	255
ปานกลาง	ต่ำ	สูง	9.0	4.0	5.2	240
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	9.0	3.5	7.2	260
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	9.0	3.5	6.2	250
ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	9.0	3.5	5.2	235
ปานกลาง	สูง	ต่ำ	9.0	3.0	7.2	255
ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	9.0	3.0	6.2	240
ปานกลาง	สูง	สูง	9.0	3.0	5.2	230
สูง	ต่ำ	ต่ำ	6.5	4.0	7.2	235
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	6.5	4.0	6.2	220
สูง	ต่ำ	สูง	6.5	4.0	5.2	210
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	6.5	3.5	7.2	230
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	6.5	3.5	6.2	215
สูง	ปานกลาง	สูง	6.5	3.5	5.2	200
สูง	สูง	ต่ำ	6.5	3.0	7.2	220
สูง	สูง	ปานกลาง	6.5	3.0	6.2	210
สูง	สูง	สูง	6.5	3.0	5.2	195

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

หมายเหตุ ต้นยาง 72 ต้นต่อไร่

ตารางที่ 9.38 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับยางพาราอายุ 48, 60, 66 และ 72 เดือน

ธาตุอาหารในดิน			อัตราปุ๋ย (กก./ไร่) ของแม่ปุ๋ย			อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	46 – 0 – 0	18 – 46 – 0	0 – 0 – 60	(กรัม/ต้น/ปี)
ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	15.0	5.5	9.4	400
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	15.0	5.5	8.2	380
ต่ำ	ต่ำ	สูง	15.0	5.5	6.8	360
ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	15.2	4.5	9.4	385
ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	15.2	4.5	8.2	370
ต่ำ	ปานกลาง	สูง	15.2	4.5	6.8	350
ต่ำ	สูง	ต่ำ	15.4	3.5	9.4	375
ต่ำ	สูง	ปานกลาง	15.4	3.5	8.2	360
ต่ำ	สูง	สูง	15.4	3.5	6.8	340
ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	11.5	5.5	9.4	350
ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	11.5	5.5	8.2	335
ปานกลาง	ต่ำ	สูง	11.5	5.5	6.8	315
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	11.6	4.5	9.4	340
ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	11.6	4.5	8.2	320
ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	11.6	4.5	6.8	305
ปานกลาง	สูง	ต่ำ	11.8	3.5	9.4	325
ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	11.8	3.5	8.2	310
ปานกลาง	สูง	สูง	11.8	3.5	6.8	290
สูง	ต่ำ	ต่ำ	8.0	5.5	9.4	300
สูง	ต่ำ	ปานกลาง	8.0	5.5	8.2	280
สูง	ต่ำ	สูง	8.0	5.5	6.8	270
สูง	ปานกลาง	ต่ำ	8.1	4.5	9.4	290
สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	8.1	4.5	8.2	275
สูง	ปานกลาง	สูง	8.1	4.5	6.8	255
สูง	สูง	ต่ำ	8.2	3.5	9.4	280
สูง	สูง	ปานกลาง	8.2	3.5	8.2	265
สูง	สูง	สูง	8.2	3.5	6.8	245

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2552ข)

หมายเหตุ ต้นยาง 72 ต้นต่อไร่

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสัมพันธ์กับการปุ๋ยแบบผสมผสาน โดยปรกติดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะปลดปล่อยไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างมากแล้ว ยังมีศักยภาพในการให้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุรอง และจุลธาตุรูปที่เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างดีด้วย ซึ่งหลายธาตุมีแนวโน้มที่จะเพียงพอสำหรับพืช หากใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมบางธาตุก็ใช้ในอัตราต่ำ ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงดินย่อมมีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ทำให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีลดลงก็สามารถทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างเพียงพอ

ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานกับข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (ข้าวขาวหอมดอกมะลิ 105) ในดินที่ปลูกข้าวมีปริมาณอินทรียวัตถุ 0.9 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้น ต้องใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อให้ข้าวได้รับธาตุอาหารในอัตรา 9 กิโลกรัมNต่อไร่ 6 กิโลกรัมP_2O_5ต่อไร่ และ 6 กิโลกรัมK_2Oต่อไร่ (ตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ตารางที่ 9.6) ดังนั้นถ้าต้องการที่จะลดการใช้ปุ๋ยเคมี จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และพืชปุ๋ยสด เพราะจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นและมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น เพราะอินทรียวัตถุสามารถปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ได้ และยังมีศักยภาพในการให้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ โดยเฉพาะดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีประสิทธิภาพสูงสุด (ยงยุทธและคณะ, 2551) โดยมีหลักการดังนี้

การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนจาก 0.9 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.4 เปอร์เซ็นต์ จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ และมีการแปรสภาพของปุ๋ย 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2,433.60 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินที่มีความหนาแน่น 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ดินที่ปลูกข้าวจะมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 1.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลดลงจาก 9 เป็น 6 กิโลกรัมNต่อไร่ นอกจากนี้การปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น โสนอัฟริกันและไถกลบลงดิน โดยโสนอัฟริกันน้ำหนักสด 2 ตันต่อไร่ สามารถให้ไนโตรเจน 12 กิโลกรัมNต่อไร่ หรือหว่านแหนแดงตารางเมตรละ 0.3 – 0.4 กิโลกรัม ข้าวสามารถดูดไนโตรเจนที่แหนแดงปลดปล่อยออกมาได้ 33 – 69 เปอร์เซ็นต์ (ยงยุทธและคณะ, 2551) ทำให้สามารถลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวได้ด้วยเช่นกัน

บทที่ 10

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

1. สภาพปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินต่อพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย พบว่า

ลักษณะและสมบัติดินของแต่ละภาคมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผลทำให้ทรัพยากรดินมีความแตกต่างกันด้วย ดังนี้

1.1 ทรัพยากรดินของภาคเหนือ เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลางแต่มีข้อจำกัดของพื้นที่ของภาคที่เป็นเทือกเขาและมีความลาดชันสูงมากเป็นส่วนใหญ่ มีพื้นที่รวม 106.03 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 41.57 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 17.17 ล้านไร่ พืชไร่ 13.33 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 2.99 ล้านไร่ ไม้ผล 3.50 ล้านไร่ และพืชไร่หมุนเวียน 4.04 ล้านไร่ มีดินที่เหมาะสมสำหรับข้าวประมาณ 16.90 ล้านไร่ และมีความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้นทั่วไปประมาณ 18.87 ล้านไร่

โดยมีสภาพพื้นที่ทำการเกษตร ดังนี้ สภาพพื้นที่ราบลุ่มมีพื้นที่ 16.95 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 4, 5, 6 และ 7 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้งมีพื้นที่ 30.82 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 30, 31, 54 และ 55 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ61 สภาพพื้นที่ภูเขาสูงมีพื้นที่ 54.45 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62 โดยพื้นที่ภาคเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์กระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 25.10, 70.43 และ 4.47 ตามลำดับ และดินมีปริมาณอินทรียวัตถุกระจายตัวระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 43.67, 51.16 และ 5.18 ตามลำดับ ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินทราย และดินตื้น

1.2 ทรัพยากรดินภาคกลาง เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรปานกลางถึงสูง ดินส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำหลากได้พาตะกอนมาทับถมทุกปี ดินมีข้อจำกัดน้อยและจัดการดินได้ค่อนข้างง่าย มีพื้นที่รวม 43.45 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 21.32 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 8.94 ล้านไร่ พืชไร่ 6.74 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 1.66 ล้านไร่ ไม้ผล 2.14 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 1.21 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.63 ล้านไร่ มีดินที่เหมาะสมสำหรับข้าวประมาณ 8.83 ล้านไร่ และมีความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้นทั่วไป ประมาณ 10.26 ล้านไร่

โดยมีสภาพพื้นที่ทำการเกษตร ดังนี้ สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 12.03 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเลนละ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 12 และ 13 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 และ 11 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 23 กลุ่มที่ดินยกร่องส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 และกลุ่มที่เป็นดินเค็มมักพบในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลในอดีต ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 20สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 13.38 ล้านไร่ ประกอบด้วย

กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32, 34, 39 และ 50 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 43 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45 และ51 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 0.70 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดินเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28 29, 31, 54 และ 55 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ 61 และสภาพพื้นที่ภูเขาสูงมีพื้นที่ 13.01 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62 โดยพื้นที่ภาคกลางดินมีความอุดมสมบูรณ์กระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 11.19, 58.95 และ 29.86 ตามลำดับ และดินมีปริมาณอินทรียวัตถุกระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 29.14, 56.72 และ 14.13 ตามลำดับ ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินเค็มบก ดินทราย และดินตื้น

1.3 ทรัพยากรดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ เนื่องจากดินมีข้อจำกัดในเรื่องเนื้อดิน เช่น มีเนื้อดินออกทรายจัดหรือดินร่วนหยาบ ทำให้มีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ ดินตื้นหรือดินมีก้อนกรวดลูกรังปะปนหนาแน่นในระดับตื้นถึงตื้นมาก ดินเค็มและพื้นที่เกษตรกรรมที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มของดิน และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีพื้นที่รวม 105.53 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 71.68 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 45.85 ล้านไร่ พืชไร่ 17.26 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 6.49 ล้านไร่ ไม้ผล 1.17 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.29 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.62 ล้านไร่ มีดินที่เหมาะสมสำหรับข้าวประมาณ 21.57 ล้านไร่ และมีความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้นทั่วไปประมาณ 44.10 ล้านไร่

