ผลงานวิจัยเรื่องที่ 1

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การจัดการดินด้วยยิปซัม ซิลิคอน และปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรเพื่อการปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำเซบกจังหวัดอำนาจเจริญ

Soil management of Gypsum Silicon and Organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm to Rice yield in Se-Bok drainage basin areas in Amnat jareon province.

ของ

นายยุทธสงค์ นามสาย
ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 636
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 กรมพัฒนาที่ดิน

เสนอ
ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ
ตำแหน่งเลขที่ 636 สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญภาคผนวก	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตการศึกษา	3
การตรวจเอกสาร	3
1.กลุ่มชุดดินในพื้นที่	3
2.ทรัพยากรดินและปัญหาการใช้ประโยชน์	5
3.ดินกรดและการจัดการเพื่อการปลูกพืช	7
4.ข้าวขาวดอกมะลิ 105	10
5.ยิปซัมและการใช้ประโยชน์	12
6.สารซิลิเกตและการใช้ประโยชน์	15
7.ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร	17
8.โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง	19
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	20
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	20
ผลการทดลองและวิจารณ์	25
สรุปผลการทดลอง	47
ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	58

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	กลุ่มชุดดินต่าง ๆ ในพื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ	4
ตารางที่ 2	จำนวนเนื้อที่ของดินที่มีปัญหาต่อการเกษตรในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ	7
ตารางที่ 3	ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างดิน ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การปลูกและเก็บเกี่ยวข้าว	22
ตารางที่ 4	ค่าพีเอชของดิน (pH) ก่อนและหลังการทดลอง	27
ตารางที่ 5	ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity : EC) ก่อนและหลังการทดลอง	31
ตารางที่ 6	ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter :OM) ก่อนและหลังการทดลอง	32
ตารางที่ 7	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Available P : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง	35
ตารางที่ 8	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : mg/kg)) ก่อนและหลังการทดลอง	38
ตารางที่ 9	ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กิโลกรัมต่อไร่)	42
ตารางที่ 10	น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กรัม)	45
ตารางที่ 11	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%)	45
ตารางที่ 12	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 3 ปี (2558-2560)	47

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	แผนภูมิค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ก่อนและหลังการทดลอง	27
ภาพที่ 2	แผนภูมิปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter : %OM) ก่อนและหลังการทดลอง	32
ภาพที่ 3	แผนภูมิปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง	35
ภาพที่ 4	แผนภูมิปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง	39

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 1	น้ำหนักฟางและตอซังของข้าวขาวดอกมะลิ 105	58
ตารางภาคผนวกที่ 2	วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวขาวดอกมะลิ105	59
ตารางภาคผนวกที่ 3	ระดับการประเมินสมบัติทางเคมีของดิน	60
ตารางภาคผนวกที่ 4	ค่าวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร	60
ตารางภาคผนวกที่ 5	ระดับสถานะสมบัติทางเคมีของดิน	61
ตารางภาคผนวกที่ 6	สมบัติทางเคมีของยิปซัมธรรมชาติและยิปซัมสังเคราะห์	62
ตารางภาคผนวกที่ 7	อัตราส่วนในการใส่ยิปซัมปรับปรุงและแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน	62
ตารางภาคผนวกที่ 8	ลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร	63
ตารางภาคผนวกที่ 9	ปริมาณของสิ่งขับถ่ายสุกรในแต่ละวัน	63
ตารางภาคผนวกที่ 10	กลุ่มชุดดินและพื้นที่อื่น ๆ ที่พบในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ	64
ตารางภาคผนวกที่ 11	ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดอำนาจเจริญ พ.ศ. 2557 - 2559	65
ตารางภาคผนวกที่ 12	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) pH ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)	66
ตารางภาคผนวกที่ 13	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) OM ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)	66
ตารางภาคผนวกที่ 14	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) P ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)	67
ตารางภาคผนวกที่ 15	ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) K ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)	67

การจัดการดินด้วยยิปซัม ซิลิคอน และปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรเพื่อการปลูกข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำเซบก จังหวัดอำนาจเจริญ

ยุทธสงค์ นามสาย

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 กรมพัฒนาที่ดิน

.....

บทคัดย่อ

ระหว่างปี 2558-2560 สพข.4 ได้ศึกษาการใช้ยิปซัม ซิลิคอน และปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ในพื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ ชุดดินนาดูน กลุ่มชุดดินที่ 37 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) มี 3 ซ้ำ 5 ตำรับทดลอง คือ 1.)ปุ๋ยเคมีวิธีเกษตรกร 2.) ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง 3.) ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง 4.) ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ และ 5.) ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ +ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ผลการทดลอง พบว่าการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน โดยทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในการใช้ยิปซัม และซิลิคอน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในการใช้ยิปซัม และซิลิคอน ผลผลิตข้าว พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตดีที่สุด เฉลี่ย 483 กิโลกรัม/ไร่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตจากการใช้วัสดุชนิดอื่น ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีกำไรสุทธิสูงที่สุดเฉลี่ย 2,522 บาท/ไร่ ส่วนวิธีเกษตรกรมีกำไรสุทธิต่ำสุด 1,926 บาท/ไร่

คำสำคัญ ยิปซั่ม,ซิลิคอน,ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ทะเบียนวิจัย 58-60-03-12-020000-016-000-03-11

Soil management of Gypsum Silicon and Organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm to Rice yield in Se-Bok drainage basin areas Amnat jareon province.

Yuthasong Namsai

Land Development Regional office 4 Land Development Department

.....

Abstract

During the year 2015-2017 Land Development Department Office 4 Studies on the use of gypsum silicon and organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm Combined with chemical fertilizers according to the fertilizer application. In the area of Phon Mueang Noi Sub-district Hua Taphan District Amnat Charoen Province. Nadun soil series (soil Group No 37) To study the changes in soil properties; Khao Dawk Mali 105 rice yields and economic returns The experiment was Randomized Complete Block Design with 5 treatment 3 replications as 1.Chemical fertilizer only (Farmer's approach) 2.Gypsum 200 kg/rai+chemical fertilizers according to the fertilizer application. 3.Silicon 25 kg/rai+chemicalfertilizers according to the fertilizer application. 4. organic fertilizer of Sludge cake pig farm 500 kg/rai. 5. organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm 500 kg/rai. + chemical fertilizers according to the fertilizer application. The results showed that the use of different types of soil improves to effect on soil properties. The pH of the soil changes markedly to use gypsum and silicon. Organic matter it was found that the greatest increase in organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm. Increased phosphorus content in all treatments. Potassium exchange has increased significantly on the use of silicon and gypsum. Rice yields It was found that the use of organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm. Combined with chemical fertilizers according to the fertilizer application. The best yield. Average 483 kg / rai. Economic return It was found that the use of organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm Combined with chemical fertilizers according to the fertilizer application. The highest net profit was 2,522 Baht / rai. The farmer's approach have the lowest net profit of 1,926 baht / rai.

Keywords : Gypsum, Silicon, organic fertilizer of Sludge cake from Pig farm, Khao Dawk Mali 105 rice

คำนำ

จังหวัดอำนาจเจริญตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีเนื้อที่ทั้งหมด 3,161.248 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,975,780 ไร่ มีเนื้อที่ทรัพยากรดินที่มีปัญหาต่อการเกษตร 924,631 ไร่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน ; 2550) ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นดินกรด พื้นที่ 960,173 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน ; 2559) ศักยภาพทางการเกษตรต่ำ นอกจากนั้นยังเป็นดินที่มีสภาพปัญหาไม่ด้านใดก็ด้านหนึ่งหรือหลายด้านร่วมกัน เช่น มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ทำให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ ดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และบางส่วนเป็นดินเค็ม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างมากต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรในจังหวัดอำนาจเจริญ เป็นทั้งพืชอาหารและพืชที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นข้าวพันธุ์ดี คุณภาพข้าวหุงอ่อนนุ่มรสชาติดี และมีกลิ่นหอม เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ สามารถจำหน่ายได้ราคาที่ดี ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด และเป็นจังหวัดที่ผลิตข้าวขาวดอกมะลิลำดับที่ 15 ของประเทศ นับเป็นแหล่งผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 คุณภาพดีอีกพื้นที่หนึ่งของประเทศซึ่งในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาจังหวัดอำนาจเจริญได้รับรางวัลชนะเลิศการประกวดข้าวขาวดอกมะลิของประเทศไทยมาอย่างต่อเนื่อง และได้กำหนดให้ข้าวขาวดอกมะลิเป็นพืชยุทธศาสตร์ของจังหวัด (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดอำนาจเจริญ ; 2560) ข้าวจึงมีความผูกพันกับวิถีชีวิตของคนในพื้นที่มายาวนานตั้งแต่อดีต เกษตรกรมีความชำนาญในการผลิตมากกว่าพืชชนิดอื่น ปัจจุบันจึงพบว่าเกษตรกรมีการใช้พื้นที่เพื่อการทำนากันมากกว่าพืชชนิดอื่น แต่พบว่าพื้นที่ปลูกจำนวนมากเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมสำหรับข้าวตามมาตรฐานการใช้ประโยชน์ที่ดิน กล่าวคือปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีความเหมาะสม (N) และพื้นที่ที่เหมาะสมน้อย (S3) มากถึง 9,564,989 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน ; 2559ก) ดังนั้นเมื่อมีการปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ใช้พื้นที่ดอนทำนา ประกอบกับดินส่วนใหญ่ดินมีสภาพเป็นกรด มีศักยภาพการผลิตต่ำโดยธรรมชาติ ทำให้ต้องมีการลงทุนเพิ่มในการปรับโครงสร้างคันนา เพื่อให้สามารถกักเก็บน้ำ และการจัดการดินที่มากกว่าปกติ แต่ผลผลิตยังไม่ดีตามศักยภาพของพันธุ์ เกษตรกรจึงเน้นการเพิ่มผลผลิตด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก แต่ส่วนมากแล้วเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีในรูปแบบเดิมๆ คือใช้สูตรและอัตราปุ๋ยตามเพื่อนบ้าน ตามการบอกต่อและโฆษณาของพ่อค้าในท้องถิ่น นอกจากนั้นยังมีการใช้สารปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีอื่นที่หลากหลาย ตามที่มีการแนะนำส่งเสริมของเอกชนหรือพ่อค้าเร่ และตามสื่อออนไลน์ต่าง ๆ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุอินทรีย์พบว่ามีการใช้น้อยลง ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการได้วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีที่ไม่มีคุณภาพ อันเป็นสาเหตุให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าที่ควรจะเป็น ยิปซัมและปุ๋ยกรดซิลิคอนเป็นสารปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีอีกส่วนหนึ่งที่เกษตรกรในพื้นที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในพื้นที่แต่เป็นการใช้ที่ไม่มีข้อมูลหรือเป็นการใช้ที่ไม่ค่อยเหมาะสม ด้วยข้อจำกัดของดินในเรื่องดินเป็นกรด ดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และใช้พื้นที่ดอนทำนาจำเป็นต้องหาแนวทางในการช่วยเกษตรกรแก้ไขปัญหาในการผลิต

ข้าว ซึ่งปัญหาดินกรด เจริญ และคณะ (2540) แนะนำให้ปรับปรุงดินด้วยวัสดุปูน สำหรับในการทดลองนี้เลือกใช้ปูนยิปซัม เนื่องจากเป็นสารปรับปรุงดินที่มีรายงานว่าสามารถช่วยลดปัญหาได้ทั้งดินกรดและดินเค็ม โดยแคลเซียมไอออนจะเข้าไปอยู่แทนที่อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) ในดินกรด และโซเดียมไอออน (Na^{+}) ในดินเค็ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำเนา ; 2553) นอกจากนั้นพื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย ซึ่งเป็นพื้นที่ดำเนินการทดลอง อยู่ในเขตพื้นที่ดินเค็มน้อย ถึงแม้ไม่พบคราบเกลือ แต่พื้นที่บริเวณนี้มีโอกาสเป็นดินเค็มได้ ถ้าระดับน้ำใต้ดินยกตัวสูงขึ้นต่ำกว่า 2 เมตร (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2559ข) การใช้ยิปซัมในการทดลองนี้จึงเป็นใช้ในเชิงป้องกันผลกระทบซึ่งอาจจะเกิดจากดินเค็มในอนาคต และอีกเหตุผลหนึ่งคือยิปซัมเป็นสารปรับปรุงดินที่เกษตรกรในพื้นที่มีการใช้อย่างแพร่หลายอยู่แล้ว สำหรับปัญหาในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แนวทางแก้ไขที่สำคัญคือการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน การทดลองนี้เลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร เนื่องจากต้องการนำวัสดุเหลือทิ้งจากฟาร์มในท้องถิ่นซึ่งมีปริมาณในแต่ละปีจำนวนมาก มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ส่วนซิลิคอน เป็นการนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความแข็งแรง ความทนต่อโรคและแมลงของข้าว ซึ่งหากข้าวไม่แข็งแรง หรือล้ม จะเกิดความยุ่งยากในการเก็บเกี่ยวและมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตข้าวได้ การใช้ซิลิคอนมีรายงานว่าช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ต้นข้าว ทนต่อการระบาดของโรคแมลง ตลอดจนช่วยเพิ่มความทนทานของพืชต่อพิษของธาตุต่างๆ เช่น เหล็กและแมงกานีส (พงศ์เทพ ; 2556) นอกจากนั้น ยังเป็นการนำมาทดสอบประสิทธิภาพให้เกษตรกรในพื้นที่ได้ทราบข้อมูลเพื่อป้องกันการถูกเอาเปรียบจากพ่อค้าเร่ขายปุ๋ย ซึ่งมีอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยเกษตรกรให้เกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน การใช้วัสดุปรับปรุงดินที่ถูกต้อง ลดความเสี่ยงในการเกิดความเสื่อมโทรมของดิน สร้างความสมดุลของธาตุอาหารในดินและช่วยลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มศักยภาพการผลิตในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม จึงได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดิน เช่น ยิปซัม และซิลิคอน รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งในท้องถิ่น เช่น ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวมะลิ 105 ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีศักยภาพการผลิตต่ำ การวิจัยโครงการนี้จึงถือเป็นการต่อยอดงานวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้วัสดุปรับปรุงดิน และวัสดุเหลือทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในท้องถิ่นที่ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น สำหรับนำไปถ่ายทอดสู่เกษตรกรในพื้นที่ได้ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป และผลการวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการจัดการดินด้วยวัสดุต่าง ๆ สำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ ซึ่งถ้าได้ข้อมูลที่ชี้ให้เห็นว่าไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ จะเป็นการสร้างทางเลือกให้กับเกษตรกรมีการใช้สารปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสม ช่วยลดการใช้พื้นที่ดินที่ไม่เหมาะสมให้ลดลง เป็นการช่วยตอบโจทย์ปัญหาตามยุทธศาสตร์จังหวัดและยุทธศาสตร์ชาติในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการจัดการดินด้วยยิปซัม ซิลิคอน ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร และ การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง เพื่อการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ105

2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน หลังการปรับปรุงดินด้วยยิปซัม ซิลิคอน ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร และการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง

3) เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ขอบเขตการศึกษา

ครอบคลุมเฉพาะการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรที่มีในท้องถิ่น ยิปซัม ซิลิคอน และ การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ

การตรวจเอกสาร

1. กลุ่มชุดดินในพื้นที่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรดิน โดยกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต4 (2559ค) พบว่าทรัพยากรดินในจังหวัดอำนาจเจริญประกอบด้วย 21 กลุ่มชุดดิน กลุ่มชุดดินที่พบมากเรียงลำดับจาก 1-5 ประกอบด้วย 1)กลุ่มชุดดินที่ 37 มีพื้นที่รวมประมาณ 609,544 ไร่ 2) กลุ่มชุดดินที่ 40 มีพื้นที่รวมประมาณ 506,851 ไร่ 3) กลุ่มชุดดินที่ 22 มีพื้นที่รวมประมาณ 133,572 ไร่ 4) กลุ่มชุดดินที่ 41 มีพื้นที่รวมประมาณ 130,050 ไร่ และ 5)กลุ่มชุดดินที่ 44 พื้นที่รวมประมาณ 107,568 ไร่ (ตารางภาคผนวกที่ 9)

สำหรับพื้นที่ดำเนินการวิจัย ดำเนินการในพื้นที่บ้านโพนเมืองน้อย ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ ตำบลโพนเมืองน้อยมีเนื้อที่รวมประมาณ 38,670 ไร่ เป็นพื้นที่ทำการเกษตร(ทำนา) 25,236 ไร่ คิดเป็น 91.12 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ตำบล สภาพภูมิประเทศ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ราบลุ่มถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 0 - 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มชุดดินหลักที่พบในพื้นที่เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินที่ 5, 24, 19B และ 40 (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน ; 2550) ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กลุ่มชุดดินต่าง ๆ ในพื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ

กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	จำนวนพื้นที่(ไร่)	
		ไร่	เปอร์เซ็นต์
กลุ่มชุดดินที่ 5	ธวัชบุรี (Th-siclA)	16,691	43.16
กลุ่มชุดดินที่ 19B	นาดูน (Nad-lsB)	1,983	5.13
	นาคู (Nu-hp-Nu-hp,vtks-lsB)	1,788	4.63
กลุ่มชุดดินที่ 19B/24B	นาคู (Nu-Nu-vtks-lsB)	4,479	11.58
กลุ่มชุดดินที่ 24	อุบล (Ub-lsA)	373	0.96
กลุ่มชุดดินที่ 24B	อุบล (Ub-lsB)	8,602	22.24
กลุ่มชุดดินที่ 40B	พระทองคำ (Ptk-sLB)	89	0.23
กลุ่มชุดดินที่ 44B	น้ำพอง (Ng-mw-sLB)	3,066	7.93
กลุ่มชุดดินที่ 49B	พระทองคำ (Ptk-sLB/b)	21	0.06
ชุมชน (U)	-	946	2.45
แหล่งน้ำ (W)	-	632	1.63
รวม		38,670	100

ที่มา: สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2550)

พื้นที่ดำเนินการทดลองอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 19B ซึ่ง กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ให้ข้อมูลว่า ลักษณะโดยทั่วไป เนื้อดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วน ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนแดง สีแดงปนเหลือง จุดประสีเทาปนน้ำตาล สีเทาปนชมพูบางพื้นที่ อาจพบศิลาแลงอ่อนปะปน อาจพบก้อนสารเคมีพวกปูนและเหล็กปะปนอยู่ เกิดจากตะกอนลำน้ำระดับกลาง น้ำแช่ขังลึก 20 - 30 เซนติเมตร นาน 3 - 4 เดือน ดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ค่าพีเอชดิน 4.5 -5.0 ได้แก่ ชุดดินวิเชียรบุรี (Wb) ชุดดินมะขาม (Mak) ปัจจุบันพื้นที่นี้มักปล่อยเป็นที่รกร้างว่างเปล่าหรือเป็นป่าละเมาะเล็ก ๆ มีส่วนน้อยที่ใช้ทำนา แต่มักให้ผลผลิตต่ำ ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน : ดินเป็นทราย ดินล่างแน่นทึบไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ฤดูฝนขังน้ำนาน แต่ถ้าฝนทิ้งช่วงดินจะขาดน้ำ ปัจจุบันจะเป็นป่าละเมาะ มีส่วนน้อยที่ใช้ทำนา ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช : กลุ่มชุดดินที่ 19 พบบริเวณตะพักลำน้ำระดับต่ำถึงระดับกลาง การระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงดีปานกลาง แต่เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีศักยภาพค่อนข้างไม่เหมาะสมในการปลูกข้าว เพราะมักจะขาดน้ำในการปลูกแม้แต่ในช่วงฤดูฝน อย่างไรก็ตาม กลุ่มชุดดินนี้ได้ใช้ประโยชน์ในการปลูกทั้งพืชไร่และปลูกข้าว แต่ให้ผลผลิตต่ำถึงค่อนข้างต่ำ เป็นอีกกลุ่มชุดดินที่เกษตรกรนำมาใช้ประโยชน์ในการทำนากันมาก แต่ด้วยข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความเสี่ยงใน

การขาดแคลนน้ำ เกษตรกรจึงได้ปรับพื้นที่และปรับแต่งคันนาให้ใหญ่ขึ้นเพื่อการกักเก็บน้ำให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น พื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ พบกลุ่มชุดดินที่ 19 รวม 59,985 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2559ค)

2. ทรัพยากรดินและปัญหาการใช้ประโยชน์

จังหวัดอำนาจเจริญ มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรกรรม 1,021,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.71 ของพื้นที่จังหวัด มีเนื้อที่ดินที่มีปัญหาต่อการเกษตร 924,631 ไร่ (กรมทรัพยากรธรณี ; 2553) ทรัพยากรดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์และประเมินผลความอุดมสมบูรณ์ของดินของกรมพัฒนาที่ดินระหว่างปี 2547-2552 ซึ่งพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมากที่สุดร้อยละ 71.53 ของจุดเก็บตัวอย่าง ฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำโดยมีค่าน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโพแทสเซียมก็พบว่ามีปริมาณต่ำโดยมีค่าน้อยกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากภูมิภาคนี้ดินเป็นดินร่วนปนทรายวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินทรายที่มีแร่ที่ให้ธาตุโพแทสเซียมน้อยอยู่แล้วตามธรรมชาติ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2558) นอกจากนั้นยังเป็นดินที่มีสภาพปัญหาไม่ด้านใดก็ด้านหนึ่งหรือหลายด้านร่วมกัน เช่น มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ดินมีสภาพเป็นกรดและ บางส่วนเป็นดินเค็ม โดยดินปัญหาที่พบมากที่สุดในจังหวัดอำนาจเจริญคือ ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดหรือดินที่มี pH ต่ำกว่า 5 มีพื้นที่ 960,173 ไร่ รองลงมาคือ ดินทรายมีพื้นที่ 756,145 ไร่ และมีพื้นที่ดินเค็ม 70,133 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2560) ซึ่งดินทรายและดินกรด พบกระจายตัวอยู่ทั่วไปของพื้นที่จังหวัด ส่วนดินเค็มพบในพื้นที่อำเภอหัวตะพาน และอำเภอลืออำนาจ

