ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานวิจัย

เรื่อง

ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ด เพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

Study the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets for increasing plant growth in acid sulfate soils

โดย

น.ส. บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านปรับปรุงดินเปรี้ยว กรมพัฒนาที่ดิน
นายสกล ผ่านเมือง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สพข. 1
นายศรัณย์นพ อินทเสน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กวจ.
นางสาวนิสุดา ทองคำพันธ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กวจ.
นางสาวสุปราณี ต้นจาน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สพข. 1

กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
คำนำ	5
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	6
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	13
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	13
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	16
สรุปผลการทดลอง	31
ข้อเสนอแนะ	31
ประโยชน์ที่ได้รับ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	34

ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดเพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

น.ส. บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ นายสกล ผ่านเมือง
นายศรัณย์นพ อินทเสน นางสาวนิสุดา ทองคำพันธ์ นางสาวสุปราณี ต้นจาน

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดเพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดดำเนินการที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 ระหว่างปี พ.ศ.2562-2563 ในกลุ่มชุดดินที่ 11 ชุดดินรังสิต โดยวางแผนการทอดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 วิธีการ 4 ซ้ำ คือ ตำรับทดลองที่ 1 ตำรับควบคุม (Control) ตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน ตำรับทดลองที่ 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่ ตำรับทดลองที่ 4 ใช้ถ่านชีวภาพอัตรา 2 ตันต่อไร่ ตำรับทดลองที่ 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1 ตำรับทดลองที่ 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ตำรับทดลองที่ 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ผลการทดลองพบว่า หลังสิ้นสุดการทดลอง สมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยในตำรับการทดลองที่ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ถ่านชีวภาพมีค่าพีเอช (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นทุกตำรับทดลอง ค่าความยาวและความกว้างใบพืช (เซนติเมตร) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความยาวและกว้างของใบพืช ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วัน (เซนติเมตร) สูงสุด สำหรับค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) เช่นกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) ในตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 สำหรับ ตำรับควบคุม ให้ค่าความกว้างและยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวาน (กรัม) ต่ำสุด

คำสำคัญ: ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน ถ่านชีวภาพ ดินเปรี้ยวจัด ชุดดินรังสิต

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Study the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets for increasing plant growth in acid sulfate soils

Bunjirtluk Jintaridth Sakol Panmoeng Sarannop Intasaen

Nisuda Thongkumpan and Supranee Tonjan

Abstract

The mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets for increasing plant growth in acid sulfate soils was studied. The objectives were soil improvement, and increasing yield of sweet corn. The location was conducted in Rangsit series (soil group 11), Patumthanee province between 2019-2020. Randomized Complete Block Design (RCB) was applied for 4 replications and 7 treatments. (T_1) Treatments were control plots, (T_2) 1872 kilograms per rai of marl application, (T_3)100 kilograms per rai of silicon application, (T_4) 2 tons per rai of biochar application, (T_5) the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1 : 1 : 1, (T_6) the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1: 2: 1, (T_7) 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, extr. K, extr. Ca, and extr. Mg in the soil increased, respectively. Also at different the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1: 2: 1 (T_6) had a tendency to increase productivity of sweet corn yield, length and width of leaf, the height of sweet corn. The mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1: 1: 2 (T_6) gave the highest weight of ears of corn (grams). However, it was not statistical different to the mixture ratio between marl, silicon and biochar to form pellets 1 : 2 : 1. Control treatment (T1) had the lowest of sweet corn yield, length and width of leaf, the height of sweet corn and the weight of ears of corn (grams).

Key words: marl, silicon, biochar, acid sulfate soils, sweet corn

คำนำ

การศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดเพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเป็นการศึกษาทางเลือกวัสดุในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อผลิตข้าวพันธุ์ กข.43 โดยใช้วัสดุปูนร่วมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพนำมาปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อลดความเป็นกรดในดินเพิ่มธาตุอาหารและความสมบูรณ์ให้กับดิน ทำให้พืชเจริญเติมโตแข็งแรงต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูพืช เพิ่มผลผลิตมากขึ้น อาจนำไปสู่การได้รับผลกำไรมากขึ้น และเป็นวิธีใหม่ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวานหวานหวาน ที่ปลูกในพื้นดินเปรี้ยวจัด และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเหนือต้นทุนผันแปร โดยใช้วัสดุปูนทางการเกษตร ได้แก่ ปูนมาร์ล ธาตุแคลเซียมคาร์บอเนต กรดซิลิคอน ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเหมาะสม เพื่อลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ต้านทานโรคแมลงศัตรูพืชซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรร่วมกับกรดซิลิคอนมาปั้นเม็ด เพิ่มความแข็งแรงให้กับพืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นวิธีใหม่ในการนำไปใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้สะดวกและง่ายต่อการจูงใจให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดมากขึ้น และร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่เหมาะสม สามารถลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินคุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้พืชเจริญเติบโตดี ส่งผลให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุน

ดังนั้น เพื่อให้การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้นวัตกรรมปูนมาร์ลผสมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพนำมาปั้นเม็ดเพื่อสะดวกในการใช้ สามารถใช้กับเครื่องยนต์ชนิดเดียวกันกับเครื่องหว่านปุ๋ย หว่านข้าวได้ เมื่อหว่านได้ทั่วถึงก็จะลดอัตราการใช้น้อยลง ประหยัดเวลา ประหยัดแรงงาน ทำให้การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดสะดวกและง่ายขึ้น เกษตรกรก็จะหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดกันมากขึ้น ดินเปรี้ยวจัดลดน้อยลง ลดต้นทุนการผลิต ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นการพัฒนาที่ดินอย่างยั่งยืนสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพที่เหมาะสม เพื่อปั้นเม็ดใช้ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน ก่อนและหลังการวิจัย
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปูนมาร์ลร่วมกับซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ด ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

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 ปัญหาของดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถันเกิดขึ้นในดินเป็นปริมาณ จนเป็นดินปัญหาส่งผลกระทบต่อการปลูกพืชและผลผลิต ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำกว่า 4 ทำให้ดินขาดธาตุอาหารพืช ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสจะขาดรุนแรง เนื่องจากจะถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชต่ำ มีธาตุเหล็กและธาตุอะลูมินัมละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชที่ปลูกทำให้พืชที่ปลูกไม่เจริญเติบโตหรือตาย 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) ดินเปรี้ยวจัดเป็นดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว แต่ให้ผลผลิตต่ำเนื่องจากดินเป็นกรดจัดและขาดแคลนธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และมีธาตุบางตัว เช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชที่ปลูกจากสภาพปัญหา ดังกล่าวทำให้พืชที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดเจริญเติบโตไม่ดีและให้ผลผลิตต่ำถึงต่ำมาก ในขณะที่ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีการแก้ไขปัญหาปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดนี้สามารถปฏิบัติได้หลายวิธีการแต่การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรเป็นวิธีการที่สะดวกเห็นผลรวดเร็วและลงทุนต่ำ การใช้วัสดุปูนทางการเกษตร เช่น ปูนมาร์ล เป็นปูนทางการเกษตร ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCo3)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 ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่า 1 เมตร ดินบนลึกไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด สีพื้นเป็นสีดำหรือน้ำตาลปนดำเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงบ้างเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.5) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนดำ มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม และมีจุดประสีแดง

มากขึ้นกว่าดินชั้นบน จะพบสารสีเหลืองฟางข้าว (jarosite) ในระดับความลึกต่ำกว่า 40 เซนติเมตรลงไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0 หรือ < 4.0) ระดับที่ต่ำกว่า 80 เซนติเมตรลงไป สีของดินจะเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงเพิ่มมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน. 2534)

ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ อายุเก็บเกี่ยวสั้นทำให้ปลูกได้ถึง 3 รุ่น ตลอดทั้งปี (หรือ 4 รุ่น ในบางแหล่ง และบางพันธุ์) มีทั้งประเภทที่ปลูกเพื่อจำหน่ายฝักสดและปลูกเพื่อส่งโรงงานเพื่อนำไปแปรรูปได้หลายรูปแบบ เช่น ทำน้ำนมข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องทั้งฝักหรือเฉพาะเมล็ดแปรรูปทำครีมข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานแช่แข็ง เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างๆเหล่านี้ สามารถส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีน และกลุ่มประเทศในแถบยุโรป ซึ่งมีอัตราเติบโตเพิ่มสูงขึ้นทุกปี นอกจากจะส่งเสริมให้ปลูกข้าวโพดหวานในฤดูกาลแล้ว ยังส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกข้าวโพดหวานในนาข้าวช่วงฤดูแล้งเพิ่มมากขึ้น

พันธุ์ที่แนะนำ ได้แก่

- พันธุ์ผสมเปิด จะให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสม แต่สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้ เพื่อใช้ปลูกในครั้งต่อไป ได้แก่ พันธุ์ฮาวายเอี้ยนชูการ์, ซูเปอร์สวีท (ของกรมวิชาการเกษตร) เป็นต้น
- พันธ์ลูกผสม มีพันธุ์มากมายให้เลือกใช้ ให้ผลผลิตสูง แต่ไม่สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้ ต้องซื้อใหม่ทุกครั้งที่จะปลูก ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ของเอกชน และมีบางพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ พันธุ์อินทรี 2, ชูการ์ 75, เอทีเอส 5, ไฮบริกซ์ 3,9 และ 49 เป็นต้น

ฤดูปลูก ปลูกได้ตลอดทั้งปี ถ้ามีแหล่งน้ำพียงพอ ช่วงปลูกที่ให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี คือ

- ฤดูหนาว ปลูกระหว่าง เดือนพฤศจิกายน - มกราคม
- ต้นฤดูฝน ปลูกระหว่าง เดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม

ข้าวโพดหวานพันธุ์ฉัตรทอง 29 เกิดจากพันธุ์ลูกผสมสามทาง พันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 โดยเป็นลักษณะทางการเกษตรของโครงการสร้างพันธุ์ลูกผสมสองชั้น อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้สร้างข้าวโพดหวานหวานสายพันธุ์แท้ฉัตรทอง 29 จากข้าวโพดหวานพันธุ์ผสมเปิด คือพันธุ์ “ฉัตรทองคอมพาสิต” ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามกันระหว่างข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 HS 27×127 ข้าวโพดหวานหวานหวานพันธุ์ “Top Sweet” ข้าวโพดหวานพันธุ์ “Honey Jean” และข้าวโพดหวานพันธุ์ “ในหลวง” (HM หรือ His majesty the king) ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ “ฉัตรทอง 29” เป็นข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้พันธุ์หนึ่งที่นำมาผสมเข้ากับข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวชั้วที่ 1 HS 114×76 ได้เป็นข้าวโพดหวานลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ ซึ่งใช้ชื่อว่า “ฉัตรทอง 29 F1” มีคุณสมบัติที่ดีเด่นคือ ให้ฝักใหญ่ น้ำหนักฝักรวมทั้งเปลือก 1,950.25 กิโลกรัม/ไร่ ให้ความอ่อนนุ่มมากขึ้น โดยมีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดต่ำกว่า 50 ไมครอน และมีความหวาน 16 บริกซ์

การจัดการข้าวโพดหวาน สามารถดูแลได้ง่ายกว่าพืชชนิดอื่น โดยจะต้องดูแลในเรื่องของการเตรียมดินก่อนปลูก และดูแลเรื่องเมล็ดพันธุ์ให้มีโอกาสรอดได้มากขึ้น

การปลูก ทำได้ 2 วิธี คือ

1. การปลูกแบบแถวเดี่ยว ระยะห่างระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตร ปลูกหลุมละ 1 ต้น จำนวนต้นต่อไร่ ประมาณ 7,000-8,500 ต้น จะใช้เมล็ดประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม/ไร่ (ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำกว่า 85% ให้หยอด 1-2 เมล็ดต่อหลุม ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม/ไร่)

2. การปลูกแบบแถวคู่ มีการยกร่องสูง ระยะระหว่างร่อง 120 เซนติเมตร ปลูกเป็นสองแถวข้างร่อง ระยะห่างกัน 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตร หยอดเมล็ด 1 ต้น/หลุม จะมีจำนวนต้นประมาณ 7,000-8,500 ต้น/ไร่ ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม/ไร่

- ถ้าปลูกด้วยมือ ควรหยอดปุ๋ยที่ก้นหลุม แล้วกลบดินบางๆก่อนหยอดเมล็ด ไม่ควรให้ปุ๋ยสัมผัสกับเมล็ดโดยตรงเพราะอาจทำให้เมล็ดเน่าได้
- เมื่อปลูกเสร็จแล้ว ควรให้น้ำทันที โดยปล่อยมาตามร่องทันทีหลังปลูก ควรให้น้ำทุกๆ 5-7 วัน ในฤดูแล้งและอาศัยน้ำฝนในฤดูฝน และใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวโพดหวานหวานอายุ 3 สัปดาห์ โดยใส่ปุ๋ยแล้วพูนกลบต้น

การกำจัดวัชพืช

การฉีดสารควบคุมวัชพืชประเภทก่อนงอก โดยใช้สารอะลาคลอร์ อัตรา 125-150 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร (1 ไร่ ใช้น้ำประมาณ 80 ลิตร) ฉีดพ่นหลังจากการปลูก ก่อนที่วัชพืชจะงอกขณะฉีดพ่น ดินควรมีความชื้นเพื่อทำให้สารเคมีออกฤทธิ์ดีขึ้น เมื่อข้าวโพดหวานหวานอายุ 25-30 วัน หากมีวัชพืชขึ้นหนาแน่น ควรกำจัดออกโดยการใช้จอบถาก

การให้น้ำ

ระยะเวลาที่ข้าวโพดหวานหวานหวานขาดน้ำไม่ได้ คือ

1. ระยะเวลา 7 วันแรกหลังปลูก เป็นระยะที่ข้าวโพดหวานหวานกำลังงอก ถ้าข้าวโพดหวานหวานหวานขาดน้ำช่วงนี้จะทำให้การงอกไม่ดี จำนวนต้นต่อพื้นที่ก็จะน้อยลง จะทำให้ผลผลิตลดลงไปด้วย

2. ระยะออกดอก เพราะจะมีผลทำให้การผสมเกสรไม่สมบูรณ์ การติดเมล็ดจะไม่ดี ติดเมล็ดเป็นบางส่วนและไม่เต็มถึงปลายฝักขายได้ราคาต่ำ โดยปกติถ้าเป็นพื้นที่ที่สามารถให้น้ำได้ควรให้น้ำทุก 3-5 วัน ขึ้นกับสภาพต้นข้าวโพดหวานและสภาพอากาศ แต่ช่วงที่ควรให้น้ำถี่ขึ้น คือ ช่วงที่ข้าวโพดหวานกำลังงอกและช่วงออกดอก

การปฏิบัติดูแลรักษาข้าวโพดหวาน การถอนแยกต้น ควรกระทำหลังจากหยอดเมล็ด 12-14 วัน โดยการถอนแยกให้เหลือ หลุมละ 1 ต้น

- การให้น้ำ ให้น้ำอย่างสม่ำเสมออย่าให้ขาดน้ำ โดยปล่อยเข้าตามร่องน้ำหรือให้แบบสปริงเกอร์

- การกำจัดวัชพืช ทำพร้อมๆกับการกลบโคนต้นและการให้ปุ๋ย
- การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลง การปลูกข้าวโพดหวานต้องระวังในเรื่องของหนอนเจาะฝัก หรือเจาะลำต้น ควรฉีดพ่นด้วยสารเคมีเซฟวิน หรือสารพวกถูกต้องตาย เช่น เมธโธมิล

การเก็บเกี่ยว

จะเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในระยะที่เหมาะสมที่สุด คือระยะ 70-75 วัน หลังข้าวโพดหวานหวานออกไหม 50% (ข้าวโพดหวาน 100 ต้น ออกไหม 50 ต้น) แต่ถ้าปลูกในช่วงอากาศหนาวเย็น อายุเก็บเกี่ยวอาจจะยืดออกไปอีก 7-10 วัน ควรเก็บเกี่ยวในเช้าตรู่ แล้วรีบนำส่งโรงงานหรือนำไปจำหน่ายโดยเร็ว เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและความหวาน เพราะจะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดและน้ำหนักของฝัก

การเก็บเกี่ยวฝักสด

ข้าวโพดหวานจะมีคุณภาพดีและหวาน ไม่ว่าจะเป็นส่งโรงงานหรือจำหน่ายฝักสด และคุณภาพดีที่สุด หรือระยะที่เรียกว่าระยะน้ำนม หากเลยระยะนี้ไปแล้วปริมาณน้ำตาลจะลดลงและมีแป้งเพิ่มขึ้น

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานมีหลักพิจารณาง่ายๆคือ นับอายุหลังจากวันหยอดเมล็ด วิธีการนี้ต้องทราบอายุของข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์ว่าเป็นพันธุ์ หนัก เบา หรือปานกลาง เช่น

- พันธุ์เบา อายุ 55-65 วัน
- พันธุ์ปานกลาง อายุ 70-85 วัน
- พันธุ์หนัก อายุ ตั้งแต่ 90 วันขึ้นไป

เก็บสุ่มตัวอย่างในแปลงมาตรวจดู วิธีนี้แน่นอนและนิยมทำกันมากที่สุด การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน ควรเก็บในเวลาเช้าตรู่ และรีบส่งตลาดทันที ไม่ควรทิ้งไว้เกิน 24 ชั่วโมง เพราะจะทำให้น้ำตาลลดลง

หลังเก็บฝักข้าวโพดหวานแล้ว ให้ไถกลบต้นข้าวโพดหวานหวานเป็นปุ๋ยพืชสด เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ร่วนซุย

การขนส่ง

ถ้ามีผลผลิตจำนวนมากและต้องขนส่งในระยะทางไกลที่ใช้เวลาขนส่งนานกว่า 3 ชั่วโมง ควรทำปล่องด้วยท่อเอสลอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์ผ่ากลาง ประมาณ 15 เซนติเมตร ยาว 3-4 เมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร โดยรอบตลอดท่อหรือใช้หวายสานหรือไม้ไผ่ซีกประกอบเป็นท่อโปร่ง ทำเป็นปล่องเสียบไว้ตรงกลางกองข้าวโพดหวานหวานหวาน จำนวน 2-3 อัน เพื่อช่วยระบายความร้อนและถ่ายเทอากาศ

ปูนมาร์ลหรือดินมาร์ล

องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCo3) และดินเหนียว (clay) ที่พบในประเทศไทยมักจะมีสีขาวหรือขาวขุ่นปนน้ำตาล เป็นหินปูนที่มีลักษณะเนื้อค่อนข้างร่วนสะสมเป็นชั้นอยู่ใต้ดิน มีคุณสมบัติในการแก้ความกรดของดินและเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน ชั้นที่พบอาจจะหนาถึง 4-6เมตร ที่พบเป็นแหล่งใหญ่อยู่ใต้ผิวประมาณ 1 เมตร ของชุดดินลพบุรีและสระบุรี สำหรับบริเวณอื่นๆ ที่มีภูเขาหินปูนอาจจะพบปูนมาร์ลได้เช่นกัน

การใช้ปูนมาร์ลปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด

การหว่านปูนมาร์ลให้ทั่ว พื้นนาเป็นวิธีที่ง่ายราคาถูกและนิยมมากที่สุด แล้วไถคลุกเคล้ากับดิน หมักไว้ในสภาพดินชื้น ประมาณ 7 วัน ก่อนเตรียมดินปลูกข้าวโพดหวานหวาน

ปริมาณปูนที่แนะนำ

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

จากปัญหาและข้อจำกัดของดินเปรี้ยวจัดทำให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ต่ำ ประกอบกับราคาปุ๋ยเคมีเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้มีรายได้ลดลง และบางครั้งก็ประสบปัญหาขาดทุน สำหรับการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดมีหลายวิธีเช่นการใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ได้แก่วัสดุปรับปรุงดินทางการเกษตร เช่นปูนมาร์ล โดโลไมท์ ปูนขาว รวมทั้งกรดซิลิคอน หรือในพื้นที่ชุมชนมีวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร เช่นแกลบ กากน้ำหมักชีวภาพ ฯ นำมาเผาทำถ่านชีวภาพโดยผ่านขบวนการไพโรไรซีสที่ควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศที่อุณหภูมิเกิน 300 องศาเซลเซียส ได้ถ่านชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการนำไปในดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ปรับปรุงโครงสร้างของดิน เป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและทำให้ระบายอากาศได้มากขึ้น ลดความรุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช จึงเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) สำหรับปูนมาร์ลเกษตรกรที่ทำนาข้าวที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะใช้ปูนมาร์ลชนิดผง แต่การใช้ปูนมาร์ลชนิดผงแบบเดิมโดยวิธีหว่านให้ทั่วแปลงนาตามอัตราคำแนะนำ 500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงมาก จึงทำให้เกิดปัญหาในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุเนื่องจากปูนมาร์ลมีน้ำหนักอัตราการใส่ต่อไร่สูงมาก เกษตรกรจึงใส่ไม่ครบอัตราตามคำแนะนำทางวิชาการ, ปูนมาร์ลชนิดผงเวลาหว่านฟุ้งกระจายบางครั้งไม่ทั่วถึงทั้งแปลงติดตามร่างกาย บางคนแพ้ก็จะเกิดอาการผื่นคัน ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากประกอบกับขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรกรรม ส่วนซิลิคอน ได้จากการนำกรดซิลิคอน (ซิลิคอนในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้) ไปผสมกับปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสมตามคำแนะนำ เมื่อนำปุ๋ยกรดซิลิคอนไปใส่ให้พืชที่ปลูกซิลิคอนจะช่วยให้ใบพืชตั้งชันจึงรับแสงได้เต็มที่ กระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดได้ดี พืชเจริญเติบโตได้ดี ลำต้นพืชแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย และเพิ่มความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา แมลง และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จึงช่วยให้ผลผลิตพืชสูงขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) การใช้กรดซิลิคอนกับข้าว เมื่อสะสมอยู่ที่ใบอย่างต่อเนื่องจะเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกราะป้องกันพืช ทำให้ใบพืชมีลักษณะใบหนา ช่วงทำให้ผิวพืชแข็งแรง ช่วยยับยั้งการเกิดโรคพืช โดยกรดซิลิคอนจะซึมอยู่บนผิวของพืช ซึ่งผิวทางกายภาพนี้จะช่วยลดการแทรกซึมของสาเหตุโรคอื่นๆ เช่น โรคเชื้อรา เป็นต้น (Danoff, 2001) การใช้กรดซิลิคอนในการปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก อะลูมินัมและแมงกานิส และช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (บรรเจิดลักษณ์, 2556)

