ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย

Managements of compost and bio-fertilizer mixing with liquid organic fertilizer to increase yield of papaya (Holland cultivar) in sandy soil

โดย

นางสาวฎานุภา อยู่อุ่นพะเนา
นายโสพส แซ่ลิ้ม
นางสาวสิรินภา ชินอ่อน

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 56 58 13 08 020000 005 103 06 11

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการอินทรียวัตถุ
กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 17 ต.ค. 2562
เลขหมู่ 634.65 ป111ก
เลขทะเบียน ถ10143

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย

Managements of compost and bio-fertilizer mixing with liquid organic fertilizer to increase yield of papaya (Holland cultivar) in sandy soil

โดย

นางสาวฎานุภา อยู่อุ่นพะเนา
นายโสพส แซ่ลิ้ม
นางสาวสิรินภา ชินอ่อน

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 56 58 13 08 020000 005 103 06 11

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการอินทรียวัตถุ
กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(4)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	11
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	11
ผลการทดลองและวิจารณ์	17
สรุปผลการทดลอง	40
ข้อเสนอแนะ	41
ประโยชน์ที่ได้รับ	41
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	51

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดินก่อนและหลังการทดลอง	22
2	การจัดการดินที่มีต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ	24
3	การจัดการดินที่มีต่อการเจริญเติบโตรัศมีทรงพุ่มของมะละกอ	26
4	การจัดการดินที่มีต่อเจริญเติบโตเส้นรอบวงของมะละกอ	28
5	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและลำต้นมะละกอ	31
6	การจัดการดินที่มีต่อผลผลิตมะละกอ	35
7	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกมะละกอฮอลแลนด์	39

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแปลงการทดลอง	13

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีปุ๋ยหมัก	52
2	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากการขยายเชื้อปุ๋ยชีวภาพ	52
3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล	52
4	ผลการวิเคราะห์ฮอร์โมนจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล	53
5	ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล	53
6	เกณฑ์สูงต่ำของค่าวิเคราะห์อินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน	53
7	ผลรวมปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและลำต้นของมะละกอ	54
8	มาตรฐานความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองในใบมะละกอ	54
9	ปริมาณธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลอง	55
10	การประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนในการปลูกมะละกอ	56
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลอง	57
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง	57
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง	57
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง	58
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง	58
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 1 เดือน	58
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 2 เดือน	59
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 3 เดือน	59
19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 4 เดือน	59

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 5 เดือน	60
21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม 1 เดือน	60
22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม 2 เดือน	60
23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม 3 เดือน	61
24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม 4 เดือน	61
25	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม 5 เดือน	61
26	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ 1 เดือน	62
27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ 2 เดือน	62
28	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ 3 เดือน	62
29	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ 4 เดือน	63
30	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ 5 เดือน	63
31	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนในใบมะละกอ	63
32	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสในใบมะละกอ	64
33	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมในใบมะละกอ	64
34	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนในลำต้นมะละกอ	64
35	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสในลำต้นมะละกอ	65
36	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมในลำต้นมะละกอ	65
37	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตมะละกอ	65

ชื่อโครงการวิจัย	การจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย Managements of compost and bio-fertilizer mixing with liquid organic fertilizer to increase yield of papaya (Holland cultivar) in sandy soil	
ทะเบียนวิจัย	56 58 13 08 020000 005 103 06 11	
กลุ่มชุดดิน	36 ชุดดินปราณบุรี (Pran Buri series: Pr)	
ผู้ดำเนินการ	นางสาวฎานุภา อยู่อุ่นพะเนา	Ms. Danupa Yoounpanao
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายโสพส แซ่ลิ้ม	Mr. Solod Saelim
	นางสาวสิรินภา ชินอ่อน	Ms. Sirinapa Chinon

บทคัดย่อ

การจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย ดำเนินการในพื้นที่ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี พ.ศ. 2556 – 2558 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการในดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช รวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ จากการศึกษาสมบัติทางเคมีดินหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว 20 กิโลกรัมต่อต้น หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 4 6 และ 8) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 2.32 – 2.70 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินอยู่ระหว่าง 1,943 – 2,001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมในดินอยู่ระหว่าง 235 – 296 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมอยู่ระหว่าง 3,131 – 3,488 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมอยู่ระหว่าง 574 – 690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าชุดตำรับการทดลองการใส่ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว 5 กิโลกรัมต่อต้น หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตำรับที่ 3 5 และ 7) รวมทั้งสูงกว่าตำรับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) สำหรับการเจริญเติบโตมะละกอในช่วง 5 เดือน ด้านความสูง รัศมีทรงพุ่ม และเส้นรอบวงลำต้นในตำรับที่ 6 การใช้ปุ๋ยหมัก 20 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ มีการเจริญเติบโตดีกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตาม พบว่าผลผลิตมะละกอในตำรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำให้ผลผลิตมากที่สุด 5,097 กิโลกรัมต่อไร่ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ส่งผลให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด 54,773 บาทต่อไร่ คิดเป็นอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน 3.56

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

Managements of compost and bio-fertilizer association with bio-extract for increasing yield of Holland papaya in sandy soils. This project were proceeded in Nongplub Sub-district, Hua Hin District, Prachuabkirikhan Province, from 2013 – 2015. The aims were studying utilization of compost, bio-fertilizer, bio-extract associate with chemical fertilizers causing of chemical properties transformation in the soil. Growth, yield and economic return were investigated. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with 8 treatments and 3 replications. The results showed that utilization of compost (20 kg. per plant) with recommended chemical fertilizer or 1/2 recommended chemical fertilizer (Tr 4, 6 and 8) gave organic matter phosphorus potassium calcium and magnesium of 2.32 – 2.70 % , 1,943 – 2,001 mg. k^{-1} , 235 – 296 mg. k^{-1} , 3,131 – 3,488 mg. k^{-1} and 574 – 690 mg. k^{-1} respectively higher than the experimental set of bio – fertilizer (5 kg. per plant) with chemical fertilizer (Tr 3, 5 and 7) and recommended chemical fertilizer (Tr 2). During 5 month of papaya growth, Tr 6 compost (20 kg. per plant) with recommended chemical fertilizer had plant height, canopy radius and girth higher than other treatments. However, the utilization of Tr 5 bio-fertilizer (5 kg. per plant) with recommended chemical fertilizer had the highest growth yield as 5,097 kg. per rai, the highest economic return and the lowest cost production. The results of economic return and benefit costs ratio were 54,773 baht per rai and 3.56 respectively.

หลักการและเหตุผล

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ประมาณ 3,984,345 ไร่ มีต้นกำเนิดมาจากดินพวกตะกอนลำน้ำ เนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนปนทรายหรือดินทราย ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง โดยเฉพาะในกลุ่มชุดดินที่ 36 ชุดดินปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีเนื้อที่ประมาณ 324,476 ไร่ หรือ 8.16 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ มีสภาพเป็นดินทรายถึงดินทรายปนดินร่วน ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ อุ้มน้ำได้น้อย ทำให้พืชอาจขาดแคลนน้ำได้ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง และเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวใช้ปลูกมะละกอเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญสำหรับการแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋องเพื่อการส่งจำหน่ายยังต่างประเทศ โดยมีโรงงานรับซื้อขนาดใหญ่ 2 โรงงาน ได้แก่ บริษัท ทิปโก้ จำกัด (มหาชน) และบริษัท โดล (ไทยแลนด์) จำกัด แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น ผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องเชื่อม แช่อิ่ม น้ำผลไม้กระป๋อง ผลสุกและมะละกอผง ส่งจำหน่ายภายในประเทศทั้งลักษณะผลสุกและผลิตภัณฑ์แปรรูปเป็นผลไม้อบแห้งหรือปรุงแต่งให้มีรสชาติแตกต่างกันมีจำหน่ายตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป

มะละกอเป็นผลไม้ที่สามารถปลูกได้ในทุกๆ สภาพดินทั่วไป ต้องการอินทรียวัตถุ ธาตุอาหาร และการระบายน้ำดี แต่จากการปลูกมะละกอในพื้นที่ในช่วงที่ผ่านมามักพบปัญหาผลผลิตต่ำเนื่องจากพื้นที่ปลูกดินค่อนข้างมีลักษณะดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดการจัดการดินที่เหมาะสม ซึ่งปัจจุบันได้มีแนวทางการจัดการดินจากการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงดิน โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหาร ปรับปรุงดินให้จับตัวเป็นก้อน ร่วนซุย ดินอุ้มน้ำ และเพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินจากการใช้ปุ๋ยหมักยังคงเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ และการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ขยายเชื้อในปุ๋ยหมัก ซึ่งมีแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ แบคทีเรียละลายฟอสเฟต แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม และแบคทีเรียสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชหรือฮอร์โมน และน้ำหมักชีวภาพมีฮอร์โมนออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน และกรดอะมิโน ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช สามารถนำวิธีจากการจัดการดินดังกล่าวมาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มผลผลิตมะละกอ ดังนั้น จึงควรศึกษาการจัดการปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เพื่อหาวิธีการจัดการดินในพื้นที่ดินทรายให้เหมาะสมด้วยการเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของมะละกอให้กับเกษตรกรต่อไป

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการในดิน

2. ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช

3. ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลกลุ่มชุดดินที่ 36 ชุดดินปราณบุรี

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีกลุ่มชุดดินที่ 36 ชุดดินปราณบุรี เนื้อที่ประมาณ 324,476 ไร่ หรือร้อยละ 8.16 ของพื้นที่จังหวัด เป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่หรือถูกเคลื่อนย้ายมาในระยะทางไม่ไกลนักของหินเนื้อหยาบ หรือจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ บริเวณพื้นที่ดอน มีลักษณะค่อนข้างราบเรียบจนถึงลูกคลื่นลอนลาด เป็นกลุ่มดินลึกที่มีการระบายน้ำดี เนื้อดินบนเป็นพวกดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนเหนียว มีสีน้ำตาล สีเหลือง สีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีแดง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ดินชั้นบนส่วนใหญ่จะมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0 – 6.0 ส่วนดินล่างเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0 – 7.0 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกไม้ผลที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ สับปะรด และมะละกอ โดยมีโรงงานรองรับซื้อผลผลิตเพื่อแปรรูปในปริมาณสูง แต่ปัญหาสำคัญในการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดิน พบว่าดินมีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างมีลักษณะดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินไม่อุ้มน้ำ หากเกิดปัญหาฝนแล้งทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตได้ ในบางพื้นที่มีความลาดชันจะมีปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของหน้าดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557)

2. การจัดการดินทรายปลูกพืชจากการใช้วัสดุอินทรีย์

ความสำคัญในการจัดการดินเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาดินทรายให้มีความอุดมสมบูรณ์และให้มีความยั่งยืนในการปลูกพืช กรมพัฒนาที่ดินได้แนะนำ ส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มาจากการเกษตรหรืออุตสาหกรรมทางการเกษตร นำมาเพิ่มอินทรียวัตถุในการปรับปรุงบำรุงดิน ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ จากการใช้ปุ๋ยหมักจะช่วยปรับปรุงดินทรายได้ดังต่อไปนี้

2.1 การปรับปรุงทางกายภาพของดินทราย

การใช้วัสดุอินทรีย์จะเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดิน ช่วยทำให้ดินเกาะตัวเป็นก้อน ร่วนซุย เป็นผลให้การระเหยของน้ำจากดินช้าและลดน้อยลง ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี จากการทดสอบใช้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปุ๋ยหมักภายใต้สภาพดินทรายในการปลูกข้าวสาลีอัตรา 3 6 และ 11 ตันต่อไร่ โดยใส่ทุกปีก่อนปลูกพืชเป็นระยะเวลา 3 ปี เก็บตัวอย่างดิน 1 เดือน หลังการใช้ปุ๋ยหมัก และหลังจากการเก็บผลผลิตพืชในแต่ละปี พบว่าดินมีความพรุน การอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Weber *et al*., 2007) นอกจากนี้ จากการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตันต่อไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 11 ปี สามารถปรับปรุงดินให้มีความหนาแน่นดินลดลงเท่ากับ 1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีความหนาแน่นดินเท่ากับ 1.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2547) จากการใช้ปุ๋ยหมักช่วยในการอุ้มน้ำให้พืชใช้ได้ในระยะยาวขึ้น ลดความหนาแน่นในดิน เนื่องมาจากในปุ๋ยหมักที่มีสารประกอบฮิวมัสที่มีประจุลบจะดูดยึดกับธาตุอาหารที่มีอยู่ในกองปุ๋ยหมักและอนุภาคดินเกาะตัวกัน ช่วยให้การระบายอากาศ และการอุ้มน้ำดีขึ้น ส่งผลให้น้ำในดินเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้มากขึ้น จะเห็นได้ว่าดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะช่วยให้พืชทนอยู่ได้ถึงแม้ประสบปัญหาฝนแล้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) ทั้งนี้ หากมีการใช้ปุ๋ยหมักเป็นเวลา 5 ปี จะมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพ การดูดยึดน้ำและการซึมซับน้ำของดินดีขึ้น มีความสมดุลในการแลกเปลี่ยนธาตุอาหาร เพิ่มธาตุอาหารมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับพืช (Chueysai *et al*., 1986)

2.2 การปรับปรุงสมบัติทางเคมีดินทราย

วัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาจากพื้นที่ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทางการเกษตร สามารถนำมาผลิตปุ๋ยหมักที่มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยหมัก 1 ตัน มีคุณค่าทางอาหารพืชโดยเฉลี่ยของไนโตรเจน 7.90 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 2.80 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 21.90 กิโลกรัม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) การปลดปล่อยธาตุอาหารละลายออกมาอย่างช้าๆ จากกิจกรรมจุลินทรีย์ดินย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนกลายเป็นสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปริมาณต่ำทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง จากการทดลองของ Bhattacharyya *et al.* (2005) ได้ทดสอบการใช้ปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากับปริมาณไนโตรเจน 9.23 กิโลกรัมต่อไร่ ในพื้นที่ปลูกข้าวตลอดระยะเวลา 3 ปี พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีจะส่งเสริมให้ดินมีการสะสมออแกนิคคาร์บอนเท่ากับ 15.07 กรัมต่อกิโลกรัม มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักมีออร์แกนิคคาร์บอนเท่ากับ 14.74 กรัมต่อกิโลกรัม ตลอดระยะเวลา 3 ปี การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสามารถปรับปรุงดิน เพิ่มธาตุอาหาร และจุลินทรีย์ดินเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชได้เป็นอย่างดีที่สุด และ Bar-Tal *et al.* (2004) ได้ศึกษาการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวสาลีจากการใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอน และปุ๋ยคอก อัตรา 12 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ระยะเวลา 3 ปี พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักในปีแรกข้าวสาลีดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 18.45 7.25 และ 71.10 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และในปีที่ 3 มีการนำธาตุอาหารไปใช้ได้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เพิ่มขึ้นเท่ากับ 43.50 13.90 และ 72.70 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโตมากที่สุด เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในปีแรกการดูดใช้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเท่ากับ 53.60 และ 8.50 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อเข้าสู่ปีที่ 3 การดูดใช้มีปริมาณไม่แตกต่างกับปีแรกเท่ากับ 65.20 และ 10.60 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนการดูดใช้โพแทสเซียมจากการใส่ปุ๋ยเคมีจะลดลงจาก 89.3 เป็น 48.9 กรัมต่อตารางเมตร

นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยหมักยังมีปริมาณธาตุแคลเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของราก ผลและใบ รวมถึงแมกนีเซียมจะมีผลในการเจริญเติบโตของรากและใบเช่นกัน การเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินทรายทำเกิดให้ช่องว่างในเม็ดดิน เกิดการหมุนเวียนอากาศในดินทรายดีขึ้น ทำให้ระบบรากพืชสามารถแผ่กระจายในดินได้อย่างกว้างขวาง (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