ดินปัญหา (problem soil) กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ให้ข้อมูลว่าหมายถึงดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูกทางการเกษตร ดินปัญหาจึงเป็นดินที่มีลักษณะและสมบัติทั้งกายภาพและเคมี ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชที่ปลูก การปลูกพืชในดินเหล่านี้จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำหรืออาจไม่ได้ผลผลิตเลย การพิจารณาว่าดินบริเวณใดมีปัญหาต่อการเกษตรหรือไม่นั้น สามารถดูได้จากลักษณะและสมบัติของดินที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ดินที่มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรที่พบในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ ที่สำคัญประกอบด้วย

2.1 ดินกรด (Acid soil) หมายถึงดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งเป็นระดับที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช ดินกรดก่อให้เกิดผลกระทบต่อการปลูกพืชโดยตรง ระดับธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเป็นกรดในดิน ดินที่เป็นกรดธาตุอาหารบางชนิดจะไม่อยู่ในรูปที่เป็น ประโยชน์ต่อพืชได้ หรือบางชนิดจะละลาย

ออกมามากในดินจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2532) การใช้ปูนเป็นวิธีการที่นิยมและปฏิบัติได้ง่ายในการปรับระดับพีเอชของดินที่เป็นกรด

2.2 ดินทราย (Sandy soils) หมายถึงดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายจัด เกิดจากการสลายตัวของหินทรายซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน เป็นดินมีเนื้อหยาบมาก มีเนื้อดินละเอียดน้อยและช่องว่างในดินขนาดใหญ่ ดินที่มีเนื้อดินบนเป็นทรายหรือดินทรายปนร่วน เกิดเป็นชั้นหนามากกว่า 100 เซนติเมตรจากผิวดินรวมถึงพื้นที่ที่มีชั้นทรายหนามากกว่า 50 เซนติเมตร จากผิวดินที่รองรับด้วยชั้นดาน ดินเหนียว ดินร่วน หรือพบชั้นดานอินทรีย์ภายในความลึก 100 เซนติเมตร ดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายจัดเกิดจากการสลายตัวของหินทรายซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินทำให้ดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้ต่ำ เกิดการสูญเสียน้ำและธาตุอาหารออกไปจากดินได้ง่าย การยึดเกาะของเม็ดดินมีน้อย ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินและเกิดเป็นร่องกว้างลึก มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและขาดแคลนน้ำ ปัญหาสำคัญของดินทราย ได้แก่ ดินโครงสร้างไม่ดี ดินแน่นทึบได้ง่าย ไม่อุ้มน้ำดินจึงมักขาดแคลนน้ำได้ง่าย ดินมีธาตุอาหารน้อยเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีปุ๋ยจะสูญเสียไปมาก

2.3 ดินตื้น (Shallow soil) หมายถึงดินที่พบชั้นลูกรัง ชั้นกรวด และเศษหิน หรือหินพื้นในระดับตื้นกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ปัญหาของดินตื้นคือ เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช การไถพรวนดิน มีผลต่อการดูดซับน้ำและแร่ธาตุอาหารพืช ดินแห้งเร็วเมื่อเกิดฝนทิ้งช่วง พืชที่ปลูกมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบดินตื้นประมาณ15ล้านไร่ แนวทางการจัดการเน้นการใช้พื้นที่อย่างเหมาะสม คัดเลือกชนิดพืชที่รากตื้น หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นต้องมีการจัดการดินเฉพาะหลุมที่ค่อนข้างดีด้วยปุ๋ยอินทรีย์

2.4 ดินเค็ม (Saline soils) หมายถึงดินที่มีปริมาณเกลือละลายน้ำได้ เพียงพอที่จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 เดซิซิเมนต่อเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งพืชที่ไวต่อความรู้สึกหรือมีความอ่อนไหวต่อความเค็ม เพียงครึ่งหนึ่งของความเค็มนี้ก็จะได้รับผลกระทบ แต่สำหรับพืชที่ทนต่อความเค็มสูงจะทนต่อความเค็มนี้ได้สองเท่า (Soil Science Society of America (SSSA) ; 2008) ดินเค็มเป็นดินที่มีปริมาณเกลือละลายน้ำได้ มากเกินจนเกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ปัญหาสำคัญของดินเค็ม คือ บริเวณที่เป็นดินเค็มจัดปลูกพืชไม่ได้ ส่วนบริเวณพื้นที่เค็มปานกลางหรือเค็มน้อย พืชที่ปลูกมีการเจริญเติบโตไม่ดี อาจตายเป็นหย่อมๆ และให้ผลผลิตต่ำ พื้นที่ดินเค็มจัดต้องปรับปรุงโดยวิธีวิศวกรรม เช่น การขุดคูระบายน้ำเค็มออกจากพื้นที่ และควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ต่ำกว่าระดับรากพืช แต่เป็นวิธีที่ลงทุนมาก จึงควรปลูกไม้ และหญ้าทนเค็ม เพื่อรักษาสภาพนิเวศและป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็ม สำหรับพื้นที่ดินเค็มปานกลาง-น้อย สามารถปลูกข้าวหรือพืชอื่นๆ ได้ การจัดการสามารถทำได้ตั้งแต่การควบคุมน้ำให้มีอย่างเพียงพอ การเลือกชนิดพืชและพันธุ์พืชที่มีความต้านทานดินเค็ม และต้องมีการจัดการดินด้วยวัสดุหรือปุ๋ยอินทรีย์ เช่นแกลบ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และ ปุ๋ยพืชสด (สมศรี ; 2539)

2.5 ดินความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Low fertility soil) หมายถึง เป็นดินที่มีธาตุอาหารพืชเกือบทุกชนิดอยู่ในปริมาณต่ำ ทำให้พืชที่ปลูกมีการเจริญเติบโตไม่ดี และให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วดินปัญหาชนิดต่าง ๆ เช่น ดินทราย ดินเค็ม ดินตื้น และดินกรด ถือเป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แนวทางการจัดการคือต้องปรับปรุงบำรุงดินเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ให้สูงขึ้น ด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี และสารปรับปรุงดิน

พื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ ดินปัญหา (problem soil) ที่พบมากที่สุดคือ ดินกรด รองลงมาคือดินทราย ดินตื้น ดินเค็ม ดินในพื้นที่ลาดชัน และที่เหลือเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนเนื้อที่ของดินที่มีปัญหาต่อการเกษตรในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ

ดินที่มีปัญหาต่อการเกษตร	จำนวนเนื้อที่ (หน่วย:ไร่)
ดินกรด	960,173
ดินทราย	756,145
ดินตื้น	136,119
ดินเค็ม	70,133
ดินลาดชั้น	32,367
เบ็ดเตล็ด	11,939
รวม	1,966,876

ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 (2560)

3. ดินกรดและการจัดการเพื่อการปลูกพืช

3.1 ลักษณะทั่วไปของดินกรด

ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดหรือดินกรดเป็นดินปัญหาทางการเกษตรที่มีพื้นที่มากที่สุดของจังหวัดอำนาจเจริญ (พื้นที่ 960,173 ไร่) พบกระจายอยู่ทั่วไปทั้งจังหวัด (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2560) ปัญหาดินกรด กรมพัฒนาที่ดิน (2532) รายงานว่า ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการปลูกพืชโดยตรง ระดับธาตุอาหารพืชที่เป็น ประโยชน์ในดินจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความเป็นกรดในดิน ดินที่เป็นกรดธาตุอาหารบางชนิดจะไม่อยู่ในรูปที่เป็น ประโยชน์ต่อพืชได้ หรือบางชนิดจะละลายออกมามากในดินจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก เพราะว่ามีอิทธิพลต่อการละลายธาตุอาหารพืชต่างๆ ในดิน (พจนีย์ ; 2544) Land Classification Division and FAO Project Staff (1973) ได้ประเมินระดับความเป็นกรดของดินไว้คือ ดินกรดจัดมาก pH ต่ำกว่า 4.5 ดินกรดจัด pH เท่ากับ 4.5 - 5.0 ดินกรดแก่ pH เท่ากับ 5.1 - 5.5 ดินกรดปานกลาง pH เท่ากับ 5.6 - 6.0 และ พจนีย์ (2544)

รายงานว่าดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ประมาณ 5.0 - 6.5 มีอิทธิพลต่อการละลายธาตุอาหารพืชต่างๆในดิน โดยเฉพาะธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยเกือบทั้งหมด เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน นอกจากปฏิกิริยาของดินจะเป็นตัวบ่งชี้ประการหนึ่งถึงสภาวะความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ทั้งในรูปแร่ธาตุที่มีอยู่เดิมในดิน หรือในรูปของปุ๋ยที่ใส่แล้ว นอกจากนี้ปฏิกิริยาของดินยังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งมีผลในทางอ้อมต่อสถานะความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโมลิบดินัม (Mo) ให้อยู่ในสภาวะที่ละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้นั้น พืชอาจแสดงอาการขาดธาตุดังกล่าวได้ (พจนีย์ ; 2544)

3.2 แนวทางการจัดการดินกรด

แนวทางการจัดการดินกรดที่นิยมและปฏิบัติได้ง่ายคือ การใช้ปูนเพื่อการปรับระดับพีเอชของดินที่เป็นกรด การใส่วัสดุปูนช่วยปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และแก้ไขความเป็นพิษในดิน วัสดุปูนที่ใช้สำหรับปรับปรุงดินกรดได้แก่ ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตของแคลเซียม และแมกนีเซียม (เจริญ และคณะ ; 2540) ในกรณีของยิปซัม แม้จะไม่ใช่วัสดุปูน แต่ก็เป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วย แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งดินกรดเป็นดินที่มีอะลูมิเนียมหรือเหล็กปะปนอยู่ เกิดจากธาตุอาหารที่เป็นพวกไอออนบวกถูกชะล้างออกไปจากดิน อะลูมิเนียมหรือเหล็กจะเข้าไปแทนที่ไอออนบวกเหล่านั้น ทำให้ดินมีอะลูมิเนียมไอออน (Al_3^+) หรือเหล็กไอออน (Fe_3^+) เกิดเป็นภาวะดินกรด ดังนั้นการใส่ยิปซัม แคลเซียมไอออนในยิปซัมจะเข้าไปอยู่แทนที่อะลูมิเนียมไอออน (Al_3^+) ในดินกรด จึงสามารถช่วยลดความเป็นกรดในดินได้ (นุจรินทร์ ; 2554) นอกจากนั้นพบว่าในพื้นที่มีเกษตรกรใช้ยิปซัมกันอย่างกว้างขวาง การนำยิปซัมมาศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการช่วยให้ข้อมูลทางเลือกในการใช้วัสดุปรับปรุงดินที่หลากหลายเพิ่มขึ้น แทนที่จะมีเฉพาะวัสดุปูนเพียงอย่างเดียวเพื่อตอบโจทย์ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ นอกจากการใส่ปูนแล้ว แนวทางการจัดการดินกรดที่สำคัญอีกอย่าง คือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเลือกชนิดพืชที่มีความทนทานต่อความเป็นกรด และการป้องกันการสูญเสียหน้าดิน ด้วยการปลูกพืชตามแนวระดับ และการปลูกหญ้าแฝก เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2532) อินทรียวัตถุเป็นส่วนประกอบในดินที่มีอยู่น้อย (5 เปอร์เซ็นต์) แต่มีความสำคัญยิ่งต่อการปลูกพืชเนื่องจากเป็นแหล่งของธาตุอาหารของพืช ช่วยในการปรับโครงสร้างของดิน เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดิน ช่วยรักษาสมบัติความเป็นกรด-ด่างของดิน และช่วยทำให้ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชได้สูงและถูกปลดปล่อยออกมาช้า ๆ (ปรัชญา และคณะ ; 2537) ฉะนั้นดินที่ดีและมีความเหมาะสมต่อการ

เจริญเติบโตของพืชจะประกอบด้วยอินทรียวัตถุอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินโดยตรง ถึงแม้จะไม่เท่ากับปุ๋ยเคมี แต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ทำจากวัสดุเศษพืชต่างๆ ดังนั้น จึงมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองค่อนข้างครบถ้วนที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม เจริญ และคณะ (2540) ให้ข้อมูลว่า การปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวภาพของดินกรดให้ดีขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดมากๆ กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์จะถูกจำกัด pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในดินคือเป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง (6.0 - 7.0) ดังนั้นการปรับปรุงดินด้วยการใส่ปูนลงในดินกรด จึงมีผลช่วยให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินดีขึ้น ดินเป็นกรดมีผลต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน รวมถึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ดินกรดโดยทั่วไปมี 2 ปัจจัยเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช คือการขาดธาตุอาหารบางชนิด ได้แก่ การขาดธาตุฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม และการที่มีธาตุอาหารพืชบางตัวอยู่ในระดับสูงจนเป็นพิษได้แก่ อะลูมินัม (มาโนช ; 2530) โดยปกติดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ลงมาเท่านั้นที่ถือว่าความเป็นกรด มีผลกระทบต่อการละลายของธาตุอาหาร ความเป็นพิษของธาตุบางอย่างและกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดินสัมพันธ์กับการละลายของธาตุอาหารต่างๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช ดินที่เป็นกรดจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป และไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ณรงค์ (2544) พบว่าดินในประเทศไทยมีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำ โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตัวอย่างดิน 92.4 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุฟอสฟอรัสต่ำมาก และ 80.3 เปอร์เซ็นต์ ดินมีพีเอชเป็นกรดจัด-กรดรุนแรง ระดับความเป็นกรดของดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสอย่างเห็นได้ชัด เมื่อดินเป็นกรดมากๆ จะส่งเสริมการตรึงฟอสเฟตให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟต ซึ่งยากแก่พืชที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กและอะลูมินัมละลายน้ำออกมามากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อค่า pH ของดินต่ำกว่า 5.0 ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดินที่เป็นกรดจะทำปฏิกิริยากับเหล็กและอะลูมินัม ทำให้ปริมาณที่พืชจะดูดไปใช้มีน้อยลง ฟอสฟอรัสในสารละลายดินที่จัดว่าเป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆ ในดินได้ดี ดังนั้นดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจึงมีฟอสฟอรัสในสารละลายดินประมาณ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือพบน้อยมากที่จะเกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Ozanne ; 1980) ส่วนอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในสารละลายดินอยู่ในรูปของออร์โทฟอสเฟต (H_2PO_4 และ HPO_4) ขึ้นอยู่กับค่าพีเอชดิน (pH) สำหรับอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินทั่วไปนั้น

พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 30 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน โดยอาจจะมีถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในดินที่มีอินทรียวัตถุสูง

4. ข้าวขาวดอกมะลิ 105

4.1 ความสำคัญ

ข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดอำนาจเจริญ มีการเพาะปลูกทุกอำเภอ โดยในปีเพาะปลูก 2557/2558 จังหวัดอำนาจเจริญมีพื้นที่ปลูกรวม 816,942 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 41.34 ของพื้นที่จังหวัด มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 776,765 ไร่ ผลผลิตรวม 387,133 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 500 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานสถิติจังหวัดอำนาจเจริญ ; 2559) ข้าวขาวดอกมะลิจากจังหวัดอำนาจเจริญเป็นข้าวขาวดอกมะลิที่ได้คุณภาพ ด้วยสภาพพื้นที่ภูมิประเทศเป็นที่ราบเนินเขา ดินร่วนปนทราย และสภาพภูมิอากาศที่ร้อนในตอนกลางวันและเย็นชื้นในตอนกลางคืน ประกอบกับองค์ความรู้ของเกษตรกรจังหวัดอำนาจเจริญที่มีความเชี่ยวชาญ ความประณีตตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเพาะปลูก กระบวนการเก็บเกี่ยว จนกระทั่งส่งถึงมือผู้บริโภค จึงส่งผลให้ข้าวขาวดอกมะลิจังหวัดอำนาจเจริญมีคุณภาพดีเยี่ยม มีความนุ่มและมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติที่เป็นเอกลักษณ์ จนได้รับรางวัลชนะเลิศการประกวดข้าวขาวดอกมะลิระดับประเทศมาอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดอำนาจเจริญ ; 2560)

4.2 ประวัติและลักษณะทั่วไป

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กำเนิดในท้องที่ของอำเภอแปลงยาว จังหวัดชลบุรี ต่อมาได้มีผู้นำไปปลูกที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งได้ผลผลิตดีจนได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในท้องที่นี้อย่างแพร่หลาย กรมการข้าวได้อนุมัติให้ขยายพันธุ์เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 ในชื่อ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งหมายเลข 105 หมายถึงข้าวรวงที่ 105 ที่ใช้ในการปลูกคัดเลือกในปีแรกนั่นเอง ต่อมาชื่อของข้าวเพี้ยนไปเป็นหอมมะลิคงจะเนื่องจากความหอมเป็นประการสำคัญ (ประสูติ ; 2537) ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง สูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม และสุกแก่เก็บเกี่ยวได้ประมาณวันที่ 20 พฤศจิกายนของทุกปี เมล็ดข้าวเปลือกมีลักษณะเรียวยาวก้นงอนสีฟาง ยาว7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์นี้ได้แก่ มีคุณภาพการขัดสีดี เมล็ดข้าวสารใส แข็ง มีท้องไข่น้อย เมื่อนำมาหุงต้มจะได้เมล็ดข้าวที่อ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมเฉพาะ เป็นพันธุ์ข้าวที่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็มปานกลาง นอกจากนั้นยังง่ายต่อการนวดเพราะเมล็ดข้าวเปลือกจะหลุดร่วงจากรวงได้ง่ายเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น ส่วนลักษณะด้อยที่สำคัญได้แก่ไม่ต้านทานต่อโรคและแมลงบางชนิด เช่น โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคไหม้ โรคใบหงิก แมลงบั่ว และ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นต้น ลักษณะด้อยอีกอย่างคือลำต้นอ่อนล้มง่าย โดยเฉพาะถ้าปลูกในบริเวณที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง (กรมส่งเสริมการเกษตร ; 2542)

4.3 สภาพแวดล้อม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถปลูกได้ทั่วประเทศแต่ที่มีคุณภาพดีที่สุดมาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงอาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตข้าวขาวดอกมะลิที่ดีที่สุดของโลก (ประสูติ และจุลมณี ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) เหตุที่เป็นเช่นนั้นสันนิษฐานว่าอาจเป็นเพราะสภาพดินฟ้าอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และลักษณะดินที่เอื้ออำนวย (ประสูติ ; 2537) หรือสอดคล้องกับความต้องการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้เพราะข้าวพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง เป็นข้าวที่ปลูกได้ดีในเขตดินเค็มและทนต่อสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ อีกทั้งไม่ค่อยตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีมากนักซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะมีลักษณะดินเป็นทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณน้ำฝนก็ไม่สูงเกินไป อีกทั้งมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ แต่มีเวลาสิ้นสุดของฤดูฝนที่แน่นอนคือ ประมาณต้นเดือน พ.ย ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวออกรวง และเมื่อข้าวสุกดินก็จะแห้งพอดี จึงสะดวกต่อการเก็บเกี่ยว ตากและนวด

4.4 การเจริญเติบโตและผลผลิต ข้าวขาวดอกมะลิ 105 หากปลูกในช่วงเวลาที่เหมาะสม การเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงเก็บเกี่ยวจะใช้เวลาประมาณ 120 - 130 วัน โดยจะแยกเป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้ 1.) การเจริญเติบทางลำต้น นับตั้งแต่งอกจากเมล็ดจนถึงแตกกอเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 60 วัน 2.) การเจริญเติบโตของรวงและดอก โดยนับตั้งแต่การเริ่มสร้างช่อรวงอ่อนจนถึงการออกรวง ใช้เวลาประมาณ 30 วัน และ 3.) การเจริญเติบโตของเมล็ด จะเริ่มตั้งแต่เริ่มออกรวงจนถึงเมล็ดสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 30 วัน (ประภาส ; 2531) ค่าเฉลี่ยผลผลิตระดับประเทศของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 313 กิโลกรัมต่อไร่ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ซึ่งตามศักยภาพการผลิตของข้าวพันธุ์นี้ในพื้นที่ สามารถปรับปรุงให้มีค่าสูงขึ้นถึง 500 - 600 กิโลกรัมต่อไร่ (อรรถ ; 2545)

4.5 สถานการณ์การปลูก การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญจากข้อมูล Zoning by Agri-Map ข้าวนาปีของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลในปีเพาะปลูก 2559/2560 มีพื้นที่ทำนารวม 1,073,127 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 54.31 ของพื้นที่จังหวัด (1,975,780 ไร่) ในพื้นที่จำนวนนี้เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูง (S1) 84,555 ไร่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) 181,008 ไร่ โดยเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) 717,535 ไร่ พื้นที่ไม่มีความเหมาะสม (N) 633,337 ไร่ และพบว่ามีการปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว (N)และ (S3) มากถึง 796,657 ไร่ นอกจากนั้นยังมีการปลูกข้าวในพื้นที่นอกเขตเกษตรกรรม (NA) อีก 69,849 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2559ก) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าพื้นที่ทำนาเป็นจำนวนมากของจังหวัดอำนาจเจริญเป็นการทำนาในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม หรือพื้นที่ N ตามการจัด (Zoning by Agri-Map) ของกรมพัฒนาที่ดิน ด้วยเหตุผลจำเป็นหลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้พื้นที่เหล่านี้เพื่อการผลิตข้าว ซึ่งการใช้พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นที่ดอนมาทำนาจำเป็นต้องมีการลงทุนในการปรับแต่งคันนาให้ใหญ่ขึ้นเพื่อการกักเก็บ

น้ำให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว จึงมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว และได้ผลผลิตที่ต่ำกว่าศักยภาพของพันธุ์ข้าว นอกจากนั้นการทำนาได้พัฒนาจากการทำนาดำเป็นนาหว่าน ซึ่งทำให้เวลาการทำนาลดลง แต่เพิ่มค่าใช้จ่ายเรื่องสารกำจัดวัชพืชหรือยาฆ่าหญ้า ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม กลุ่มชุดดินดอนที่เกษตรกรปรับสภาพพื้นที่เพื่อใช้ในการทำนา ที่สำคัญได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 37 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่มีพื้นที่มากที่สุด 609,544 ไร่ และกลุ่มชุดดินที่ 40 ซึ่งมีพื้นที่ 506,851 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2559ค) ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงเกินความจำเป็น อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง (นันทนา และคณะ ; 2556) และที่ผ่านมาพบว่าการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพและปริมาณยังขาดข้อมูลแนวทางการจัดการดินที่เหมาะสมโดยเฉพาะในด้านการลดการใช้สารเคมีเพื่อเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ ขาดข้อมูลในด้านการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและถูกต้องตามหลักวิชาการ

5. ยิปซัมและการใช้ประโยชน์

พื้นที่ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญนอกจากจะมีปัญหาเรื่องดินกรดอันเนื่องจากการใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชเชิงเดียว (ข้าว) มาอย่างต่อเนื่องแล้ว ยังพบว่าพื้นที่บริเวณนี้อยู่ในเขตพื้นที่ดินเค็มน้อย โดยมีพื้นที่มากถึง 17,435 ไร่ ตามรายงานแผนการพัฒนาที่ดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของพื้นที่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน ; 2550) ซึ่งแม้จะไม่พบคราบเกลือ แต่พื้นที่บริเวณนี้มีโอกาสได้รับผลกระทบจากดินเค็มได้ ถ้าระดับน้ำใต้ดินยกตัวสูงขึ้นต่ำกว่า 2 เมตร (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2559ข) ประกอบในปัจจุบันเกษตรกรที่ทำนาข้าวในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ ส่วนใหญ่มีการใช้สารปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมีกันอย่างกว้างขวางและหลากหลายชนิดตามการโฆษณาของภาคเอกชน ซึ่งยิปซัมเป็นส่วนหนึ่งของสารปรับปรุงดินที่เกษตรกรในพื้นที่มีการใช้กันโดยทั่วไป และมีรายงานว่าสามารถช่วยลดปัญหาดินกรดได้ ดังนั้น การใช้ยิปซัมในการทดลองนี้นอกจากจะใช้เพื่อการแก้ปัญหาดินกรดแล้ว ยังถือเป็นการใช้ในเชิงป้องกันผลกระทบจากดินเค็มที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

5.1 ลักษณะทั่วไป ยิปซัม เป็นแร่ชนิดหนึ่งที่พบได้ในธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์เป็นผลึกสีขาวหรือไม่มีสี เนื้ออ่อน มีปฏิกิริยาเป็นกลาง ละลายในน้ำได้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเนื้อยิปซัม โครงสร้างหลักประกอบด้วย แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) และโมเลกุลของน้ำ (H_2O) มีสูตรทางเคมี คือ $CaSO_4.2H_2O$ จากโครงสร้างดังกล่าวจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร กล่าวคือ เป็นสารปรับสภาพดินกรดและดินเค็ม โดยแคลเซียมไอออนจะเข้าไปอยู่แทนที่อะลูมิเนียมไอออน (Al_3^+) ในดินกรด และโซเดียมไอออน (Na^+) ในดินเค็ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ประเภทของยิปซัม ยิปซัมแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (สำเนา ; 2553)

1.) ยิปซัมที่เกิดตามธรรมชาติ เกิดจากการตกตะกอนของทะเลเก่าที่เป็นแอ่งใหญ่ในใจกลางของประเทศ พบแหล่งใหญ่ในจังหวัดพิจิตร นครสวรรค์และในพื้นที่ภาคใต้ เป็นแร่ยิปซัมที่มีความบริสุทธิ์ 96 - 98 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยธาตุแคลเซียม 23 เปอร์เซ็นต์ Ca กำมะถัน (ในรูปของซัลเฟต) 17 เปอร์เซ็นต์ S เป็นชนิดที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี

2.) ยิปซัมที่เกิดจากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ยเคมี ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตปุ๋ยฟอสเฟต ในการผลิตกรดฟอสฟอริคจากแร่หินฟอสเฟต

5.3 สมบัติที่สำคัญของยิปซัม (สำเนา ; 2553) และ (นุจรินทร์ ; 2554)

1.) มีผลกระทบเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน

2.) อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้จึงปลดปล่อยให้แคลเซียมและกำมะถัน

3.) รากพืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย ทันต่อความต้องการของพืช

4.) เคลื่อนย้ายสู่ดินชั้นล่างเมื่อมีการให้น้ำ

5.) แก้ไขปัญหาดินเค็มที่เกิดจากเกลือโซเดียม โดยประจุแคลเซียมในยิปซัมจะเข้าไปแลกที่ประจุโซเดียมในอนุภาคดิน แล้วโซเดียมจะถูกชะล้างออกไปจากดินได้โดยง่าย

6.) แก้ไขปัญหาผิวดินเกาะตัวกันแน่น ทำให้ดินร่วนซุยมีช่องว่างซึ่งยอมให้น้ำและอากาศผ่านลงไปในดินได้ง่าย

5.4 ผลของการใช้ยิปซัมต่อการปรับปรุงดิน

ยิปซัมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรได้ โดยใช้เป็นสารปรับสภาพดินกรดและดินเค็ม สำหรับการใช้ยิปซัมปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรด เนื่องจากดินกรดเป็นดินที่มีอะลูมิเนียมหรือเหล็กปะปนอยู่ เกิดจากธาตุอาหารที่เป็นพวกไอออนบวกถูกชะล้างออกไปจากดิน อะลูมิเนียมหรือเหล็กจะเข้าไปแทนที่ไอออนบวกเหล่านั้น ทำให้ดินมีอะลูมิเนียมไอออน (Al_3^+) หรือเหล็กไอออน (Fe_3^+) เกิดเป็นภาวะดินกรด เพราะฉะนั้นการใส่ยิปซัมลงไปในดิน จึงสามารถช่วยลดความเป็นกรดในดินได้ (นุจรินทร์ ; 2554) เมื่ออะลูมิเนียมหรือเหล็กเกิดการไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ได้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้เกิดภาวะดินกรด หมู่ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) จากยิปซัมจะเข้าไปทำปฏิกิริยาแล้วปลดปล่อยหมู่ OH^- และหมู่ OH^-ทำปฏิกิริยากับ H^+ กลายเป็น H_2O นอกจากนี้ Ca_2^+ จากยิปซัมยังเข้าไปแทนที่ Al_3^+ ในดินทำให้ Al_3^+ จับกับ SO_4^{2-} เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมไฮดรอกซีซัลเฟต ($AlOHSO_4$) หรืออะลูมิเนียมซัลเฟตแคตไอออน ($AlSO_4$+ complex ion) ซึ่งการใช้ยิปซัมเป็นสารปรับปรุงดินกรด จึงมีส่วนทำให้ปริมาณ Al ในดินกรดลดลงประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ (นุจรินทร์ ; 2554) อีกทั้งมีผลดีกว่าการใส่ปูนขาวเพียงอย่างเดียวเนื่องจากการใช้ปูนขาวช่วยลดความเป็นกรดบริเวณผิวดินแต่การที่ต้องคลุกเคล้ากับดินทำให้ไม่เหมาะที่จะลดความเป็นกรดของดินชั้นล่างได้ (สำเนา ; 2553) นอกจากนี้ การใช้ยิปซัมยังสามารถส่งผลต่อการกระจายของรากพืชลงสู่ดินชั้นล่าง การใช้ยิปซัมร่วมกับปูนขาว จะสามารถทำให้แคลเซียมแทรกซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้ดียิ่งขึ้นตามลำดับ

จึงเป็นการช่วยลดระดับความเป็นกรดและความเค็มในดิน ลดภาวะแน่นทึบของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากขึ้น นอกจากนี้ ยิปซัมมีองค์ประกอบที่เป็นธาตุอาหารพืชสำคัญ คือ ธาตุแคลเซียม (Ca) และธาตุกำมะถัน (S) ในปริมาณที่สูง จึงสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีขึ้น ทำให้เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของพืช เนื่องจากธาตุแคลเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ ส่วนธาตุกำมะถันเป็นธาตุอาหารพืชที่มีส่วนช่วยในการสร้างโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของพืช ที่ส่งเสริมและสนับสนุนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช นอกจากนี้ยังพบว่ายิปซัมมีปริมาณของจุลธาตุอื่น ๆ เช่น ธาตุซิลิกอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) และ ธาตุแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งมีส่วนช่วยเสริมความสมบูรณ์แข็งแรงและต้านทานโรคได้อีกด้วย (ปิยะ ; 2553) การนำยิปซัมมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน สามารถใส่ได้ทั้งดินที่เป็นกรดและดินที่เป็นด่าง ช่วยยับยั้งหรือลดความเป็นกรดในดินชั้นล่างได้ ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุชนิดอื่นที่สะสมอยู่ในดินมากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืช ช่วยแก้ปัญหาผิวดินจับตัวกันแน่น ทำให้น้ำและอากาศผ่านลงไปในดินชั้นล่างได้ดีขึ้น พืชดูดใช้น้ำและอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ปัญหาทางเคมีและชีวภาพ ยิปซัมช่วยลดสภาพดินเป็นกรดในดินชั้นล่าง ลดการเกิดโรคพืช ช่วยฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ปลูกพืชได้เป็นปกติ สรุปยิปซัมช่วยลด ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูก ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (สำเนา ; 2553) ยิปซัม เป็นสารปรับปรุงดินอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรในพื้นที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินกันอย่างแพร่หลาย มีรายงานว่าการใช้ยิปซัมจะช่วยลดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูก ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

การใช้ยิปซัมปรับปรุงดิน เจริญ และคณะ (2540), Farina และ Channon (1988) การใช้ยิปซัมหรือปุ๋ยเคมีที่มีซัลเฟตเป็นส่วนประกอบ เช่น ฟอสโฟยิปซัม ซัลเฟตจากยิปซัมหรือจากปุ๋ยเคมีจะเคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่างได้ง่ายแล้วเข้าทำปฏิกิริยากับอลูมิเนียมอิสระในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน $ALSO_4$ ซึ่งไม่เป็นพิษต่อพืช อย่างไรก็ตามยิปซัมไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาดินมากนัก ในดินกรดจัดธาตุอาหารพืชในดินอาจอยู่ในรูปที่ไม่มีประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นการใช้ยิปซัมจำเป็นต้องใช้ควบคู่กับปูน การใช้ยิปซัมอัตรา 1,600 ไร่ ร่วมกับปูนขาวพบว่าทำให้ข้าวโพดในระยะออกไหม (Silking) มีความหนาแน่นของรากตั้งแต่ระดับความลึก 0.40 เมตรจากผิวดิน เฉลี่ย 6,158 Kg/ha มากกว่าการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีความหนาแน่นของรากเฉลี่ย 2,301 Kg/ha การใช้ยิปซัม ($CaSO_42H_2O$) ในการปรับปรุงแก้ไขดินเค็ม โดยการคลุกเคล้ากับดินใช้ได้ผลดีในกรณีที่ดินมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง เช่นดินโซดิกหรือดินเค็มโซดิก เนื่องจากแคลเซียมไอออนซึ่งแตกตัวออกมาจากยิปซัมจะไปไล่ที่โซเดียมที่ดูดซับบนผิวแร่ดินเหนียวและฮิวมัส (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2548) สมศรี (2539) กล่าวว่า ปัญหาทางด้านกายภาพของดินเค็มและดินโซดิกอย่างหนึ่งได้แก่ ปัญหาดินแน่นทึบและมีอนุภาคแตกกระจายสูง ทำให้ดินมีการชะล้างพังทลายของดินสูง การปรับปรุงดินชนิดนี้

มักใช้สารเคมี เช่น ยิปซัม พร้อมกับการไถดินให้ลึกเพื่อให้แคลเซียมไล่ที่โซเดียมในอนุภาคของเนื้อดิน ทำให้สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินดีขึ้น

จักรชัยวัฒน์ (2561) ได้รายงานวิจัยไว้ว่า การนำยิปซัมที่เป็นผลพลอยได้จากการใช้ถ่านหินเป็นพลังงานในการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร พบว่ายิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้เป็นอย่างดี สามารถเพิ่มอัตราการแทรกซึมน้ำลงสู่ผิวดิน ลดภาวะแน่นทึบของดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากการชะละลายจากผิวหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ และยังช่วยปรับสมดุลของธาตุโซเดียมในดิน เค็ม ลดความเป็นพิษของอะลูมินัมในดินกรด ดังนั้นการใช้ยิปซัมที่เป็นผลพลอยได้จากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จัดเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน ช่วยฟื้นฟูสภาพดินให้เหมาะสมต่อ การเพาะปลูก และช่วยเพิ่มผลผลิตในการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

การใช้ยิปซัมปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชอื่น นุจรินทร์ (2554) รายงานว่า ยิปซัมจัดว่าเป็นปัจจัย ตัวหนึ่งที่สำคัญที่เกษตรกรต้องใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสง เพราะนอกจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในแง่ของสารปรับปรุงดิน แล้วยังใช้เป็นแหล่งอาหารให้กับต้นพืชได้อีกด้วย เนื่องจากยิปซัมมีธาตุอาหารรองที่ สำคัญ คือ ธาตุแคลเซียม (Ca) และ ธาตุกำมะถัน (S) ที่ถั่วลิสงต้องการในปริมาณมาก เพราะจำเป็นอย่างยิ่ง ต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต โดยเฉพาะการนำไปใช้ในการสร้างฝักและเมล็ด Yadav et al (2015) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ยิปซัมในอัตรา 32 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตและให้ ผลผลิตแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ยิปซัม นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้ยิปซัมที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าในงานวิจัยถั่วลิสง (Grichar et al ; 2018 , จีราภรณ์ และคณะ ; 2560) แต่ก็อาจจะมีข้อกังวลเรื่องของโลหะหนักที่จะตกค้างในพืชและสภาพแวดล้อม แสดงให้เห็นว่ายิปซัมจะลดบทบาทของโซเดียมที่มีอยู่มากในดิน (Barbosa et al ; 1989 , Hanay et al ; 2004 , Hussain et al ; 2001 , Zaka et al ; 2003) จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น

6. สารซิลิเกตและการใช้ประโยชน์

ประเทศไทยมีการนำธาตุซิลิคอน (Silicon) ไปใช้ในการเกษตรกันน้อยมาก อาจเป็นเพราะหน่วยงานหรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง ขาดความรู้ความเข้าใจ ไม่มีการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง ไม่มีการเผยแพร่ข้อมูลอย่างกว้างขวาง ไม่มีการส่งเสริม ทำให้ประชาชนขาดความรู้ถึงประโยชน์ของการใช้ซิลิคอนเหมือนกับปุ๋ยเคมีทั่วๆไป (พงศ์เทพ ; 2556) ในปัจจุบันเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญและพื้นที่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการใช้ปุ๋ยเคมีกันอย่างกว้างขวางและหลากหลายชนิดตามการโฆษณาของภาคเอกชน ซึ่งสารซิลิเกต เป็นสารชนิดหนึ่งที่มีจำหน่ายในท้องถิ่นและเกษตรกรมีการใช้กันโดยทั่วไป การทดลองนี้จึงได้นำสารซิลิเกต มาเป็นวัสดุหนึ่งในการศึกษา

6.1 ความสำคัญ

ซิลิคอน (Silicon) เป็นธาตุ มีสัญญลักษ์ธาตุ Si รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์คือ กรดซิลิซิก (Silicic acid) มีสูตรทางเคมีว่า H_4SIO_4 เป็นธาตุเสริมประโยชน์ หรือ beneficial element สำหรับพืช ยงยุทธ (2558) อธิบายว่าซิลิคอนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของข้าว หลายประการ 1.) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าว เนื่องจากกรดโมโนซิลิซิกที่รากดูดได้ไปสะสมในผนังเซลล์ของแผ่นใบ จึงช่วยลดการคายน้ำผ่านคิวติเคิล เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตส่วนเหนือดิน สูงขึ้น 30% 2.) ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง เนื่องจากซิลิคอนช่วยให้แผ่นใบแข็ง ทำให้ใบตั้งไม่บังกันเอง และช่วยให้ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) สูงขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวทำให้อัตราสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น 10% 3.)ช่วยทำให้ลำต้นแข็งแรง ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคข้าวที่เกิดจากเชื้อรา เช่น โรค blast และช่วยลดการทำลายของแมลงได้บางส่วน 4.) ช่วยเพิ่มอำนาจการออกซิเดชั่น (Oxidation Power) ของรากข้าว จึงออกซิไดร์เฟอรัสไอออนให้กลายเป็นเฟอริคไอออน แล้วได้เฟอริคออกไซด์ซึ่งตกตะกอนที่ผิวราก กลไกนี้จะลดการดูดเฟอรัสไอออนป้องกันความเป็นพิษจากเฟอรัสซึ่งมีมากเกินไปในสารละลายดินนาที่เป็นกรดจัด 5.) ซิลิคอนมีบทบาทส่งเสริมการสร้างแถบแคสแพเรียน (Casparian band) ในเอ็กโซเดอร์มีสและเอ็นโคเดอร์มีส และสะสมลิกนินในสเคอเร็งคิมา ทั้งนี้เพื่อลดการแพร่ของออกซิเจนออกมาสู่ไรโซสเฟียร์ เป็นกลไกหนึ่งที่ช่วยให้รากข้าวปรับตัวให้เข้ากับสภาพรีดักชั่นของดินจากการขังน้ำ หรือสภาพแวดล้อมบางประการที่ไม่เหมาะสม และ พงศ์เทพ (2556) อธิบายว่า ซิลิคอนสามารถละลายน้ำได้ง่าย ช่วยทำให้พืชสามารถดูดซึมน้ำและกรดซิลิคอนผ่านทางรากสู่ลำต้นและทางใบได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อพืชดูดซึมน้ำและกรดซิลิคอนเข้าไปอย่างต่อเนื่องน้ำที่พืชดูดซึมเข้าไปจะระเหยออกทางใบ แต่กรดซิลิคอนที่พืชดูดซึมเข้าไปนั้นจะไม่ระเหยออกทางใบ แต่จะสะสมอยู่ที่ผิวใบ เมื่อกรดซิลิคอนสะสมอยู่ที่ใบอย่างต่อเนื่องจะกลายเป็นผลึกควอร์ท โอปอล หรือเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกราะป้องกันพืช ทำให้ใบพืชมีลักษณะใบหนา ช่วยทำให้ผิวพืชแข็งแกร่งต้านทานต่อโรคและแมลง กรดซิลิคอนช่วยการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตอย่างเด่นชัดในพืชหลายชนิด เช่น ข้าว อ้อย และแตงกวา เป็นต้น ซิลิคอนสามารถให้ประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะกรณีพืชที่ปลูกได้รับความเค้น (Strees) จากทั้งสิ่งที่มีชีวิต เช่น โรคแมลง หรือสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สภาพแล้ง หรือน้ำค้างแข็ง โดยสรุปแล้วซิลิคอนเป็นธาตุเสริมประโยชน์สำหรับพืช ช่วยส่งเสริมให้ดินอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช เพิ่มการสังเคราะห์แสง ปรับปรุงโครงสร้างพุ่มต้น ควบคุมการคายระเหยน้ำ ทำให้ต้นพืชแข็งแรงขึ้น ทนต่อการระบาดของโรคแมลง ตลอดจนช่วยเพิ่มความทนทานของพืชต่อพิษของธาตุต่างๆ เช่น เหล็กและแมงกานีส เป็นต้น และ ทัศนีย์ (2554) แม้ว่าซิลิคอนจะพบมากในดิน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นซิลิคอนในรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ การเปลี่ยนซิลิคอนในรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำให้สามารถละลายน้ำได้โดยกลไกของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นการสลายตัวหรือการย่อยของจุลินทรีย์จะใช้เวลานานมาก ดังนั้นการปลูกพืชซ้ำๆ ติดต่อกันเป็นเวลานานๆ อาจทำให้ซิลิคอนขาดแคลนได้

6.2 ผลของการใช้ซิลิคอนต่อการปลูกพืช สำหรับการใช้ซิลิคอนมีผลต่อการปลูกพืช ชนิกานต์ และคณะ (2555) รายงานว่าการใส่ซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานถลุงแร่เหล็กมีผลให้การเจริญเติบโตด้านความสูงและ จำนวนต้นต่อกอมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ซิลิคอนอัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าวสูงที่สุด แต่ไม่มีผลทำให้จำนวนรวงต่อกอของข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่าการใส่ซิลิคอนมีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อกอ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่ใส่ สำหรับสมบัติของดินบางประการหลังปลูกข้าว พบว่า การใส่ซิลิคอนมีผลทำให้ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ปริมาณเหล็กและซิลิคอนที่สกัดได้จากดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ซิลิคอนมีผลทำให้ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ปริมาณเหล็กและซิลิคอนที่สกัดได้จากดินเพิ่มขึ้นหลังการปลูกข้าว จงรักษ์ และคณะ (2555) รายงานว่า การใส่ฟอสฟอรัสและซิลิคอน มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด เมื่ออัตราการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น การใส่ซิลิคอนร่วมกับฟอสฟอรัส จะมีผลทำไห้การเจริญเติบโต และผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น การใส่ซิลิคอนร่วมกับฟอสฟอรัสจะส่งเสริมให้ได้จำนวนเมล็ดทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น กว่าการใส่ฟอสฟอรัส แต่เพียงอย่างเดียว รัตนชาติ และคณะ (2544) ได้ศึกษาอิทธิพลของซิลิคอนและฟอสฟอรัสต่อการดูดใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด พบว่าการใส่ซิลิกอนร่วมกับฟอสฟอรัสมีผลทำให้ข้าวและข้าวโพดดูดใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการใส่ฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว การใส่ซิลิคอนร่วมกับฟอสฟอรัสจะส่งเสริมให้จำนวนเมล็ดทั้งหมดของข้าวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดและเปอร์เซ็นต์ลีบของข้าวลดลง ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ฟอสฟอรัสแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ จุฑารัตน์ และคณะ (2547) ทำการศึกษาผลของซิลิคอนที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินองครักษ์ พบว่าการใส่ซิลิคอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกตและในรูปของแกลบให้กับข้าวและข้าวโพดมีผลทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และผลผลิตของข้าวและข้าวโพดเพิ่มขึ้น การใส่ซิลิคอนทำให้จำนวนเมล็ดทั้งหมดของข้าวเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวลดลง

7. ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร เป็นส่วนที่ได้จากตะกอนดินในก้นบ่อน้ำทิ้งซึ่งในแต่ละฟาร์มต้องมีการขุดลอกเป็นประจำทุกปีเพื่อเพิ่มประมาณการกักเก็บตะกอนในแต่ละปี ซึ่งของเหลือทิ้งเหล่านี้มีปริมาณจำนวนมากและเมื่อมีการทิ้งที่ไม่ถูกสุขลักษณะสู่สิ่งแวดล้อมอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศและสภาพแวดล้อมโดยรวมได้ ในฟาร์มสุกรมีของเสียเกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ คือ เศษอาหาร มูล ปัสสาวะ น้ำล้างคอก และก๊าซต่าง ๆ และสารระเหยที่มีกลิ่นจากการ

สลายตัวของมูลและปัสสาวะที่ขับถ่ายแล้ว จากข้อมูลกรมปศุสัตว์ รายงานว่าปี 2560 ทั้งประเทศมีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ทั้งหมด 2,810,317 ราย มีสัตว์และปศุสัตว์ทั้งหมด 475,247,401 ตัว โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์มากที่สุดคือ 1,341,278 ราย คิดเป็นร้อยละ 47.53 ของผู้เลี้ยงทั้งประเทศ ซึ่งในจำนวนสัตว์และปศุสัตว์ทั้งหมด มีจำนวนสุกรทั้งหมด 10,191,784 ตัว มากที่สุดในภาคกลาง คิดเป็นเป็น 49.13 เปอร์เซ็นต์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวน 16.61 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1,998,644 ตัว (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ กรมปศุสัตว์ ; 2560) ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้ง ถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งอีกส่วนหนึ่งที่แต่ละฟาร์มต้องมีการจัดการและมีปริมาณมากในแต่ละปี เมื่อนำมาผึ่งแดดจนแห้ง จะได้วัสดุสีดำ มีลักษณะกายภาพร่วนซุย อีกทั้งมีสารอนินทรีย์ต่าง ๆ หลงเหลืออยู่มากโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมคนีเซียม เป็นต้น (พนมเทียน ; 2559)เหมาะที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงดิน จากการวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.4 การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity (EC) เท่ากับ 3.48 ds/m ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 42.6 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 7.86 ไนโตรเจนทั้งหมด 3.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 7.18 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 0.53 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2558) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินที่มีปัญหามีอินทรีย์วัตถุต่ำ และความอุดมสมบูรณ์ต่ำซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของดินในพื้นที่ และ ปริญญรัตน์ (2552) รายงานว่า การใช้กากตะกอนน้ำเสียโรงงานแปรรูปผลไม้ในการผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพื่อนำไปใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก ในการผลิตผักกาดเขียวกวางตุ้ง โดยผสมกากตะกอนอัดเม็ดในอัตรา 1, 3, 6, 9 ตันต่อไร่ เปรียบเทียบกับการปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 0.6 ตันต่อไร่ และปุ๋ยคอก อัตรา 1.5 ตันต่อไร่ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของกากตะกอนเสียโรงงานแปรรูปผลไม้อัดเม็ดพบว่า มีคุณสมบัติหลัก ดังนี้ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.37, ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เท่ากับ 76.0 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 14.46 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 6.07 ไนโตรเจนทั้งหมด 5.23 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 94.33 ppm และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 906 ppm จากการทดลองพบว่าการใช้กากตะกอนอัดเม็ดอัตรา 3 ตันต่อไร่ ทำให้ผลผลิตน้ำหนักผักสดเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวางตุ้งสูงที่สุด คิดเป็น 620 กรัม ต่อ 10 ต้น ซึ่งการใช้กากตะกอนอัดเม็ด จะทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม แคลเซียมแมกนีเซียม ทองแดงเหล็ก แมงกานิส และสังกะสีในดินและในพืชสูงขึ้น ที่สำคัญสามารถช่วยปรับสภาพดินให้มีอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้นด้วย กัณฑมาศ และ ชมพูนุท (2556) รายงานผลการศึกษาว่า เมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสียในชุดดินสมุทรปราการ และชุดดินสุพรรณบุรี ทำให้ดินมีสมบัติทางเคมี คือ ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่

เป็นประโยชน์ต่อพืช โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และโลหะหนัก (Fe, Zn, Cu และ Mn) เพิ่มขึ้น ทำให้ข้าวมีผลผลิต และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น ข้าวที่ปลูกในชุดดินสุพรรณบุรีมีน้ำหนักเมล็ดและผลผลิตมากที่สุด เมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสีย 36 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ 12 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีน้ำหนักเมล็ด 20.65 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด และให้ผลผลิตข้าว 955.73 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนข้าวที่ปลูกในชุดดินสุพรรณบุรีมีน้ำหนักเมล็ด และผลผลิตมากที่สุด เมื่อใส่กากตะกอนน้ำเสีย 48 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยมีน้ำหนักเมล็ด 19.18 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด และให้ผลผลิตข้าว 966.48 กิโลกรัมต่อไร่

8. โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง

กรมพัฒนาที่ดิน(2556) และ อัธยะ (2554) ให้ข้อมูลว่าโปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง หรือโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง เป็นโปรแกรมสารสนเทศที่ให้คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง ถูกพัฒนาขึ้นโดยการบูรณาการข้อมูลการจัดการดินของกรมพัฒนาที่ดิน ร่วมกับคำแนะนำการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร และผลงานวิจัยการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ แล้วจึงจัดทำระบบติดต่อผู้ใช้ให้สามารถคัดกรองข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ประโยชน์ที่ได้รับ เกษตรกรสามารถรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยได้ แม้ไม่ส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์ เนื่องจากโปรแกรมมีผลวิเคราะห์ดินพื้นฐานประจำชุดดินอยู่แล้ว แต่ในกรณีที่เกษตรกรส่งดินมาตรวจวิเคราะห์กับกรมพัฒนาที่ดิน สามารถระบุผลการวิเคราะห์ดินเข้าไปในโปรแกรม จะทำให้ได้คำแนะนำการจัดการปุ๋ยที่มีความจำเพาะเป็นรายแปลง ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น และสามารถลดต้นทุนด้านการผลิตลง ก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน ตลอดจนให้กำไรสูงสุด

วิธีการใช้งานโปรแกรม เพียงมีโปรแกรมนี้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเปิดใช้โปรแกรมได้ โดยเมื่อเปิดโปรแกรม “ปุ๋ยรายแปลง” จะมีหัวข้อให้เลือก คือ การจัดการดินและปุ๋ย จากนั้นเลือกสถานที่ตั้งของแปลงแยกเป็นรายจังหวัด อำเภอ ตำบล และเลือกชุดดินที่ต้องการ ระบบจะปรากฏชนิดพืชที่ต้องการคำแนะนำ เมื่อเลือกข้อมูลครบแล้ว ผลลัพธ์จะแบ่งเป็นการจัดการดินและการจัดการปุ๋ย จากนั้น กดเข้าไปที่การจัดการดินระบบจะแสดงลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และวิธีการจัดการดินสำหรับปลูกพืช หรือ กดเข้าไปที่การจัดการปุ๋ย ระบบจะแสดงปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการต่อไร่ ช่วงเวลาและวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม หากต้องการรายละเอียดเพิ่ม ให้กดที่คำแนะนำเพื่อให้โปรแกรมแสดงสูตรและอัตราปุ๋ยที่ต้องใช้ เพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามคำแนะนำ โปรแกรมปุ๋ยรายแปลง เป็นโปรแกรมช่วยตัดสินใจ ในการจัดการดินตามค่าวิเคราะห์ของดินตามพื้นที่ แสดงการจัดการดินเบื้องต้น รวมถึงชนิด ปริมาณ และเวลา ในการใส่ปุ๋ย

การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงในการผลิตข้าว สุวรรณภา และกัญญาพร (2556) รายงานว่า การจัดการดินตามโปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลงทำให้ผลผลิตข้าวเป็นไปตามโปรแกรมที่คาดคะเนผลผลิตไว้ 308 - 467 กิโลกรัมต่อไร่ ในตำรับการ

ทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ โดยให้ผลผลิตข้าว 367.44 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 43.73 เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ซึ่งมีผลผลิตเพียง 226.48 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลงยังให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการลงทุนที่ดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ คือ 2,491 บาทต่อไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกรให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการลงทุนเพียง 1,347 บาทต่อไร่ สอดคล้องกับรายงานของ ยุพิน และคณะ (2550) ได้ศึกษาการจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าการปลูกข้าวโดยมีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำได้ผลผลิตเฉลี่ย 564 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นโดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 585 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีของเกษตรกรให้ผลผลิตเฉลี่ย 513 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมีต้นทุนต่ำสุด 328.85 บาทต่อไร่ ขณะที่การใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรมีต้นทุนเท่ากับ 392.16 บาทต่อไร่

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่ม ปี 2558 สิ้นสุด ปี 2560

สถานที่ดำเนินการ

ดำเนินการทดลองในพื้นที่เกษตรกรบ้านโพนเมืองน้อย ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ จุดพิกัด(ระบบ UTM) 48P N 457045 E 1732842

โดยปลูกข้าวปีละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 ปี ดังนี้

-ปลูกข้าวครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2558 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2558 เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว เมื่อ 9 พฤษภาคม 2558 และเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2558

-ปลูกข้าวครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2559 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน 2559 เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว เมื่อ 20 พฤษภาคม 2559 และเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2559

-ปลูกข้าวครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 2560 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2560 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว เมื่อ 30 พฤษภาคม 2560 และเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2560

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน เช่น ถุงพลาสติก ถังพลาสติก เสียมหรือพลั่วตักดิน
2. ถุงตาข่ายสำหรับเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว และตัวอย่างต้น-ฟางข้าว
3. ปุ๋ยเคมีสูตรสูตร 16-16-8 สูตร 46-0-0 และ สูตร 0-0-60

4. ซิลิคอนชนิดเม็ด (ชื่อการค้าแมคซีแคล 25 เปอร์เซ็นต์ซิลิคอน 2 เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียม และ 40 เปอร์เซ็นต์แคลเซียม)

5. ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร

6. เครื่องชั่ง และ เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

วิธีการดำเนินงาน

1. การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 5 treatment 3 Replication ดังนี้

ตำรับที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีวิธีเกษตรกร (ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่)

ตำรับที่ 2 ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง

ตำรับที่ 3 ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง

ตำรับที่ 4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ +ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง

<u>หมายเหตุ</u>

- ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงสำหรับข้าวไวต่อช่วงแสง คือ ไนโตรเจน อัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่

- การใส่วัสดุชนิดต่าง ๆ ในแต่ละตำรับการทดลองในการปลูกแต่ละครั้ง ใส่เหมือนกัน โดยวัสดุทั้ง 3 ชนิด ยิปซัม ซิลิคอน และปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ใช้วิธีหว่านให้ทั่วแปลงในอัตราที่กำหนดในแต่ละตำรับการทดลอง

2. ขั้นตอนดำเนินการ

2.1 การคัดเลือกพื้นที่ ควรคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำเซบก อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อยจำนวน 15 แปลง ขนาด 10 x10 เมตร รวมพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ โดยแต่ละแปลงย่อยทำคันนากว้าง 70 เซนติเมตร แบ่งแต่ละแปลงย่อย ส่วนคันนาที่แบ่งแต่ละซ้ำกว้าง 1 เมตร

2.2 จัดหาปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรในพื้นที่ ในปริมาณที่เพียงพอกับที่ต้องใช้ในการวิจัย และเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) ค่าพีเอชของดิน (pH) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

2.3 การเตรียมดิน ไถเตรียมดินจำนวน 2 ครั้ง คือ ไถดะ 1 ครั้ง และ ไถแปร 1 ครั้ง (หลังการใส่วัสดุปรับปรุงดิน)

2.4 การใส่วัสดุปรับปรุงดิน

1.) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ใส่รองพื้น (Basal)ในช่วงเตรียมดิน ช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน ตามตารางที่ 3 โดยกระจายให้ทั่วแปลง ไถและพรวนดินกลบ อัตราตามที่กำหนดในตำรับการทดลอง (500 กิโลกรัมต่อไร่)

2.) การใส่ยิปซัม ใส่รองพื้น (Basal) ในช่วงเตรียมดินก่อนหว่านข้าว โดยหว่านกระจายให้ทั่วแปลง จากนั้นไถและพรวนดินกลบ อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ (สำเนา ; 2553) ซึ่งเป็นอัตราที่มีรายงานว่าให้ผลต่อการปรับสภาพดินและผลผลิตพืชดีที่สุด

3.) การใส่สารซิลิเกต ใส่รองพื้น (Basal) ในช่วงเตรียมดินก่อนหว่านข้าว โดยหว่านกระจายให้ทั่วแปลง จากนั้นไถและพรวนดินกลบ อัตรา 25 กิโลกรัม ซิลิก้า(Si) ต่อไร่ (ชนิกานต์และคณะ ; 2555) ซึ่งเป็นอัตราที่ให้ผลต่อการปรับสภาพดิน ผลผลิตพืช และผลตอบแทนดีที่สุด

2.5 การปลูกข้าว ปลูกข้าวโดยวิธีหว่านข้าวแห้ง เนื่องจากเป็นวิธีการที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปฏิบัติกัน รวมทั้งพื้นที่บริเวณนี้มีการกระจายตัวของน้ำฝนไม่แน่นอน พันธุ์ข้าวที่ใช้คือ ขาวดอกมะลิ 105 ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเป็นการควบคุมให้ปริมาณของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่หว่านในแต่ละแปลงย่อยมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ จึงต้องชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับใช้แต่ละแปลงย่อย คือ 1.25 กิโลกรัมต่อแปลงย่อย (ขนาด 10 x 10 เมตร) แบ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวออกเป็นสองส่วน แล้วหว่านสลับกันสองครั้งต่อแปลงย่อย ซึ่งช่วงเวลาการหว่านข้าวในแต่ละปี ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างดิน ใส่วัสดุปรับปรุงดิน การปลูกและเก็บเกี่ยวข้าว

กิจกรรม	ปี		
	2558	2559	2560
1. การเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว			
ก่อนปลูกข้าว	9 พ.ค	20 พ.ค	30 พ.ค
หลังการเก็บเกี่ยว	30 พ.ย	25 พ.ย	30 พ.ย
2. การเตรียมดินและใส่วัสดุปรับปรุงดิน	9 มิ.ย	5 มิ.ย	31 พ.ค
3. การปลูกข้าว	10 มิ.ย	6 มิ.ย	4 มิ.ย
4. การใส่ปุ๋ยเคมี			
ครั้งที่1 (Top dress 1)หลังหว่าน 40 วัน	20 ก.ค	16 ก.ค	15 ก.ค
ครั้งที่2 (Top dress 2)หลังหว่านข้าว60 วัน	10 ส.ค	6 ส.ค	5 ส.ค
5. การเก็บเกี่ยวข้าว	12 พ.ย	8 พ.ย	9 พ.ย
6. การไถกลบตอซังข้าว	30 พ.ย	25 พ.ย	30 พ.ย

2.6 การดูแลรักษา

1.) การใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง สำหรับข้าวไวต่อช่วงแสง คือ 9 กิโลกรัม ไนโตรเจนต่อไร่ 6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ และ 6 กิโลกรัม

โพแทสเซียมต่อไร่ ซึ่งการทดลองนี้ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16 -16 - 8 และ 46 - 0 - 0 มาคำนวณให้ได้อัตราธาตุอาหารตามที่กำหนด ดังนี้

- ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16 -16 - 8 ในอัตรา 37.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะได้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 6 กิโลกรัมต่อไร่ ตรงตามคำแนะนำของโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง แต่ได้ปริมาณธาตุไนโตรเจน 6 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอัตราไนโตรเจนไม่ครบตามคำแนะนำของโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง (9 กิโลกรัมต่อไร่) ดังนั้นจึงเพิ่มด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46 - 0 - 0 อัตรา 6.52 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้ไนโตรเจนอีก 3 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งครบอัตราไนโตรเจนตามคำแนะนำของโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ส่วนวิธีของเกษตรกรจะใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16 -16 - 8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

- ทุกวิธีการแบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่1 (Top dress 1) ใส่ระยะข้าวแตกกอ หรือหลังจากหว่านข้าวประมาณ 40 วัน และครั้งที่ 2 (Top dress 2) ใส่ระยะที่ข้าวกำเนิดช่อดอก หรือหลังจากหว่านข้าวประมาณ 60 วัน

2.) การกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช การเก็บวัชพืชออกจากแปลง และใช้สารป้องกันและกำจัดโรคแมลงดำเนินการตามความเหมาะสม

3.) การควบคุมระดับน้ำในแต่ละแปลงย่อย ตรวจสอบคันนาให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์สามารถกักเก็บน้ำได้ หากพบชำรุดทำการแก้ไขเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำในแต่ละแปลงย่อย

4.) การเก็บเกี่ยวข้าว เก็บเกี่ยวเมื่อรวงข้าวในแปลงสุกเหลืองเต็มที่ โดยรวงจะโน้มลง เมล็ดในรวงมีสีฟางหรือเหลือง โคนรวงมีเมล็ดเขียวบ้างเล็กน้อย หรือที่เรียกว่า ระยะพลับพลึง ซึ่งเป็นระยะหลังจากข้าวออกดอกแล้วประมาณ 30 - 35 วัน (ประภาส ; 2531) โดยการเกี่ยวด้วยมือ ซึ่งช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวในแต่ละปี ตามตารางที่ 3

5.) การจัดการตอซังหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ทำการไถกลบตอซังและเศษฟางข้าว รวมไปถึงวัชพืชในแปลงคลุกเคล้าลงไปในดิน ประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน ของทุกปี ซึ่งช่วงเวลาการไถกลบตอซังในแต่ละปี ตามตารางที่ 3

2.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1.) ข้อมูลดิน ก่อนการทดลองในแต่ละปี เก็บตัวอย่างดินระดับความลึก 0 - 15 เซ็นติเมตร ดินในช่วงเดือนพฤษภาคม ตามตารางที่ 3 โดยเก็บตัวอย่างดินแยกตามวิธีการ บริเวณด้านบนของแปลง ส่วนกลางของแปลงและบริเวณท้ายแปลง แล้วนำมาคลุกเคล้ารวมกัน (composite sample) เลือกมา 1 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละวิธีการ รวม 15 ตัวอย่าง นำส่งวิเคราะห์หาค่าพีเอชของดิน (pH) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter ใช้ดิน : น้ำอัตราส่วน 1 : 1 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Walkley Black modified acid-dichromate digestion, FeSO4 titration method (Walkley and Black ; 1947) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurt ; 1945) ปริมาณโพแทสเซียม

ที่สกัดได้ (Extr.K) (Available Potassium) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc1N pH 7 และวิเคราะห์ปริมาณ K ด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน ; 2547) หลังการทดลองปี 2559 และ 2560 เก็บตัวอย่างดินเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง กล่าวคือแยกตามวิธีการ บริเวณด้านบนของแปลง ส่วนกลางของแปลง และบริเวณท้ายแปลง แล้วนำมาคลุกเคล้ารวมกัน (composite sample) เลือกมา 1 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละวิธีการ รวม 15 ตัวอย่าง โดยเก็บในช่วงเดือนพฤศจิกายน ตามตารางที่ 3 และส่งวิเคราะห์ดินเช่นเดียวกับก่อนการดำเนินงานทดลอง

2.) ข้อมูลสมบัติปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ส่งตัวอย่างวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) ค่าพีเอชของดิน (pH) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

3.) ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในช่วงการเก็บเกี่ยวข้าว จากทุกวิธีการ ในพื้นที่ 2 x 2 ตารางเมตร วิธีการละ 2 จุด นำไปผึ่งให้แห้ง วัดความชื้นที่ 14 เปอร์เซ็นต์ นำแต่ละตัวอย่างไปเก็บข้อมูล ดังนี้

- นับจำนวนต้นต่อตัวอย่าง วัดความสูงแต่ละต้น และชั่งน้ำหนักต้นรวม
- นับจำนวนรวงต่อตัวอย่าง และนวดเอาเมล็ด นำไปชั่งเป็นข้อมูลผลผลิตข้าว แล้วนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย
- นำเมล็ดข้าวที่ได้จากแต่ละตัวอย่าง สุ่มไปชั่งน้ำหนัก 100 เมล็ด และ แยกเมล็ดดี เมล็ดลีบ และคำนวนหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเมล็ดลีบ

4.) เก็บข้อมูลราคาผลผลิตข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ105 ราคาปุ๋ยเคมีตามราคาตลาดและแรงงานในการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อหาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

5.) เก็บบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าเตรียมพื้นที่ ค่าดูแลรักษา ค่าวัสดุการเกษตร ค่าเก็บเกี่ยว แยกตามวิธีการ เพื่อหาค่าผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลอง ดังนี้

1.) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance (ANOVA)) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแตกต่างตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความ แตกต่างของข้อมูลโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.) เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และวิจารณ์ สมบัติทางเคมีของดิน

3.) วิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ จากข้อมูล ผลผลิตข้าวต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่) ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม (บาท) มูลค่าผลผลิตต่อไร่ (บาท) ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อกิโลกรัม (บาท) และผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปรต่อไร่ (บาท)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. รายละเอียดสภาพพื้นที่ (Site Characterization)

จากการสำรวจและตรวจวิเคราะห์พื้นที่ที่ดำเนินการวิจัย โดยกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ให้ข้อมูลว่า พื้นที่แปลงวิจัยบ้านโพนเมืองน้อย ตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ อยู่ในชุดดินนาดูน (Nad-LsB) สถิระ และคณะ (2558) ให้รายละเอียดชุดดิน ดังนี้ ชุดดินนาดูน (Nadun series : Nad-LsB) กลุ่มชุดดินที่ 19B

การจำแนกดิน

(USDA) Coars-Loamy over ciayey, Mixed,Semiactive, isohyperthermic Aquic (Plinthaquic) Paleustalfs

สภาพพื้นที่ : ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 1-5 เปอร์เซ็นต์

ภูมิสัณฐาน : พื้นที่เกือบราบเรียบ (peneplain)

วัตถุต้นกำเนิด :การสลายตัวผุพังอยู่กับที่ หรือตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบที่ถูกชะมาทับถมอยู่บริเวณพื้นที่ที่เหลือค้างจากการกัดกร่อนที่รองรับด้วยหินทรายแป้งหรือหินดินดาน

การระบายน้ำ : ค่อนข้างเลว การซึมผ่านได้ของน้ำ : ช้า การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน : ช้า