โดยมีสภาพพื้นที่ทำการเกษตร ดังนี้ สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 29.62 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 4 ,6 และ 7 กลุ่มเนื้อดินเป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 19, 22 และ 59 กลุ่มเนื้อดินเป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 24 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 และกลุ่มดินที่เป็นดินเค็มพบในบริเวณที่มีหินเกลือรองรับ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 20 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง มีพื้นที่ 62.32 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31, 54 และ 55 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49 และ 52 สภาพพื้นที่ภูเขาสูงมีพื้นที่ 10.88 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62 โดยพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดินมีความอุดมสมบูรณ์กระจายตัวในระดับต่ำมากที่สุดคือ ร้อยละ 71.53 ส่วนระดับปานกลาง และสูง คือ ร้อยละ 28.03 และ 0.45 ตามลำดับ และมีปริมาณอินทรียวัตถุกระจายตัวในระดับต่ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 86.36 ส่วนระดับปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 12.87 และ 0.77 ตามลำดับ ดินปัญหาที่พบประกอบด้วย ดินเค็มบก ดินทรายและดินตื้น

1.4 ทรัพยากรดินภาคตะวันออก เป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำถึงปานกลาง มีพื้นที่รวม 21.49 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 13.47 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 2.99 ล้านไร่ พืชไร่ 3.36 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 4.31 ล้านไร่ ไม้ผล 1.91 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.78 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.12 ล้านไร่ ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวประมาณ 2.75 ล้านไร่ และมีความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้นทั่วไปประมาณ 6.60 ล้านไร่

โดยมีสภาพพื้นที่ทำการเกษตร ดังนี้ สภาพพื้นที่ราบลุ่ม มีพื้นที่ 3.85 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเลนเละ ดินมีศักยภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลขึ้นลงเป็นประจำทุกวัน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 13 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียวได้รับอิทธิพลของตะกอนทะเลมักมีศักยภาพในการเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 14 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15, 16, 17, 18, 21, 22 และ 59 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย มีพื้นที่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 23 และ 24 กลุ่มชุดดินที่ยกร่องส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้งมีพื้นที่ 8.51 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31 และ 55 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33, 35, 36, 37, 38, 40, 56 และ 60 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46, 47, 48, 49, 52 และ 61 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 3.62 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26, 27 และ 53 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32, 34, 39 และ 50 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทรายได้แก่กลุ่มชุดดินที่ 42 และ 43 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45 และ 51 สภาพพื้นที่ภูเขาสูงมีพื้นที่ 3.40 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62โดยพื้นที่ภาคตะวันออกดินมีความอุดมสมบูรณ์กระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 47.66, 47.95 และ 4.40 ตามลำดับ และดินมีปริมาณอินทรียวัตถุกระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 59.95, 34.33 และ 5.72 ตามลำดับ ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มชายทะเล ดินทราย และดินตื้น

1.5 ทรัพยากรดินภาคใต้ เนื่องจากมีฝนตกชุกและต่อเนื่องนานในรอบปี มีการชะล้าง นำพาหรือชะละลายธาตุอาหารออกไปจากดินสูง และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่เนื่องจากดินมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้เหมาะสมในการปลูกพืชประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น จึงทำให้มีปัญหาทางการเกษตรน้อยกว่าภูมิภาคอื่นๆ มีพื้นที่รวม 44.19 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 26.25 ล้านไร่ เป็นพื้นที่การทำนา 2.16 ล้านไร่ พืชไร่ 0.02 ล้านไร่ ไม้ยืนต้น 20.99 ล้านไร่ ไม้ผล 2.51 ล้านไร่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 0.53 ล้านไร่ และอื่นๆ 0.04 ล้านไร่ มีดินที่เหมาะสมสำหรับข้าวประมาณ 4.59 ล้านไร่ และมีความเหมาะสมสำหรับพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้นทั่วไปประมาณ 16.17 ล้านไร่

โดยมีสภาพพื้นที่ทำการเกษตร ดังนี้ สภาพพื้นที่ราบลุ่มมีพื้นที่ 6.45 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเลนเละเป็นดินเปรี้ยวจัดเพราะได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลขึ้นลงเป็นประจำ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 13 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว ได้รับอิทธิพลของตะกอนทะเลเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11 และ 14 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 16, 17, 18, 22 และ 59 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่23 กลุ่มชุดดินที่ยกร่อง ส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 8 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินอินทรีย์มีการสะสมวัสดุอินทรีย์ที่มีสะลายตัวน้อยถึงปานกลางเป็นชั้นหนา บางบริเวณในชั้นดินล่างมีตะกอนทะเลที่มีศักยภาพในการเป็นดินเปรี้ยวจัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 57 และ 58 สภาพพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชื้น มีพื้นที่ 19.59 ล้านไร่ ประกอบด้วยกลุ่มเนื้อดิน ดังนี้ กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว มีได้แก่ กลุ่มชุดดินที่

26 และ 53 กลุ่มที่เนื้อดินที่เป็นดินร่วน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 32, 34, 39, 50 และ 60 กลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 42 และ 43 และกลุ่มเนื้อดินที่เป็นดินตื้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 45, 51 และ 52 สภาพพื้นที่ภูเขาสูงมีพื้นที่ 15.13 ล้านไร่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62โดยพื้นที่ภาคใต้ดินมีความอุดมสมบูรณ์กระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 67.28, 32.09 และ 0.63 ตามลำดับ และดินมีปริมาณอินทรียวัตถุกระจายตัวในระดับต่ำ ปานกลางและสูง คือ ร้อยละ 52.47, 43.19 และ 4.34 ตามลำดับ ดินปัญหาที่พบ ประกอบด้วย ดินเปรี้ยวจัด ดินอินทรีย์ ดินเค็มชายทะเล ดินทราย และดินตื้น

สาเหตุการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินที่ใช้ทำการเกษตรของประเทศไทย เกิดจากปัญหาหลัก 3 ประการ คือ 1) ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน 2) ปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ และ 3) การนำเอาดินที่มีปัญหามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่ดินใช้ทำการเกษตรของประเทศไทยมีระดับความอุดมสมบูรณ์และระดับปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำถึงร้อยละ 49.38 และ 62.33 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ ตามลำดับ

2. อินทรียวัตถุ

สาเหตุที่จำเป็นต้องใส่อินทรียวัตถุลงในดิน เพราะดินที่เหมาะสมในการปลูกพืชจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ คือ แร่ธาตุ 45 เปอร์เซ็นต์ อากาศ 25เปอร์เซ็นต์ น้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ และอินทรียวัตถุ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ทรัพยากรดินของประเทศไทยมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ มีค่าน้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ กระจายตัวอยู่ร้อยละ 62.33 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศ นอกจากนี้ยังมีการนำดินที่มีปัญหามาใช้ประโยชน์ เช่น ดินทราย และดินตื้น ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมากมีค่าน้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ จนทำให้พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและได้ผลผลิตในปริมาณต่ำ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน เพราะอินทรียวัตถุประกอบด้วย“สารฮิวมิก” และสารที่ “มิใช่สารฮิวมิก” และสารฮิวมิกจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ฮิวมิน กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก ซึ่งมีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นเหมาะสมกับการปลูกพืช ดังนี้ **ทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น** ได้แก่ ส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อน ทำให้ดินมีการอุ้มน้ำได้มากขึ้น สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินอย่างฉับพลัน สีของดินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีดำมีส่วนทำให้อุณหภูมิของดินโดยรวมสูงขึ้น **ทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้น** ได้แก่ เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ช่วยให้ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชได้สูง ช่วยรักษาความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เหมาะสมกับพืช ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด เช่น เหล็กและอะลูมินั่ม **ทำให้สมบัติทางชีวภาพของดินดีขึ้น** ได้แก่ เป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้สภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ช่วยควบคุมโรคพืชบางชนิดในดิน เช่น การที่เชื้อแอคติโนมัยซิสพวก *Streptomyces* sp. บางชนิด สามารถสร้างสารปฏิชีวนะทำลายเชื้อรา *Collectotrichum* sp. ซึ่งทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสของพริก

3. ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizer) หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพ มี 4 ชนิด ดังนี้

3.1 ปุ๋ยคอก (animal manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากมูลสัตว์ที่ขับถ่ายและสะสมอยู่ตามพื้นคอกรวมทั้งวัสดุรองพื้นคอก ตลอดจนมูลและน้ำล้างคอกที่รวมในบ่อเก็บน้ำทิ้งหรือบ่อแก๊สชีวภาพ หรือมูลสัตว์ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เช่น มูลค้างคาว

3.2 ปุ๋ยหมัก (compost) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืชและสัตว์ทางการเกษตรและจากชุมชน มาหมักในรูปของการกองรวมกัน แล้วปล่อยให้ย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์จนแปรสภาพไปจากรูปเดิม จนกระทั่งได้สารอินทรียวัตถุที่มีความคงทน ที่มีลักษณะพรุน ยุ่ยและร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นเหม็น