2.3 การปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพดินทราย

การใช้ปุ๋ยหมักจะส่งเสริมการเจริญเติบโตและปริมาณของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะจุลินทรีย์ปลดปล่อยไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตลอดจนกิจกรรมการผลิตเอนไซม์ที่หมุนเวียนเป็นวัฏจักรอยู่ในดิน ทั้งนี้ ปุ๋ยหมักจะมีออร์แกนิกคาร์บอนที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน การหายใจ การสร้างเอนไซม์ จากรายงานของ Chocano *et al*. (2016) ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักชนิดต่างๆ ในการปลูกต้นพลัมภายใต้สภาพดินทราย ระยะเวลา 6 ปี พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมูลแกะอัตรา 32 กิโลกรัมต่อต้น มีอินทรียวัตถุ 49.75 กรัมต่อดิน 100 กรัม ปริมาณไนโตรเจน 2.72 กรัมต่อดิน 100 กรัม สามารถเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์มากที่สุด จากการวัดกิจกรรมจุลินทรีย์ ได้แก่ การหายใจของจุลินทรีย์ การสร้างพลังงาน และเอนไซม์ปลดปล่อยธาตุอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ต้นพลัมมีผลผลิตมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จากรายงานของ Rivera – Cruze *et al.* (2008) ศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพจากมูลไก่ และวัสดุเหลือใช้จากกล้วย โดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. ตรึงไนโตรเจน และแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัส โดยมีปริมาณการใช้ 1 2 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้จากกล้วยอัตรา 10 กิโลกรัมต่อต้น หลังทดสอบ 6 เดือน พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ 4 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. ตรึงไนโตรเจน และแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัสมากที่สุด มีปริมาณเชื้อเท่ากับ 22.5 x 10^4 62.1 x 10^3 และ 27.3 x10^3 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง ตามลำดับ สร้างกิจกรรมการผลิตเอนไซม์ การปลดปล่อยธาตุอาหาร การเจริญเติบโตของก้านใบและรากได้สูงสุด เปรียบเทียบกับปุ๋ยหมัก 2 ชนิด มีปริมาณจุลินทรีย์ *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. ตรึงไนโตรเจน และแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัส มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำที่สุดเท่ากับ 14.2 x 10^3 2.9 x 10^3 และ 0.3 x10^3 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง ตามลำดับ มีกิจกรรมการผลิตเอนไซม์ การปลดปล่อยธาตุอาหาร การเจริญเติบโตของก้านใบและรากต่ำที่สุด

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3. แนวทางการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ และน้ำหมักชีวภาพในการเพิ่มผลผลิตพืช

3.1 แนวทางการใช้ปุ๋ยหมักในการเพิ่มผลผลิตพืช

การใช้ปุ๋ยหมักในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในดินทรายให้มีโครงสร้างดินที่เหมาะสมในการปลูกพืช เนื่องจากอินทรียวัตถุช่วยปรับปรุงดินทรายให้สามารถจับตัวกันเป็นก้อน ร่วนซุย เป็นผลทำให้การระเหยของน้ำจากดินช้าและลดน้อยลง ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี พืชได้ใช้ในระยะเวลายาวนานขึ้น (Liu *et al.*, 2013) กล่าวคือ การเพิ่มอินทรียวัตถุที่มีสารประกอบฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารที่มีประจุลบจะดูดยึดกับธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักและอนุภาคดินเกาะตัวกัน ทำให้การระบายอากาศ การอุ้มน้ำดีขึ้น และน้ำในดินเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้มากขึ้นดังจะเห็นได้ว่าดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะช่วยให้พืชทนอยู่ได้ ถึงแม้ประสบกับปัญหาฝนแล้ง จะช่วยลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) นอกจากนี้ ยังพบว่ามีผลต่อสมบัติทางชีวภาพของดินจากการใช้ปุ๋ยหมักจะเพิ่มประชากรของแบคทีเรียและแอคติโนมัยซิสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้นและดินสามารถดูดซับธาตุอาหารได้มากขึ้น เกิดเป็นวัฏจักรสร้างความสมดุลของนิเวศน์ดินในระบบการเกษตรได้ (Shabani *et al.*, 2011) จากรายงานของปิโยรส (2547) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อผลผลิตของคะน้า (*Brassica oleracea* L.) ในชุดดินกำแพงแสน พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมีแนวโน้มทำให้สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน ความพรุนรวมของดิน และปริมาณเม็ดดินที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตรได้ดีขึ้น และอัตราของปุ๋ยหมักทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่อัตรา 1,000 กรัมต่อตารางเมตร สูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ยใดๆ และปุ๋ยเคมี และยังมีผลทำให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กรัมต่อตารางเมตร มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของรากคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักอัตราอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักทุกอัตรามีผลทำให้ระดับความเข้มข้นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้นคะน้าสูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยใดๆ และปุ๋ยเคมี รัตติญาและคณะ (2555) ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยมูลโคและพืชปุ๋ยสดต่อผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ โดยทดลอง 2 ปี การทดลองปีที่ 1 เป็นปีการปรับเปลี่ยนและปีที่ 2 เป็นปีของการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ โดยใช้ดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ระบบการจัดการธาตุอาหารประกอบด้วยการปลูกพืช 3 รุ่นต่อปี ผลการทดลองพบว่าการจัดการธาตุอาหารที่ต่างกันมีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยพืชสด มูลโค และปุ๋ยเคมี โดยรอบปีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 30 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ พบว่าตำรับการใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลิตมากที่สุด การเพิ่มอัตราปุ๋ยมูลโคที่ใส่ปีที่ 1 จาก 30 เป็น 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ในรอบปีที่ 1 ทำให้ผลผลิตลดลง แต่ในรอบปีที่ 2 การเพิ่มอัตราปุ๋ย

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

มูลโคที่ใส่จาก 20 เป็น 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และแนวโน้มผลผลิตข้าวโพดในการใช้พืชปุ๋ยสดร่วมกับมูลโคให้ผลผลิตมากกว่าการใช้มูลโคเพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยหมักยังสามารถใช้ระบบเกษตรอินทรีย์ทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีจากการปลูกผักอินทรีย์ เปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในระบบการปลูกผักอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบเขียว ผักกาดหัว และคะน้า พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง 1 ปี ส่งผลทำให้สมบัติทางเคมีดินเพิ่มสูงขึ้น ความหนาแน่นลดลง สำหรับผลจากการใช้ปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ ร่วมกับมูลไส้เดือนดิน หรือน้ำหมักชีวภาพปลา ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวมีผลผลิตสูงสุด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยมูลค้างคาว ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพมูลไส้เดือนส่งผลให้ผักกาดขาวมีความยาวและน้ำหนักผลผลิตสูงสุด และการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมูลไส้เดือนดินส่งผลให้ผลผลิตคะน้าสูงที่สุด ซึ่งการทดลองการใช้ปุ๋ยหมักชนิดต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 1 ปี ส่งผลในทางบวกต่อสมบัติของดิน ชนิดปุ๋ยหมักก็ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันไป (วาสนาและคณะ, 2557)

3.2 แนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มผลผลิตพืช

จากรายงานจะเห็นได้ว่าปุ๋ยหมักจะส่งผลให้มีปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำจุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์ในการเพิ่มธาตุอาหารและสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช นำมาใช้ร่วมกับวัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยหมัก (อำนาจ, 2554) สอดคล้องกับการรายงานของ ธงชัย (2550) ได้นำเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ เมื่อใส่ในดินจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช จากการทดลองการใช้ปุ๋ยชีวภาพ โดยใช้จุลินทรีย์ *Azotobacter vinelandi* TISTR 1094 ร่วมกับกากหม้อกรองร่วมกับน้ำหมักชีวภาพมีผลทำให้รากและดินบริเวณรากอ้อยอายุ 3 เดือน มีกิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสสูงที่สุดเท่ากับ 37.70 มิลลิโมลอะเซทีลีนต่อกรัมต่อชั่วโมง และต้นอ้อยมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 136.35 เซนติเมตร แต่หากไม่มีการใช้จุลินทรีย์ *Azotobacter vinelandi* TISTR 1094 จะมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสต่ำที่สุดเท่ากับ 14.86 มิลลิโมลอะเซทีลีนต่อกรัมต่อชั่วโมง และพบว่ารากอ้อยที่รดด้วยน้ำหมักชีวภาพมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสสูงกว่ารดด้วยน้ำธรรมดา (ภารุจีย์, 2556) และจากรายงานของ จิราภรณ์และคณะ (2559) พบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตร่วมกับหินฟอสเฟตบริเวณทรงพุ่มมะรุมที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร ที่อายุ 3 เดือน มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดิน 58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากกว่าการใส่หินฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับที่ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด 23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับการทดลองของ Illmer and Schinner (1992) พบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตลงในดินมีบทบาทที่สำคัญในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสและสารฮิวมิคในดินกรดและดินด่าง นอกจากนี้ พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพกับต้นทับทิม (*Punica granatum* L.) ในเขต

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

พื้นที่ทะเลทราย จากการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในแต่ละตำรับการทดลองได้แก่ *A. brasilens A. chroococcum G. fasciculatum G. mosseae* มีจำนวนกิ่งแขนง อยู่ระหว่าง 8.00 – 11.00 กิ่งต่อต้น และการใช้เชื้อ *A. chroococcum* ร่วมกับ *G. mosseae* มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุด จำนวน 12.00 กิ่งต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวที่มีจำนวนกิ่งแขนงต่ำที่สุด การใช้ปุ๋ยชีวภาพมีการดูดใช้ไนโตเจนอยู่ระหว่าง 22.00 – 27.00 มิลลิกรัมต่อต้น ฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 3.40 – 6.40 มิลลิกรัมต่อต้น และโพแทสเซียม 18.10 – 22.80 มิลลิกรัมต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว มีการดูดใช้ไนโตรเจน 18.90 มิลลิกรัมต่อต้น ฟอสฟอรัส 2.50 มิลลิกรัมต่อต้น และโพแทสเซียม 13.20 มิลลิกรัมต่อต้น จากการวิจัยของนวลจันทร์ และ ฎานุภา (2557) ได้ศึกษาอัตราและระยะเวลาการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตมันสำปะหลัง กลุ่มชุดดินที่ 35 ชุดดินปักธงชัย จากการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพตอนเตรียมดิน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับถั่วพร้า และน้ำหมักชีวภาพ มีผลผลิตสูงสุด 2,522 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 4,055 บาทต่อไร่ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นในช่วง 1–2 เดือน และลดลงใน 4 เดือน นำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตพืช สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งนอกจากจะเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (*Azotobacter tropicalis*) แบคทีเรียละลายฟอสเฟต (*Burkholderia unamae*) แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม *(Bacillus subtilis*) และแบคทีเรียผลิตฮอร์โมนพืช (*Azotobacter chroococcum*) ซึ่งนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืช (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551)

3.3 แนวทางการใช้น้ำหมักชีวภาพในการเพิ่มผลผลิตพืช

น้ำหมักชีวภาพเกิดจากการนำเอาพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ รวมทั้งพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ มาหมักกับสารให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำผึ้ง กากน้ำตาล ทำให้เกิดกระบวนการพลาสโมไลซิส (plasmolysis) คือการทำให้สารละลายภายในเซลล์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ ไหลออกจากเซลล์ กระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์จะใช้สารเหล่านี้เป็นอาหารเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และใช้ในกระบวนการทำน้ำหมักชีวภาพ เช่น แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus Bifidobactorium bifidum Enterococcus faecalis* และ *Streptococcus thermophilus* เป็นต้น (ไชยวัฒน์, 2553) เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger* ยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae Candida* sp. และ *Pichia* sp. เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้ช่วยย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆ ปลดปล่อยออกมา เช่น ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ต่างๆ เอนไซม์ สารควบคุมแมลง สารป้องกันโรคพืช

และวิตามินต่างๆ สามารถนำน้ำหมักไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยพืชนำธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ออกซิน จิบเบลอเรลลิน และไซโตไคนิน ซึ่งฮอร์โมนออกซินจะช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดราก ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ ควบคุมการเจริญของใบ ราก และลำต้น ส่งเสริมการออกดอก เปลี่ยนเพศดอก ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชในทางยาว เร่งการเกิดดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา ฮอร์โมนไซโตไคนิน ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ลำต้นของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้างทำให้ตาข้างเจริญเป็นกิ่งได้ ช่วยเคลื่อนย้ายสารอาหารจากรากไปสู่ยอด รักษาระดับโปรตีน ป้องกันคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย ทำให้ใบเขียวนานร่วงหล่นช้า (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558) และกรดอะมิโน 20 ชนิด ที่มีประโยชน์ในการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช จากรายงานของวีณารัตน์และคณะ (มปป.) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่หมักร่วมกับกากส่าเหล้าแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลามีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่อัตราความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพและน้ำ 1:1,000 ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 1:200 ทำให้พื้นที่ใบและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมีค่ามากที่สุด และที่ความเข้มข้น 1:200 ทำให้จำนวนใบมีค่ามากที่สุด และจากการศึกษาของเสริมสวัสดิ์ (2547) ทดสอบการใช้น้ำหมักชีวภาพจากพืชโดยการใช้จุลินทรีย์สารเร่ง พด.2 หัวเชื้อ *Bacillus* และหัวเชื้อ *Corynebacterium* ในกระบวนการหมักต่อการเจริญของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผลปรากฏว่าการใช้หัวเชื้อ *Bacillus* และจุลินทรีย์สารเร่ง พด. 2 ทำให้น้ำหนักสดของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีค่ามากที่สุด จากรายงานของ วุฒิชัยและคณะ (2559) ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพเพิ่มการเจริญเติบโตของรากมันสำปะหลัง โดยใช้วัตถุดิบ 6 ชนิด ได้แก่ ยอดผัก ผลไม้ นมสด ปลาสด ไข่ไก่สด และโครงไก่สด พบว่าการใช้ไข่ไก่สดเป็นวัสดุหมักมีปริมาณออกซินและจิบเบลอเรลลินในน้ำหมักมากที่สุดเท่ากับ 2.06 และ 92.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 29.07 เซนติเมตร มีน้ำหนักสดรากสูงสุดเท่ากับ 8.40 กรัมต่อต้น นอกจากนี้ จากข้อมูลงานวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543) ได้ทดสอบการใช้น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและกรดอะมิโนสังเคราะห์ในการปลูกผักกวางตุ้งและผักคะน้าโดยเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม และปุ๋ยเคมี โดยให้สารดังกล่าวทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 80 วัน ผลการทดลองปรากฏว่า ตำรับการทดลองที่ให้ปุ๋ยเคมี น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและกรดอะมิโนสังเคราะห์ ผักทั้งสองชนิดมีแนวโน้มการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นกว่าตำรับควบคุมหลังจาก 60 วัน การเจริญของทั้งผักกวางตุ้งและผักคะน้ากลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลามีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยเคมี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

4. มะละกอและการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิต

4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์มะละกอฮอลแลนด์

มะละกอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carica papaya* L. มีลำต้นใหญ่สีเขียว ใบมี 11 แฉกใหญ่ กลางใบมีกระโดงใบ 1 ใบ ก้านใบมีสีเขียวตั้งขึ้น ดอกออกเป็นช่อ ติดผลดก รูปทรงกระบอกคล้ายลูกฟักอ่อน เนื้อสีแดงอมส้ม ไม่เละ เนื้อหนา 2.5 - 3.0 เซนติเมตร ความหวานวัดได้ 11 - 13 องศาบริกซ์ ผลผลิตต่อต้น 60 - 80 กิโลกรัม น้ำหนักผลอยู่ที่ประมาณ 0.8 - 1.2 กิโลกรัมต่อผล จุดเด่นที่มองออกง่ายมากของผลมะละกอฮอลแลนด์เป็นลักษณะที่ปลายผลจะป้านคล้ายผลฟักอ่อน ไม่มีกลิ่นยาง เนื้อหนา รสหวาน เปลือกหนา ทนทานต่อโรค ทนทานต่อการขนส่งให้ผลดก เนื้อแน่นแข็ง น้ำหนักดี รสชาติหวาน ทนทานต่อโรค มะละกอพันธุ์นี้มีอายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์นี้สามารถปลูกได้เกือบทุกสภาพพื้นที่ ยกเว้นพื้นที่น้ำขัง ดินที่เหมาะสมมีความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0 - 5.5 ระยะปลูก 2.5 x 3 เมตร หากปลูกแล้วให้น้ำสม่ำเสมอ มะละกอจะให้ผลผลิตที่ดีมาก เริ่มต้นจากใส่ที่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกรองพื้น เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตโดยใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15 – 15 - 15 ระยะที่ติดผลอ่อน ก่อนการเก็บเกี่ยวใส่ สูตร 13 – 13 - 21 ใส่รอบๆ ต้น จำนวน 1 ช้อนโต๊ะต่อต้น เมื่อปลูกได้ 7 - 8 เดือน มะละกอฮอลแลนด์จะสุกแก่ เริ่มเก็บได้ ปริมาณผลผลิต หากดูแลปานกลางจะได้ผลผลิตราว 5 - 8 ตันต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) มะละกอเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย บริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก จึงจัดเป็นกลุ่มพืชผักและไม้ผลที่อุดมไปด้วยวิตามินโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินเอ ซี และอี นอกจากนี้ยังประกอบด้วยฟลาโวนอยด์ แร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นต้น และเส้นใย ผลที่ไม่สุกเต็มที่ คือ อุดมไปด้วยแหล่งของปาเปนซึ่งเป็นเอนไซม์โปรตีนเอสที่มีคุณค่าในการทำให้เนื้อนุ่มและยาแก้โรคระบบทางเดินอาหารบางชนิด ผลที่ยังไม่สุกใช้เป็นผัก ซึ่งหากต้องการผลผลิตที่ดีและคุณภาพของผลไม้จะมีผลต่อความสมดุลโภชนาการของมะละกอด้วย (Oliveira and Caldas, 2004)

