



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ของเหลือทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพ
จากเห็ดแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน



โดย

สุรางค์รัตน์ พันแสง

พวงผกา แก้วกรม

กมลวรรณ ศรีปลั่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

2554



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ของเหลือทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพ
จากเห็ดแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

โดย

สุรางค์รัตน์ พันแสง
พวงฝน แก้วกรม
กมลวรรณ ศรีปลั่ง



งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2554



ชื่อโครงการวิจัย(ภาษาไทย) การใช้ของเหลือทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์
เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากແຫນແດງແລະສາหร່າຍສີเขียวแถมน้ำเงิน
(ภาษาอังกฤษ) Use of Agricultural Waste in Phetchabun Province
for Bio-Fertilizer Production by *Azolla* spp. and
Blue-Green Algae.

ชื่อผู้วิจัย นางสาวสุรางค์รัตน์ พันแสง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงผกา แก้วกรม
นางสาวกมลวรรณ ศรีปลั่ง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554
จำนวนเงิน 135,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 11 เดือน
ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2553 ถึง วันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2554

บทคัดย่อ

การศึกษาและการพัฒนาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากແຫນແດງແລະສາหร່າຍສີเขียวแถมน้ำเงิน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการนำมาผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพ มุ่งเน้นความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภคเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปใช้ทดแทนหรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีของท้องถิ่นและชุมชนได้ วัสดุที่นำมาใช้ได้แก่ ฟางข้าว, เศษผัก, ก้านยาสูบ, แขนข้าวโพด, มูลไก่, สารเร่งการย่อยสลายและกากน้ำตาล โดยทำการผสมวัสดุเหลือใช้รวมทั้งสิ้น 6 สูตรทดลอง พบว่า เศษผักที่เกษตรกรทิ้งไปนั้นมีไนโตรเจน 5.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ก้านยาสูบ 2.43 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมมีอยู่ในก้านยาสูบ 5.54 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เศษผัก 2.00 เปอร์เซ็นต์

เมื่อศึกษาปุ๋ยชีวภาพจากແຫນແດງແລະปุ๋ยชีวภาพจากສາหร່າຍສີเขียวแถมน้ำเงิน พบว่า มีสมบัติทางกายภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพมาตรฐาน และมี ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.0, 0.35 และ 1.50 โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยที่ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.0-3.0 , 2.50-3.70 และ 2.50-3.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

คำสำคัญ : ของเหลือทางการเกษตร , ปุ๋ยชีวภาพ

Abstract

The study and development of agricultural wastes in Phetchabun Province were focused on the product of bio-fertilizer from *azolla* sp. and cyanobacteria. The objectives were to study the composition of agricultural wastes which were produced a high quality bio-fertilizer. This product produced base on safety for users, consumers and environments. Moreover, bio-fertilizer can be use to replace/reduce a chemical fertilizers in local community. The raw materials were straw, vegetable scraps, tobacco petiole, corncob, chicken manure, biodegradation and molasses. Bio-fertilizers were produced into six treatments. The results revealed that vegetable scraps had a nitrogen concentration about 5.21%, followed by tobacco petiole (2.43%). According to potassium, tobacco petiole had a concentration 2.43% followed by vegetable scraps (2.00%).

Azolla sp. and cyanobacteria bio-fertilizer have a high quality when comparing to the standard bio-fertilizer. The standard bio-fertilizer have a macro-nutrients i.e. nitrogen, phosphorus and potassium about 1.0, 0.35 and 1.50 by weight, respectively. Meanwhile, the products from this experiment have an average of nitrogen, phosphorus and potassium about 2.0-3.0, 2.50-3.70 and 2.50-3.20 by weight, respectively.

Keywords : agricultural waste, Bio-fertilizer

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากความร่วมมือจากบุคคลและองค์กรจากหลายภาคส่วน คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ นายกองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านหวาย คุณบุญญาฤทธิ์ ต่ายขาว ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเผยแพร่องค์ความรู้ต่าง ๆ ของงานวิจัยให้แก่ประชาชนในเขตพื้นที่ดังกล่าว และขอขอบพระคุณสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่คอยช่วยให้คำปรึกษาและให้ตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมาใช้ในการทดลองครั้งนี้

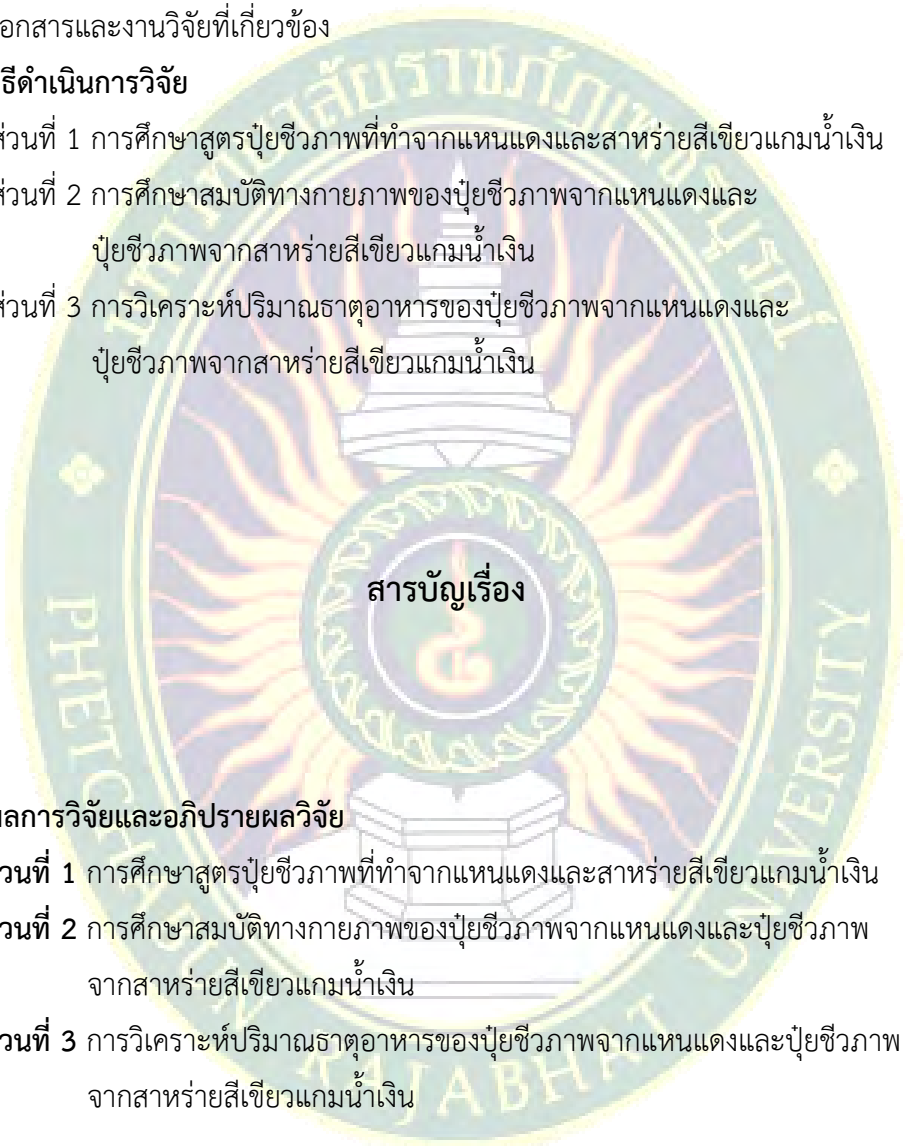
ขอขอบคุณ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือให้กำลังใจและประสานงานการวิจัยจนลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ทำหน้าที่ในการประสานงานจนทำให้การดำเนินโครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์จากผู้เข้ารับการอบรมเป็นสิ่งที่คณะผู้วิจัยระลึกถึงความกรุณา ซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้โครงการวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และเป็นประโยชน์ต่อชุมชนในท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบูรณ์ ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำนักงบประมาณ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน

สุรางค์รัตน์ พันแสงและคณะ

11 มกราคม 2555

		
	สารบัญเรื่อง	
บทคัดย่อไทย		หน้า III
บทคัดย่ออังกฤษ		IV
กิตติกรรมประกาศ		V
สารบัญเรื่อง		VI
สารบัญภาพ		VII
สารบัญตาราง		IX
บทที่ 1 บทนำ		1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา		1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย		3
ขอบเขตของการวิจัย		3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ		3
นิยามศัพท์เฉพาะ		4
กรอบแนวความคิดของการวิจัย		5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		6
ความหมายของคำว่า “ปุ๋ย”		6
การจำแนกปุ๋ย		6
ปริมาณธาตุอาหารพืช สารอื่น ๆ สมบัติของปุ๋ยและสิ่งอื่น ๆ ที่นำมาใช้เป็นปุ๋ย		7

การผลิตปุ๋ยชีวภาพ	15
ข้อดีของปุ๋ยชีวภาพ	19
ข้อด้อยและข้อควรระวังของปุ๋ยชีวภาพ	19
ผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ	20
ข้อแนะนำในการใช้ปุ๋ยชีวภาพ	21
แนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพในอนาคต	23
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
ส่วนที่ 1 การศึกษาสูตรปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากเห็ดแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	25
ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและ ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	26
ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและ ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	27
	
	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลวิจัย	32
ส่วนที่ 1 การศึกษาสูตรปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากเห็ดแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	32
ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพ จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	33
ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพ จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	37
สรุปผลการวิจัย	37
ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	41

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ย

42

ภาคผนวก ข ภาพการทดลอง

44



สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1.1	กรอบแนวความคิดของการวิจัย	5
4.1	อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการหมักปุ๋ยชีวภาพ	33
4.2	ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจาก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	35



สารบัญตาราง

ตาราง ที่		หน้า
1.1	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2546-2550	2
2.1	ปริมาณธาตุปุ๋ยในสารอนินทรีย์ธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ที่อาจใช้เป็นปุ๋ยหรือผลิตปุ๋ย	7
2.2	ปริมาณธาตุปุ๋ยในปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ	8
2.3	ปริมาณธาตุปุ๋ยในปุ๋ยคอก	10
2.4	สมบัติบางประการและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากแหล่งต่าง ๆ	10
2.5	ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลพลอยได้ จากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบางชนิด	11

2.6	สมบัติบางประการและปริมาณธาตุต่าง ๆ ในตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากครัวเรือนในสหรัฐอเมริกาและในประเทศไทย	11
2.7	จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ แยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช	13
2.8	การจำแนกไรโซเปียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์กับพืชตระกูลถั่ว ชนิดต่าง ๆ	17
2.9	การเพิ่มผลผลิตของเชื้อไรโซเปียมต่อถั่วเหลืองที่ปลูกในภาคต่าง ๆ	20
3.1	การผสมสูตรปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากเห็ดแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	25
4.1	ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในวัสดุผสม	32
4.2	อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการหมักปุ๋ยชีวภาพ	33
4.3	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของปุ๋ย (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	34
4.4	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและ ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	35
4.5	อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio)	36



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการสำรวจดินในประเทศไทย พบว่ามีพื้นที่ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1% อยู่ถึง 191 ล้านไร่หรือ 60% ของพื้นที่ทั้งหมด 320 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) และมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่ธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเพิ่มลงไป ซึ่งปุ๋ยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์หรือแปรรูปแร่ธาตุทางเคมีบางชนิด เพื่อให้อยู่ในสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว จนก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ เพราะเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ดินเกิดการเกาะตัวกันแน่น เพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดิน ปุ๋ยอีกประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยธรรมชาติ เป็นปุ๋ยที่มีสารอินทรีย์ตามธรรมชาติที่ได้มาจากซากพืช ซากสัตว์ทุกชนิด สิ่งขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก อุจจาระ ปัสสาวะ ปุ๋ยพืชสดและพวกอินทรีย์สารที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีพลเมืองประมาณ 60% มีอาชีพปลูกข้าวเป็นหลักในพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 65 ล้านไร่ ให้ผลผลิตข้าวคิดเป็นมูลค่าประมาณ 70,000 ล้านบาท ทำให้ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศหนึ่งที่มีการผลิตข้าวเป็นรายใหญ่ของโลก แต่ในขณะเดียวกันพบว่าเกษตรกรไทยที่มีอาชีพทำนาขายจนลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะราคาข้าวตกต่ำ วัสดุที่เป็นปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดินเสื่อมสภาพลง จำเป็นต้องเพิ่มปัจจัยการผลิตมากขึ้น จากการสำรวจสถิติทางการเกษตรของศูนย์สถิติการเกษตร สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) พบว่าประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี เมื่อปี พ.ศ. 2545 มีปริมาณการใช้ 3,713,328 ตัน ปี พ.ศ.2546 ปริมาณการใช้ 3,952,356 ตัน และปี พ.ศ.2547 ปริมาณการใช้ 3,919,766 ตัน แสดงว่าดินนาในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงและมีศักยภาพการผลิตข้าวต่ำ ทำให้ชาวนาต้องเพิ่มเงินซื้อปุ๋ยเคมีมากขึ้น ประกอบกับปุ๋ยเคมีมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเกษตรกรไทยจึงยากจนลง การพัฒนาประเทศเพื่อให้มีความเจริญก้าวหน้าทัดเทียมอารยประเทศ สิ่งที่ต้องแก้ไขรีบด่วน คือ การขจัดความยากจนของชาวนาไทยซึ่งเป็นประชากรส่วนใหญ่ของประเทศให้มีการอยู่ดีกินดี การทำ โดยเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกยอมเป็นไปได้อีก เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทุกปี ในขณะที่พื้นที่ดินยังคงเท่าเดิม สิ่งที่เป็นไปได้คือ การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น หรือลดต้นทุนการผลิตลง ซึ่งการเพิ่มผลผลิตในแต่ละพื้นที่มีปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน แต่ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นลงไปดิน และปัจจุบันพบว่าเกษตรกรไทยยังคงใช้ปุ๋ยในอัตราต่ำอยู่เนื่องมาจากฐานะยากจน มีเงินไม่เพียงพอที่จะซื้อปุ๋ยซึ่งมีราคาสูงในท้องตลาดมาใช้ได้เพียงพอ และขณะเดียวกันเกษตรกรขาดความมั่นใจว่าเมื่อใช้ปุ๋ยแล้วผลผลิตที่ได้คุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่พืชต้องการในปริมาณสูงและดินมักจะขาด จำเป็นต้องใส่เพิ่มเติมลงไปในดินอยู่เสมอ ซึ่งจากการสำรวจสถิติทางการเกษตรของศูนย์สถิติการเกษตร (2550) ฝายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร รายงานว่าประเทศไทยได้มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2546-2550

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้านบาท

สูตรปุ๋ย	2546		2547		2549		2550	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
21-0-0	310,683	1,044	112,384	549	226,994	1,023	268,867	1,446
46-0-0	1,623,729	10,771	1,559,996	13,217	1,426,732	14,014	1,735,014	18,693
16-20-0	356,164	2,051	306,964	2,106	285,432	2,422	454,808	3,800
16-16-8	39,616	248	18,230	138	19,800	171	35,491	313
15-15-15	354,508	2,567	368,531	3,245	282,033	2,656	386,624	3,938
13-13-21	50,538	433	82,357	762	39,120	405	48,058	534
18-46-0	314,132	2,770	357,171	3,853	-	-	-	-
0-0-60	341,900	1,970	439,434	3,100	-	-	-	-
อื่นๆ	446,517	3,893	482,724	5,518	1,233,627	12,863	1,464,383	16,412
รวม	3,527,104	24,703	3,727,791	32,489	3,513,738	33,554	4,393,245	45,136

ที่มา : ฝายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ในปีที่ผ่านมา รัฐบาลได้มีนโยบายการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เพื่ออนุรักษ์เศรษฐกิจโดยเร่งรัดให้ปรับปรุงดินให้มีความสำคัญมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี เพราะมีหลักฐานว่าความอุดมสมบูรณ์ของอินทรีย์วัตถุในดินลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอินทรีย์วัตถุในดินหลายพื้นที่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับมาตรฐานร้อยละ 2-3 การปรับปรุงดินตามหลักต้องเน้นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ (จุลินทรีย์) เพื่อลดผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยเคมีต่อดินและสิ่งแวดล้อม และควรยกระดับความสำคัญของการปรับปรุงดิน โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพให้เป็นนโยบายสำคัญในการพัฒนาการเกษตรระดับชาติเพราะถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ในดินอุดมสมบูรณ์มากขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนในทางตรงกันข้ามหากความอุดมสมบูรณ์ของอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ในดินลดน้อยลง จะกลายเป็นปัญหาที่แก้ได้ยากในการพัฒนาการเกษตรของประเทศไทย กรมส่งเสริมการเกษตรและกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ตระหนักถึงนโยบายและความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ จึงได้แนะนำการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ให้เกษตรกรเรื่อยมา แต่อย่างไรก็ตามการนำเข้าปุ๋ยเคมีก็มีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้ง ๆ ที่เกษตรกรก็ทราบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพมีผลดีต่อสมบัติของดินมากกว่าปุ๋ยเคมี ดังนั้นควรพิจารณาเปรียบเทียบ

สมบัติของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ เพื่อใช้วางแผนปรับปรุงปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพให้มีสมบัติใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีและเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมากที่สุด เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีให้น้อยลง จึงเป็นเรื่องที่สำคัญควรแก่การศึกษา โดยสมบัติที่ดีของปุ๋ยเคมี คือ ตอบสนองเร็ว ใช้ง่าย เก็บรักษาง่าย การเคลื่อนย้ายสะดวก หาซื้อง่ายแม้จะมีราคาแพง มีปริมาณธาตุอาหารสูง ใช้เร่งตามช่วงการเจริญเติบโตได้เพราะมีปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน แต่ข้อด้อย คือไม่มีวัสดุปรับปรุงดิน ทำให้สมบัติของดินเสื่อมเมื่อใช้เป็นเวลานาน ๆ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น ทำให้มีผลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและที่สำคัญมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่วนปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพมีลักษณะเด่น คือ ปลดปล่อยธาตุอาหารช้า ๆ อย่างต่อเนื่องให้แก่รากพืช ลดการสูญเสียจากการชะล้าง เพิ่มอินทรีย์วัตถุ ช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินมีสมดุลทั้งในด้านจุลินทรีย์และธาตุอาหารพืช ส่วนข้อจำกัด คือ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพนั้นมีการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษาที่ลำบาก ธาตุอาหารไม่ชัดเจน ต้องใส่ในปริมาณมากและกรณีปุ๋ยพืชสดต้องรอการไถกลบมีผลต่อระยะเวลาการปลูกพืชหลักและเมล็ดพันธุ์หายาก เป็นต้น

ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวและลดการใช้ปุ๋ยเคมี คือ การพัฒนา ใช้ของเหลือทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากແຫນແຕງและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้กับดินและพืช และยังปลดปล่อยสารจำพวกฮอร์โมนที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ปลดปล่อยออกซิเจนในขณะสังเคราะห์แสงทำให้จุลินทรีย์มีประโยชน์อื่น ๆ เจริญเติบโตดี เมื่อใช้ปุ๋ยชีวภาพจะช่วยยึดอนุภาคดินให้จับกันเป็นโครงสร้างที่คงทนต่อการชะล้างของน้ำฝนทำให้ดินอุ้มน้ำดีขึ้น (กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการผลิตและการจัดการไร่นา, 2542) นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในนาที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ธงชัย, 2546)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบพื้ดินเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อศึกษาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจน กระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion)
3. ผลผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548
4. เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาองค์ประกอบพื้ดินเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พร้อมทั้งบอกสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจน กระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่

มีอากาศ (Aerobic digestion) เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548 โดยมีการควบคุมองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิในคอกหมัก การถ่ายเทอากาศ ขนาดและชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มุ่งเน้นความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภคเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบองค์ประกอบพวกรัฐวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พร้อมทั้งบอก สัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมของคาร์บอนและไนโตรเจน กระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักในสภาวะที่มีอากาศ (Aerobic digestion) เพื่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณภาพตามประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2548 โดยมีการควบคุมองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิในคอกหมัก การถ่ายเทอากาศ ขนาดและชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มุ่งเน้น ความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำปุ๋ยชีวภาพไปใช้ทดแทนหรือลด การใช้ปุ๋ยเคมีของท้องถิ่นและชุมชนได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หมายถึง เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เศษผัก ฟางข้าว แขนข้าวโพด ก้านยาสูบ ที่เหลือทิ้งจากการผลิตพืชผลทางการเกษตรของจังหวัดเพชรบูรณ์

ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการหมักเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับวัสดุอื่น ๆ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสม

อินทรีย์วัตถุ หมายถึง สิ่งที่ได้จากการย่อยสลายตัวของสารอินทรีย์ ได้แก่ ซากพืช ซากสัตว์ รวมถึงสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ขยะต่าง ๆ จนถึงเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว อินทรีย์วัตถุเมื่อ ย่อยสลายต่อไปจนถึงขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส ฮิวมัสเป็นสารที่เสถียร มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง สามารถดูดซับน้ำได้ดี มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าสูง



1.6 กรอบแนวความคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของคำว่า “ปุ๋ย”

ปุ๋ย หมายถึง วัสดุหรือสารที่ใส่ลงไปในดิน ใส่ในวัสดุปลูกพืช พันบนส่วนเหนือดินของพืชหรือใส่ในต้นพืช โดยมีความประสงค์ที่จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มขึ้น เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารดังกล่าวเป็นปริมาณที่เพียงพอและสมดุลตามที่พืชต้องการ และให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นหรือมีคุณภาพตามที่ต้องการ ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “ปุ๋ย” หมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพื่อบำรุงความเติบโตของพืช

2.2 การจำแนกปุ๋ย

ปุ๋ย อาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอนินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่เป็นสารอินทรีย์ แบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติและปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์ ปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ เช่น หินฟอสเฟตบดและแร้ซิลิเกต (ปุ๋ยโพแทสเซียม) เป็นต้น ส่วนปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์ หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่มนุษย์ทำขึ้นจากวิธีทางเคมี เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์ได้มาจากการผลิตโดยวิธีเคมีจึงถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยเคมี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์อาจเป็นปุ๋ยเคมีสังเคราะห์หรือปุ๋ยธรรมชาติก็ได้

ปุ๋ยอนินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอนินทรีย์ แบ่งออกได้เป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ ปุ๋ยอนินทรีย์ธรรมชาติ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอนินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต ที่รู้จักกันดีมีอยู่ 3 ชนิด คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด นอกจากนี้ยังรวมไปถึงซากพืช ซากสัตว์ ของเหลือทิ้งและผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม ตะกอนน้ำทิ้งและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากครัวเรือน ซึ่งหากนำมาใช้เป็นปุ๋ยก็ถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เพราะมีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบในสัดส่วนที่สูง ส่วนปุ๋ยอนินทรีย์สังเคราะห์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมี คือ ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งถูกจัดว่าเป็นปุ๋ยเคมีชนิดหนึ่ง

ปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) หมายถึง วัสดุที่มีจุลินทรีย์เป็นตัวย่อยออกฤทธิ์ (active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากขึ้น ปุ๋ยชีวภาพที่แนะนำให้ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ปุ๋ยที่มีเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เชื้อราบางชนิด และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดเป็นตัวย่อยออกฤทธิ์

2.3 ปริมาณธาตุอาหารพืช สารอื่น ๆ สมบัติของปุ๋ยและสิ่งอื่น ๆ ที่นำมาใช้เป็นปุ๋ย

2.3.1 สารอนินทรีย์ธรรมชาติที่อาจใช้เป็นปุ๋ยหรือใช้ผลิตปุ๋ย สารอนินทรีย์ธรรมชาติมีปริมาณธาตุปุ๋ยผันแปรตั้งแต่ประมาณร้อยละ 2 ไปจนถึงมากกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ปริมาณธาตุปุ๋ยในสารอนินทรีย์ธรรมชาติที่อาจเป็นปุ๋ยหรือผลิตปุ๋ยแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุปุ๋ยในสารอนินทรีย์ธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ที่อาจใช้เป็นปุ๋ยหรือผลิตปุ๋ย (ปิยะ, 2541)

ชื่อสาร	% ไนโตรเจนทั้งหมด	% P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์	% K_2O ที่ละลายน้ำ
หินฟอสเฟต	0	3-8 ^{1/}	0
แร่วิลไวท์ (sylvite)	0	0	63.1
แร่คานัลไลต์ (canallite)	0	0	17
แร่ไคไนท์ (kainite)	0	0	18.9
แร่แลนไบไนท์ (lanbinite)	0	0	22.6
แร่วิลวินท์ (sylvinite)	0	0	20-30
แร่โพลีฮาไลต์ (polyhalite)	0	0	15.5
แร่กลอโคไนท์ (glauconite)	0	0	2.3-8.5
แร่วิลไชท์ (leucite)	0	0	21.4
แร่อลูไนท์ (alunite)	0	0	11.4
แร่ออโรเคลส (orthoclase)	0	0	16.8
แร่ไมโครไคลน์ (microcline)	0	0	16.8
แร่อนอร์โทเคลส (anorthoclase)	0	0	2.4-12.0
แร่มัสโคไวท์ (muscovite)	0	0	11.8
แร่ไบโอไทท์ (biotite)	0	0	6.2-10.1
แร่ฟล็อกไทท์ (phlogopite)	0	0	7.8-10.4
แร่เลปิดไลต์ (lepidolite)	0	0	10.7-12.3
แร่ซินน์วาลด์ไต์ (zinnwaldite)	0	0	10.6

แร่โรสโคอีไลต์ (roscoelite)	0	0	7.6-10.4
-----------------------------	---	---	----------

^{1/} ผันแปรมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ฟอสเฟตที่เป็นองค์ประกอบของหินและความละเอียดของอนุภาคหินบด แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงนี้ และส่วนใหญ่จะมีฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 30-40 คิดในรูปฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ (P_2O_5)

2.3.2 ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดมีธาตุปุ๋ยแต่ละธาตุแตกต่างกัน แต่มักจะมีปริมาณธาตุปุ๋ยรวมทุกธาตุร้อยละ 20 โดยน้ำหนักขึ้นไป ปริมาณธาตุปุ๋ยในปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุปุ๋ยในปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ (ปิยะ, 2541)

ชื่อปุ๋ย	% ไนโตรเจน ทั้งหมด	% ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5)	% โพแทสเซียม ที่ละลายน้ำ (K_2O)
แอมโมเนียเหลว (anhydrous ammonia)	82	0	0
แอมโมเนียมซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$	21	0	0
แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	32.5-33.5	0	0
ยูเรีย (NH_2CONH_2)	46	0	0
แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)	25	0	0
แอมโมเนียมซัลเฟตไนเตรต	26	0	0
แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรต	20	0	0
แคลเซียมไซยานาไมด์ ($CaCN_2$)	21-22	0	0
ซูเปอร์ฟอสเฟตชนิดธรรมดา (ordinary superphosphate)	0	20-21	0
ดับเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (double superphosphate)	0	32-46	0
ทริเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต (triple superphosphate)	0	45-46	0
แคลเซียมเมตาฟอสเฟต $[Ca(PO_3)_2]$	0	62.9	0

แอมโมเนียเอตเต้ซูเปอร์ฟอสเฟต (ammoniated superphosphate)	3-4	15-18	0
โมนอแอมโมเนียมฟอสเฟต (monoammonium phosphate, MAP)	12	52	0
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate, DAP)	16-18	46-48	0
กรดฟอสฟอริก (H_3PO_3)	0	55	0
กรดซูเปอร์ฟอสฟอริก (superphosphoric acid)	0	72	0
กรดซูเปอร์ฟอสฟอริก (superphosphoric acid)	0	72	0
ชื่อปุ๋ย	% ไนโตรเจน ทั้งหมด	% ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5)	% โพแทสเซียม ที่ละลายน้ำ (K_2O)
กรดซูเปอร์ฟอสฟอริก (superphosphoric acid)	0	72	0
โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl หรือ sulfate of potash)	0	0	60
โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4 หรือ sulfate of potash)	0	0	48-50
โพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate)	13	0	46
โพแทสเซียมเมตาฟอสเฟต (potassium metaphosphate)	0	55	35-36

2.3.3 ปุ๋ยอินทรีย์ สมบัติและปริมาณธาตุต่าง ๆ ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ผันแปรอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากสมบัติบางประการ และปริมาณธาตุต่าง ๆ ในปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ ปุ๋ยหมักจากแหล่งต่าง ๆ ผลพลอยได้จากโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรและตะกอนน้ำเสีย (sludge) จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากครัวเรือนที่แสดงในตารางที่ 2.3-2.6 นอกจากนั้นปุ๋ยอินทรีย์ยังมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าปุ๋ยเคมี

มาก แม้จะบอกเป็นปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหารแทนที่จะบอกเฉพาะส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งโดยแท้จริงแล้วส่วนใหญ่ของธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปที่จะถูกปลดปล่อยให้พืชได้อย่างช้า ๆ โดยการสลายตัวผู้พังของปุ๋ย ดังนั้นจึงปรากฏว่าปุ๋ยอินทรีย์จะให้ธาตุอาหารแก่พืชได้น้อยและช้ากว่าปุ๋ยเคมีมากเมื่อใช้ในปริมาณเท่า ๆ กัน และหากต้องการให้พืชได้รับธาตุอาหารเท่ากับปุ๋ยเคมีจะต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากกว่าปุ๋ยเคมีหลายเท่า

ปริมาณธาตุโลหะหนักต่าง ๆ ในตะกอนน้ำทิ้ง (ตารางที่ 2.6) ผันแปรมาก กล่าวคือ ตัวอย่างตะกอนน้ำทิ้งมีปริมาณธาตุโลหะหนักต่าง ๆ กันเป็นพันเป็นหมื่นเท่า ทำให้การนำตะกอนน้ำทิ้งมาใช้เป็นปุ๋ยไม่ปลอดภัยในบางกรณี ดังนั้น หากจะนำตะกอนน้ำทิ้งมาใช้เป็นปุ๋ยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบปริมาณธาตุต่าง ๆ ในตะกอนเพื่อป้องกันมิให้พืชดูดธาตุโลหะหนักเข้าไปมาก และหรือเกิดการสะสมโลหะหนักในดินจนเกินระดับที่ปลอดภัย

ตารางที่ 2.3 ปริมาณธาตุปุ๋ยในปุ๋ยคอก (ปิยะ, 2541 ; จงรักษ์, 2541)

ชนิดปุ๋ย	% ไนโตรเจน ทั้งหมด	% ฟอสฟอรัส (P) ทั้งหมด	% โพแทสเซียม (K) ทั้งหมด
มูลม้า	0.1-0.5	0.30-0.35	0.66
มูลวัว	0.32-1.2	0.21-0.39	0.16-3.1
มูลแกะ	0.65	0.46	0.23
มูลหมู	0.60-2.2	0.23-0.46	0.44-1.33
มูลไก่	1.2-4.9	0.7-4.1	0.47-3.5
มูลไก่ทรง	1.48	0.71	0.49
มูลเป็ด	0.8-3.7	1.18-3.0	0.41-1.57
มูลค่างคาว	0.1-2.9	0.26-16.0	0.33-18.3
มูลนกนางแอ่น	10.5	1.48	0.75
มูลนกกระทา	4.1	1.60	1.91

ตารางที่ 2.4 สมบัติบางประการและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักจากแหล่งต่าง ๆ
(จรัญ, 2541)

สมบัติ/ธาตุ	สถานีทดลองข้าว รังสิต	สถานีทดลองข้าว สุรินทร์	สถานีทดลองข้าว พิษณุโลก
พีเอช (pH)	6.4	8.5	7.9
คาร์บอน (%)	23.1	23.5	26.8
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.8	2.1	1.9
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	14	13	11
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (% P_2O_5)	0.8	0.9	1.8
โพแทสเซียมทั้งหมด (% K_2O)	1.0	1.3	1.3
แคลเซียมทั้งหมด (%)	0.1	3.0	2.7
แมกนีเซียมทั้งหมด (%)	0.5	2.7	0.3

ตารางที่ 2.5 ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลพลอยได้จากโรงงาน
แปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบางชนิด (จรัญ, 2541)

ผลพลอยได้	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (% P_2O_5)	โพแทสเซียมทั้งหมด (% K_2O)
กากเมล็ดนุ่น	6-9	2-3	1-2
กากเมล็ดละหุ่ง	8.1	2.4	1.4
กากอ้อยป่น	0.3-1.0	0-2.4	0.2-0.5
กากถั่วเหลือง	2.7-8.7	0.4	2.3
กากถั่วเขียว	3.2	2.3	1.5

กากเมล็ดฝ้าย	6-9	2-3	1-2
กระดูกปน	2-4	20-28	-
เลือดแห้ง	8-12	0.3-1.5	0.5-0.8
เศษเนื้อพังผืด	5-10	1-3	1-1.5

ตารางที่ 2.6 สมบัติบางประการและปริมาณธาตุต่าง ๆ ในตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากครัวเรือนในสหรัฐอเมริกาและในประเทศไทย (อำนาจ, 2548)

สมบัติและชนิดธาตุ	สหรัฐอเมริกา ^{1/}	ประเทศไทย ^{2/}
พีเอช (pH)	-	5.8-7.1
ค่าการนำไฟฟ้า (เดลิซีเมนต่อเมตร)	-	0.5-5.1
ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (เซนต์โมลต่อกิโลกรัม)	-	19-68
อินทรีย์คาร์บอน (%)	0.5-4.8	-
อินทรีย์วัตถุ (%)	-	5.5-37.2
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	<0.1-17.3	0.38-2.69
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (% P)	<0.1-14.3	0.0002-0.504
แคดเมียม (Cd, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	3-3,410	2.3-77.8
โครเมียม (Cr, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	10-99,000	-
ทองแดง (Cu, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	84-10,400	100-40,500
ปรอท (Hg, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	0.2-10,600	-
นิกเกิล (Ni, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2-3,520	-
ตะกั่ว (Pb, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	13-19,700	50-4,420

^{1/} U.S. Environmental Protection Agency (1983) ; ^{2/} Sukreeyapongse (2001)

2.3.4 ปุ๋ยชีวภาพ จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อหาทางนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพแยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สรุปไว้ในตารางที่ 2.7 อธิบายได้ดังนี้

1) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่วสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนเพื่อการดำรงชีวิต เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารพื้นฐานสำหรับสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะนำไปสร้างกรดอะมิโนจะต้องเป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่รวมกับอะตอมของ

ธาตุอื่นเกิดเป็นไอออน เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) เท่านั้น แหล่งใหญ่ที่สุดของไนโตรเจนในโลกนี้ คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในบรรยากาศ ซึ่งมีปริมาณทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณก๊าซในบรรยากาศ ก๊าซไนโตรเจนเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนสำหรับสิ่งมีชีวิตที่สามารถใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจนได้ โดยอาศัยกระบวนการตรึงไนโตรเจน

การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในบรรยากาศเป็นไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย ดังนั้น กระบวนการตรึงไนโตรเจนจึงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนซึ่งพืชใช้ประโยชน์โดยตรงไม่ได้ ให้ไปอยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในการสร้างกรดอะมิโนได้ กระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอาจเกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยาเคมี หรือโดยการกระทำของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

แบคทีเรียในกลุ่มที่รวมเรียกว่า ไรโซเบียม (rhizobium) เท่านั้นที่สามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียพวกนี้สามารถเข้าไปอยู่ในรากถั่วแล้วทำให้เกิดปมที่รากถั่ว [ยกเว้นกรณีโสนแอฟริกันและถั่วในสกุลแอชีโนมิน (*Aechynomene* spp.) ซึ่งสร้างปมได้ทั้งที่รากและลำต้น] ในปมนี้ ไรโซเบียมทำการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่ว การตรึงไนโตรเจนเกิดขึ้นโดยไรโซเบียมในปมรากถั่วเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย แล้วแอมโมเนียที่เกิดขึ้นรวมตัวกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ถั่วสร้างขึ้นทำให้ได้กรดอะมิโน ส่วนหนึ่งของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นไรโซเบียมใช้ไปในการเจริญเติบโตของมันเอง ส่วนที่เหลือถั่วใช้ไปในการเจริญเติบโต ดังนั้น การตรึงไนโตรเจนแบบนี้จึงเป็นการตรึงไนโตรเจนแบบที่สิ่งมีชีวิตทำร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (ไรโซเบียมได้รับสารคาร์โบไฮเดรตซึ่งให้พลังงานและได้ธาตุอาหารอื่น ๆ จากถั่ว ส่วนถั่วได้รับกรดอะมิโนที่เกิดขึ้น) จึงเรียกรวมการตรึงไนโตรเจนแบบนี้ว่า “symbiotic nitrogen fixation” ซึ่งอาจเรียกเป็นภาษาไทยว่า “การตรึงไนโตรเจนโดยสิ่งมีชีวิตที่พึ่งพาอาศัยกัน”

2) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว จุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมประเภทนี้ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่กับแหนแดงและแอคติโนมัยสิท

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อาศัยอยู่กับแหนแดง สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) มีทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ และหลายเซลล์ต่อกันเป็นเส้นสามารถจำแนกได้ 26 สกุล ดังแสดงในตารางที่ 2.8 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดอนาบินา อโซลลี (*Anabaena azollae*) มักอาศัยอยู่ในโพรงใต้ใบของแหนแดง (*Azolla* spp.) ซึ่งเป็นเฟิร์นชนิดหนึ่งที่มีกลอยอย่างอิสระอยู่บนผิวน้ำ การตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างแหนแดงกับอนาบินาเกิดขึ้นโดยอนาบินา อโซลลีทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย แล้วแอมโมเนียที่เกิดขึ้นรวมตัวกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่แหนแดงสร้างขึ้นทำให้ได้กรดอะมิโน ส่วนหนึ่งของกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นอนาบินาอโซลลีนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของมันเอง ส่วนที่เหลือของกรดอะมิโนแหนแดงใช้ไปในการเจริญเติบโต ดังนั้น การตรึงไนโตรเจนแบบนี้จึงเป็นการตรึงไนโตรเจนโดยสิ่งมีชีวิตที่พึ่งพาอาศัยกัน

ตารางที่ 2.7 จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ แยกตามกิจกรรมที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (อำนาจ, 2548)

1. จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน 1.1 แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียในสกุลไรโซเบียม (<i>Rhizobium</i> spp.) ซึ่งสร้างปมเพื่อตรึงไนโตรเจนที่รากพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียโซโรโซเบียม คอลินอดันส์ (<i>Azorhizobium caulinodans</i>)^{2/} ซึ่งสร้างปมตรึงไนโตรเจนบนลำต้นโสนแอฟริกัน (<i>Sesbania rostrata</i>) 1.2 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียบางสกุลในสกุลแฟรงเกีย (<i>Frankia</i> spp.) ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มแอกติโนมัยซีต (actinomycete) ที่สามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชชั้นสูงบางชนิดที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว ได้แก่ พืชบางชนิดในสกุลอัลนัส (<i>Alnus</i> spp.) ไมริกา (<i>Myrica</i> spp.) อัลโลแคซวรีนา (<i>Allocasuarina</i> spp.) และแคซวรีนา (<i>Casuarinas</i> spp.) เช่น สนประติพัทธ์ (<i>Casuarina junghuhniana</i>) เป็นต้น ไซยาโนแบคทีเรีย อนาบินา อโซลลี (<i>Anabaena azollae</i>)^{5/} ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับแห่นางแว่น 1.3 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระ (free-living N₂-fixing microorganisms) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไวอาโนแบคทีเรีย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดในสกุลอานาบิโนอปซิส (<i>Anabaenopsis</i> spp.) อฟาโนเทซ (<i>Aphanothece</i> spp.) ออโลสิรา (<i>Aulosira</i> spp.) คาโลทริกซ์ (<i>Calothrix</i> spp.) ไซลินโดรสเปอร์มัม (<i>Cylindrospermum</i> spp.) ฟิสเชอเรลลา (<i>Fischerella</i> spp.) โกลีโอเทซ (<i>Gloeotheca</i> spp.) โกลีโอเทริเชีย (<i>Gloeotrichia</i> spp.) แฮสซาลเลีย (<i>Hassalia</i> spp.) นอสตอค (<i>Nostoc</i> spp.) ริวูลาเรีย (<i>Rivularia</i> spp.) ซีสโตเนมา (<i>Scytonema</i> spp.) สติโกเนมา (<i>Stigonema</i> spp.) โทลีโอโพทริกซ์ (<i>Tolypothrix</i> spp.) และเวสเทียลลอปซิส (<i>Westiellopsis</i> spp.) โฟโตซินเทติกแบคทีเรีย (photosynthetic bacteria) เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลโรโดสปิริลลัม (<i>Rhodospirillum</i> spp.) โรโดไซคลัส (<i>Rhodocyclus</i> spp.) และโรโดไมโครเบียม (<i>Rhodomicrobium</i> spp.) แบคทีเรียในกลุ่มอื่น ๆ เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลอะโซโตแบคเตอร์ (<i>Azotobacter</i> spp.) ไบเจอรินเชีย (<i>Beijerinchia</i> spp.) คลอสทริเดียม (<i>Clostridium</i> spp.) และเดอร์เซีย (<i>Derxia</i> spp.)
1.4 จุลินทรีย์ที่มีความสัมพันธ์กับพืช (associative N₂-fixing microorganisms) แบคทีเรีย เช่น แบคทีเรียบางชนิดในสกุลอะโซสปิริลลัม (<i>Azospirillum</i> spp.) อะซิโตแบคเตอร์ (<i>Acetobacter</i> spp.) พิวโดโมนาส (<i>Pseudomonas</i> spp.) อัลคาลิจีเนส (<i>Alcaligenes</i> spp.) และเคลบเซลลา (<i>Klebsiella</i> spp.)
2. จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟต (phosphate-solubilizing microorganisms)

แบคทีเรีย เช่น แบคทีเรียบางสกุลในสกุลบาซิลลัส (*Bacillus* spp.) เบอริโคลเดอเรีย (*Burkholderia* spp.) เออร์วินเนีย (*Erwinia* spp.) ซูโดโมนาส (*Pseudomonas* spp.) ไธโอบาซิลลัส (*Thiobacillus* spp.) และสเตรปโตไมซีส (*Streptomyces* spp.)

รา เช่น ราแอสเพอร์จิลลัส ไนเกอร์ (*Aspergillus niger*) เป็นต้น

3. จุลินทรีย์ที่ช่วยรากพืชดูดธาตุอาหาร

ราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza fungi) ซึ่งทำให้เกิดไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาที่รู้จักกันในปัจจุบันมี 7 แบบ คือ อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza) หรือราเอไมคอร์ไรซา เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) เอกเทนโดไมคอร์ไรซา (ectendomycorrhiza) อาร์บุดอยด์ไมคอร์ไรซา (arbutoid mycorrhiza) โมโนปอยด์ไมคอร์ไรซา (monopoid mycorrhiza) อีริคอยด์ไมคอร์ไรซา (ericoid mycorrhiza) และออร์คิดไมคอร์ไรซา (orchid mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาชนิดนี้พบแล้วมีอยู่ 150 ชนิดในสกุลคอกโคสเปอร่า (*Acaulospora* spp.) เอนโทรโฟสปอร่า (*Entrophospora* spp.) ไกกาสปอร่า (*Gigaspora* spp.) โกลมัส (*Glomus* spp.) สเคลอโรซิสติส (*Sclerocystis* spp.) และสคูเทลโลสปอร่า (*Scutellospora* spp.)

3) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระ จุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมประเภทนี้ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรียและแบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระ (free-living bacteria)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่อย่างอิสระ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีคลอโรฟิลล์และทำการสังเคราะห์แสงได้จึงสามารถเจริญเติบโตได้โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดในสกุลต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.8 สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มักพบในนาข้าว แต่อาจพบเป็นจำนวนมากในดินดอนเพราะสาหร่ายพวกนี้ทนความแห้งแล้งและอุณหภูมิสูง ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยสาหร่ายพวกนี้เฉลี่ยประมาณ 4.3 กิโลกรัมต่อไร่ และอาจสูงถึง 12.8 กิโลกรัมต่อไร่ ในการปลูกข้าวหนึ่งครั้ง

แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระ แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระหลายสกุลสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น แบคทีเรียในสกุลอโซสไพริลลัม (*Azospirillum* spp.) อโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter* spp.) บาซิลลัส (*Bacillus* spp.) ไบเจอริงเกีย (*Beijerinckia* spp.) เดอร์เซีย (*Derrxia* spp.) เป็นต้น แบคทีเรียพวกนี้เมื่ออยู่อย่างอิสระสามารถตรึงไนโตรเจนได้น้อยมาก จึงมักถือกันว่าไม่มีความสำคัญในแง่การเพิ่มไนโตรเจนได้ในปริมาณที่ควรค่าแก่การให้ความสนใจเมื่ออยู่ในดินแบบมีความสัมพันธ์กับพืช

4) จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนแบบสัมพันธ์กับพืช (associative N_2 -fixing microorganisms) ปกติดินในบริเวณที่มีอิทธิพลของรากพืช (rhizosphere) จะมีจุลินทรีย์มากกว่าดินที่อยู่ห่างไกลจากรากพืช ทั้งนี้เพราะดินในบริเวณที่มีอิทธิพลของรากพืชมีปริมาณคาร์บอน ที่จุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์ได้มากกว่าดินในบริเวณที่ห่างไกลจากรากพืช จึงทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ แข่งแย่งไนโตรเจนซึ่ง

เป็นอีกธาตุหนึ่งซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระจึงสามารถแข่งกับจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้ดี แบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระและตรึงไนโตรเจนได้บางชนิดชอบอาศัยอยู่ในดินบริเวณที่มีอิทธิพลของราก (rhizosphere) ธัญพืช (cereals) และพืชตระกูลหญ้า (grasses) มากกว่าที่จะอยู่ในดินที่ห่างไกลจากรากพืชและการอยู่ในสภาพนี้ทำให้มันสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าเมื่ออยู่ในดินบริเวณที่ไม่มีอิทธิพลของรากพืช ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้อาจสูงถึง 384 กรัมต่อไร่ต่อวัน

5) จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟต แบคทีเรียบางชนิด และราบางชนิดช่วยให้ฟอสเฟตในดินในรูปที่ไม่ละลายน้ำละลายออกมาให้กับพืชใช้ได้มากขึ้น จุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้ฟอสเฟตในดินละลายน้ำได้มากขึ้นโดยการปลดปล่อยกรดโปรตอนหรือสารคีเลต (chelating compounds) ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟอสเฟตในดินทำให้ฟอสเฟตถูกเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น

6) จุลินทรีย์ที่ช่วยรากพืชดูดธาตุอาหาร จุลินทรีย์ประเภทนี้มีเพียงรา (fungi) เท่านั้นราบางชนิดอาศัยอยู่กับรากพืชโดยบางส่วนของเส้นใยของราอยู่ในรากพืชและบางส่วนอยู่นอกรากพืช ส่วนที่อยู่นอกรากพืชเป็นเสมือนรากขนอ่อนของรากพืช ทำให้รากพืชดูดธาตุอาหารและน้ำได้มากขึ้น ส่วนราที่ขึ้นอยู่กับรากพืชนั้นก็ได้รับสารประกอบคาร์บอนจากการสังเคราะห์แสงของพืชเป็นอาหาร ราและรากพืชดังกล่าวจึงอยู่ด้วยกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน รากพืชที่ราอาศัยอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกันนี้เรียกว่า “ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza)” และราพวกนี้ถูกเรียกว่า “ราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza fungi)”

2.4 การผลิตปุ๋ยชีวภาพ

หลักการผลิตปุ๋ยชีวภาพ คือ การผลิตเชื้อจุลินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ในปริมาณที่มากพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพมีมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีวิธีการเลี้ยงขยายเพื่อเพิ่มจำนวนแตกต่างกันไป จุลินทรีย์ที่สามารถเลี้ยงให้สามารถเจริญเติบโตได้เร็วในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสามารถผลิตได้ในปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้นและยุ่งยากน้อยกว่าพวกที่ไม่สามารถเลี้ยงให้เจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อ การผลิตให้ได้เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด จะมีวิธีการและขั้นตอนแตกต่างกันไป สิ่งที่ต้องคำนึงในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ คือ

- 1) ใช้หัวเชื้อที่จะนำมาผลิตที่บริสุทธิ์ ปราศจากการปนเปื้อน
- 2) เชื้อจุลินทรีย์ที่จะนำมาผลิตได้ผ่านการทดสอบแล้วว่าเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพ
- 3) เลือกใช้ชนิดอาหารที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด
- 4) กำจัดสารปนเปื้อนที่จะเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของการผลิต
- 5) ผลิตให้ได้ปริมาณที่เพียงพอในการที่จะนำไปใช้ต่อไป ปุ๋ยชีวภาพที่มีการผลิตเพื่อ

จำหน่าย ได้แก่ เชื้อไมคอร์ไรซา จุลินทรีย์อิสระ เชื้อย่อยละลายหินฟอสเฟต และหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อทำปุ๋ยหมัก

2.4.1 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่อยู่อย่างอิสระซึ่งมีทั้งคลอโรฟิลล์ และ ไนโตรเจนเอนไซม์ ทำให้จุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถสังเคราะห์แสง และตรึงไนโตรเจนได้ จึงนับว่าสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินมีประโยชน์อย่างมาก โดยสามารถเปลี่ยนวัตถุดิบที่มีอยู่ในอากาศมาเป็นสารอินทรีย์ และเมื่อสลายตัวลงก็จะปลดปล่อยสารประกอบนี้ให้กับพืชที่ปลูกตามมาได้ นับว่าเป็นแหล่งผลิตปุ๋ยที่มี ราคาถูกมาก

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

- 1) เพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดินและพืชทำให้ลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้บางส่วน
- 2) ช่วยทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อดินสามารถเจริญเติบโตได้ดี และช่วยให้ดินอุดมสมบูรณ์
- 3) ทำให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

การใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าว

เมื่อมีฝนตก

- 1) ปรับแต่งดินนาอย่าให้น้ำรั่วไหลได้เพื่อป้องกันการสูญหายของปุ๋ยที่ไหลตามน้ำ
- 2) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ในนาดินเหนียว ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 และ ในนาดินทราย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 โดยหว่านให้ทั่วพื้นที่ ในนาดำใส่ก่อนปักดำข้าว 1 วันหรือหลังปักดำ 7-10 วัน ในนาหว่านใส่ปุ๋ยเคมีหลังข้าวงอก 20-25 วัน
- 3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยหว่านให้ทั่วแปลงนา ในนาดำช่วง 1-30 วัน หลังปักดำข้าว และในนาหว่านหลังจากข้าวงอกแล้ว 7-30 วัน
- 4) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 3-7 กิโลกรัม/ไร่หรือปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 7-15 กิโลกรัม/ไร่ โดยหว่านให้ทั่วแปลงในระยะข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนหรือก่อนข้าวตั้งท้อง หรือก่อนเก็บเกี่ยวข้าว 60 วัน

ข้อควรระวัง

- 1) ไม่ควรหว่านปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในขณะที่ฝนตก เพราะน้ำฝนจะไหลบ่าท่วมคันนาจะพาปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไปด้วย
- 2) เก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไว้ในที่ร่ม และไม่ควรเปิดถุงปุ๋ยทิ้งไว้นาน ๆ เพราะจะทำให้ปุ๋ยแห้งเกินไป

3) ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก่อนการหมักอายุจุลินทรีย์ที่ช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่น ๆ

ข้อแนะนำในการใช้สาหร่ายในนาข้าว

1) ถ้าไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใช้สาหร่ายจะได้ไนโตรเจนประมาณ 3.2-4.8 กก./ไร่
2) หว่านสาหร่ายแห้งลงในน้ำในนาข้าวอัตรา 1.6-2.4 กก./ไร่ หลังจากปักดำข้าวไปได้ประมาณ 1 สัปดาห์

- 3) การใช้สาหร่ายจำนวนมากไม่เป็นอันตรายและช่วยเพิ่มให้มีปริมาณสาหร่ายมากขึ้น
- 4) เลี้ยงสาหร่ายไว้ก่อนปักดำข้าวก็ได้
- 5) เมื่อมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้ลดการใช้ลง 4 กก./ไร่ และใช้สาหร่ายแทน
- 6) สาหร่ายสามารถใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง ๆ ได้
- 7) สาหร่ายแห้งสามารถเก็บไว้ใช้ได้โดยไม่เสียคุณภาพ
- 8) ไม่ควรเก็บสาหร่ายไว้ให้ถูกกับปุ๋ยหรือสารเคมีอื่นโดยตรง
- 9) ใช้สาหร่ายอย่างน้อย 3 ถังการปลูกติดต่อกัน
- 10) ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตามคำแนะนำเพื่อไม่ให้คุณสมบัติของสาหร่ายเสียไป

2.4.2 ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza)

ไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อรากลุ่มหนึ่งที่อยู่ในดินอาศัยอยู่รวมกันกับรากพืชโดยไม่ทำอันตรายต่อพืชโดยทั่วไป เชื้อไมคอร์ไรซามีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

- 1) เชื้อเอ็นโตไมคอร์ไรซา
- 2) เชื้อเอ็นโคไมคอร์ไรซา

การผลิตเชื้อไมคอร์ไรซา

วิธีการผลิตโดยวิธีการปลูกพืชทั้งในกระถาง เรียกว่า พอต คัลเชอ (pot culture) หรือปลูกในแปลงนา การจะผลิตในแปลงจะต้องผลิตในพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อจะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่ให้เกิดการปนเปื้อนต่อเชื้อที่จะผลิตขึ้นได้ วิธีการผลิตสามารถทำได้ไม่ยากนัก แต่จะต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาที่ปลูกในการขยายปริมาณเชื้อจะต้องใช้พืชอาศัยต่างชนิดกับพืชที่จะปลูกในไร่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการติดเชื้อบางชนิดที่จะต่อเนื่องได้ เช่น ถ้าจะใช้เชื้อ วิ-เอ ไมคอร์ไรซากับพืชตระกูลถั่ว จะต้องใช้พืชอาศัยเป็นพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว

ประโยชน์

เชื้อไมคอร์ไรซา มีประโยชน์ต่อการมีชีวิตรอยู่และการเจริญเติบโตของต้นไม้ คือ

- 1) สามารถเพิ่มความเจริญเติบโตให้กับต้นพืช
- 2) เพิ่มพื้นที่ผิวรากที่จะสัมผัสกับดินทำให้การดูดธาตุอาหารของรากมากขึ้น

3) ช่วยพืชดูดและสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ไว้ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุอื่น ๆ อีก ซึ่งเชื้อไมคอร์ไรซาจะดูดไว้และสะสมไว้มาก

4) ช่วยดูดธาตุอาหารจากหินแร่ที่สลายตัวยาก พวกอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้

5) รากพืชที่มีเชื้อไมคอร์ไรซามีความต้านทานโรคพืชที่เกิดกับรากได้

2.4.3 ไรโซเบียม (Rhizobium)

เชื้อไรโซเบียมเป็นหนึ่งในกลุ่มจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพ นิยมนำเชื้อไรโซเบียมมาใช้คลุกเมล็ดถั่วก่อนปลูก ทั้งนี้ ได้มีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับถั่วเขียวหรือถั่วเหลืองโดยเฉพาะ เมื่อเมล็ดถั่วเริ่มงอกต่อมากจะสร้างรากและลำต้น เชื้อไรโซเบียมจะเข้าอาศัยอยู่ในรากของต้นถั่ว โดยต่างพึ่งพาซึ่งกันและกัน ไรโซเบียมได้นำน้ำเลี้ยงจากรากพืชเป็นอาหาร ขณะเดียวกันไรโซเบียมก็ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้อยู่ในสถานะที่ต้นพืชนำไปเป็นอาหารได้

ตัวไรโซเบียมมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น มีรูปร่างเป็นแท่งยาว เมื่อเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่รูปจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างเมื่ออาศัยอยู่ในปมถั่ว ไรโซเบียมต้องการอากาศและสามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยตัวของมันเอง การจำแนกไรโซเบียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์กับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.8 ดังนี้

ตารางที่ 2.8 การจำแนกไรโซเบียมอาศัยการจำแนกตามความสัมพันธ์กับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ

ชนิดไรโซเบียม	ชนิดของถั่วที่ต้องอาศัยอยู่
1. <i>Rhizobium Caponicum</i>	ถั่วเหลือง
2. <i>Rhizobium lyuminosarum</i>	ถั่วลันเตา ถั่วปากอ้า
3. <i>Rhizobium phaseoli</i>	ถั่วแดงหลวง ถั่วแขก(ฝัก)
4. <i>Rhizobium mepiloti</i>	ถั่วซัลฟูลฟา
5. <i>Rhizobium triflii</i>	ถั่วโคลเวอร์
6. <i>Rhizobium lupine</i>	ถั่วลูปีเนียม ถั่วอินทิพัส
7. Cowpea miscellaneous group	ถั่วเขียว ถั่วลิสง ถั่วแปบ ถั่วฝักยาว ฯลฯ

หลักการเพาะเชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชตระกูลถั่ว

1) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียมเมื่อจะทำการปลูกถั่วชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นครั้งแรกเฉพาะในดินที่เปิดใหม่

2) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียม เมื่อจะปลูกถั่วในที่ที่เล็กร้างจากการปลูกถั่วชนิดนั้น ๆ มาเป็นเวลา 4-5 ปีแล้ว เพราะเชื้อไรโซเบียมในดินจะลดน้อยลง

3) ควรทำการเพาะเชื้อไรโซเบียม เมื่อดินมีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ดินที่ค่อนข้างเลว ดินทราย ดินเปรี้ยว ดินในเขตแห้งแล้ง หรือมีฝนตกชุก เพราะในสภาพดังกล่าวแม้จะได้ปลูกพืชตระกูลถั่วติดต่อกันมาเป็นเวลาหลาย ๆ ปีแล้วก็ตาม เชื้อไรโซเบียมที่เจริญเติบโตอยู่ในดินจะถูกลดปริมาณลงอยู่เสมอ จึงควรเพิ่มปริมาณโดยการเพาะเชื้อไรโซเบียมอยู่เรื่อย ๆ

4) ควรทำการเพาะเชื้อ เมื่อพบว่าถั่วที่ปลูกไว้ติดปมน้อย ขนาดปมเล็กและกระจายกระจายอยู่ตามรากผอม แต่เมื่อผ่าปมดูแล้วไม่มีสีชมพูหรือ ๆ เนื้อเยื่อภายในมีสีเขียว เพราะลักษณะปมดังกล่าวนี้แสดงถึงความเสื่อมประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมที่อยู่ในปมเหล่านี้ ลักษณะปมอันพึงประสงค์จะต้องมีขนาดใหญ่ ปมมีจำนวนมากและเกิดอยู่รอบ ๆ รากแก้วหรือโคนรากแขนง เมื่อผ่าหรือบีบดูสีของเนื้อเยื่อภายในปมจะมีสีชมพูถึงแดง

วิธีการใช้เชื้อไรโซเบียม

ต้นถั่วจะได้รับประโยชน์จากเชื้อไรโซเบียมได้สูงสุดจะต้องทำให้เชื้อไรโซเบียมที่ใส่ลงไปเข้าสู่ราก เพื่อสร้างปมให้มากที่สุด และการที่จะให้ประสบผลสำเร็จขึ้นอยู่กับวิธีการใช้เชื้อที่ถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำเมล็ดถั่วที่ต้องการปลูกใส่ลงในภาชนะ
- 2) ใส่สารที่ช่วยให้เชื้อติดเมล็ด เช่น น้ำมันพืชการสังเคราะห์ 40% น้ำตาลทราย 30% และน้ำลงไปในเมล็ดในอัตราที่กำหนด เช่น ใช้กับถั่วเหลือง 10 ก.ก. หรือถั่วลิสง 15 ก.ก. หรือถั่วเขียว 5 ก.ก. และเชื้อไรโซเบียม 200 กรัม คือ 300 ลบ.ซม. เทากันหมดแล้วกวานเบา ๆ ให้เมล็ดเปียกทั่วกันหมด โดยไม่มีน้ำหรือสารนั้น ๆ เหลืออยู่ที่ก้นถัง ถ้ามีแสดงว่าใส่มากเกินไปก็เติมเมล็ดลงไปอีกหรือรินทิ้ง
- 3) ใส่เชื้อไรโซเบียมลงในอัตราที่กำหนด เช่น ถั่วเหลือง 10 กิโลกรัม หรือถั่วลิสง 15 กิโลกรัม หรือถั่วเขียว 5 กิโลกรัม คือ ใส่เชื้อไรโซเบียม 200 กรัม
- 4) คนเบา ๆ จนกระทั่งเมล็ดทุกเมล็ดมีผงเชื้อติดอย่างสม่ำเสมอ

2.4.4 แหนแดง

แหนแดงเป็นเฟิร์นที่เจริญเติบโตลอยอยู่บนผิวน้ำ สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยการตรึงร่วมกันกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ในโพรงใต้ใบของแหนแดง จึงได้มีการนำใบของแหนแดงมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดให้กับข้าวที่ปลูกในนาข้าวเพื่อเพิ่มไนโตรเจนให้กับดิน โดยปลูกแหนแดงก่อนการปลูกข้าวแล้วไถกลบแหนแดงในช่วงเตรียมดินเพื่อปลูกข้าว เมื่อแหนแดงเน่าเปื่อยลงก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ออกมาในรูปอนินทรีย์สารให้แก่ข้าว เปรียบเทียบได้กับการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับดินดอน การปลูกแหนแดงจะช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามหลังได้มากขึ้นเพียงใด นอกจากจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์แหนแดงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่ปลูกแหนแดง สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับดินที่สำคัญ คือ ปริมาณไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากไนโตรเจนในดินบริเวณที่ปลูกแหนแดง หากดินมีไนโตรเจนมากดินก็จะปลดปล่อยไนโตรเจนสู่น้ำมากขึ้น แหนแดงที่ขึ้นอยู่บนผิวน้ำก็จะใช้ไนโตรเจนจากน้ำแทนที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้การปลูกแหนแดงช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่พื้นที่นั้นได้น้อย การปลูกแหนแดงก็จะช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามหลังน้อย แต่หากดินมีธาตุอื่น ๆ ที่

นอกเหนือจากไนโตรเจนมากก็จะส่งเสริมให้ແໜ່ງແຈງເຈຣືຍູເຕີບໂຕແລະຕຣຶງໄນໂຕຣເຈນໄດ້ເຕັມທີ່ ຈຶ່ງຈະສ່ງຜລໄຫ້ແໜ່ງແຈງເພີ່ມຜລຜລິທຳທີ່ປູກຕາມຫລັງໄດ້ມາກ

2.5 ຂໍ້ດີຂອງປຸຍຊີວກຳ

ຂໍ້ດີຂອງປຸຍຊີວກຳ ໄດ້ແກ່

2.5.1 ໃຜ່ຕ້ອງໃສ່ປ່ອຍ ຯ

ເນື່ອງຈາກປຸຍຊີວກຳມີຕຳກຳທີ່ຊ່ວຍເພີ່ມຮາດູອາຫາຣໄຫ້ແກ່ຟຶຊທີ່ເປັນຈຸລິນທຣີຢ໌ ດັ່ງນັ້ນເມື່ອໃສ່ລ່ງໄປໃນດິນແລະເກີດການເພີ່ມຈຳນວນຈຸລິນທຣີຢ໌ແລ້ວຈຸລິນທຣີຢ໌ນັ້ນມັກຈະຍັງຄົງມື້ຢູ່ໃນດິນນັ້ນຕໍ່ໄປຫລັງຈາກເກັບເກື່ຍຟຶຊແລ້ວຈຶ່ງມັກຈະຜຶ້ມຈຳເປັນຕ້ອງໃຜ່ປຸຍຊີວກຳນັ້ນອີກຈຳນວນກວ່າຈຳນວນຈຸລິນທຣີຢ໌ທີ່ໃສ່ລ່ງຈຳນວນລ່ງໄປຈຳນວນຫລື່ນນ້ອຍມາກ ຂໍ້ດີນີ້ຫຼໍ່ໃຫ້ປະຫຍັດຄ່າໃຜ່ຈ່າຍໃນການໃຜ່ປຸຍຊີວກຳ

2.5.2 ການໃຜ່ປຸຍຊີວກຳມີຄ່າໃຜ່ຈ່າຍນ້ອຍ

ປຣິມານປຸຍຊີວກຳທີ່ຕ້ອງໃຜ່ຕໍ່ຫຼ່ຽຍພື້ນທີ່ມັກຈະນ້ອຍກວ່າປຸຍອີນທຣີຢ໌ແລະປຸຍເຄມີນັ້ນເປັນສິບເປັນຮ້ອຍຫລືເປັນພັນເທົ່າ ເຊັ່ນ ກຣຳນິການໃຜ່ເຂື່ອໄຣໂຊເປີຍມສຳລັບຟຶຊຕຣະກູລຄ້ຳ ມັກຈະໃຜ່ເຂື່ອໄຣໂຊເປີຍນ້ອຍກວ່າ 1 ກິໂລກຣຳມຕໍ່ໄຣເມື່ອເທື່ຍບັກປຸຍເຄມີທີ່ຕ້ອງໃຜ່ນັ້ນເປັນສິບຄັ້ງເປັນຮ້ອຍກິໂລກຣຳມຕໍ່ໄຣ ນອກຈາກນັ້ນປຸຍຊີວກຳສ່ວນໃຫຍ່ຍັງມີຮາດູອີກດ້ວຍ ດັ່ງນັ້ນການໃຜ່ປຸຍຊີວກຳຈຶ່ງປະຫຍັດເຈນຄ່າປຸຍ ຄ່າຂນສ່ງປຸຍ ແລະຄ່າແຮງງານໃນການໃສ່ປຸຍມາກວ່າປຸຍເຄມີແລະປຸຍອີນທຣີຢ໌

2.6 ຂໍ້ດ້ອຍແລະຂໍ້ຄວາຣະວັງຂອງປຸຍຊີວກຳ

ຂໍ້ດ້ອຍທີ່ສຳຄັນຂອງປຸຍຊີວກຳ

2.6.1 ເພີ່ມຄວາມອຸດມສມບູຣຳໄດ້ເຈາະບາງຮາດູ

ປຸຍຊີວກຳຊນິດຫນຶ່ງ ຯ ສາມາດຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມອຸດມສມບູຣຳຂອງດິນໄດ້ເຈາະບາງຮາດູ ເຊັ່ນ ໄຣໂຊເປີຍແລະແໜ່ງແຈງຊ່ວຍເພີ່ມຮາດູໄນໂຕຣເຈນ ແບັດທີ່ເຣີຢ໌ທີ່ຊ່ວຍລະລາຍຟອສເຟດຊ່ວຍເພີ່ມຄວາມເປັນປຣະໂຍຊັນຂອງຟອສເຟດໃນດິນ ແລະເຂື່ອໄຣໂຊກຳຣໄຣຊາຊ່ວຍໃຫ້ຟຶຊດີດູດບາງຮາດູ ເຊັ່ນ ຟອສຟອຣັສ ແລະສັງຄະສີໄດ້ມາກຂຶ້ນຈຶ່ງໃຫ້ຕ້ອງໃຜ່ປຸຍຊີວກຳຫລາຍຊນິດໃນກຣຳນິທີ່ດິນຊາດູອາຫາຣຫລາຍຮາດູ ຫຼໍ່ເກີດຄວາມຍຸ່ງຍາກໃນການໃຜ່

2.6.2 ການເກັບຣັກຊາປຸຍຕ້ອງໃຜ່ຄວາມຣະມັດຣະວັງເປັນຟຶຊແລະເກັບໄວ້ໄດ້ຜຶ້ມນານ

ເນື່ອງຈາກປຸຍຊີວກຳເປັນປຸຍທີ່ມີຈຸລິນທຣີຢ໌ເປັນຕຳກຳສະຖຳຂອງປຸຍ ຈຸລິນທຣີຢ໌ເຫລົ່ານີ້ຕ້ອງຄຳສາພທີ່ເໝາະສມໃນການດຳຣງຊີວິດ ຈຶ່ງນັ້ນການເກັບຣັກຊາຈຶ່ງຕ້ອງໃຜ່ຄວາມຣະມັດຣະວັງເປັນຟຶຊ ເຊັ່ນ ຕ້ອງເກັບໄວ້ໃນທີ່ຢືນຕ້ອງປ້ອກັນຜຶ້ມໃຫ້ຄູກແສງແດດ ຕ້ອງຢູ່ໃນສາພທີ່ຄວາມຊັນຟອເໝາະ ເປັນຕົ້ນ ນອກຈາກນັ້ນຍັງມີອາຍຸການເກັບຣັກຊາສັ້ນກວ່າປຸຍເຄມີແລະປຸຍອີນທຣີຢ໌ອີກດ້ວຍ

2.6.3 ມີຂໍ້ຈຳກັດທີ່ຫຼໍ່ໃຫ້ການໃຜ່ປຸຍຍຸ່ງຍາກ

ເນື່ອງຈາກປຸຍຊີວກຳເປັນປຸຍທີ່ມີຈຸລິນທຣີຢ໌ເປັນຕຳກຳສະຖຳ ແລະຈຸລິນທຣີຢ໌ມີການຕອບສນອງໄວຕໍ່ສາພທີ່ຜຶ້ມເໝາະສມ ເຊັ່ນ ອຸນຫຼຸມສູງ ສາພແຫ້ງ ການມີສາຣເປັນຟຶຊຕໍ່ຈຸລິນທຣີຢ໌ ເຊັ່ນ ສາຣຄວບຄຸມບັກເຕຣີ

ที่เป็นศัตรูพืช และควบคุมเชื้อราที่เป็นศัตรูพืช เป็นต้น จึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้ปุ๋ยชีวภาพเหล่านี้ เช่น เมื่อฝนแล้งและอุณหภูมิของดินสูง เกิดการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืช ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้สารป้องกันการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช กรณีเหล่านี้อาจทำให้การใช้ปุ๋ยชีวภาพไม่ได้ผล

2.7 ผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยเคมีเมื่อมีการใช้ร่วมกัน การใช้ปุ๋ยชีวภาพจะได้ผลเมื่อมีการใช้ชนิดของปุ๋ยให้เหมาะสมและถูกต้องกับชนิดของพืช จากการทดลองใช้เชื้อไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วหลายชนิดและศึกษาผลการวิจัยติดต่อกันหลายปีของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการใช้เชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสมกับพันธุ์ถั่วแต่ละชนิดแล้ว เชื้อไรโซเบียมจะสามารถตรึงธาตุไนโตรเจนให้กับพืชอีก โดยเฉพาะในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่น ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใช้เชื้อไรโซเบียมจะเห็นผลได้ชัดเจนกว่าการใช้เชื้อในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดีอยู่แล้ว เช่น จากผลการทดลองที่ได้ดำเนินการมา 10 ปี ในแหล่งต่าง ๆ เกือบทุกภาคของประเทศไทย พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วการปลูกถั่วเหลืองโดยใส่เชื้อไรโซเบียม จะเพิ่มผลผลิตได้ในภาคกลาง 24% ภาคเหนือ 11% และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 122%

ตารางที่ 2.9 การเพิ่มผลผลิตของเชื้อไรโซเบียมต่อถั่วเหลืองที่ปลูกในภาคต่าง ๆ

แหล่งที่ปลูก	ไม่ใช้ไรโซเบียม	ไรโซเบียม	ผลผลิตเพิ่ม	เปอร์เซ็นต์เพิ่ม
ภาคกลาง	249	310	61	24
ภาคเหนือ	188	209	21	11
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	142	316	174	122

ที่มา : ผลการทดลองของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

จากการประเมินผลทางเศรษฐกิจของการใช้ไรโซเบียมในถั่วเหลือง พบว่า การใช้ไรโซเบียมเป็นการลงทุนที่ต่ำมาก และให้ผลตอบแทนสูง เกษตรกรมีความเสี่ยงน้อย สำหรับกรณีที่ดินขาดธาตุอาหารที่สำคัญ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมรวมไปกับเชื้อไรโซเบียม จะทำให้ได้ผลกำไรมากขึ้น

ได้มีวิธีการรวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วที่เป็นพืชอาหารสัตว์หลังจากประสบความสำเร็จในการนำไรโซเบียมไปใช้กับพืชตระกูลถั่วที่เป็นพืชเศรษฐกิจจากผลการวิจัยพบว่า ไรโซเบียมของพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ ไมยราบ แกรมมัสไดโล วินแคสเซีย และเซนโตรซีมา มีประสิทธิภาพแตกต่างกันในความสามารถตรึงไนโตรเจน และพบว่าก่อนปลูกพืชอาหารสัตว์ควรใส่

เชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ (สมศักดิ์และคณะ, 2541)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า สาหร่ายชนิดนี้สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับข้าวได้ สมพรและคณะ (2539) ทำการทดลองเพื่อหาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและวิธีการใช้ที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าว ในสภาพกระถางและแปลงทดลอง โดยปลูกข้าวในกระถางที่ใส่ดินนี้หมักเชื้อ ใส่เชื้อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 5 ชนิด คือ *Anabaena oryzae* , *Aulosira* sp. , *Calothrix* sp. และ *Tolypothrix* sp. เปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 12-16% โดยน้ำหนักในสภาพแปลงทดลองใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชุดเดียวกันกับการทดลองในกระถาง แต่เพิ่ม *Anabaena siamensis* อีกชนิดหนึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 12 กก./ไร่ พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าได้รับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นได้รับที่ใช้ *Tolypothrix* sp. และปุ๋ยชีวภาพ เป็นที่น่าสังเกตว่าได้รับที่ใช้ *Tolypothrix* sp. ให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าได้รับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเล็กน้อย ทั้งในกระถางและสภาพแปลงทดลอง ในการทดลองเพิ่มเติมในปี 2533 และ 2534 ที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดอุดรธานี ซึ่งประกอบด้วยการใส่สาหร่ายร่วมกับหญ้าหมักและไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินให้ผลผลิตข้าวเพิ่มจากการไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 3% การใส่ปุ๋ยชีวภาพผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 5% การใส่ Silage ผสมกับสาหร่ายให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 6%

บรรหารและคณะ (2541) ได้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรีย ที่สามารถตรึงไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพให้กับข้าว จำนวน 6 ตัวอย่าง ข้าวโพด 6 ตัวอย่าง และข้าวฟ่าง 5 ตัวอย่าง มาทำการทดสอบประสิทธิภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การใช้จุลินทรีย์แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนช่วยให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ข้าวโพด และข้าวฟ่าง มากกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว

การใส่เชื้อวี-เอ ไมโคไรซ่า ยังสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตให้กับสับปะรด และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี โดยสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีกับสับปะรดลงได้ นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่า เชื้อวี-เอ ไมโคไรซ่า ยังมีศักยภาพในการช่วยให้สับปะรดมีความต้านทานต่อโรครากเน่าได้อีกด้วย (ออมทรัพย์และคณะ, 2541)

2.8 ข้อเสนอแนะในการใช้ปุ๋ยชีวภาพ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพจะมีประโยชน์ในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช แต่ถ้ามีการใช้ไม่ถูกต้องก็จะไม่เกิดประโยชน์ได้เต็มที่ ซึ่งการใช้ปุ๋ยชีวภาพจะต้องคำนึงถึงปัจจัยโดยรวม ดังนี้

2.8.1 ชนิดของปุ๋ยชีวภาพ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพต้องคำนึงถึงชนิดของปุ๋ยชีวภาพเพื่อให้ถูกชนิดของพืช ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการก่อให้เกิดประโยชน์แก่พืชต่างกัน เช่น เชื้อไรโซเบียม จะใช้เฉพาะกับพืชตระกูลถั่วและ

พืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดจะต้องใช้สายพันธุ์ที่มีความสามารถเฉพาะตัว เช่น เชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวจะใช้กับถั่วเขียว เชื้อไรโซเบียมกับถั่วเหลืองจะใช้ถั่วเหลืองจึงจะเกิดประสิทธิภาพในการใช้ ถ้านำไรโซเบียมถั่วเหลืองไปใช้กับการปลูกถั่วเขียวการใช้เชื้อก็จะได้ไม่ผล ปุ๋ยชีวภาพชนิดอื่นก็จะมีคุณลักษณะเฉพาะเช่นเดียวกันนี้

2.8.2 ชนิดของธาตุอาหารที่ต้องการเพิ่มในดิน

ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการให้ธาตุอาหารแตกต่างกันไป ซึ่งผู้ใช้จะต้องทราบถึงความต้องการในชนิดของธาตุอาหารที่จะใส่ให้กับพืช โดยปุ๋ยชีวภาพซึ่งผลิตเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติต่างกัน ดังนี้

- 1) เชื้อไรโซเบียม มีคุณสมบัติในการช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชนำไปใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ใช้เฉพาะกับพืชตระกูลถั่ว
- 2) เชื้อจุลินทรีย์อิสระ เช่น เชื้ออะโซลสปิริลล์ มีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชนำไปใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ใช้กับข้าวและพืชไร่ เช่น ข้าวโพด อ้อย เป็นต้น
- 3) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ พวกอะมีบา นอสต็อก สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชนำไปใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนใช้กับนาข้าว
- 4) เชื้อไมคอร์ไรซา มี 2 พวก คือ วี-เอ ไมคอร์ไรซา และเอ็ดโต ไมคอร์ไรซา สามารถดูดซับธาตุอาหารในดินให้กับพืชนำไปใช้ได้ โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ใช้ได้กับพืชหลายชนิดทั้งพืชไร่ ไม้ผล ไม้ดอก พืชผัก ยาง ไม้โตเร็ว และต้นสน
- 5) จุลินทรีย์ย่อยละลายหินฟอสเฟต เช่น พวกบาซิลลัส ซูโดโมแนส แอสเพอจีลัส เป็นต้น สามารถละลายธาตุฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟต ซึ่งมีราคาถูกมาใช้แทนปุ๋ยฟอสเฟตราคาแพงชนิดอื่น ๆ
- 6) จุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส เช่น พวกเชื้อรา แบคทีเรียบางชนิดสามารถนำมาผลิตเป็นหัวเชื้อปุ๋ยหมัก เพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

2.8.3 คุณสมบัติของดิน

ก่อนใช้ปุ๋ยชีวภาพจะต้องรู้สมบัติของดินที่ทำการปลูกพืช เช่น ต้องรู้สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น เป็นต้น เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดมีความทนทานต่อสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่างกัน เช่น ถ้าใช้เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีในสภาพเป็นกรด นำไปใส่ในดินที่เป็นด่างก็จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อมีน้อยลง สมบัติของดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีววิทยาต่างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีในปุ๋ยชีวภาพ ในดินร่วนซุยจุลินทรีย์มักจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในดินเหนียว เป็นต้น

2.8.4 ปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน

ถ้าในดินมีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในชนิดที่ต้องการใช้อยู่แล้วก็ไม่มีความจำเป็นจะต้องใส่ปุ๋ยชีวภาพชนิดนั้นให้กับพืชอีก หรือบางครั้งถ้าดินมีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อปุ๋ยชีวภาพที่จะใส่

เข้าไปก็ควรจะมีการทำลายเชื้อเหล่านั้นก่อน วิธีการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ดินที่มีอยู่ในธรรมชาติสามารถทำได้ โดยการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ทำลายเชื้อที่เป็นอันตรายก่อนที่จะใช้ปุ๋ยชีวภาพ

2.8.5 ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดินก็มีความสำคัญในการใช้ปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพบางชนิด สามารถอยู่ได้ในสภาพน้ำขัง เช่น แหนแดงจะเจริญได้ในที่มีน้ำขัง สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เจริญได้ดีในน้ำหรือที่ขึ้นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในที่แห้งแล้ง เชื้อไรโซเบียมและเชื้อไมคอร์ไรซาเจริญเติบโตได้ดีและไม่สามารถทำกิจกรรมในการตรึงธาตุอาหารในสภาพที่มีน้ำขัง ดังนั้นก่อนจะใช้ปุ๋ยชีวภาพจึงต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำในดินที่จะทำการปลูกพืชด้วย

2.8.6 สารเคมีในการเกษตรเมื่อมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพให้กับพืช

ข้อควรระวังในการใช้สารเคมีในการเกษตร ได้แก่ สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารกำจัดแมลง สารกำจัดโรคพืช ซึ่งบางชนิดจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีในปุ๋ยชีวภาพ เช่น ยากำจัดโรครากเน่า ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียอาจจะมียาฆ่าเชื้อไรโซเบียมซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดหนึ่ง หรือยากำจัดโรครากเน่า ซึ่งเกิดจากเชื้อราอาจจะมียาฆ่าเชื้อไมคอร์ไรซาซึ่งเป็นเชื้อชนิดหนึ่งได้

2.8.7 ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน

ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มีปริมาณธาตุอาหารสูงอยู่แล้ว การใส่ปุ๋ยชีวภาพจะไม่เห็นการใช้เด่นชัด เช่น การปลูกถั่วในดินที่เปิดใหม่มีความอุดมสมบูรณ์ดี มีระดับไนโตรเจนสูง รากถั่วไม่เกิดปมและไม่มีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ดังนั้น เมื่อใส่เชื้อไรโซเบียมก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่นเดียวกับเชื้อไมคอร์ไรซา ถ้าดินมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณสูงมากและอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ก็ไม่จำเป็นต้องใส่เชื้อไมคอร์ไรซา แต่ถ้าดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงแต่ถูกตรึงโดยอนุภาคของดินทำให้พืชนำไปใช้ไม่ได้ การใส่เชื้อไมคอร์ไรซาจะสามารถทำให้พืชนำฟอสฟอรัสที่มีในดินมาใช้ประโยชน์ได้ ผู้ใช้ปุ๋ยชีวภาพควรจะต้องปฏิบัติตามฉลากหรือคำแนะนำการใช้ที่มาพร้อมกับภาชนะใส่ปุ๋ยชีวภาพ เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนั้น ข้อบ่งชี้ใช้ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ใช้ควรจะได้ทราบโดยจะต้องทราบถึง

- 1) ชนิดของจุลินทรีย์ดินที่ใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ
- 2) ปริมาณจุลินทรีย์ที่มี
- 3) วิธีการเก็บรักษาและวันสิ้นอายุของปุ๋ยชีวภาพ
- 4) วัสดุรองรับปุ๋ยชีวภาพ
- 5) วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ

2.9 แนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพในอนาคต

การทำเกษตรกรรมการพัฒนาโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพเข้าร่วมด้วย จะสามารถทำให้การเกษตรของประเทศเข้าสู่ระบบเกษตรยั่งยืนได้ เพราะนอกจากปุ๋ยชีวภาพจะมีส่วนช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชและดิน

แล้ว ปุ๋ยชีวภาพยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ โดยการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สมบูรณ์แบบ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพนอกจากจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญหนึ่งในการช่วยลดมลภาวะ สามารถปรับสภาพแวดล้อม รักษาทรัพยากรธรรมชาติให้อยู่ในสมดุล เพิ่มศักยภาพในการผลิต ลดความเสี่ยงของดินที่ทำการเพาะปลูกต่อเนื่องกันอยู่ตลอดเวลาและเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในการปลูกพืชผลต่าง ๆ

2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Metting (1998) รายงานว่า มีสาหร่ายที่มีขนาดเล็กสามารถเจริญเติบโตได้ในดินและเมื่อจำแนกออกมาพบว่า เป็นสกุลของไซยาโนแบคทีเรียเกือบทั้งสิ้น และมีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้ด้วยทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยวและเป็นเส้นสาย ฉะนั้นจึงได้นำเอาไซยาโนแบคทีเรียเหล่านี้มาใช้ประโยชน์โดยนำมาเพาะเลี้ยงเป็นปุ๋ยชีวภาพ เพื่อเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารไนโตรเจนแก่ดินและพืช โดยไซยาโนแบคทีเรียสามารถใช้ก๊าซไนโตรเจนจากอากาศซึ่งมีอยู่ 78% มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียและปลดปล่อยออกมานอกเซลล์ได้ และได้ทดลองเพาะเลี้ยงและนำมาใช้กับนาข้าว

Vantakaraman (1972) ; Stewart et al.; สมพรและคณะ (2535) และพงศ์เทพ และประเสริฐ (2538) พบว่า การใส่ไซยาโนแบคทีเรียที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับข้าวโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน และทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นทั้งน้ำหนักของเมล็ดและตอซัง แต่ปัญหาที่พบคือ จำเป็นต้องมีการคัดเลือกสกุลของไซยาโนแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การใช้ไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่อย่างอิสระเป็นแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว โดยใส่ในรูปของหัวเชื้อลงไปและกระตุ้นให้มีการตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ ได้มีผู้ทำการทดลองเช่นกัน โดย Watanabe et al., (1951) ทดลองเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียที่สร้างเฮเทอโรซิสท์ ได้แก่ *Tolypothrix tenuis* , *Calothrix brevissima*, *Nostoc* sp. และ *Anabaena* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีไนโตรเจนปรากฏว่า *Tolypothrix tenuis* มีการตรึงไนโตรเจนสูงสุด และเมื่อนำไปทดลองในนาข้าวก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า การตรึงไนโตรเจนโดยไซยาโนแบคทีเรียในดินนาโดยทั่วไปเท่ากับ 45.8% ของปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมดที่ข้าวนำมาใช้ในรอบปีหรือเท่ากับ 60 กิโลกรัมของปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟต

Wang et al., (1991) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ *Anabaena* ap. หลายสกุลในแปลงนาขนาดใหญ่ในประเทศจีน (5,170 ตารางเมตร) เป็นเวลา 3 ปี เมื่อทำการทดสอบในเรือนทดลองได้น้ำหนัก 7-11 กรัม น้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร และทดสอบในไร่นาได้ 22 กรัมต่อตารางเมตรในกลางฤดูร้อน เมื่อเปรียบเทียบแต่ละสกุลของ *Anabaena* พบว่าไม่แตกต่างกันการให้อากาศและการ

ให้สารเร่งการเจริญเติบโต (growth regulator) เช่น 2,4-D NaHSO_3 และสารสกัดจากเห็ดนางรม ช่วยให้ผลผลิตสูงขึ้นและมีค่าใช้จ่ายประมาณ 0.75-1.0 ดอลลาร์ต่อกิโลกรัม

Sharma et al., (1986) พบว่า เมื่อมีการใช้ไซยาโนแบคทีเรีย (*Nostoc* , *Anabaena* , *Aulosira* , *Plectonema* และ *Tolypothrix*) เป็นเวลา 3 ปี จะให้ไนโตรเจนกับดิน 3.2-8 กก./ไร่ จะเพิ่มผลผลิตของข้าวโดยเฉลี่ย 12.94 เปอร์เซ็นต์

Harbans et al., (1986) พบว่า เมื่อมีการใช้ไซยาโนแบคทีเรีย (*Nostoc* , *Anabaena* , *Aulosira* , *Plectonema* และ *Tolypothrix*) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2.4-7.2 กก./ไร่ จะให้ผลผลิตของข้าวมีความแตกต่างทางสถิติ กับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเดี่ยว ๆ (4.8 กก./ไร่)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาและการพัฒนาปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากແຫນແດງและສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນບຣລຸ
ວັດຖຸປະສົງ ຈຶ່ງໄດ້ແບ່ງຂັ້ນຕອນການວິໄຈອອກເປັນ 3 ສ່ວນດັ່ງນີ້

- ສ່ວນທີ່ 1 ການສຶກສາສູຕຣປຸຍຊີວາພາທີ່ຮ່າງແຫນແດງແລະສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ
- ສ່ວນທີ່ 2 ການສຶກສາສັມບັດທາງກາຍາພາຂອງປຸຍຊີວາພາຈາກແຫນແດງແລະປຸຍຊີວາພາຈາກສາຮ່າຍ
ສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ
- ສ່ວນທີ່ 3 ການວິເຄາະຫຸ່ງປຣິມານອາຫານຂອງປຸຍຊີວາພາຈາກແຫນແດງແລະປຸຍຊີວາພາຈາກສາຮ່າຍ
ສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ

ສ່ວນທີ່ 1 ການສຶກສາສູຕຣປຸຍຊີວາພາທີ່ຮ່າງແຫນແດງແລະສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ

1.1 ການຜສມສູຕຣປຸຍຊີວາພາທີ່ຮ່າງແຫນແດງແລະສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ

ນ້ຳວັສດຸອິນທຣີທີ່ຕັດເລືອກແລ້ວ ໄດ້ແກ່ ຟາງຂ້າວ , ເສຍຝັກ , ກ້ຳນຢາສູບ , ສັງຂ້າວໂພດ ມາຜສມກັບມູລໄກ່ ,
ກາກນ້ຳຕາລ , ສາຣແງ່ກສລາຍຕົວ (EM)

1.2 ວິທີການຕັ້ງກອງປຸຍ

- 1) ນ້ຳວັສດຸອິນທຣີທີ່ຕັ້ງແລ້ວມາຜສມກັນຈົນຫມົດ ຣດນ້ຳໃຫ້ຊຸ່ມແລ້ວຄຸມກອງປຸຍດ້ວຍຟລາສຕິກ
- 2) ເມື່ອກອງປຸຍໄດ້ຮະຍະຫນຶ່ງແລ້ວໃຫ້ທຳການກັບກອງປຸຍ ເພື່ອໃຫ້ວັສດຸອິນທຣີເກີດການສລາຍຕົວໄດ້

ອ່າງທັງຄື

ໂດຍວິທີຜສມປຸຍຈະຜສມຕາມອັຕຣາສ່ວນດັ່ງຕາຣາງທີ່ 3.1

ຕາຣາງທີ່ 3.1 ການຜສມສູຕຣປຸຍຊີວາພາທີ່ຮ່າງແຫນແດງແລະສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນ

ຕົວຢ່າງ	ອັຕຣາສ່ວນ (ກຣັມ)								
	ແຫນ ແດງ	ສາຮ່າຍ	ຟາງ ຂ້າວ	ເສຍຝັກ	ກ້ຳນ ຢາສູບ	ສັງ ຂ້າວໂພດ	ມູລໄກ່	ກາກນ້ຳຕາລ	EM
1	200	-	600	200	-	-	600	600	0.02
2	200	-	600	-	200	-	600	600	0.02
3	200	-	600	-	-	200	600	600	0.02
4	-	200	600	200	-	-	600	600	0.02
5	-	200	600	-	200	-	600	600	0.02
6	-	200	600	-	-	200	600	600	0.02

ຫມາຍເຫດ ສາຮ່າຍສີເຂືວແກມນ້ຳເງິນນຳມາຄຸກຢ່າງຫລັງຈາກການກະບວນການຫມັກສິ້ນສຸດລ່ວງແລ້ວ

ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียว
แกมน้ำเงิน

2.1 ความชื้น

โดยในการวิจัยนี้จะทำการอบตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ ความชื้น} &= [(A-B)/A] \times 100 \\ \text{เมื่อ } A &= \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} \\ B &= \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)} \end{aligned}$$

2.2 ปริมาณสารระเหยได้

โดยในการวิจัยนี้จะทำการเผาตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 500 องศาเซลเซียส แล้วเผาท่อนาน 10 นาที

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ น้ำหนักที่หายไป} &= [(A-B)/A] \times 100 \\ \text{เมื่อ } A &= \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} \\ B &= \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)} \\ \% \text{ ปริมาณสารระเหยได้} &= C - D \\ \text{เมื่อ } C &= \% \text{ น้ำหนักที่หายไป} \\ D &= \% \text{ ความชื้น} \end{aligned}$$

2.3 เถ้าและคาร์บอนคงตัว

เถ้าและคาร์บอนคงตัวสามารถคำนวณได้เมื่อทำการเผาตัวอย่างปุ๋ยที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 950 องศาเซลเซียส แล้วเผาท่อนาน 10 นาที

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ ปริมาณเถ้า} &= (\text{น้ำหนักเถ้า/น้ำหนักตัวอย่าง}) \\ \text{ปริมาณคาร์บอนคงตัว} &= 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ เถ้า} + \% \text{ สารระเหยง่าย}) \end{aligned}$$

2.4 คาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์

โดยการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ได้จากการคำนวณต่อไปนี้
การคำนวณ

$$\% \text{สารอินทรีย์} = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{เถ้า})$$

2.5 ความเป็นกรด-เบส (pH)

pH เป็นค่าบ่งบอกระดับความเป็นกรด (ไม่ใช่ปริมาณความเป็นกรด) ถ้าเข้มข้นมากก็มีระดับความเป็นกรดมากหรือถ้าเจือจางก็มีระดับความเป็นกรดต่ำ ค่าของ pH คำนวณจาก

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

เมื่อ $[H^+]$ เป็น active H^+ , mole/liter

2.6 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญในการประเมินคุณภาพและควบคุมการผลิตปุ๋ยชีวภาพโดยในการวิจัยนี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิขณะหมักปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

2.7 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C/N ratio)

(C/N ratio) เป็นตรรกะที่สำคัญสำหรับการทำปุ๋ย โดยนำไปพิจารณาการได้มาของปุ๋ยและช่วยควบคุมอัตราการย่อยสลายระหว่างการหมักปุ๋ย

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากແນແດງและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

3.1 การวิเคราะห์ไนโตรเจน (คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี, 2536)

การวิเคราะห์ไนโตรเจนในปุ๋ยนิยมวิเคราะห์หา total nitrogen และไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available nitrogen) เช่น NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งมีอยู่น้อยมาก การวิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- จะบอกได้แต่เพียงว่า สภาพของปุ๋ยในขณะเก็บตัวอย่างนั้นมีระดับ NH_4^+ และ NO_3^- อยู่แค่ไหน จะไม่สามารถใช้วัดระดับไนโตรเจนของปุ๋ยสำหรับระยะเวลายาวนานได้ เนื่องจากระดับ NH_4^+ และ NO_3^- ในปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

การวิเคราะห์หา total-N ที่ยอมรับกันมีอยู่ 2 วิธี คือ

3.1.1 Dumas method เป็นวิธี dry oxidation ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก เสียเวลา จึงไม่เป็นที่นิยม

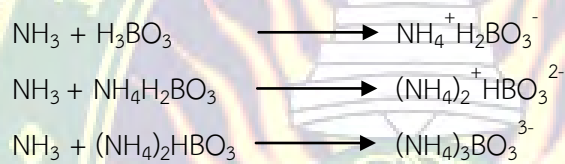
3.1.2 Kjeldahl method เป็นวิธี wet oxidation เป็นวิธีที่นิยมกันแพร่หลาย และในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Kjeldahl method ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1) การย่อยตัวอย่าง (digestion) เป็นการเปลี่ยน N ในตัวอย่างให้อยู่ในรูป NH_4^+ โดยการย่อยด้วย H_2SO_4 เข้มข้น และ K_2SO_4 ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิสูงขึ้น (ปกติใช้ K_2SO_4 0.2-0.3 กรัมต่อ H_2SO_4 1.0 มิลลิลิตร) และมี catalyst Se หรือ Cu ช่วยทำให้อินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายได้เร็วขึ้น

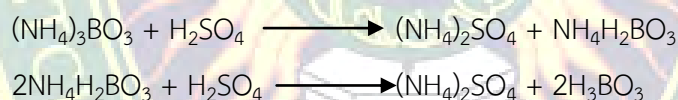
2) การกลั่น (distillation) การกลั่น NH_4^+ ในของเหลวตัวอย่างที่ย่อยได้ด้วยต่างแล้วเก็บ NH_3 ใน boric acid

3) การไทเทรต (titration) การไทเทรต NH_3 ที่เก็บใน boric acid ด้วยกรด H_2SO_4 ที่มีความเข้มข้นที่แน่นอน (standard acid)

ปฏิกิริยาในข้อ 2 และ 3 เป็นดังนี้



จากนั้นหาปริมาณแอมโมเนียจากการไทเทรตสารละลายผสมระหว่าง H_3BO_3 กับ $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ ด้วยกรด H_2SO_4 โดยเปลี่ยนเกลือโบเรตให้กลับมาอยู่ในรูปกรด ให้หมดซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดเป็นขั้นตอนดังนี้



สารเคมี

- 1) conc. Sulfuric acid _____
- 2) catalyst mixture ; K_2SO_4 : CuSO_4 : Se power อัตราส่วน 100 : 10 : 1 โดยน้ำหนัก
- 3) sodium hydroxide (NaOH) 40% ละลาย NaOH 400 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บไว้ในภาชนะที่ CO_2 เข้าไปไม่ได้
- 4) mixed indicator ; ละลาย bromcresol green 0.033 กรัม และ methyl red 0.0165 กรัม ใน ethanol 50 มิลลิลิตร
- 5) boric acid – indicator solution 2% โดยละลาย boric acid ในน้ำร้อน ประมาณ 700 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นเทใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร (บรรจุ ethanol ไว้

200 มิลลิลิตร) แล้วเท mixed indicator 20 มิลลิลิตร ลงไป เขย่าของผสมให้เข้ากัน แล้วใช้ 0.05 N NaOH ค่อย ๆ หยดลงไปในสารละลาย เพื่อปรับสารละลายให้มี pH ประมาณ 5 ซึ่งทดสอบโดยการนำสารละลายที่ปรับ pH แล้วมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เมื่อสีของสารละลายที่ทดสอบเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนแสดงว่าสารละลายที่ได้มี pH ประมาณ 5 แล้ว ค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร

6) standard sulfuric acid 0.02 - 0.05 N

วิธีการทดลอง

1) การย่อยตัวอย่างปุ๋ย : ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 1 กรัมแล้วบดให้ละเอียดด้วยถ้วยบดสาร ใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 1 กรัม แล้วเติม conc. H_2SO_4 ปริมาณ 10-20 มิลลิลิตร ลงไปพร้อมทั้งเขย่าขวดเบา ๆ เพื่อให้ตัวอย่างกับกรดผสมเข้าด้วยกัน นำไปวางบนเตาย่อยด้วยไฟอ่อน ๆ ในระยะแรกแล้วเพิ่มไฟให้แรงขึ้น เมื่อของเหลวในขวดมีสีเริ่มใสให้ตั้งต่อไปอีกประมาณ 5-10 นาทีจึงยกขวดลงจากเตาย่อย ปล่อยให้ขวดค่อย ๆ เย็นลง รินน้ำกลั่นลงไปในขวดประมาณ 10-20 มิลลิลิตร ของเหลวในขวดจะร้อนขึ้นปล่อยให้ของเหลวเย็นลงแล้วถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร เมื่อของเหลวเย็นลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าขวดแล้วทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำของเหลวใสข้างบนไปทำการกลั่น ในการวิเคราะห์ทุกครั้งจะต้องมี blank ของตัวอย่างด้วยทุกครั้ง

2) การกลั่น : รินน้ำยา H_3BO_3 5.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางที่ใต้ก้าน condenser ของเครื่องกลั่น แล้วใช้ปิเปตดูดสารละลายที่ย่อยได้ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน distillation flask เติมน้ำยา NaOH จำนวน 30 มิลลิลิตร ลงไปกลั่นจนได้ของเหลวในขวดรูปชมพู่มีสีเขียวประมาณ 35 มิลลิลิตร

3) การไตเตรต : ไตเตรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วย standard H_2SO_4 สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง ที่จุดเริ่มสีม่วงแดงนี้จะเป็นจุด end point บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ในการไตเตรต Blank และตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\% (T-N) = \frac{14 \times N \times (T-B)}{\text{มิลลิลิตร of aliquot} \times \text{น้ำหนักปุ๋ย}}$$

T = มิลลิลิตร ของกรดที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างปุ๋ย
B = มิลลิลิตร ของกรดที่ใช้ในการไตเตรต
N = normality ของกรดซัลฟิวริก

14 = equivalent weight ของไนโตรเจน

3.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และ ปุ๋ยเคมี, 2536)

ฟอสฟอรัสในปุ๋ยมีทั้งในรูปของอินทรีย์และอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสที่คาดว่าจะประโยชน์ต่อพืช (Available-P) ได้จากการสกัดด้วยน้ำยาสกัด น้ำยาที่สกัดมีทั้งที่เป็นกรดและที่เป็นด่าง โดยที่น้ำยาสกัดจะไปสกัดอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ (Ca-P , Al-P , Fe-P) ออกมา ปริมาณที่สกัดได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณในรูปฟอสฟอรัสในปุ๋ยและปริมาณที่ละลายได้ของรูปเหล่านั้นในน้ำยาสกัด โดยทั่วไปการวิเคราะห์ available-P กับปริมาณฟอสฟอรัสในพืช ดังนั้น การวิเคราะห์จึงเน้นน้ำยาสกัด Bray น้ำยาสกัด Bray ซึ่งเป็นส่วนผสมของกรด HCl และ NH_4F จะสกัดอินทรีย์สารฟอสฟอรัสที่ละลายง่ายในกรด เช่น แคลเซียมฟอสเฟต (Ca-P) และบางส่วนของเหล็กฟอสเฟต (Fe-P) และอะลูมิเนียมฟอสเฟต (Al-P) ให้อยู่ในรูปของสารละลาย แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธีทำให้เกิดสี

สารเคมี

- 1) Ammonium fluoride solution (NH_4F) 1 N ; ละลาย NH_4F 37.0 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวด polyethylene
- 2) Hydrochloric acid (HCl) 0.5 N ; dilute conc. HCl (A.R.) 20.2 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร
- 3) น้ำยาสกัด (Extracting solution) , 0.03 N NH_4F + 0.1 N HCl ; ผสม 1 N NH_4F 30 มิลลิลิตร กับ 0.5 N HCl 200 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- 4) น้ำยา develop สี
 - 4.1 ชั่ง Ammonium heptamolybdate $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 12.0 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร
 - 4.2 ชั่ง Potassium antimony tartrate $(\text{KSbOC}_4\text{H}_4\text{O}_5)$ 0.2908 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
 - 4.3 H_2SO_4 5 N : dilute Conc. H_2SO_4 (มีความเข้มข้น 96%) 139 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
 - 4.4 เทน้ำยาในข้อ 4.1 และ 4.2 ลงในสารละลายข้อ 4.3 แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 2.5 ลิตรในขวดปรับปริมาตร
 - 4.5 Ascorbic acid solution (สารละลายซีเลื่องใส) ละลาย 1.056 กรัม ในน้ำยา develop สี ข้อ 4.4 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ ๆ และเก็บไว้ได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

4.6 Standard solution เตรียม Standard solution ความเข้มข้น 1 , 2 , 4 , 6 , 8 และ 10 ppm จาก Stock solution ที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm

วิธีการทดลอง

1) ชั่งปุ๋ยซึ่งบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตรหนัก 1 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 40 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

2) ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติม Ascorbic acid solution 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน (สีจะคงที่นาน 24 ชั่วโมง)

3) เตรียม Standard solution ความเข้มข้น 1, 2 , 4 , 6 , 8 และ 10 ppm จาก Stock standard solution โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน (สีจะคงที่นาน 24 ชั่วโมง)

4) นำสารละลายของปุ๋ยไปวัดเทียบกับ Standard solution ด้วยเครื่อง UV/Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 825 nm

วิธีการคำนวณ

$$\text{ppm P} = \text{ppm จาก curve} \times \frac{\text{total volume}}{\text{ml of aliquot}} \times \frac{\text{มิลลิลิตรของน้ำยาสกัด}}{\text{น้ำหนักปุ๋ย}}$$

3.3 การวิเคราะห์โพแทสเซียม (คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และ ปุ๋ยเคมี, 2536)

โพแทสเซียมในปุ๋ยที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ exchangeable ส่วน soluble-K นั้น ถึงแม้จะเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย แต่ที่มีอยู่ในปุ๋ยเป็นสัดส่วนที่เป็น exchangeable-K มาก การวิเคราะห์จึงเน้นเฉพาะ exchangeable-K และวิธีวิเคราะห์ที่แพร่หลาย คือ ใช้น้ำยา ammonium acetate สกัด K ที่อยู่ในปุ๋ยให้ออกมาอยู่ในสารละลายและวัดความเข้มข้นของ K ในสารละลายด้วย Flame spectrophotometer

สารเคมี

1) นำยาสกัด 1N ammonium acetate (NH_4OAc) pH 7 : ละลาย NH_4OAc 77.0 กรัมในน้ำกลั่นประมาณ 900 มิลลิลิตร ปรับ pH ด้วย Ammonium solution ให้มี pH 7 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร

2) Standard solution K , 1,000 ppm

วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยซึ่งบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิลิตร จำนวน 5 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร
- 2) เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดจุกยางเขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1
- 3) เตรียม standard solution 1 , 2 , 4 , 6 , 8 และ 10 ppm K จาก stock standard solution 1,000 ppm K
- 4) นำสารละลายที่กรองได้ไปวัดเทียบความเข้มข้นกับ Standard solution ด้วย เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 768 nm

วิธีการคำนวณ

$$\text{ppm K} = \frac{\text{ppm จาก curve} \times \text{มิลลิลิตรของน้ำยาสกัด} \times \text{dilution factor}}{\text{น้ำหนักปุ๋ยหมัก}}$$

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลวิจัย

ส่วนที่ 1 การศึกษาสูตรปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากเห็ดและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

นำวัสดุที่รวบรวมได้ทุกประเภทมาวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักเพื่อใช้ประกอบการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ย ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในวัสดุผสม

วัสดุ	% total-N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
ฟางข้าว	0.72	0.10	0.87
แกนข้าวโพด	1.38	0.21	0.34
เศษผัก	5.21	0.14	2.00
ก้านยาสูบ	2.43	0.25	5.54
มูลไก่	1.68	0.64	0.92
กากน้ำตาล	1.00	2.40	0.50

จากการศึกษาและผสมสูตรปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยนำวัสดุเหลือใช้ที่เลือก ได้แก่ ฟางข้าว แกนข้าวโพด เศษผัก ก้านยาสูบ มูลไก่ สารเร่งการย่อยสลายและกากน้ำตาล โดยนำวัสดุดังกล่าวมาผสมกันตามอัตราส่วนที่ต้องการ เรียกว่า วัสดุผสม โดยทำการผสมวัสดุเหลือใช้รวมทั้งสิ้น 6 สูตรทดลอง ซึ่งการเลือกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรดังกล่าวเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยชีวภาพ เนื่องจากในพื้นที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการทำการเกษตรปลูกพืชดังกล่าวมาแล้วมากมาย ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวถูกทิ้งเรี่ยราดตามถนน ลำคลอง ส่งผลให้เกิดมลภาวะทั้งทางน้ำและทางอากาศ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้นำเอาวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาทำให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาทำปุ๋ยชีวภาพ เพื่อช่วยขจัดปัญหามลพิษด้านต่าง ๆ และเพื่อลดต้นทุนให้กับเกษตรกร จากตารางจะเห็นว่าเศษผักที่เกษตรกรทิ้งไปนั้นมีธาตุอาหารไนโตรเจนสูงมาก (5.21 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ก้านยาสูบ (2.43 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งแตกต่างกับปริมาณธาตุโพแทสเซียม ที่มีอยู่ในก้านยาสูบสูงที่สุด (5.54 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ เศษผัก (2.00 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวมาทำปุ๋ยหมักหรือนำไปทิ้งใส่ในพื้นที่ทำการเพาะปลูก เพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดไปในตัว จะได้ช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิตได้

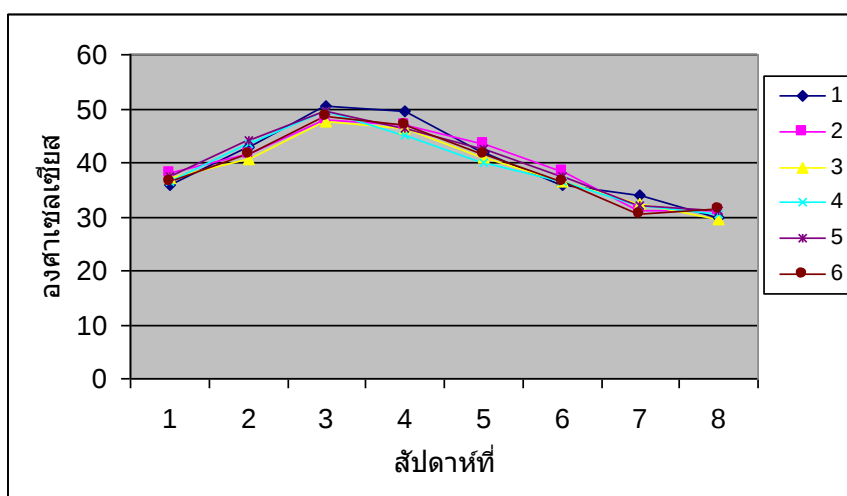
ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียว แกมน้ำเงิน

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการประเมินคุณภาพและควบคุมการผลิตปุ๋ย โดยในการ
วิจัยนี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิขณะทำการหมักปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการหมักปุ๋ยชีวภาพ

ตัวอย่าง	สัปดาห์ที่ (°C)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	36.0	43.0	50.5	49.5	42.0	36.0	34.0	30.0
2	38.0	41.5	48.0	47.0	43.5	38.5	31.0	31.0
3	37.0	40.5	47.5	46.5	41.0	36.5	32.5	29.5
4	36.5	43.5	49.5	45.0	40.0	36.5	32.0	30.5
5	37.5	44.0	49.5	46.5	42.5	37.5	32.0	31.0
6	36.5	41.5	48.5	47.0	41.5	36.5	30.5	31.5



ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิภายในกองปุ๋ย

ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในการหมักปุ๋ยชีวภาพ

2.2 สมบัติทางกายภาพของปุ๋ย

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยที่ได้จากการหมักที่สมบูรณ์ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของปุ๋ย (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ปริมาณสาร ระเหยง่าย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	คาร์บอน คงตัว (%)	สารอินทรีย์ (%)	pH (25°C)
1	3.46	18.38	74.59	3.57	20.95	8.50
2	3.36	20.24	72.44	3.96	23.20	8.68
3	3.41	20.46	72.56	3.57	23.03	7.89
4	3.52	21.31	71.76	3.41	23.72	8.30
5	3.36	20.29	72.67	3.68	22.97	8.68
6	3.26	21.18	72.12	3.44	23.62	7.57

สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพที่ได้ จะเห็นว่า ความชื้นของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 3-4 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารระเหยง่ายของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 20-22 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้าของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 71-75 โดยน้ำหนักแห้ง คาร์บอนคงตัวของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.0-4.0 โดยน้ำหนักแห้ง สารอินทรีย์ของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 20-24 โดยน้ำหนักแห้ง และความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 7-9 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจากการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวพบว่ามี สมบัติที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพมาตรฐาน

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียว แกมน้ำเงิน

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสี เขียวแกมน้ำเงิน

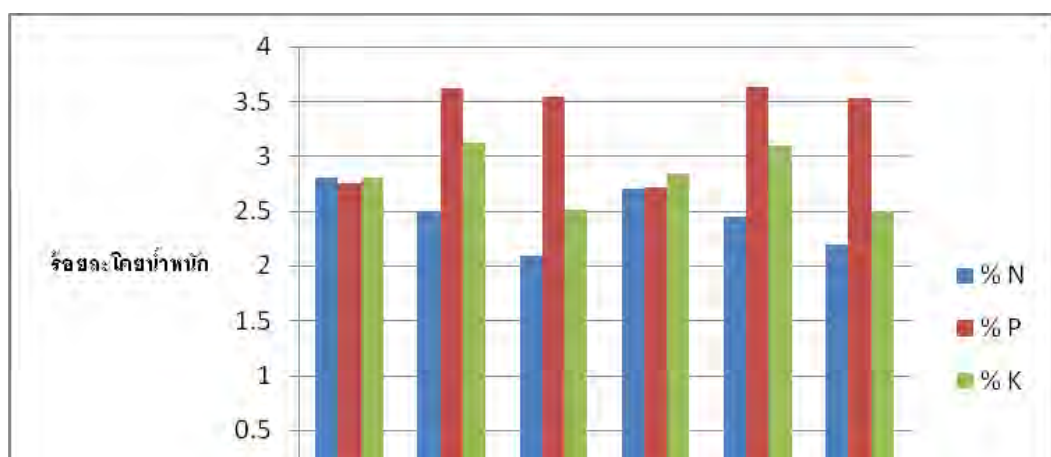
จากการวิเคราะห์ไนโตรเจนในปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ได้จากการหมัก พบว่า ปริมาณของไนโตรเจน ร้อยละ 2.0-3.0 ซึ่งเมื่อเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก เห็นได้ว่าปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ผลจากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ได้จากการหมัก พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัส ร้อยละ 2.50-3.70 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.35 โดยน้ำหนัก เห็นได้ว่าปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

จากผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมในปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ได้จากการหมัก พบว่า มีปริมาณโพแทสเซียม ร้อยละ 2.50-3.20 โดยน้ำหนัก ซึ่งเมื่อเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณโพแทสเซียม ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เห็นได้ว่าปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองนี้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ตัวอย่าง	% total-N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
1	2.80	2.75	2.80
2	2.50	3.62	3.12
3	2.10	3.54	2.51
4	2.70	2.72	2.85
5	2.45	3.63	3.10
6	2.20	3.53	2.50



ภาพที่ 4.2 ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า ปุ๋ยที่ได้จากการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม มากเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 1.0, 0.35 และ 1.50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยที่ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 2.0-3.0 , 2.50-3.70 และ 2.50-3.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อีกทั้งยังมีธาตุอาหารรองอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และโบรอนที่จำเป็นสำหรับพืช และในปุ๋ยดังกล่าวที่ได้จากการทดลองได้มีการเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และสามารถนำไนโตรเจนที่อยู่ในอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

3.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio)

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนเทียบได้จากปริมาณคาร์บอนคงตัวกับปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยชีวภาพ ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio)

ตัวอย่าง	C/N ratio
1	1.27
2	1.58
3	1.70
4	1.26
5	1.50
6	1.56

จากผลการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนเทียบได้จากปริมาณคาร์บอนคงตัว
กับปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยชีวภาพ พบว่า จะอยู่ในช่วง 1.20-1.70 ต่อ 1 ส่วน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับ
ปุ๋ยหมักมาตรฐานที่จะต้องม้อตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนต่ำกว่า 20 : 1 และถ้าอัตราส่วน
ระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนยังมีค่าต่ำยิ่งดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 การศึกษาสูตรปุ๋ยชีวภาพที่ทำจากเห็ดและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จากการศึกษาและผสมสูตรปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยนำวัสดุเหลือใช้ที่เลือก ได้แก่ ฟางข้าว แขนข้าวโพด เศษผัก ก้านยาสูบ มูลไก่ สารเร่งการย่อยสลายและกากน้ำตาล โดยนำวัสดุดังกล่าวมาผสมกันตามอัตราส่วนที่ต้องการ เรียกว่า วัสดุผสม โดยทำการผสมวัสดุเหลือใช้รวมทั้งสิ้น 6 สูตรทดลอง พบว่า เศษผักที่เกษตรกรทิ้งไปนั้นมีความธาตุอาหารไนโตรเจนสูงมาก (5.21 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ก้านยาสูบ (2.43 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งแตกต่างกับปริมาณธาตุโพแทสเซียม ที่มีอยู่ในก้านยาสูบสูงที่สุด (5.54 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ เศษผัก (2.00 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการประเมินคุณภาพและควบคุมการผลิตปุ๋ย โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิขณะทำการหมักปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง อุณหภูมิในการหมักจะอยู่ระหว่าง 30-51 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือน

2.2 สมบัติทางกายภาพของปุ๋ย

สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยชีวภาพที่ได้ จะเห็นว่า ความชื้นของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 3-4 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารระเหยง่ายของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 20-22 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้าของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 71-75 โดยน้ำหนักแห้ง คาร์บอนคงตัวของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 3.0-4.0 โดยน้ำหนักแห้ง สารอินทรีย์ของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 20-24 โดยน้ำหนักแห้ง และความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยที่ได้จากการทดลองจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 7-9 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจากการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวพบว่ามีสมบัติที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพมาตรฐาน

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยชีวภาพจากเห็ดแดงและปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่า ปุ๋ยที่ได้จากการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 1.0, 0.35 และ 1.50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยที่ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 2.0-3.0 , 2.50-3.70 และ 2.50-3.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ อีกทั้งยังมีธาตุอาหารรองอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และโบรอนที่จำเป็นสำหรับพืช และในปุ๋ยดังกล่าวที่ได้จากการทดลองได้มีการเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และสามารถนำไนโตรเจนที่อยู่ในอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

3.2 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N ratio)

จากผลการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนเทียบได้จากปริมาณคาร์บอนคงตัวกับปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยชีวภาพ พบว่า จะอยู่ในช่วง 1.20-1.70 ต่อ 1 ส่วน โดยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักมาตรฐานที่จะต้องมียอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนต่ำกว่า 20 : 1 และถ้าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนยิ่งมีค่าต่ำยิ่งดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยครั้งนี้ยังไม่มีผลการวิเคราะห์อัตราการรอดของเชื้อ ในครั้งต่อไปการผลิตปุ๋ยชีวภาพต่าง ๆ ควรมีการวิเคราะห์หาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่ใส่เข้าไปในปุ๋ย พร้อมทั้งหาอัตราการรอดว่าเชื้อมีชีวิตอยู่ได้นานเท่าใด พบในปุ๋ยชีวภาพแต่ละสูตรมีเชื้ออะไรบ้าง และสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานเท่าใด

บรรณานุกรม

- กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. 2537. กรมวิชาการเกษตร ภายในบริเวณเกษตรกลางบางเขน กรุงเทพฯ 10900.
- จรงค์ จันทรเจริญสุข, 2541. ปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุเหลือใช้. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร.
- ธงชัย มาลา. 2546. *ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- นันทกร บุญเกิด, ประยูร สวัสดิ์ และอมรินทร์ นพอมรบดี. 2533. การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช . คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. หน้า 288-309.
- บรรหาร แต่งฉำ และสมพร ชุนห์ลือชานนท์. 2539. ผลของ EM ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ข้าวโพด และข้าวฟ่างในแปลงทดลอง. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย).
- ประยูร สวัสดิ์. 2539. การใช้ประโยชน์จากแหนแดง เอกสารวิชาการเรื่อง ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 148-166.
- ประเสริฐ สองเมือง, วิทยา ศรีทนนท์ และประยูร สวัสดิ์. 2536. เลี้ยงแหนแดงร่วมกับปลาในนาข้าว. *กสิกร* . 66(1) : 66-68.
- ปิยะ ดวงพัตรา, 2541. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร.
- ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2537. 108 สูตรการผลิตปุ๋ยชีวภาพ. บริษัท สำนักพิมพ์ เพชรกระรัต จำกัด ชอยเจริญสุข ถนนบรมราชชนนี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. 274 หน้า.
- โยธิน คนบุญ. 2542. ดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : ปัญหาและแนวทางแก้ไข. การสัมมนาวิชาการข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี และ ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. หน้า 96-111.
- สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2541. *คู่มือการใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว* . สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย , กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและพลังงาน, กรุงเทพฯ.
- สมพร ชุนห์ลือชานนท์. 2542. *สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในปุ๋ยชีวภาพ*. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรุงเทพฯ.
- สุริยา สาสนรักกิจ. 2542. วท.สภักตสารสัทธิรมชาติจากสาหร่ายทางเลือกใหม่เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค. *จดหมายข่าว วท.*

- สุวรรณา สาสนรักกิจ. 2542. การศึกษาสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียของไทยที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อาภารัตน์ มหาพันธ์. 2542. สารสกัดจากสาหร่ายกำจัดแมลงศัตรูพืช. จดหมายข่าว วท.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. 2548. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร.
- ออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2537. การใช้ปุ๋ยชีวภาพจากเชื้อไรโซเบียมและไมโครไรซา. ปุ๋ยชีวภาพและพืชบำรุงดิน เอกสารทางวิชาการ. กลุ่มดินและปุ๋ยพืชไร่นา, สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิต การส่งเสริมการเกษตร.
- Antarikanonda, P. and S.Sassanarakkit. 1995. Research studied, production and field experience on the use of blue-green algae biofertilizer in Thailand, p.36-52. ใน ผลงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพจาก สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว สาขาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย , กรุงเทพฯ.
- Ashwani, K.R. and V.Rai. 2003. Effect of NaCl on growth, nitrate uptake and reduction and nitrogenase activity of *Azolla pinnata* - *Anabaena azollae*. *Plant Science*. 164 : 61-69.
- Berman-F. I., Lundgren. P , Chen. Y-B., Kupper. H., Kolber. Z., Bergman. B and Falkowski, P. 2001. Segregation of nitrogen fixation and oxygenic photosynthesis in the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. *Science*. 294 : 1534-1537.
- Borowitzka, M.A. 1995. Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically-active compound . *J.Appl. Phycol*. 7(1) : 3-15.
- Boussiba, S. 1995. *Anabaena azollae* as a Nitrogen Biofertilizer. Microalgal biotechnology laboratory, Jacob Blaustein Institute for Desert Research Ben Gurion University, Sede Boker, Israel.
- Fu, F.X. And P. R. Bell. 2003. Factor affecting N_2 - fixation by the cyanobacterium *et Trichodesmium* sp. *Microbiology ecology*. 45 : 203-209.
- Irisarri, P., S. Gonnet. And J. Monza. 2001. Cyanobacteria in Uruguayan rice fields : diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides and combined nitrogen. *J. Biotech*. 91 : 95-103.
- Lumpkin, T. A., and D. I. Plucknett. 1982. *Azolla as a Green Manure : Use and Management in Crop Production*. Westview press, Inc. USA.

Sukreeyapongse, O. 2001. *Accumulation of Heavy Metals in Vegetables and Soil Treated with Sludge*. Ph.D. Thesis, Graduate School, Kasetsart University.

U.S. Environmental Protection Agency. 1983. *Process Design Manual for Land Application of Municipal Sludge*. U.S. Environmental Protection Agency Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH.





ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ย

การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrophotometer (AAS)

การวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ของปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักโดยทั่วไปจะใช้วิธี Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยเทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิควิเคราะห์ธาตุอาหารอย่างหนึ่ง สามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมาก เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ มีความไวสูง และเป็นเทคนิคที่ เฉพาะดีมาก สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ นับว่ามากพอสมควรสำหรับเครื่องมือเพียงชนิดเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ atomic absorption เป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นกับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละธาตุจะมีระดับพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่มีความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ยาวนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะ จากสภาวะพื้นไปสู่สภาวะกระตุ้น ซึ่งแต่ละความยาวคลื่นจะจัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

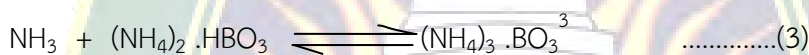
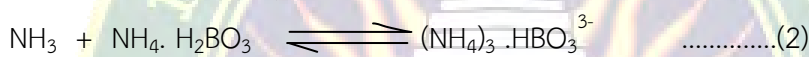
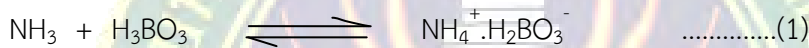
การทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟหรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้กระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอมหรือทำให้อะตอมอยู่ในสภาวะกระตุ้นระเหยเป็นไอออนก็ได้ เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS สามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. ใช้ Flame Atomization Technique โดยการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (Flame) ที่เหมาะสม
2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non-Flame Atomization Technique ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electro thermal- atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิการเผามีค่าต่าง ๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้
3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากธาตุบางชนิดไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นอะตอมโดยตรงโดยเทคนิคในข้อ 1 และ 2 ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับธาตุออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการเป็นไฮไดรด์แล้วทำให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนทำให้ธาตุเป็นอะตอมเสรีได้

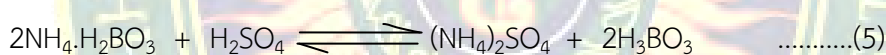
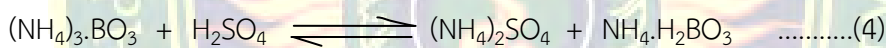
4. ใช้ Cold Vapor Generation Technique ซึ่งเหมาะที่จะใช้วิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณโดยเฉพาะ

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl test

การวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl test ซึ่งเป็นวิธีการหาปริมาณ organic nitrogen ในสารตัวอย่าง ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก wet combustion ของสารตัวอย่าง ด้วยการต้มกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ เป็นตัวเร่งและใช้ K_2SO_4 เป็นตัวช่วยลดจุดเดือด ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันของ organic nitrogen ในสารตัวอย่างกลายเป็นก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งยังอยู่ในสารละลายในรูปของ ammonium Borate ซึ่งจะใช้กรดบอริกเป็นตัวจับก๊าซแอมโมเนียไว้ ดังปฏิกิริยา



จากนั้นหาปริมาณแอมโมเนียจากการไตเตรตสารละลายผสมระหว่าง H_3BO_3 กับ $(\text{NH}_4)_3 \cdot \text{BO}_3$ ด้วยกรด H_2SO_4 มาตรฐาน โดยเปลี่ยนเกลือโบเรตให้กลับมาอยู่ในรูปกรด H_3BO_3 ให้หมดซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดเป็นขั้นตอน ดังนี้



การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง UV/VIS

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง UV/VIS การดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 nm ส่วนใหญ่ใช้วิเคราะห์พวกสารอินทรีย์หรือสารประกอบเชิงซ้อนหรือสารอนินทรีย์ ทั้งที่มีสีและไม่มีสี ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกต้องแม่นยำ มีสภาพไวสูง โดยหลักการ คือ สารเมื่อเกิดการดูดกลืนแสงในช่วง UV/VIS เข้าไปแล้ว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (Electron transition) ซึ่งสารแต่ละชนิดจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะค่า ซึ่งการทดลองนี้จะวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส โดยจะให้สารตัวอย่างเกิดสารเชิงซ้อน (complex) ให้เกิดสีกับ molybdovanadate ซึ่งมีการดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 825 nm

เศษวัสดุทางการเกษตร

เศษผัก



ก้านยาสูบ



เศษข้าวโพด



ฟางข้าว



กระบวนการหมักปุ๋ย 6 สูตร

ภาคผนวก ข
ภาพการทดลอง



Treatment 1



Treatment 4



Treatment 2



Treatment 5



สิ้นสุดกระบวนการหมัก



Treatment 1



Treatment 4



Treatment 2



Treatment 5