3.3 ปุ๋ยพืชสด (green manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการปลูกพืชลงไปในพื้นที่แล้วไถกลบขณะที่ยังสดและอยู่ในช่วงระยะเวลาที่พืชออกดอก เพราะให้น้ำหนักสดและปริมาณธาตุอาหารสูง จากนั้นปล่อยให้เกิดการย่อยสลายก็จะให้ธาตุอาหารพืชและเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับพืชที่จะปลูกต่อไป

3.4 ปุ๋ยอินทรีย์เหลวหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (liquid organic fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของเหลวได้จากการย่อยสลายจากพืชหรือสัตว์ที่มีลักษณะอวบน้ำหรือมีความชื้น โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศน้อยจนถึงไม่มีอากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย กรดอินทรีย์ และฮอร์โมนพืช

ปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพของทรัพยากรดิน เพราะว่า เป็นแหล่งอินทรียวัตถุและเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับพืชและจุลินทรีย์ในดิน ส่งผลทำให้ดินมีความอุดสมบูรณ์เพิ่มขึ้น เพราะทำให้สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดินดีขึ้นและเหมาะสมกับการปลูกพืช และสามารถนำปุ๋ยอินทรีย์ไปประยุกต์ใช้ในระบบการเกษตรตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงได้อย่างเหมาะสม โดยยึดหลัก 3 ประการ คือ พอเพียง มีเหตุผลและมีภูมิคุ้มกัน พร้อมด้วย “ความรู้คู่คุณธรรม” ในการดำเนินงานของตนเอง

4. ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากมูลสัตว์ แหล่งที่มาและปริมาณมูลสัตว์ในประเทศไทยมีอยู่ทุกภาค ส่วนใหญ่มาจากสัตว์ 6 ประเภท คือ โคเนื้อ โคนม กระบือ ไก่ เป็ด และสุกร ซึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณสูงสุด คือ 18.198 ล้านตัน ภาคกลางรวมกับภาคตะวันออกมีปริมาณ 11.039 ล้านตัน ภาคเหนือมีปริมาณ 4.975 ล้านตัน และภาคใต้มีปริมาณน้อยที่สุด คือ 1.259 ล้านตัน เมื่อพิจารณามูลสัตว์ที่ได้จากสัตว์แต่ละประเภท พบว่า มูลจากกระบือมากที่สุดถึง 14.52 ล้านตัน มูลจากโคเนื้อ 10.53 ล้านตัน มูลจากสุกร 6.11 ล้านตัน มูลจากโคนม 2.20 ล้านตัน มูลจากไก่ 1.94 ล้านตัน และมูลจากเป็ดน้อยที่สุด คือ 0.171 ล้านตัน

โดยปุ๋ยคอกแต่ละชนิดจะมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ 1)คุณภาพอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ 2) ชนิดและขนาดของสัตว์ และ 3) สภาพการเลี้ยง การนำปุ๋ยคอกไปใช้มี 3 แบบ คือ 1) นำปุ๋ยคอกในรูปแบบของแข็งไปใช้โดยตรง 2) การหมักปุ๋ยคอกก่อนนำไปใช้ และ 3) นำปุ๋ยคอกที่เป็นของเหลวไปใช้โดยตรง ประโยชน์ของปุ๋ยคอก เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชและเป็นแหล่งอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งมีผลทำให้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น และการใช้ปุ๋ยคอกตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงต้องยึดหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ พอเพียง มีเหตุผลและมีภูมิคุ้มกัน พร้อมด้วย “ความรู้คู่คุณธรรม” ในการดำเนินงานของตนเอง

5. ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ซากสัตว์ โดยกิจกรรมจุลินทรีย์ โดยวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมาจาก วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกเมล็ดถั่วต่างๆ เปลือกยูคาลิปตัส และแกลบ เป็นต้น วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย เปลือกมันสำปะหลัง ทลายปาล์มน้ำมัน เปลือกสับปะรด เป็นต้น วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน ได้แก่ ขยะมูลฝอย และ วัชพืช เช่น ผักตบชวา และหญ้าต่างๆ

ระยะเวลาการหมักเศษวัสดุแห้งในการผลิตปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อม และปัจจัยของวัสดุ ดังนั้นปัจจัยที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการย่อยสลายวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมักให้สมบูรณ์ในระยะเวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ลักษณะของเศษวัสดุ องค์ประกอบทางเคมีของเศษวัสดุ ความชื้น การระบายอากาศ อุณหภูมิ ระดับความเป็นกรดเป็นด่างในการกองปุ๋ยหมัก เพราะปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อกิจกรรมและปริมาณของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ย โดยจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเศษวัสดุ ได้แก่ แบคทีเรีย แอคติโนไมซิสต์ และเชื้อรา ดังนั้นทางกรมพัฒนาที่ดินจึงทำการผลิต “**สารเร่งซุปเปอร์ พด.1**” ซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

วิธีการผลิตปุ๋ยหมักมีหลายวิธีแต่ที่นิยมและกรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริม คือ การผลิตปุ๋ยหมักโดยมีขั้นตอน ดังนี้ นำวัสดุมาผสมคลุกเคล้ากันและกองเป็นรูปสี่เหลี่ยม ในการผลิตปุ๋ยหมัก 1 ตัน ประกอบด้วยเศษพืชแห้ง 1,000 กิโลกรัม มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม ปุ๋ยยูเรีย 2 กิโลกรัม หรือน้ำหมักจากปลา 9 ลิตร และสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง โดยกองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 1.5 เมตร ลักษณะปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์มีลักษณะ ดังนี้ 1) สีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ 2) วัสดุมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ฉีกขาดง่าย และไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก 3) ไม่มีกลิ่นเหม็น 4) ความร้อนในกองปุ๋ยและนอกกองปุ๋ยเท่ากัน 5) มีค่า C/N น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1 ในกรณีเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งไม่มี สามารถนำปุ๋ยหมักที่เป็นแล้วหรือปุ๋ยหมักที่อายุ 10 – 15 วัน จำนวน 200 กิโลกรัม แทนสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง แต่ทำติดต่อกันเพียง 3 ครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

การผลิตปุ๋ยหมักมี 2 แบบ คือ การผลิตใช้เอง และการผลิตแบบอุตสาหกรรม โดยการผลิตแบบใช้เอง หรือแบบชาวบ้าน จะเป็นการผลิตปุ๋ยหมักในปริมาณไม่มากและส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคน ส่วนการผลิตแบบอุตสาหกรรม จะมีการใช้เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรม มีการปรับปรุงวิธีการหมักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจึงมีความจำเป็น เช่น การบดวัสดุให้มีขนาดเล็กลงก่อนหมัก การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ช่วยเร่งปฏิกิริยา และการใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนในขั้นตอนต่างๆ เป็นต้น การผลิตแบบนี้คุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อผลิตในปริมาณมาก ใช้เครื่องจักรและการจัดการที่ซับซ้อน เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยหมักแบบอุตสาหกรรมมีหลายแบบ เช่น แบบกองยางในแนวรางซีเมนต์ แบบกองยาวบนพื้นราบ และแบบถังแนวตั้ง

ประโยชน์ของปุ๋ยหมัก เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชและเป็นแหล่งอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งมีผลทำให้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการให้ปุ๋ยหมักมีธาตุอาหารสูง สามารถทำได้โดยการนำวัตถุดิบที่มีธาตุอาหารสูงมาหมัก เรียกว่า **“ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง”**

การใช้ปุ๋ยหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงต้องยึดหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ มีความพอเพียง มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกัน พร้อมด้วย “ความรู้คู่คุณธรรม” ในการดำเนินงานของตนเอง

6. ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการปลูกพืชปุ๋ยสดและสับกลบลงไปในดิน ขณะที่พืชยังสดอยู่ พืชปุ๋ยสดที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้ 1) เป็นพืชตระกูลถั่ว 2) สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย 3) มีธาตุอาหารสะสมในลำต้นสูง 4) สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว 5) ต้านทานโรคและแมลง 6) สามารถจัดเข้าระบบปลูกพืชได้ง่าย 7) มีระบบรากลึก 8) ไถกลบได้ง่าย และ 8) ไม่มีผลกระทบต่อพืชหลักที่ปลูก พืชปุ๋ยสดที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริม มี 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง โสนอัฟริกัน และ ถั่วมะแฮะ ซึ่งพืชปุ๋ยสดที่สามารถปลูกในที่ลุ่มและดินเค็มได้ คือ โสนอัฟริกัน

สามารถปลูกพืชปุ๋ยสดได้ในสภาพที่ลุ่มและที่ดอน โดยมีวิธีการปลูก 4 แบบ คือ 1) ปลูกพืชปุ๋ยสดในระบบปลูกพืชหมุนเวียน 2) ปลูกพืชปุ๋ยสดปลูกในระบบปลูกพืชแซม 3) ปลูกพืชปุ๋ยสดปลูกในระบบปลูกพืชแบบแถบพืช 4) ปลูกพืชปุ๋ยสดปลูกในระบบปลูกพืชคลุมดิน

ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชและเป็นแหล่งอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งมีผลทำให้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น

การใช้ปุ๋ยพืชสดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงต้องยึดหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ มีความพอเพียง มีเหตุผลและมีภูมิคุ้มกัน พร้อมด้วย “ความรู้คู่คุณธรรม” ในการดำเนินงานของตนเอง

7. น้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำชาวบ้าน หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของเหลวที่ได้มาจากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ลักษณะสดโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท กรดอินทรีย์ ฮอร์โมนหรือสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (ออกซิน จิบเบอร์เรลลิน และไซโตไคนิน) วิตามิน กรดอะมิโน กรดฮิวมิก เอนไซด์ วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกิดการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็มหรือจุลินทรีย์ในท้องถิ่นในการนำมาหมักกับกากน้ำตาลและเศษพืช สัตว์ ซึ่งเป็นวัสดุหลักของท้องถิ่นและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายท้องถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีธาตุอาหารหลักและปริมาณอินทรียวัตถุไม่ผ่านเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์เหลวของกรมวิชาการเกษตร ดังนั้นจึงเรียกว่า **“น้ำหมัก”**

น้ำหมักประกอบด้วย 1) ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ แต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ 2) มีความเป็นกรดเป็นด่างสูง ดังนั้นก่อนำไปใช้จึงต้องเจือจางด้วยน้ำ 3) มีกรดฮิวมิค กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน เอนไซม์บางชนิด และจุลินทรีย์ ซึ่งมีส่วนในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นแหล่ง กรดฮิวมิค กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน เอนไซม์บางชนิด และจุลินทรีย์ ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

กระบวนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำหมักมี 2 กระบวน คือ กระบวนการพลาสมอลิซีสหรือการสกัดและกระบวนการย่อยสลาย โดยที่กระบวนการย่อยสลายจะเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มยีสต์ 2) กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก 3) กลุ่มจุลิมทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน และ 4) กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส และทางกรมพัฒนาที่ดินจึงได้ผลิตเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีเพิ่มประสิทธิภาพการย่อย

วัสดุอวบน้ำให้เป็นน้ำหมักในระยะเวลาที่น้อยลง ได้แก่ “**สารเร่งซุปเปอร์ พด.2**” นอกจากนี้ระยะเวลาการหมักเศษวัสดุลักษณะสดในการผลิตน้ำหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมและปัจจัยของวัสดุ ดังนั้นปัจจัยที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการย่อยสลายวัสดุลักษณะสดในการผลิตน้ำหมักให้สมบูรณ์ในระยะเวลามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ 1) ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุ 2) ความอวบน้ำของวัสดุ 3) แหล่งอาหารและคาร์บอนของจุลินทรีย์ 4) การระบายอากาศ 5) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6) อุณหภูมิ และ 7) ความชื้น

ขั้นตอนการผลิตน้ำหมัก 50 ลิตร ประกอบด้วย ชนิดของวัสดุที่มีลักษณะสด 40 กิโลกรัม กากน้ำตาล 10 กิโลกรัม และจุลินทรีย์ (สารเร่งซุปเปอร์ พด.2) 1 ซอง มีขั้นตอนดังนี้ 1) เทกากน้ำตาล 10 กิโลกรัม ลงในถังหมักขนาด 100 ลิตร ใส่น้ำจำนวน 5 ลิตร และคนให้เข้ากัน 2) เทสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ในน้ำ 5 ลิตร และใส่ถัง คนประมาณ 5 นาที 3) หั่นหรือสับวัสดุพืชหรือสัตว์ให้เป็นชิ้นเล็กๆ และใส่ลงในถังหมักขนาดที่เหมาะสมกับวัสดุ พร้อมใส่สารเร่ง พด. ที่เตรียมไว้และปรับปริมาตรน้ำให้พอเหมาะหรือท่วมวัสดุหมักห่างปากถังหมักประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร 4) คนส่วนประกอบต่างๆ ให้เข้ากันอีกครั้งแล้วปิดฝาไม่ต้องสนิท เก็บได้ในที่ร่มที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก 5) ในระหว่างการหมักคนหรือกวน 1 – 2 ครั้งต่อวัน ลักษณะน้ำหมักที่เสร็จสมบูรณ์แล้วมีดังนี้ 1) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลง 2) กลิ่นแอลกอฮอร์ลดลง 3) กลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น 4) ไม่พบฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5) ได้ของเหลวสีน้ำตาล 6) มีสภาพความเป็นกรดเป็นระดับ 3 – 4 ในกรณีเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งไม่มี สามารถนำน้ำหมักที่หมัก 5 – 7 วัน จำนวน 2 ลิตร แทนสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 จำนวน 1 ซอง แต่ทำติดต่อกันเพียง 3 ครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

น้ำหมักมีปริมาณธาตุอาหารน้อยมากแต่มีสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการใช้ประโยชน์ของน้ำหมักกับพืชจึงควรใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับพืชที่ปลูก วิธีการใช้ต้องนำน้ำหมักไปเจือจางกับน้ำก่อนในอัตรา 1 : 500 หรือ 1 : 1,000 ส่วน แล้วจึงนำไปฉีดพ่นหรือรดลงดินกับพืชที่ปลูก ส่วนเร่งการงอกของเมล็ดพืช ใช้น้ำหมักอัตรา 20 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร แช่เมล็ดข้าว 20 กิโลกรัม หรือใช้น้ำหมักอัตรา 40 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร แช่ท่อนพันธุ์อ้อยและมันสำปะหลัง

การใช้น้ำหมักตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงต้องยึดหลัก 3 ประการที่ต้องยึดถือ คือ มีความพอเพียง มีเหตุผลและมีภูมิคุ้มกัน พร้อมด้วย “ความรู้คู่คุณธรรม” ในการดำเนินงานของตนเอง

8. เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด ดังนี้

6.1 น้ำหมัก มีข้อดี ได้แก่ มีการผลิตและการนำไปใช้สะดวกและไม่ค่อยยุ่งยากซับซ้อนกว่าปุ๋ยอินทรีย์ แต่ข้อเสียมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ และไม่สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

6.2 ปุ๋ยพืชสด มีข้อดีกว่าปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก ได้แก่ ใช้ปริมาณน้อย ขนย้ายสะดวก หาง่าย ราคาถูก และใช้ในพื้นที่มากๆ ได้ แต่ข้อเสีย ได้แก่ ต้องปลูกพืชปุ๋ยสดก่อนและไถกลบทำให้เสียเวลาและแรงงานในการเพาะปลูก นอกจากนี้การเจริญเติบโตของพืชปุ๋ยสดขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพื้นที่ปลูก ทำให้มีผลต่อน้ำหนักและปริมาณธาตุอาหารของพืชปุ๋ยสด

6.3 ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก มีข้อดีกว่าปุ๋ยพืชสด ได้แก่ สามารถกำหนดอัตราการใช้ให้เหมาะสมได้ตามวัตถุประสงค์ เช่น การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นในระดับที่ต้องการ หรือธาตุอาหารในระดับที่พืชต้องการ และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ได้ทันที แต่ข้อเสีย ได้แก่ ใช้ปริมาณมาก ขนย้ายลำบาก หายาก ราคาค่อนข้างแพง และถ้าใช้ในพื้นที่มากๆ ได้ ต้องมีปริมาณมากด้วย

9. การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรอินทรีย์ ให้ประสบความสำเร็จในการผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานนั้น ต้องพยายามเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น โดยพยายามเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จนได้ไม่น้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าสามารถเพิ่มได้ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ ได้ก็จะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ใส่ลงดินที่ปลูกพืชอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงตามระดับที่ต้องการ โดยควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกปีเพื่อชดเชยส่วนที่สลายไปในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ้ารักษาอินทรียวัตถุในดินระดับนี้ไว้อย่างต่อเนื่อง ก็นับได้ว่าปรับปรุงดินจนมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมาอย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชรากตื้นส่วนมาก แต่ต้องยืนยันด้วยผลการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน อันประกอบด้วยธาตุหลัก ธาตุรอง จุลธาตุ จึงจะมีความเชื่อมั่นว่าเพียงพออย่างแท้จริง ก่อนการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ควรประเมินระดับอินทรียวัตถุในดินก่อน แล้วจึงกำหนดเป้าหมายการเพิ่มอินทรียวัตถุและจัดหาปุ๋ยอินทรีย์ ควรมีการดำเนินดังนี้

1. คัดเลือกพื้นที่ ทำการเก็บดินในพื้นที่ที่จะทำเกษตรอินทรีย์ มาวิเคราะห์ดินหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์

2. ทำการบำรุงดินด้วยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินอย่างสม่ำเสมอ การใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้เหมาะสมกับระบบเกษตรอินทรีย์ได้ทันที แต่ต้องใช้ปริมาณมากและลงทุนสูง ดังนั้น จึงควรค่อยๆ เพิ่มอินทรียวัตถุในดินในปริมาณที่เหมาะสม โดยอาจเพิ่มอินทรียวัตถุในดินบนความลึก 15 เซนติเมตร ปีละ 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยต้องใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกแห้ง อัตรา 3,120 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 1.95 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทุกๆปี

3) อาศัยพืชตระกูลถั่ว (ปุ๋ยพืชสด) ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน

4) สามารถใช้ปุ๋ยชีวภาพในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ระบบการเกษตรอินทรีย์ ได้แก่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพประเภทจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอากาศ ได้แก่ จุลินทรีย์ที่มีภาวะอยู่ร่วมกันกับสิ่งมีชีวิต เช่น ไรโซเบียม และจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนที่ดำรงแบบอิสระ เช่น *Azotobacter* sp. แหนแดง เป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่พืช และใช้ปุ๋ยชีวภาพประเภทจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายธาตุอาหารและช่วยให้พืชดูดใช้ง่าย เช่น เชื้อไรโซแบคทีเรียเร่งการเจริญเติบโตของพืช เรียกว่า PGPR และจุลินทรีย์ที่ช่วยในการดูดธาตุอาหาร เช่น ไมคอร์ไรซา

5) ในกรณีที่ธาตุอาหารบางธาตุมีปริมาณต่ำไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อาจต้องใส่แร่ธรรมชาติหรือสารที่อนุญาตให้ใช้ได้ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่ดินยังขาด เช่น ดินขาดธาตุฟอสฟอรัสก็สามารถใช้หินฟอสเฟตบดได้ โดยใส่อัตราที่เหมาะสมและวิธีการที่ถูกต้อง

6) มีการไถพรวนเท่าที่จำเป็น และไถตื้นๆ ใส่ซากพืชและปุ๋ยอินทรีย์อย่างเพียงพอ ทำให้ 1) อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และ 2) เพิ่มปริมาณอินทรียสารที่มีศักยภาพในการปลดปล่อยไนโตรเจน สารเหล่านี้จะแปรสภาพโดยกระบวนการมินเนอราลไลเซชัน เป็นแอมโมเนียมไอออนได้ค่อนข้างรวดเร็ว นอกจากนี้กระบวนการย่อยสลายอินทรียสารของจุลินทรีย์ยังก่อให้มีการสะสมสารฮิวมัสซึ่งสลายยาก และกลายเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่จะมีการปลดปล่อยอย่างช้าๆอีกด้วย

10. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดินแบบผสมผสาน

สำหรับการบำรุงดินแบบผสมผสาน มีหลักการปฏิบัติ ดังนี้

1) ปรับปรุงดินทางเคมีด้วยสารปรับปรุงดิน เช่น ใส่ปูนในดินกรด เพื่อปรับพีเอชให้ใกล้กลาง ซึ่งจะช่วยให้ธาตุอาหารเดิมในดิน และปุ๋ยที่ใช้มีความเป็นประโยชน์สูง

2) ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ ด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการไถพรวนที่เหมาะสม เพื่อเอื้ออำนวยให้รากพืชแผ่ขยายได้ดีทั้งแนวราบและแนวดิ่ง

3) มีการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเหมาะสม ด้วยวิธีการทางพืช เช่น ใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน และปลูกพืชคลุมดิน ร่วมกับวิธีการเชิงกล เช่นการไถพรวนตามแนวระดับ และใช้มาตรการอื่นๆตามความจำเป็น เพื่อลดการสูญเสียดินและน้ำ

4) ใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมธาตุอาหารบางธาตุที่ยังไม่เพียงพอ ช่วยให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงเหมาะกับความต้องการของพืชที่ปลูก

5) ใช้ปุ๋ยชีวภาพ เพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร หรือเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารที่ไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งจะช่วยลดอัตราปุ๋ยหรืองดการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้บางธาตุ

จึงควรใช้ปุ๋ยวิธีการแบบผสมผสาน เพราะ

1) การใช้อินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพมากที่สุดเท่าที่จะหาได้ เพื่อบำรุงดินในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพตลอดจนปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมาให้พืชใช้ประโยชน์

2) ถ้าธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพไม่เพียงพอกับพืช ก็เสริมด้วยปุ๋ยเคมีตามความจำเป็น โดยอาศัยการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นตัวกำหนดชนิดและอัตราของปุ๋ยเคมีที่ต้องการใช้ ทั้งต้องคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมในระยะสั้นและระยะยาวด้วย

โดยที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสัมพันธ์กับการปุ๋ยแบบผสมผสาน โดยปรกติดินที่มีอินทรียวัตถุสูงกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะปลดปล่อยไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างมากแล้ว ยังมีศักยภาพในการให้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ธาตุรอง และจุลธาตุรูปที่เป็นประโยชน์ได้ค่อนข้างดีด้วย ซึ่งหลายธาตุมีแนวโน้มที่จะเพียงพอสำหรับพืช หากใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมบางธาตุก็ใช้ในอัตราต่ำ ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงดินย่อมมีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ทำให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีลดลงก็สามารถทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างเพียงพอ นอกจากนี้การปลูกพืชปุ๋ยสด เช่น โสนอัฟริกันและไถกลบลงดิน โดยโสนอัฟริกันน้ำหนักสด 2 ตันต่อไร่ สามารถให้ไนโตรเจน 12 กิโลกรัมNต่อไร่ หรือหว่านแหนแดงตารางเมตรละ 0.3 – 0.4 กิโลกรัม ข้าวสามารถดูดไนโตรเจนที่แหนแดงปลดปล่อยออกมาได้ 33 – 69 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามรถลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าวได้ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยบำรุงดินแบบผสมผสานจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพราะปุ๋ยอินทรีย์

จะช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืช ส่วนปุ๋ยเคมีจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารของพืชในส่วนที่ไม่เพียงพอ

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นในระดับที่ต้องการ ควรใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก เพราะสามารถกำหนดอัตราการใส่ได้ถูกต้อง ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ในหัวข้อหลักการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และถ้าปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้อยู่ระดับ 2.5 – 3.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง แต่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะมีการสลายไป ดังนั้นจึงมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกปีเพื่อชดเชยส่วนที่สลายไป และถ้าสามารถรักษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินระดับนี้ไว้อย่างต่อเนื่อง แสดงว่าได้มีการปรับปรุงดินจนมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ อย่างเพียงพอกับพืชรากตื้นส่วนมาก และสามารถเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ได้

2. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ต้องทราบความต้องการธาตุอาหารของพืชที่ปลูก ควรทำการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดโดยที่ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยคอกจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของสัตว์ ขนาดของสัตว์ สภาพของการเลี้ยง ปุ๋ยหมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุดิบที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ส่วนปุ๋ยพืชสดจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชปุ๋ยสดและสภาพดินที่ปลูก ดังนั้น การใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกจำเป็นต้องวิเคราะห์ธาตุอาหารก่อน จึงสามารถกำหนดอัตราการใส่ที่เหมาะสมกับความต้องการธาตุอาหารของพืชได้แต่ส่วนมากต้องใช้ในปริมาณที่มาก ซึ่งในด้านการปฏิบัติของเกษตรกรเป็นได้ยาก ส่วนปุ๋ยพืชสดต้องวิเคราะห์ธาตุอาหารและน้ำหนักของต้นที่สับกลบ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงควรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นว่าธาตุอาหารเพียงพอกับพืชที่ปลูกอย่างแท้จริง โดยอาจมีการใช้น้ำหมักช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพราะมีธาตุอาหารพืชน้อยมากแต่มีกรดอินทรีย์และฮอร์โมนที่พืชต้องการ ทำให้การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานปรับปรุงบำรุงดินในระบบเกษตรอย่างยั่งยืน เพราะปุ๋ยอินทรีย์ทำให้สมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดินมีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช ส่วนปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารเพิ่มแก่พืชในกรณีที่พืชขาดธาตุอาหาร

3. การใช้ปุ๋ยอินทรียวัตถุในสภาพพื้นที่ของเกษตรกร ควรพิจารณาวิธีการที่เหมาะสมและเป็นไปได้ ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการที่เกษตรกรใช้อยู่แล้วหรือการปรับปรุงวิธีการของเกษตรกรให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เช่น แหล่งวัตถุดิบของปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดที่ควรอยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ของเกษตรกร ส่งเสริมความรู้ใหม่ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ให้มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น การรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อช่วยกันผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และควรแนะนำความรู้ให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดผสมผสานกัน เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง

4. พื้นที่ทำการเกษตรมากๆ เช่น การทำนา หรือการทำไร่ ถ้าต้องการปรับปรุงบำรุงดินควรใช้ปุ๋ยพืชสด แต่ถ้าพื้นที่ไม่มาก เช่น สวนผลไม้ ปาล์ม ผัก หรือการทำสวนไม้ดอก ควรใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก เพราะ มีปริมาณการใช้ที่น้อยและพืชสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะมีการใช้เป็นหลุมหรือเป็นแถว

5. ควรให้ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ให้กับเกษตรกร หมอดินอาสา เจ้าหน้าที่ของรัฐตลอดจนนักเรียนตามชนบทได้มีความรู้และความเข้าใจ โดยการสาธิตวิธีต่างๆ จนเข้าใจและสามารถนำไป

ปฏิบัติและใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่ของตนเองได้อย่างถูกต้อง เพื่อช่วยในการรักษาทรัพยากรดินของประเทศไทยให้ยั่งยืน

6. ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้ถูกต้องกับชนิดดินที่มีปัญหา เช่น ดินเค็ม อาจส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกในปริมาณที่เหมาะสม หรือใช้พืชปุ๋ยสดที่เจริญเติบโตได้ดีในดินเค็ม เช่น โสนอัฟริกัน โสนคางคก ถั่วพร้า เป็นต้น ส่วนในดินเปรี้ยวจัดหรือดินเปรี้ยวปานกลาง ควรส่งเสริมให้มีการใช้สารปรับปรุงดินก่อน เช่น ปูนมาร์ล หินปูน ปูนขาว แล้วจึงปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับดินทรายและดินตื้น ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก ดังนั้น ควรส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้น เพื่อให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืน

7. ควรมีการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรเป็นธนาคารปุ๋ยอินทรีย์ โดยมุ่งเน้นให้เกษตรกรนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ในไร่นา ในครัวเรือน และจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร นำมาฝากไว้ที่ธนาคารและกลุ่มเกษตรกรมาช่วยทำการผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมัก เพื่อให้เกษตรกรมาเบิกถอนเอาไปใช้ประโยชน์ โดยต้องนำวัสดุมาแลกหรือมาซื้อในราคาถูก หรือมีการจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรเป็นธนาคารเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด โดยมุ่งเน้นเกษตรกรในกลุ่มบริหารกันเอง เช่น เกษตรกรเบิกเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดจำนวน 100 กิโลกรัมไปปลูก และเมื่อครบกำหนด 1 ปี ต้องนำเมล็ดพืชปุ๋ยสดมาคืน 150 กิโลกรัม เพราะเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสดส่วนมากไม่มีขายในท้องตลาด เพื่อเป็นแหล่งปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกรในการนำไปใช้ให้เพียงพอในอนาคต ซึ่งเป็นป้องกันความเสี่ยงในการขาดแคลนปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกร

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543ก. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและและสหกรณ์. 39 หน้า.

_____. 2543ข. ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. หน้า 52 – 56. *ใน* คู่มือปฏิบัติงานหมอดินอาสา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____. 2544. ผลสำเร็จงานวิชการกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2537 – 2541. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 107 หน้า.

_____. 2556ก. ยุทธศาสตร์กรมพัฒนาที่ดินในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 – 2559) ฉบับปรับปรุง ณ วันที่ 18 มกราคม 2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า.

_____. 2556ข. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 64 หน้า.

_____. 2556ค. ชุดองค์ความรู้กึ่งศตวรรษพัฒนาที่ดิน เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 40 หน้า.

_____. 2558ก. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 242 หน้า.

_____. 2558ข. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 303 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

_____. 2548ก. คู่มือ เกษตรอินทรีย์ฉบับผู้บริหาร. กระทรวงเกษตรและและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ก. คู่มือ ปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ). กระทรวงเกษตรและและสหกรณ์. เอกสารวิชาการลำดับที่ 148 หน้า.

_____. 2552ก. พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 65 หน้า.

_____. 2552ข. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตรลำดับที่ 001/2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 112 หน้า.

กรรณิกา นากลาง สว่าง โรจนกุศล ชนินทร์ เภสัชชา และสุรพล ใจดี. 2554. ฝากสะสมปุ๋ยหมัก 25 ปี แม่ธรณีให้ผลผลิตข้าวหอมมะลิและยั่งยืน. หน้า 179 – 188 . *ใน* รายงานประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2554. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. 2545ก. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. 191 หน้า.

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. 2545ข. คู่มือ การผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. 57 หน้า.

คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน. ไม่ระบุ พ.ศ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 97 หน้า

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. พจนานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 169 หน้า.

คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียง. 2549. เศรษฐกิจพอเพียงคืออะไร. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม. 2549. คู่มือชุดตรวจสอบธาตุอาหารในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ และพิมพ์ธิดา เรืองไพศาล. 2555. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สารเร่งซุปเปอร์ พด.1. กลุ่มวิจัยและพัฒนาจุลินทรีย์ทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 40 หน้า.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2556. กิจกรรมจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรในประเทศไทย. กลุ่มวิจัยและพัฒนาจุลินทรีย์ทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 63 หน้า.

ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. 2549. ปุ๋ยหมัก ดินหมักและปุ๋ยน้ำชีวภาพ เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ. 80 หน้า

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ:เทคนิคการผลิต และการใช้ประโยชน์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 300 หน้า.

ธีรพงษ์ สว่างปัญญางกูร. 2549. คู่มือ การผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองระบบกองเติมอากาศ. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 38 หน้า.

_____. 2555. โครงการบริการวิชาการการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกอง วิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 24 หน้า.

นุชนารถ กังพิสดาร และประสาท เกศวพิทักษ์. 2547. การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตยางพารา. วารสารดินและปุ๋ย 26: 169 – 189.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 84 หน้า.

ปัทมา วิตยากร. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง. พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 423 หน้า.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 256 หน้า.

พิทยากร ลิ่มทอง วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ ประโสด ธรรมเขต ชูศรี ยสินธร และปรัชญา ธัญญาดี. 2534. ผลของวิธีการระบายอากาศต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว. หน้า 35 – 44. *ใน* รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิทยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2541. การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำระบบการจัดเก็บข้อมูลด้านวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทางการเกษตรของประเทศไทย. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. 131 หน้า.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์นา. 2546. เคมีดิน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.

มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2540. ดินและปุ๋ย. มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อาคารสารนิเทศ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 216 หน้า.

เมธิน ศิริวงศ์ ทรายแก้ว อนากาศ และสาธิต กาละพวก. ศึกษาอัตราการใช้ผลิตภัณฑ์สารเร่ง พด.11 สำหรับปอเทืองเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพและปรับปรุงบำรุงดินในสภาพพื้นที่ดินร่วน. ฝ่ายวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 25 หน้า.

ยงยุทธ โอสภสภา. 2547. การใช้ปุ๋ยในระบบชลประทาน. *ใน* เพียงเพื่อปฐพี ที่ระลึกเนื่องในวาระเกษียณอายุราชการ. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสภสภา. 2549. การให้ปุ๋ยทางใบ. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 519 หน้า.

ยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์. 2557. โครงการ 6 เมืองเกษตรสีเขียวต้นแบบกรมพัฒนาที่ดิน. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการบรรเทาโลกร้อน สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 21 หน้า.

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ และศิริธรรม สิงโต. 2551. ปุ๋ยอินทรีย์...ปุ๋ยชีวภาพ ทางเลือกใหม่เพื่อการเกษตร. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 69 หน้า.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ ปรีดี ดีรักษา เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ และอำนวย อุบลทิพย์. 2527. การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชชนิดต่างๆ โดยใช้สารตัวเร่งบี 2. หน้า 291 – 301. *ใน* รายงานวิชาการประจำปี 2527 กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ พิทยากร ลิ่มทอง เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2534ก. ผลของมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว. หน้า 27 – 34. *ใน* รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ พิทยากร ลิ่มทอง เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2534ข. อัตราการย่อยสลายใบยูคาลิปตัสในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก. หน้า 53 – 58. *ใน* รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิภาวรรณ ท้ายเหมือง. 2558. ธรรมชาติของดินนา. หน้า 61 – 66. *ใน* ดิน ธาตุอาหารละปุ๋ยข้าว สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

ศุภชัย เมฆธน. 2535. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับฮิวมิซิบ (ฮิวมิกแอซิด เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์). *ใน* เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ปุ๋ยทางใบกับไม้ผลเศรษฐกิจ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. 8 หน้า.

ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย. 2549. คู่มือ เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยและโรงงานต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 76 หน้า.

สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต. 2542. มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย กำหนดโดยสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรมส่งเสริมการเกษตรและกรมวิชากรเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2535. อ้างโดย. กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. การคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 62 หน้า.

สรุพันธ์ อัตระนัต และครรชิต ภูรมะโรหิต. 2526. ปลูกพืชไร่บนดินกรดจะทำอย่างไร. หน้า 91 – 94. *ใน* วารสารดินและปุ๋ย 5

สุนันท์ ชมพูนิช. 2546. ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 134 หน้า

สุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2554. ใช้อินทรียวัตถุให้ถูกประเภท. คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน. 4 หน้า.

สุภาวดี บุญธรรม กนกรรณ ศรีงาม และปวีณา ไตรโสภณ. 2556. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพที่ยังคงประสิทธิภาพ. น. 17 – 28. *ใน* วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่2 ฉบับที่2 เมษายน 2556.

สุเมธ ตันติเวชกุล. 2549. หลักธรรมทำตามรอยยุคลบาท. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพฯ.

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์ พิทยากร ลิ่มทอง ปรีดี ดีรักษา วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ ปรัชญา ธัญญาดี และ Shinichi Yoshioka. 2534. ผลของการใช้วัสดุชนิดต่างๆ ในการทำปุ๋ยหมักต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์. หน้า 45 – 52. *ใน* รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.). 2549. เศรษฐกิจพอเพียง ปรัชญาชี้ถึงแนวทางการดำรงชีวิต. กรุงเทพมหานคร. ทำเนียบรัฐบาล.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5. 2541. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 113 หน้า.

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย. 2557. รายงานประจำปี 2557 สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 113 หน้า.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2549. การใช้ปุ๋ยพืชสด เพื่อการเกษตรและการผลิตเมล็ดพันธุ์. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 40 หน้า.

_____. 2551. คู่มือ การจัดการอินทรียวัตถุ เพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 187 หน้า.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2548ก. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 82 หน้า.

_____. 2548ข. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอกในพื้นที่ทำการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 216 หน้า.

โสพส แซ่ลิ้ม และบุญช่วย ช่วยระดม. 2554. ศึกษาอัตราการใช้ผลิตภัณฑ์สารเร่ง พด.11 สำหรับปอเทืองเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพและปรับปรุงบำรุงดินในสภาพพื้นที่ดินปนกรวด. สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า

อรรถ สมร่าง ยุทธชัย อนุรักตพันธ์ พงศธร เพียรพิทักษ์ และบุศรินทร์ แสวงลาภ. 2548. ดินเพื่อประชาชน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 166 หน้า.

อรสา ดิสภาพร. 2551. ผักสวนครัวสวนสายใยรักแห่งครอบครัว. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 51 หน้า.

ออมทรัพย์ นพอบรมดี สมพร อิศรานุรักษ์ สุนันทา ชมภูนิช ภาวนา ลิกขนานนท์ นิตยา กันหลง รังสี เจริญสถาพร และรัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1). กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. 51 หน้า.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ นิภา เลขสุนทรากร พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ จรงค์ รุ่งช่วง และ สมพร ทองแดง. 2543. การศึกษาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงดินด้วยพืชปุ๋ยสดที่เหมาะสมกับข้าวไร่ ข้าวโพดไทย. หน้า 63 – 76. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 สาขาพืชและสาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร. 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2548. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 156 หน้า.

Aboulam, S., B. Morvan, and J.C. Revel. 2006. Use of a rotating-drum pilot plant to model thethe composting of household waste on an industrial scale. Compost Science and Utilization, 14, 184 – 190.

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2d ed., John Wiley and Sons, Inc., New York London. 467 p.

Alexander, R. 2001. Compost utilization in landscapes. *In* Compost Utilization in Agricultural Cropping Systems (P.J. Stoffella and B.A. Kahn eds.) Lewis Puvlishers, Nes York.

Amberger, A. 1992. The role of root properties and organic matter on mobilization of soil P and rock phosphate. In Humus, Lts Structure and Role in Agriculture and Environment (J.Kubat ed.) Elsvier, New York.

Ayuso, M., T. Hemandez, C. Garca and J.A. Pascual. 1996. Stimulation of barely growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. Bioresource Technology. 57, 3 (September): 251 – 257.

Bertoldi, M.,G. Vallini and A. Pera. 1983. The biology of composting : A review Waste Manage and Pes. 1: 157 – 176.

Bloom, P.R. 1981. Metal-organic matter interaction in soil. *In* Chemistry in the soil environment (M. Stellyed.) SSSA. Wisconsin.

Bouldin, D.R., S.D. Klausner and W.S. Reid. 1984. Use of nitrogen from manure. *In* Nitrogen in Crop Production. ASA – CSSA – SSSA. Madison, Wisconsin.

Brady, N.C. and R.R.Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall, Jersey.

_____. 2004. Elements of the Nature and Properties of Soils. Pearson Prentice Hall. New Jersey.

Briones, M.J.I. and P. Ineson. 1996. Decomposition of eucalyptus leaves in litter mixtures. Soil Biol. Biochem. 28 (10/10): 1381 – 1388.

Burdick, E.M. 1965. Commercial humates for agriculture and the fertilizer" Commercial humates for agriculture and the fertilizer industry", Economic Botany, Vol. 19, No. 2 . 152 – 156.

Castellanos, J.Z. and P.F. Pratt. 1981. Mineralization of manure nitrogen 1. Correlation with Laboratory indexes. Soil Sciences Society of American Journal 45: 354 – 357.

Caussiol, L.P. and D.C. Joyce. 2004. Characteristics of banana fruit from nearby organic Versus conventional plantation: Acase study. Journal of Horticultural Science and Biotechnology . 79 (5): 678 – 682.

Chen, Y. and F.J. Stevenson. 1986. Soil organic matter interactions with trace elements. In thethe Role of Organic Matter in Modern Agriculture. (Y. Chen and Y. Avnimelech eds.) Maritinus Nijhoff Publishers. Dordrecht.

Christman, R.F. and E.T. Gjessing. 1983. Aquatic and terrestrial humic materials. The Btterworth Grove, England: Ann Arbor Science.

Cosico, W.C. 1985. Organic Fertilizer: Their nature, properties and use. A Publication of the farming Systems and Soil Resources Institute, University of the Philippines at Los Banos, Laguna Philippines. 136 p.

Cotrufo, M.F., P. Ineson and J.D. Roberts. 1995. Decomposition of birch leaf litters with varying C-to-N-rations. Soil Biol. Biochem. 27 (9): 1219 – 1221.

Daugaard, H. 2001. Nutritional status of strawberry cultivars in organic production. Journal of Plant Nutrition. 24 (9): 1337 – 1346.

Day, M. and K. Shaw. 2001. Biological, chemical, and physical process of composting. In composst Utilization in Agricultural Cropping Systems (P.J. Stoffella and B.A. Kahn eds.) Lewis Publishers, New York.

Delate, K. and C.A. Cambardella. 2004. Agroecosystem performance during transition to certified organic grain production. Agronomy Journal. 96: 1288 – 1298.

Dulal, R.C. 1977. Soil organic phosphorus. Advances in Agronomy 29: 83 – 118.

Dulal, M.A. and J.A. Catt. 2004. Soil Management. Problems and Solutions. Amold. A member of Hodder Headline Group, London.

Eghball, B., D. Ginting and J.E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. Agronomy Journal. 96: 442 – 447.

Frankenberger, W.T. and H.M. Abdelmagid. 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. Plant and Soil. 87: 257-271.

Fullen, M.A. and J.A. Catt. 2004. Soil Management : Problems and Solution. Arnoid, a member of Hodder Headline Group. London.

Garcia – Gil, J.C., S.B. Ceppi, M.I. velasco, A. Polo and N. Senesi. 2004. Long term effect of amendment with municipal solid waste compost on elemental and acidic functional group composition and pH – buffer capacity of soil humic acids. Geoderma. 121, 1 – 2 (July): 135 – 142.

Goldstein, N. and D. Block. 1997. Biosolids Composting Holds Its Own. BioCycle Journal of Composting and Recycling 38: 12: 64-74.

Gray, T.R.G. and S.T. Williams. 1971. Soil Microorganism. Longman Group Ltd., London. 240 p.

Griffin, T.S., Z. He and C.W. Honeycutt. 2005. Manure composition affects net transformation of nitrogen from daily manures. Plant and Soil. 273: 29 – 38.

Gu, R.S. and W. Qi-Xioa. 1981. Cultivation and application of green manure in paddy field of China. Proceeding of Symposium in Paddy Soil. pp. 207-219l Springer-Verlag, New York.

Harper, J.E. 1984. Uptake of organic nitrogen forms by roots and leaves. *In* Nitrogen in Crop Production. ASA – CSSA – SSSA. Madison, Wisconsin.

Harry, O.Buclomor. and Nyle Brady. 1974. The nature nad properties of soils. Macmillan Publishing. Co. Ine, 534 – 546.

Hartz, T.K., J.P. Mitchell and C. Giannini, 2000. Nitrogen and Carbon mineralization dynamics of manures and composts. HortScierce. 35 (2): 209 – 212.

Hartz, T.K. and P.R. Johnstone. 2006. Nitrogen availability from high – nitrogen – containing Organic fertilizers. Hort Technology. 16 (1): 39 – 42.

He, Z., Yang, B.A. Kahn, P.J. Stoffella and D.V. Calvert. 2001. Plant nutrition benefits of phosphorus, potassium, calcium. Magnesium, and micronutrients from compost utilization. *In* Compost Utilization in Agricultural Cropping Systems (P.J. Stoffella and B.A. Kahn eds.) Lewis Publishers, New York.

Im, J.N. 1982. Organic materials and improvement of soil physical properties. FAO soils Bull. 45: 106 – 117.

Ingelmo, F., M.J. Molina, M.D. Soriano, A. Gallardo and Lapena. 2012. Influence of organic matter transformation on the bioavailability of heavy metals in a sludge based compost. Journal of Environmental Management. 95 (March): 104 – 109.

Jone, Jr., J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, New York.

Jung, K.Y. and J.E Yang. 2000. Recycling technology of livestock wastes. In International Seminar on Issues in the Management of Agricultural Resources in Commemoration of FFTC 30th Anniversary, September 6 – 8,2000. National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

Kanonova, M.M. 1966. Soil organic matter. Elmsford, NY: Pergamom.

Kanwar, J.S. and S.S. Priher. 1962. Effect of continuous application of farmyard manure and inorganic fertilizers on crops yields Indian Society of Soil Science 10: 109 – 120.

Khing, C.S. Durecu, and V. Beri. 1985. N release from susbania green manure and effect of time of application of N fertilizer on low land rice. International Rice Research Newsletter. 10 (4): 26 – 27.

Khristeva, L.A. and M.V. Luk'Yaneko. 1962. Role of physiologically active substances in soil – humic acids, bitumens and vitamin B, C, P – PA and D in the life of plants and their replenishment. Soviet Soil Sciences, 10, 1137 – 1141.

Kim, K.D., S. Nemec and G. Musson. 1997. Effects of composts and soil amendments on soil microflora and *Phytophthora* root and crown rot of bell pepper. Crop Protection. 16, 2 (March): 165 – 172.

Lories, E and J.E. Sawyer. 2005. Extractable soil phosphorus and inorganic nitrogen following application of raw and anaerobically digested swine manure. Agronomy Journal.97: 879 – 885.

Macgregor, S.T. 1981. Compostion process control based on interaction between microbial cheat out put and temperature. Applied and Environmental Microbiology. 41 (6) : 1321 – 1330.

Matsuzaki, T. 1977. A continuous composting system for disposal and utilization of animal wastes in suburban areas. In Proceedings of the International Seminar on Soil Environment in Intensive Agriculture. The Society of the Science of Soil and Manure, Japan.

Misra*, R. V., R. N. Roy* and H. Hiraoka. 2003. On-farm composting methods. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. 1 – 33.

Muscolo, A., M. Sidari, E. Attin_a, O. Francioso, V. Tugnoli and S. Nardi. 2007. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. Soil Sci. Am. J. 71, 75 – 85.

Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34, 11 (November): 1527 – 1536.

Neumann, A.L.1977. Beef Cattle. John Weiley and Sons, New York.

Newton, K., D. Amarasiriardena and B. Xing. 2006. Distribution of soil arsenic species, lead and arsenic bound to humic acid moloar mass fractions in a contaminated apple orchard. Environmental Pollution. 143, 2 (September): 197 – 205.

Ong, H.L., V.D. Sanson and R.E. Bisque. 1970. Natural organic acids as agents of chemical weathering (130 – 170). U.S. Geological Survey Professional Paper 700 C. Washington, DC: U.S. Geological Survey.

Panchaban, s., and S. Pipatveeravat. 1975. A Study on the effect of different level of organic fertilizer on yield of sorghum. Annual Report, KKU-IDRC. Semi Arid Crop project. Faculty of Agriculture. Khon Keaen University. Khon Keaen, Thailand. PP. 44 – 101.

Pascual, J.A., C. Garcia, T. Hernandez, S. Lerma and J.M. Lynch. 2002. Effectiveness Municipal Waste Compost and Its Humic Fraction in Suppressing Pythium ultimum. Microbial Ecology. 44 (April): 59 – 68.

Piccolo, A. 2002. The supra molecular structure of humic substances: a novrl understanding of humus chemistry and implications in soil science. Adv. Agron. 75: 57 – 134 p.

Piccolo, A., G. Pietramellara and J.S.C. Mbagu. 1997. Reduction in soil loss from erosion – susceptible soils amended ith humic substances from oxidized. Soil Technology. 10, 3 (March): 235 – 245.

Plotto, A. and J.A. Nariso. 2006. Guidelines and acceptable postharvest practices for organically grown produce. Hort Science. 42 (2): 287 – 291.

Power, J.F. and J.W. Doran. 1984. Nitrogen use in organic farming. *In* Nitrogen in Crop Production. ASA – CSSA – SSSA. Madison, Wisconsin.

Prakash, A. 1971. Terrigenous organic matter and coastal phytoplankton fertility. *In*. J.D. Costlow (ed.), Fertility of sea, 2, 351 – 368.

Pure, T., H. Dinel and M. Schnizer. 2000. Carbon and nitrogen mineralization in soil amended with non – tabletized and tabletized poultry manure. Canadian Journal of Soil Science. 80 (2): 271 – 276.

Qian, P. and J.J. Schoenau. 2002. Availability of nitrogen in solid manure amendments with different C:N ratio. Canadian Journal of Soil Science.82 (2): 219 – 225.

Qui, P. and M.calcinai. 1978. Influence of long-term application of organic fertilizers on partition of exchangeable cations in soil. Agrochimical 22:486-491.

Rashid, M.A. 1985. Geochemistry of Marine Humic Sustances. New York: Springer – Verlag.

Reisinger, O., S Durecu, and F. Toutain. 1992. Effects of natural substances on plants : biological control of telluric phytophathogenic fungi by an antifungal compost. In Humus, lis Sructure and Role in Agriculture and Environment (J.Kubat ed.) Elsvier, New York.

Rippy, J.F.M., M.M. Peet, F.J. Louws, P.V. Nelson, D.B. Orr and K.A. Sorensen. 2004. Plant Development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing System. Hort Science. 39 (2): 223 – 229.

Robert, E. 2004. Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid and Humin: their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Texas: A&M University.

Rolz, C., R. de Leo´n, R. Cifuentes and C. Porres. 2010. Windrow composting of sugarcane and coffee byproducts. Sugar Tech 12: 15 – 20.

Saiter, P.J., G. Berry and J.D. Williams. 1967. The effect of farmyard manure on matric suctions prevailing in a sandy ban soil. Journal of Soil Science 18: 318 – 326.

Sanchez, A.S., J.S. Andreu, M. Juarez, J. Jorda and D. Bermudez. 2006. Improving iron uptake In table grape by addition of humic substances. Journal of Plant Nutrition. 29: 259 – 272.

Scanes, C.G., G. Brantad and M.E. Ensmingers. 2004. Poultry Science. Prentice Hall, New Jersey.

Schnitzer, M. and Khan, S.U. 1972, Humic substances in the environment. New York, Marcel Dekker Ince.

Scholes, M.C.,M.J. Swift, O.W. Heal, P.A. Sanchex, J.S.I. Ingran and R. Dalal. 1994. Soil fertility research in response to the demand for sustainability. In The Biological Management of Tropical Soil Fertility (P.L. Woomer and M.J. Swift eds.) John Wiley and Sons. New York.

Sdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. Journal of Soil Science 33: 141 – 163.

Sequi, P. and M. Calcinai. 1978. Influence of long – term application of organic fertilizers on partition of exchangeable cations in soil. Agrochimica 22: 486 – 491.

Sikora, L. and R.A.K. szmidt, 2001. Nitrogen sources, mineralization rates.and nitrogen nutrition genefits of plants from composts. In Compost Utilization in Agricultural

Sikora, L.J.and N.K. Enkiri. 2003. Availability of Poultry litter compost to fescue compared with triple super phosphate. Soil Science. 168 (3) : 192 – 199.

_____. 2005. Comparison of phosphorus uptake from poultry litter compost with triplesuperphosphate in Codorus soil. Agronomy Journal.79 : 668 – 673.

Sims, J.T. and D.C. Wolf. 1994. Poultry waste management : Agricultural and environmental Issues. Advances in Agronomy. 52: 1 – 83.

Singh, Y., B. Singh and C.S. Khind 1992. Nutrient transformation in soils amended with green manures. Advances in Soil Science. 20: 337 – 310.

Sluijsmans, C.M. and G.J. Kolmbander. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. In Proceeding of International Seminar on Soil Environment and fertility management in Intensive Agriculture. The Socity of The Science of Soil and Manure, Japan.

Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. Soil and Tillage Research. 16, 1 – 2 (April): 179 – 201.

Soler – Rovira, P., E. Madejion and c. Plaza. 2010. In situ remendiation of metal – contaminated soil with organic amendments: Role of humic acids in copper bioavilability. Chemosphere. 79, 8 (May): 844 – 849.

Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry, Geness, Composition, Reaction. John Wiley and Sons, New York, 433 p.

Stoffella, P.J., Y. Li, N.E. Roe, M. Ozores – Hampton and D.A. Graetz. 1997. Utilization of composted organic waste in vegetable production systems. Technical Bulletin 147. Food and Fertilizer Technokogy Center, Taiwan.

Stuetzenberger, F.J., A.J. Kaufman and R.D. Lossin. 1970. Cellulolytic activity in municipal solid composting. Can. J.Microboil 16: 553 – 560.

Sutton, R. and G. Sposto. 2005. Molecular structure in soil humic substances: the new view. Environ. Sci. Technol. 39: 9009 – 9015.

Tan, K.H.2003. Humic Matter in Soil and Environment. Maecel Dekker , Inc. New York.

Tate, R.L. 1994. Soil Organic Matter. John Wiley and Sons. New York.

Tchobanoglous, G. and F. Kreith. 2002. Handbook of Solid Waste Management. 2 nd ed. New York: McGraw Hill.

Tewolde. H., K.R. Sistani and D.E.Rowe. 2005. Broiler litter as a sole source for cotton: nitrogen, phosphorus,potassium, calcium, and magnesium concentrations in plant parts. Journal of Plant Nurition. 28: 605 – 619.

Tisdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water – stable aggregates in soils. Journal of Soil Science 33: 141 – 163.

Torstensson, G., H. Aronsson and L. Bergström. 2006. Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping system in Sweden. Agronomy Journal. 96: 603 – 615.

Walker, J.M., N. Goldstein and B. Chen, 1989. Evaluating The In-Vessel Composting Option in The BioCycle Guide to Composting Municipal Wastes, ed. Staff of BioCycle Journal of Waste Recycling. Emmaus: The JG Press.

Warman, P.R. and J.M. Cooper. 2000. Fertilization of a mixed forage crop with fresh and composted chicken manure and NPK fertilizer: Effect on Soil and tissue Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn. Canadian Journal of Soil Science. 80 (2): 345 – 352.

Weir, C.C. 1972. Phosphate studies in Jamaican bauxite soils. *In* Humic subtances. READ, Rome, pp. 89 – 135.

Williams, S.T. 1963. Are antibiotics produced in soil. Pedobiologia, 23, 426 – 435.

Yang, S.S. 2000. Recent advances in composting. In International Seminar on Issues in the management of Agricultural Resources In Commemoration of FFTC 30th Anniversary, September 6 – 8, 2000. National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

Zhang, w., W.A. Dick and H.A.J. Hoitink. 1996. Compost-induced systemic acquired resistance in cucumber to Pythiu root and anthracnose. Phytopathology. 86(10): 1066-1079

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน