รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ด
ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในดินเปรี้ยวจัด จังหวัดปทุมธานี
Study the Mixture Ratio between Marl Silicon and Biochar to Form Pellets
For Rice Growth on Acid Sulfate Soil in Pathumthani Province .

จัดทำโดย
นางสาววนิศรา ม่วงศรี
นายสกล ผ่านเมือง
นางจรัสศรี สุมะนังกุล
นางสาวกัญจน์รัชต์ ลชิตาวงศ์
นางสาวสุปราณี ต้นจาน

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 64 65 03 02 0000 0130102 02 23
กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
มีนาคม 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(3)
สารบัญภาพภาคผนวก	(4)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	6
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	7
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	9
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	20
การเผยแพร่งานวิจัย	20
ประโยชน์ที่ได้รับ	20
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	26

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีของกรดซิลิคอน	9
2	สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพ	10
3	สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล	11
4	สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วนต่างๆ	12
5	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง	13
6	สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 1	14
7	สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 2	15
8	ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 1	18
9	ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 2	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ป้ายโครงการฝึกอบรม	21
2	ขั้นตอนการลงทะเบียนผู้สนใจ	21
3	ผู้เข้าร่วมอบรม	21
4	ผู้เข้าร่วมอบรมเยี่ยมชมโปสเตอร์สรุปผลงานการวิจัย	22
5	ผู้สนใจเข้าร่วมฟังการอบรม	22

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	การแปลผลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil reaction)	27
2	ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน	27

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ป้ายโครงการฝึกอบรม	21
2	ขั้นตอนการลงทะเบียนผู้สนใจ	21
3	ผู้เข้าร่วมอบรม	21
4	ผู้เข้าร่วมอบรมเยี่ยมชมโปสเตอร์สรุปผลงานการวิจัย	22
5	ผู้สนใจเข้าร่วมฟังการอบรม	22

แบบ วจ.3

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 64 65 03 02 0000 0130102 02 23

ชื่อแผนงานวิจัย/โครงการวิจัย ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในดินเปรี้ยวจัด จังหวัดปทุมธานี

ผู้รับผิดชอบโครงการ นางสาววนิศรา ม่วงศรี และนายสกล ผ่านเมือง

หน่วยงาน กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

ที่ปรึกษาโครงการ ดร.บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ หน่วยงาน กรมพัฒนาที่ดิน

ผู้ร่วมดำเนินการ นางจรัสศรี สุมะนังกุล นางสาวกัญจน์รัชต์ ลชิตาวงศ์ และนางสาวสุปราณี ต้นจาน

หน่วยงาน กรมพัฒนาที่ดิน

เริ่มต้น เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 สิ้นสุดเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 27 เดือน

สถานที่ดำเนินการ หมู่ 2 ตำบลบึงกาสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

พิกัด X 698383 Y 1566605 ชุดดิน รังสิต กลุ่มชุดดินที่ 11 ชนิดดิน ดินเหนียว ดินเปรี้ยวจัด

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2564	-	130,000	130,000
2565	-	199,000	199,000

แหล่งงบประมาณที่ใช้ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....

(นางสาววนิศรา ม่วงศรี)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ.....

(นางนงนุช ศรีพุ่ม)

ประธานคณะทำงานด้านวิชาการระดับหน่วยงาน

วันที่ ....๑๙....เดือน....พ.ย.....พ.ศ. ....๒๕๖๕....

02 0000 0130102 02 23

ชื่อแผนงานวิจัย/โครงการวิจัย (ภาษาไทย) ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในดินเปรี้ยวจัด จังหวัดปทุมธานี

(ภาษาอังกฤษ)Study the Mixture Ratio between Marl Silicon and Biochar to Form Pellets For Rice Growth on Acid Sulfate Soil in Pathumthani Province.

กลุ่มชุดดินที่ 11 ชุดดิน รังสิต (Rangsit: Rs)

สถานที่ดำเนินการ หมู่ 2 ตำบลบึงกาสาม อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

ผู้รับผิดชอบโครงการ	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ
	นางสาววนิศรา ม่วงศรี	Ms. Wanisara Muangsri
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายสกล ผ่านเมือง	Mr. Sakon Panmueng
	นางจรัสศรี สุมะนังกุล	Mrs. Jarassri Sumanangkul
	นางสาวกัญจน์รัชต์ ลชิตาวงศ์	Ms. Kanjarat Lachitawong
	นางสาวสุปราณี ต้นจาน	Ms. Supranee Tonjan

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในดินเปรี้ยวจัด จังหวัดปทุมธานี ดำเนินการที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 ระหว่างปี พ.ศ.2564-2565 ในกลุ่มชุด ดินที่ 11 ชุดดินรังสิต โดยวางแผนการทอดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 วิธีการ 4 ซ้ำ คือ ตำรับทดลองที่ 1 ตำรับควบคุม (Control) ตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่า ความต้องการของปูนของดิน ตำรับทดลองที่ 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่ ตำรับทดลองที่ 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ ตำรับทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1 ตำรับทดลองที่ 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ตำรับทดลองที่ 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ผลการทดลองพบว่าหลังสิ้นสุดการทดลอง สมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยในตำรับการทดลองที่ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่าน ชีวภาพ ถ่านชีวภาพมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นทุกตำรับการทดลอง

ในปีที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 4 ใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 2 ตันต่อไร่ให้ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวสูงสุดเท่ากับ 111 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 1 ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 106.40 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 5 ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 ให้จำนวนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดดีเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.93 เมล็ดและ 2.63 กรัมตามลำดับ และยังให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 830 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนจำนวนเมล็ดลีบตำรับการทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ลตามค่าความต้องการของปูนของดิน เมล็ดลีบสูงสุดเท่ากับ 17.53 กรัม

ในปีที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 6 ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 มีความสูงเฉลี่ยต้นข้าวสูงสุดเท่ากับ 117.95 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 1 ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 98.3 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 ให้จำนวนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดดีเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.52 เมล็ดและ 2.20 กรัมตามลำดับ และตำรับการทดลองที่ 6 ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 830 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ: ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน ถ่านชีวภาพ ชุดดินรังสิต

Abstract

Study the Mixture Ratio between Marl Silicon and Biochar to Form Pellets For Rice Growth on Acid Sulfate Soil in Pathumthani Province. The objectives were soil improvement, and increasing yield of sweet corn. The location was conducted in Rangsit series (soil group 11), Pathumthani province between 2019-2020. Randomized Complete Block Design (RCB) was applied for 4 replications and 7 treatments. (T1) fertilizing according to farmer's practice, (T2) 1872 kilograms per rai of marl application, (T3)100 kilograms per rai of silicon application, (T4) 2 tons per rai of biochar application, (T5) the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1 : 1 : 1, (T6) the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1: 2: 1, (T7) the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1 : 1 : 2. After experiment, results showed that soil properties had changed. With applying marl, silicon and biochar, the soil had the pH value, %OM, avail. P,. avail K, avail. Ca, and avail. Mg in the soil were increased, respectively.

In the first year, experimental formula 4 used biochar at the rate of 2 tons per rai, giving the highest average height of rice plants equal to 111 centimeters. Experimental formula 1, the lowest average height of rice was 106.40 centimeters. Experimental formula 5 mixed with marl. Silicon and biochar the pelletizing ratio of 1:1:1 gave the highest average good seed number and good seed weight of 89.93 seeds and 2.63 grams, respectively, and the highest average yield was 830 kilograms per rai.. As for the number of withered seeds, in the second experiment, marl was used according to the liming requirement of the withered seed soil with the maximum amount of 17.53 grams.

In the second year, experimental formula 6 used marl mixed with silicon acid and biochar to form pellets at a ratio of 1:1:1 with the highest rice height of 117.95 centimeters. Experimental 1 had the lowest rice height of 98.3 centimeters. Treatment 5 using marl mixed with silicon acid and biochar to form pellets at the ratio of 1:1:1 gave the highest number of good kernels and average good seed weight of 89.52 kernels and 2.20 grams, respectively. Silicon and biochar molding to pellet ratio 1:2:1 gave the highest average yield of 830 kilograms per rai.

หลักการและเหตุผล

การศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดเพื่อใช้ ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เป็นการศึกษาทางเลือกวัสดุในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อผลิตข้าว พันธุ์ กข.43 โดยใช้วัสดุปูนร่วมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพนำมาปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อลดความเป็นกรดในดินเพิ่มธาตุอาหารและความสมบูรณ์ให้กับดิน ทำให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง ต้านทาน ต่อโรคและแมลงศัตรูพืช เพิ่มผลผลิตมากขึ้น อาจนำไปสู่การได้รับผลกำไรมากขึ้น และเป็นวิธีใหม่ในการ ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวที่ปลูกในพื้นดินเปรี้ยวจัด โดยใช้วัสดุปูนทางการเกษตร ได้แก่ ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเหมาะสม เพื่อลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความ อุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ต้านทานโรคแมลงศัตรูพืชซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรร่วมกับกรดซิลิคอนมาปั้นเม็ด เพิ่มความแข็งแรงให้กับพืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นวิธีใหม่ในการนำไปใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้สะดวกและง่ายต่อการจูงใจให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดมากขึ้น และร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่เหมาะสม สามารถลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินคุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้พืชเจริญเติบโตดี ส่งผลให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้น เพื่อให้การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้นวัตกรรม ปูนมาร์ลผสมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพนำมาปั้นเม็ดเพื่อสะดวกในการใช้ สามารถใช้กับเครื่องยนต์ชนิด เดียวกันกับเครื่องหว่านปุ๋ย หว่านข้าวได้ เมื่อหว่านได้ทั่วถึงก็จะลดอัตราการใช้น้อยลง ประหยัดเวลา ประหยัด แรงงาน ทำให้การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดสะดวกและง่ายขึ้น เกษตรกรก็จะหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดกันมาก ขึ้น ดินเปรี้ยวจัดลดน้อยลง ลดต้นทุนการผลิต ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นการพัฒนา ที่ดินอย่างยั่งยืนสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพที่เหมาะสม เพื่อปั้นเม็ดใช้ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน ก่อนและหลังการวิจัย
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ด ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข.43

การตรวจเอกสาร

จังหวัดปทุมธานี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ประกอบด้วย 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองปทุมธานี อำเภอสามโคก อำเภอลาดหลุมแก้ว อำเภอคลองหลวง อำเภอธัญบุรี อำเภอลำลูกกา และอำเภอหนองเสือ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินเปรี้ยวจัด กลุ่มชุดดินที่พบได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 2 3 10 และ 11 รวมพื้นที่ทั้งหมด 688,940 ไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าว ปัญหาของดินเปรี้ยวจัดหรือดิน กรดกำมะถันเกิดขึ้นในดินเป็นปริมาณ จนเป็นดินปัญหาส่งผลกระทบต่อการปลูกพืชและผลผลิต ดินเป็นกรด รุนแรงมากถึงกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำกว่า 4 ทำให้ดินขาดธาตุอาหารพืช ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสจะขาดรุนแรง เนื่องจากจะถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชต่ำ มีธาตุเหล็กและธาตุอะลูมินั่ม ละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชที่ปลูกทำให้พืชที่ปลูกไม่เจริญเติบโตหรือตาย เช่น การทำนาปลูกข้าวจะไม่เจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตต่ำมากประมาณ 200-300 กิโลกรัมต่อไร่ เท่านั้น ทำให้ประสบปัญหาขาดทุน

ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน

เป็นดินปัญหาที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีเนื้อที่ประมาณ 5.6 ล้านไร่ กระจายอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง 3.2 ล้านไร่ ภาคตะวันออก 9 แสนไร่ และภาคใต้ 1.5 ล้านไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่ ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรประมาณ 4.5 ล้านไร่ เป็นพื้นที่นาปลูกข้าวประมาณ 3.4 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 75.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรทั้งหมด (นงคราญ, 2559) ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีความเหมาะสม สำหรับการปลูกข้าว แต่ให้ผลผลิตต่ำเนื่องจากดินเป็นกรดจัดและขาดแคลนธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส และมีธาตุบางตัว เช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชที่ปลูก จากสภาพปัญหา ดังกล่าวทำให้พืชที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดเจริญเติบโตไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำถึงต่ำมาก ในขณะที่ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีการแก้ไขปัญหาปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดนี้สามารถปฏิบัติได้หลาย วิธีการแต่การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรเป็นวิธีการที่สะดวกเห็นผลรวดเร็วและลงทุนต่ำ การใช้วัสดุปูนทาง การเกษตร เช่น ปูนมาร์ล เป็นปูนทางการเกษตร ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCo_3$)และดินเหนียว (Clay) มีคุณสมบัติแก้ความเป็นกรดของดินและเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน (สุรเดช, 2549)

ชุดดินรังสิต (Rangsit series : Rs) ชุดดินที่ 11

เป็นกลุ่มชุดดินที่ 11 จัดอยู่ใน very fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Sulfaqueptic Dystraquerts เกิดจากตะกอน ที่ถูกน้ำพัดพามาทับถมโดยน้ำกร่อย (brackish water) ในบริเวณซึ่งอดีตน้ำทะเลเคยท่วมถึง สภาพพื้นที่ที่พบมี ลักษณะราบเรียบ มีความลาดชัน 1 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้ามาก มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับ น้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่า 1 เมตร ดินบนลึกไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด สีพื้นเป็นสีดำหรือ น้ำตาลปนดำเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงบ้างเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.5) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนดำ มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม และมีจุดประสีแดงมากขึ้นกว่าดินชั้นบน จะพบสารสีเหลืองฟางข้าว (jarosite) ในระดับความลึกต่ำกว่า 40 เซนติเมตรลงไป ปฏิกิริยาดินเป็น

กรดรุนแรงมาก (pH 4.0 หรือ < 4.0) ระดับที่ต่ำกว่า 80 เซนติเมตรลงไป สีของดินจะเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงเพิ่มมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน. 2534)

ข้าวพันธุ์ กข. 43

เป็นข้าวเพื่อสุขภาพที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการดูแลสุขภาพควบคุมน้ำหนัก กลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคไต เพราะมีค่าดัชนีน้ำาตาลอยู่ในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ ในปัจจุบันตลาดมีความต้องการค่อนข้างมาก มีการสั่งซื้อข้าวพันธุ์ กข43 จำนวน 10,000 ตันข้าวสาร แต่ความสามารถในการผลิต ยังทำได้เพียง 7,000-8,000 ตันข้าวสารเท่านั้น ตลาดต่างประเทศรายใหญ่ที่สั่งซื้อคือจีน ที่ให้ความสนใจและสั่งซื้อมากเป็นพิเศษ แม้ในนาปี 2561/2562 จะมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น แต่คาดว่าจะได้ผลผลิตประมาณ 9,000 ตันข้าวสารเท่านั้น กรมการข้าว), 2561) ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของการสั่งซื้อ ดังนั้นการปลูกข้าว พันธุ์ กข43 จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับเกษตรกรที่ทำนาในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด เพราะพันธุ์ข้าวนี้ปลูกได้เฉพาะใน เขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ เป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ฉะนั้นจึง ควรมีการการศึกษาผลของวัสดุปูนร่วมซิลิคอม และปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวเพื่อสุขภาพ กข43 ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถผลิตข้าวที่ตรงตามความต้องการของตลาดเฉพาะและเพิ่มมูลค่าข้าวให้สูงขึ้นอันจะนำไปสู่การได้รับผลตอบแทนที่เพิ่มมากขึ้น

ปูนมาร์ลหรือดินมาร์ล

องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCo3) และดินเหนียว (clay) ที่พบใน ประเทศไทยมักจะมีสีขาวหรือขาวขุ่นปนน้ำตาล เป็นหินปูนที่มีลักษณะเนื้อค่อนข้างร่วนสะสมเป็นชั้นอยู่ใต้ดิน มีคุณสมบัติในการแก้ความกรดของดินและเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน ชั้นที่พบอาจจะหนาถึง 4-6เมตร ที่พบเป็น แหล่งใหญ่อยู่ใต้ผิวประมาณ 1 เมตร ของชุดดินลพบุรีและสระบุรี สำหรับบริเวณอื่นๆ ที่มีภูเขาหินปูนอาจจะ พบปูนมาร์ลได้เช่นกัน

การใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

การหว่านปูนมาร์ลให้ทั่ว พื้นนาเป็นวิธีที่ง่ายราคาถูกและนิยมมากที่สุด แล้วไถคลุกเคล้ากับ ดิน หมักไว้ในสภาพดินชื้น ประมาณ 7 วัน ก่อนเตรียมดินปลูกข้าวโพดหวาน ปริมาณปูนที่แนะนำ คือ

- ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงน้อย : ใส่ปูนมาร์ลหรือหินปูนบด 500 กิโลกรัมต่อไร่
- ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงปานกลาง : ใส่ปูนมาร์ลหรือหินปูนบด 1,000 กิโลกรัมต่อไร่
- ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงมาก : ใส่ปูนมาร์ลหรือหินปูนบด 1,000 - 1,500 กิโลกรัมต่อไร่

จากปัญหาและข้อจำกัดของดินเปรี้ยวจัดทำให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ต่ำ ประกอบกับราคาปุ๋ยเคมีเพิ่ม สูงขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้มีรายได้ลดลง และบางครั้งก็ประสบปัญหาขาดทุน สำหรับการ ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดมีหลายวิธีเช่นการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ได้แก่วัสดุปรับปรุงดินทางการ เกษตร เช่นปูนมาร์ล โดโลไมท์ ปูนขาว รวมทั้งกรดซิลิคอน หรือในพื้นที่ชุมชนมีวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร เช่นแกลบ กากน้ำหมักชีวภาพ ฯ นำมาเผาทำถ่านชีวภาพโดยผ่านขบวนการไพโรไรซีสที่ควบคุมอุณหภูมิและ บรรยากาศที่อุณหภูมิเกิน 300 องศาเซลเซียส ได้ถ่านชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการนำไปในดินเพื่อเพิ่มความ อุดมสมบูรณ์ ปรับปรุงโครงสร้างของดิน เป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้ม น้ำและทำให้ระบายอากาศได้มากขึ้น ลดความรุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถใน การดูดซับธาตุ

อาหารพืช จึงเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) สำหรับปูนมาร์ล เกษตรกรที่ทำนาข้าวที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะใช้ปูนมาร์ลชนิดผง แต่การใช้ปูนมาร์ลชนิดผงแบบเดิมโดยวิธีหว่าน ให้ทั่วแปลงนาตามอัตราคำแนะนำ 500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงมาก จึงทำให้เกิดปัญหาในการ ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุเนื่องจากปูนมาร์ลมีน้ำหนักอัตราการใส่ต่อไร่สูงมาก เกษตรกรจึงใส่ไม่ครบอัตราตามคำแนะนำทางวิชาการ, ปูนมาร์ลชนิดผงเวลาหว่านฟุ้งกระจายบางครั้งไม่ทั่วถึง ทั้งแปลงติดตามร่างกาย บางคนแพ้ก็จะเกิดอาการผื่นคัน ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากประกอบกับ ขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรม ส่วนซิลิคอน ได้จากการนำกรดซิลิคอน (ซิลิคอนในรูปที่พืชสามารถ นำไปใช้ได้ไปผสมกับปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสมตามคำแนะนำ เมื่อนำปุ๋ยกรดซิลิคอนไปใส่ให้พืชที่ปลูก ซิลิคอนจะช่วยให้ใบพืชตั้งชันจึงรับแสงได้เต็มที่ กระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดได้ดี พืชเจริญเติบโตได้ดี ลำต้น พืชแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย และเพิ่มความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา แมลง และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จึงช่วยให้ผลผลิตพืชสูงขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) การใช้กรดซิลิคอนกับข้าว เมื่อสะสมอยู่ที่ใบ อย่างต่อเนื่องจะเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกราะป้องกันพืช ทำให้ใบพืชมีลักษณะใบหนา ช่วงทำให้ผิวพืชแข็งแรง ช่วยยับยั้งการเกิดโรคพืช โดยกรดซิลิคอนจะซึมอยู่บนผิวของพืช ซึ่งผิวทางกายภาพนี้จะช่วยลดการแทรกซึมของสาเหตุโรคอื่นๆ เช่น โรคเชื้อรา เป็นต้น (Danoff, 2001) การใช้กรดซิลิคอนในการ ปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก อะลูมินัมและแมงกานิส และช่วยเพิ่มความเป็น ประโยชน์ของฟอสฟอรัส (บรรเจิดลักษณ์, 2556)

กรดซิลิคอน

เป็นแร่ธาตุอาหารเสริมที่มีประโยชน์ต่อพืชทุกชนิด สามารถละลายน้ำได้ง่าย (Marschner,1995) พืชสามารถดูดซิลิคอนในรูปของกรดโมโนซิลิซิกไปพร้อมกับน้ำ โดยผ่านทางรากสู่ลำต้นและทางใบ ซิลิคอนที่ใส่ลงไปในดินมีผลดีต่อการเจริญเติบโตทั้งทางตรงและทางอ้อมของพืชปลูก การใช้กรดซิลิคอนกับข้าว เมื่อสะสมอยู่ที่ใบอย่างต่อเนื่องจะเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกาะป้องกันพืชทำให้ใบพืชมีลักษณะใบหนา ช่วยทำให้ผิวพืชแข็งแรง ลำต้นแข็งแรงไม่หักล้มง่าย ช่วยยับยั้งการเกิดโรงพืช โดยกรดซิลิคอนจะซึมออยู่บนผิวของพืช ซึ่งผิวทางกายภาพนี้จะช่วยลดการแทรกซึมของสาเหตุโรคอื่นๆ เช่นโรคเชื่อรา เป็นต้น ช่วยป้องกันแมลงเพลี้ย หนอนไส้เดือนฝอย (Danoff, 2001) นอกจากนี้ กรดซิลิคอนยังช่วยเพิ่มผลผลิตเพิ่มรสชาติเพิ่มน้ำหนักเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้ง และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน การใช้กรดซิลิคอนในการปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กอะลูมินัมและแมงกานีสและช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟอรัส จากข้อมูลดังกล่าว จึงเห็นควรให้มีการนำซิลิคอนมาทดลองใช้ในการปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัด การใช้ซิลิคอนจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้หรือไม่ ผลผลิตพืชที่ได้รับจะคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยเพียงใด การทดลองนี้จะทำให้ทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรและผู้ที่สนใจทั่วไป

(บรรเจิดลักษณ์, 2556)

ปัทมา ทองซ้อน (2559) ได้ศึกษาผลของซิลิกอนและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าว กข 21 และ กข 47 ในระยะแตกกอ การให้ไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (CH_4N_2O) อัตรา 10 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และซิลิกอนในรูปโซเดียมซิลิเกต ($Na_2SiO_3.5H_2O$) อัตรา 0 และ 80 กิโลกรัม ซิลิกอน กันไร่ พบว่าการเจริญเติบโต ความสูง และการดูดใช้ธาตุซิลิกอนในใบข้าวทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มขึ้นตามอายุของ ใบใน ทุกตำรับการทดลอง การสะสมซิลิกอนในลำต้นไม่แตกต่างกันทุกตำรับทดลอง ในขณะที่ต้นข้าวพันธุ์ กข 47 มี ปริมาณไนโตรเจนในทุกตำรับการทดลองสูงกว่าพันธุ์ กข 21 นอกจากนี้การใส่ซิลิกอนทำให้ความเข้มข้น ของ ไนโตรเจนสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ (2556) ได้ศึกษาการใช้ซิลิคอนเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในดินเปรี้ยวจัดอย่าง ยั่งยืน ได้ดำเนินการในพื้นที่ของสถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี ชุดดินรังสิต ผลการวิจัยพบว่า สมบัติทางเคมีของ ดินดีขึ้น โดยรวม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นอินทรีย์วัตถุ ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส ปริมาณของ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ผลผลิตของข้าว พบว่า การใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ย อินทรีย์ คุณภาพสูงของกรมพัฒนาที่ดินตามอัตราแนะนำ (300 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตสูงสุด 603.27 กิโลกรัมต่อไร่ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่า ให้รายได้สุทธิ 4336.65 บาทต่อปี

ถ่านชีวภาพ

ถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์ เป็นวัสดุที่ได้จากการนำมวลชีวภาพจากวัตถุดิบอินทรีย์ที่มาจากสิ่งมีชีวิต โดยตรง เช่น พืช หรือจากของเสียเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ผ่านกระบวนการย่อย เป็นผลผลิตที่ได้จากชีวมวล ผ่านความร้อนในกระบวนการไพโรไลซีสที่ควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศ ที่อุณหภูมิเกิน 300องศา เซลเซียส มีผลพลอยได้ 2 ชนิด คือ น้ำมันชีวภาพ (Biofuel) หรือแก๊ส (H_2 CO) และไบโอชาร์ มีการนำไปใช้ดินเพื่อเพิ่ม ความอุดมสมบูรณ์ ปรับปรุงโครงสร้างของดิน ไบโอชาร์ ผ่านกระบวนการทางเคมีจึงทำให้มีความ เสถียรในดิน สูง ไบโอชาร์จึงเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและทำให้ระบายอากาศ ได้มากขึ้น ลดความรุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถในการดูดซับ ธาตุอาหารพืช จึง เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

Masulili et a. (2010) ได้ศึกษาถ่านชีวภาพจากแกลบสำหรับระบบเพาะปลูกข้าวในดินกรด คุณลักษณะของถ่านชีวภาพจากแกลบ และผลกระทบต่อคุณสมบัติของดินกรดกำมะถันและการเติบโตของข้าว ในกาลิมันตันตะวันตก อินโดนีเซียโดยเปรียบเทียบการใช้วัสดุที่ต่างกัน ได้แก่ 1) ไม่มีสารปรับปรุงดิน 2) ฟาง ข้าว (RS) 15.0 ตันต่อเฮกแตร์ 3) แกลบ (RH) 15.0 ตันต่อเฮกแตร์ 4) ขี้เถ้าแกลบ (RHA) 10.0 ตันต่อเฮกแตร์ 5) ถ่านชีวภาพจากแกลบ (RHB) 10.0 ตันต่อเฮกแตร์ 6) Chromolaenaodorata (Chr) 15.0 ตันต่อเฮกแตร์ ผล การทดลอง พบว่า ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากแกลบ พบว่า มีความชื้นร้อยละ 4.96 มีค่า pH 8.70 ค่าความจุ แลกเปลี่ยนแคทไอออน (CEC) เท่ากับ 17.6 Cmol kg^{-1} เมื่อนำถ่านชีวภาพใส่ในดินที่ปลูกข้าวในดินกรด พบว่า ทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลง และมีค่าความพรุน ความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และ แคลเซียมเพิ่มขึ้น

Wu et al. (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้ไบโอชาร์จากแกลบ ผลิตภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสอ ย่างช้าๆ ในการเจริญเติบโตของผักบุ้ง ณ ประเทศไต้หวัน โดยทำการทดลองเปรียบเทียบ วัสดุ 2 ชนิด โดยได้ดำเนินการกับดินกรดในป่าธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ และแกลบใช้ตามอัตราแนะนำ คือ 10.0 ตันต่อเฮกแตร์ ประกอบด้วย 5 วิธีการทดลอง คือ มีการใส่ปุ๋ยเคมี 5 ระดับ วัสดุ 2 ชนิด คือไบโอชาร์จากแกลบ และไม้ ผลการศึกษา พบว่า แปลงที่ใส่ถ่าน ไบโอชาร์จากแกลบ ผักบุ้งที่อายุ 8 สัปดาห์ มีความเจริญเติบโต ด้านจำนวนใบ ก้านใบ ขนาดราก ความยาวและความกว้างของใบ และน้ำหนัก มากกว่าแปลงที่ใส่ไบโอชาร์จากไม้

Oguntund et al. (2008) ได้ศึกษาผลของถ่านชีวภาพที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของดินในประเทศกานา โดยเปรียบเทียบดินที่ใส่และไม่ใส่ถ่านชีวภาพ พบว่า ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพ มีค่าความสามารถในการนำน้ำในสภาพที่อิ่มตัว เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 88.0 สีของดินมีสีคล้ำขึ้น ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงร้อยละ 9.00 มีค่าความพรุนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 45.7 เป็นร้อยละ 50.6

จากการศึกษาวิจัยของบรรเจิดลักษณ์และคณะ(2559) ในด้านสมบัติของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดินและผลผลิตพืชสมุนไพรขมิ้นชันในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ซึ่งดำเนินการที่มูลนิธิชัยพัฒนา อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายกระหว่างปี พ.ศ.2557-2559 ในชุดดินรังสิตกรดจัด โดยใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบดิบ (rice husk) อัตราแตกต่างกันร่วมกับการใช้ปุ๋ยมูลไก่ 1 ตันต่อไร่ ในระบบเกษตรอินทรีย์ จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ค่าพีเอชปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่ม มากขึ้น สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ แคลเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในทุกตำรับการ ทดลอง ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และจากการใช้ถ่านชีวภาพอัตราต่างๆที่มีต่อผลผลิต พบว่า ทำให้ผลผลิตของขมิ้นชันเพิ่มขึ้น โดยการใช้ถ่านชีวภาพ (จากเปลือกข้าว) 3 ตันต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่ 1 ตัน/ไร่ ขมิ้นชันให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1,800.4 กิโลกรัมต่อไร่ และแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใช้ถ่านชีวภาพซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุด 1,299.8 กิโลกรัมต่อไร่

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2553 สิ้นสุดเดือนธันวาคม 2565

สถานที่ดำเนินการ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี

สภาพพื้นที่ (Site Characterization)

ชุดดินรังสิต (Rangsit series : Rs) เป็น กลุ่มชุดดิน ที่ 11 จัดอยู่ ใน very fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Sulfaqueptic Dystraquerts เกิดจากตะกอน ที่ถูกน้ำพัดพามาทับถมโดยน้ำกร่อย (brackish water) ใน บริเวณซึ่งอดีตน้ำทะเลเคยท่วมถึง สภาพพื้นที่ที่พบมี ลักษณะราบเรียบ มีความลาดชัน 1 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้ามาก มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่า 1 เมตร ดินบนลึกไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด สีพื้น เป็นสีดำหรือน้ำตาลปนดำเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงบ้างเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรง มาก (pH 4.5) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนดำ มีจุดประสี

น้ำตาลเข้ม และมีจุดประสีแดงมากขึ้นกว่าดินชั้นบน จะพบสารสีเหลืองฟางข้าว (jarosite) ในระดับความลึกต่ำกว่า 40 เซนติเมตรลงไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0 หรือ < 4.0) ระดับที่ต่ำกว่า 80 เซนติเมตรลงไป สีของดินจะเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงเพิ่มมากขึ้น (สำนักสำรวจดิน และวางแผนการใช้ที่ดิน 2548)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์และวัสดุในการดำเนินงานวิจัย

- อุปกรณ์ในการปั้นเม็ด เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ย
- อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ถุงเก็บตัวอย่างพืช ไม้เมตรสำหรับวัดความสูง พลั่วตักดินหรือขุดดิน ถุงเก็บตัวอย่างดิน
- วัสดุการเกษตร ได้แก่ ถ่านชีวภาพ ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน ปุ๋ยเคมี

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วางแผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1 วิธีเกษตรกร (Control)

ตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับทดลองที่ 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่

ตำรับทดลองที่ 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

ตำรับทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1

ตำรับทดลองที่ 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1

ตำรับทดลองที่ 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:2

หมายเหตุ - วิธีเกษตรกร ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ และ ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

- ถ่านชีวภาพทำจากแกลบ และบดให้ละเอียดแล้วจึงนำมาปั้นเม็ด
- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1:1:1 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ลอัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ กรดซิลิคอนอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ บดให้ละเอียด นำมาปั้นเม็ด ใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่
- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1:2:1 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ล

อัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ กรดซิลิคอนอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ บดให้ละเอียด นำมาปั้นเม็ด ใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1:1:2 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ลอัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ กรดซิลิคอนอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ บดให้ละเอียด นำมาปั้นเม็ด ใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. คัดเลือกพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดสำหรับทำแปลงวิจัย ในจังหวัดปทุมธานี

2. วางแผนผังการวิจัย เตรียมแปลงวิจัยโดยการทำแปลงย่อยขนาด 3x5 ตารางเมตร จำนวน 28 แปลง คันดินแบ่งแปลงกว้าง 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างซ้ำ 50 เซนติเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงมีขนาด 2x4 ตารางเมตร

3. เก็บตัวอย่างถ่านชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

4. เก็บตัวอย่างปูนมาร์ลเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

5. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH OM P K Ca Mg

6. การเตรียมปูนมาร์ลผสมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพมาผสมกันแล้วนำมาปั้นเม็ดตามอัตราส่วนตามวิธีการทดลอง คือ อัตราส่วนปูนมาร์ล : ซิลิคอน : ถ่านชีวภาพ เท่ากับ 1:1:1 1:2:1 และ 1:1:2

7. การเตรียมดิน ไถดะ ไถแปร และคราดปรับพื้นที่ ปั้นคันนาขนาดกว้าง เซนติเมตรล้อมรอบแต่ 50 3 ละแปลงย่อยโดยมีแปลงทดลองย่อยขนาดx5 ตารางเมตร จำนวน 28 แปลงย่อย แล้วหว่านวัสดุปรับปรุงดินที่ปั้นเม็ดไว้แล้ว อัตราส่วน กิโลกรัม 500ต่อไร่

8. การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว นำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำเป็นเวลา 1 (หุ้ม) ชั่วโมง แล้วนำขึ้นพักไว้ 12วัน จึงนำไปหว่านลงพื้นที่ปลูก โดยใช้เมล็ดพันธุ์ กิโลกรัมต่อไร่ 20-15

9. หลังจากเตรียมดินทำเทือกจนสม่ำเสมอแล้ว นำเมล็ดข้าวที่หุ้มไว้หว่านให้ทั่วพื้นที่ในสภาพดินชื้นไม่มีน้ำขัง ปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม หลังจากข้าวงอก 7 วันจึงปล่อยน้ำเข้านาเพื่อหล่อเลี้ยงต้นข้าวและป้องกันวัชพืช

10. การใส่ปุ๋ยเคมีโดยใช้อัตราตามค่าวิเคราะห์ดินและตามตำรับการทดลอง

11. ได้แก่ การจัดการน้ำในแปลงนา การกำจัดวัชพืช โดยใช้เครื่องตัดหญ้า การดูแลแปลงทดลอง

12. การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ให้ปล่อยน้ำออกจากแปลงก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 20 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้แรงงานคน

13. การเก็บบันทึกข้อมูล

13.1 ข้อมูลวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ ถ่านชีวภาพ ซิลิคอน ปูนมาร์ล

13 .2 ข้อมูลดิน

13.3 ข้อมูลพืช

- ข้อมูลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิต โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชในพื้นที่ 0.25 x 0.25 ตารางเมตร วัดความสูงต้น นับจำนวนต้น จำนวนรวง นับจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

- เก็บตัวอย่างต้นข้าว ตอซัง และเมล็ดข้าว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก N P K

13.4 วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าความต่างโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test) DMRT

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1.ผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดิน

1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกรดซิลิคอน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกรดซิลิคอน พบว่า มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.122 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 5.1 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 4.62 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของกรดซิลิคอน

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลวิเคราะห์
1	ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)	เปอร์เซ็นต์	nr
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	_	nr
3	ค่าการนำไฟฟ้า	ds/m	0.122
4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	_	5.1
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)	เปอร์เซ็นต์	nr
6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5)	เปอร์เซ็นต์	0.07
7	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O)	เปอร์เซ็นต์	0.09
8	ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (total Ca)	เปอร์เซ็นต์	nd
9	ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg)	เปอร์เซ็นต์	nd
10	ปริมาณกำมะถันทั้งหมด (total S)	เปอร์เซ็นต์	nd
11	ปริมาณความชื้น	เปอร์เซ็นต์	4.62

หมายเหตุ: nr = no report nd = non detect

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

1.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพ พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุ 9.15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 6.98 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.804 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 10.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.76 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 1.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 0.14 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 5.51 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพ

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลวิเคราะห์
1	ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)	เปอร์เซ็นต์	9.15
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	_	6.98
3	ค่าการนำไฟฟ้า	ds/m	0.804
4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	_	10.1
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)	เปอร์เซ็นต์	0.76
6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5)	เปอร์เซ็นต์	1.01
7	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O)	เปอร์เซ็นต์	1.14
8	ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (total Ca)	เปอร์เซ็นต์	0.14
9	ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg)	เปอร์เซ็นต์	0.14
10	ปริมาณกำมะถันทั้งหมด (total S)	เปอร์เซ็นต์	nd
11	ปริมาณความชื้น	เปอร์เซ็นต์	5.51

หมายเหตุ: nr = no report nd = non detect

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

1.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.8 มีความชื้นเท่ากับ 0.88 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) ผ่านตะแกรงร่อน 8 เมชเท่ากับ 96.57 เปอร์เซ็นต์ ผ่านตะแกรงร่อน 80 เมชเท่ากับ 33.68 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 47.43 เปอร์เซ็นต์ ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE) เท่ากับ 100.01 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล

ลำดับที่	รายละเอียด	pH	ความชื้น (%)	8 mesh	80 mesh	CaO (%)	CCE (%)
1	ปูนมาร์ล	8.8	0.88	96.57	33.68	47.43	100.01

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

1.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วนต่างๆ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า ปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วน 1:1:1 พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 4.93 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 15 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.248 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดเท่ากับ 14.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเหล็กทั้งหมดเท่ากับ 1.04 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 3.00 เปอร์เซ็นต์

ปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วน 1:2:1 พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 3.64 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 12 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.271 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดเท่ากับ 14.40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเหล็กทั้งหมดเท่ากับ 1.12เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 3.01 เปอร์เซ็นต์

ปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วน 1:1:2 พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 9.18 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 15 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.298 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดเท่ากับ 10.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเหล็กทั้งหมดเท่ากับ 0.92เปอร์เซ็นต์ มีความชื้น 7.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพหลังปั้นเม็ดในอัตราส่วนต่างๆ

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ผลวิเคราะห์		
			ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน และถ่านชีวภาพ อัตราส่วน 1:1:1	**ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน และถ่านชีวภาพ อัตราส่วน 1:2:1**	**ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน และถ่านชีวภาพ อัตราส่วน 1:1:2**
1	ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)	เปอร์เซ็นต์	4.93	3.62	9.18
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	_ -	15	12	15
3	ค่าการนำไฟฟ้า	ds/m	0.248	0.271	0.298
4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	_ -	8.1	8.1	8.3
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N)	เปอร์เซ็นต์	0.19	0.18	0.36
6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5)	เปอร์เซ็นต์	0.35	0.39	0.32
7	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O)	เปอร์เซ็นต์	0.15	0.13	0.26
8	ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (total Ca)	เปอร์เซ็นต์	14.60	14.40	10.42
9	ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg)	เปอร์เซ็นต์	0.14	0.13	0.14
10	ปริมาณเหล็กทั้งหมด (total Fe)	เปอร์เซ็นต์	1.04	1.12	0.92
11	ปริมาณความชื้น	เปอร์เซ็นต์	3.00	3.01	7.24

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

2. สมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง

2.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง พบว่า มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.5 ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 3.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 79มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 285 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 3250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 536 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

pH (1 :1)	OM (%)	Avail.P (mg kg-1)	Avail.K (mg kg-1)	Avail.Ca (mg kg-1)	Avail.Mg (mg kg-1)
4.5	3.81	79	285	3250	536

2.2 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 1

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองตำรับการทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 6.95 ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองที่ 7 ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:2 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดคือ 5.334% ความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองที่ 6 ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1 มีค่าความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 101 mg kg^{-1} โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 1

ค่าวิเคราะห์ดิน	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7
pH	6.63	6.93	6.70	6.88	6.95	6.70	6.43
OM (%)	3.588	4.048	4.045	4.655	4.133	3.968	5.334
Avail.K ($mg\ kg^{-1}$)	313.50	315.00	309.00	350.50	324.00	303.00	328.50
Avail.Mg ($mg\ kg^{-1}$)	784.00	757.75	778.25	727.75	747.50	759.75	762.25
Avail.Ca ($mg\ kg^{-1}$)	4537.00	4991.75	4783.50	4771.25	4915.00	4677.50	4942.50
Avail.P ($mg\ kg^{-1}$)	67.00	80.50	77.00	73.00	84.75	101.00	70.75

2.3 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 2

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองตำรับการทดลองที่ 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1 เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 7.17 ปริมาณอินทรียวัตถุ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองปีที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดคือ 3.925 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองที่ 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1 มีค่าความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 107 $mg\ kg^{-1}$ ปริมาณ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ เพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองปีที่ 2

ค่าวิเคราะห์ดิน	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7
pH	6.89	7.12	7.11	7.04	7.12	7.17	7.03
OM (%)	3.812	3.741	3.435	3.817	3.925	3.906	3.624
Avail.K ($mg\ kg^{-1}$)	323.50	354.00	379.00	339.50	390.00	447.00	428.00
Avail.Mg ($mg\ kg^{-1}$)	781.00	763.75	782.75	779.50	751.00	809.75	757.25
Avail.Ca ($mg\ kg^{-1}$)	4594.50	4255.75	4287.50	4323.00	4962.00	4717.50	4842.00
Avail.P ($mg\ kg^{-1}$)	75.00	76.50	99.00	77.00	84.75	107.00	78.25

ด้านค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พบว่า หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว พบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองเปรียบเทียบกับก่อนดำเนินการทดลอง และพบว่าตำรับการทดลองที่ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ค่า pH สูงกว่า ตำรับ ควบคุมและตำรับการใช้ซิลิคอนเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากปูนมาร์ลและถ่านชีวภาพ (ตำรับ ที่ 4-7) ช่วยปรับสภาพ pH ของดิน มีผลทำให้ปฏิกิริยาความเป็นกรด-ด่างของดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่ง สอดคล้องกับการทดลองของ ศิริลักษณ์และอรสา (2556) ศึกษาการใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปุ๋ยคอกและถ่าน ชีวภาพในการปลูกผักคะน้า พบว่า ถ่านชีวภาพช่วยทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น และ จาก การศึกษาของเสาวคนธ์ (2557) โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินปลูกรวมถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดคอส พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่า เนื่องจากบริเวณพื้นผิวถ่านชีวภาพจะมีประจุลบของหมู่ฟีนอลิก หมู่ไฮดรอกซิล และหมู่คาร์บอนิล ซึ่งจะทำหน้าที่จับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ละลายอยู่ในดิน นอกจากนี้ ซิลิเกต คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตที่ปรากฏอยู่ในถ่านชีวภาพยังช่วยในการจับไฮโดรเจนไอออนอีกทางหนึ่ง ทำให้ไฮโดรเจนไอออนที่ละลายอยู่ในดินมีปริมาณลดลงส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดลดลง (pH เพิ่มขึ้น) (Brewer and Brown, 2012) และ (Chintalaet al., 2014) นอกจากนั้นแล้วปูนมาร์ลยังช่วยเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของดินอีกด้วย

ด้านอินทรียวัตถุ ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 3.81 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่า ทุกตำรับการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีการเปลี่ยนแปลงคือเพิ่มขึ้น

โดยตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าตำรับควบคุมและตำรับการใช้ซิลิคอนหรือปูนมาร์ลเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ เป็นผลเนื่องมาจากถ่านชีวภาพ (ตำรับที่ 4-7) ช่วยดูดซับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่า ในปีที่ 1 ตำรับทดลองที่ 7 การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่าน ชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจาก ถ่านชีวภาพมีปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุสูงและจากการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพ พบว่า มีปริมาณ อินทรียวัตถุสูงถึง 9.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และช่วยเพิ่มของปริมาณ ชีวมวลในดินจากปริมาณเศษซากพืชนั้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองปลูกไม้ผลชนิดต่างๆ ของพินิจภณ (2557) ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพในสภาพดินที่ค่อนข้างเป็นทรายจัด พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับถ่านชีวภาพ ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้น ไม้ผลเจริญเติบโตได้ดีและบางชนิดเริ่มให้ผลผลิต และจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินปลูกรวมถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดคอส พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น (เกศศิรินทร์ และคณะ, 2557) นอกจากนั้นการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวไร่ พบว่า มีผลทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (จิตนิภา, 2558)

ด้านปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ในตำรับการทดลองที่ใช้ปูนมาร์ล ผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง โดยในปีที่ 1 และปีที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 6 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 101.00 และ 107.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมในปีที่ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 67.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจาก คุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดีและช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ทำให้ดินมีธาตุอาหารที่อุดมสมบูรณ์ (Peterson, 2009 และ Mastoet al., 2013) และสอดคล้องกับการศึกษาทดลองของ Zhanget al. (2016) ได้ศึกษาบทบาทของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์และการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่า ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดิน แต่ปริมาณการดูดซับนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำถ่านชีวภาพและนอกจากนั้นแล้วการใส่ปูนมาร์ลช่วยทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในสภาพดินเป็นกรดปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

ด้านปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 285 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง ทั้งนี้กรรมวิธีที่มีการใส่ถ่านชีวภาพจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมและมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี (Peterson,2009) และสอดคล้องกับการศึกษา

ทดลองของพุทธิภณและคณะ (2557) พบว่า ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพทำให้โพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปในดินได้โดยง่าย เนื่องจากถ่านชีวภาพมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงจึงมีผลทำให้หลังสิ้นสุดการทดลอง ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูง

ด้านปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 3250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอยู่ใน ระดับสูงมาก หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว พบว่า ปริมาณแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง อยู่ในระดับสูงมาก โดยในปีที่ 1 วิธีเกษตกรมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด 4537 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ปูนมาร์ล ผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง เนื่องจาก การใส่ปูนมาร์ลและการใส่ถ่านชีวภาพทุกอัตราช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ถ่านชีวภาพ และปูนมาร์ลมีองค์ประกอบของแคลเซียมที่สูง (Masto et al., 2013) นอกจากนี้ การใส่ถ่านชีวภาพจะช่วย เพิ่มปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน (Brady and Weil, 2008; Liang et al., 2006) และคุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมสูง จะช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวไร่มีผลทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (จิตนิภา, 2558)

ด้านปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 536 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่ง อยู่ในระดับสูง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองและยังคงอยู่ในระดับสูง การใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเนื่องจาก ถ่านชีวภาพมีองค์ประกอบของแมกนีเซียมที่สูงและการใส่ถ่านชีวภาพจะช่วยเพิ่มปริมาณความสามารถในการ แลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูง (Brady and Weil, 2008; Liang et al., 2006) อีกทั้งคุณสมบัติของถ่านชีวภาพ ซึ่งมีความพรุนรวมสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี และนอกจากนั้นแล้วการใส่ปูนมาร์ลช่วยทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้แมกนีเซียมละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

3. ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

3.1 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 1

พบว่า ตำรับการทดลองที่ 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ ให้ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวสูงสุดเท่ากับ 111 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 1 ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 106.40 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 5 ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 ให้จำนวนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดดีเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.93 เมล็ดและ 2.63 กรัมตามลำดับ และยังให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 830 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนจำนวนเมล็ดลีบตำรับการทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ลตามค่าความต้องการของปูนของดินเมล็ดลีบสูงสุดเท่ากับ 17.53 กรัม (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 1

องค์ประกอบผลผลิต	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7
ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	106.40	107.05	108.05	111.00	107.95	107.95	109.60
จำนวนเมล็ดดี (เมล็ด)	73.25	80.45	76.225	79.45	89.925	80.35	84.525
จำนวนเมล็ดลีบ (เมล็ด)	17.325	17.525	15.6	17.225	15.775	16.875	14.95
น้ำหนักเมล็ดดี (กรัม)	2.20	2.45	2.37	2.21	2.63	2.39	2.43
น้ำหนักเมล็ดลีบ (กรัม)	0.117	0.117	0.113	0.099	0.122	0.143	0.138
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	720	750	720	780	830	775	770

3.2 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 2

พบว่า ตำรับการทดลองที่ 6 ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 มีความสูงเฉลี่ยต้นข้าวสูงสุดเท่ากับ 117.95 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 1 ความสูงเฉลี่ยต้นข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 98.3 เซนติเมตร ตำรับการทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:1:1 ให้จำนวนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดดีเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.52 เมล็ดและ 2.20 กรัมตามลำดับ และตำรับการทดลองที่ 6 ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1:2:1ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 830 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตในปีที่ 2

องค์ประกอบผลผลิต	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7
ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	98.30	102.05	114.05	111.00	114.05	117.95	114.60
จำนวนเมล็ดดี (เมล็ด)	78.54	78.74	83.43	82.17	85.52	81.16	77.69
จำนวนเมล็ดลีบ (เมล็ด)	15.25	14.92	16.02	17.25	15.40	14.24	14.71
น้ำหนักเมล็ดดี (กรัม)	1.94	1.87	1.99	2.11	2.20	2.03	2.15
น้ำหนักเมล็ดลีบ (กรัม)	0.138	0.131	0.103	0.157	0.148	0.134	0.133
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	701	710	731	689	760	765	733

การวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังสิ้นสุดการทดลอง สมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยในตำรับการทดลองที่ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่าน ชีวภาพ ถ่านชีวภาพมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ(OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่ประโยชน์ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกตำรับ

ถ่านชีวภาพจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้ลดน้อยลง เนื่องจากฤทธิ์เป็นด่าง นอกจากนี้รูพรุนของถ่านจะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น อโซโตแบคเตอร์ (Azotobactor) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตอาหารโดยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ถ่านชีวภาพจึงเป็นแหล่งสะสมของไนโตรเจนทั้งจากจุลินทรีย์และจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปให้แก่ดิน (อรสา, 2552)

ไบโอชาร์จึงเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและทำให้ระบายอากาศได้มากขึ้น ลดความ รุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช จึงเพิ่มความเป็น ประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ความสูงต้นข้าว ตำรับการทดลองที่ 6 มีความสูงของต้นข้าวมากที่สุด ตำรับการทดลองที่ 5 มีจำนวนเมล็ดดีมากที่สุด เนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุเสริมประโยชน์ (Beneficial mineral element) แก่พืชหลายชนิด ซิลิกอนจะอยู่ในดินในรูปของผลึกและ amorphous ของซิลิก้ารูปของซิลิเกต สำหรับการใช้กรดซิลิคอนในการปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กอะลูมินัมและแมงกานีสและช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (บรรเจิดลักษณ์, 2556) Takahashi (1968) รายงานว่าในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้ปุ๋ยซิลิกอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกตในนาข้าวอัตรา 240-250 กิโลกรัมต่อไร่ มีประโยชน์ต่อข้าวคือ เมื่อใส่สารประกอบซิลิเกตลงไปในดินที่มีการตรึงฟอสเฟตสูงจะทำให้ลดปริมาณการตรึงฟอสเฟตโดยซิลิเกตเข้าไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่พื้นผิวของแร่ดินเหนียวออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม ซิลิก้าจะไปสะสมอยู่ที่ผิวของใบและลำต้น ช่วยให้ข้าวตั้งชัน สังเคราะห์แสงได้ดี ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ทำให้ต้านทานต่อโรคแ ละแมลง ป้องกันเชื้อราเข้าในใบ เนื่องจากความแข็งแรงของผนังเซลล์ที่มีซิลิกอนสูงและมีแมลงกัดกินใบน้อยลง ซิลิกอนจะช่วยลดความเป็นพิษของแมงกานีสเหล็กและอะลูมินัม โดยช่วยให้ข้าวทนต่อความเป็นพิษได้มากขึ้น

กรมพัฒนาที่ดิน (2558) รายงานว่า ซิลิคอนจะช่วยให้ใบพืชตั้งชันจึงรับแสง ได้เต็มที่ กระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดได้ดี พืชเจริญเติบโตได้ดี ลำต้นพืชแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย และเพิ่ม ความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา แมลง และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จึงช่วยให้ผลผลิตพืชสูงขึ้น

การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรร่วมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพมาปั้นเม็ดในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชจะเป็นวิธีใหม่ใน การนำไปใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้สะดวกและง่ายต่อการจูงใจให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวมากขึ้น และช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินคุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้พืชเจริญเติบโตดี ส่งผลให้ผลผลิตของพืช

เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุน และจากผลการทดลอง การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 สามารถทำให้พืชเจริญเติบโต ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรร่วมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพมาปั้นเม็ดในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชจะเป็นวิธีใหม่ใน การนำไปใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้สะดวกและง่ายต่อการจูงใจให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวมากขึ้น และช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินคุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้พืชเจริญเติบโตดี ส่งผลให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุน และจากผลการทดลอง การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 สามารถทำให้พืชเจริญเติบโต ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุด

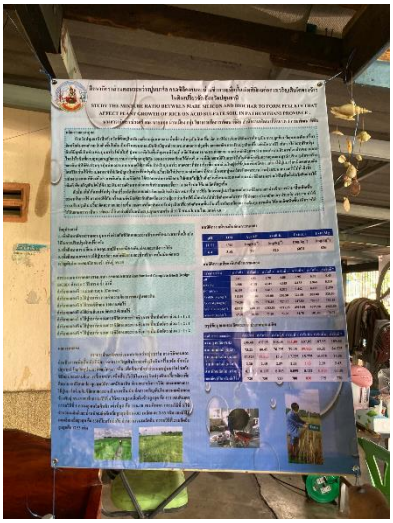
ประโยชน์ที่ได้รับ

เป็นการต่อยอดงานวิจัยและเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปูนปั้นเม็ดโดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ด ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยให้เกษตรกรนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนปัจจัยการผลิต

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

หลังสิ้นสุดการทดลองมีการนำผลการวิจัยไปเผยแพร่ โดยการนำผลการวิจัยไปจัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยในวันศุกร์ที่ ๒๓ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ศูนย์เครือข่ายศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน หมู่ ๕ ต.หน้าไม้ อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี โดยมีผู้เข้าร่วมอบรมเป็นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จ.ปทุมธานีและผู้สนใจ จำนวนทั้งสิ้น ๕๐ ราย มีกำหนดการฝึกอบรมดังนี้

วันที่ ๒๓ ธันวาคม ๒๕๖๕	**ณ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน อ.ลาดหลุมแก้ว**
๐๘.๐๐-๐๙.๐๐ น.	ลงทะเบียน
๐๙.๐๐-๐๙.๔๕ น.	พิธีเปิดการฝึกอบรม
๐๙.๔๕-๑๐.๐๐ น.	อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๐.๐๐-๑๒.๐๐ น.	การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัย
๑๒.๐๐-๑๓.๐๐ น.	อาหารกลางวัน
๑๓.๐๐-๑๔.๓๐ น.	การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับจากงานวิจัย(ต่อ)
๑๔.๓๐-๑๔.๔๕ น.	อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๔.๔๕-๑๖.๐๐ น.	แบ่งกลุ่มเสวนาเรื่องการปลูกข้าว



ภาพที่ 1 ป้ายโครงการฝึกอบรม

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการลงทะเบียนผู้สนใจ

ภาพที่ 3 ผู้เข้าร่วมอบรม

ภาพที่ 4 ผู้เข้าร่วมอบรมเยี่ยมชมโปสเตอร์สรุปผลงานการวิจัย

ภาพที่ 5 ผู้สนใจเข้าร่วมฟังการอบรม

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2534. **คู่มือการใช้แผนที่กลุ่มดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ.** กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร.** กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. **สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย.**กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกศศิรินทร์ แสงมณี, ชัยนาม ดิสถาพร และสุรชัย สุวรรณชาติ. 2557. น. 605-608. **การจัดการดินด้วยเทคโนโลยีชีวภาพและถ่านชีวภาพในการผลิตผักคะน้าในดินทราย**. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2558.

จิตนิภา ศรีวัธนทรัพย์. 2558. **นักวิจัยแนะเกษตรกรใส่ “ถ่านชีวภาพ” ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพิ่มผลผลิตข้าวไร่.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก: http//www.kku.ac.th. กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พินิจภณ ปิตุยะและ อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ. 2557. **การพัฒนาและฟื้นฟูดินทรายในเขตเงาฝนด้วยถ่านชีวภาพ**. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 กันยายน–ธันวาคม พ.ศ. 2560

พุทธิภณ ศิริมูล ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช พรทิพย์ศรีมงคล และ วิมลนันทน์กันเกตุ. 2557. **อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลผลิตของข้าวในสภาพดินเค็ม.** ว. วิทย์. กษ. 45(2) (พิเศษ): 637-640

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ รติกร ณ ลำปาง และศศิกาญจน์ เกิดพร. 2556. **การใช้ซิลิกอนเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในดินเปรี้ยวจัด**. วารสารดินและปุ๋ย 36: 51-62.

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ รติกร ณ ลำปาง และนวลจันทร์ ภาสดา. 2559.**การศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพต่อ สมบัติของดินและผลผลิตพืชสมุนไพรขมิ้นชันในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด.** กองวิจัยและพัฒนาการจัดการ ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปัทมา ทองซ้อน จีราภรณ์ อินทสาร และ สาวิกา กอนแสง . 2559. **ซิลิกอน (Silicon : Si) ไม่จัดว่าเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช แต่จัดเป็นธาตุเสริมประโยชน์สำหรับพืช.** วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร: พฤษภาคม สิงหาคม 2559. 47(2) 409-412

ศิริลักษณ์ ศิริสิงห์ และอรสา สุกสว่าง. 2556. **การประยุกต์ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร.** วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 39 (2): 223-229.

เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2557. **ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ และแกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16(1): 69 -75.

อรสา สุขสว่าง. 2552. **ถ่านชีวภาพคำตอบสำหรับแก้ปัญหาโลกร้อน ดิน และความยากจน:** การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ 2552 (Thailand Research Expo 2009), 28 สิงหาคม 2009, กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of soils.** Thirteenth ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey.

Brewer, C.E. andR.C. Brown. 2012. Biochar.pp. 357-384.In: A. Sayigh, (Ed), **Comprehensive Renewable Energy**. Elsevier, Oxford.

Chintala, R., T.E. Schumacher, S. Kumar, D.D. Malo, J.A. Rice, B. Bleakley, G. Chilom, D.E. Clay, J.L. Julson, S.K. Papiernik, and Z.R. Gu. 2014. **Molecular characterization of biochars**
and their influence on microbiological properties of soil. J. Hazard**.**279: 244-256Oguntunde, P.G. 2008. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. **Biol. Fertil. Soil.** 39: 295-299.

Danoff. L.E., G.H. Snyder, and G.H. Korndorfer. 2001. Silicon in agriculture. **Plant Science.** 8: 26.

Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, S. Sohi, J.E. Thies,J.O. Skjemstad, F.J. Luizao, M.H. Engelhard, E.G. Neves, and S. Wirick. 2006. Stability of biomassderived black carbon in soils. **Geochimica.** 72:6096–6078.

Masto, R.E, Md.A. Ansari, J. George, V.A. Selvi, and L.C. Ram. 2013. **Co-application of biochar and lignite fly ash on soil nutrients and biological parameter at different crop growth stages of Zea mays**. Ecological Engineering 58: 314-322.

Peterson, D. 2009. **Biochar structure** [Online].Available:http://www.slideplayer.us /slide/799098 (Searched 2 October 2014).

Wu, W., Yang M, Feng Q, McGrouther K, Wang H, Lu H, Chen Y. Chemical characterization of rice straw-derived biochar for soil amendment. **Biomass and Bioenergy**. 2012:47:268-76.

Zhang, Q., F.A.Dijkstra, R.X. Liu X, Y.D. Wang, J.Huang, and N.Lu. 2014. **Effects of biochar on soil microbial biomass after four years of consecutive application in the north China Plain**. PLOS ONE 9(7): e102062. doi:10.1371/journal.pone.0102062.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การแปลผลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน)Soil reaction ,(pH)ดิน: น้ำ =1 : 1(

ระดับ (rating)	ค่าที่วัดได้
กรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	<3.5
กรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
กรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
กรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
กลาง (neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	> 9.0

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน

ระดับ	OM (%) วิธี Walkley and Black	ระดับธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช				
		Total N (%)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$) สกัดด้วย Bray ll	สกัดด้วย NH_4OAc pH 7.0		
				Avail. K ($mg\ kg^{-1}$)	Ca ($mg\ kg^{-1}$)	Mg ($mg\ kg^{-1}$)
ต่ำมาก	< 0.5	< 0.010	< 3	< 30	< 400	< 36
ต่ำ	0.5 - 1.5	0.10 - 0.30	3 - 10	30 - 60	401 - 1,000	36 - 120
ปานกลาง	1.6 - 2.5	0.31 - 0.60	11 - 15	61 - 90	1,001 - 2,000	121 - 365
สูง	2.5 - 4.5	0.61 - 0.10	16 - 45	91 - 120	2,001 - 4,000	366 - 975
สูงมาก	> 4.5	> 0.10	> 45	> 120	> 4,000	> 975

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547)

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 2 เตรียมพื้นที่ทำแปลงวิจัย โดยทำ

การสูบน้ำเข้าแปลง ไถพรวน และไถทำเทือกแปลงวิจัย

ภาพภาคผนวกที่ 3 หว่านข้าว , วัสดุปรับปรุงดิน และฉีดยาคุมวัชพืชในแปลงวิจัย

ภาพภาคผนวกที่ 4 การถอนแยกกล้าข้าวที่แน่นเกินไป

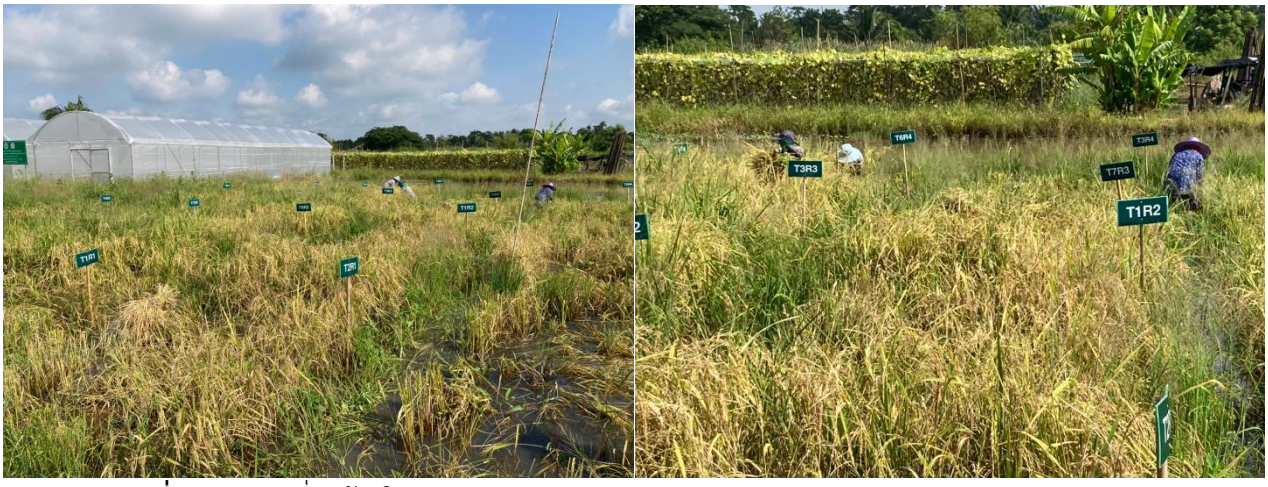
ภาพภาคผนวกที่ 5 สูบน้ำออกเพื่อควบคุมระดับน้ำในนา

ภาพภาคผนวกที่ 6 การปลูกซ่อมกล้าข้าว

ภาพภาคผนวกที่ 7 การกำจัดศัตรูพืช

ภาพภาคผนวกที่ 8 การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

ภาพภาคผนวกที่ 9 การถอนวัชพืชในแปลง



ภาพภาคผนวกที่ 10 การเกี่ยวข้าวในแปลงวิจัย

ภาพภาคผนวกที่ 11 ผึ่งแดดให้แห้งสนิท

ภาพภาคผนวกที่ 12 นวดพร้อมคัดแยกเศษฟางและเมล็ดข้าวลีบ บรรจุกระสอบขนาด 20 กิโลกรัม