ผลของซิลิกอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของงาดำ พันธุ์อุบลราชธานี 3 ภายใต้สภาพเครียดจากความเค็ม

Effect of Silicon on Growth and Yield of *Sesamum indicum* L. (Ubon Ratchathani 3) under Salinity Stress

หนึ่งฤทัย ศรีกาญจน์ และ พฤกษ์ ชุติมานุกูล*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร

Nuengruethai Srikan and Preuk Chutimanukul*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

Received: August 1, 2021 ; Revisions: September 4, 2021 ; Accepted: October 1, 2021

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของซิลิกอนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ภายใต้สภาพความเครียดจากความเค็ม วางแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in completely randomized design (CRD) มี 5 ซ้ำ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 4 อัตรา (0, 20, 40 และ 60 mmol/l) และปัจจัย B คือ ปริมาณซิลิกอนในรูปของกรดซิลิซิก ($Si(OH)_4$) 4 อัตรา (0, 30, 60 และ 90 kg/rai) จากผลการทดลอง พบว่า ความกว้างใบสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 mmol/l ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 0 kg/rai ความสูงต้น ความยาวใบ น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งใบสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 mmol/l ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90 kg/rai จำนวนใบสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 mmol/l ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 60 kg/rai ความยาว ราก จำนวนฝัก ปริมาณผลผลิตต่อต้น และปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 20 mmol/l ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90kg/rai น้ำหนักแห้งราก สูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 40 mmol/l ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90 kg/rai อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 30 และ0 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนัก 1000 เมล็ดน้อยที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลต่อลิตรร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 0 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ : การเจริญเติบโต; งาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3; โซเดียมคลอไรด์; ซิลิกอน; ผลผลิต

*Corresponding author: 59051217@kmitl.ac.th

Abstract

This study was to research the effect of silicon on growth and yield of black sesame (Ubon Ratchathani 3) under salinity stress conditions. The experimental design was 4x4 Factorial in completely randomized design (CRD) with 5 replications. Factor A consisted of 4 levels of the concentration of sodium chloride (NaCl) (0, 20, 40 and 60 mmol/L) and factor B included 4 levels of silicon in form of silicic acid ($Si(OH)_4$) (0, 30, 60 and 90 kg/rai). The results found that leaf was widest in sodium chloride 0 mmol/l with silicon 0 kg/rai. Height, leaf length, stem dry weight, pods dry weight, and leaf dry weight were highest in sodium chloride 0 mmol/l with silicon 90 kg/rai. Number of leaf was highest in sodium chloride 0 mmol/l with silicon 60 kg/rai. Root length, number of pods, yield per plant, yield per rai were highest in sodium chloride 20 mmol/l with silicon 90 kg/rai. Root dry weight were highest in sodium chloride 40 mmol/l with silicon 90 kg/rai. photosynthetic rate was lowest in sodium chloride 60 mmol/l with silicon 30 and 0 kg/rai, and 1000-weight was lowest in sodium chloride 60 mmol/l with silicon 0 kg/rai.

Keywords: growth; black sesame (Ubon Ratchathani 3); sodium chloride; silicon; yield

1. บทนำ

งาเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตและมีความต้องการของตลาดในปริมาณที่สูง (Ubon Ratchathani Provincial Agriculture and Cooperatives Office, 2018) โดยงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก เนื่องจากให้ผลผลิตดี สม่ำเสมอ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง และมีคุณสมบัติตรงกับความต้องการของตลาด (Ubon Field Crops Research Center, 2019) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ดินเค็มมากกว่า 18 ล้านไร่ กระจายตามภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ดินเค็ม คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 4.0 dS/m ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินน้อยกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินน้อยกว่า15 2) ดินโซดิก คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินน้อยกว่า 4.0 dS/m ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมากกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินมากกว่า15 3) ดินเค็มโซดิก คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 4.0 dS/m ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินน้อยกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินมากกว่า 15 (Cardon & Mortvedt, 2001) อย่างไรก็ตามความเครียดที่เกิดจากความเค็มดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 โดยความเครียดที่เกิดจากความเค็มจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของพืช รวมไปถึงปริมาณผลผลิตที่ลดลง และกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์พืช (Dongsansuk, London, Wannapat, &Theerakulpisut, 2013) จากผลกระทบดังกล่าวจึงมีการนำซิลิกอนในรูปของกรดซิลิซิก ($Si(OH)_4$) ที่สามารถใช้ได้ในรูปแบบสารสะลาย (Pimratch, Chantabut, Thammapat, & Sbutsat, 2020) มาเป็นธาตุเสริมประโยชน์ที่ช่วยเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตในพืช เนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุเสริมประโยชน์ที่สามารถบรรเทาความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพการดูดซึมโพแทสเซียมและโซเดียมของต้นพืชให้อยู่ในสภาพปกติ (Emanuel, 1993) ซึ่งจากประโยชน์ที่ได้กล่าวมานั้นสามารถนำซิลิกอนไปปรับใช้ให้เข้ากับปัญหาหรือสภาพพื้นที่แปลงปลูกได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซิลิกอนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ภายใต้สภาพเครียดจากความเค็ม

2. วิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4x4 Factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ โดยปลูกต้นงาจำนวนกระถางละ 2 ต้น ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ปริมาณซิลิกอนในรูปของกรดซิลิซิก ($Si(OH)_4$) 4 อัตรา ได้แก่ 0, 30, 60 และ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 4 อัตรา ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทดลองภายใต้สภาพโรงเรือนพลาสติกป้องกันน้ำฝน

2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

2.2.1 การเพาะกล้า

นำเมล็ดงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มาเพาะลงในถาดเพาะขนาด 2.4x2.4x4.0 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) ที่บรรจุด้วยพีทมอสเป็นวัสดุปลูก หลังจากการเพาะกล้า 25 วัน (มีใบจริง 3 ใบ) จึงทำการย้ายปลูกลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว โดยปลูกกระถางละ 2 ต้น บรรจุดิน ได้แก่ ดินเผา ปุ๋ยอินทรีย์ และทราย อัตรา 1:2:0.25 โดยปริมาตร 6 กิโลกรัมต่อกระถาง คลุกซิลิกอนในรูปของกรดซิลิซิก ($Si(OH)_4$) อัตรา 0 กิโลกรัมต่อไร่ (ไม่ใส่ซิลิกอน), อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ (0.57 กรัมต่อกระถาง), อัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ (1.15 กรัมต่อกระถาง), อัตรา 90 กิโลกรัมต่อไร่ (1.73 กรัมต่อกระถาง)

2.2.2 การให้น้ำและสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

ให้น้ำ 3 ระยะ โดยให้วันละ 1 ครั้ง ได้แก่ ระยะแรก ให้น้ำปกติหลังการย้ายกล้านาน 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนมาให้น้ำที่มีส่วนประกอบของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ตามที่กำหนดในแต่ละทรีตเมนท์ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ความเข้มข้น 0 มิลลิโมลต่อลิตร (น้ำประปา), ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลต่อลิตร (1.16 กรัมต่อลิตร), ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลต่อลิตร (2.33 กรัมต่อลิตร), ความเข้มข้น 60 มิลลิโมลต่อลิตร (3.50 กรัมต่อลิตร) และระยะที่สาม ให้น้ำปกติหลังการให้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 สัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต (เก็บผลผลิตเมื่อต้นงาอายุประมาณ 120 วัน)

2.2.3 การให้ปุ๋ยและดูแลรักษา

ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ได้แก่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 พร้อมกับการย้ายปลูก และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังจากการย้ายปลูก 30 วัน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (0.38 กรัมต่อกระถาง) โดยมีการกำจัดศัตรูพืชด้วยสกัดจากธรรมชาติ และสารเคมีในปริมาณที่ไม่ส่งผลกระทบต่อทรีตเมนท์ตามความเหมาะสมของแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต และการเข้าทำลายของโรคและแมลง

2.3 การบันทึกข้อมูล

2.3.1 การเจริญเติบโต

บันทึกการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงครั้งสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวโดยบันทึกผลทุก 2 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ลำต้น และใบ บันทึกผลครั้งสุดท้ายหลังการเก็บเกี่ยวโดยตัดต้นงาเป็น 4 ส่วน คือ ลำต้น ใบ ราก และฝัก แล้วนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดแล้วนำมาบันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้ง

2.3.2 องค์ประกอบของผลผลิต

บันทึกผลองค์ประกอบผลผลิตของงา หลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1000 เมล็ด

2.3.3 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิด–ปิด ของปากใบ

ทำการวัดในระยะที่มีดอกบานประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญของฝักและการติดเมล็ดมากที่สุด (หลังจากย้ายกล้าลงกระถาง 95 วัน) โดยวัดที่บริเวณกลางใบของใบที่มีการพัฒนามากที่สุด (คู่ที่ 5 นับจากด้านบน) โดยใช้เครื่อง portable photosynthetic (LI-6400, Li-cor, USA) วัดในช่วงเวลา 11:00-13:00 น. (Muhammad, 2018)

2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 การเจริญเติบโต

จากการศึกษาการปลูกงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และปริมาณซิลิกอน (Si) ที่แตกต่างกัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณซิลิกอน ด้านการเจริญเติบโต ในส่วนของความสูงลำต้น (Figure 1) ความยาวใบ (Figure 2) น้ำหนักแห้งลำต้น (Figure 3) น้ำหนักแห้งฝัก (Figure 4) และน้ำหนักแห้งใบ (Figure 5) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 93.00±2.65 เซนติเมตร, 13.83±0.38 เซนติเมตร, 4.54±0.17 กรัม, 6.37±0.79 กรัม และ 8.46±0.30 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของจำนวนใบ (Figure 6) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 60 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้จำนวนใบสูงที่สุด (43.00±1.73 ใบ) ในส่วนของความกว้างใบ (Figure 7) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 0 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความกว้างใบสูงที่สุด (8.58±0.14 เซนติเมตร) ในส่วนของน้ำหนักแห้งราก (Figure 8) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 40 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด (0.96±0.10 กรัม) และในส่วนของความยาวราก (Figure 9) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 20 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความยาวรากสูงที่สุด (21.33±2.26 เซนติเมตร) จึงสอดคล้องกับ

การศึกษาของ Hanson, Rathinnasabapathi, Rivoal, Burnet, Dillon, and Gage (1994) รายงานว่า เมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาพความเค็มพืชจะเกิดอาการขาดน้ำ ทำให้ดินมีแรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้น ขณะที่ความต่างศักย์ของน้ำลดลง เมื่อความต่างศักย์ของน้ำในดินมีค่าต่ำกว่าความต่างศักย์ของน้ำในรากจะทำให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้น้อย จึงเกิดความไม่สมดุลของน้ำ และไอออน (Kazem & Ramin, 2014) ทำให้เกิดการสะสมไอออนบางชนิดที่เกินความต้องการ เกิดการขัดขวางของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตลดลง และนอกจากนี้ยังพบว่าซิลิกอนสามารถช่วยบรรเทาความเครียดจากความเค็ม เนื่องจากซิลิกอนทำให้กิจกรรมของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชสูงขึ้น และช่วยปรับสภาพการดูดโซเดียมและโพแทสเซียมทำให้พืชสามารถดูดโพแทสเซียมได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น (Epstein, 1999) สำหรับความยาวราก พบว่า งาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียม 20 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งได้รับความเครียดจากความเค็ม (ค่าการนำไฟฟ้าของดิน = 0.351 dS/m) ทำให้มีค่าความยาวรากของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 สูงที่สุด อาจเนื่องมาจาก พืชได้รับความเครียดจากความเค็ม พืชจึงมีการปรับตัวเพื่อที่จะสามารถอยู่ในพื้นที่ดินเค็มต่อไปได้ โดยการปรับระบบโครงสร้างของรากให้แผ่กระจายไปยังจุดที่เค็มน้อยกว่า (Arunin, 1996) แต่หากความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นการงอกของรากก็จะลดลง (Chao, Limchoowong, Phornphisutthimas, & Laloknam, 2010)

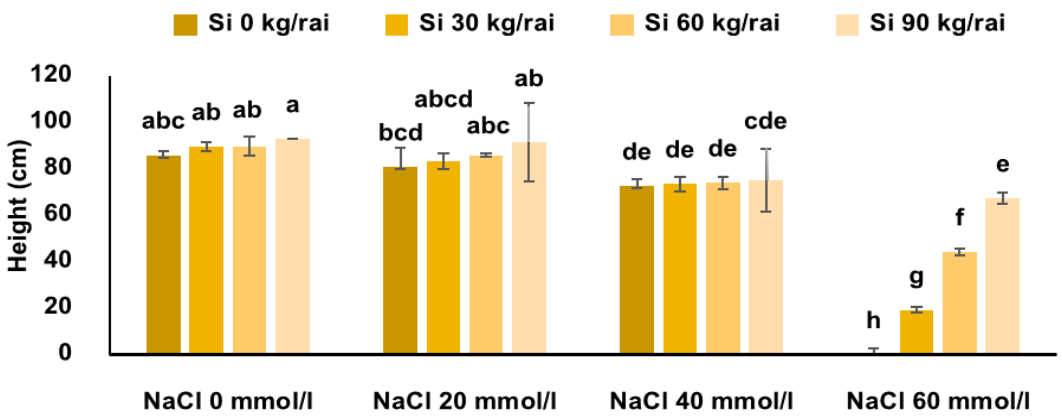

Figure 1 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in height of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

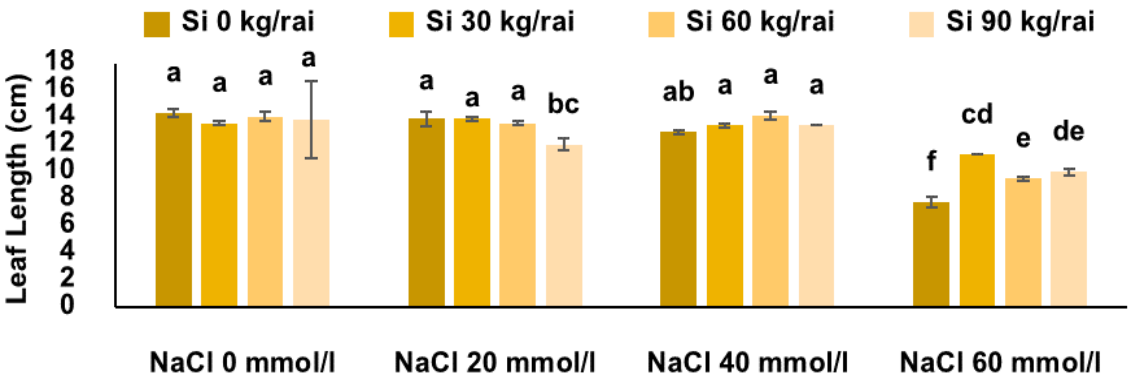

Figure 2 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$)in leaf length of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

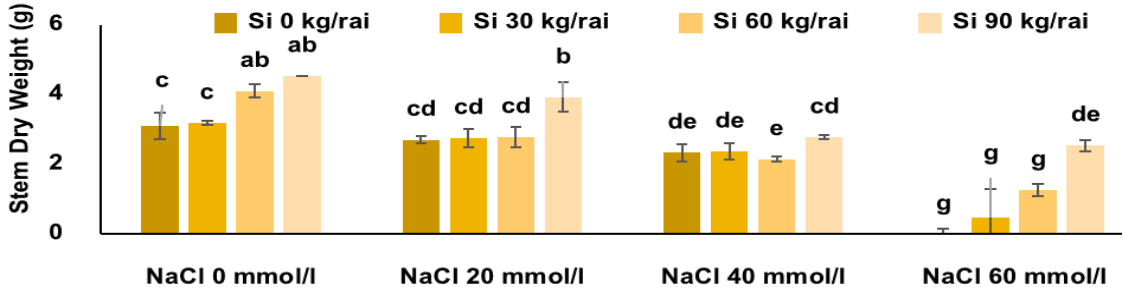

Figure 3 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in stem dry weight of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

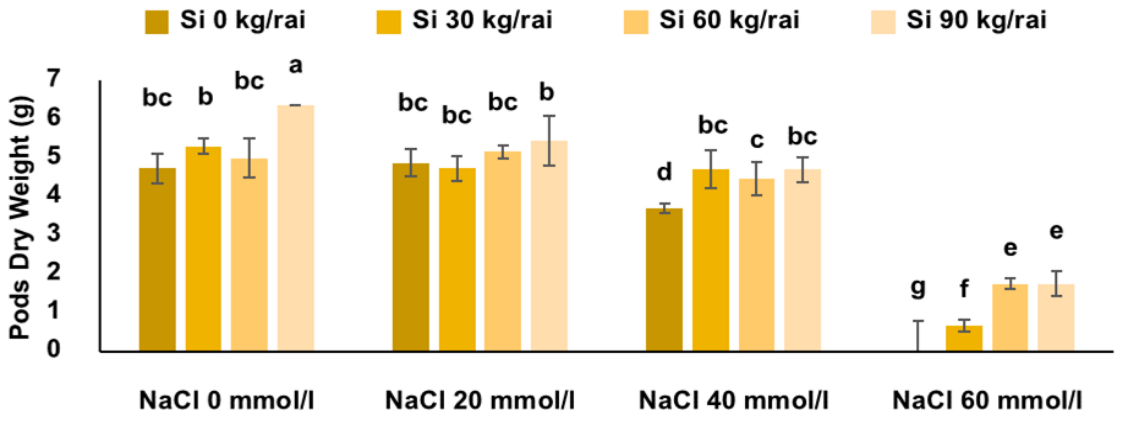

Figure 4 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in pods dry weight of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

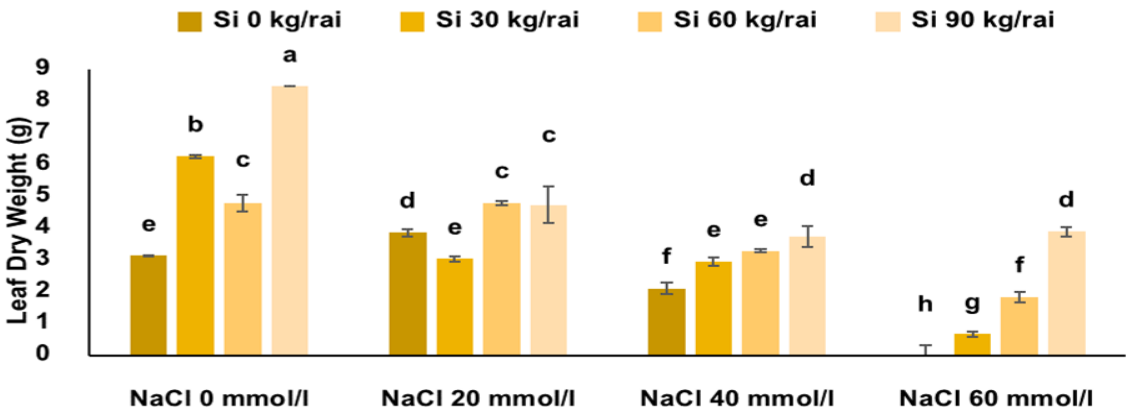

Figure 5 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in leaf dry weight of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

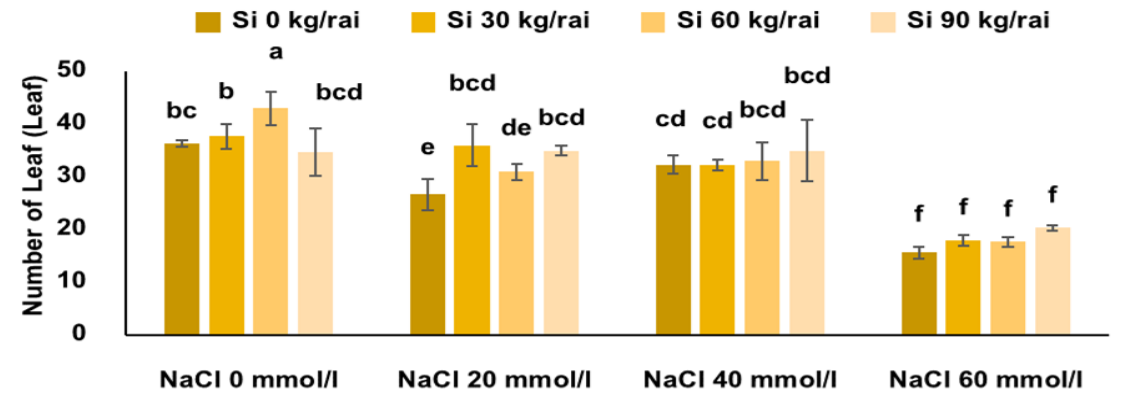

Figure 6 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in number of leaf of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

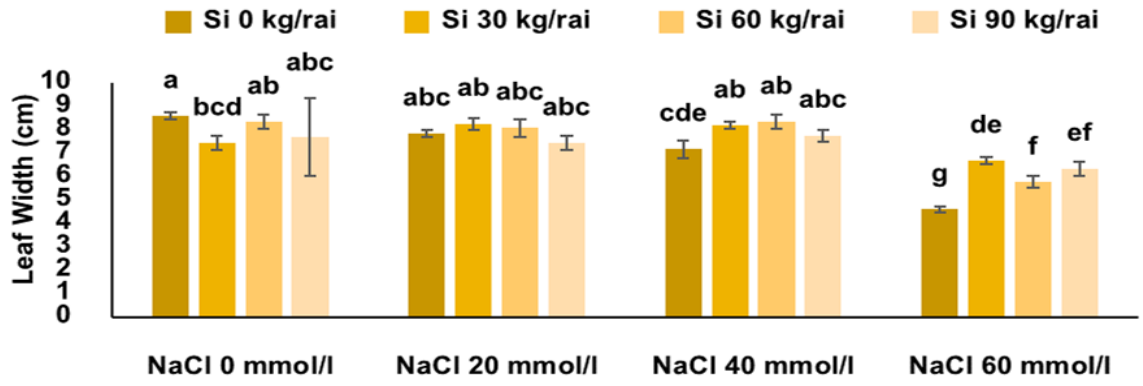

Figure 7 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in leaf width of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

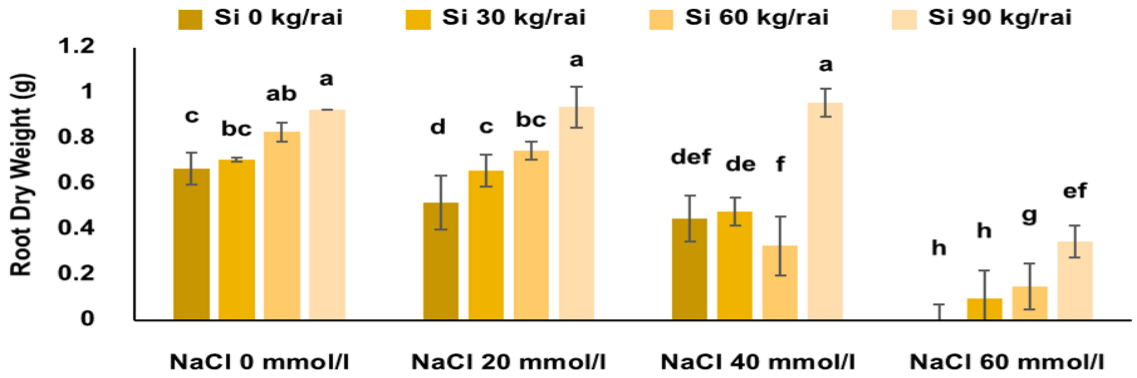

Figure 8 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in root dry weight of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

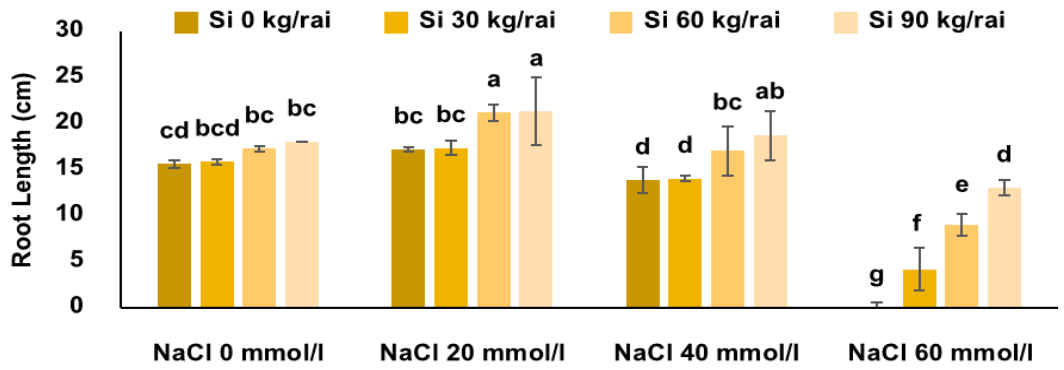

Figure 9 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in root length of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

3.2 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และอัตราการเปิดปิดของปากใบ

จากการศึกษาการปลูกงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และปริมาณซิลิกอน (Si) ที่แตกต่างกัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณซิลิกอนในด้านอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Figure 10) โดยพบว่าทุกทรีตเมนท์ไม่ต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 30 และ0 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำที่สุด (8.08±6.82 และ 10.85±6.92 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที) ตามลำดับ สำหรับอัตราการคายน้ำ และอัตราการเปิดปิดของปากใบ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณซิลิกอน (ไม่แสดงผล) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cha-umi, Supaibulwattana, and Kirdmanee (2009) พบว่า เมื่อพืชได้รับความเครียดจากความเค็มจะส่งผลให้การทำงานของระบบแสง II ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศภายนอกไม่สามารถแพร่เข้าสู่ใบ จึงส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการสร้างอาหารของพืชลดลง (Liu et al., 2015) นอกจากนี้พืชอาจมีการปรับตัวโดยการปิด

ปากใบ ลดกิจกรรมของปากใบ (Ferchichi et al., 2018) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ (Mahajan & Tuteja, 2005) แต่เมื่อใส่ซิลิกอนในปริมาณที่เหมาะสม ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และอัตราการเปิดปิดของปากใบเพิ่มสูงขึ้น จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Haghighi and Pessarakli (2013) พบว่าซิลิกอนช่วยปรับปรุงการแลกเปลี่ยนก๊าซในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชหลายชนิด และเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ การตรึงคาร์บอน และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Muneer, Park, Manivannan, & Soundararajan, 2014)

3.3 องค์ประกอบของผลผลิต

จากการศึกษาการปลูกงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และปริมาณซิลิกอน (Si) ที่แตกต่างกัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณซิลิกอน ด้านองค์ประกอบของผลผลิต ในส่วนของจำนวนฝัก (Figure 11) ปริมาณผลผลิตต่อต้น (Figure 12) และปริมาณผลผลิตต่อไร่ (Figure 13) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 20 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 19.33±5.77 ฝัก, 3.14±0.22 กรัม และ 98.61±6.89 กิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนของน้ำหนัก 1000 เมล็ด (Figure 14) ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใส่ซิลิกอนในปริมาณ 0 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีน้ำหนัก 1000 เมล็ดน้อยที่สุด (3.17±0.08 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนท์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Libeman, Corson, Rowe, and Halteman (1995) พบว่า องค์ประกอบผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก เมื่อได้รับความเครียดที่เกิดจากความเค็ม ส่งผลให้ลดระยะเวลาการเจริญเติบโต และทำให้จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 1000 เมล็ดลดลง แต่เมื่อใส่ซิลิกอนที่ปริมาณที่เหมาะสม ส่งผลให้จำนวนฝัก ปริมาณผลผลิตต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1000 เมล็ดเพิ่มขึ้น จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Tahir, Rammatullah, Ashraf, Kanwai, and Maqsood (2006) พบว่า ความเครียดจากความเค็มทำให้ผลผลิตลดลง แต่เมื่อใช้ร่วมกับปริมาณซิลิกอนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้จำนวนฝัก ปริมาณผลผลิตต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 เพิ่มขึ้น

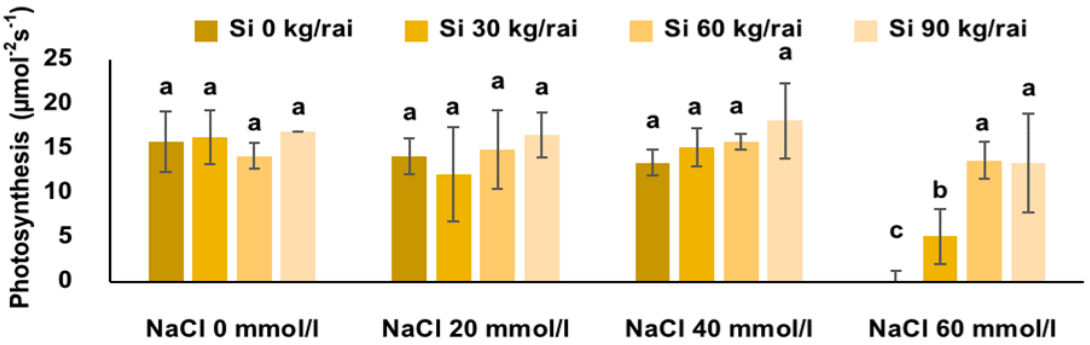

Figure 10 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in photosynthetic rate of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

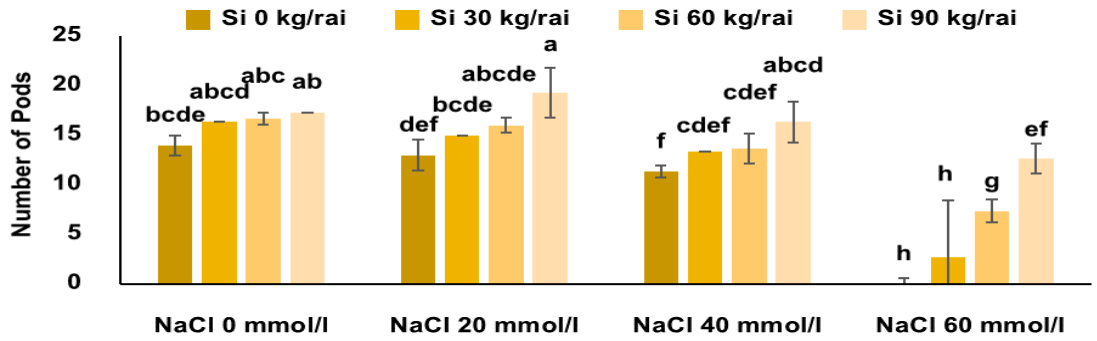

Figure 11 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in number of pods of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

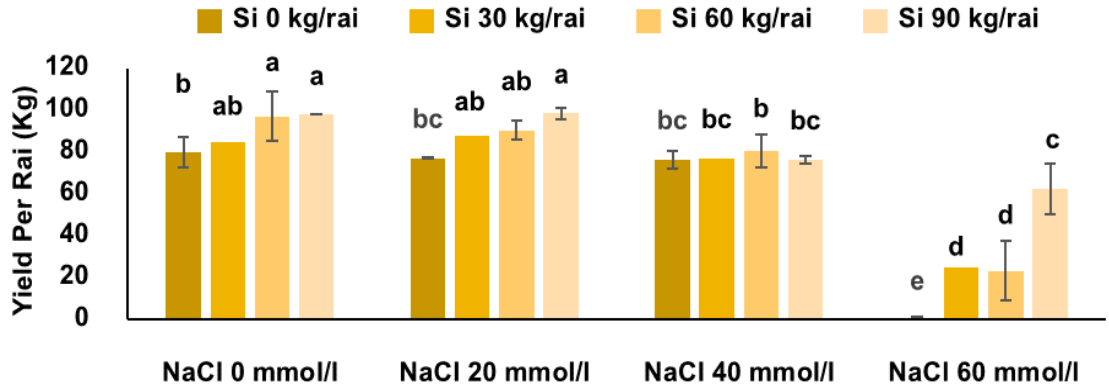

Figure 12 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in yield per plant of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

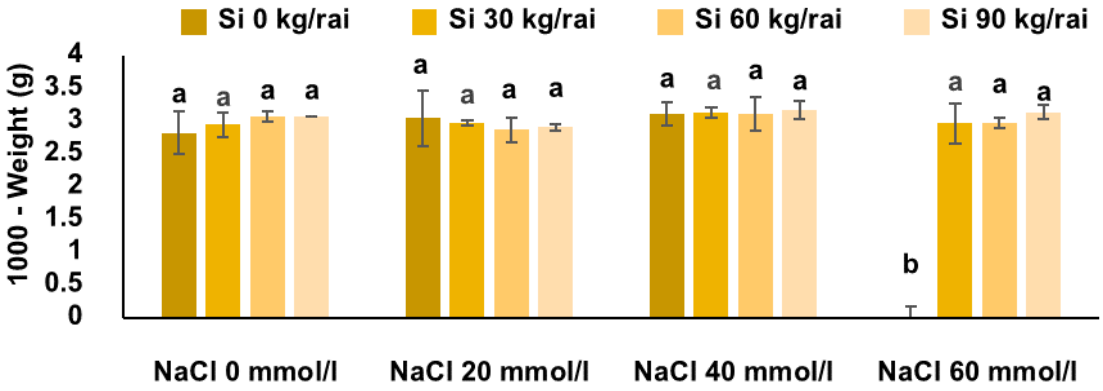

Figure 13 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in yield per rai of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

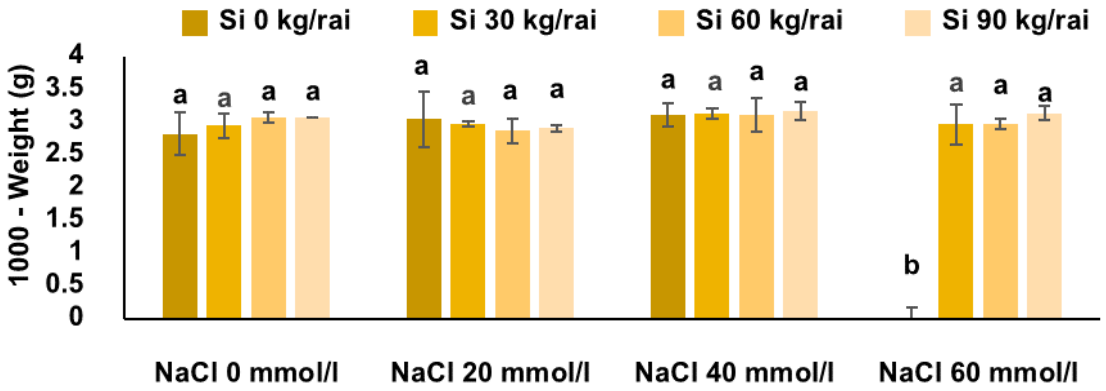

Figure 14 Interactions between sodium chloride (NaCl) and silicon ($Si(OH)_4$) in 1000-weight of black sesame (Ubon Ratchathani 3)

4. สรุป

ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลทางด้านการเจริญเติบโต ด้านสรีรวิทยา และด้านผลผลิต มีแนวโน้มลดลง และการใช้ซิลิกอนยังสามารถช่วยบรรเทาความเครียดจากความเค็มได้ ซึ่งทำให้ผลทางด้านการเจริญเติบโต ด้านสรีรวิทยา และด้านผลผลิต มีผลตอบสนองดีกว่าการไม่ใส่ โดยในส่วนของความกว้างใบ ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 0 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่องาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มากที่สุด ในส่วนของความสูงต้น ความยาวใบ น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งฝัก และน้ำหนักแห้งใบ ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตรร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่องาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มากที่สุด ในส่วนของจำนวนใบ ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 มิลลิโมลต่อลิตรร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 60 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่องาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มากที่สุด ในส่วนของความยาวราก จำนวนฝัก ปริมาณผลผลิตต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 20 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่องาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มากที่สุด และในส่วนของน้ำหนักแห้งราก และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 40 มิลลิโมลต่อลิตร ร่วมกับการใช้ปริมาณซิลิกอน 90 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่องาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มากที่สุด อย่างไรก็ตามการทดลองนี้เป็นการทดลองในระดับโรงเรือน จึงต้องมีการขยายผลในระดับแปลงปลูกต่อไป

5. References

Arunin, S. (1996). soil salinity in Thailand, Land Development Department, Bangkok, 10 p. (in Thai)

Cardon, G.E. and Mortvedt, J.J. (2001). Salt affected soils "Quite Facts". Cooperative Extension. Retrieved from Web Manager: http//www.ext.colostat.edu, April, 2020. (in Thai)

Cha-umi, S., Supaibulwattana, K. and Kirdmanee, C. (2009). Comparative effect of salt stress and extreme pH stress combined on glycinebetaine accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of two rice genotype, Rice Sci. 16, 274-282.

Chao, J., Limchoowong, S., Phornphisutthimas, S. and Laloknam, S. (2010). Effect of Salt Stress on Proline Content in Snake Palm Callus, J. Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning 1(2), 103-107. (in Thai)

Dongsansuk, A., London, W., Wannapat, S. and Theerakulpisut, P. (2013). The performance of PSII efficiency and growth response to salt stress in three rice varieties differing in salt tolerance, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok.

Emanuel, E. (1993). The anomaly of silicon in plant biology, PNAS. 91, 11-17.

Epstein, E. (1999). Silicon, Annu. Rev. PlantPhysiol, Plant Mol. Biol. 50, 641-664.

Ferchichi, S., Hessini, K., Dell'Aversana, E., D'Amelia, L., Woodrow, P., Ciarmiello, L.F., Fuggi, A. and Carillo, P. (2018). *Hordeum vulgare* and *Hordeum maritimum* respond to extended salinity stress displaying different temporal accumulation pattern of metabolites, Funct Plant Biol. 45, 1096-1109.

Haghighi, M. and Pessarakli, M. (2013). Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage, Int. J. Hortic. Sci. 161, 111-117.

Hanson, A. D., Rathinnasabapathi, B., Rivoal, J., Burnet, M., Dillon, M. O. and Gage, D. A. (1994). Osmoprotective compounds in the Plumbaginaceae: A natural experiment in metabolic engineering of stress tolerance, Proc. Natl.Acad.Sci. U.S.A 91, 306-310.

Kazem, G-G. and Ramin, L. (2014). The Impact of Salicylic Acid and Silicon on Chlorophyll a Flurescence in Mung Bean under Salt Stress, Russ J Plant Physiol, 62(5), 611-616.

Liebman, MA., Corson, R., Rowe, J. and Halteman, WA. (1995). Dry bean response to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management system, J. Agron. 87, 538-546.

Liu, P., Yin, L., Wang, S., Zhang, M., Deng, X., Zhang, S. and Tanaka, K. (2015). Enhanced root hydraulic conductance by aquaporin regulation account for silicon alleviated salt-induced osmotic stress in *Sorghum bicolor* L, Environ.Exp.Bot. 111, 42-51.

Mahajan, S. and Tuteja, N. (2005). Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview, Arch Biochem Biophys. 444(2), 139-158.

Muhammad, F.Y. (2018). Effect of Sulphur Application on Photosynthesis and Biomass Assumulation of Sesame Varieties under Rainfed Condition, Agromony. 8-149.

Muneer, S., Park, Y.G., Manivannan, A. and Soundararajan, P. (2014). Physiological and proteomic analysis in chloroplasts of *Solanum lycopersicum* L. under silicon efficiency and salinity stress, Int. J. Mol. Sci. 15, 21803-21824.

Pimratch, S., Chantabut, L., Thammapat, P. and Sbutsat, S. (2020). Relationship between Silicon Accumulation and Yield Production of Rice, Prawarun Agr. J. 17 (2), 209-222. (in Thai)

Tahir, M.A., Rammatullah, A., Ashraf, TM., Kanwai, S. and Maqsood, MA. (2006). Beneficial effects of silicon in wheat (*Triticum aestivum*) under salinity stress, Pak. J. Bot. 38(5), 1715-1722.

Ubon Field Crops Research Center. (2019). *Sesamum indicum* L. (Ubon Ratchathani 3), A variety of high antioxidant content, Retrieved from https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_86715

Ubon Ratchathani Provincial Agriculture and Cooperatives Office. (2018). *Sesamum indicum* L. (Ubon Ratchathani 3), Retrieved from https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_86715