4.2 การจัดการดินปลูกมะละกอ

สำหรับการจัดดินในการปลูกพืชเศรษฐกิจพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ส่วนใหญ่มีการจัดการดินในพื้นที่เกษตรกรรมจากการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเนื่องมาจากดินค่อนข้างเป็นทราย หรือดินทรายปนร่วน มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยการปรับปรุงดินจากการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2548) มะละกอเป็นไม้ผลที่มีความต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโตโดยเฉพาะไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่ค่อนข้างสูงจะให้ผลผลิตมะละกอที่มีคุณภาพหากได้รับปริมาณธาตุอาหารอย่างครบถ้วนทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมจะส่งเสริมการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผลได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของ Zang and Rong (2002) พบว่า ผลผลิตมะละกอ 15 ตันต่อไร่ ต้องการไนโตรเจน 38.46 กิโลกรัมต่อไร่

ฟอสฟอรัส 3.07 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 52.30 กิโลกรัมต่อไร่ และ Lavania and Jain (1995) ได้ศึกษาผลของปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อผลผลิต และคุณภาพผลมะละกอพันธุ์ Pant Papaya-1 พบว่า เมื่อต้นมะละกอได้รับปุ๋ยไนโตรเจน 200 กรัมต่อต้น ฟอสฟอรัส 50 กรัมต่อต้น และโพแทสเซียม 100 กรัมต่อต้น จะมีผลทำให้มะละกอเพิ่มผลผลิต มีวิตามินซีมากที่สุด และเมื่อต้นมะละกอได้รับไนโตรเจนจะเพิ่มผลผลิตมากที่สุด ลดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) และ Oliveira and Caldas (2004) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยปรับปรุงสมบัติของดินด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน โดยการให้ปุ๋ยหมัก 50 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลผลิตมะละกอดีที่สุด และการให้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์และประชากรจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมเพียงอย่างเดียว (Chundwat, 1979) และจากการทดลองของ Tandel *et al.* (2017) ได้ศึกษาปริมาณการให้ธาตุอาหารมะละกอพันธุ์ไต้หวัน เรด เลดี้ จากการใช้ปุ๋ยหมักชนิดต่างๆ อัตรา 10.00 กิโลกรัมต่อต้น ปุ๋ยชีวภาพชนิดต่างๆ อัตรา 1.60 กิโลกรัมต่อต้น ใส่ 2 ครั้ง ก่อนปลูก และอายุ 2 เดือน ร่วมกับใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อัตรา 200 200 และ 250 กรัมต่อต้น พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ 25 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินเท่ากับ 47.27 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 10.52 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 63.95 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มะละกอเจริญเติบโตมากที่สุด สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินเท่ากับ 38.44 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัสเท่ากับ 6.73 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียมเท่ากับ 54.59 กิโลกรัมต่อไร่ และจากการทดลองของ Bindu and Bindu (2017) ได้ทดสอบความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมจากการปลูกมะละกอพันธุ์ CO – 2 ในประเทศอินเดีย ใช้ปุ๋ยอัตรา 250 250 และ 500 กรัมต่อต้นจะให้ผลผลิตดีที่สุด 12.48 ตันต่อไร่ แต่เมื่อมีการลดปุ๋ยไนโตรเจนลงที่อัตรา 200 กรัมต่อต้น ผลผลิตจะลดลงเหลือ 5.87 ตันต่อปี หากลดโพแทสเซียมด้วยแล้วผลผลิตจะลดลงเหลือ 3.99 ตันต่อปี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2556
สิ้นสุดเดือน กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ โครงการจัดพัฒนาที่ดินฯ ตามพระราชประสงค์หนองพลับ – กลัดหลวง ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ต้นกล้ามะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์
2. ปุ๋ยหมัก
3. ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ขยายเชื้อในปุ๋ยหมัก
4. น้ำหมักชีวภาพผลิตจากปลานิล
5. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15 และปุ๋ยเคมีสูตร 13 – 13 – 21
6. สารเคมีป้องกันโรคไวรัสวงแหวน
7. อุปกรณ์ในการปลูก ได้แก่ ตลับเมตร จอบปลูก เชือกไนลอน
8. อุปกรณ์ในการให้น้ำ ได้แก่ ท่อน้ำ PE หัวส่งน้ำแบบน้ำหยด ท่อน้ำในการส่งจ่ายน้ำ
9. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาลใส่ตัวอย่างพืช ไม้วัดความสูง ตาชั่งกระสอบเก็บผลผลิต ตู้อบตัวอย่างพืช เพื่อใช้อบพืชในการหาน้ำหนักแห้ง
10. อุปกรณ์วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป
11. อุปกรณ์วิเคราะห์สมบัติทางเคมีในดินและพืชห้องปฏิบัติการ

วิธีการทดลอง

1. วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่

ตำรับที่ 1 แปลงควบคุม
ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 3 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น
ตำรับที่ 4 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 8 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ

หมายเหตุ 1. ฉีดน้ำหมักชีวภาพในตำรับที่ 3 ถึงตำรับที่ 8
2. ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ คือ ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 50 กรัมต่อต้น และสูตร 13 – 13 - 21 อัตรา 100 กรัมต่อต้นต่อครั้ง
3. ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ สูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 25 กรัมต่อต้น และสูตร 13 – 13 – 21 อัตรา 50 กรัมต่อต้นต่อครั้ง

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 สำรวจและคัดเลือกพื้นที่แปลงทดลองที่มีสภาพดินทราย ดำเนินการในพื้นที่โครงการจัดพัฒนาที่ดินฯ ตามพระราชประสงค์ (หนองพลับ – กลัดหลวง) ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พื้นที่เป็นกลุ่มชุดดินที่ 36 ชุดดินปราณบุรี

2.2 การเตรียมพื้นที่ ทำการไถดะ 1 ครั้ง ไถแปร 1 ครั้ง พื้นที่รวมมีขนาดแปลง 15 x 48 เมตร ขนาดแปลงย่อย 5 X 6 เมตร แต่ละแถวมี 8 แปลงย่อย มีจำนวนทั้งสิ้น 24 แปลงย่อย (ภาพที่ 1)

2.3 การเตรียมหลุมปลูก หลุมปลูกมีขนาด 30 x 30 x 30 เซนติเมตร ระยะการปลูก 2.5 x 3 เมตร มีมะละกอ 4 ต้นต่อแปลง จำนวน 208 ต้นต่อไร่

2.4 การเตรียมปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ดังนี้

2.4.1 วัสดุสำหรับขยายเชื้อปุ๋ยชีวภาพ พด.12

ปุ๋ยหมัก	300	กิโลกรัม
รำข้าว	3	กิโลกรัม
ปุ๋ยชีวภาพ พด.12	1	ซอง

2.4.2 วิธีการขยายเชื้อ

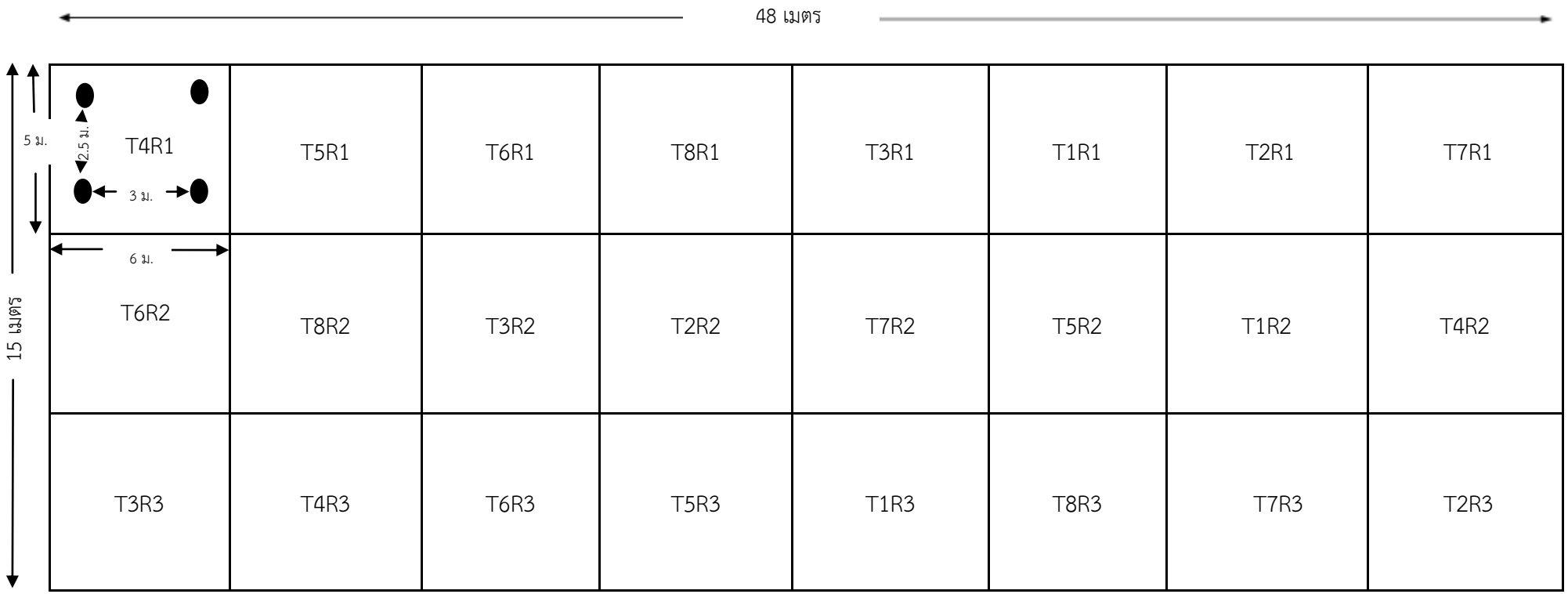
1) ผสมปุ๋ยชีวภาพ พด.12 และรำข้าวในน้ำ 1 ปี๊บ (20 ลิตร) คนให้เข้ากันนาน 5 นาที

2) รดด้วยสารละลายปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ลงบนกองปุ๋ยหมักและคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปรับความชื้นให้ได้ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยตรวจสอบความชื้นด้วยการกำกองปุ๋ยหมักเป็นก้อนและไม่มีน้ำให้ไหลออกมา เมื่อคลายมือออกปุ๋ยหมักยังคงสภาพเป็นก้อนอยู่ได้

3) ตั้งกองปุ๋ยหมักเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้มีความสูง 50 เซนติเมตร และใช้วัสดุคลุมกองปุ๋ยเพื่อรักษาความชื้น

4) กองปุ๋ยหมักไว้ในที่ร่มเป็นระยะเวลา 4 วัน แล้วจึงนำไปใช้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 1 แผนผังแปลงการทดลอง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.5 การเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากปลานิล ดังนี้

2.5.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

ปลา	30	กิโลกรัม
สับปะรด	10	กิโลกรัม
กากน้ำตาล	10	กิโลกรัม
น้ำ	10	ลิตร
สารเร่งซุปเปอร์ พด.2	1	ซอง

2.5.2 วิธีการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

1) หั่นหรือสับวัสดุพืชหรือสัตว์ให้เป็นชิ้นเล็กๆ

2) ผสมกากน้ำตาลกับน้ำในถังหมักคนให้ส่วนผสมเข้ากัน

3) ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 จำนวน 1 ซอง ในส่วนผสมของกากน้ำตาลกับน้ำ คนให้เข้ากันนาน 5 นาที

4) นำเศษพืชหรือสัตว์ใส่ลงในถังหมัก และคนส่วนผสมให้เข้ากัน

5) ปิดฝาไม่ต้องสนิทตั้งไว้ในที่ร่ม

6) ในระหว่างหมักคนหรือกวน 1-2 ครั้งต่อวัน เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนได - ออกไซด์และทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าได้ดียิ่งขึ้น

2.6 การใส่ปุ๋ย

2.6.1 การใช้ปุ๋ยหมักตามตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับที่ 4 6 และ 8 ใส่ในช่วงเตรียมดิน โดยผสมดินและรองก้นหลุมก่อนปลูกมะละกอ อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น

2.6.2 การใช้ปุ๋ยชีวภาพตามตำรับการทดลอง ได้แก่ ตำรับที่ 3 5 และ 7 โดยผสมดินและรองก้นหลุมก่อนปลูกมะละกอ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น

2.6.3 การใส่ปุ๋ยเคมี

1) วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 2 สูตร ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15 ใส่เมื่อมะละกออายุ 1 2 และ 3 เดือน และช่วงที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13 – 13 – 21 ที่อายุ 4 และ 5 เดือน

2) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำในตำรับที่ 2 5 และ 6 ใช้ปุ๋ยสูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 50 กรัมต่อต้นต่อครั้ง และช่วงที่ 2 สูตร 13 – 13 – 21 อัตรา 100 กรัมต่อต้นต่อครั้ง

3) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำในตำรับที่ 7 และ 8 ใช้ปุ๋ยสูตร 15 – 15 – 15 อัตรา 25 กรัมต่อต้นต่อครั้ง และช่วงที่ 2 สูตร 13 – 13 – 21 อัตรา 50 กรัมต่อต้นต่อครั้ง

2.7 การปลูกมะละกอ ทำการปลูกต้นกล้ามะละกอที่อายุ 1 เดือน โดยปลูก 2 ต้นต่อหลุม เมื่อมะละกอเจริญเติบโตได้ 1 เดือน จึงถอนแยกเหลือเพียง 1 ต้นต่อหลุม

2.8 การฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจากปลานิล ตำรับที่ 3 ถึงตำรับที่ 8 เจือจาง 1: 500 ฉีดน้ำหมักชีวภาพที่อัตรา 250 ลิตรต่อไร่ (ปริมาณน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ 0.5 ลิตร เจือจางน้ำ 250 ลิตร) เดือนที่ 1 ฉีดโคนต้น และที่ช่วงอายุ 2 3 4 และ 5 เดือน ฉีดที่ใบ

2.9 การป้องกันกำจัดศัตรูพืช

2.9.1 การป้องกันโรคพืช ฉีดสารเคมีป้องกันการระบาดของโรคไวรัสวงแหวนมะละกออายุ 3 เดือน และฉีดตามการระบาดของโรคจนถึงช่วงให้ผลผลิตหลัง 5 เดือน ไปแล้ว

2.9.2 การกำจัดวัชพืช ในช่วง 1 เดือนแรกหลังจากปลูกมะละกอ โดยใช้จอบถาก หลังจากนั้นเมื่อมะละกออายุ 2 เดือน ใช้จอบถากบริเวณโคนต้นมะละกอ พร้อมพูนโคนและใช้เครื่องตัดหญ้าร่วมด้วยในการกำจัดวัชพืช จนถึงระยะที่มะละกอให้ผลผลิตแล้วจึงใช้วิธีการตัดหญ้าเพียงอย่างเดียว

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

3.2 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปุ๋ยชีวภาพ พด.12 แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ แบคทีเรียละลายฟอสเฟต แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม และแบคทีเรียสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือฮอร์โมน

3.3 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีทางของน้ำหมักชีวภาพ

3.3.1 ธาตุอาหาร ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

3.3.2 ฮอร์โมน ได้แก่ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน

3.3.3 กรดอะมิโน ได้แก่ ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) โปรลีน (proline) ไทโรซีน (Tyrosine) วารีน (Valine) เมตไทโอนีน (Methyonine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ลูซีน (leucine) และไลซีน (lysine)

3.4 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง จำนวน 10 จุด กระจายทั่วแปลงทดลอง โดยเก็บที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร และหลังการทดลองที่ 12 เดือน โดยเก็บตัวอย่างบริเวณโคนต้น เก็บ 2 จุดต่อต้นทั้งหมด 4 ต้น ห่างจากต้น 30 เซนติเมตร ในแต่ละตำรับการทดลองที่ระยะ 0 – 15 เซนติเมตร โดยนำมาวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ฟอสฟอรัสที่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca) และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg)

3.5 การเก็บข้อมูลพืช

3.5.1 การเจริญของมะละกอ ได้แก่ ความสูง (โดยวัดตั้งแต่ระดับพื้นดินถึงระดับสูงสุด) รัศมีทรงพุ่ม เส้นรอบวงลำต้น (บริเวณกลางลำต้น) เมื่อมะละกออายุ 1 2 3 4 และ 5 เดือน โดยวัดทั้งหมด 4 ต้นต่อแปลงย่อย

3.5.2 ผลผลิตมะละกอ เก็บผลผลิตในลักษณะทยอยเก็บผลที่มีความสุกแก่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ถึงสุกแก่ทั้งผล โดยเริ่มเก็บตั้งแต่อายุ 8 เดือน จนถึง 12 เดือน รวมระยะเวลาเก็บทั้งสิ้น 5 เดือน

3.5.3 ปริมาณธาตุอาหารในใบและลำต้นมะละกอ โดยเก็บตัวอย่างใบและลำต้นหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 นำข้อมูลดินหลังการทดลองและพืชมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละตำรับการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)

4.2 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของแต่ละตำรับการทดลอง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย ผลปรากฏดังนี้

1. สมบัติของปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก มีความเป็นกรดเป็นด่าง 7.30 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 15 ปริมาณอินทรียวัตถุ 31.60 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 1.20 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 3.00 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งปุ๋ยหมักที่นำมาวิจัยดังกล่าวผ่านมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2556 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

1.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากการขยายเชื้อปุ๋ยชีวภาพ พด.12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ 4 กลุ่มในปุ๋ยชีวภาพ พด.12 พบว่า แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ มีปริมาณเชื้อ 1.5×10^5 เซลล์ต่อกรัม แบคทีเรียละลายฟอสเฟต 2.0×10^5 เซลล์ต่อกรัม แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม 2.3×10^8 เซลล์ต่อกรัม และแบคทีเรียสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือฮอร์โมน 1.5×10^4 เซลล์ต่อกรัม (ตารางภาคผนวกที่ 2)

1.3 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร ฮอร์โมน และกรดอะมิโนจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่า มีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.49 มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเท่ากับ 0.50 0.22 0.27 0.42 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ดังตารางภาคผนวกที่ 3) จากการวิเคราะห์ฮอร์โมนออกซินมีปริมาณเท่ากับ 1.68 มิลลิกรัมต่อลิตร จะช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดราก ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ ควบคุมการเจริญของใบ ราก และลำต้น ส่งเสริมการออกดอก เปลี่ยนเพศดอก ปริมาณจิบเบอเรลลินเท่ากับ 1.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชในทางยาว เร่งการเกิดดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตาช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชในทางยาว เร่งการเกิดดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา และไซโตไคนินมีปริมาณเท่ากับ 1.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ลำต้นของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้างทำให้ตาข้างเจริญเป็นกิ่งได้ ช่วยเคลื่อนย้ายสารอาหารจากรากไปสู่ยอด รักษาระดับโปรตีน ป้องกันคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย ทำให้ใบเขียวนานร่วงหล่นช้า (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558) (ดังตารางภาคผนวกที่ 4) นอกจากนี้ได้วัดปริมาณชนิดของกรดอะมิโนจากน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า มีไทโรซีนปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 2.34 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประโยชน์ของกรดอะมิโนชนิดนี้จะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก และทองแดง การเจริญเติบโตและการปิด – เปิดปากใบ (Garcia *et al*., 2011) รองลงมาเป็นวาลีน ไอโซลิวซีน เมตไทโอนีน ลูซีน โปรลีน อะลานีน ไกลซีน และไลซีน มีปริมาณเท่ากับ 0.63 0.61 0.42 0.40 0.37 0.27 0.18 และ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยกรดอะมิโนมีบทบาทสำคัญต่อพืช เช่น ไกลซีนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างเนื้อเยื่อพืช และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น เมตไทโอนีนเป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมน และโปรลีนลดสภาวะความเครียดในต้นพืช (Garcia *et al*., 2011) (ดังตารางภาคผนวกที่ 5)

2. สมบัติทางเคมีดินก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0 -15 เซนติเมตร พบว่า ดินมีอินทรียวัตถุต่ำเท่ากับ 0.64 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำเท่ากับ 9.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงเท่ากับ 74.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินต่ำเท่ากับ 816.00 และ 131.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตาราง ที่ 1

หลังการทดลองได้มีการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมะละกอ ที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บบริเวณโคนต้น 2 จุด ห่างจากต้น 30 เซนติเมตร แล้วนำมารวมกันวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า

2.1 อินทรียวัตถุในดิน จากการทดลองพบว่า อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวในตำรับที่ 4 หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8 และ 6) มีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น 2.70 2.49 และ 2.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ทั้งที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพเดี่ยว ๆ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) ทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีอินทรียวัตถุในดิน หลังสิ้นการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 0.93 – 1.23 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 0.66 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

จากการทดลองพบว่า ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีอินทรียวัตถุหลังสิ้นสุดการทดลองสูงกว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เนื่องมาจากการทดลองมีปริมาณการใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น มากกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 กิโลกรัมต่อต้น ส่งผลให้ดินหลังการทดลองตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักมีอินทรียวัตถุสะสมในดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ สอดคล้องกับการทดลองของ Dinesh *et al*. (2010) ทดสอบการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อการปลูกขมิ้นชัน โดยกำหนดให้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 9.60 8.00 และ 19.20 กิโลกรัมต่อไร่ ในทุกตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมการใส่ปุ๋ยเคมีมีอินทรียวัตถุเพิ่มมากที่สุด 2.17 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีอินทรียวัตถุ 1.94 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวมีอินทรียวัตถุ 1.69 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการปลดปล่อยไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปุ๋ยเคมีมีปริมาณไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพเท่ากับ 138.00 และ135.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวปลดปล่อยไนโตรเจนต่ำที่สุด 121.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ จากการเปรียบเทียบกิจกรรมจุลินทรีย์ดินที่ผลิตเอนไซม์ปลดปล่อยธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพจะมีประสิทธิภาพการผลิตเอนไซม์ 29.00 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีผลิตเอนไซม์ 27.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลองนี้ หากปรับปรุงบำรุงดินจากการใช้ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยชีวภาพจะมีความเหมาะสมในการปลูกมะละกอในดินทราย ซึ่งจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารปรับปรุงบำรุงดินได้ สอดคล้องกับการศึกษา Chang *et al.* (2007) ทดสอบการใช้ปุ๋ยหมักชนิดต่างๆ ที่มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 43.20 กิโลกรัมต่อไร่ และเพิ่มปริมาณเป็น 2 3 และ 4 เท่า โดยใส่ทุกๆ ปี ระยะเวลา 3 ปี พร้อมกับการปลูกผักชนิดต่างๆ 24 ฤดูปลูก ภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด อยู่ระหว่าง 3.14 – 5.30 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีอินทรียวัตถุในดิน 2.66 และ 2.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 168 – 294 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 141 – 613 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเท่ากับ 167 และ 114 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำที่สุด เท่ากับ 135 และ 74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) มีปริมาณมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) และตำรับการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2,001 1,996 และ 1,943 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 322 – 659 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) ส่วนการไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเท่ากับ 140 และ 24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2.3 ปริมาณโพแทสเซียมในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงสุด 296 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) มีปริมาณ 251 และ 235 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณไม่แตกต่างจากตำรับที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) มีปริมาณโพแทสเซียมในดินอยู่ระหว่าง 132 – 189 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 126 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีปริมาณโพแทสเซียมในดินต่ำที่สุด 104 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 1

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ธาตุอาหารหลักจากการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น (ตำรับที่ 4 6 และ 8) ในดินทรายช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในดินทรายได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Weber *et al.* (2007) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักที่อัตรา 11.00 ตันต่อไร่ อินทรียวัตถุสามารถปรับปรุงดินทรายให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงที่สุดมากกว่าตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 5.54 และ 2.77 ตันต่อไร่ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความพรุน การอุ้มน้ำ การดูดยึดน้ำ และการซาบซึมน้ำในดินดีขึ้น พืชสามารถนำน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้หากเกิดสภาวะแห้งแล้ง ฝนทิ้งช่วงได้ และจากรายงานของ Hojati and Nourbakhsh (2006) ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักจากกากตะกอน และมูลโค เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในดินร่วนปนเหนียวพื้นที่แห้งแล้ง - กึ่งแห้งแล้งในการปลูกข้าวโพด ระยะเวลา 4 ปี จากการทดลองการใช้ปุ๋ยหมักทั้ง 2 ชนิด ปุ๋ยหมักเพิ่มอินทรียวัตถุในดินเฉลี่ยเท่ากับ 2.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี มีอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น (ตำรับที่ 3 5 และ 7) พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีปริมาณต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพมีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยธาตุอาหาร ได้แก่ จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ละลายฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ จุลินทรีย์ละลายธาตุโพแทสเซียมให้อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และจุลินทรีย์ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะละกอได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Khan and Khan (1995) พบว่า หากมีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ *Meloidogyne incognita* และ *Fusarium solani* มีผลทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้เป็นสองเท่าเพิ่มการเจริญเติบโตของมะละกอ

2.4 ปริมาณแคลเซียมในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณแคลเซียมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยหลังสิ้นสุดการทดลองตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) มีปริมาณแคลเซียมในดินสูงที่สุด 3,488 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากกว่าตำรับการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีปริมาณแคลเซียมในดิน 3,222 และ 3,131 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) มีค่าอยู่ระหว่าง 1,141 – 1,675 มิลลิกรัม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 858 และ 1,049 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2.5 ปริมาณแมกนีเซียมในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) มีปริมาณแมกนีเซียมในดิน 690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มากกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) และใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) มีปริมาณแมกนีเซียมในดิน 574 และ 656 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สูงกว่าตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) มีปริมาณแมกนีเซียมในดินอยู่ระหว่าง 276 – 432 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับ 1) มีปริมาณแมกนีเซียมในดินเท่ากับ 273 และ 344 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 1

สำหรับปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินหลังการทดลอง จากการทดลองเนื่องมาจากปุ๋ยหมักมาจากวัสดุอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบเป็นธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยมีอัตราการใช้ปุ๋ยหมักเท่ากับ 20 กิโลกรัมต่อต้น และตำรับที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพจะมีอัตราการใช้ 5 กิโลกรัมต่อต้น ดังนั้น หลังการทดลองจึงมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มาจากปุ๋ยหมักเป็นส่วนใหญ่ โดยสมบัติของวัสดุทำปุ๋ยหมักจะมีธาตุอาหารรองปลดปล่อยออกมาใช้ในการเจริญเติบโตและผลิตมะละกอได้ อีกทั้ง ดินในพื้นที่ทดลองทั่วไปนั้นมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมสะสมในดินในปริมาณที่แตกต่างกัน สามารถแลกเปลี่ยนกลับไปกลับมาในดินได้ โดยที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืชได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งความสมดุลของแมกนีเซียมและแคลเซียม จะกำหนดเป็นสัดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต หรืออัตราส่วนระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมมีอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 2 : 7 (Simson *et al.*, 1979) แต่จากการศึกษาของ Hailes *et al.* (1997) ภายใต้สภาพดินทราย พบว่า อัตราส่วนที่กว้างของแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่มีผลต่อผลผลิตพืช

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนและหลังการทดลอง

ตำรับทดลอง	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Avail. K (mg/kg)	Avail. Ca (mg/kg)	Avail. Mg (mg/kg)
ดินก่อนทดลอง	0.64	9	74	816	131
T1	0.63 b	24 b	104 d	1,049 b	344 cd
T2	0.66 b	140 b	126 d	858 b	273 d
T3	1.17 b	550 b	132 cd	1,609 b	397 cd
T4	2.70 a	1,996 a	235 abc	3,488 a	690 a
T5	1.23 b	659 b	189 bcd	1,675 b	432 bcd
T6	2.32 a	1,943 a	296 a	3,131 a	574 abc
T7	0.93 b	322 b	178 bcd	1,141 b	276 d
T8	2.49 a	2,001 a	251 ab	3,222 a	656 ab
F-test	**	**	*	**	**
CV. %	49.87	50.62	31.09	33.27	27.73

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
* และ ** หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 %

ตำรับที่ 1 แปลงควบคุม
ตำรับที่ 2 ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 3 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น
ตำรับที่ 4 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น
ตำรับที่ 5 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 6 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 7 ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ
ตำรับที่ 8 ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น + ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ

3. การเจริญเติบโตของมะละกอฮอลแลนด์

3.1 ความสูงต้นมะละกอ

ตลอดช่วงระยะเวลา 5 เดือน ซึ่งเป็นช่วงของการเจริญเติบโตของมะละกอก่อนเข้าสู่ระยะให้ผลผลิต จากการทดลองพบว่า

มะละกออายุ 1 เดือนความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 48.57 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ มีความสูงอยู่ระหว่าง 33.23 – 46.67 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตของความสูงจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) การใช้ปุ๋ยหมัก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับ 8) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับ 6) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) มีความสูงเท่ากับ 46.67 44.17 39.50 38.33 37.89 33.75 และ 33.23 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 2 เดือน ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 59.36 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ มีความสูงอยู่ระหว่าง 44.00 – 57.08 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตของความสูงจากมากไปน้อย ได้แก่ การไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) มีความสูงเท่ากับ 57.08 56.50 50.39 51.80 51.44 48.44 และ 44.00 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 3 เดือน ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีความสูงเท่ากับ 94.75 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ มีความสูงอยู่ระหว่าง 66.50 – 91.44 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตของความสูงจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 91.44 90.54 87.67 80.58 75.97 67.50 และ 66.50 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 4 เดือน ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่าการใช้หมักปุ๋ย ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 138.00 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ การเจริญเติบโตของความสูงอยู่ระหว่าง 110 – 137.50 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตของความสูงจากมากไปน้อย ได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การเจริญเติบโตของ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ความสูงเท่ากับ 137.50 136.67 133.33 127.50 125.00 120.00 และ 110.00 เซนติเมตร ตามลำดับ

และมะละกออายุ 5 เดือน ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก (ตำรับที่ 6) ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 162.08 เซนติเมตร การเจริญเติบโตของความสูงมากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ มีความสูงอยู่ระหว่าง 133.67 – 156.83 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 156.83 153.58 153.33 150.75 145.33 144.00 และ 133.67 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดการดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ (เซนติเมตร)

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)				
	1	2	3	4	5
T1	33.75	57.08	80.58	110.00	133.67
T2	48.57	59.36	91.44	137.50	153.58
T3	44.17	56.50	87.67	125.00	144.00
T4	33.23	44.00	66.50	120.00	145.33
T5	37.89	51.44	90.54	133.33	156.83
T6	38.33	50.39	94.75	138.00	162.08
T7	46.67	48.44	75.97	136.67	153.33
T8	39.50	51.80	67.50	127.50	150.75
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %	17.74	22.30	16.02	9.24	7.07

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2 รัศมีทรงพุ่มมะละกอ

สำหรับการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่ม ตลอดระยะเวลา 5 เดือน จากการทดลองพบว่ามะละกอที่อายุ 1 เดือน การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า เจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มอยู่ระหว่าง 31.00 - 46.42 เซนติเมตร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

มะละกออายุ 2 เดือน การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) รัศมีทรงพุ่มเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 67.09 เซนติเมตร การเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 58.75 เซนติเมตร การเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 52.33 51.92 51.44 และ 51.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มต่ำที่สุดเท่ากับ 46.67 และ 45.33 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 3 เดือน การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 90.64 เซนติเมตร มากกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มอยู่ระหว่าง 67.33 – 81.17 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 6) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 81.17 80.58 80.50 77.50 74.28 69.41 และ 67.33 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 4 เดือน การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 114.92 เซนติเมตร การเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 110.25 เซนติเมตร การเจริญไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) ร่วมการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มอยู่ระหว่าง 90.17 - 104.33 เซนติเมตร ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การเจริญรัศมีทรงพุ่มต่ำที่สุดเท่ากับ 78.23 และ 76.67 เซนติเมตร ตามลำดับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

และมะละกออายุ 5 เดือน การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 137.94 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 5) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 129.11 เซนติเมตร การเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) และปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มการเจริญเท่ากับ 120.67 110.69 และ 110.00 เซนติเมตร ตามลำดับ การเจริญสูงกว่าตำรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) รัศมีทรงพุ่มเท่ากับ 94.67 และ 92.60 เซนติเมตร การเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมากกว่าไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีรัศมีทรงพุ่มที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 84.97 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจัดการดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ (เซนติเมตร)

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)				
	1	2	3	4	**5**
T1	34.67	51.92 bc	69.41	76.67 c	84.97 c
T2	46.42	58.75 ab	90.64	97.31 abc	110.69 abc
T3	41.33	67.09 a	80.50	92.83 abc	94.67 bc
T4	31.00	45.33 c	67.33	78.23 c	92.60 bc
T5	37.92	51.33 bc	80.58	110.25 ab	129.11 a
T6	40.89	52.53 bc	81.17	114.92 a	137.94 a
T7	45.08	46.67 c	77.50	90.17 bc	110.00 abc
T8	41.67	51.44 bc	74.28	104.33 ab	120.67 ab
F-test	ns	**	ns	*	**
CV. %	17.83	10.21	11.93	12.31	13.56

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ * และ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 %

3.3 เส้นรอบวงลำต้นมะละกอ

การเจริญของเส้นรอบวงมะละกอที่อายุ 1 เดือน จนถึงอายุ 5 เดือน การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ จากการทดลองพบว่า ในช่วง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1 เดือนแรกการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นใกล้เคียงกันทุกตำรับการทดลอง การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นอยู่ระหว่าง 1.09 - 1.63 เซนติเมตร

มะละกออายุ 2 เดือน การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับจากการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ โดยทุกตำรับมีการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 2.79 - 3.85 เซนติเมตร

มะละกออายุ 3 เดือน การเจริญไม่มีความแตกต่างทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 10.16 เซนติเมตร การเจริญเติบโตมากว่าตำรับการทดลองอื่นๆ ซึ่งมีการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 8.18 – 9.70 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตจากมากไปหาน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 9.70 9.37 9.27 9.23 9.17 8.93 และ 8.18 เซนติเมตร ตามลำดับ

มะละกออายุ 4 เดือน การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 6) การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 15.13 เซนติเมตร มากกว่าตำรับอื่นๆ การเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 9.43 – 14.08 เซนติเมตร โดยเรียงลำดับการเจริญเติบโตจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 5) ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใส่ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับ 1) การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 14.08 13.45 12.98 11.83 11.03 10.38 และ 9.43 เซนติเมตร ตามลำดับ

และมะละกออายุ 5 เดือน การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 20.12 เซนติเมตร มากกว่าตำรับอื่นๆ การเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 11.42 – 18.05 เซนติเมตร เรียงลำดับการเจริญเติบโตจากมากไปน้อยได้แก่ จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

อัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 18.05 15.60 15.00 14.24 13.77 12.74 และ 11.42 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจัดการดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงลำต้นมะละกอ (เซนติเมตร)

ตำรับทดลอง	ระยะเวลา (เดือน)				
	1	2	3	4	5
T1	1.35	3.59	8.18	9.43	11.42
T2	1.62	3.84	9.23	13.45	15.00
T3	1.63	3.85	9.37	10.38	12.74
T4	1.09	2.79	9.27	12.98	13.77
T5	1.32	3.42	9.70	14.08	18.05
T6	1.36	3.23	10.16	15.13	20.12
T7	1.47	3.13	9.17	11.03	14.24
T8	1.50	2.87	8.93	11.83	15.60
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %	25.79	13.43	17.52	22.18	22.68

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูง และเส้นรอบวงลำต้นของมะละกอตลอดระยะเวลา 5 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใส่ปัจจัยต่างๆ ยกเว้นการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจะเห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ช่วงมะละกออายุ 5 เดือน จากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมัก หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ การเจริญของรัศมีทรงพุ่มจะมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมัก หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ สอดคล้องกับการทดลองของ Shah *et al*. (2006) ทดสอบการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักชนิดต่างๆ ในสวนแอปริคอท จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมัก 50 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมัก 75 เปอร์เซ็นต์ และ Oliveira and Caldas (2004) ระบุว่าการให้ธาตุอาหารในมะละกอควรเป็นปุ๋ยอินทรีย์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์เป็นปุ๋ยเคมี ซึ่งมะละกอจะได้รับธาตุอาหารที่ครบถ้วนและสมดุลในช่วงที่มีการเจริญเติบโตสามารถคงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับดีเอาไว้ระยะยาว (Brady and weil, 2004) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) การเจริญเติบโตด้านความสูง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รัศมีทรงพุ่ม และเส้นรอบวงลำต้นจะมีการเจริญเติบโตจะไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) และการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) สอดคล้องกับการทดลองของ Dutta *et al.* (2016) ทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีในแปลงมะม่วง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (NPK – 1000 : 500 : 1000 กรัมต่อต้นต่อปี) ส่งผลให้มะม่วงเจริญเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 6.00 เมตร และทรงพุ่ม 5.97 x 8.11 เมตร การเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (*Azotobactor* 150 กรัมต่อต้น ร่วมกับ phosphate-solubilizing microorganisms 100 กรัมต่อต้น) มะม่วงเจริญเติบโตของความสูงเท่ากับ 5.99 เมตร มีทรงพุ่ม 5.84 x 5.91 เมตร และการใช้ปุ๋ยหมัก 10 กิโลกรัมต่อต้น สูง 6.10 เมตร มีทรงพุ่ม 5.97 x 6.14 เมตร แต่เมื่อมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงและทรงพุ่มมากที่สุดเท่ากับ 6.72 และ 6.37 x 6.92 เมตร ตามลำดับ จากการทดลองหากมีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีมีความเหมาะสมในการจัดการดินปลูกมะละกอได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น ส่งผลให้มีลดการใช้ปุ๋ยหมักได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการทดลองในตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ พบว่า มีการเจริญเติบโตด้านความสูง รัศมีทรงพุ่ม และเส้นรอบวงต่ำที่สุด เนื่องจากดินค่อนข้างเป็นดินทราย มีอินทรียวัตถุต่ำ ปริมาณธาตุอาหารต่ำจึงไม่เพียงพอสำหรับต้นมะละกอ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมหากมะละกอขาด การเจริญเติบโตของมะละกอจะลดลงทันที (Thomas *et al*., 1995) สอดคล้องกับการทดลองของ Bindu and Bindu (2017) พบว่า มะละกอได้รับธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมจะอยู่ที่อัตรา 250 250 และ 500 กรัมต่อต้น ในช่วงอายุ 6 เดือนแรก เป็นช่วงระยะการเจริญเติบโตของมะละกอจะมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากที่สุด แต่หากไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ ความสูงมะละกอต่ำสุด โดยปกติมะละกอต้องการธาตุไนโตรเจนมากที่สุดในช่วงแรกของการเจริญเติบโต รองลงมาได้แก่ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส (Viegas *et al.*, 1999)

4. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารของใบและลำต้นมะละกอ

หลังการเก็บเกี่ยวมะละกอนำส่วนของใบและลำต้นมาวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทุกตำรับการทดลอง มีผลการทดลองดังนี้

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนของใบและลำต้นมะละกอ

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมะละกอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) มีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 5.41 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนเท่ากับ 5.39 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตาม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

คำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 4.80 – 5.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 4.62 เปอร์เซ็นต์

และปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนลำต้นมะละกอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทุกตำรับการทดลองจากการไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนมากที่สุดเท่ากับ 2.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) และการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 1.78 – 2.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 1.66 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) และการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) มีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 1.33 และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสของใบและลำต้นมะละกอ

ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบและลำต้นมะละกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6 และ 8) มีปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสของใบเท่ากับ 1.60 1.41 และ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลำต้นมีปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.81 0.93 และ 0.96 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณไม่แตกต่างกันกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5 และ 7) มีปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบเท่ากับ 1.03 1.47 และ 1.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลำต้นมีปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.59 0.76 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสของใบและลำต้น 1.21 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสใบและลำต้นเท่ากับ 1.12 และ 0.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบและลำต้นมะละกอ

ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสของใบมะละกอไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับการทดลอง จากการทดลองใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 4) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6 และ 8) มีปริมาณความเข้มข้น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

โพแทสเซียมของใบเท่ากับ 4.75 4.40 และ 4.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลำต้นเท่ากับ 4.22 4.46 และ 4.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 3) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5 และ 7) มีความเข้มข้น 3.82 4.87 และ 3.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในลำต้นมีปริมาณเท่ากับ 3.25 3.15 และ 3.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีความเข้มข้นในใบและลำต้นเท่ากับ 4.23 และ 3.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีความเข้มข้นในใบและลำต้นเท่ากับ 4.48 และ 4.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในใบและลำต้นของมะละกอ

ตำรับ	ใบ			ลำต้น		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
T1	4.90 bc	1.12	4.48	2.05 a	0.87	4.59
T2	4.80 bc	1.21	4.23	1.52 bc	0.69	3.08
T3	5.41 a	1.03	3.82	1.18 d	0.59	3.25
T4	5.08 ab	1.60	4.75	1.33 cd	0.81	4.22
T5	4.93 bc	1.47	4.87	2.00 a	0.76	3.15
T6	5.39 a	1.41	4.40	1.78 ab	0.93	4.46
T7	4.62 c	1.03	3.97	1.89 a	0.83	3.99
T8	4.83 bc	1.48	4.97	1.66 bc	0.96	4.21
F-test	**	ns	ns	**	ns	ns
CV. %	6.55	21.42	17.20	20.53	25.02	25.93

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ , ** หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5 และ 6) มีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนทั้งใบและลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 6.93 และ 7.17 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าตำรับอื่นๆ ที่มีการจัดการดินมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในใบและลำต้นอยู่ระหว่าง 6.41 – 6.59 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบและลำต้น 6.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบและลำต้นที่มีการจัดการดินมีปริมาณอยู่ระหว่าง 7.07 – 9.18 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว 7.31 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสในใบและลำต้นมีปริมาณ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ความเข้มข้นต่ำที่สุด (ตารางภาคผนวกที่ 7) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าในใบมะละกอจะมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน และโพแทสเซียมมากที่สุด และฟอสฟอรัสต่ำที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Oliveira *et al.* (2018) พบว่า มะละกอมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบมากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัสมีปริมาณความเข้มข้นต่ำที่สุด (ตารางภาคผนวกที่ 8) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในลำต้นทุกตำรับการทดลองมีปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมาเป็นไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่ำที่สุดจากการทดลองจะเห็นได้ว่า การดูดใช้ธาตุอาหารของมะละกอนี้จะกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรมของมะละกอในการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเป็นสำคัญ นอกจากนี้ สิ่งแวดล้อมยังเป็นปัจจัยในการควบคุมความสมดุลของการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชในการเพิ่มผลผลิตมะละกอในพื้นปลูกเช่นกัน (เฉลิมพล, 2535) สอดคล้องกับการทดลองของ Bindu and Bindu (2017) ได้ทดสอบความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของมะละกอพันธุ์ CO – 2 ประเทศอินเดียที่เหมาะสมจะอยู่ที่อัตรา 250 250 และ 500 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ให้ผลผลิตดีที่สุด 12.48 ตันต่อไร่ แต่เมื่อมีการลดปุ๋ยไนโตรเจนลงที่อัตรา 200 กรัมต่อต้น ผลผลิตจะลดลง 5.87 ตันต่อไร่ หากไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ ผลผลิตจะเท่ากับ 1.23 ตันต่อไร่ โดยที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะเป็นการเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นมะละกอในช่วงที่มะละกอมีการเจริญเติบโต ส่วนหนึ่งมะละกอจะนำไนโตรเจนไปใช้ในการสังเคราะห์แสงและกรดอะมิโน (Awada ,1977) ส่วนโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของลำต้นในช่วงของการเจริญเติบโต และยังเป็นตัวกำหนดความเต่งของเซลล์พืช ถ้าขาดโพแทสเซียมจะทำให้ความเต่งเซลล์ลดลง ปากใบปิด เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลง (Graham and Ulrich, 1972) และฟอสฟอรัสซึ่งมะละกอมีความต้องการน้อยที่สุดของธาตุอาหารหลักมีความสำคัญในการพัฒนารากในระยะการเจริญเติบโต (Oliveira and Caldas, 2004) ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นมะละกอ หากธาตุอาหารของมะละกอไม่เพียงพอพืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเท่านั้น โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนหากได้รับในปริมาณต่ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะส่งผลให้ผลผลิตต่ำในที่สุด นอกจากนี้ การไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มะละกอสะสมธาตุไนโตรเจนในช่วงการเจริญเติบโตมีปริมาณสูง 6.95 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังสิ้นสุดการทดลองให้ผลผลิตต่ำที่สุดในทุกตำรับการทดลอง สอดคล้องกับรายงานของ Reddy and Kohli (1989) พบว่าไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมะละกอ ซึ่งหากมะละกอขาดไนโตรเจนจะส่งผลให้มะละกอจะมีการสะสมไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโตเป็นส่วนใหญ่มีผลทำให้ผลผลิตต่ำ

5. การจัดการดินที่มีต่อผลผลิตของมะละกอ

สำหรับผลผลิตมะละกอ จากการทดลองพบว่า ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 5,079 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ที่ 6) ผลผลิตเท่ากับ 4,541 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตสูงการใช้ปุ๋ยชีวภาพ หรือปุ๋ยหมัก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7 และ 8) ให้ผลผลิต 3,727 และ 3,432 กิโลกรัมต่อไร่ หากมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยมะละกอจะให้ผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในตำรับที่ 2 ซึ่งให้ผลผลิต 3,276 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ หากไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในตำรับที่ 3 การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว หรือตำรับที่ 4 การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ผลผลิตที่ได้เท่ากับ 3,016 และ 3,198 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่ปัจจัยใด ๆ (ตำรับที่ 1) จะให้ผลผลิตต่ำที่สุดในทุกตำรับการทดลอง ซึ่งจะให้ผลผลิต 1,560 กิโลกรัมต่อไร่ ดังตารางที่ 6

จากการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพอัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น เท่ากับ 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 31.20 กิโลกรัมต่อไร่ และ 13 - 13 - 21 อัตรา 41.60 กิโลกรัมต่อไร่ (ตำรับที่ 5) โดยคิดเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 22.57 41.29 และ 19.66 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ให้ผลผลิตมากที่สุด 5,079 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ เนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีจุลินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหาร ลดการสูญเสียปุ๋ยเคมีที่มีสมบัติในการละลายได้รวดเร็ว ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น เท่ากับ 4,160 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 31.20 กิโลกรัมต่อไร่ และ 13 – 13 - 21 อัตรา 41.60 กิโลกรัมต่อไร่ (ตำรับที่ 6) โดยคิดเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 60.01 134.89 และ 38.38 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ให้ผลผลิตมะละกอเท่ากับ 4,541 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับการทดลองของ Sau *et al.* (2017) พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพที่มาจากจุลินทรีย์ *Azotobactor* sp. *Azospirillum* sp. และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร์ แต่ละอัตรา 250 กรัมต่อต้น ร่วมกับการใช้น้ำหมักชีวภาพมูลวัว เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (1000: 500: 1000 กรัมต่อต้นต่อปี) ในสวนมะม่วง 12 ปี ส่งผลให้มะม่วงมีน้ำหนักผล 237.12 กรัม และผลผลิต 42.14 กิโลกรัมต่อต้น มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีน้ำหนักผล 219.12 กรัม และผลผลิต 38.11 กิโลกรัมต่อต้น และจากการทดลองการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำจะให้ผลผลิตมะละกอต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปุ๋ยหมักจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้าๆ ขณะที่การใช้ปุ๋ยชีวภาพที่ขยายเชื้อในปุ๋ยหมัก นอกจากธาตุอาหารที่ได้รับแล้วยังเกิดกิจกรรมจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตหรือฮอร์โมนที่เป็นองค์ประกอบจากการใช้ปุ๋ยหมักที่ขยายเชื้อ สอดคล้องกับการทดลองของ ศุภกาญจน์และคณะ (2553) ได้ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกชนิดต่างๆ ได้แก่ มูลสุกร มูลโค ปุ๋ยคอกมูลสุกร ปุ๋ยคอกมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน บ่มในชุดดินยโสธร ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะปลดปล่อย อนินทรีย์ไนโตรเจน 15 – 20 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 100 กรัมของปริมาณไนโตรเจน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ โดยอัตราการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นสูงใน 2 สัปดาห์แรก ประมาณ 3 – 12 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด และหลังจากสัปดาห์ที่ 2 อัตราการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย จากรายงานของสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) พบว่าการปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยหมักฤดูแรกของการเพาะปลูก มีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในช่วง 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียม 75 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตสำหรับส่วนที่เหลือจะถูกปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูต่อไป

เมื่อลดการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 15.60 กิโลกรัมต่อไร่ และ 13 – 13 - 21 อัตรา 20.80 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 กิโลกรัมต่อต้น (ตำรับที่ 7) เท่ากับ 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 17.52 36.24 และ 12.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ให้ผลผลิตเท่ากับ 3,727 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น เท่ากับ 4,160 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 8) คิดเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 54.96 129.84 และ 31.67 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเท่ากับ 3,432 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตสูงกว่าจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 31.20 กิโลกรัมต่อไร่ และ 13 – 13 - 21 อัตรา 41.60 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 10.09 10.09 และ 13.42 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเท่ากับ 3,276 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับการทดลองของ Singh and Varu (2013) ศึกษาผลของการจัดการธาตุอาหารในการปลูกมะละกอพันธุ์ Madhunindu จากการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ *Azotobactor* 50 กรัมต่อต้น และ Phosphate-solubilizing microorganisms 2.50 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (NPK – 100 : 100 : 125) ให้ผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 16.00 ตันต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน 10 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (NPK – 100 : 100 : 125) ผลผลิต 14.26 ตันต่อไร่ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (NPK – 200 : 200 : 250) ผลผลิต 12.30 ตันต่อไร่

สำหรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น (ตำรับที่ 3) เท่ากับ 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 12.48 31.20 และ 6.24 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเท่ากับ 3,016 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยหมัก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น (ตำรับที่ 4) ปริมาณปุ๋ยหมัก 4,160 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 49.92 124.80 และ 24.96 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเท่ากับ 3,198 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) สูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 31.20 กิโลกรัมต่อไร่ และ 13 – 13 - 21 อัตรา 41.60 กิโลกรัมต่อไร่ มี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 10.09 10.09 และ 13.42 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเท่ากับ 3,276 กิโลกรัมต่อไร่ จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจะให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Dutta *et al.* (2016) ทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีในแปลงมะม่วง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (NPK – 1000 : 500 : 1000 กรัมต่อต้นต่อปี) ส่งผลให้มะม่วงมีผลผลิตเท่ากับ 51.75 กิโลกรัมต่อต้น การเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว (*Azotobactor* 150 กรัมต่อต้น ร่วมกับ Phosphate-solubilizing microorganisms 100 กรัมต่อต้น) ผลผลิตเท่ากับ 54.12 กิโลกรัมต่อต้น และการใช้ปุ๋ยหมัก 10 กิโลกรัมต่อต้น ผลผลิต 50.35 กิโลกรัมต่อต้น

ส่วนตำรับที่ 1 แปลงควบคุมโดยไม่ใส่ปัจจัยใดๆ จะส่งผลต่อผลผลิตต่ำที่สุด เท่ากับ 1,560 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องมาจากปัจจัยของการดูดใช้ธาตุอาหารจะส่งเสริมการเจริญเติบโตในช่วงแรกก่อน ซึ่งหากไม่เพียงพอมะละกอจะเก็บสะสมไว้ใช้ในการเจริญเติบโตเท่านั้น (Jacquiline, 2008) เช่นเดียวกับความต้องการธาตุอาหารในการปลูกแอปเปิ้ล พบว่า แอปเปิ้ลขาดธาตุอาหารหลักไนโตรเจนจะส่งผลให้ผลผลิตต่ำที่สุด เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักจะให้ผลผลิตมากที่สุด 5.90 ตันต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ผลผลิต 5.66 ตันต่อไร่ หากมีการให้ปุ๋ยเคมีเพียง 2 ธาตุอาหาร แอปเปิ้ลจะให้ผลผลิตลดลงจากการให้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมผลผลิต 4.58 ตันต่อไร่ การให้ไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัส 4.46 ตันต่อไร่ และการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสร่วมโพแทสเซียมให้ผลผลิต 4.14 ตันต่อไร่ (Zuoping *et al.*, 2014)

ตารางที่ 6 การจัดการดินที่มีต่อผลผลิตมะละกอ (กิโลกรัมต่อไร่)

ตำรับทดลอง	ผลผลิตมะละกอ
T1	1,560
T2	3,276
T3	3,016
T4	3,198
T5	5,079
T6	4,541
T7	3,727
T8	3,432
F-test	ns
CV. %	38.10

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

จากการทดลอง การใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 20 กิโลกรัมต่อต้น หรือการใช้ปุ๋ยชีวภาพอัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำส่งผลให้ผลผลิตสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจาก ปริมาณธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยหมัก ชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณต่ำกว่าความต้องการธาตุอาหารของมะละกอ โดย Cunha and Haag (1980) รายงานว่า ความต้องการธาตุอาหารที่นำมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตมะละกอ จะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมอัตรา 140 40 และ 200 กรัมต่อต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในตำรับที่ 5 การใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 109 199 และ 95 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่ำ แต่มีฟอสฟอรัสสูง อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยชีวภาพนอกจากธาตุอาหารที่ได้รับแล้วยังเกิดกิจกรรมจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตหรือฮอร์โมน สอดคล้องกับการทดลองของ Khan and Khan (1995) พบว่าหากมีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ *Meloidogyne incognita* และ *Fusarium solani* มีผลทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้เป็นสองเท่าเพิ่มการเจริญเติบโตของมะละกอ ส่วนตำรับที่ 6 การใช้ปุ๋ยหมัก 20 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ จะมีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 289 649 และ 185 กรัมต่อต้น ตามลำดับ จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ จากรายงานสำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน (2551) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักจะปลดปล่อยไนโตรเจนน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 75 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สำหรับส่วนที่เหลือจะถูกปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในฤดูต่อไป จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ได้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของอัตราปุ๋ยที่ใช้ทดลอง แต่การใช้ปุ๋ยหมักจะเป็นปัจจัยในการดูดซับธาตุอาหาร ลดการชะล้างจากการใช้ปุ๋ยเคมีภายใต้สภาพดินทราย รวมทั้งการใช้ปุ๋ยชีวภาพที่ขยายเชื้อด้วยปุ๋ยหมักจะมีอินทรียวัตถุในการดูดซับธาตุอาหาร ทำให้ได้รับธาตุอาหารที่ครบถ้วนและสมดุลในช่วงที่มีการเจริญเติบโตสามารถคงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับดีเอาไว้ระยะยาว (Brady and weil, 2004) จากศึกษาความต้องการธาตุอาหารที่จะนำไปใช้ในการเพิ่มผลผลิตมะละกอ 15 ตัน จะต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 184 15 251 กรัมต่อต้น (Zang and Rong, 2002) ซึ่งการดูดใช้ธาตุอาหารของมะละกอนี้จะกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรมของมะละกอในการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเป็นสำคัญ นอกจากนี้ สิ่งแวดล้อมยังเป็นปัจจัยในการควบคุมความสมดุลของการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชในการเพิ่มผลผลิตมะละกอในพื้นปลูกเช่นกัน (เฉลิมพล, 2535) สอดคล้องกับการทดลองของ Bindu and Bindu (2017) ได้ทดสอบความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของมะละกอพันธุ์ CO – 2 ประเทศอินเดียที่เหมาะสมจะอยู่ที่อัตรา 250 250 และ 500 กรัมต่อต้น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตามลำดับ ให้ผลผลิตดีที่สุด 12.48 ตันต่อไร่ แต่เมื่อมีการลดปุ๋ยไนโตรเจนลงที่อัตรา 200 กรัมต่อต้น ผลผลิตจะลดลง 5.87 ตันต่อไร่ หากไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ ผลผลิตจะเท่ากับ 1.23 ตันต่อไร่ สอดคล้องกับรายงานของ Reddy and Kohli (1989) พบว่าไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมะละกอ ซึ่งหากมะละกอขาดไนโตรเจนจะส่งผลให้มะละกอจะมีการสะสมไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโตเป็นส่วนใหญ่มีผลทำให้ผลผลิตต่ำ และการให้ธาตุอาหารในมะละกอควรเป็นปุ๋ยอินทรีย์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์เป็นปุ๋ยเคมี ในการเพิ่มผลผลิตมะละกอ (Oliveira and Caldas, 2004)

6. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกมะละกอทุกตำรับการทดลอง พบว่าต้นทุนรวมจากการปลูกมะละกอประเมินจาก 1) ค่าไถเตรียมแปลง ได้แก่ ไถดะ และไถแปร 2) แรงงาน ได้แก่ การปลูก การใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ การฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพ การฉีดสารป้องกันโรคไวรัสวงแหวน กำจัดวัชพืชด้วยมือและเครื่องตัดหญ้า และเก็บเกี่ยว 3) ค่าวัสดุ ได้แก่ พันธุ์มะละกอฮอลแลนด์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักขยายเชื้อปุ๋ยชีวภาพ พด.12 วัสดุน้ำหมักชีวภาพ และสารเคมีป้องกันโรคไวรัสวงแหวน พบว่า ในแต่ละวิธีการมีต้นทุนแตกต่างกัน โดยวิธีการที่มีต้นทุนรวมมากที่สุด คือ การใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) มีต้นทุนรวม 35,327 บาทต่อไร่ ตำรับอื่นๆ ที่มีการจัดการดิน ต้นทุนรวมอยู่ระหว่าง 20,345 – 34,796 บาทต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีต้นทุนรวมเท่ากับ 12,727 บาทต่อไร่ และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 10,160 บาทต่อไร่

รายได้ผลผลิต โดยประเมินจากการขายผลผลิตที่มีราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 15 บาท กับผลผลิตมะละกอในทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) มีรายได้จากผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 76,185 บาทต่อไร่ ตำรับอื่นๆ ที่มีการจัดการดินรายได้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 45,240 – 68,115 บาทต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีรายได้ผลผลิตเท่ากับ 49,140 บาทต่อไร่ และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) รายได้ของผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 23,400 บาทต่อไร่

ผลตอบแทน จากการนำรายได้ผลผลิตหักลบจากต้นทุนทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ให้ผลตอบแทนมากที่สุดเท่ากับ 54,773 บาทต่อไร่ ตำรับอื่นๆ ที่มีการจัดการดินให้ผลตอบแทนอยู่ระหว่าง 13,710 – 35,026 บาทต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) ผลตอบแทน 36,413 บาทต่อไร่ และไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) ให้ผลตอบแทน 13,240 บาทต่อไร่

อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน จากการนำรายได้ต่อต้นทุนในการปลูกมะละกอทุกตำรับการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนมากที่สุด

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เท่ากับ 3.86 สูงกว่าการจัดการดินที่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนอยู่ระหว่าง 1.40 – 3.56 จากวิธีการจัดการดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนสูงสุดเท่ากับ 3.56 และการใช้ปุ๋ยหมัก (ตำรับที่ 4) มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนต่ำที่สุดเท่ากับ 1.40 ส่วนการไม่ใส่ปัจจัยใดๆ (ตำรับที่ 1) มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.30 ดังตารางที่ 7

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่าการจัดการดินที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพ (ตำรับที่ 5) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำมีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นดีที่สุดเท่ากับ 3.56 มีวิธีการที่มีเหมาะสมในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในดินและเพิ่มผลิตมะละกอได้ดีที่สุด สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมะละกอในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และแนวทางเลือกปลูกมะละกอจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7) มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.68 มีความเหมาะสมสำหรับเกษตรกรใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินปลูกมะละกอร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีได้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมี หากเกิดภาวะปุ๋ยเคมีราคาแพงหรือมีการปรับปรุงบำรุงดินได้อย่างสมดุล สามารถนำวิธีการส่งเสริมเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรได้ ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักในตำรับที่ 4 ตำรับที่ 6 และตำรับที่ 8 มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.40 1.93 และ 1.48 ตามลำดับ ทั้งนี้ มาจากต้นทุนการผลิตของปุ๋ยหมักที่ค่อนข้างสูง มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนต่ำกว่าการตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปัจจัยใดๆ คิดเป็นอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.30 เนื่องจากมะละกอเป็นไม้ผลที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในทุกสภาพดิน

ดังนั้น การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 54,773 บาทต่อไร่ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ คิดเป็นสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน 3.56 ให้ผลตอบแทนมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) เท่ากับ 18,360 บาทต่อไร่ ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนดีที่สุดเท่ากับ 3.86 ทั้งนี้ หากมีการจัดการดินจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำจึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงบำรุงดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ปลูกมะละกอและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ถึงแม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจะมีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนดีกว่า แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน จะทำให้ดินเสื่อมโทรมลง และขาดความอุดมสมบูรณ์ลงได้หากใช้เป็นระยะเวลายาวนาน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 7 แสดงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการปลูกมะละกอฮอลแลนด์

ตำรับ	ผลผลิต (กก.ต่อไร่)	รายได้ (บาทต่อไร่)	ต้นทุน (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่)	อัตราส่วน รายได้ต่อต้นทุน
T1	1,560	23,400	10,160	13,240	2.30
T2	3,276	49,140	12,727	36,413	3.86
T3	3,016	45,240	20,345	24,895	2.22
T4	3,198	47,970	34,260	13,710	1.40
T5	5,079	76,185	21,412	54,773	3.56
T6	4,541	68,115	35,327	32,788	1.93
T7	3,727	55,905	20,879	35,026	2.68
T8	3,432	51,480	34,796	16,684	1.48

หมายเหตุ: ราคาผลผลิต 15 บาทต่อกิโลกรัม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปผลการทดลอง

การจัดการปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเพิ่มผลผลิตมะละกอฮอลแลนด์ในดินทราย สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดิน

การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 4 6 และ 8) ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 2.32 – 2.70 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินอยู่ระหว่าง 1,943 – 2,001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมในดินอยู่ระหว่าง 235 – 296 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมอยู่ระหว่าง 3,131 – 3,488 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมอยู่ระหว่าง 574 – 690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 3 5 และ 7) มีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 0.93 – 1.23 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินอยู่ระหว่าง 322 – 659 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 132 - 189 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมอยู่ระหว่าง 1,141 – 1,675 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมอยู่ระหว่าง 276 – 432 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รวมทั้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) หลังสิ้นสุดการทดลอง มีอินทรียวัตถุ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในดินปริมาณเท่ากับ 140 126 858 และ 273 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การเจริญเติบโตและผลผลิตมะละกอ

ความสูง และเส้นรอบวงลำต้นทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการเจริญด้านรัศมีทรงพุ่ม พบว่าหลังสิ้นสุดการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต 5 เดือน การใช้ปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5 และ 6) มีรัศมีทรงพุ่ม 129.11 และ 137.94 เซนติเมตร ตามลำดับ สูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ

ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ให้ผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 5,079 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 6) ผลผลิตเท่ากับ 4,541 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ หรือปุ๋ยหมัก ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 7 และ 8) ให้ผลผลิต 3,727 และ 3,432 กิโลกรัมต่อไร่ หากมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยมะละกอจะให้ผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในตำรับที่ 2 ซึ่งให้ผลผลิต 3,276 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้หากไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในตำรับที่ 3 การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่างเดียว หรือตำรับที่ 4 การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ผลผลิตที่ได้เท่ากับ 3,016 และ 3,198 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่วนการไม่ใส่ปัจจัยใด ๆ (ตำรับที่ 1) จะให้ผลผลิตต่ำที่สุดในทุกตำรับการทดลอง ให้ผลผลิต 1,560 กิโลกรัมต่อไร่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ (ตำรับที่ 5) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 54,773 บาทต่อไร่ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ คิดเป็นสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน 3.56 ให้ผลตอบแทนมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) เท่ากับ 18,360 บาทต่อไร่ ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ตำรับที่ 2) มีสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนดีที่สุดเท่ากับ 3.86

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเปรียบเทียบระหว่างการฉีดพ่นน้ำและฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพในแต่ละตำรับการทดลอง เนื่องจากผลการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม กับผลผิตที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารในดินอาจไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่มีผลต่อผลผลิตมะละกอ การฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพที่มีฮอร์โมนและกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบอาจช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต การติดดอกออกผล ซึ่งน่าจะมีการเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ข้อมูลสนับสนุน

2. ควรมีตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งอัตราตามคำแนะนำ เพื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งอัตราตามคำแนะนำ เพราะจะสามารถสรุปได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นของความแตกต่างของผลผลิตมะละกอ การสะสมธาตุอาหารหลังการทดลองได้

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ชุดดินปราณบุรี เป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรจัดการดินจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำในการปลูกมะละกอในพื้นที่ ทั้งนี้ การใช้ปุ๋ยชีวภาพ เพิ่มประสิทธิภาพจากการนำจุลินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช สามารถปรับปรุงดินด้วยการเพิ่มอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารพืชได้ ตลอดจนเพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์สำหรับการปลูกมะละกอร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ เพื่อให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารและเกิดความยั่งยืนในพื้นที่ปลูกมะละกอ นำไปใช้ประโยชน์ในการลดการใช้ปุ๋ยหมักถึง 75 เปอร์เซ็นต์ จากการใช้ปุ๋ยหมัก 20 กิโลกรัมต่อต้น เป็นการใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 กิโลกรัมต่อต้น

2. การจัดการดินโดยใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ ควรใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปลูกมะละกอจะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้อีก รวมถึง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและความคุ้มทุนสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งอัตราตามคำแนะนำ

3. สำหรับการจัดการดินโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามคำแนะนำ นำมาใช้เป็นแนวทางให้เกษตรกรต่อยอดองค์ความรู้ในการวางแผนปลูกมะละกอทดแทนหรือแบ่งพื้นที่ปลูกควบคู่กับการปลูกสับปะรดซึ่งมีการปลูกมากที่สุดในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในบางฤดูกาลเกิดปัญหาราคาตกต่ำ เกษตรกรขาดทุนจากการปลูกสับปะรดจากการที่ผลผลิตเกินความต้องการของตลาด การส่งเสริมการปลูกมะละกอจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานแปรรูปในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีโรงงานแปรรูปผลผลิตที่มีขนาดใหญ่ 2 โรงงาน ได้แก่ บริษัท ทิปโก้ จำกัด (มหาชน) และบริษัท โดลไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) ที่รับซื้อผลผลิตทั้งแบบดิบและสุก แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ส่งจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ จะสามารถสร้างรายได้ให้เกษตรกร และลดความเสี่ยงในกลไกราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอนได้

4. สร้างรายได้ให้เกษตรกรมีความมั่นคง ลดความเสี่ยงในกลไกราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอน อีกทั้ง เจ้าหน้าที่พัฒนาที่ดินนำเทคโนโลยีถ่ายทอดสู่เกษตรกรที่ปลูกมะละกอในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเผยแพร่สู่กลุ่มเกษตรกรใช้สารอินทรีย์ ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการปลูกมะละกอภายใต้สภาพดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. **การปรับปรุงด้วยอินทรียวัตถุ.** กลุ่มวิจัยอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. **คู่มือระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2556.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2557. **คู่มือคำแนะนำการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีประสิทธิภาพตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับพืชเศรษฐกิจรายตำบล ประจำปีการเพาะปลูก 2554 – 2556 อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **เอกสารวิชาการมะละกอ**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรงเทพฯ.

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543. **ผลของกรดอะมิโนสังเคราะห์ต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก**. แหล่งที่มา : http://www.industry.sc.chula.ac.th. 5 เมษายน 2562.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิราภรณ์ อิทสาร ฉัตรปวีณ์ เดชจิรรัตนสิริ และประวิตร บุญมี. 2559. ผลของการใช้วัสดุปรับปรุงดินร่วมกับเชื้อแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารฟอสเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายใต้ทรงพุ่มมะรุม. **วารสารการเกษตร** 32 (3) : 379 – 390.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่ (Crop Physiology)** . ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553. **น้ำหมักชีวภาพ**. ศูนย์หนังสือ สวทช. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ธงชัย มาลา. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. พิมพ์ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นวลจันทร์ ชะบา และฎานุภา อยู่อุ่นพะเนา. 2557. **ศึกษาอัตราและระยะเวลาการใช้ปุ๋ยชีวภาพ พด. 12 เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตมันสำปะหลัง.** รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปริฉัตร พฤกษะวัน พจมาน สุวรรณ์ทอง วิวัฒน์ สุทธิพงษ์ และพหล โกสิยะจินดา. 2557. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในสูตรปุ๋ยชีวภาพ TRR ขยายเชื้อในปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและผลผลิตน้ำตาลในอ้อยปลูกใหม่และอ้อยตอ. *ใน* **การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งชาติ ประจำปี 2557**, นครปฐม.

ปิโยรส เมธารักษ์. 2547**. ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตผักคะน้า (*Brassica oleraceae* L.) พันธุ์อาร์เอส 1 และสมบัติบางประการของดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2547. **ปฐพีวิทยาก้าวไกล – วิชาการ.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ภารุจีร์ ภูมิไกล. 2556. **สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *Azotobacter vionelandii* TISTR 1094 ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนสำหรับปลูกอ้อย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

รัตติยา นนทกรกิติกุล อรุณศิริ กำลัง จันทร์จรัส วีรสาร ธนภัทร ปลื้มพวก และสุริยา สาสนรักกิจ. 2555. การใช้มูลโคและพืชปุ๋ยสดในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์ น. 1248 - 1257 *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

วาสนา วิรุญรัตน์ วีณา นิลวงศ์ ปรีดา นาเทเวศร์. 2557. **ศึกษาเปรียบเทียบผลจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของดินในระบบเกษตรอินทรีย์.** รายงานผลการวิจัย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

วีณารัตน์ มูลรัตน์ สมชาย ชคตระการ และอัญชลี จาละ. มปป. **ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตต่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้**. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วุฒิชัย จันทรสมบัติ พิมพ์คุณัช ตั้งตระการพงษ์ นวลจันทร์ ชะบา และจันจิรา แสงสีเหลือง . 2559. **ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพเพิ่มการเจริญเติบโตของรากมันสำปะหลัง** . แหล่งที่มา : http: //aspace.arda. or.th. วันที่ 5 เมษายน 2562.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ ภาวนา ลิกขนานนท์ สุปราณี มั่นหมาย. 2553. ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี ภายใต้สภาพความชื้นสนาม: การทดลองย่อยศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก น. 333 – 343 *ใน* **ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2553 เล่มที่ 1**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2558. **น้ำหมักชีวภาพ.** ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. แหล่งที่มา: http://atc.snru.ac.th. 8 เมษายน 2562.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2551. **คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า.** กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

เสริมสวัสดิ์ ตุลยอนุกิจ. 2547. **องค์ประกอบบางประการของสารหมักชีวภาพที่ได้จากผักและประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักที่มีต่อพืช**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2544. ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุปุ๋ย กำมะถัน โซดียม ความเค็มของดินและอายุการเก็บเกี่ยวกับผลผลิตและคุณภาพกับคุณภาพการหุงต้มข้าวหอมมะลิ 105 น. 145 – 152 *ใน* **รายงานรางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2544** : นักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ ผลงานวิจัยวิทยานิพนธ์.

Agarwala, S.C., B.D. Nautiyal and C. Chatterjee. 1986. Manganese, copper and molybdenum nutrition of papaya. **J. of Horti. Sci.** 61: 397 – 405 .

Akinyemi, S.O.S. and M.O. Akande. 2008. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of papaya (*Carica papaya* L.). *In*: Kumar, N., Soorianathasundaram, K. and Jeyakumar, P. (eds.), **Second International symposium on papaya**. 9-12 December. TNAU, Coimbatore, India. pp.96.

Aseri, G.K., N.L. Jain, J. Panwar, A.V. Rao and P.R. Meghwal. 2008. Biofertilizer improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activity of Pomegranate (*punica granatum* L.) in Indian Thar desert. **Sci Hort**. 117 : 130-135.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Awada, M. 1977. Relations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization to nutrient composition of the petiole and growth of papaya. **J. of the Amer. Soc. Hort. Sci.** 102(4): 413-418.

Bar-Tal, A., U. Yermiyahu, J. Beraud, M. Keinan, R. Rosenberg, D. Zohar, V. Rosen and P. Fine. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake by wheat and their distribution in soil following successive, annual compost applications. **Published in J. Environ. Qual.** 33: 1855 – 1865.

Bhattacharyya, P., K. Chakrabarti and A. Chakraborty. 2005. Microbial biomass and enzyme activities in submerged rice soil amended with municipal solid waste compost and decomposed cow manure. **Chemosphere** 60: 310 – 318.

Bindu, B. and P. Bindu. 2017. Nutrient requirement of papaya (*carica papaya* L.) for yield optimization and commercial cultivation under kerala condition. **J. krishi vigyan** 5 (2): 122 – 127.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2004. **The nature and properties of soils.** Prentice Hall, Upper Saddle River,New Jersey, 638 – 666.

Chang, E.H., R.S. Chung and Y.H. Tsai. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. **Soil science and Plant nutrition** 53 : 132 – 140.

Chocano, C., C. Garcia, D. Gonzalez, J. M. de Aguilar and T. Hernandez. 2016. Organic plum cultivation in the Mediterranean region : the medium – term effect of five different organic soil management practice on crop production and microbiological soil quality. **Agri. Eco. and Environ**. 221: 60 – 70.

Chueysai, D., N. Hansakdi and N. Nakaya. 1986. Improvement of soil physical properties by mulching and incooporation of communist grass and corn stalk. *In* **a report of joint research work on study on the effective use of organic matter for Increasing soil productivity**.

Chundwat, B.S. 1979. **Nutrient management in fruit crops**. Agro. Tech. publishing academy, Udaipur. 312 p.

Cibes, H.R. and S. Gaztambide. 1978. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya grown under controlled conditions. **J. Agri. University of Puerto Rico** 62 : 413 – 423.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Cunha, R.J.P. and H.P. Haag . 1980. Mineral nutrition of papaya. In: Fruit development and nutrient removal by harvesting. **Anasis-da-Escola-Superior-de-Agricultura. Luiz-de-Qeuiroz**. 37: 169-178.

Davies, S.F., J.H. Crane, B. Schaffer, K. Magliaccio and G. Zalman. 2011. Fertilizer rates, application timing, growth and yield of papaya plant in North Central Florida. **Proc. Fla. State. Soc.** 124: 23 – 27.

Dinesh, R., V. Srinivasan and A. Anjus. 2010. Short – term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop (*Tumaric longa* L.). **Bioresource Technology** 101 : 4697 – 4702.

Dutta, P., K. Das and A. Patel. 2016. Influence of organics, inorganic and biofertilizers or growth, fruit quality and soil characters of Himsagar mango in new alluvial zone of West Bengal. **India. Adv. hort. Sci.** 30 (2): 81 – 85.

Garcia, A.L., R. Madrid, V. Gimeno, W.M. Rodriguez-Ortega, N. Nicolas and F. Garcia-Sanchez. 2011. The effect of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedling. **Spanish Journal of Agricultural Research** 9 (3) : 852-861.

Graham, R.D. and A. Ulrich. 1972. Potassium Deficiency – induced changes in stomatal behavior, leaf water potential and root system permeability in *Beta vulgaris* L. **Plant Physiol.** 49 : 105 -109.

Hailes, K.J., R.L. Aitken and N.W. Menzies. 1997. Magnesium in tropical and subtropical soil from north – eastern Australia II Response by glasshouse – grown maize to applied magnesium. **Australian journal of soil research** 35 : 287 – 300.

Hanc, A., P. Tlustos, J. Szakova and J. Balik. 2008. The influence of organic fertilizers application on phosphorus and potassium bioavailability. **Plant soil environ.** 54 (6) : 247 – 254.

Hojati, S. and F. Nourbakhsh. 2006. Enzyme activities and microbial biomass carbon in a soil amended with organic and inorganic fertilizer. **J. of agronomy** 5 (4): 563 – 579.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolate from forest soil. **Soil biology and biochemistry** 24: 389-395.

Jacquiline, K.D. 2008. **Impact of nutrient management, planting date and location on papaya yield and quality in Bangladesh**. Available: http:// ecommons.cornell.edu. 20 January 2018.

Jeeva, S., M. Kulasekaran, K.G. Shanmugavelu and G. Oblisami. 1988. Effect of *Azospirillium* sp. on growth and development of banana cv. Poovan (AAB). **South indian hortic**. 36 : 1 – 4 .

Kendra, V.K. 2015. Nutrient requirement of papaya (*Carica Papaya* L.) : A study for enchancing fruit production. **Agric. Sci.** 4 (3): 6-7.

Kendra, V.K. 2017. Nutrient requirement of papaya (*Carica Papaya* L.) for yield optimization and commercial cultivation under Kerala condition. **J. Krishi vigyan** 5 (2) : 122 – 127.

Khan, T.A. and S.T. Khan. 1995. Effect of NPK on disease complex of papaya caused by *Meloidogyne incognita* and *Fusarium solani*. **Pakist. J. Nematology**. 13 (1): 29-34.

Kohler, J., F. Caravaca, L. Carrasco and A. Rolden. 2007. Interactions between a plant growth – promoting rhizobacterium, an AM Fugus and phosphate – solubilizing fungus in the rhizosphere of *lactuca sativa*. **Appl. Soil Ecol**. 35 : 480 – 487.

Kumar, D. and J. Prasad. 1998. Mineral nutrient content in petiole of papaya leaf cv. Pusa Dwarf as affected by growth regulators and chemicals. **The orissa J. Hort.** 26 (1): 58-60

Kundu, S., P. Datta, J. Mishra, K. Rashmi and B. Ghosh. 2011. Influence of biofertilizer and inorganic fertilizer in pruned mango orchard cv. **Amarapali J. of crop and weed** 7 (2): 100 – 103.

Lavania, M.L. and S.K. Jain. 1995. Studies on the effect of different doses of N, P and K on yield and quality of papaya (*Carica papaya* L.). **Haryana J. of Hort. Sci.** 24 (2):79-84.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Liu, C. H., Y. Liu., C. Fan and S.Z. Kuang. 2013. The effects of composted pineapple residue return on soil properties and the growth and yield of pineapple. **J. of soil science and plant nutrition.** 13 (2) : 433-444.

Oliveira, A.M.G. and R.C. Caldas. 2004. **Papaya yield under fertilization with nitrogen, phosphorous and potassium.** Rev. Bras. Frutic. 26 (1). Available: http://www.scielo.br. 05 April 2018.

Oliveira, A.M.G., L.F. da S. Souza and E.F. Coelho. 2018. **Papaya.** Available: http:// ipipotast.org. 09 April 2018.

Peveril, K.I., L.A. Sparrow and D.J. Reuter. 1999. **Soil analysis and Interpretation manual.** Australian soil and plant analysis Counci Inc.

Prezotti, L.C. 1992. **Recomendacao de calagem e adubacao para o estado do espirito santo. 3. Aproxmacao.** EMPACE. Circular tecnica, 12. Vitoria, ES.

Reddy, Y.T.N. and R.R. Kohli. 1989. Effect of nitrogen on growth, yield and quality in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Coorg Honey Dew. Narendra Deva **J. Agric. Res**. 4 (1): 53-56.

Reddy, Y.T.N., R.M. Kurian., A.N. Ganeshamurthy and P. Pannerselvan. 2010. Effect of organic nutrition practices on papaya (cv. Surya) fruit yield, quality and soil health. **J. Hort Sci.** 5 (2): 124-127.

Rivera-Cruz, M.D.C., A.T. Narcia, G.C. Ballona, J.K.F. Caravaca and A. Roldan. 2008. Poultry manure and banana waste are effect biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. **Soil biology & Biochemistry** 40: 3092 – 3095.

Sau, S., P. Mandal, T. Sarkar, K. Das and P. Datta. 2017. Influence of bio-fertilizer and liquid organic manures on growth, fruit quality and leaf mineral content of mango cv. Himsagar. **J. of crop and weed** 13 (1): 132 – 136.

Shabani, H., G.A. Peyvast, J.A. Offati and P.R. Kharrazi. 2011. Effect of municipal solid waste compost on yield and quality of eggplant. **Commonicata scientiae**. 2 (2): 85-90.

Shah, S.M., W. Muhammad, S.A. Shah and H. Nawaz. 2006. Integrated nitrogen management of young deciduous apricot orchard. **Soil & Environ**. 25 (1): 59 – 63.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Simson, C.R., R.B. Corey and M.E. Sumner. 1979. Effect of varying Ca : Mg ratios on yield and composition of corn (*Zea mays*) and alfalfa (*Medicargo sativa*). **Communication in soil science and plant analysis**. 10 : 153 16.

Singh, J.K. and D.K. Varu. 2013. Effect of integrated nutrient management in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Madhubindu. **Asian. J. Hort.** 8 (2) : 667 – 670.

Tandel, B.M., B.N. Patel and K.A. Shah. 2017. Effect of integrated nutrient management on growth and nutrient status of papaya cv. Taiwan red lady. **International J. of Chemical studies**. 5(4) : 1949 – 1952.

Tchikama, M.M., Z. Adamou, A.K. Saidou and C.B. Souleymne. 2018. Assessment of the mineralization of composts and the availability of the fertilizing elements in two soils in Niger. **International J. of plant & soil science.** 26 (1) : 1 – 8.

Thomas, M.B., J Ferguson. and J. Crane. 1995. Identification of N, K, Mg, Mn, Zn deficiency symptoms of carambola, lychee and papaya grown in sand culture. **Proc. State Hort. Soc.** 108: 370-373.

Viegas, P.R.A., L.F. Sobral, P.C.R. Fontes, A.A. Cardoso, F.A.A. Couto and E.X. Carvalho. 1999. Effects of nitrogen rates on physical and chemical characteristics of Sunrise Solo papaya. **Revista brasileeira-de-Fruticultura**. 21 (2): 182-185.

Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S Licznar, E. Jamroz. and A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. **Soil biology & biochemistry**. 39: 1294 – 1302.

Zang, X.P. and X.X. Rong. 2002. The nutrition and fertilizing of pawpaw. **South china fruits**. 31(1):34-35.

Zuoping, Z, S. Yan, F. liu, P.H. Ji, X.Y. Waing and Y.A. Tong. 2014. Effect of chemical fertilizer combined with organic manure on Fuji apple quality, yield and soil fertility in apple orchard on the loess Plateau of China. **Int. J. Agric. & Biol. Eng** 7 (2): 45 – 55

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีปุ๋ยหมัก

รายการ	**ผลการวิเคราะห์**
pH	7.30
C/N ratio	15/1
อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	31.60
ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	1.20
ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	3.00
โพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)	0.60

ที่มา: ห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากการขยายเชื้อปุ๋ยชีวภาพ

ชนิด	**ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (เซลล์ต่อกรัม)**
แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ	1.5×10^5
แบคทีเรียละลายฟอสเฟต	2.0×10^5
แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม	2.3×10^8
แบคทีเรียสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือฮอร์โมน	1.5×10^4

ที่มา: ห้องปฏิบัติการกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล

ธาตุอาหาร	**ปริมาณ**
pH	4.49
ไนโตรเจน (%)	0.50
ฟอสฟอรัส (%)	0.22
โพแทสเซียม (%)	0.27
แคลเซียม (%)	0.42
แมกนีเซียม (%)	0.06

ที่มา: ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ฮอร์โมนจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล

ฮอร์โมน	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ออกซิน	1.68
จิบเบลอเรลลิน	1.65
ไซโตไคนิน	1.35

ที่มา: ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์กรดอะมิโนจากน้ำหมักชีวภาพปลานิล

ชนิดของกรดอะมิโน	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ไทโรซีน (Tyrosine)	2.34
วาลีน (Valine)	0.63
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	0.61
เมตไทโอนีน (Methyonine)	0.42
ลูซีน (Leucine)	0.40
โปรลีน (Proline)	0.37
อะลานีน (Alanine)	0.27
ไกลซีน (Glycine)	0.18
ไลซีน (Lysine)	0.08

ที่มา : ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางภาคผนวกที่ 6 เกณฑ์สูงต่ำค่าวิเคราะห์อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) และธาตุอาหารในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Walkly and Black method)

rating	OM	Avail. P		Exch. K	Exch. Ca	Exch. Mg
		Sand	Clay			
very low	< 0.5	<7	<5	<15	<400	<36
low	0.5 – 1.0	7-12	5-8	16-30	400-1000	35-120
moderately low	1.0 – 1.5					
moderately	1.5 – 2.5	13-24	9-16	31-60	1000-2000	120-360
moderately high	2.5 – 3.5					
high	3.5 – 4.5	25-50	17-30	61-120	2000-4000	360-960
slightly alkali	> 4.5	>75	>30	>120	>4000	>960

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลรวมปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและลำต้นของมะละกอ (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
T1	6.95	1.99	9.07
T2	6.32	1.99	7.31
T3	6.59	1.90	7.07
T4	6.41	1.62	8.97
T5	6.93	2.41	8.02
T6	7.17	2.23	8.86
T7	6.51	2.34	7.96
T8	6.49	1.86	9.18

ตารางภาคผนวกที่ 8 มาตรฐานความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองในใบมะละกอ

ธาตุอาหาร	Cunha, 1979	Agarwala *et al.*, 1986[(1)]	Cibes and Gartambide,1978	Prezotti, 1992
ธาตุอาหารหลัก	←	**กรัมต่อกิโลกรัม**		→
ไนโตรเจน	42.40	-	22.50	45 – 50
ฟอสฟอรัส	5.20	-	8.20	5 – 7
โพแทสเซียม	38.10	-	15.80	25 – 30
แคลเซียม	12.90	-	36.10	20 – 22
แมงกานีส	6.50	-	12.10	10
กำมะถัน	3.10	-	12.10	4 – 6
ธาตุอาหารรอง	←	**กรัมต่อกิโลกรัม**		→
โบรอน	136	17.30	109.00	15.00
เหล็ก	-	140.00	252.00	291.00
แมงกานีส	-	62.70	88.00	-
สังกะสี	-	22.40	-	43.00
ทองแดง	-	11.80	-	11.00
โมลิบดีนัม	-	1.85	-	-

หมายเหตุ : [(1)] ศึกษาการเจริญเติบโตในสารละลาย (Oliveira *et al.*, 2018)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับที่	ชนิดปุ๋ย	อัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณธาตุอาหาร (กิโลกรัมต่อไร่)		
			ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1	-	-	-	-	-
2	ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 - 15	31.20	4.68	4.68	4.68
	สูตร 13 – 13 – 21	41.60	5.41	5.41	8.74
	รวม		**10.09**	**10.09**	**13.42**
3	ปุ๋ยชีวภาพ	1040.00	12.48	31.20	6.24
4	ปุ๋ยหมัก	4160.00	49.92	124.80	24.96
5	ปุ๋ยชีวภาพ	1040.00	12.48	31.20	6.24
	ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 - 15	31.20	4.68	4.68	4.68
	สูตร 13 – 13 - 21	41.60	5.41	5.41	8.74
	รวม		**22.57**	**41.29**	**19.66**
6	ปุ๋ยหมัก	4160.00	49.92	124.80	24.96
	ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15	31.20	4.68	4.68	4.68
	สูตร 13 – 13 – 21	41.60	5.41	5.41	8.74
	รวม		**60.01**	**134.89**	**38.38**
7	ปุ๋ยชีวภาพ	1040.00	12.48	31.20	6.24
	ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15	15.60	2.34	2.34	2.34
	สูตร 13 – 13 – 21	20.80	2.70	2.70	4.37
	รวม		**17.52**	**36.24**	**12.95**
8	ปุ๋ยหมัก	4160.00	49.92	124.80	24.96
	ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 - 15	15.60	2.34	2.34	2.34
	สูตร 13 – 13 - 21	20.80	2.70	2.70	4.37
	รวม		**54.96**	**129.84**	**31.67**

หมายเหตุ : การคำนวณธาตุอาหารไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม (กรัมต่อต้น)

T2 = 49 : 49 : 65

T3 = 60 : 150 : 30

T4 = 240 : 600 : 120

T5 = 109 : 199 : 95

T6 = 289 : 649 : 185

T7 = 84 : 174 : 62

T8 = 264 : 624 : 152

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ 10 การประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนในการปลูกมะละกอ

หน่วย : บาทต่อไร่

รายการค่าใช้จ่าย	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	หมายเหตุ
1. การเตรียมดิน	**700**	**700**	**700**	**700**	**700**	**700**	**700**	**700**	
1.1 ไถดะ	350	350	350	350	350	350	350	350	เหมาจ่ายคิดเป็นไร่ละ 350 บาท
1.2 ไถแปร	350	350	350	350	350	350	350	350	
2. ค่าแรง	**6,900**	**8,400**	**10,500**	**10,500**	**10,500**	**10,500**	**10,500**	**10,500**	
2.1 ปลูกมะละกอ	600	600	600	600	600	600	600	600	คนละ 300 บาท x 2 คน
2.2 ใส่ปุ๋ยเคมี		1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	คนละ 300 บาท /ครั้งx 5 ครั้ง
2.3 ใส่ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ยชีวภาพ			600	600	600	600	600	600	คนละ 300 บาท x 2 คน
2.4 ฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพ			1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	คนละ 300 บาท /ครั้ง x 5 ครั้ง
2.5 ฉีดสารเคมีป้องกันไวรัสวงแหวน	900	900	900	900	900	900	900	900	คนละ 300 บาท /ครั้ง X 3 ครั้ง
2.6 กำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	คนละ 300 บาท /ครั้ง X 5 ครั้ง
2.7 ตัดหญ้าโดยเครื่องตัดหญ้า	900	900	900	900	900	900	900	900	คนละ 300 บาท /ครั้ง X 3 ครั้ง
2.8 เก็บเกี่ยว	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	คนละ 300 บาท X 2 คน X 5 ครั้ง
3. ค่าวัสดุ	**2,560**	**3,627**	**9,145**	**23,060**	**10,212**	**24,127**	**9,679**	**23,596**	
3.1 พันธุ์มะละกอ	2,080	2,080	2,080	2,080	2,080	2,080	2,080	2,080	ราคา 10 บาท/ต้น
3.2 ปุ๋ยเคมี สูตร 15 – 15 – 15		493			493	493	247	247	50 กก.=790 บาท กก.ละ 15.80
3.3 ปุ๋ยเคมี สูตร 13 – 13 – 21		574			574	574	287	289	50 กก.=690 บาท กก.ละ 13.80
3.4 ค่าปุ๋ยหมัก				18,720		18,720		18,720	208 ต้น X 20 กก. X 4.50 บาท
3.5 ปุ๋ยหมักขยายเชื้อในปุ๋ยชีวภาพ พด.12			4,805		4,805		4,805		208 ต้น X 5 กก. X 4.50 บาท ,รำข้าว กก. ละ 12.00 บาท
3.6 ค่าวัสดุทำน้ำหมักชีวภาพ			1,780	1,780	1,780	1,780	1,780	1,780	ปลานิล กก.ละ 50 บาท x 30 กก., สับปะรด กก. ละ 13 บาท x 10 กก., กากน้ำตาล กก.ละ 15 บาท x 10 กก.
3.7 ค่าสารเคมีป้องกันไวรัสวงแหวน	480	480	480	480	480	480	480	480	
รวมค่าใช้จ่ายผันแปร	**10,160**	**12,727**	**20,345**	**34,260**	**21,412**	**35,327**	**20,879**	**34,796**	
ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)	**1,560**	**3,276**	**3,016**	**3,198**	**5,079**	**4,541**	**3,727**	**3,432**	
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท)	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	
มูลค่าผลผลิต (บาท)	**23,400**	**49,140**	**45,240**	**47,970**	**76,185**	**68,115**	**55,905**	**51,480**	
ผลตอบแทนเบื้องต้น (บาท)	**13,240**	**36,413**	**24,895**	**13,710**	**54,773**	**32,788**	**35,026**	**16,684**	

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลอง

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.22	0.11	0.14
TREATMEAT	7	30.72	4.39	5.60**
ERROR	14	10.97	0.78	
TOTAL	23	41.91		

CV. = 49.87 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	89005.08	44502.54	0.19
TREATMEAT	7	16013808.16	2287686.88	9.80**
ERROR	14	3266510.65	233322.19	
TOTAL	23	19369323.90		

CV. = 50.62 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโพแทสเซียมเป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	2004.08	1002.04	0.29
TREATMEAT	7	95729.17	13675.60	3.96*
ERROR	14	48292.58	3449.47	
TOTAL	23	146025.83		

CV. = 31.09 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแคลเซียมเป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	1322137.33	661068.67	1.46
TREATMEAT	7	24560064.29	3508580.61	7.76**
ERROR	14	6333397.33	452385.52	
TOTAL	23	32215598.96		

CV. = 33.27 % ** = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	170203.58	85101.80	5.35
TREATMEAT	7	573015.83	81859.40	5.14**
ERROR	14	222878.42	15919.89	
TOTAL	23	966097.83		

CV. = 27.73 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 1 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	70.46	35.23	0.69
TREATMEAT	7	680.83	97.26	1.91^{ns}
ERROR	14	714.31	51.02	
TOTAL	23	1465.60		

CV. = 17.74 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 2 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	81.15	40.58	0.30
TREATMEAT	7	536.11	76.59	0.56^{ns}
ERROR	14	1910.12	136.44	
TOTAL	23	2527.38		

CV. = 22.30 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 3 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	398.30	199.15	1.16
TREATMEAT	7	2536.59	362.37	2.11^{ns}
ERROR	14	2409.42	172.10	
TOTAL	23	5344.31		

CV. = 16.02 % ns = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 4 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	377.68	188.84	1.34
TREATMEAT	7	2067.17	295.31	2.10^{ns}
ERROR	14	1972.15	140.87	
TOTAL	23	4417.00		

CV. = 9.24 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตด้านความสูงของมะละกอ 5 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	93.29	46.65	0.41
TREATMEAT	7	1643.13	234.73	2.08^{ns}
ERROR	14	1579.37	112.81	
TOTAL	23	3315.79		

CV. = 7.07 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ 1 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	208.32	104.16	2.06
TREATMEAT	7	558.04	79.72	1.58
ERROR	14	707.77	50.56	
TOTAL	23	1474.14		

CV. = 17.83 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ 2 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	53.92	26.96	0.92
TREATMEAT	7	1008.02	144.03	4.89**
ERROR	14	412.47	29.46	
TOTAL	23	1474.42		

CV. = 10.21 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ 3 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	287.63	143.82	1.67
TREATMEAT	7	1150.35	164.35	1.91^{ns}
ERROR	14	1203.24	85.95	
TOTAL	23	2641.22		

CV. = 11.93 % ns = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ 4 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	3359.74	1679.87	12.13
TREATMEAT	7	4093.60	584.80	4.22*
ERROR	14	1938.96	138.50	
TOTAL	23	9392.30		

CV. = 12.31 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของรัศมีทรงพุ่มมะละกอ 5 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	5422.48	2711.24	12.15
TREATMEAT	7	7327.93	1046.85	4.69**
ERROR	14	3122.82	223.05	
TOTAL	23	15873.23		

CV. = 13.56 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะละกอ 1 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.88	0.44	3.28
TREATMEAT	7	0.66	0.09	0.71^{ns}
ERROR	14	1.87	0.13	
TOTAL	23	3.41		

CV. = 25.79 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะละกอ 2 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.73	0.36	1.80
TREATMEAT	7	3.50	0.50	2.48^{ns}
ERROR	14	2.82	0.20	
TOTAL	23	7.04		

CV. = 13.43 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะละกอ 3 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	18.75	9.37	3.57
TREATMEAT	7	6.87	0.98	0.37^{ns}
ERROR	14	36.81	2.63	
TOTAL	23	62.43		

CV. = 17.52 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะละกอ 4 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	28.74	14.37	1.93
TREATMEAT	7	80.13	11.45	1.54^{ns}
ERROR	14	104.04	7.43	
TOTAL	23	212.90		

CV. = 22.18 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของเส้นรอบวงมะละกอ 5 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	46.94	23.47	2.00
TREATMEAT	7	167.21	23.89	2.03^{ns}
ERROR	14	164.69	11.76	
TOTAL	23	378.85		

CV. = 22.68 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของใบมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.05	0.02	0.50
TREATMEAT	7	1.67	0.25	5.00**
ERROR	14	0.69	0.05	
TOTAL	23	2.36		

CV. = 6.55 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของใบมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.15	0.07	1.57
TREATMEAT	7	0.90	0.13	2.40^{ns}
ERROR	14	0.80	0.05	
TOTAL	23	1.70		

CV. = 21.42 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของใบมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	2.33	1.17	2.39
TREATMEAT	7	3.64	0.52	0.80^{ns}
ERROR	14	9.15	0.65	
TOTAL	23	12.79		

CV. = 17.20 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของลำต้นมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.08	0.04	1.07
TREATMEAT	7	1.73	0.25	6.25**
ERROR	14	0.52	0.04	
TOTAL	23	2.25		

CV. = 20.53 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของลำต้นมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.26	0.13	2.13
TREATMEAT	7	0.29	0.04	0.87^{ns}
ERROR	14	1.10	0.08	
TOTAL	23	1.01		

CV. = 25.02 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของลำต้นมะละกอ

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	0.56	0.28	0.28
TREATMEAT	7	7.37	1.05	1.02^{ns}
ERROR	14	14.40	1.02	
TOTAL	23	21.77		

CV. = 25.93 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตมะละกอต่อไร่

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK	2	3634232.33	1817116.17	1.03
TREATMEAT	7	23304395.83	3329199.40	1.90^{ns}
ERROR	14	24591471.67	1756533.69	
TOTAL	23	51530099.83		

CV. = 38.10 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน