ผลของการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Effect of Cement Industrial Waste on Growth and Yield of Pathum Thani 1 Rice

สมชาย ชคตระการ และพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์*

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์

สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Somchai Chakhatrakan and Phakpen Poomipan*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Ornprapa Thepsilvisut

Major of Organic Farming Management, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ (CW) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวและดินเหนียว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ (1) ไม่ใส่ปุ๋ย (2) ใส่ปุ๋ย NPK (3) ใส่ปุ๋ย NPK + CW 160 กก./ไร่ (4) ใส่ปุ๋ย NPK + CW 320 กก./ไร่ โดย CW มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ $5CaO.6SiO.5H_2O$ ปริมาณ 70 % และ SiO_2 ปริมาณ 30 % จึงนำมาใช้เพื่อเป็นการให้ซิลิกอนทางดิน ทดลองปลูกข้าวในกระถางจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ผลการทดลองในดินร่วนเหนียว พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW อัตรา 160 และ 320 กก./ไร่ มีน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกต่อกอมากกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียวเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ ส่วนผลการทดลองในดินเหนียว พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวปลูกในดินร่วนเหนียวได้ แต่การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเหนียว

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** p.poomipan@hotmail.com DOI 10.14456/tstj.2017.7

คำสำคัญ : ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1; วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์; ซิลิกอน

Abstract

The study on effect of cement industrial waste (CW) application on growth and yield of Pathum Thani 1 rice grown on silt clay soil and clay soil that was conducted in completely randomized design with 5 replications. There were 4 treatments; (1) No fertilizer (2) NPK (3) NPK+CW 160 kg/rai (4) NPK+CW 320 kg/rai. CW was 70 % of $5CaO.6SiO.5H_2O$ and 30 % of SiO_2 that used as silicon applied into soil. The rice was grown in pot until harvest. The results from silt clay experiment showed that the rice without fertilizer application had lower growth than the rice receiving NPK fertilizer with and without CW. However, the rice receiving NPK + CW had approximately 30 % more paddy yield than the rice receiving NPK fertilizer alone. In another hand, the results from clay experiment showed that the growth and yield of rice that received NPK and NPK + CW did not significantly differ. Therefore, these results had indicated that the application of CW can increase yield of rice growing on silt clay soil but did not on clay soil.

Keywords: Pathum Thani 1 rice; cement industrial waste; silicon

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชในกลุ่มที่มีการสะสมซิลิกอน (Si accumulators) จึงดูดซิลิกอนทางรากได้มากและนำซิลิกอนไปใช้ประโยชน์ได้ โดยซิลิกอนจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงระหว่างซิลิกอนกับองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ เซลลูโลส ลิกนิน เพ็กติน และแคลเซียมที่อยู่ในผนังเซลล์ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่แข็งแรง [1,2] ซึ่งเป็นผลดีต่อข้าว โดยช่วยบรรเทาความเครียดที่เกิดจากปัจจัยชีวนะ (biotic stress) หรือปัจจัยที่เนื่องมาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ทำให้ผนังเซลล์พืชมีความทนทานต่อการสลายของเอนไซม์จากเชื้อสาเหตุโรคพืช ลดการกัดทำลายของแมลง และช่วยบรรเทาความเครียดที่เกิดจากปัจจัยอชีวนะ (abiotic stress) หรือปัจจัยที่เนื่องมาจากสภาพแวดล้อม เช่น เพิ่มทนทานต่อความแห้งแล้ง ความเค็มของดิน การปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน [3] นอกจากนี้ ซิลิกอนยังมีผลต่อระยะเจริญพันธุ์ของข้าว โดยข้าวที่ขาดซิลิกอนจะมีการเจริญของดอกล่าช้ากว่าปกติ มีเมล็ดลีบเพิ่มขึ้น [4] และส่งผลดีต่อการพัฒนาของระบบราก ทำให้ข้าวที่ได้รับซิลิกอนเพียงพอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น [5] จากประโยชน์ของซิลิกอนและความสามารถในการดูดซิลิกอนของข้าว จึงทำให้ซิลิกอนเป็นธาตุเสริมประโยชน์ (beneficial nutrient element) ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว [6]

อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก ซิลิกอนที่ใช้ในปัจจุบันมีราคาแพง ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งที่มีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบมาใช้ในการเพาะปลูกข้าว น่าจะเป็นแนวทางแก้ปัญหาซิลิกอนที่มีราคาแพงได้ และวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ก็มีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบหลัก ในรูป $5CaO.6SiO.5H_2O$ ปริมาณ 70 % และ SiO_2 ปริมาณ 30 % จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เพื่อให้ซิลิกอนทางดินได้ อย่างไรก็ตาม ดินนาโดยทั่วไปที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว จะมีแร่ดินเหนียวที่

มีซิลิกอนในรูปซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผลึกแร่ดินเหนียว ซึ่งดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ก็มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวแตกต่างกันด้วย [7] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในดินร่วนเหนียวและดินเหนียว

2. อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ (1) No fertilizer (2) NPK (3) NPK + CW 160 กก./ไร่ (4) NPK + CW 320 กก./ไร่ โดย NPK หมายถึง ปุ๋ยเคมี ที่ใส่ตามประเภทเนื้อดินสำหรับการปลูกข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง [8] และ CW หมายถึง การใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้เป็นซิลิกอนทางดิน ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี คือ $5CaO.6SiO.5H_2O$ ปริมาณ 70 % และ SiO_2 ปริมาณ 30 % เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากแปลงนาที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว ซึ่งมีสมบัติของดินดังแสดงในตารางที่ 1 โดยวิเคราะห์ดินตามวิธีการของ Carter และ Gregorich [9] โดยแปลงนาที่เป็นเนื้อดินร่วนเหนียว เก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาของเกษตรกร ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก และ แปลงนาที่เป็นเนื้อดินเหนียว เก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาในฟาร์มของภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกเศษพืชออก ย่อยดินให้มีขนาดสม่ำเสมอ ผสมให้เข้ากันดี แล้วแบ่งบรรจุตัวอย่างดิน 5 กก. ลงในกระถาง (เนื้อดินละจำนวน 40 กระถาง) โดยในทรีทเมนต์ที่ 3 และ 4 ใส่วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์อัตรา 160 และ 320 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดีกับตัวอย่างดินในกระถาง

ตารางที่ 1 สมบัติของดิน

สมบัติของดิน	ผลการวิเคราะห์ดิน	
เนื้อดิน[1]	ดินร่วนเหนียว	ดินเหนียว
ความเป็นกรด-ด่างของดิน[2]	5.7 (กรดปานกลาง)	6.6 (กลาง)
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)[3]	3.3 (ปานกลาง)	5.2 (สูงมาก)
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ($mg.kg^{-1}$)[4]	20 (ปานกลาง)	97 (สูงมาก)
ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ($mg.kg^{-1}$)[5]	232 (สูง)	561 (สูงมาก)

[1]Hydrometer; [2]ดินต่อน้ำ = 1:1; [3]Walkley and Black method; [4]น้ำยาสกัด Bray II; [5]น้ำยาสกัด NH_4OAc pH 7.0

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มาจากศูนย์วิจัยข้าวคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี มาบ่มให้เกิดรากก่อนนำไปเพาะกล้า เมื่อกล้าข้าวอายุได้ 14 วัน จึงปักดำกล้าข้าว 1 ต้นต่อกระถาง จากนั้นใส่ปุ๋ยเคมีให้กับทรีทเมนต์ที่ 2-4 โดยในดินร่วนเหนียวใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 16-20-0 อัตรา 35 กก./ไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 7 วันหลังย้ายปลูก และใส่ครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ เมื่อข้าวอยู่ในระยะสร้างรวงอ่อน (IPP) และใส่

ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (200 กก./ไร่) เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างของดินให้เป็น 6.5 โดยผสมคลุกเคล้ากับดินก่อนย้ายปลูก (ทุกกระถางที่ใช้ตัวอย่างดินร่วนเหนียว) ส่วนในดินเหนียวใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 16-20-0 อัตรา 15 กก./ไร่ เมื่อข้าวมีอายุ 7 วัน หลังย้ายปลูก และใส่ครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่ ในระยะ IPP ดูแลรักษาภายใต้โรงเรือนปลูกพืชทดลอง กำจัดวัชพืชด้วยวิธีกล กำจัดแมลงโดยใช้สารสกัดสะเดา

บันทึกผลการทดลองเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว (เดือนพฤษภาคม) ได้แก่ (1) จำนวนต้นต่อกอ (2) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและราก (3) จำนวนรวงต่อกอ (4) น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมดต่อกอ ที่ระดับความชื้น 14 % (5) ร้อยละเมล็ดดีและเมล็ดลีบ และ (6) น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด ที่ระดับความชื้น 14 % จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการทดลอง

ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งของราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดน้อยกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียวก็มีจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งของราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมด ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา โดยข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรามีจำนวนต้นต่อกอเท่ากับ 23±2, 21±2 และ 23±1 ต้น ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และ ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน เท่ากับ 56.06±4.41, 56.52±5.61 และ 56.34±1.05 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งของรากพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา มีน้ำหนักแห้งของรากเท่ากับ 20.50±0.73, 17.99±2.39 และ 15.83±2.81 กรัม ตามลำดับ สุดท้ายน้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และ ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา มีน้ำหนักแห้งทั้งหมด เท่ากับ 76.55±4.80, 74.50±6.96 และ 72.17±2.29 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2ก) ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว พบว่าจำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยจำนวนต้นต่อกอของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 18±1, 16±1, 18±1 และ 17±1 ต้น ตามลำดับ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 43.91±3.89, 46.37±2.42, 45.76±2.91 และ 43.03±2.94 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักแห้งรากของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 20.20±0.51, 17.98±1.44, 19.42±1.85 และ 19.89±2.06 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 64.11±3.83, 63.35±2.82, 65.18±2.52 และ 62.91±2.74 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2ข)

ตารางที่ 2 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว (ก) และดินเหนียว (ข)

ทรีทเมนต์	จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/กอ)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม/กอ)	น้ำหนักแห้งทั้งหมด (กรัม/กอ)
(ก) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว				
NF	15±1 b [1/]	32.10±2.27 b	12.15±0.43 b	44.25±2.52 b
NPK	23±2 a	56.06±4.41 a	20.50±0.73 a	76.55±4.80 a
NPK+CW160	21±2 a	56.52±5.61 a	17.99±2.39 ab	74.50±6.96 a
NPK+CW320	23±1 a	56.34±1.05 a	15.83±2.81 ab	72.17±2.29 a
P value	0.001	0.001	0.041	<0.001
(ข) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว				
NF	18±1 a	43.91±3.89 a	20.20±0.51 a	64.11±3.83 a
NPK	16± 1a	46.37±2.42 a	17.98±1.44 a	63.35±2.82 a
NPK+CW160	18±1 a	45.76±2.91 a	19.42±1.85 a	65.18±2.52 a
NPK+CW320	17±1 a	43.03±2.94 a	19.89±2.06 a	62.91±2.74 a
P value	0.063	0.197	0.766	0.083

[1/]ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยวิธี DMRT

ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีจำนวนรวงต่อกอ 15±1 รวง ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK (21±1 รวง) และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา (20±1 และ 22±1 รวง ตามลำดับ) ส่วนน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกต่อกอพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK มีน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกต่อกอ 12.14±0.91 กรัม ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย (16.61±1 กรัม) และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK +CW ทั้งสองอัตรา (19.25±2.70 และ 17.10±2.29 กรัม ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาร้อยละเมล็ดดีและเมล็ดลีบ พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีร้อยละเมล็ดดีมากที่สุด (86.8±5.1 %) รองลงมา คือ ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา (67.9± 8.9 และ 63.5±6.3 % ตามลำดับ) และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว (49.8±2.7 %) เช่นเดียวกับร้อยละเมล็ดลีบ พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีร้อยละเมล็ดลีบน้อยที่สุด (13.28±5.1 %) รองลงมา คือ ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา (32.1± 8.9 และ 36.5±6.3 % ตามลำดับ) และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว (50.2±2.7 %) อย่างไรก็ตาม น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3ก)

ตารางที่ 3 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว (ก) และดินเหนียว (ข)

ทรีทเมนต์	จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม/กอ)	ร้อยละเมล็ดดี	ร้อยละเมล็ดลีบ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
(ก) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว					
NF	15±1 b[1/]	16.61±1.32 a	86.8±5.1 a	13.2±5.1 a	2.49±0.03 a
NPK	21±1 a	12.14±0.91 b	49.8±2.7 c	50.2±2.7 c	2.22±0.10 a
NPK+CW160	20±1 a	19.25±2.70 a	67.9±8.9 b	32.1±8.9 b	2.38±0.13 a
NPK+CW320	22±1 a	17.10±2.29 a	63.5±6.3 b	36.5±6.3 b	2.30±0.16 a
P value	0.005	0.035	0.018	0.006	0.424
(ข) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว					
NF	18±1 a	23.40±1.93 a	84.92±7.63 a	15.08±7.63 a	2.50±0.03 a
NPK	16±1 a	25.33±2.30 a	87.09±7.26 a	12.91±7.26 a	2.46±0.08 a
NPK+CW160	18±2 a	23.23±1.87 a	83.04±7.88 a	16.96±7.88 a	2.45±0.05 a
NPK+CW320	16±1 a	22.93±2.50 a	77.63±5.59 a	22.30±5.59 a	2.41±0.08 a
P value	0.076	0.239	0.258	0.413	0.793

[1/]ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ โดยวิธี DMRT

ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว พบว่าจำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักแห้งเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมด ร้อยละเมล็ดดี ร้อยละเมล็ดลีบ และน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตราไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยจำนวนรวงต่อกอของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 18±1, 16±1, 18±2 และ 16±1 รวง ตามลำดับ น้ำหนักข้าวเปลือกต่อกอของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 23.40±1.93, 25.33±2.30, 23.23±1.87 และ 22.93±2.50 กรัม ตามลำดับ ร้อยละเมล็ดดีของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 84.92±7.63, 87.09±7.26, 83.04±7.88 และ 77.63±5.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ร้อยละเมล็ดลีบของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 15.08±7.63, 12.91±7.26, 16.96±7.88 และ 22.30±5.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ย ข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK และข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK+CW ทั้งสองอัตรา เท่ากับ 2.50±0.03, 2.46±0.08, 2.45±0.05 และ 2.41±0.08 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3ข)

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

การใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้เป็นซิลิกอนทางดินมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ทั้งนี้เนื่องมาจาก ซิลิกอนมีบทบาทต่อระยะเจริญพันธุ์ของข้าว โดยข้าวที่ขาดซิลิกอน จะมีการแบ่งเซลล์น้อย การพัฒนาผนังเซลล์เกิดขึ้นช้า และมีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดที่กำลังพัฒนาน้อย ทำให้การเจริญของดอกล่าช้าและจำนวนเมล็ดลีบเพิ่มขึ้น ต่างจากข้าวที่ได้รับซิลิกอนอย่างเพียงพอ จะมีการพัฒนาของข้าวในระยะเจริญพันธุ์ดีขึ้น ทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น [4,10] นอกจากนี้ ซิลิกอนช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ โดยซิลิกอนสามารถรวมตัวกับองค์ประกอบของผนังเซลล์ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความแข็งแรง [11] ช่วยให้ใบตั้งชัน ลดการคายน้ำของใบข้าว และซิลิกอนยังมีผลต่อการพัฒนาราก ให้สามารถดูดซับธาตุอาหารได้ดี และมีผลต่อเมทาบอลิซึม ได้แก่ ช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์ ATP, ADP และยังช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง โดยเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่อพื้นที่ใบ [5] ดังเช่นรายงานการทดลองของ จุฑารัตน์ ที่ศึกษาผลของซิลิกอนที่มีต่อผลผลิตข้าวในดินเปรี้ยวจัด พบว่า การใส่ซิลิกอนมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและน้ำหนักแห้งตอซังเพิ่มขึ้น [12] อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยพบว่าซิลิกอนช่วยบรรเทาความเครียดจากปัจจัยชีวนะ (สิ่งมีชีวิต) และปัจจัยอชีวนะ (สภาพแวดล้อม) ตัวอย่าง เช่น ลดการทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช บรรเทาผลกระทบต่อพืชอันเกิดจากการขาดน้ำ ความร้อนความเค็ม พิษของโลหะ ได้แก่ แมงกานีส แคดเมียม และลดผลเสียจากการได้รับไนโตรเจนในอัตราสูง [13] ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะเห็นว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว ได้รับผลเสียหายจากอากาศร้อนในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ในขณะที่ข้าวกำลังเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ จึงมีผลทำให้ผลผลิตข้าวเปลือกต่ำ และมีร้อยละเมล็ดลีบสูง [14] จึงมีผลผลิตข้าวเปลือกต่ำกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK ร่วมกับการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้เป็นซิลิกอนทางดิน เนื่องจากซิลิกอนช่วยลดผลเสียหายจากอากาศร้อนในระยะเจริญพันธุ์ของข้าวได้ อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีผลผลิตข้าวเปลือกไม่แตกต่างจากข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK ร่วมกับการใส่วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้เป็นซิลิกอนทางดิน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ย NPK จึงได้รับผลเสียหายจากอากาศร้อนในระยะเจริญพันธุ์ของข้าวน้อยกว่า

อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้รับปุ๋ย NPK และที่ได้รับปุ๋ย NPK ร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินทั้งสองอัตรา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก ในดินเหนียวมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวมากถึง 55-100 % [15] และจะมีซิลิกอนในรูปซิลิคอนไดออกไซน์ (SiO_2, silica) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในแร่ดินเหนียวอะลูมิโนซิลิเกตชนิดต่าง ๆ เช่น เคโอลิไนต์ (kaolinite) เวอร์มิคิวไลต์ (vermiculite) และ สเมคไทต์ (smectite) นอกจากนี้ ยังพบซิลิกอนในรูปซิลิคอนไดออกไซน์ (SiO_2) ในแร่ ควอทต์ (quartz) แพลจิโอเคลส (plagioclase) ออร์โทเคลส (orthoclase) และเฟลด์สปาร์ (feldspars) ด้วย [7] อีกทั้งข้าวยังเป็นพืชที่มีการสะสมซิลิกอนไว้ในเนื้อเยื่อได้ในปริมาณมาก (Si accumulators) เนื่องจากมีกลไกการดูดซิลิกอนแบบแอกทีฟ [16] ดังนั้นข้าวที่ปลูกในดินเหนียวจึงน่าจะได้รับซิลิกอนอย่างเพียงพอ ทำให้การใช้วัสดุเหลือทิ้ง

จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดินไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวที่ปลูกในดินเหนียว

5. สรุปผลการทดลอง

การใส่ปุ๋ย NPK ร่วมกับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์เพื่อให้ซิลิกอนทางดิน มีผลทำให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต และขอขอบคุณ นักศึกษาผู้ร่วมงานวิจัย นางสาวธัญญพร ไทยสวัสดิ์ และนางสาวจริยาพร ทัดทอง

7. รายการอ้างอิง

[1] Heather, A.C. and Carole, C.P., 2007, Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies, Ann. Bot. 100: 1383-1389.

[2] Liang, Y., Hua, H., Zhu, Y.G., Zhang, J., Cheng, C. and Romheld, V., 2006, Importance of plant and external silicon concentration to active silicon uptake and transport, New Phytol. 172: 63-72.

[3] ยงยุทธ โอสถสภา, 2552, ธาตุอาหารพืช, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 529 น.

[4] Inanaga, S., Higuchi, Y. and Chishaki, N., 2002, Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant, Soil Sci. Plant Nutr. 48: 341-345.

[5] Marschner, H., 2012, Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Ed., Academic Press, California.

[6] Seyfferth, A.L., Kocar, B.D., Lee, J.A. and Fendorf, S., 2013, Seasonal dynamics of dissolved silicon in a rice cropping system after straw incorporation, Geochim. Cosmochim. Acta 123: 120-133.

[7] Sommer, M., Kaczorek, D., Kuzyakov, Y. and Breuer, J., 2006, Silicon pools and fluxes in soils and landscapes: A review, Plant Nutr. Soil Sci. 169: 310–329.

[8] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2552, คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน (ฉบับปรับปรุง) กรมการข้าว, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 98 น.

[9] Carter, M.R. and Gregorich, E.G., 2007, Soil Sampling and Methods of Analysis, CRC press, Florida.

[10] Ma, J.F., Nishimura, K. and Takahashi, E., 1989, Effect of silicon on growth of rice plant at different growth stages, Soil Sci. Plant Nutr. 35: 347-356.

[11] Raven, J.A., 1983, The transport and function of silicon in plants, Biol. Review 58: 179-207.

[12] จุฑารัตน์ คำนึงกิจ, 2546, ผลของซิลิกอนที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินองครักษ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[13] Meharg, C. and Meharg, A.A., 2015, Silicon,

the silver bullet for mitigating biotic and abiotic stress, and improving grain quality in rice, Environ. Exper. Bot. 120: 8-17.

[14] ชลลดา ถาคำมี, 2544, อิทธิพลของอุณหภูมิสูงในระยะตั้งท้องและผสมเกสรต่อการผสมเกสรและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวนาปรังในภาคตะวัน ออกเฉียงเหนือ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[15] Brady, N.C. and Weil, R.R., 2002, Elements of the Nature and Properties of Soil, 2nd Ed., Pearson Education, New Jersey.

[16] Liang, Y., Si, J. and Romheld, V., 2005, Silicon uptake and transport is an active process in *Cucumis sativus*, New Phytol. 167: 797-804.