การใช้ประโยชน์ : ทำนา

ลักษณะสมบัติของดิน : เป็นดินลึกมาก ดินบนมีเนื้อดินเป็นทรายปนดินร่วน หรือดินร่วนปนทรายสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง pH 5.0 - 6.0 ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา และอาจมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายปนลูกรังหนาประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร ส่วนที่ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร ลงไป เป็นชั้นดินเหนียวมีสีเทาอ่อนที่สลายตัวมาจากหินทรายแป้งพบจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง พบศิลาแลงอ่อนปริมาณมากและพบชั้นหินทรายแป้งที่กำลังผุภายในความลึก 150 เซนติเมตร ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด pH 4.5 - 5.5 ตลอดชั้นดิน

ข้อจำกัด : เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในช่วงฤดูฝนดินเปียกแฉะเกินไปสำหรับพืชไร่บางชนิด และหน้าดินค่อนข้างเป็นทราย มีศักยภาพค่อนข้างไม่เหมาะสมในการปลูกพืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น และพืชผัก เนื่องจากดินค่อนข้างเป็นทรายจัดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำนา เนื่องจากเนื้อดินและสภาพพื้นที่ไม่ค่อยเอื้ออำนวย ควรปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด หากใช้ทำนาควรจัดหาแหล่งน้ำในพื้นที่โดยการขุดสระเพื่อกักเก็บน้ำ

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

ผลของการปลูกข้าวปีละ 1 ครั้ง การใส่วัสดุปรับปรุงดินตามที่กำหนดในแต่ละตำรับการทดลองที่เหมือนกันทุกปี และมีการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวข้าวปีละ 1 ครั้ง

ต่อเนื่องกัน 3 ปี ทำให้ผลวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง สมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง ดังนี้

2.1 พีเอชดิน (pH)

พื้นที่แปลงวิจัยอยู่ในชุดดินนาดูน (Nad-sLB) กลุ่มชุดดินที่ 37B ผลการวิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการ (ปี2558) ที่ระดับความลึก 0 -15 เซนติเมตร พบว่าค่าพีเอชดิน มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.0 - 4.7 ซึ่งอยู่ในระดับดินเป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid) ถึงกรดจัดมาก (very strongly acid) เช่นเดียวกัน โดยมีค่าพีเอชดิน เฉลี่ย 4.28 ซึ่งอยู่ในระดับดินเป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลอง พบว่าค่าพีเอชดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกร มีค่าพีเอชดินสูงสุด (pH 4.7) มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น แต่ไม่แตกต่างกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ส่วนตำรับที่ใส่ซิลิคอน มีค่าพีเอชดินต่ำสุด (pH 4.0) มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกร และตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร แต่ไม่แตกต่างกับตำรับที่ใส่ยิปซัม และตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ตามตารางที่ 4

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ปี2560) หลังเก็บเกี่ยวข้าวขาวดอกมะลิ105 พบว่า ตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรซึ่งใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่ใช้วัสดุปรับปรุงดิน มีค่าพีเอชดินต่ำสุด และไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลอง ซึ่งอยู่ในระดับกรดจัดมาก (very strongly acid) วัดค่าพีเอช ได้ 4.7 โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับค่าพีเอชดินจากตำรับการทดลองอื่นยกเว้นจากตำรับที่ใส่ยิปซัม ส่วนตำรับการทดลองอื่น ๆ ที่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ ทั้งโดยการใส่อย่างเดียวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง พบว่าค่าพีเอชดินเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง วัดได้ค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.8 -5.0 ซึ่งอยู่ในระดับดินเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) เช่นเดียวกัน โดยตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร มีค่าพีเอชดินสูงสุด วัดค่า pH ได้ 5.0 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชดินจากตำรับที่ใส่ซิลิคอน (pH 4.9) และตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง (pH 4.9) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอยู่ในระดับดินเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) เช่นเดียวกัน ตามตารางที่ 4 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชดิน จากตำรับที่ใช้สารปรับปรุงดินทั้งสามชนิด คือ ซิลิคอน ยิปซัม และปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร พบว่าค่าพีเอชดินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารปรับปรุงดินทั้งสามชนิดกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามตารางที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชดินจากตำรับการทดลองต่าง ๆ ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) กับหลังการทดลอง (2560) ด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) โดยวิธี paired T Test พบว่าในวิธีการที่ใช้ซิลิคอน ยิปซัม และปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

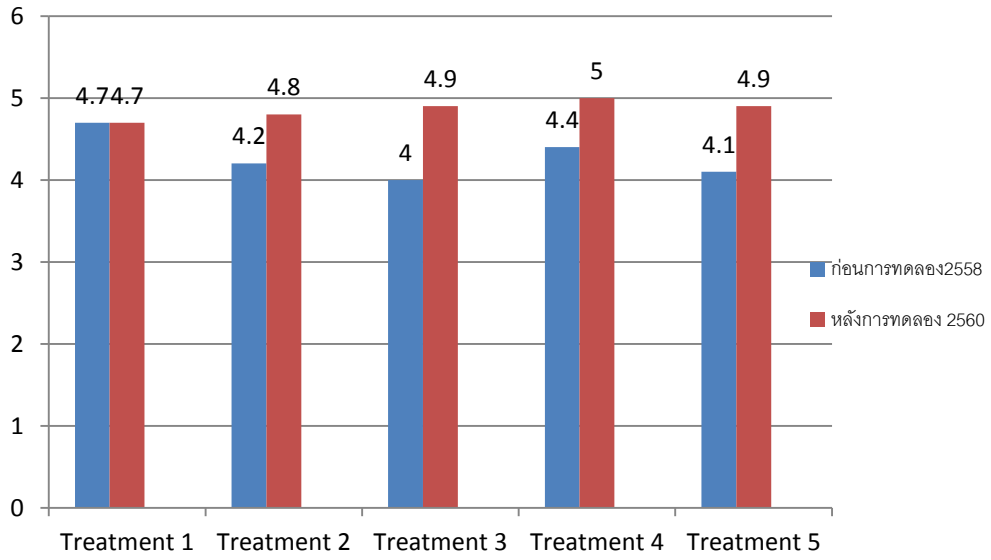
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 12)

ตารางที่ 4 ค่าพีเอชของดิน (pH) ก่อนและหลังการทดลอง

Treatment	pH (ดิน:น้ำ 1:1)	
	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	4.7a	4.7c
T2 ยิปซัม 200กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.2bc	4.8bc
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.0c	4.9ab
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	4.4ab	5.0a
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.1c	4.9ab
เฉลี่ย	4.28	4.89
F-test	*	*
C.V. (%)	4.72	1.73

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD



ภาพที่ 1 pH ดิน ก่อนและหลังการทดลอง

การที่ค่าพีเอชดินหลังการทดลอง มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 4.7 - 5.0 ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่เป็นกรดจัดมากเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง สาเหตุที่ค่าพีเอชดินเพิ่มสูงขึ้นจากก่อนการทดลองในทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้สารปรับปรุงดิน ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใส่วัสดุปรับปรุงดิน เช่น ยิปซัม ซิลคอน และปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร นอกจากนั้นเป็นผลมาจากการไม่เผาตอซังและวัชพืชในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าวของแต่ฤดูการผลิต แต่ให้ไถกลบลงดิน แต่เมื่อดูภาพรวมจะเห็นว่าค่าพีเอชดิน มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งเหตุผลส่วนหนึ่งมาจากอัตราการใช้วัสดุปรับปรุงดินในตำรับการทดลองอาจจะยังไม่เพียงพอกับการยกระดับค่าพีเอชของดิน เพราะดินก่อนการทดลองมี ค่าพีเอชดิน เฉลี่ย 4.28 ซึ่งอยู่ในระดับดินเป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid) นั่นเอง อย่างไรก็ตามค่าพีเอชดินที่วัดได้ ถือว่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์และประเมินผลความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของกรมพัฒนาที่ดินระหว่างปี 2547 - 2552 โดยเก็บตัวอย่างดินทั่วประเทศไปวิเคราะห์ ซึ่งพบว่า ค่าพีเอชดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ในช่วงกรดจัดถึงกรดจัดมาก โดยมีค่าพีเอชดิน อยู่ระหว่าง 4.6 - 5.5 คิดเป็นร้อยละ 53.81 ของข้อมูลที่เก็บจากทั้งประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2558)

ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีค่าพีเอชดินหลังการทดลอง ที่สูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรและมีความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใช้สารปรับปรุงดินชนิดอื่น พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถึงแม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลอง (2558) กับหลังการทดลอง (2560) โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) โดยวิธี paired T Test พบว่าค่าพีเอชดินมีความแตกต่างกัน แต่ก็อยู่ในระดับดินเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) เช่นเดียวกัน เหตุผลที่ค่าพีเอชดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เพราะสมบัติหลักในปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 42.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการย่อยสลาย อินทรียวัตถุหรือฮิวมัสจะทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชดินอย่างฉับพลัน ปัทมา (2558) อธิบายว่า ธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรียวัตถุได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และธาตุอื่นๆ การย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินเกิดขึ้นโดยอาศัยจุลินทรีย์ในดินที่ต้องการออกซิเจนเป็นตัวการสำคัญ ผลที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุมักเป็นพวกออกไซด์ เช่น ไนเตรต (NO_3^-) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ และ พลังงาน อินทรียวัตถุในดินมีผลโดยตรงต่อสมบัติของดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน สำหรับผลในด้านเคมี ถึงแม้ว่าจะไม่มีผลต่อการทำให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้น แต่อินทรียวัตถุช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (buffer capacity) เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินมีจำนวนประจุลบอยู่เป็นจำนวนมากสามารถจะดูดซับไอออนบวกได้เป็นปริมาณมาก ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาสมดุล (Equilibrium reaction) ไม่ว่าจะใส่สารประกอบที่มีความเป็นกรดหรือด่างลงไปในดินก็ไม่สามารถทำให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงสามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ; 2541

และ ปัทมา ; 2558) สอดคล้องกับการศึกษาของ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) พีเอชดินจะมีผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุและการเจริญเติบโตของพืช พืชหลายชนิดเจริญเติบโตได้ดีในช่วงค่าพีเอชดินที่เหมาะสมเท่านั้น และนอกจากนั้นค่าพีเอชดิน ยังมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายอินทรีย์สารของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย ช่วงของค่าพีเอชดินโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.0 - 9.0 ค่าพีเอชดินมีผลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกอยู่ในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ในดินที่พืชจะดึงดูดเอาไปใช้ได้ง่ายและมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับสภาพหรือระดับพีเอชของดินเป็นอย่างมาก ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินจะคงสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายและมีปริมาณมากที่พีเอช ช่วงหนึ่ง ถ้าดินมีค่าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าช่วงนั้น ๆ ก็เปลี่ยนสภาพเป็นรูปที่ยากที่พืชจะดึงดูดเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้

สำหรับการใช้ยิปซัม มีผลต่อการการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชดิน เพราะยิปซัมมีปฏิกิริยาเป็นกลางละลายในน้ำได้ โครงสร้างหลักประกอบด้วย แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) และโมเลกุลของน้ำ (H_2O) จากโครงสร้างดังกล่าวจึงใช้เป็นสารปรับสภาพดินกรดและดินเค็ม โดยแคลเซียมไอออนจะเข้าไปอยู่แทนที่อะลูมิเนียมไอออน (Al_3^+) ในดินกรดและโซเดียมไอออน (Na^+) ในดินเค็ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปิยะ (2553) รายงานว่า ยิปซัม สามารถใส่ได้ทั้งดินที่เป็นกรดและดินที่เป็นด่างสามารถปลดปล่อยธาตุแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ช่วยยับยั้งหรือลดความเป็นกรดในดินชั้นล่างได้ ยิปซัมถือเป็นวัสดุปูนอีกชนิดหนึ่ง ซึ่ง เจริญและคณะ (2540) ได้รายงานว่า การใช้ปูนเป็นวิธีการที่นิยมและปฏิบัติได้ง่ายในการปรับระดับค่าพีเอชของดินที่เป็นกรด วัสดุปูนที่ใช้สำหรับปรับปรุงดินกรด เพื่อยกระดับค่าพีเอชของดินให้สูงขึ้น ได้แก่ ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนตของแคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินหรือตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง สุวรรณภา และ กัญญาพร (2556) รายงานว่าการจัดการดินและปุ๋ยตามคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงทำให้ความเป็ดกรดเป็นด่างของดินมีค่าที่เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง โดยค่าพีเอชเพิ่มจาก 4.4 เป็น 5.2 สอดคล้องกับ มาฑินี และคณะ (2554) ซึ่งให้กล่าวว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยพืชสดคือถั่วพุ่ม สามารถยกระดับค่าพีเอชดินให้สูงขึ้น

สำหรับการใช้ซิลิคอนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ชนิกานต์ และคณะ (2555) รายงานว่า การใส่ซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานถลุงแร่เหล็กในการปลูกข้าว การใส่ซิลิคอนอัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง โดยมีค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมซึ่งไม่ได้ใส่ซิลิคอน (pH 5.17) โดยมีค่าพีเอชเพิ่มเป็น 5.60 อย่างไรก็ตาม พนิดา และคณะ (2560) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยซิลิคอน และวัสดุปรับสภาพดินที่มีซิลิคอนสูง ไม่มีผลต่ออินทรียวัตถุในดิน แต่มีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่ใส่วัสดุปรับสภาพดิน โดยค่าพีเอชของดินเปลี่ยนแปลงจาก 5.8 ก่อนการทดลอง เป็นพีเอช 4.73 ในหลังการทดลอง

นอกจากนั้นการที่ค่าพีเอชดินหลังการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่มีน้ำขังในนา ซึ่ง เจริญ และ คณะ (2541) และ อนนท์ (2547) รายงานว่า การขังน้ำในผิวหน้าดินเป็นระยะเวลานาน 10 -15 วัน ก่อนการปลูกข้าวจะช่วยทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นได้ โดยดินนาที่อยู่ในสภาพน้ำขังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทางชีวเคมี (Biochemical changes) ในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีเลย โดยจุลินทรีย์ที่เป็น Anaerobic micro organism จะใช้อนุมูลของธาตุไนโตรเจน แมงกานีส และเหล็กในดินที่อยู่ในรูป Oxidized forms เช่น NO_3^-, Mn^{+4} และ Fe^3 เป็นตัวรับอีเล็กตรอน เมื่อจุลินทรีย์ใช้อนุมูลเหล่านี้ไปจะทำให้ค่า Oxidation-reduction หรือ Redox potential (Eh) เปลี่ยนแปลงไปคือมีค่าลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ธาตุอาหารในดิน และสมบัติที่สำคัญอื่น ๆ เช่น ค่าพีเอชของดิน เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งระยะเวลาและความรุนแรงในการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอนุมูลที่จะเป็นตัวรับอีเล็กตรอน รวมทั้งค่าพีเอชของดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ในสภาพ reduction ธาตุเหล็กในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเปลี่ยนรูปจาก Ferric (Fe^3) ไปเป็น Ferrous (Fe^2) ดังนั้นเมื่อดินถูกน้ำขังกระบวนการต่าง ๆ โดยเฉพาะกระบวนการชีวเคมีดังกล่าว จะทำให้ค่าพีเอชของดินเปลี่ยนแปลงไป โดยค่าพีเอชของดินจะปรับเข้าสู่ความเป็นกลาง ดินที่มีค่าพีเอชต่ำหรือเป็นกรด เมื่อมีสภาพน้ำขัง ค่าพีเอชของดินจะถูกปรับให้สูงขึ้น สอดคล้องกับ Yamasaki (1960) ซึ่งได้ให้ข้อมูลว่าในสภาพดินนาที่ขังน้ำค่าพีเอชของดินจะเพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยารีดักชันและเมื่อระบายน้ำออกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ค่าพีเอชของดินจะลดลง

2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของดินจากสารละลายที่สกัดจากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$C มีหน่วยเป็น dS/m หรือ mmho/cm ก่อนการทดลองพบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 - 0.04 dS/m เฉลี่ย 0.032 dS/m ซึ่งอยู่ในระดับที่ปกติ ไม่มีความเค็ม และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.03 dS/m เฉลี่ย 0.024 dS/m ซึ่งอยู่ในระดับที่ปกติ ไม่มีความเค็ม แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity : EC) ก่อนและหลังการทดลอง

Treatment	EC (dS/m)	
	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	0.04a	0.02b
T2 ยิปซัม 200กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.03a	0.03a
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.03a	0.03a
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	0.03a	0.02b
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.03a	0.02b
เฉลี่ย	0.032	0.024
F-test	ns	*
C.V. (%)	17.12	18.63

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD

2.3.) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter (OM)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการ (ปี2558) ที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำโดยมีค่าระหว่าง 0.54 - 0.76 ได้ค่าเฉลี่ย 0.652 ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (low) ตามเกณฑ์ประเมินระดับสถานะสมบัติทางเคมีของดิน (ตารางภาคผนวกที่ 5) ซึ่งพบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ยิปซัม กับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีค่า OM ที่สูงกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ ส่วนตำรับการทดลองแบบเกษตรกร มีค่า OM ที่ต่ำกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่ซิลิคอน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ปี2560) หลังเก็บเกี่ยวข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ตำรับการทดลองแบบเกษตรกรซึ่งใช้ปุ๋ยเคมีโดยไม่มีการจัดการดินด้วยวัสดุปรับปรุงดิน ตำรับการทดลองที่ใส่ยิปซัม และตำรับการทดลองที่ใส่ซิลิคอน ปริมาณอินทรียวัตถุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองเล็กน้อย ซึ่งยังคงอยู่ในระดับต่ำ (low) ตามเกณฑ์ประเมินระดับสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยวัดปริมาณอินทรียวัตถุได้ 0.65, 0.63 และ 0.58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนตำรับการทดลอง ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ทั้งการใส่อย่างเดียวและการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงกว่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น ๆ โดยวัดปริมาณอินทรียวัตถุได้ 0.74 และ 0.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม

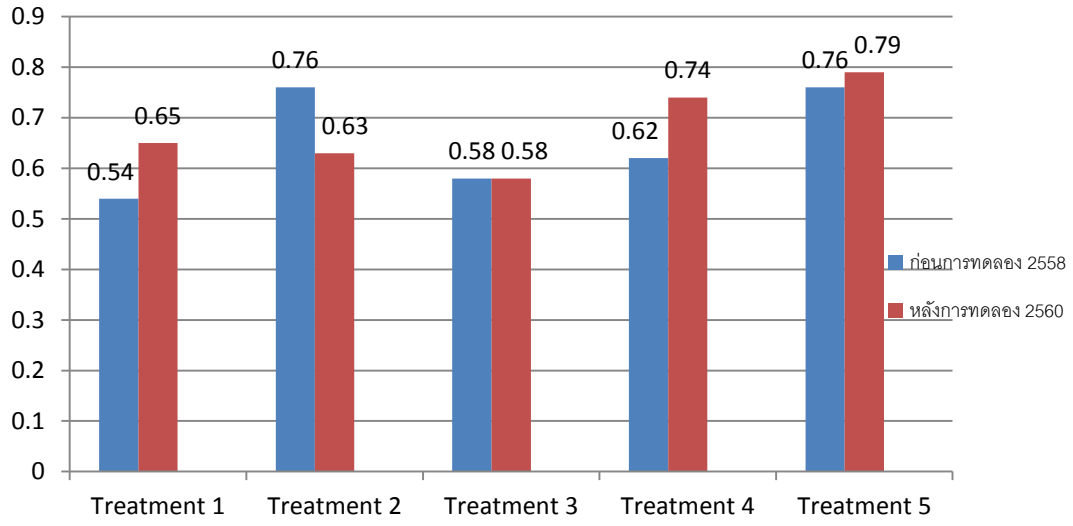
ค่า OM ที่วัดได้ยังอยู่ในระดับที่ต่ำ (low) ตามเกณฑ์ประเมินระดับสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ได้ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.74 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter : OM) ก่อนและหลังการทดลอง

Treatment	OM (%)	
	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	0.54c	0.65b
T2 ยิปซัม 200กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.76a	0.63b
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.58bc	0.58b
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	0.62b	0.74a
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.76a	0.79a
เฉลี่ย	0.652	0.678
F-test	*	*
C.V. (%)	4.14	6.24

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD



ภาพที่ 2 อินทรียวัตถุในดิน (Organic matter : % OM) ก่อนและหลังการทดลอง

เหตุผลที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง เนื่องมาจากทุกตำรับการทดลองไม่มีการเผาตอซัง แต่มีการไถกลบลงไปในดินพร้อมวัชพืชต่าง ๆ ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งในตำรับการทดลองต่าง ๆ แต่ละปีมีน้ำหนักแห้งตอซังข้าวในนา เฉลี่ย 1,214, 1,323 และ 1,343 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558, 2559 และ 2560 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยทั่วไปในนาข้าวจะมีตอซังและฟางข้าวในปริมาณ 0.32 - 1.6 ตันต่อไร่ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กรมพัฒนาที่ดิน ; 2540) ซึ่งสอดคล้องกับ เครือมาศ (2554) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา ในดินชุดกำแพงแสนในกระถางเพื่อปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในกระถางหลังจากการปลูกข้าวหนึ่งฤดูกาลได้วิเคราะห์คุณสมบัติของดินเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูก พบว่าหลังจากการเพาะปลูกข้าวในดินผสมฟางข้าวแห้งมี ธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ OM และ เปอร์เซ็นต์ OC มากที่สุด และมีค่า P และ K ในดินสูงกว่าดินธรรมดา และมีค่า bulk density น้อยที่สุดชี้ให้เห็นว่าดินใส่ฟางข้าวแห้งมีแนวโน้มที่จะใช้ในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลดการไถพรวนและมีแนวโน้มในการเก็บกักธาตุคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวได้มากที่สุด ซึ่งฟางแห้งสับช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์ OC เป็น 2.02 ซึ่งมากกว่าการปลูกข้าวในดินธรรมดาที่มีเปอร์เซ็นต์ OC เป็น 1.80 ร้อยละ 11

สำหรับในตำรับที่มีการจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร และปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง เนื่องจากคุณสมบัติหลักในปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ประกอบด้วยปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 42.6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีการย่อยสลายจึงช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ให้กับดินได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ จึงช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินได้บางส่วน ประมาณ 213 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนการใช้ซิลิคอนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของดิน ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการทดลองค่าอินทรียวัตถุ (OM) ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ชนิกานต์ และคณะ (2555) รายงานว่า การใส่ซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานถลุงแร่เหล็กในการปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยซิลิคอนและวัสดุปรับสภาพดินที่มีซิลิคอนสูงไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุ โดยมีค่าอินทรียวัตถุ (OM) ของดินก่อนการทดลอง 4.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พอหลังการทดลองมีค่าอินทรียวัตถุ (OM) 4.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการทดลองปี พ.ศ.2557 ที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากมีค่าระหว่าง 3.0 - 6.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้ค่าเฉลี่ย 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก และพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามตารางที่ 7 การที่ค่าฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากพื้นที่แปลงทดลอง เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวมาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินถูกใช้ไปในการให้ผลผลิตข้าว ประกอบกับก่อนการทดลองดินมีความเป็นเป็นด่างของดินอยู่ในระดับที่กรดจัดมาก จึงมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส เนื่องจากถูกตรึงโดยเหล็กและอะลูมินัม ไม่ถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายดินได้อย่างปกติ (ศิราณี ; 2557) ทำให้ฟอสฟอรัสในดินที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าต่ำ

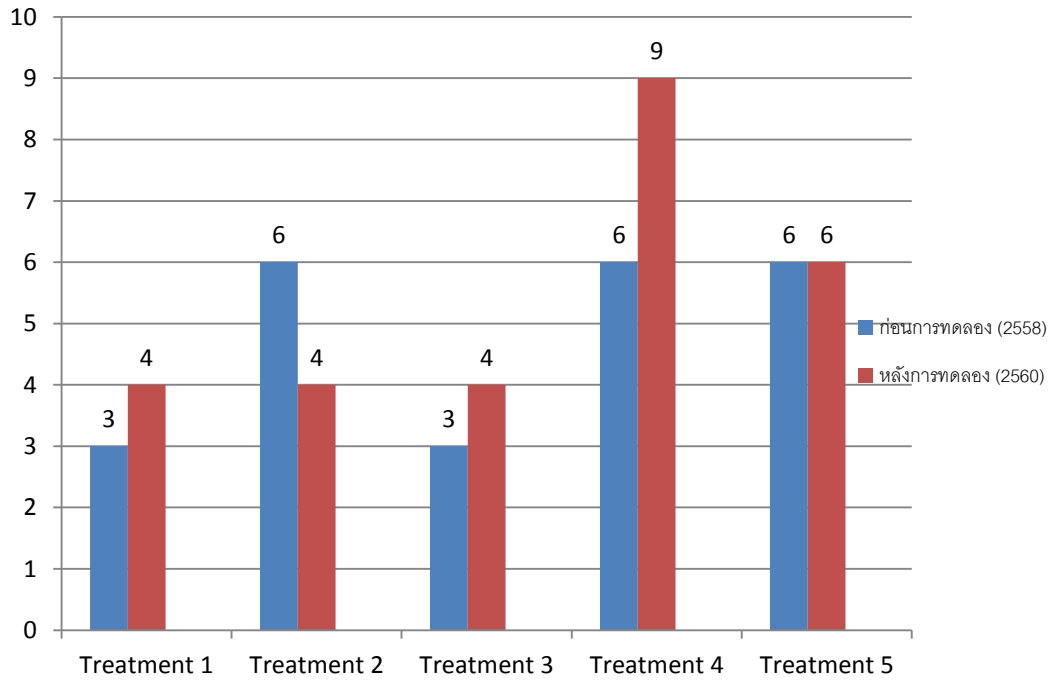
เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังเก็บเกี่ยวข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าในทุกตำรับการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองเล็กน้อย โดยตำรับที่ใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรซึ่งใช้เฉพาะปุ๋ยเคมีสูตร 16 - 16 - 8 ไม่ใช้วัสดุปรับปรุงดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองเล็กน้อย วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำ สำหรับการใส่ยิปซัม และซิลิคอนวัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากันคือ 4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นมากที่สุด วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 9.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ยังอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน ส่วนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกัน และพบว่าไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลอง ตามตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นพบว่าแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) โดยวิธี paired T Test พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 14)

ตารางที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Available P : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง

Treatment	Available P (mg/kg)	
	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	3b	4b
T2 ยิปซัม 200กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	6a	4b
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	3b	4b
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	6a	9a
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	6a	6ab
เฉลี่ย	4.8	5.4
F-test	*	*
C.V. (%)	13.26	11.18

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD



ภาพที่ 3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง

เหตุผลที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง เนื่องมาจากทุกตำรับการทดลองไม่มีการเผาตอซัง แต่มีการไถกลบลงไปในดินพร้อมวัชพืชต่าง ๆ ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งในตำรับการทดลองต่าง ๆ แต่ละปีมีน้ำหนักแห้งตอซังข้าวในนา เฉลี่ย 1,214, 1,323 และ 1,343 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558 2559 และ 2560 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 1) โดยทั่วไปในนาข้าวจะมีฟางข้าวในปริมาณ 0.32-1.6 ตันต่อไร่ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กรมพัฒนาที่ดิน ; 2540) ซึ่งจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าวพบว่ามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 0.14 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2535) เมื่อคิดจากน้ำหนักฟางที่เหลือในแปลงนา 1,293 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 3 ปี) สามารถให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลงไปในดินได้ เฉลี่ย 1.81 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี การไถกลบฟาง ตอซังข้าว หรือเศษเหลือของพืชลงไปจึงเป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดิน (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2535) ซึ่งสอดคล้องกับ เครือมาศ (2552) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา ในดินชุดกำแพงแสนในกระถางเพื่อปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในกระถาง หลังจากการปลูกข้าวหนึ่งฤดูกาลได้วิเคราะห์คุณสมบัติของดินเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูก พบว่าหลังจากการเพาะปลูกข้าวในดินผสมฟางข้าวแห้ง มีค่าฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าดินธรรมดา โดยดินผสมฟางข้าวแห้ง มีค่าฟอสฟอรัส 101.21 มิลิลกรัมต่อกิโลกรัม และในดินธรรมดา มีค่าฟอสฟอรัส 97.71มิลิลกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าดินก่อนการปลูกข้าว คือมีค่า 65.27 มิลิลกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนั้น การที่สมบัติของดินหลังการทดลอง มีค่าพีเอชดินที่เพิ่มขึ้น หรือมีระดับความเป็นกรดที่ลดลง โดยมีค่าพีเอชดิน เฉลี่ย 4.86 ซึ่งเป็นผลมาจากการไถกลบฟางหรือตอซังข้าว การใส่ยิปซัม และซิลิคอน ซึ่งในสภาพดินที่มีความเป็นกรดลดลง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจะถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายดินได้อย่างปกติหรือเพิ่มขึ้น แต่ในดินกรดจัดเหล็กและอะลูมินัมละลายได้ดีจึงตรึงฟอสฟอรัสอยู่ในรูปเหล็กฟอสเฟตและอะลูมิเนียมฟอสเฟต เมื่อใส่ปูนลงไปจะลดการละลายของเหล็กและอะลูมินัมลง ทำให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์กับพืชมากขึ้น (ศิราณี ; 2557) ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินจะคงสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย และมีปริมาณมากที่พีเอชช่วงหนึ่ง ถ้าดินมีค่าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าช่วงนั้น ๆ ก็เปลี่ยนสภาพเป็นรูปที่ยากที่พืชจะดึงดูดเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ เช่น ธาตุฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของสารละลายที่พืชดึงดูดไปใช้ได้ง่าย เมื่อดินมีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6.0 -7.0 ถ้าดินมีพีเอชสูง หรือต่ำกว่าช่วงนี้ ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินก็ลดน้อยลง เพราะไปทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินได้ง่ายขึ้น และแปรสภาพเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยาก ปุ๋ยฟอสเฟตที่เราใส่ลงไปในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกได้มากที่สุดก็เมื่อดินมีค่าพีเอชอยู่ในช่วงดังกล่าว ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดินจะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมด แต่จะสูญเสียไปโดยทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่างๆ ในดิน แปรสภาพเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากเสียกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเราเรียกว่าฟอสเฟตถูกตรึง ปุ๋ยฟอสเฟตจะถูกตรึงได้ง่ายและมากขึ้นไปกว่านี้ได้อีก ถ้าดินมีค่าพีเอช สูงหรือต่ำกว่าช่วงพีเอชดังกล่าวข้างต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ; 2541)

การที่ยิปซัมมีองค์ประกอบที่เป็นธาตุอาหารพืชสำคัญ คือ ธาตุแคลเซียม (Ca) และธาตุกำมะถัน (S) ในปริมาณที่สูง การใส่ยิปซัมในดินจึงช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินให้ดีขึ้น สามารถปลดปล่อยธาตุแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ช่วยยับยั้งหรือลดความเป็นกรดในดิน โดยเฉพาะในดินชั้นล่าง (ปิยะ ; 2553, Norton and Rhoton ; 2007) สำหรับการจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร และปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีปริมาณฟอสฟอรัสเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง เนื่องจากคุณสมบัติหลักในปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ประกอบด้วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 7.18 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2558) หรืออาจมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงถึง 94.33 ppm ในปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปผลไม้ (ปริญญรัตน์ ; 2552) ดังนั้น เมื่อปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีการย่อยสลายจึงสามารถเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ให้กับดินได้ ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ จึงเป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดินได้ถึง 35.9 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง และเพียงพอกับความต้องการของข้าวได้ อย่างไรก็ตามธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดหลักมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน แต่การสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินก็จะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน ดังนั้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร นอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยังได้ฟอสฟอรัสด้วย ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ ที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-}) ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก ดังนั้นจึงมักจะมีปัญหาเสมอว่า แม้ในดินจะมีฟอสฟอรัสมากก็จริงแต่พืชก็ยังขาดฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำยากนั่นเอง นอกจากนั้นแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินชอบที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้เมื่อใส่ลงไปดินประมาณ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ จะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากไม่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจึงไม่ควรคลุกเคล้าให้เข้ากับดินเพราะยิ่งจะทำให้ปุ๋ยทำปฏิกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในดินได้เร็วยิ่งขึ้น แต่ควรจะใส่แบบเป็นจุดหรือโรยเป็นแถบให้ลึกลงไปในดินในบริเวณรากของพืช ปุ๋ยฟอสเฟตนี้ถึงแม้จะอยู่ใกล้ชิดกับรากก็จะไม่เป็นอันตรายแก่รากแต่อย่างใด สำหรับการใช้ซิลิคอนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุฟอสฟอรัสในดิน หลังการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมก่อนการทดลอง เป็น 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ ชนิกานต์ และคณะ (2555) รายงานว่า การใส่ซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานถลุงแร่เหล็กในการปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยซิลิคอนและวัสดุปรับสภาพดินที่มีซิลิคอนสูงไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุ แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัส โดยมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนการทดลอง 30.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พอหลังการทดลองมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินเพิ่มเป็น 34.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนดำเนินการที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าระหว่าง 17.0 - 34.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้ค่าเฉลี่ย 25.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำมาก และพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง ตามตารางที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างปี 2547 - 2552 โดยเก็บตัวอย่างดินทั่วประเทศไปวิเคราะห์ พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำโดยมีค่าน้อยกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากภูมิภาคนี้ดินเป็นดินร่วนปนทรายวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินทรายที่มีแร่ที่ให้ธาตุโพแทสเซียมน้อยอยู่แล้วตามธรรมชาติ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2558)

ตารางที่ 8 ปริมาณโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : mg/kg)ก่อนและหลังการทดลอง

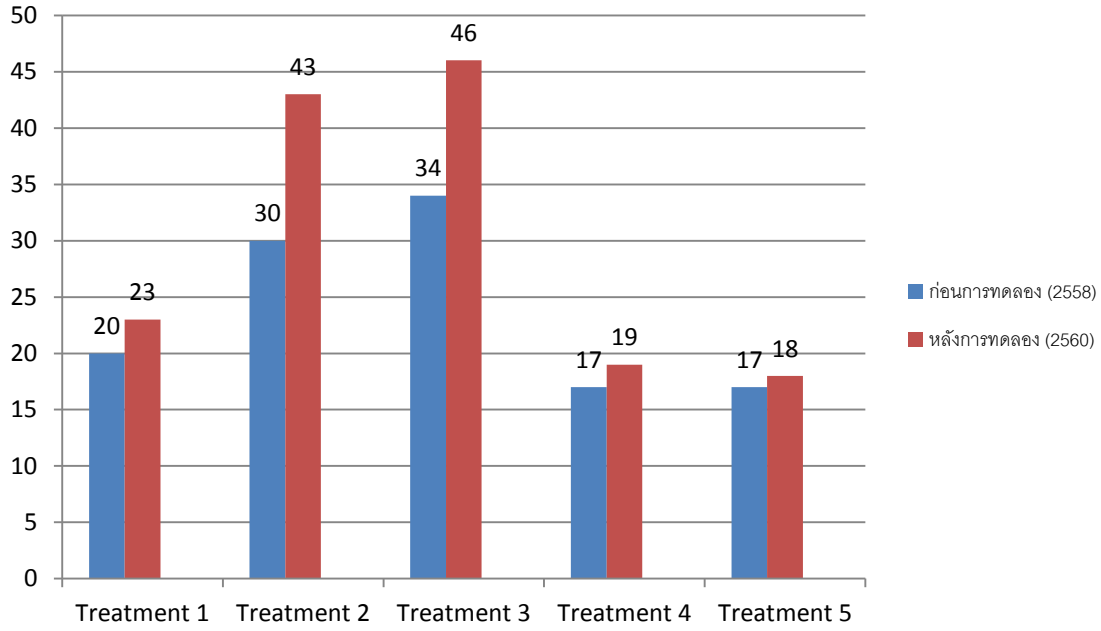
Treatment	Exchangeable K (mg/kg)	
	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	20b	23b
T2 ยิปซัม 200กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	30a	43a
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	34a	46a
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	17b	19b
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	17b	18b
เฉลี่ย	23.60	29.80
F-test	*	*
C.V. (%)	15.16	13.29

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง หลังเก็บเกี่ยวข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าในทุกตำรับการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง แต่ยังอยู่ในระดับต่ำมาก-ต่ำ และพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างตำรับการทดลอง โดยตำรับที่ใส่ยิปซัม และซิลิคอนร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากกว่าตำรับอื่น วัดได้ 43.0 และ 46.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ทั้งที่ใส่อย่างเดียวและที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำสุด วัดได้ 19.0 และ 18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับวิธีการแบบเกษตรกร

ซึ่งไม่มีการจัดการดิน มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 23.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามตารางที่ 8 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) โดยวิธี paired T Test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 15)



ภาพที่ 4 โพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : mg/kg) ก่อนและหลังการทดลอง

เหตุผลที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง เนื่องมาจากทุกตำรับการทดลองไม่มีการเผาตอซัง แต่มีการไถกลบลงไปในดินพร้อมวัชพืชต่าง ๆ ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งในตำรับการทดลองต่าง ๆ แต่ละปีมีน้ำหนักแห้งตอซังข้าวในนา เฉลี่ย 1,214, 1,323 และ 1,343 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558 , 2559 และ 2560 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 1) ทั่วไปในนาข้าวจะมีฟางข้าวในปริมาณ 0.32-1.6 ตันต่อไร่ (กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กรมพัฒนาที่ดิน ; 2540) ซึ่งจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าวพบว่ามีโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.20 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2535) เมื่อคิดจากน้ำหนักฟางที่เหลือในแปลงนา 1,293 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 3 ปี) สามารถให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลงไปในดินได้ เฉลี่ย 15.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ เครือมาศ (2554) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา ในดินชุดกำแพงแสนในกระถางเพื่อปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในกระถาง หลังจากการปลูกข้าวหนึ่งฤดูกาลได้วิเคราะห์สมบัติของดินเปรียบเทียบกับสมบัติของดินก่อนการเพาะปลูก พบว่าหลังจากการเพาะปลูกข้าวในดินผสมฟางข้าวแห้งมี ธาตุอาหาร K ในดินสูงกว่าดินธรรมดา โดยในดินที่ใส่ฟางข้าวแห้งมีปริมาณโพแทสเซียม 88.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในดินธรรมดามีปริมาณโพแทสเซียม 61.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร หลังการทดลองพบว่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง (จาก 17 เป็น 18 -19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เหตุผลเนื่องจากในปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรประกอบด้วยปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.53 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2558) ดังนั้นเมื่อปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร มีการย่อยสลายจึงช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ให้กับดินได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (ความชื้น 11.31เปอร์เซ็นต์) จึงช่วยเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ให้กับดินได้บางส่วน ประมาณ 2.35 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองจึงเพิ่มขึ้น สำหรับการใช้ใช้ซิลิคอน ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองค่อนข้างชัดเจน โดยหลังการทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมก่อนการทดลอง เพิ่มเป็น 43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ ชนิกานต์ และคณะ (2555) รายงานว่า การใส่ซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานถลุงแร่เหล็กในการปลูกข้าว การใส่ปุ๋ยซิลิคอนและวัสดุปรับสภาพดินที่มีซิลิคอนสูงไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุ แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมในดิน โดยมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินเพิ่มจาก 24.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 41.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในช่วงหลังการทดลอง

โพแทสเซียมในดินส่วนมากจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ รากพืชจะดูด K^+ จากดินด้วยกลไกที่มีความจำเพาะเจาะจง โพแทสเซียมในดินทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ 1) K^+ ในสารละลายดิน 2) โพแทสเซียมที่ดูดซับบนผิวคอลลอยด์ดิน ที่อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ 3) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ จะถูกตรึงอยู่ในหลืบของแร่ดินเหนียว 4) เป็นส่วนประกอบของแร่ ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นในดินที่มีแร่ดินเหนียวเป็นส่วนประกอบจะมีโพแทสเซียมในดินสะสมอยู่ในปริมาณมาก (ยงยุทธ และคณะ ; 2551) การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ซึ่งประกอบด้วยรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้คือโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) และโพแทสเซียมในสารละลายดิน (Soluble K) การเป็นไปของธาตุโพแทสเซียมอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่อ Soluble K สูญเสียไปกับการดูดกินของพืชหรือมีการสูญเสียไปกับการชะละลาย Exchangeable K ก็จะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาทดแทน ซึ่งจากการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรเพียงอย่างเดียว และที่มีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนวิธีการที่ใช้ยิปซัม และซิลิคอนร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชัดขึ้น โดยได้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลังการทดลองเพิ่มขึ้นเป็น 43.0 และ 46.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการใช้ยิปซัม และซิลิคอน ตามลำดับ โพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ มีกำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน

โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุมูลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชจะดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ถ้าธาตุโพแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุมูลบวก (K^+) พืชก็ยังดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์ไม่ได้ อนุมูลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้ ส่วนใหญ่จะดูดยึดที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นดินที่มีเนื้อดินละเอียด เช่น ดินเหนียว จึงมีปริมาณของธาตุนี้สูงกว่าดินพวกเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ถึงแม้โพแทสเซียมไอออนจะดูดยึดอยู่ที่อนุภาคดินเหนียว รากพืช ก็สามารถดึงดูดธาตุนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย ๆ พอกันกับเมื่อมันละลายอยู่ในน้ำในดิน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจจะใส่แบบคลุกเคล้าให้เข้ากับดินก่อนปลูกพืชได้ หรือจะใส่โดยโรยบนผิวดิน แล้วพรวนกลบก็ได้ถ้าปลูกพืชไว้ก่อนแล้ว

3. ผลผลิตข้าว

ปีที่ 1 (2558) พบว่า พบว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ทั้งการใช้เพียงอย่างเดียว ผลผลิตเฉลี่ย 478 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นผลผลิตข้าวที่สูงกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ย 468 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง กับตำรับที่ใช้ซิลิคอน อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง (ผลผลิตเฉลี่ย 455 กิโลกรัมต่อไร่) พบว่าให้ผลผลิตข้าวที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง และตำรับที่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ผลผลิตข้าวต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลผลิตจากทั้งสองตำรับการทดลองนี้ให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตเฉลี่ย 430 และ 415 กิโลกรัมต่อไร่ ตามตารางที่ 9

ปีที่ 2 (2559) พบว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด เฉลี่ย 487 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เป็นผลผลิตที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลผลิตจากตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง (ผลผลิตเฉลี่ย 477 กิโลกรัมต่อไร่) และตำรับที่ใช้ซิลิคอน อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง (ผลผลิตเฉลี่ย 455 กิโลกรัมต่อไร่) แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตจากตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 446 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรให้ผลผลิตข้าวต่ำที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตข้าวจากทุกตำรับการทดลอง เฉลี่ย 396 กิโลกรัมต่อไร่ ตามตารางที่ 9

ปีที่ 3 (2560) พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งที่ใช้อย่างเดียว และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงให้ผลผลิตข้าวสูง

ที่สุด เฉลี่ย 470 และ 486 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นผลผลิตที่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตจากผลผลิตจากตำรับการทดลองอื่น ๆ โดยตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ผลผลิตเฉลี่ย 443 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 435 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามผลผลิตจากทั้งสองตำรับให้ผลผลิตข้าวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง และตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ให้ผลผลิตข้าวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ผลผลิตข้าวต่ำที่สุด เฉลี่ย 402 กิโลกรัมต่อไร่ และเป็นผลผลิตที่แตกต่างกันทางสถิติกับผลผลิตจากตำรับการทดลองอื่น ยกเว้นตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ105 (กิโลกรัมต่อไร่)

Treatment	ปีที่ 1 (2558)	ปีที่ 2 (2559)	ปีที่ 3 (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	415.75c	396.80c	402.00d
T2 ยิปซัม 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	430.75c	477.25ac	443.20bc
T3 ซิลิคอน 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	455.75b	455.93ab	435.20cd
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500 กก./ไร่	468.57ab	446.02b	470.40ab
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร 500กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	478.75a	487.93a	486.40a
F-test	*	*	*
CV	2.87	4.60	4.93

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งที่ใช้อย่างเดียว และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 468 และ 478 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเป็นผลผลิตที่สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตจากการใช้ยิปซัม และซิลิคอน และการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เหตุผล เนื่องมาจากดินในแปลงวิจัยเป็นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก (อินทรียวัตถุเฉลี่ย 0.652 เปอร์เซ็นต์) และมีธาตุอาหารพืชที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เฉลี่ย 25.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การจัดการดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ซึ่ง

คุณสมบัติหลักในปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ประกอบด้วยปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 42.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรียวัตถุ อินทรียวัตถุหรือฮิวมัสจะมีผลโดยตรงต่อ สมบัติของดินทั้งทางด้าน เคมี กายภาพและชีวภาพของดิน กล่าวคือ ด้านเคมี อินทรียวัตถุเป็นแหล่งให้ธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ซึ่งเกิดจาก ปฏิกิริยามิเนรัลไลเซชัน (mineralization) ซึ่งจะปลดปล่อยธาตุดังกล่าวออกมาอย่างช้าๆ ด้านกายภาพ อินทรียวัตถุช่วยให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อน ทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น มีการถ่ายเทอากาศได้ดี มีการระบายน้ำได้ดี ทำให้ดินมีความชุ่มชื้นและอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และด้านชีวภาพ อินทรียวัตถุในดิน จะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในดินให้จุลินทรีย์ในดินสามารถทำกิจกรรมต่างๆได้ดีขึ้นช่วยยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิดโรคพืชของเชื้อโรค (ปัทมา ; 2558) นอกจากนั้นสารที่ได้จากการหมักอินทรียวัตถุจะมีความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูง ซึ่งช่วยทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดินอย่างฉับพลัน ทำให้ดินมีสภาวะที่เป็นกลางเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (ยงยุทธ และคณะ ; 2551) ในขณะที่การใส่วัสดุปรับปรุงดิน เช่น ยิปซัม และซิลิคอน ไม่มีผลในการปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมาะสมหรือเอื้อต่อการได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารในดินที่เด่นชัดไปจากวิธีการปรับปรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ซึ่งจะเห็นได้จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการทดลองในปี 2560 ตำรับที่ใช้ยิปซัมมีค่าพีเอชของดินวัดได้ 4.8 ซึ่งอยู่ในระดับดินเป็นกรดจัดมาก ซึ่งในดินที่เป็นกรดจัดมาก มีผลโดยตรงต่อการเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (เจริญ และคณะ ; 2540) นอกจากนั้นเนื่องจากพื้นที่ทำการทดลองค่า EC อยู่ในระดับปกติหรือไม่มีความเค็ม การใส่ยิปซัมจึงไม่มีผลปรับปรุงสมบัติของดินที่สามารถเอื้อต่อการให้ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นได้ ทั้งในด้านของการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินและการเพิ่มธาตุอาหารพืช ทำนองเดียวกันกับการใช้ซิลิคอน ซึ่งมีรายงานว่ามีผลในด้านสร้างความแข็งแรงและทนต่อการระบาดของโรคแมลง แต่ในปีการผลิตระหว่างการวิจัยไม่มีปัญหาเรื่องการระบาดของโรคแมลง ซิลิคอนจึงไม่ได้มีผลต่อการทำหน้าที่ดังกล่าวต่อข้าว

สำหรับการใช้ยิปซัม เมื่อเทียบกับการใช้ซิลิคอน พบว่าการใช้ยิปซัมให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการใช้ซิลิคอนซึ่งการใช้ยิปซัม อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 430 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่การใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 455 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรให้ผลผลิตข้าวต่ำที่สุด เฉลี่ย 415 กิโลกรัมต่อไร่ ตามตารางที่ 9

เหตุผลที่ผลผลิตข้าวจากตำรับที่ใช้ยิปซัม ให้ผลผลิตข้าวที่ต่างจากวิธีเกษตรกร ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว เนื่องมาจากยิปซัมใช้เป็นสารปรับสภาพดินกรดและดินเค็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดระดับความเป็นกรดและความเค็มในดิน ทำให้ดินมีความเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากขึ้น นอกจากนี้สมบัติของดินในพื้นที่ยังเป็นดินที่มีธาตุแคลเซียม ในระดับที่ต่ำมาก เฉลี่ย 231 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญของพืช ดังนั้นการใส่ยิปซัมซึ่งมี

ธาตุแคลเซียมในปริมาณที่สูง จึงสามารถช่วยเพิ่มธาตุแคลเซียมให้กับดินได้ ส่งผลดีต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีขึ้น ทำให้เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของพืช เนื่องจากธาตุแคลเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่า ยิปซัมมีปริมาณของจุลธาตุอื่น ๆเช่น กำมะถัน (S) ธาตุซิลิคอน (Si) ธาตุเหล็ก (Fe) และ ธาตุแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชที่มีส่วนช่วยในการสร้างโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของพืช ที่ส่งเสริมและสนับสนุนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งมีส่วนช่วยเสริมความสมบูรณ์แข็งแรงและต้านทานโรคได้อีกด้วย (ปิยะ ; 2553)

ในภาพรวมแล้วผลผลิตข้าวอยู่ระหว่าง 415 - 478 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่สูงตามศักยภาพของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 600 กิโลกรัมต่อไร่ (ปริญญรัตน์ ; 2552)สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากทรัพยากรดินของพื้นที่ส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากดินมีข้อจำกัดในเรื่องเนื้อดิน เช่น มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ทำให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำ และพื้นที่บางส่วนได้รับผลกระทบจากความเค็มของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน ; 2558) และมีพื้นที่ทำนาจำนวนมากเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากเป็นพื้นที่ดอนมาทำนา แม้จะใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแต่ดินมีข้อจำกัดในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมได้น้อย ทำให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช

4. องค์ประกอบผลผลิตข้าว

4.1 น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด

ปี 2558 พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งที่ใช้อย่างเดียว และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดมากที่สุด คือ 2.63 และ 2.66 กรัม แต่อย่างไรก็ตามทุกตำรับมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักเมล็ดระหว่าง 2.58 - 2.66 กรัม ปี 2559 พบว่าในตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งที่ใช้อย่างเดียว และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความสูงต้นจากตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง และตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง โดยมีค่าระหว่าง 2.54 - 2.67 เซนติเมตร แต่มีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ใช้วิธีเกษตรกร ส่วนในปี 2560 พบว่าตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดต่ำที่สุดคือ 2.51 กรัม และมีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด จากตำรับใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ซึ่งมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด 2.67กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับอื่น ๆ โดยมีน้ำหนักเมล็ดระหว่าง 2.51 - 2.62 กรัม ตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด ของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กรัม)

Treatment	ปีที่ 1 (2558)	ปีที่ 2 (2559)	ปีที่ 3 (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	2.58a	2.44b	2.62ab
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	2.62a	2.56ab	2.63ab
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	2.59a	2.54ab	2.51b
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กก./ไร่	2.63a	2.61a	2.56ab
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กก./ไร่+ ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	2.66a	2.67a	2.67a
F-test	ns	*	*
CV	1.87	4.11	2.81

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD

4.2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของผลผลิตข้าวต่ำที่สุด สอดคล้องกันทั้งสามปี โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 4.25, 4.12 และ 3.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับวิธีเกษตรกรมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของผลผลิตข้าวมากที่สุด สอดคล้องกันทั้งสามปี โดยมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ 4.87, 5.57 และ 5.18 เปอร์เซ็นต์ ตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%)

Treatment	ปีที่ 1 (2558)	ปีที่ 2 (2559)	ปีที่ 3 (2560)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	4.87a	5.57a	5.18a
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	3.89c	4.46bc	3.66b
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.70ab	4.80b	4.62ab
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กก./ไร่	4.15c	4.16c	3.86b
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กก./ไร่ +ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.25bc	4.12c	3.47b
F-test	*	*	*
CV	7.30	5.62	18.76

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD

5. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ยิปซัม ซิลิคอน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราคำแนะนำโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ที่มีต่อผลผลิตข้าว โดยคำนวณจากต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างไถเตรียมดิน ค่าแรงงานในการปลูกข้าว ค่าแรงการใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช และการเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าขนผลผลิตข้าว รวมถึงค่าวัสดุทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ค่าพันธุ์ข้าว ค่าปุ๋ยเคมี เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 3 ปี (2558 - 2560) พบว่า

ด้านต้นทุน เมื่อคิดต้นทุนผันแปร พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีค่าต้นทุนผันแปรสูงกว่าตำรับอื่น เฉลี่ย 3,678 บาทต่อไร่ รองลงมาคือตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง โดยมีต้นทุนผันแปร 3,438 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีค่าต้นทุนผันแปร 3,278 บาทต่อไร่ ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนผันแปร 2,950 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับวิธีเกษตรกร มีต้นทุนผันแปรต่ำสุด คือ 2,590 บาทต่อไร่

ด้านรายได้ พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ทำรายได้สูงที่สุด คือ 5,796 บาทต่อไร่ รองลงมาคือตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำรายได้ เท่ากับ 5,532 บาทต่อไร่ ส่วนการใส่วัสดุอื่น ๆ ทำรายได้ที่ต่ำกว่า การใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีรายได้ 5,400 บาทต่อไร่ การใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ทำรายได้ 5,376 บาทต่อไร่ ส่วนวิธีเกษตรกร มีรายได้ต่ำสุด คือ 4,848 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ตามตารางที่ 12

กำไรสุทธิ ซึ่งคำนวณจากรายได้ทั้งหมดและต้นทุนผันแปร พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ทำกำไรสุทธิสูงที่สุด คือ 2,582 บาทต่อไร่ รองลงมาคือตำรับตำรับวิธีเกษตรกร มีกำไรสุทธิ 2,250 บาทต่อไร่ ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ทำกำไรสุทธิเท่ากับ 2,118 บาทต่อไร่ ตำรับที่ใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีกำไรสุทธิ 2,122 บาทต่อไร่ และตำรับที่ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงที่ต่ำกว่า มีกำไรสุทธิต่ำสุด 1,938 บาทต่อไร่ ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 3 ปี (2558-2560)

Treatment	รายได้ (บาท/ไร่)	ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	4,848	2,590	2,250
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	5,400	3,278	2,122
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	5,376	3,438	1,938
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กก./ไร่	5,532	2,950	2,582
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	5,796	3,678	2,118

สรุปผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการจัดการดินนาด้วยยิปซัม ซิลิคอน และปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร พบว่า มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินให้เหมาะสมเพิ่มขึ้น โดยดูได้จากผลวิเคราะห์ดินเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ที่มีค่าสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ในทิศทางที่เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง โดยมีค่าพีเอชของดิน เพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 4.28 เป็นระหว่าง 4.8 - 5.0 ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) พบว่า มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 0.65 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลอง เป็นระหว่าง 0.74 - 0.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหตุผลที่มีปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร มีปริมาณอินทรียวัตถุมากถึง 42.6 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2558) เมื่อใส่ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุได้มากขึ้น 213 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในตำรับอื่น ๆ มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงค่าปริมาณอินทรียวัตถุ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง โดยเพิ่มจาก 3.0 mg/kg เพิ่มขึ้นเป็นระหว่าง 4.0 - 9.0 mg/kg ซึ่งส่วนหนึ่งได้ฟอสฟอรัสเพิ่มจากปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ซึ่งมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7.51 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ; 2558) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ชัดเจนในตำรับที่ใช้ยิปซัม และซิลิคอน โดยมีค่า

เพิ่มขึ้นจากระหว่าง 30.0 - 34.0 mg/kg เพิ่มเป็นระหว่าง 43.0 - 46.0 mg/kg แต่ในตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าระหว่าง 18.0 - 19.0 mg/kg ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำ เพียง 0.53 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น โดยสรุปผลการใช้จัดการดินด้วยวัสดุต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน แต่ปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ไม่ดีเท่าการใช้ยิปซัม และซิลิคอน กล่าวคือสมบัติของดินในตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ดินยังคงเป็นกรดจัดเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง ซึ่งมีผลทำให้ฟอสฟอรัสในดินถูกตรึง จึงพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสหลังการทดลองไม่เปลี่ยนแปลงค่าไปจากก่อนการทดลอง การใช้ยิปซัม และซิลิคอน ถึงแม้ว่าจะไม่ช่วยให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น แต่ช่วยเพิ่มฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมได้

ผลผลิตข้าว พบว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด และโดยมีค่าที่มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตจากตำรับอื่น ๆ สอดคล้องกันทั้งสามปี โดยมีผลผลิต 478 487 และ 486 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 483.66 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ปริญญรัตน์ (2552) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร จะทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม ในดินและในพืชสูงขึ้น ที่สำคัญสามารถช่วยปรับสภาพดินให้มีอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้นด้วย ในขณะที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี) ผลผลิต 468 , 446 และ 470 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558 2559 และ2560 ตามลำดับ เฉลี่ย 461.33 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตที่สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง สอดคล้องกันทั้งสามปี จึงสรุปได้ว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรเพื่อปรับปรุงดิน ให้ผลที่ดีกว่าการใช้ยิปซัม ในขณะที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี) มีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลผลิตจากตำรับที่ใช้ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

สำหรับการใช้ซิลิคอน อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 455 , 455 และ 435 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558 , 2559 และ2560 ตามลำดับ เฉลี่ย 448.33 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มว่าจะให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับผลผลิตจากการใช้ยิปซัมอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของจงรักษ์ และคณะ (2555) ที่รายงานว่า การใสฟอสฟอรัสและซิลิคอน มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด เมื่ออัตราการใสฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น การใสซิลิคอนร่วมกับฟอสฟอรัส จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น การใส่ซิลิคอนอัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าวสูงที่สุด จำนวนเมล็ดต่อกอมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการ

ใส่ซิลิคอนอัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การใส่ซิลิคอนอัตรา 320 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวสูงที่สุด สำหรับสมบัติของดินบางประการหลังปลูกข้าวพบว่า การใส่ซิลิคอนมีผลทำให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นหลังการปลูกข้าว (ชนิกานต์ และคณะ ; 2555) สอดคล้องกับ พงศ์เทพ (2556) ที่รายงานว่า ซิลิคอนมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช และเพิ่มผลผลิตอย่างเด่นชัดในพืชหลายชนิด เช่น ข้าว อ้อย แตงกวา พืชผัก ผลไม้ เป็นต้น ซิลิคอนสามารถให้ประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะกรณีพืชที่ปลูกได้รับความเค้น (Strees) จากทั้งสิ่งที่มีชีวิต เช่น โรคแมลง หรือสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สภาพแล้ง หรือน้ำค้างแข็ง ซิลิคอนสามารถช่วยบรรเทาความเสียหายจากสภาพเค้นเหล่านั้นได้ ซิลิคอนจะช่วยส่งเสริมให้ดินอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช

สำหรับการใช้ยิปซัม พบว่าไม่สามารถทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่ดีเท่ากับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร โดยพบว่าการใช้อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง ให้ผลผลิต 430 , 477 และ 443 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2558 , 2559 และ2560 ตามลำดับ เฉลี่ย 450 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เพราะยิปซัมเป็นวัสดุที่ช่วยแก้ปัญหาผิวดินจับตัวกันแน่น ทำให้น้ำและอากาศผ่านลงไปในดินชั้นล่างได้ดีขึ้น ยิปซัมช่วยลดสภาพดินเป็นกรดในดินชั้นล่าง ลดการเกิดโรคพืช ช่วยฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ปลูกพืชได้เป็นปกติ แต่ในยิปซัมไม่มีธาตุอาหารหลักของพืช ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มผลผลิตพืชนั่นเอง (สำเนา ; 2553)

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ด้านต้นทุน พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีค่าต้นทุนผันแปรสูงกว่าตำรับอื่น เฉลี่ย 3,678 บาทต่อไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีวิธีเกษตรกร มีต้นทุนผันแปรต่ำสุด คือ 2,590 บาทต่อไร่ ด้านรายได้ พบว่า ตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลงทำรายได้สูงที่สุด คือ 5,796 บาทต่อไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีวิธีเกษตรกร มีรายได้ต่ำสุด คือ 4,848 บาทต่อไร่ และเมื่อพิจารณาถึงกำไรสุทธิ พบว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ มีกำไรสุทธิสูงที่สุด คือ 2,582 บาทต่อไร่ ตำรับที่ใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง มีกำไรสุทธิต่ำสุด 1,938 บาทต่อไร่

ข้อเสนอแนะ

1.) ควรมีการศึกษาถึงอัตราที่เหมาะสมของปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรในการปรับปรุงดินประเภทต่างๆ และกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ตลอดจนควรมีการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งจากฟาร์มสัตว์และปศุสัตว์ชนิดอื่นๆ รวมไปถึงกากตะกอนจากแหล่งน้ำเสียชุมชน เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อมชุมชนให้ดีขึ้น

2.) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ อาจจะยังไม่สามารถเติมธาตุอาหารพืชลงในดินได้เพียงพอกับที่ดินขาด และความต้องการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกได้ ดังจะเห็นได้จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว ยังไม่สามารถให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้สูงตามศักยภาพของพันธุ์

3.) การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลง จะเห็นได้ว่าต้องใช้ในอัตราที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวิธีการของเกษตรกร ซึ่งเป็นเพราะสมบัติของดินที่ใช้ทำแปลงวิจัยเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แม้จะมีผลผลิตและผลตอบแทนที่สูงกว่าวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีแบบเกษตรกร แต่ยังมีต้นทุนที่สูงกว่าและไม่แตกต่างกัน และอาจจะเพิ่มความยุ่งยากในการเตรียมปุ๋ยเดี่ยวเพื่อใช้ให้ตรงกับความต้องการของข้าว และในส่วนที่ดินขาด อีกทั้งเกษตรกรต้องมีความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ดีในการผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง

4.) การใช้สารปรับปรุงดิน เช่น ยิปซัม และซิลิคอน ให้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรแล้ว เหตุผลส่วนหนึ่งเป็นเพราะอัตราที่ใช้ยิปซัม และซิลิคอน ในการวิจัยครั้งนี้อาจจะยังไม่เหมาะสมจึงไม่สามารถให้ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นได้เพียงพอ ดังนั้นเกษตรกรควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรจะได้ผลดีมากกว่า

5.) ควรนำตำรับการทดลองที่ได้ผลดีเด่นที่สุดจากการวิจัยในโครงการนี้ ทำการสาธิตในรูปแปลงใหญ่และเก็บข้อมูลในภาพรวมของพื้นที่ เพื่อได้ข้อมูลที่ชัดเจนเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2553. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดอำนาจเจริญ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 80 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2532. ดินที่มีปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของประเทศไทย. รายงานประจำปี 2532 กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 196 หน้า.

_____. 2535. การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. เอกสารวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 102 หน้า.

_____. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดินเล่มที่1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 442 - 458.

_____. 2554. คู่มือคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับพืชเศรษฐกิจรายตำบลประจำปีเพาะปลูก 2554 - 2556 อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 87 หน้า.

_____. 2556. โปรแกรมคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง. แหล่งที่มา : http://www.ldd.go.th/ สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มกราคม 2562

_____. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพ ฯ. 304 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2542. การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพ ฯ. 30 หน้า.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. สถิติภูมิอากาศ พ.ศ. 2557-2559. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. 2559ก. รายงานสรุปเนื้อที่ปลูกข้าวจำแนกตามระดับความเหมาะสมและพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่เหมาะสมของจังหวัดอำนาจเจริญ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 6 หน้า.

_____. 2559ข. รายงานการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. อุบลราชธานี. 20 หน้า.

_____. 2559ค. รายงานกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ ในพื้นที่รับผิดชอบของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. อุบลราชธานี. 2 หน้า.

_____. 2560. รายงานข้อมูลจำนวนเนื้อที่ดินมีปัญหาทางการเกษตรในพื้นที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.

กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. 2558. รายงานผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ กรมปศุสัตว์. 2560. ข้อมูลจำนวนสัตว์และปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2560.แหล่งข้อมูล : www.did.go.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 มกราคม 2562.

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้. 2540. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.165 หน้า.

กัณฑมาศ อยู่เจริญ และ ชมพูนุท ไชยรักษา. 2556. การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสียเพื่อปรับปรุงดินสำหรับปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์ มข.ปีที่41 ฉบับที่1. แหล่งที่มา : http://scijournal.kku.ac.th/files P.166-175.pdf. สืบค้นเมื่อ วันที่ 29 มกราคม 2562.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 186 -199 และหน้า 241-255.

เครือมาศ สมัครการ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. แหล่งข้อมูล : https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article. สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 กรกฎาคม 2562.

เจริญ เจริญจำรัสชีพ, กำชัย กาญจนธนเศรษฐ และ เมธิน ศิริวงศ์. 2540. การจัดการดินกรดในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 120 หน้า.

เจริญ เจริญจำรัสชีพ. 2541. คู่มือดินเปรี้ยวจัดและการจัดการเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, รัตนชาติ ช่วยบุดดา และ พจนีย์ มอญเจริญ. 2555. บทคัดย่อการศึกษาผลการใส่ซิลิกอนและฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 39 สาขาพืช. แหล่งที่มา : http://anchan.lib.ku.ac.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 1 ธันวาคม 2561.

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. 2561.การใช้ยิปซัมจากแม่เมาะจัดการดินกรดโดยใช้ปูนและอินทรียวัตถุ. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชครินทร์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2557. 10 หน้า

จีราภรณ์ อินทรสาร, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, สมชาย องค์ประเสริฐ, จักรพงศ์ ไชยวงศ์ และ วันวิสาข์ จันทิกา. 2560. การตอบสนองของถั่วลิสงต่อ FGD ยิปซัมในดินขาดกำมะถัน (S) และโบรอน (B). ในการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5. ณ โรงแรมเซ็นทราบายเซ็นทารา แจ้งวัฒนะ วันที่ 1 - 2 สิงหาคม 2560. กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ คำนึงกิจ, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ เอ็จ สโรบล. 2547. ผลของซิลิคอนที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินองครักษ์. วารสารดินและปุ๋ย. หน้า 69-81.

ชนิกานต์ เหลืองไพโรจน์, ศุภชัย อำคา, ชัยสิทธิ์ ทองจู และ นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2555. บทคัดย่อผลของซิลิคอนจากวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมถลุงแร่เหล็กต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและสมบัติเคมีของดินบางประการในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80. แหล่งที่มา : http://researchconference.kps.ku.ac.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2561.

ณรงค์ ชินบุตร. 2544. สถานการณ์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทยในปัจจุบัน. เอกสารประกอบการเสนอผลงานด้านวิเคราะห์วิจัยดิน การประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดินครั้งที่ 7 วันที่ 21 - 24 สิงหาคม 2544 โรงแรมเจ.บี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2554. ซิลิคอน. แหล่งที่มา : http://www.kasetporpeang.com. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2561.

นันทนา ชื่นอิ่ม, วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์, สมชาย กรีฑาภิรมย์ และ นุษรา สินบัวทอง. 2556. การใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าการวิเคราะห์ดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. แหล่งที่มา : http://www.agriman.doae.go.th/ สืบค้นเมื่อ วันที่ 14 ตุลาคม 2561.

นุจรินทร์ ศิริวาลย์. 2554. การปรับปรุงคุณภาพดินโดยใช้ยิปซัมเพื่อความยั่งยืนทางการเกษตร. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ป,ที่ 5 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2554. แหล่งที่มา : https://repository.rmutp.ac.th/bitstream/handle. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2560.

ประภาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2531. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด. กรุงเทพมหานคร. 108 หน้า.

ประสูติ สิทธิสรวง. 2537. คุณภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อปลูกต่างถิ่น. นสพ. กสิกร ฉบับเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม 2537. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 577-579.

ประสูติ สิทธิสรวง และจุลมณี ไพทูรย์เจริญลอย. (ไม่ระบุปี). ข้าวหอมมะลิ. เอกสารแผ่นพับ กลุ่มข้าว กองส่งเสริมพืชไร่นา กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ปัทมา วิตยากร แรมโบ. 2558. บทบาทของอินทรียวัตถุต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน. แหล่งที่มา : https://ag2.kku.ac.th/eLearning/132351/Doc/1223.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2562.

ปรัชญา ธัญญาดี, มธี มณีวรรณ, และพิรัชฌา วาสนานุกุล. 2537. ความรู้เรื่องอินทรียวัตถุ ใน คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 152 หน้า.

ปริญญรัตน์ สุวรรณเนาว์. 2552. การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนน้ำเสียโรงงานแปรรูปผลไม้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด. ฝ่ายบริการความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์. 2556. สารซิลิกอน. แหล่งที่มา : http://www.kasetnumchok.com. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 เมษายน 2562.

พจนีย์ มอญเจริญ. 2544. การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ฉบับที่ 2 /2544. 216 หน้า.

พนมเทียน ทองคำดี. 2559. การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปรับปรุงดินและน้ำหมักที่ผลิตจากกากตะกอนและน้ำล้างจากถังหมักไร้อากาศแบบกวนผสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้.แหล่งที่มา : http://webpac.library.mju.ac.th:8080/mm/fulltext/research. สืบค้นเมื่อ วันที่ 29 มกราคม 2562.

พนิดา ปลอดสันเทียะ, ศุภิฌา ชนะจิตต์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และ เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2560. ผลของซิลิคอนและวัสดุปรับสภาพดินที่มีซิลิคอนสูงต่ออ้อยที่ปลูกในชุดดินน้ำพอง. วารสารแก่นเกษตร 45 (1). หน้า 79 - 90

มาฑินี จึงจะดี , อดิศักดิ์ สรรพบพิตร และไพโรจน์ สุขหอม. 2554. ศึกษาการใช้พืชปุ๋ยสดร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำ(พด.2) เพื่อปลูกข้าวในพื้นที่หมู่บ้านพัฒนาที่ดิน บ้านต้นเนียง ตำบลเทพราช อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน ปี 2554. วันที่ 27 กุมภาพันธ์ - 1 มีนาคม 2554 ณ พิพิธภัณฑ์เกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 317.

มาโนช คงชุม. 2530. อิทธิพลของปูนและฟอสฟอรัสระดับต่างๆที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน การเจริญเติบโต การเกิดปม และผลผลิตของถั่วลิสงในชุดดินยโสธร วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปฐพีศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2551,ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 350.

ยุพิน รามณีย์ และ พรรณี จูฑามาตย์. 2550. การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2550. วันที่ 19 - 21 กุมภาพันธ์ 2550. กรมการข้าว กรุงเทพฯ. หน้า 217-223.

รัตนชาติ ช่วยบุดดา, พจนีย์ มอญเจริญ, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ เอ็จ สโรบล. 2544. อิทธิพลของซิลิกอนและฟอสฟอรัสต่อการดูดใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสของข้าว และข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิต. วารสารดินและปุ๋ย 23 (137-147) กรุงเทพฯ

ศิราณี วงศ์กระจ่าง และ บัญชา รัตนีทู. 2557.การจัดการดินกรดโดยใช้ปูนและอินทรียวัตถุ. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชครินทร์ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2557. 10 หน้า

สถิระ อุดมศรี,จตุรงค์ ลออพันธ์สกุล และ ธัญยธรณ์ จิตอรวรรณ์. 2558. ศักยภาพทรัพยากรดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ(ตามโครงการปรับฐานข้อมูลทรัพยากรดินเบื้องต้นลงบนภาพถ่าย Ortho ระยะที่ 2 มาตราส่วน 1:25,000). เอกสารวิชาการฉบับที่ 01/01/2558. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 219 หน้า.

สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 276 หน้า.

สุวรรณภา บุญจงรักษ์ และ กัญญาพร สังข์แก้ว. 2556. การจัดการดินและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรกรมพัฒนาที่ดินตามโปรแกรมการจัดการดิน และปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยรายแปลงเพื่อการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างยั่งยืน. เอกสารรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (วจ.3) สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. กรมพัฒนาที่ดิน. 24 หน้า.

สำนักงานสถิติจังหวัดอำนาจเจริญ. 2559. สถิติการปลูกพืชเศรษฐกิจจังหวัดอำนาจเจริญรายอำเภอ ปีเพาะปลูก 2557/2558. แหล่งที่มา : http://www.osthailand.go.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2560.

สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดอำนาจเจริญ. 2560. ข่าวประชาสัมพันธ์ผลรางวัลชนะเลิศการประกวดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระดับประเทศ. แหล่งที่มา : http://pr.prd.go.th สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2560.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547.คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดินน้ำปุ๋ยพืชวัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2550. เขตการใช้ที่ดินตำบลโพนเมืองน้อย อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ. เอกสารวิชาการเลขที่ 07/11/50. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 55 หน้า.

สำเนา เพชรฉวี. 2553. การใช้ยิปซั่มปรับปรุงดิน. แหล่งที่มา : http://www.kasetonline.com สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2561.

อนนท์ สุขสวัสดิ์. 2547. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินนาน้ำขัง. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพมหานคร. 116 หน้า.

อรรถ สมร่าง. 2545. แผนปฏิบัติการพัฒนาสินค้าเกษตรตามแนวยุทธศาสตร์สินค้าเกษตร (ข้าว อ้อย โรงงาน มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สับปะรด). กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

อัธยะ พินจงสกุลดิษฐ และ สมพร ผาตินาวิน. 2554. โปรแกรมดินไทยและธาตุอาหารพืช คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยรายแปลง. แหล่งที่มา : http://www.brrd.in.th/main/document/amari54/12.pdf, สืบค้นวันที่ 15 พฤศจิกายน 2560.

Barbosa et al., 1989; Hanay et al., 2004. Physical and Chemical properties of soil associated with heavy application of manure from cattle feedlots. Soil Sci. Soc.Am. Proc. 38 : 826 –830.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil.Soil Sci. 59: 39-45.

Farina,M.P.W.and P. channon.1988. Acid-subsoil amelioration: II.Gypsum effecte on growth and subsoil chemical properties. Soil Sci.Soc.AM.J.52:175-180

Grichar et al. 2018 Influence of Adjuvants on Efficacy of Postemergence Herbicides Commonly Used in Peanut (Arachis hypogaea L.) The source: https://www.intechopen.com/books/legume-crops- in-peanut-em-arachis-hy. view at : December 26th 2019

Hanay et al. 2004. Physical and Chemical properties of soil associated with heavy application of manure from cattle feedlots. Soil Sci. Soc.Am. Proc.38: 826-830.

Hussain et al. 2001. Physical and Chemical properties of soil associated with heavy application of manure from cattle feedlots.Soil Sci.Soc.Am. Proc. 38 : 826-830.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dep. of Land Development, Min. of Agri. and Coop, Bangkok. 135 p.

Norton, L. D. and F. Rhoton. 2007. FGD gypsum influences on soil surface sealing, crusting, infiltration and runoff. Presented at the workshop on Agricultural and

Industrial Uses of FGD Gypsum. The Source : http:// library.acaa-usa.org/5-.pdf. view at : December 26th 2019

Ozanne, P.G.1980. phosphate nutrition of plant A-general treatise. From:The Role of phosphorus in Agricuture. Eds. F. Khasawnh, E. Sample, E. Kamprath. ASA Madison, Wisconsin. pp. 559-585.

Soil Science Society of America (SSSA). 2008. Glossary of Soil Science Terms 2008. Meaning of saline soil. 88 p. The source:https://www.soils.org/soils-glossary. view at : March 30th 2020.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. U.S. Department of. Agriculture Handbook 18. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. The Source : https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf view at : April 16th 2019.

Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil.Bray II, R.H. and L.T. Kurtz.1945 Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45
Sci. Amer. Proc. 63:257.

Yadav et al. 2015. Effect of Gypsum on Growth and Yield of Groundnut (Arachis hypogaea L.) Environment & Ecology 33 (2) : 676-679, The source: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.of.pdf. view at : April 1st 2020.

Yamasaki, K. 1960. Studies on a classification of paddy soil with special reference to the pedogenetic processes, pp. 1-105 *In* Special Bulletin of Toyama Prefecture Agricultural Experiment Station No. 1

Zaka et al. 2003. Agromelioration of saline sodic soil. OnLine J Biol Sci 3:329–334. The source: http://www.cropj.com/suryian.pdf. view at : April 1st 2020.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักฟางและตอซังของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กิโลกรัมต่อไร่)

Treatment	ปีที่ 1 (2558)	ปีที่ 2 (2559)	ปีที่ 3 (2560)	เฉลี่ย
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	1,090c	1,161b	1,286a	1,179
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรม ปุ๋ยรายแปลง	1,173bc	1,414a	1,234a	1,274
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	1,234ab	1,411a	1,318a	1,321
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กก./ไร่	1,276a	1,341a	1,518a	1,378
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	1,299a	1,286ab	1,357a	1,314
เฉลี่ย	1,214	1,323	1,343	1,293
F-test	*	*	ns	
CV	4.95	7.00	12.87	

หมายเหตุ: * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 2 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวขาวดอกมะลิ 105

กิจกรรม	ตำรับการทดลอง				
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5
1. การเตรียมดิน (บาท/ไร่)					
1.1 ไถเตรียมดิน (ไถดะ)	250	250	250	250	250
1.2 เตรียมดินก่อนหว่าน (ไถแปร)	300	300	300	300	300
1.3 ไถเตรียมดินหลังหว่านวัสดุปรับปรุงดิน	0	300	300	300	300
2. การปลูก (บาท/ไร่)					
2.1 หว่านข้าว	-	-	-	-	-
3. การดูแลรักษา (บาท/ไร่)	-	-	-	-	-
3.1 ใส่ปุ๋ยเคมี					
4. วัสดุการเกษตร (บาท/ไร่)					
4.1 ปุ๋ยเคมี 46-0-0	140	92	92	0	92
4.2 ปุ๋ยสูตร 16-16-8	800	600	600	0	600
4.3 ปุ๋ยสูตร 0-0-60	0	36	36	0	36
4.4 ยิปซัมชนิดผง	0	600	0	0	0
4.5 ซิลิคอนชนิดผง	0	0	760	0	0
4.5 เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105	600	600	600	600	600
4.6 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร	0	0	0	1000	1000
5. การเก็บเกี่ยว (บาท/ไร่)					
5.1 เก็บเกี่ยวผลผลิต	500	500	500	500	500
รวมค่าใช้จ่าย	2,590	3,278	3,438	2,950	3,678
ผลผลิตต่อไร่	404	450	448	461	483
ราคาผลผลิตต่อกิโลกรัม	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
รวมรายได้	4,848	5,400	5,376	5,532	5,796
ผลตอบแทนเหนือค่าใช้จ่ายผันแปร	2,250	2,122	1,938	2,582	2,118

หมายเหตุ : - ราคาปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ราคา 14 บาท/กก. ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ราคา 16 บาท/กก. สูตร 0-0-60 ราคา 10 บาท/กก

-.ซิลิคอนชนิดผง (ซิลิคอน25%) ราคา 7.6 บาท/กก. ยิปซัมชนิดผง ราคา 3 บาท/กก.

- เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ราคา 30 บาท/กก.

- เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กก./ไร่ และ 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่

- ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร ราคา 2 บาท/กก.

ตารางภาคผนวกที่ 3 ระดับการประเมินสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมี	ระดับการประเมิน						
	ต่ำมาก	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	ปานกลาง	ค่อนข้างสูง	สูง	สูงมาก
OM (%)	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	>4.5
Avail. P (mg/kg)	<3	3-6	6-10	10-15	15-25	25-45	>45
Avail. K (mg/kg)	<30	30-60	-	60-90	-	90-120	>120
Ext. Ca (mg/kg)	<400	400-1000	-	1000-2000	-	2000-4000	>4000
Ext. Mg (mg/kg)	<36	36-120	-	120-360	-	360-900	>900

ที่มา : Soil Survey Division Staff, 1993

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร

สมบัติทางเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากกากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกร
1. ค่า pH (1:2)	6.4
2. ค่า EC (dS/m)	3.48
3. C/N Ratio	7.8
4. OM (%)	42.6
5. N (%)	3.13
6. P_2O_5 (%)	7.51
7. K_2O (%)	0.53
8. สิ่งเจือปน (%)	0
9. Moisture	11.31

ที่มา : กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 อุบลราชธานี (2558)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ระดับสถานะสมบัติทางเคมีของดิน

1.) ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil reaction)	
ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด(Ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก(extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย(slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0
2.) ระดับอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธีการของ Walkley and Black	
ระดับ (rating)	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก (very low)	< 0.5
ต่ำ (low)	0.5–1.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0–1.5
ปานกลาง (medium)	1.5–2.5
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5–3.5
สูง (high)	3.5–4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5
3.) ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avai.P) โดยวิธีการ Bray II	
ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ต่ำมาก (very low)	< 3
ต่ำ (low)	3-10
ปานกลาง (medium)	11-15
สูง (high)	16-45
สูงมาก (very high)	> 45
4.) ระดับโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extr.K) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1*N*pH 7	
ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ต่ำมาก (very low)	< 30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (medium)	61-90
สูง (high)	91-120
สูงมาก (very high)	>120

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)และ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

ตารางภาคผนวกที่ 6 สมบัติทางเคมีของยิปซัมธรรมชาติและยิปซัมสังเคราะห์

สมบัติของยิปซัม	ประเภทยิปซัม	
	ยิปซัมธรรมชาติ	ฟอสโฟยิปซัม
CaSO4.2H2O (%)	93.36	95.48
pH	6.76	5.00
CaO (%)	33.38	32.98
SO3 (%)	45.63	45.34
Solubility (g/100 g H2O)	0.2635	0.2713
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (μm)	337.70	200.30
ค่า CEC (cmol/kg หรือ meq/100g)*	0.2	0.6

ที่มา : นุจรินทร์ (2554)

ตารางภาคผนวกที่ 7 อัตราส่วนในการใส่ยิปซัมปรับปรุงและแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน

สภาพของดิน	อัตราส่วนการใส่ยิปซัม	วิธีการใส่ยิปซัม
ดินเค็ม	200 กก./ไร่ ขึ้นไป	หว่านบนผิวดินและคลุกเคล้าเข้ากับดินไถพรวนขณะเตรียมดิน
ดินมีลักษณะเป็นแผ่นแข็งที่ผิวดิน	150-300 กก./ไร่/ปี	ฉีดพ่นทางน้ำหยดให้น้ำท่วมขัง หรือฉีดเป็นฝอย
ดินเสื่อมโทรม	150-300 กก./ไร่/ปี	หว่านบนผิวดินและคลุกเคล้าเข้ากับดินขณะเตรียมดิน
ดินที่ต้องการปริมาณธาตุอาหารพืช ประเภทแคลเซียม และกำมะถัน	100-200 กก./ไร่/ปี	หว่านบนผิวดินและคลุกเคล้าเข้ากับดิน

ที่มา : สำเนา (2553)

ตารางภาคผนวกที่ 8 ลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

พารามิเตอร์	ปริมาณ
อัตราการเกิดน้ำเสีย	10-20 ลิตรต่อตัวต่อวัน
บีโอดี	15,00-3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีโอดี	40,00-7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	20,00-4,800 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนโตรเจนในรูป TKN	400-800 มิลลิกรัมต่อลิตร
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6-8

ที่มา : พนมเทียน (2559)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ปริมาณของสิ่งขับถ่ายสุกรในแต่ละวัน

ชนิดของสุกรที่ขับถ่าย	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	ร้อยละของความชื้น	ปริมาณ (ลิตรต่อวัน)
แม่สุกรท้องว่าง	90-120	90	4
สุกรขุน อาหารแห้ง	90-120	90	12
สุกรขุนอาหารเหลว (4:1)	40-75	90	4

ที่มา : พนมเทียน (2559)

ตารางภาคผนวกที่ 10 กลุ่มชุดดิน และพื้นที่อื่น ๆ ที่พบในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ

ลำดับที่	กลุ่มชุดดิน	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
1	6	216
2	7	43,914
3	15	102,536
4	16	10,893
5	17	-
6	18	3,390
7	19	59,985
8	20	-
9	22	133,572
10	24	28,378
11	25	12
12	29	-
13	33	2,987
14	35	8,603
15	36	29,681
16	37	609,548
17	38	11,687
18	40	506,851
19	41	130,050
20	44	107,568
21	46	-
22	48	2,401
23	49	31,213
24	55	-
25	56	13,812
26	62	37,562
27	ES (ผาชัน)	1,461
28	F (ป่าไม้)	-
29	ML (พื้นที่เบ็ดเตล็ด)	-
30	RL (ที่ดินเต็มไปด้วยก้อนหิน)	4,411
31	U (หมู่บ้าน)	63,053
32	W(แหล่งน้ำ)	31,996
	รวมพื้นที่(ไร่)	**1,975,780**

ที่มา : กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 (2559ค)

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดอำนาจเจริญ พ.ศ. 2557 - 2559

เดือน	ปริมาณน้ำฝน ปี 2557 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี 2558 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี 2559 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย 3 ปี (มิลลิเมตร)
เมษายน	40.42	61.6	37.6	46.54
พฤษภาคม	166.3	89.7	61.9	105.96
มิถุนายน	702.8	132.7	336.0	390.5
กรกฎาคม	601.2	248.8	160.3	336.76
สิงหาคม	241.9	164.2	139.9	182.0
กันยายน	166.9	107.2	327.3	200.46
ตุลาคม	18.4	169.4	51.6	79.8
พฤศจิกายน	26.8	24.0	52.1	34.3
ธันวาคม	3.1	0.0	0.0	1.03
มกราคม	0.0	34.8	0.0	11.6
กุมภาพันธ์	3.7	0.0	5.5	3.06
มีนาคม	0.0	0.0	93.5	31.16
จำนวนวันที่ฝนตก	74	65	78	72.3
ปริมาณน้ำฝนรวม	1,971.3	1,032.4	1,275.7	1,426.47

ที่มา : สำนักชลประทานที่ 7 กรมชลประทาน (2548) และ กรมอุตุนิยมวิทยา (2560)

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) pH ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)

Treatment	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)	ผลการวิเคราะห์		
			ค่า p ที่คำนวนได้	ระดับความเชื่อมั่น	ความแตกต่าง
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	4.7	4.7	0.0648	0.05	ns
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรม ปุ๋ยรายแปลง	4.2	4.8	0.0039	0.05	*
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.0	4.9	0.0006	0.05	*
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กก./ไร่	4.4	5.0	0.0011	0.05	*
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	4.1	4.9	0.0028	0.05	*

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.05
ns = ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) OM ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)

Treatment	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)	ผลการวิเคราะห์		
			ค่า p ที่คำนวนได้	ระดับความเชื่อมั่น	ความแตกต่าง
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	0.54	0.65	0.9466	0.05	ns
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรม ปุ๋ยรายแปลง	0.76	0.63	0.0230	0.05	*
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.58	0.58	0.0065	0.05	ns
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กก./ไร่	0.62	0.74	0.0922	0.05	*
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	0.76	0.79	0.0173	0.05	ns

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.05
ns = ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) P ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)

Treatment	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)	ผลการวิเคราะห์		
			ค่า p ที่คำนวนได้	ระดับความเชื่อมั่น	ความแตกต่าง
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	3	4	0.2019	0.05	ns
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรม ปุ๋ยรายแปลง	6	4	0.9612	0.05	ns
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	3	4	0.1053	0.05	ns
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กก./ไร่	6	9	0.0170	0.05	*
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	6	6	0.4823	0.05	ns

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.05
ns = ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.05

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นคู่ (paired comparison) K ของแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิธี paired T Test ระหว่างก่อนการทดลอง (2558) และหลังการทดลอง (2560)

Treatment	ก่อนการทดลอง (2558)	หลังการทดลอง (2560)	ผลการวิเคราะห์		
			ค่า p ที่คำนวนได้	ระดับความเชื่อมั่น	ความแตกต่าง
T1 ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร	20	23	0.1334	0.05	ns
T2 ยิปซัมอัตรา 200 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรม ปุ๋ยรายแปลง	30	43	0.0814	0.05	ns
T3 ซิลิคอนอัตรา 25 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	34	46	0.0546	0.05	ns
T4 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา 500 กก./ไร่	17	19	0.0355	0.05	ns
T5 ปุ๋ยอินทรีย์กากตะกอนบ่อน้ำทิ้งฟาร์มสุกรอัตรา500 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีตามโปรแกรมปุ๋ยรายแปลง	17	18	0.1053	0.05	ns

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.05
ns = ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อค่า p ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 0.05