กรดซิลิคอน

เป็นแร่ธาตุอาหารเสริมที่มีประโยชน์ต่อพืชทุกชนิด สามารถละลายน้ำได้ง่าย (Marschner,1995) พืชสามารถดูดซิลิคอนในรูปของกรดโมโนซิลิซิกไปพร้อมกับน้ำ โดยผ่านทางรากสู่ลำต้นและทางใบ ซิลิคอนที่ใส่ลงไปในดินมีผลดีต่อการเจริญเติบโตทั้งทางตรงและทางอ้อมของพืชปลูก การใช้กรดซิลิคอนกับข้าว เมื่อสะสมอยู่ที่ใบอย่างต่อเนื่องจะเปลี่ยนเป็นกรดซิลิเกตเคลือบที่ใบเหมือนเป็นเกาะป้องกันพืชทำให้ใบพืชมีลักษณะใบหนา ช่วยทำให้ผิวพืชแข็งแรง ลำต้นแข็งแรงไม่หักล้มง่าย ช่วยยับยั้งการเกิดโรงพืช โดยกรดซิลิคอนจะซึมออยู่บนผิวของพืช ซึ่งผิวทางกายภาพนี้จะช่วยลดการแซกซึมของสาเหตุโรคอื่นๆ เช่นโรคเชื่อรา เป็นต้น ช่วยป้องกันแมลง เพี้ย หนอนไส้เดือนฝอย (Danoff, 2001) นอกจากนี้ กรดซิลิคอนยังช่วยเพิ่มผลผลิตเพิ่มรสชาติเพิ่มน้ำหนัก เพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้ง และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน การใช้กรดซิลิคอนในการปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กอลูมินัมและแมงกานิสและช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟอรัส จากข้อมูลดังกล่าว จึงเห็นควรให้มีการนำซิลิคอนมาทดลองใช้ในการปลูกข้าวในดินเปรี้ยวจัด การใช้ซิลิคอนจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้หรือไม่ ผลผลิตพืชที่ได้รับจะคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยเพียงใด การทดลองนี้จะทำให้ทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรและผู้ที่สนใจทั่วไป (บรรเจิดลักษณ์, 2556)

ปัทมา ทองซ้อน (2559) ได้ศึกษาผลของซิลิกอนและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าว กข21 และ กข47 ในระยะแตกกอ การให้ไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (CH_4N_2O) อัตรา 10 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และซิลิกอนในรูปโซเดียมซิลิเกต ($Na_2SiO_3.5H_2O$) อัตรา 0 และ 80 กิโลกรัมซิลิกอน/ไร่ พบว่าการเจริญเติบโต ความสูง และการดูดใช้ธาตุซิลิกอนในใบข้าวทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มขึ้นตามอายุของใบในทุกตำรับการทดลอง การสะสมซิลิกอนในลำต้นไม่แตกต่างกันทุกตำรับทดลอง ในขณะที่ต้นข้าวพันธุ์ กข 47 มีปริมาณไนโตรเจนในทุกตำรับการทดลองสูงกว่าพันธุ์ กข21 นอกจากนี้การใส่ซิลิกอนทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ (2556) ได้ศึกษาการใช้ซิลิคอนเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในดินเปรี้ยวจัดอย่างยั่งยืน ได้ดำเนินการในพื้นที่ของสถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานี ชุดดินรังสิต ผลการวิจัยพบว่า สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นโดยรวม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นอินทรีย์วัตถุ ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส ปริมาณของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ผลผลิตของข้าว พบว่า การใช้ซิลิคอนอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงของกรมพัฒนาที่ดินตามอัตราแนะนำ (300 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตสูงสุด 603.27 กิโลกรัมต่อไร่ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่า ให้รายได้สุทธิ 4336.65 บาทต่อปี

ถ่านชีวภาพ

ถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์ เป็นวัสดุที่ได้จากการนำมวลชีวภาพจากวัตถุดิบอินทรีย์ที่มาจากสิ่งมีชีวิตโดยตรง เช่น พืช หรือจากของเสียเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ผ่านกระบวนการย่อย เป็นผลผลิตที่ได้จากชีวมวลผ่านความร้อนในกระบวนการไพโรไลซีสที่ควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศ ที่อุณหภูมิเกิน 300 องศาเซลเซียส มีผลพลอยได้ 2 ชนิด คือ น้ำมันชีวภาพ (Biofuel) หรือแก๊ส (H_2 CO) และไบโอชาร์ มีการนำไปใน

ดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ปรับปรุงโครงสร้างของดิน ไบโอชาร์ ผ่านกระบวนการทางเคมีจึงทำให้มีความเสถียรในดินสูง ไบโอชาร์จึงเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและทำให้ระบายอากาศได้มากขึ้น ลดความรุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช จึงเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

Masulili et a. (2010) ได้ศึกษาถ่านชีวภาพจากแกลบสำหรับระบบเพาะปลูกข้าวในดินกรด คุณลักษณะของถ่านชีวภาพจากแกลบ และผลกระทบต่อคุณสมบัติของดินกรดกำมะถันและการเติบโตของข้าวในกาลิมันตันตะวันตก อินโดนีเซียโดยเปรียบเทียบการใช้วัสดุที่ต่างกัน ได้แก่ 1) ไม่มีสารปรับปรุงดิน 2) ฟางข้าว (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 ผลการทดลอง พบว่า ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากแกลบ พบว่า มีความชื้นร้อยละ 4.96 มีค่า pH 8.70 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน (CEC) เท่ากับ 17.6 Cmol kg^{-1} เมื่อนำถ่านชีวภาพใส่ในดินที่ปลูกข้าวในดินกรด พบว่า ทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลง และมีค่าความพรุน ความชื้น ปริมาณคาร์บอน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และแคลเซียมเพิ่มขึ้น

Wu et al. (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้ไบโอชาร์จากแกลบ ผลิตภายใต้กระบวนการไพโรไลซิสอย่างช้าๆ 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 ตัน/ไร่ ในระบบเกษตรอินทรีย์ จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ถ่านชีวภาพในการปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ค่าพีเอชปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มมากขึ้น สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ แคลเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในทุกตำรับการทดลอง ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และจากการใช้ถ่านชีวภาพอัตราต่างๆที่มีต่อผลผลิต พบว่า ทำให้ผลผลิตของขมิ้นชันเพิ่มขึ้น โดยการใช้ถ่านชีวภาพ (จากเปลือกข้าว) 3 ตัน/ไร่ + ปุ๋ย

มูลไก่ 1 ตัน/ไร่ ขมิ้นชันให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1,800.4 กิโลกรัมต่อไร่ และแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใช้ถ่านชีวภาพซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุด 1,299.8 กิโลกรัมต่อไร่

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือนพฤษภาคม 2563

สิ้นสุดเดือนธันวาคม 2563

สถานที่ดำเนินการ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 จังหวัดปทุมธานี

สภาพพื้นที่ (Site Characterization)

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 ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่า 1 เมตร ดินบนลึกไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด สีพื้นเป็นสีดำหรือน้ำตาลปนดำเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงบ้างเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.5) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนดำ มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม และมีจุดประสีแดงมากขึ้นกว่าดินชั้นบน จะพบสารสีเหลืองฟางข้าว (jarosite) ในระดับความลึกต่ำกว่า 40 เซนติเมตรลงไป ปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0 หรือ < 4.0) ระดับที่ต่ำกว่า 80 เซนติเมตรลงไป สีของดินจะเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดงเพิ่มมากขึ้น (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน 2548)

อุปกรณ์และวิธีการ

1.อุปกรณ์และวัสดุในการดำเนินงานวิจัย

- อุปกรณ์ในการปั้นเม็ด เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ย
- อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ถุงเก็บตัวอย่างพืช ไม้เมตรสำหรับวัดความสูงพลั่วตักดินหรือขุดดิน ถุงเก็บตัวอย่างดิน
- วัสดุในการดำเนินงาน ได้แก่ ถ่านชีวภาพ ปูนมาร์ล กรดซิลิกอน

2.วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วางแผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทอดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 วิธีการ 4 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1 ตำรับควบคุม (Control)

ตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน

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

หมายเหตุ - ใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

- ถ่านชีวภาพทำจากแกลบ และบดเรียบร้อยแล้วถึงนำมาปั้นเม็ด

- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1 : 1 : 1 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ลอัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน กรดซิลิคอนอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ เมื่อปั้นเม็ดแล้วใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1 : 2 : 1 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ลอัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน กรดซิลิคอนอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ เมื่อปั้นเม็ดแล้วใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

- ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ด อัตราส่วน 1 : 1 : 2 หมายความว่า ผสมปูนมาร์ลอัตราตามค่าความต้องการปูนของดิน กรดซิลิคอนอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และถ่านชีวภาพ อัตรา 4 ตันต่อไร่ เมื่อปั้นเม็ดแล้วใช้ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. คัดเลือกพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดสำหรับทำแปลงวิจัย ในจังหวัดปทุมธานี

2. เตรียมดินปลูก แบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อย ขนาด 4.8x6 ตารางเมตร จำนวน 39 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ระหว่างซ้ำ 2 เมตร ขุดดินหรือพรวนดินให้ร่วนโปร่ง และมีความลึกประมาณ 25 เซนติเมตร แล้วยกร่องเป็นลูกฟูกสูง 25 เซนติเมตร ให้มีร่องระบายน้ำ ใส่วัสดุปรับปรุงดินตามกรรมวิธีที่กำหนดคลุกเคล้าในชุดดินเปรี้ยวจัดตามอัตราที่คำนวณโดยปรับระดับความเป็นกรด-ด่างที่ pH 5.5 ก่อนปลูกข้าวโพดหวานหวานประมาณ 15-20 วัน หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 1.5 ตันต่อไร่ คลุกเคล้าทั่วแปลงย่อย

3. เก็บตัวอย่างถ่านชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี หาค่า pH, N, P, K, Ca, Mg, Si, ความพรุน (Porosity)

4. เก็บตัวอย่างปูนมาร์ล เพื่อวิเคราะห์หาค่า pH

5. เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 เซ็นติเมตร โดยเก็บแบบ composite sample และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต แบบ composite sample เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH OM P K Ca Mg ปรับระดับดินให้สม่ำเสมอ แล้วคราดเก็บเศษซากของวัชพืชข้ามปี ออกจากแปลงให้หมด

6. การใส่ปุ๋ยเคมี

- การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตรปุ๋ยที่แนะนำคือ 46-0-0 (ยูเรีย) อัตรา 25-30 กิโลกรัม/ไร่ ใส่เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุ 20-25 วัน หลังปลูก ด้วยวิธีโรยข้างต้นในขณะดินมีความชื้น หรือให้น้ำตามหรือพูนโคนกลบปุ๋ยเป็นการกำจัดวัชพืชไปในตัว
- การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 40-45 วัน หลังปลูก ถ้าข้าวโพดหวานแสดงอาการใบ เหลืองหรือต้นไม่สมบูรณ์ให้ใส่ปุ๋ย 46-0-0 (ยูเรีย) อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ โรยข้างต้นในขณะที่ดินมีความชื้นหรือให้น้ำดิน

7. การดูแลแปลงทดลอง ได้แก่ การจัดการน้ำในแปลงนา การกำจัดวัชพืช โดยใช้เครื่องตัดหญ้าและแรงงานคน และการจัดการศัตรูพืช

การเก็บบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ ถ่านชีวภาพ ซิลิคอน ปูนมาร์ล

2. ข้อมูลดิน ก่อนการทดลองเก็บตัวอย่างดินและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต แบบ composite sample เพื่อ วิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ pH OM P K Ca Mg วัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ด้วย pH meter (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน 2547) ปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley Black (Walkley et al.,1947) - ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี spectrophotometer (Bray II et al., 1945) - โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี flame photometer (Prall, 1965) และ แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยวิธี Atomic absorption spectrophotometer

3. ข้อมูลด้านพืช

3.1 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานหวาน (ด้านความสูงของต้นตรงบริเวณข้อใบธงเมื่อข้าวโพดหวานหวานอายุ 60 วัน จำนวนใบ ความกว้างและความยาวของใบ)

3.2 เก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต (ความกว้าง ความยาวของฝัก น้ำหนักฝัก)

3.3 วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าความต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) และแปลผลข้อมูล และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเหนือต้นทุนผันแปร

2.3. สถานที่ทำการวิจัย

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	พื้นที่ที่ทำวิจัย	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	ไทย/ปทุมธานี	ในกระถาง	สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
ในประเทศ	ไทย/ปทุมธานี	ห้องปฏิบัติการ	สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
ในประเทศ	ไทย/กรุงเทพมหานคร	ห้องปฏิบัติการ	กรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.ผลการทดลอง

1.1 ผลการวิเคราะห์วัสดุปรับปรุงดิน

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ผลวิเคราะห์
1	ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)	เปอร์เซนต์	23.93
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	_	13.48
3	ค่าความเป็นด่าง	_	7.2
4	ปริมาณธาตุไนโตรเจน (total N)	เปอร์เซนต์	1.03
5	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (total P_2O_5)	เปอร์เซนต์	0.17
6	ปริมาณธาตุโพแตสเซียม (total K_2O)	เปอร์เซนต์	0.75
7	ปริมาณธาตุแคลเซียม (total Ca)	เปอร์เซนต์	3.87
8	ปริมาณธาตุแมกนีเซียม (total Mg)	เปอร์เซนต์	1.0

การปรับปรุงบำรุงดินนั้น จะใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน ผลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์พบว่ามีค่าเป็นกลาง (pH 7.2) อินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงมาก (23.93%) C/N ratio 13.48 อยู่ในระดับเหมาะสม ไนโตรเจนอยู่ในระดับสูงมาก (1.03%) ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูงมาก (0.17%) โพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงมาก (0.75%) แคลเซียมอยู่ในระดับสูงมาก 3.87% และแมกนีเซียมอยู่ในระดับสูงมาก 1.0% (ตารางที่ 1) ซึ่งสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงความพรุนดิน การระบายอากาศและระบายน้ำ ช่วยการดูดซับน้ำและธาตุอาหารพืช เมื่อปุ๋ยอินทรีย์เกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (กรมพัฒนาที่ดิน , 2553)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณธาตุอาหาร (%) ของถ่านชีวภาพ (Biochar)

ถ่านชีวภาพ	ค่าที่วัด
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8.2
ปริมาณอินทรียวัตถุ(OM) (%)	7.57
ปริมาณฟอสฟอรัส(Total $P_2O_{5)}$)(%)	0.90
ปริมาณโพแทสเซียม(Total K_2O) (%)	0.42
ปริมาณแคลเซียม(Total CaO) (%)	0.23
ปริมาณแมกนีเซียม(Total MgO) (%)	0.12
ปริมาณ SiO_2(%)	38.5
*ความพรุนรวม (porosity) (มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมวัสดุ)	104.72

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สพด.เขต 1

*วิธี Iodine method

ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ค่าความต้องการปูนก่อนการทดลอง

ลำดับที่	ตัวอย่าง	pH	LR $CaCO_3$ (กิโลกรัมต่อไร่)
1	ดิน	4.0	1872

นำถ่านชีวภาพที่ผ่านการบดและปูนมาร์ลมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆทางเคมี (ตารางที่ 2 และ 3) พบว่า ถ่านชีวภาพประกอบด้วยธาตุอาหารดังนี้ ได้แก่ pH เท่ากับ 8.2, ปริมาณอินทรียวัตถุ 7.57 เปอร์เซนต์, Total $P_2O_5$0.90 เปอร์เซนต์, Total K_2O 0.42 เปอร์เซนต์, Total CaO 0.23 เปอร์เซนต์, Total MgO 0.12 เปอร์เซนต์และ SiO_2 38.5 เปอร์เซ็นต์ และความพรุนรวมของวัสดุ (porosity) 104.72 มิลลิกรัมไอโอดีนต่อกรัมวัสดุ นำดินมาวิเราะห์ค่าความต้องการของปูนพบว่ามีค่า 1872 กิโลกรัมต่อไร่

2. สมบัติทางเคมีของดินหลังสิ้นสุดการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 แสดงค่าวิเคราะห์ดินก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับการทดลอง	pH	%OM	P (mg kg-1)	K (mg kg-1)	Ca (mg kg-1)	Mg (mg kg-1)
ก่อน	4.5	2.3	14	85	1850	460
หลัง	-	-	-	-	-	-
T1	4.60	5.45	22.50	280.00	2168.25	747.25
T2	4.68	5.42	45.75	282.50	2816.00	750.50
T3	4.83	5.71	39.00	295.50	2178.25	719.25
T4	5.33	5.98	34.25	282.00	2300.00	785.00
T5	5.40	5.95	34.00	273.00	2526.25	737.25
T6	5.18	6.15	31.00	285.00	2282.75	744.50
T7	5.38	6.35	31.75	283.50	2667.75	713.50

2.1 ปฏิกิริยาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานหวาน พบว่า ทุกตำรับการทดลองที่มีการใช้ถ่านชีวภาพปฏิกิริยาความเป็นกรด-ด่างของดิน (ตารางที่ 4) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนดำเนินการทดลอง และ มีค่าใกล้เคียงกันทุกตำรับการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.6-5.38 และ พบว่าตำรับการทดลองที่ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ค่า pH สูงกว่า ตำรับควบคุมและตำรับการใช้ซิลิคอนเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากปูนมาร์ลและถ่านชีวภาพ (ตำรับที่ 4-7) ช่วยปรับสภาพ pH ของดิน มีผลทำให้ปฏิกิริยาความเป็นกรด-ด่างของดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ศิริลักษณ์และอรสา (2556) ศึกษาการใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปุ๋ยคอกและถ่านชีวภาพในการปลูกผักคะน้า พบว่า ถ่านชีวภาพช่วยทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้น และ จากการศึกษาของเสาวคนธ์ (2557) โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน

ปลูกรวมถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดคอส พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่า เนื่องจากบริเวณพื้นผิวถ่านชีวภาพจะมีประจุลบของหมู่ฟีนอลิก หมู่ไฮดรอกซิล และหมู่คาร์บอนิล ซึ่งจะทำหน้าที่จับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ละลายอยู่ในดิน นอกจากนี้ ซิลิเกต คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตที่ปรากฏอยู่ในถ่านชีวภาพยังช่วยในการจับไฮโดรเจนไอออนอีกทางหนึ่ง ทำให้ไฮโดรเจนไอออนที่ละลายอยู่ในดินมีปริมาณลดลงส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดลดลง (pH เพิ่มขึ้น) (Brewer and Brown, 2012) และ (Chintala*et al.,* 2014) นอกจากนั้นแล้วปูนมาร์ลยังช่วยเพิ่มความเป็นกรด-ด่างของดินอีกด้วย

2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซนต์)

ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีเพียง 2.3 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานหวาน พบว่า ทุกตำรับการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ตารางที่ 4) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 5.45-6.35 โดยตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าตำรับควบคุมและตำรับการใช้ซิลิคอนหรือปูนมาร์ลเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากถ่านชีวภาพ (ตำรับที่ 4-7) ช่วยดูดซับปริมาณอินทรียวัตถุในดินและช่วยเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าตำรับทดลองที่ 7 การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจาก ถ่านชีวภาพมีปริมาณเปอร์เซนต์อินทรียวัตถุสูงและจากการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพ พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงถึง 7.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน และช่วยเพิ่มของปริมาณชีวมวลในดินจากปริมาณเศษซากพืชนั้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองปลูกไม้ผลชนิดต่างๆ ของพินิจภณ (2557) ศึกษาการใช้ถ่านชีวภาพในสภาพดินที่ค่อนข้างเป็นทรายจัด พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับถ่านชีวภาพ ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้น ไม้ผลเจริญเติบโตได้ดีและบางชนิดเริ่มให้ผลผลิต และจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินปลูกรวมถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดคอส พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่ถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น (เกศศิรินทร์และคณะ, 2557) นอกจากนั้นการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวไร่ พบว่า มีผลทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (จิตนิภา, 2558)

2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีเพียง 14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 4) และอยู่ในระดับสูง โดยตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดเท่ากับ 45.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 31.75-34.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนตำรับควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 22.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอาจเนื่องจาก คุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดีและช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ทำให้ดินมีธาตุอาหารที่อุดมสมบูรณ์ (Peterson, 2009 และ Masto*et al.,* 2013) และสอดคล้องกับการศึกษาทดลองของ Zhanget al. (2016) ได้ศึกษาบทบาทของถ่านชีวภาพที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์และการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสในดิน พบว่า ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดิน แต่ปริมาณการดูดซับนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำถ่านชีวภาพและนอกจากนั้นแล้วการใส่ปูนมาร์ลช่วยทำให้ pH ในดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในสภาพดินเป็นกรด ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

2.4 ปริมาณโพแตสเซียมที่สกัดได้ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดในดินมี 85 **มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม** ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สะกัดในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองและอยู่ในระดับสูงมาก (ตารางที่ 4) มีค่าอยู่ระหว่าง 273-295.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตำรับควบคุมมีปริมาณโพแทสเซียมที่สะกัดได้ในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 273 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจาก กรรมวิธีที่มีการใส่ถ่านชีวภาพจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่สะกัดได้ในดินเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจาก คุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมและมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี(Peterson,2009) และสอดคล้องกับการศึกษาทดลองของพุทธิภณและคณะ (2557) พบว่า ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพทำให้โพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินไม่ถูกชะล้างให้สูญหายไปในดินได้โดยง่าย เนื่องจากถ่านชีวภาพมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงจึงมีผลทำให้หลังสิ้นสุดการทดลองดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สะกัดได้ในดินสูง

2.5 ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 850 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอยู่ในระดับต่ำ หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ปริมาณแคลเซียมในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองและอยู่ในระดับสูงมาก 2168.25-2667.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4) โดยตำรับควบคุมให้ ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด 2168.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดทุกอัตราส่วนให้ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง เนื่องจากการใส่ปูนมาร์ลและการใส่ถ่านชีวภาพทุกอัตราช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ถ่านชีวภาพและปูนมาร์ลมีองค์ประกอบของแคลเซียมที่สูง (Masto*et al.,* 2013) นอกจากนี้ การใส่ถ่านชีวภาพจะช่วยเพิ่มปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน (Brady and Weil, 2008; Liang *et al.,* 2006) และคุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมสูง จะช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวไร่มีผลทำให้ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (จิตนิภา, 2558)

2.6 ปริมาณแมกนีเซียมในดินที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ก่อนดำเนินการทดลองปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 460 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งอยู่ในระดับสูง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองและอยู่ในระดับสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 737.25-747.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4) การใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมที่ที่เป็นประโยชน์ในดินเนื่องจาก ถ่านชีวภาพมีองค์ประกอบของแมกนีเซียมที่สูงและการใส่ถ่านชีวภาพจะช่วยเพิ่มปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูง (Brady and Weil, 2008; Liang *et al.,* 2006) อีกทั้งคุณสมบัติของถ่านชีวภาพซึ่งมีความพรุนรวมสูง จึงช่วยดูดซับธาตุอาหารได้ดี และนอกจากนั้นแล้วการใส่ปูนมาร์ลช่วยทำให้ pH ในดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้แมกนีเซียมละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอีกด้วย

1.2. ผลการวิเคราะห์พืช

ตารางที่ 5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%) ในใบพืช

ตำรับการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	0.565 b
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	0.585 ab
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	0.600 ab
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	0.605 ab
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	0.612 ab
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	0.620 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	0.615 ab
เฉลี่ย	0.96

CV 16.9%

ปริมาณเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบพืช หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานหวาน พบว่า การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ให้ค่าปริมาณเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบพืชมากกว่าตำรับควบคุม โดยตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 มีปริมาณเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบพืช สูงที่สุดเท่ากับ 0.620 เปอร์เซนต์ รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ปริมาณเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบพืช 0.615 เปอร์เซนต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1 การใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่ และการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ ให้ปริมาณเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบพืช 0.612 0.600 และ 0.605 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 6 แสดงค่าความยาวใบพืช (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความยาวใบพืช (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	71.75 b
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	75.25 b
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	80.25 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	79.0 ab
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	80.75 a

T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	83.17 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	79.72 ab
เฉลี่ย	79.7

CV 5.9%

ค่าความยาวใบพืช (เซนติเมตร) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานหวาน พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความยาวใบพืชสูงที่สุดเท่ากับ 83.17 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1 ให้ค่าความยาวใบพืช 80.75 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าความยาวใบพืช 79.72 เซนติเมตร และการการใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่ ให้ค่าความยาวใบพืช 79 เซนติเมตร แต่แตกต่างทางสถิติกับใช้ปูนมาร์ลเพียงอย่างเดียวและตำรับควบคุม ซึ่งให้ค่าความยาวใบพืช 75.25 และ 71.75 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 7 แสดงค่าความกว้างของใบพืช (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความกว้างของใบพืช (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	7.62 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	7.75 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	7.75 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	7.72 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	7.87 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	8.20 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	7.45 a
เฉลี่ย	7.77 ns

CV 6.8 %

ค่าความกว้างของใบพืช (เซนติเมตร) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความยาวใบพืช สูงที่สุดเท่ากับ 8.20 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 :

1 : 1 ให้ค่าความยาวใบพืช 7.87 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าความยาวใบพืช 7.45 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 8 แสดงค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานหวานเมื่ออายุ 40 วัน(เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความสูงของต้นข้าวโพดหวานหวานเมื่ออายุ 40 วัน (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	111.50 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	118.25 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	122.25 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	117.00 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	116.00 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	124.25 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	115.75 a
เฉลี่ย	118.57

CV 7.0 %

ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 40 วัน (เซนติเมตร) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 40 วัน สูงที่สุดเท่ากับ 124.25 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ตำรับควบคุม ให้ค่าความความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 40 วันต่ำสุดเท่ากับ 111.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 9 แสดงค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วัน(เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความสูงของต้นข้าวโพดหวานหวานเมื่ออายุ 74 วัน (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	196.50 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	199.00 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	205.25 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	197.00 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	201.75 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	210.00 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	204.25 a
เฉลี่ย	200.96

CV 10.8 %

ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วัน (เซนติเมตร) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วัน สูงที่สุดเท่ากับ 210 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าตำรับควบคุม ให้ค่าความความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วันต่ำสุดเท่ากับ 196.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 10 แสดงน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักของฝักข้าวโพดหวาน ไม่ปอกเปลือก (กรัม)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	332.56 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	338.10 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	333.98 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	337.72 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	336.36 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	348.77 a

T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	342.55 a
เฉลี่ย	330.01

CV 10.0%

ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) มากที่สุดเท่ากับ 348.77 กรัม รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) เท่ากับ 342.55 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ตำรับควบคุม ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) ต่ำสุดเท่ากับ 332.56 เซนติเมตร (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 11 แสดงความยาวของฝักข้าวโพดหวานหวานหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความยาวของฝักข้าวโพดหวานหวานหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	20.50 ab
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	21.75 b
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	21.00 ab
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	21.50 ab
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	19.87 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	22.50 ab
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	22.00 a
เฉลี่ย	20.59

CV 6.7%

ค่าความยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือกมากที่สุดเท่ากับ 22.50 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 เซนติเมตร ให้ค่าความยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก 22.00 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ตำรับควบคุมให้ค่าความยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) ต่ำสุดเท่ากับ 20.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 12 แสดงความกว้างของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความกว้างของฝักข้าวโพดหวานหวานหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	4.61 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	4.71 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	4.76 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	4.78 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	4.68 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	4.86 a
T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	4.81 a
เฉลี่ย	4.74

CV 6.9%

ค่าความกว้างของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความกว้างของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) มากที่สุดเท่ากับ 4.86 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 เซนติเมตร ให้ค่า ความกว้างของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) เท่ากับ 4.81 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ตำรับควบคุม ให้ค่าความกว้างของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) ต่ำสุดเท่ากับ 4.61 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 13 แสดงน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม)
T 1 ตำรับควบคุม (Control)	228.21 a
T 2 ใช้ปูนมาร์ล ตามค่าความต้องการของปูนของดิน	230.03 a
T 3 ใช้กรดซิลิคอน 100 กก.ต่อไร่	235.95 a
T 4 ใช้ถ่านชีวภาพ อัตรา 2 ตันต่อไร่	238.14 a
T 5 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1	232.22 a
T 6 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1	235.09 a

T 7 ใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2	237.28 a
เฉลี่ย	234.14

CV 10.7%

ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) มากที่สุดเท่ากับ 237.28 กรัม รองลงมาได้แก่ การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 1 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) เท่ากับ 232.22 กรัม และ ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) เท่ากับ 232.09 กรัมซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกตำรับการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ตำรับควบคุมให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) ต่ำสุดเท่ากับ 228.21 กรัม (ตารางที่ 13)

2. วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ดเพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดดำเนินการที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 ระหว่างปี พ.ศ.2562-2563 ในกลุ่มชุดดินที่ 11 ชุดดินรังสิต โดยวางแผนการทอดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 7 วิธีการ 4 ซ้ำ คือ ตำรับทดลองที่ 1 ตำรับควบคุม (Control) ตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปูนมาร์ลตามค่าความต้องการของปูนของดิน 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 ผลการทดลองพบว่า หลังสิ้นสุดการทดลอง สมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยในตำรับการทดลองที่ใช้ ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ถ่านชีวภาพมีค่าพีเอช (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นทุกตำรับทดลอง ค่าความยาวและความกว้างใบพืช (เซนติเมตร) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าความยาวและกว้างของใบพืช ค่าความสูงของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 74 วัน (เซนติเมตร) สูงสุด สำหรับค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) พบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานไม่ปอกเปลือก (กรัม) เช่นกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) ในตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 ให้ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (กรัม) มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีการใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ด

อัตราส่วน 1 : 2 : 1 สำหรับ ตำรับควบคุม ให้ค่าความกว้างและยาวของฝักข้าวโพดหวานปอกเปลือก (เซนติเมตร) ค่าน้ำหนักของฝักข้าวโพดหวาน (กรัม) ต่ำสุด ทั้งนี้ สามารถอธิบายได้ว่า ปูนมาร์ล กรดซิลิคอน ถ่านชีวภาพดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดจัดนั้นมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ ไม่ว่าจะเป็นระบบทางภายภาพ เคมี หรือชีวะ อย่างชัดเจน นอกจากมีผลต่อคุณภาพดินแล้วยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและเกิดมลภาวะของน้ำ ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จะไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค หรือในการเกษตรได้ นอกจากนั้นแล้วในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด มีปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคมตามมา เกษตรกรที่ทำการเกษตรบนพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จำเป็นต้องเลือกชนิดของพืชที่ปลูกให้เหมาะสม โดยทั่วไปนั้นการปลูกพืชจะได้รับผลผลิตต่ำ ซึ่งจำเป็นต้องลงทุนสูงกว่าเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่อื่นๆ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมีข้อจำกัด ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอาจกล่าวได้ว่าต่ำมากหรือไม่มีเลย แนวทางหนึ่งที่ใช้แก้ไขปัญหากันทั่วไป คือ การใช้ปูน

เนื่องจาก**ปูน**มีฤทธิ์เป็นด่าง จึงช่วยลดสภาพความเป็นกรดในดินได้ดี อัตราของปูนที่ใช้ควรใช้ปริมาณตามความต้องการปูนของดิน ปูนช่วยยกระดับพีเอช ของดินให้สูงขึ้น ลดความรุนแรงของกรด และลดผลเสียโดยทางอ้อมอันเนื่องมาจากความเป็นกรดนั้น ปูนช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซิลิกา โมลิบดินัม เป็นต้น และปูฯปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินบางชนิดให้ดีขึ้น ทำให้ดินเหนียวร่วนขึ้น ทำให้การถ่ายเทน้ำออกไปจากช่องอากาศ และการอุ้มน้ำในช่องว่างขนาดเล็กมีมากขึ้น เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และปูนช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุสามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติ ที่ระดับ พีเอชเป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง

ปุ๋ยซิลิกอนเป็นธาตุเสริมประโยชน์ (Beneficial mineral element) แก่พืชหลายชนิด ซิลิกอนจะอยู่ในดินในรูปของผลึกและ amorphous ของซิลิก้ารูปของซิลิเกต สำหรับการใช้กรดซิลิคอนในการปรับปรุงพื้นที่เปรี้ยวจัดยังมีส่วนช่วยลดความเป็นพิษของเหล็ก อะลูมินัมและแมงกานิส และช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (บรรเจิดลักษณ์, 2555) รัตนชาติ (2544) และประมุข (2546) ศึกษาผลของซิลิกอนและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิต การดึงดูดธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินรังสิตกรดจัด พบว่าการใส่ซิลิกอนจะส่งเสริมให้ข้าวและข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยเคมี NPK ได้มากขึ้น Takahashi (1968) รายงานว่าในประทศญี่ปุ่นมีการใช้ปุ๋ยซิลิกอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกตในนาข้าวอัตรา 240-250 กิโลกรัมต่อไร่ มีประโยชน์ต่อข้าวคือ เมื่อใส่สารประกอบซิลิเกตลงไปในดินที่มีการตรึงฟอสเฟตสูงจะทำให้ลดปริมาณการตรึงฟอสเฟตโดยซิลิเกตเข้าไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่พื้นผิวของแร่ดินเหนียว ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม ซิลิก้าจะไปสะสมอยู่ที่ผิวของใบและลำต้น ช่วยให้ข้าวตั้งชัน สังเคราะห์แสงได้ดี ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ทำให้ต้านทานต่อโรคและแมลง ป้องกันเชื้อราเข้าในใบ เนื่องจากความแข็งแรงของผนังเซลล์ที่มีซิลิกอนสูงและมีแมลงกัดกินใบน้อยลง ซิลิกอนจะช่วยลดความเป็นพิษของแมงกานีส เหล็กและอะลูมินัม โดยช่วยให้ข้าวทนต่อความเป็นพิษได้มากขึ้น รากข้าวมี oxidizing power มากขึ้น ช่วยลดการสะสมแมงกานีสและเหล็กในพืชด้วยการลดการคายน้ำ ทำให้ดูดแมงกานีสและเหล็กลดลง นอกจากนี้ยังลดการคาย

น้ำผ่านผิวเคลือบคิวตินของใบข้าว กรมพัฒนาที่ดิน (2558) รายงานว่า ซิลิคอนจะช่วยให้ใบพืชตั้งชันจึงรับแสงได้เต็มที่ กระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดได้ดี พืชเจริญเติบโตได้ดี ลำต้นพืชแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย และเพิ่มความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา แมลง และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จึงช่วยให้ผลผลิตพืชสูงขึ้น

ถ่านชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่ได้จากการนำมวลชีวภาพผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยความร้อน โดยไม่ใช้ออกซิเจน (Pyrolysis) ที่อุณหภูมิมากกว่า 300 องศาเซลเซียส ถ่านชีวภาพมีรูพรุนจำนวนมาก เมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและอากาศได้มากขึ้น ทำให้รากพืชขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว ดูดซับปุ๋ยไนโตรเจนไม่ให้ระเหยสู่อากาศในรูปของแก๊สแอมโมเนีย รวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในถ่านจะเป็นแหล่งอาหารจุลธาตุสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี ถ่านชีวภาพจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้ลดน้อยลง เนื่องจากฤทธิ์เป็นด่าง นอกจากนี้รูพรุนของถ่านจะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น อโซโตแบคเตอร์ (Azotobactor) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตอาหารโดยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ถ่านชีวภาพจึงเป็นแหล่งสะสมของไนโตรเจนทั้งจากจุลินทรีย์และจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปให้แก่ดิน (อรสา, 2552) ไบโอชาร์จึงเป็นวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน มีรูพรุน เมื่อใส่ลงดินทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำและทำให้ระบายอากาศได้มากขึ้น ลดความรุนแรงของกรดในดินเพราะมีฤทธิ์เป็นด่าง เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช จึงเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

สรุปผลการทดลอง

การใช้วัสดุปูนทางการเกษตรร่วมกับกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพมาปั้นเม็ดในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถลดความเป็นกรดในดิน ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืชต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชจะเป็นวิธีใหม่ในการนำไปใช้ปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้สะดวกและง่ายต่อการจูงใจให้เกษตรกรหันมาปรับปรุงดินเปรี้ยวมากขึ้น และช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินคุ้มค่าต่อการลงทุน ทำให้พืชเจริญเติบโตดี ส่งผลให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุน และจากผลการทดลอง การใช้ปูนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพ ปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 2 : 1 หรือการใช้ปนมาร์ลผสมกรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพปั้นเม็ดอัตราส่วน 1 : 1 : 2 สามารถทำให้พืชเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม หากมีการนำผลการศึกษาไปทดลองในแปลงวิจัย จะช่วยให้สามารถยืนยันผลได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปูนปั้นเม็ดโดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ด ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยให้เกษตรกรนำไปใช้ เพื่อลดต้นทุนปัจจัยการผลิตค่าแรง
2. ราคาของถ่านชีวภาพ และซิลิคอน ควรมีราคาถูกเพียงพอที่เกษตรกรสามารถจะจ่ายได้
3. ควรนำผลการทดลองในกระถางมาทดลองในแปลงเกษตรกรต่อไปเพื่อยืนยันผลการทดลอง

ประโยชน์ที่ได้รับ

เป็นการต่อยอดงานวิจัยและเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปูนปั้นเม็ดโดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนมาร์ล กรดซิลิคอนและถ่านชีวภาพเพื่อปั้นเม็ด ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยให้เกษตรกรนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนปัจจัยการผลิตค่าแรง

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

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

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

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

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ รติกร ณ ลำปาง และนวลจันทร์ ภาสดา. 2559.**การศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดินและผลผลิตพืชสมุนไพรขมิ้นชันในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด.** กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

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

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.

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.

Peterson, D. 2009. **Biochar structure [Online].**Available: http://www.slideplayer.us

/slide/799098 (Searched 2 October 2014).

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.

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.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน (1)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH 1:1)

ระดับ	ค่าที่วัดได้
กรดรุนแรงมากที่สุด	<3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5-4.5
กรดจัดมาก	4.6-5.0
กรดจัด	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
กลาง	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างจัด	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

ที่มา :Land Classification Division และ FAO Project Staff, 1973 ; Soil Survey Division Staff, 1993

ตารางผนวกที่ 2 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน (2)

ระดับ	%OM	P ($mgkg^{-1}$)	K ($mgkg^{-1}$)	Ca ($mgkg^{-1}$)	Mg ($mgkg^{-1}$)	S ($mgkg^{-1}$)	Na ($mgkg^{-1}$)
ต่ำมาก	<0.5	<3	<30	<400	<36	<5	<25
ต่ำ	0.5-1.5	3-10	30-60	401-1000	36-120	5-10	25-70
ปานกลาง	1.6-2.5	11-15	61-90	1001-2000	121-365	11-20	70-160
สูง	2.6-3.5	16-45	91-120	2001-4000	366-975	21-30	160-450
สูงมาก	>.3.5	>45	>120	>4000	>975	>30	>450

หมายเหตุ: ที่มา Standard rating USDA

ภาพผนวก

ภาพที่ 1 เก็บดินชุดดินรังสิต (Rangsit series : Rs)

ภาพที่ 2 นำดินใส่กระถางขนาด 10 นิ้ว

ภาพที่ 3 ปลูกข้าวโพดหวานโดยใช้พันธุ์ จัมโบ้ สวีท F1

ภาพที่ 4 วางกระถางตามทรีตเมนต์ที่กำหนด

ภาพที่ 5-6 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานระหว่างตำรับการทดลองที่ 1 และ 7

ภาพที่ 7-8 วัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต

ภาพที่ 9-10 วัดขนาดฝักและชั่งน้ำหนักฝัก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน