

ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระยะออกดอกถึงติดผลของต้นลำไย

Effect of Calcium Chloride on Physiological Change in Flowering Phase to Fruit Set of Longan Trees

วินัย วิริยะอลงกรณ์

Winai Wiriya-Alongkorn

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: naimiat56@gmail.com

Received: November 06, 2022

Revised: March 10, 2024

Accepted: May 09, 2024

Abstract

Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) is an important economic fruit widely grown in Northern Thailand. The flowering on off-season of longan can be done by artificial flower induction by soil or foliar application of potassium chlorate. High temperatures or drought stress have negative effects on physiological changes of longan. The aim of this study was to decrease the high temperatures of longan leaves by foliar application of CaCl_2 . The 'Daw' longan trees were planted in 14-inch of plastic bags under a plastic greenhouse at the Pomology farm, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. The growing substrate was coco peat and coconut husk (1:1) with 1 liter of fertigation every day. The experiment design was a completely randomized design (CRD) with 5 treatments of CaCl_2 spraying at 0, 0.5, 1, 2 and 4 mM. The result showed that CaCl_2 had no significant effect on the quantum yield of PSII (Φ_{PSII}) and total chlorophyll (SPAD value). However, foliar spraying of CaCl_2 did not make a significant difference in the maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm) from January to March, but spraying of all CaCl_2 concentrations maintained Fv/Fm efficiency and stomatal conductance better than no spraying in April. In addition, foliar treatment with 4 mM CaCl_2 had a higher fruit set than other treatments.

Keywords: photosystem II, stomatal conductance, off season

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีพื้นที่ปลูกแพร่หลายทางภาคเหนือของไทย การออกดอก

ของลำไยนอกฤดูทำได้โดยการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต ราบทางดินหรือพ่นทางใบ สภาวะอุณหภูมิสูงหรือสภาวะ แห้งแล้งส่งผลกระทบต่อทางลบต่อการเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยาของลำไย ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

หาวิธีลดอุณหภูมิของใบลำไยโดยการให้แคลเซียมคลอไรด์กับลำไยพันธุ์ต่อที่ปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 14 นิ้ว ภายในโรงเรือนพลาสติก ณ แปลงลำไย สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ขุยมะพร้าวผสมกับกาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก ให้สารละลายธาตุอาหารทางระบบน้ำวันละ 1 ลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 3, และ 4 mM พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของแสงที่สอง (ϕ_{PSII}) และค่าความเขียวของใบ (SPAD values) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของประสิทธิภาพของการทำงานสูงสุดของแสงที่สอง (F_v/F_m) ในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม แต่การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นสามารถรักษาประสิทธิภาพของการทำงานสูงสุดของแสงที่สอง (F_v/F_m) และค่าการนำไหลของปากใบได้ดีกว่าการไม่พ่นสารในเดือนเมษายน นอกจากนี้การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 mM มีการติดผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการทำงานของแสงที่สอง
การนำไหลของปากใบ นอกฤดู

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของไทย ซึ่งพื้นที่ปลูกมากจะอยู่ทางภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และภาคตะวันออก เช่น จังหวัดจันทบุรี เป็นต้น ผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งในรูปของผลสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง สร้างรายได้ปีละหลายพันล้านบาท (OAE, 2022) ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตลำไยนอกฤดูโดยใช้สาร

โพแทสเซียมคลอไรด์ในการชักนำการออกดอกและติดผล เพื่อแก้ไขปัญหาผลผลิตลำไยล้นตลาด และเป็นกระจายผลผลิตให้ออกสู่ท้องตลาดอย่างต่อเนื่อง (Manochai *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามผลผลิตส่วนใหญ่ที่เก็บเกี่ยวได้ยังเป็นลำไยในฤดูมากกว่านอกฤดู ซึ่งทำให้เกษตรกรประสบปัญหาด้านราคา เนื่องจากมีผลผลิตมากกว่าความต้องการของผู้บริโภค ขณะเดียวกันพบปัญหาที่สำคัญของการผลิตลำไยนอกฤดู คือ ผลกระทบด้านการออกดอกและคุณภาพของผล ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น สภาพอุณหภูมิสูงมาก และขาดแคลนน้ำ (Ongprasert *et al.* 2010) จากการรายงานของ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2016) พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี ปริมาณน้ำฝนและการตกของฝนลดลงทุก ๆ ปี เช่นเดียวกัน มีผลกระทบต่อสภาพความเครียด การออกดอก และการติดผลของลำไย โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำไยที่มีการผลิตนอกฤดู อาจเกิดสภาวะแล้งยาวนานกว่าปกติ สภาพอุณหภูมิสูงดังกล่าวก่อให้เกิดความเครียด และส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย ทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ อากาศของลำไยที่ตกอยู่ในสภาวะเครียดจากสภาพอุณหภูมิสูงและได้รับน้ำน้อย ได้แก่ ใบไหม้บางส่วน (Toxic) การนำไหลของปากใบลดลง (การเปิดปิดของปากใบ) การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรากลดลง (Wiriya-Alongkorn, 2021) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากหยุดชะงัก การออกดอกไม่สม่ำเสมอ และผลร่วงได้ในระยะเริ่มติดผล ใหม่ ๆ รวมทั้งผลแตกในระยะก่อนเก็บเกี่ยวได้

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการช่วยลดความเครียดที่เกิดขึ้นกับพืชได้ดี ในสภาวะที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ เช่น ในถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* L. Walp.) มีรายงานว่า การพ่นแคลเซียมในรูปของไนเตรทความเข้มข้น 10 mM ทำให้ต้นมีน้ำหนักแห้งของยอดและรากเพิ่มสูงขึ้น และค่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่ 2 เพิ่มขึ้นสูงกว่าต้นควบคุม แต่ค่าการนำไหลของปากใบ

อัตราการคายน้ำ อัตราการสังเคราะห์แสงและค่าคาร์บอนไดออกไซด์ของใบ ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Bernardo *et al.*, 2006) งานทดลองในมะเขือเทศ พบว่าการให้แคลเซียมความเข้มข้น 1 mM ทำให้รักษาประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของระบบแสงที่ 2 อัตราการสังเคราะห์แสง ค่าการนำไหลของปากใบ ทำงานได้ตามปกติในสภาพเครียดจากอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณ MDA ปริมาณอนุมูลอิสระ และการตายของเซลล์ที่ใบมะเขือเทศลดลง (Phingakan and Sakhonwasee, 2015)

แคลเซียมคลอไรด์เป็นธาตุอาหารพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชมีความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำมาใช้ทางการเกษตรเพื่อลดความเสียหายของพืชอันเนื่องจากความเครียดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทความสำคัญของแคลเซียมต่อการทนต่อความเครียดน้ำของลำไยที่ปลูกในกระถางที่มีการเจริญเติบโตในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศสูงเพื่อเป็นข้อมูลนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพแปลงปลูกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดอ (กิ่งตอน) อายุ 1 ปี ที่ปลูกในกระถางพลาสติกขนาดกว้าง 14 นิ้ว โดยใช้ขุยมะพร้าวผสมกาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก ให้สารละลายธาตุอาหารทางน้ำทุก ๆ 5 วัน ทำการทดลอง ณ แปลงสาขามัธยม 5 สำนักฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้โรงเรือนพลาสติก

กระตุ้นการออกดอกด้วยสารโพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 0.05 กรัมต่อกระถาง และให้น้ำวันละ 1 ลิตร โดยความชื้นอยู่ระหว่าง 30-31 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก วัดจากเครื่อง IMKO's TRIME TDR-probes ผลิตจากประเทศเยอรมันนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ โดยให้ต้นเป็นซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1) พ่นน้ำเปล่า กรรมวิธีที่ 2) พ่นสารแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 mM กรรมวิธีที่ 3) พ่นสารแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 mM กรรมวิธีที่ 4) พ่นสารแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 mM และ กรรมวิธีที่ 5) พ่นสารแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 mM การพ่นสารแคลเซียมคลอไรด์จะพ่นทุก 7 วัน ตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงแทงช่อดอกและติดผลเดือนละ 4 ครั้ง จำนวน 16 ครั้ง บันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาในเวลา 09.00-12.00 น. ของทุกครั้ง การวัดค่าต่าง ๆ ใช้ใบคู่ที่ 3-4 จากยอด โดยวัดค่าการนำไหลของปากใบ โดยใช้เครื่อง Leaf Porometer Model SD-1 ยี่ห้อ Decagon Devices 2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163 USA ประสิทธิภาพการทำงาน ของแสงที่สอง โดยใช้เครื่อง FMS Fluorescence Monitoring System Hansatech Instruments Ltd. Narborough Road, Pentney, King's Lynn, Norfolk PE321JL, UK. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (SPAD) โดยใช้เครื่อง Digital Chlorophyll Meter SPAD 502 plus และควบคุมความชื้นในวัสดุปลูก โดยใช้เครื่อง IMKO Precise Moisture Measurement ยี่ห้อ Material Moisture Sensor IMKO HD2-TRIME-PIC032DE จากประเทศเยอรมันนี้ บันทึกการติดผลเดือนละ 1 ครั้ง โดยมีกิจกรรมตาม Table 1

Table 1 Dates of some activities and growth stages of longan in the experiment

Activates	Dates
Longan plantation in the plastic pot (14") by substrate culture and full irrigation all treatments and fertigation every 5 days	April 1, 2020
Application by potassium chlorate of 0.1 gram per tree	December 1, 2021
Start experiment and foliar application by CaCl ₂ every 7 days and 1 liter per tree for irrigation everyday	December 10, 2021
Start measurement of physiological by Leaf Porometer, FMS 2+ Fluorescence Monitoring System, Digital Chlorophyll Meter SPAD 502 plus, IMKO Precise Moisture Measurement every 30 days	January 15, 2022
End of the experiment	May 15, 2022

ผลการทดลองและวิจารณ์

สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศในระหว่างการทดลอง พบว่า มกราคม ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2565 มีอุณหภูมิสูงและต่ำค่อนข้างแตกต่างกันมาก ซึ่งต่ำสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ โดยเฉลี่ยต่ำสุด 9 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิต่ำสุดค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันอุณหภูมิสูงสุดยังได้เพิ่มสูงขึ้นแม้ว่าจะอยู่ในช่วงฤดูหนาว โดยเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์ที่มีอากาศหนาวที่สุด แต่ช่วงเวลากลางวันยังมีอุณหภูมิสูงถึง 39 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็ยังเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะเดือนมีนาคม

และเมษายน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 41 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดยังเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน ด้านความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความแห้งแล้งในอากาศได้ พบว่าความชื้นในอากาศสูงสุดตลอดการทดลอง อยู่ระหว่าง 30-35 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความชื้นในอากาศต่ำสุดมีความแปรปรวนไปตามอุณหภูมิต่ำสุดที่เพิ่มขึ้นและลดลง กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิต่ำลงความชื้นในอากาศก็ลดต่ำลงเช่นกัน อย่างไรก็ตามในช่วงเดือนมีนาคม ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นแต่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศกลับลดต่ำเหลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าสภาพอากาศแห้งและร้อนมาก หลังจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับ

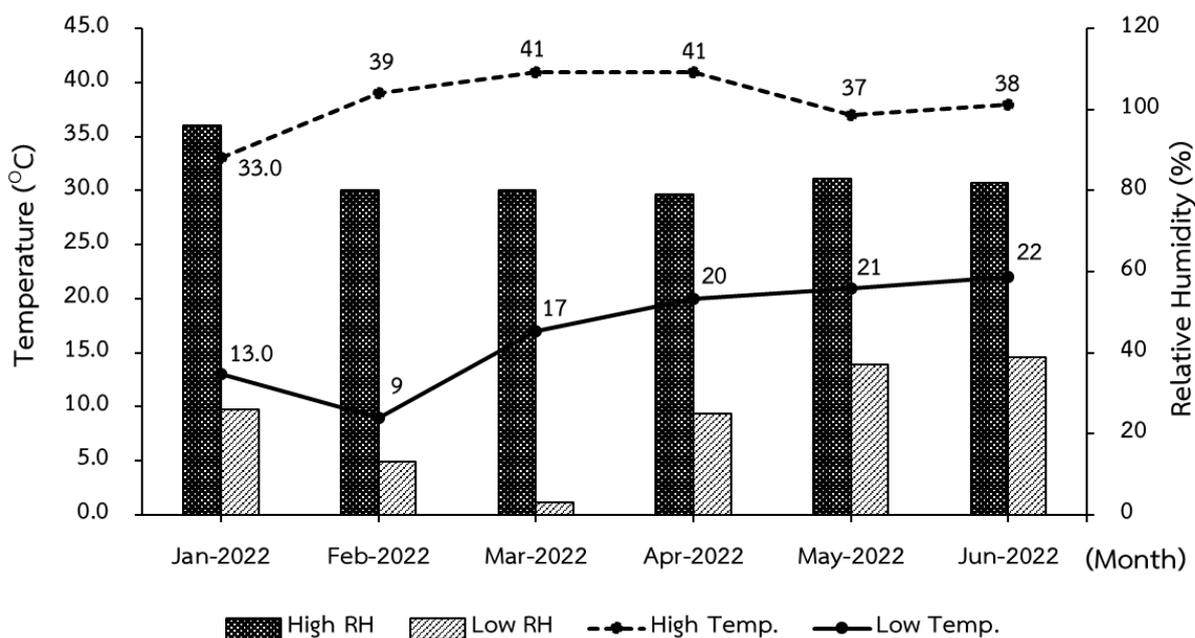


Figure 1 The impact of climatic variation between January 2022 to July 2022 in the area of the experimental

ประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการสังเคราะห์แสงของระบบแสงที่สอง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ส่วนใหญ่มีระบบแสง 2 ระบบ คือ ระบบแสง I (Photosystem I; PSI) และระบบแสง II (Photosystem II; PSII) ระบบทั้งสองจะทำหน้าที่ร่วมกันเพื่อให้สามารถเกิดการส่งพลังงานในการสร้าง ATP และ NADPH กระบวนการเหล่านี้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนต่าง ๆ ที่สมบูรณ์ในสถานะที่พืชอยู่ในสภาพปกติ (ไม่เครียด) ระบบแสงที่สองถือว่าเป็นส่วนประกอบหลักของปฏิกิริยาแสง ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพ และความเสียหายของระบบแสงที่สองในสถานะเครียดสามารถทำได้โดยการวัดดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ (Baker, 2008) ซึ่งค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของระบบแสงที่สอง (ϕ_{PSII}) เป็นตัวกำหนดการสังเคราะห์แสงในระบบ PSII ในการขนถ่ายอิเล็กตรอนซึ่งหากค่านี้แสดงค่ามากหมายถึง

พืชนั้น ๆ มีความสามารถในการรับพลังงานแสงและเปลี่ยนเป็นพลังเคมีเพื่อขนถ่ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ดี ส่วนค่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงสุดของระบบแสงที่สอง (F_v/F_m) เป็นค่าที่ใช้วิเคราะห์ความเครียดของพืชโดยวัดจากค่าการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ในระบบ Photosystem II ซึ่งพืชส่วนใหญ่เมื่ออยู่ในสภาวะปกติจะมีค่า F_v/F_m อยู่ที่ 0.83 หรือในช่วง 0.79-0.85 และหากว่ามีค่าต่ำกว่า 0.79 แสดงว่าพืชเริ่มเข้าสู่สภาวะเครียด เนื่องจากมีกระบวนการยับยั้งการสังเคราะห์แสง (Photoinhibition) เกิดขึ้น (Maxwell and Johnson, 2000) หลังการฉีดพ่นลำไยด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กับลำไยของแต่ละเดือนที่มีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ (Figure 1) ขณะที่มีการจำกัดการให้น้ำเพียงต้นละ 1 ลิตรต่อวันเท่านั้น พบว่าประสิทธิภาพของการทำงานของแสงที่สอง (ϕ_{PSII}) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าหลังการได้รับแคลเซียมคลอไรด์แล้ว 1 เดือน ประสิทธิภาพการทำงานของแสงที่สองทำงานได้มากกว่าต้นที่ไม่ได้พ่น (Figure 2) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการทำงานของแสงที่สอง (F_v/F_m) พบว่าการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทำให้รักษาค่า F_v/F_m ไว้ได้ โดยเฉพาะในช่วงเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดและสะสมความร้อนมาตั้งแต่เดือนมีนาคม (Figure 3) ซึ่งการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นมีค่า F_v/F_m เท่ากับ 0.7096-0.7728 ขณะที่ต้นควบคุมมีค่า F_v/F_m เท่ากับ 0.6438 โดยมีความแตกต่าง

กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นควบคุม อาจเป็นไปได้ว่าแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยลดความเครียดได้ และส่งผลดีต่อการสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ ซึ่งมีรายงานในการใช้แคลเซียมคลอไรด์กับมะเขือเทศ พบว่าสามารถรักษาประสิทธิภาพการทำงานของแสงที่สองไว้ได้ (Phingksan and Sakhonwasee, 2015) และการใช้แคลเซียมซิลิเกตยังสามารถช่วยให้ต้นมะเขือเทศมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในส่วนหนึ่งของระบบแสงที่สองดีขึ้นในสภาวะเครียดเกลือ (Areerak and Sakhonwasee, 2020)

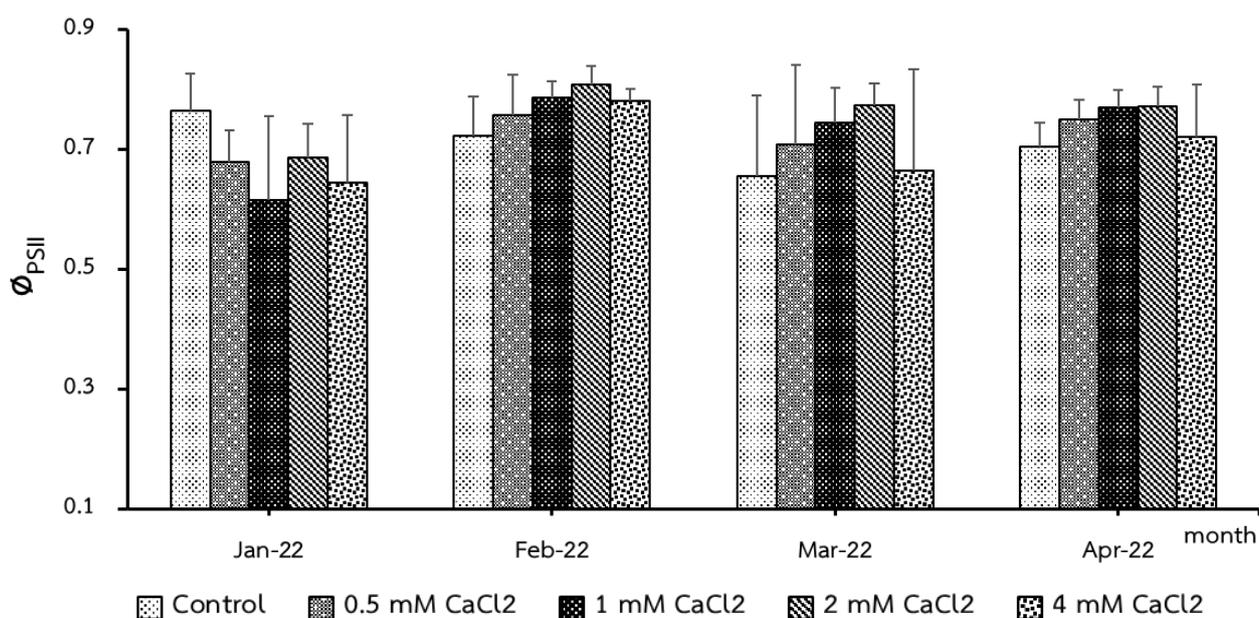


Figure 2 Effect of CaCl₂ on the quantum yield of PSII (Φ_{PSII}) in longan trees during drought stress for 4 month; Each value is the mean of 5 samples (n=5). Error bars are the standard deviation (STD) of mean.

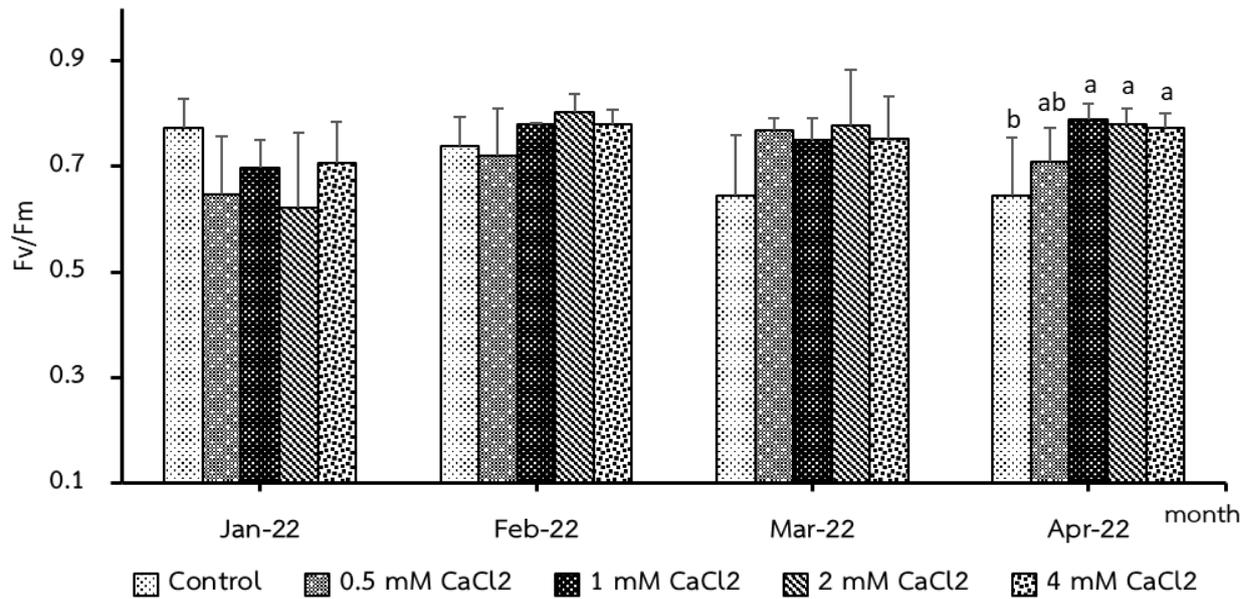


Figure 3 Effect of CaCl_2 on the maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m) in longan trees during drought stress for 4 month; Each value is the mean of 5 samples ($n=5$). Error bars are the standard deviation (STD) of mean.

การนำไหลของปากใบลำไย (Stomatal conductance)

การเปิดปิดของปากใบพืชเป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบพืชเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จากการพ่นแคลเซียมคลอไรด์กับลำไยที่อยู่ในสภาพจำกัดความชื้นและมีอุณหภูมิสูง พบว่าระยะแรกของการทดลอง (มกราคม ถึง กุมภาพันธ์) เป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำมาก (Figure 1) และลำไยถูกควบคุมการให้น้ำเพียงต้นละ 1 ลิตร มีค่าการนำไหลของปากใบอยู่ระหว่าง 42.40-121.88 $\text{mmol/m}^2\text{s}$ ถือว่าเป็นช่วงที่ทำให้เกิดภาวะเครียด แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Sritontip *et al.* (2010) รายงานว่าการให้สารโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลให้การหายใจและการเปิดปิดของปากใบลำไยลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ ในระยะต่อมาที่ลำไยได้รับแคลเซียมคลอไรด์มาระยะหนึ่งทำให้สามารถรักษาค่าการนำไหลของปากใบไว้ได้ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิที่สูงถึง 41°C. (Figure 1) การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น

สามารถรักษาอัตราการนำไหลของปากใบลำไยไว้ได้โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 217.34-291.86 $\text{mmol/m}^2\text{s}$ (Figure 4) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นควบคุมที่มีค่าการนำไหลปากใบเพียง 58.06-101.12 $\text{mmol/m}^2\text{s}$ แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์สามารถรักษาค่าการนำไหลของปากใบไว้ได้ สอดคล้องกับ Phingkan and Sakhonwasee (2015) กล่าวว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์กับมะเขือเทศมีผลช่วยการเพิ่มเสถียรภาพของเอนไซม์ Ribulose 1,5 bis-phosphate carboxylase หรือ Rubisco ซึ่งเป็นเอนไซม์ขนาดใหญ่มีมวลโมเลกุล 550 KD (Terashima *et al.*, 2011) และองค์ประกอบของระบบแสงที่สอง รวมไปถึงการช่วยให้ปากใบเปิด ซึ่งส่งผลให้การระบายความร้อน ออกจากใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้จากงานทดลองของ Wiriya-Alongkom *et al.*, (2013) พบว่าลำไยที่อยู่ในสภาวะปกติจะมีค่าการนำไหลของปากใบไม่ต่ำกว่า 100 $\text{mmol/m}^2\text{s}$

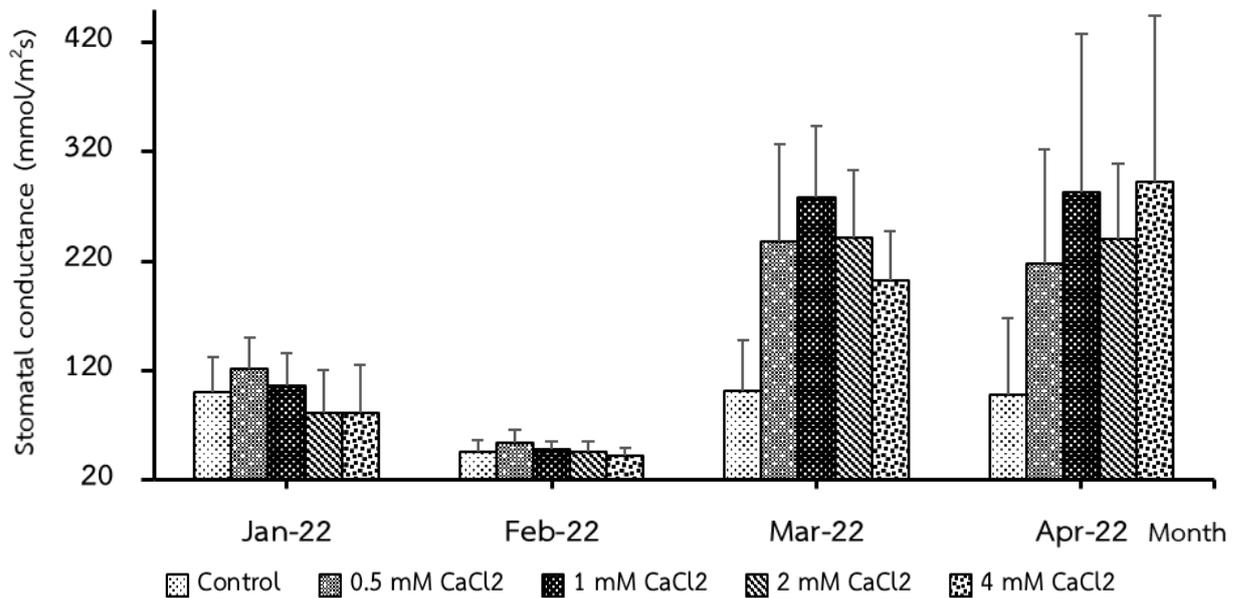


Figure 4 Effect of CaCl₂ on the stomatal conductance in longan trees during drought stress for 4 month; Each value is the mean of 5 samples (n=5). Error bars are the standard deviation (STD) of mean.

อุณหภูมิใบลำไย

ใบของพืชจัดเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในสภาพปกติที่พืชได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมอุณหภูมิใบจะไม่สูงมากนัก ขณะที่ภายใต้สภาวะผิดปกติ เช่น การขาดน้ำ อาหาร หรือมีอุณหภูมิอากาศสูง การคายน้ำของพืชจะลดลงและปากใบจะปิดลง ขณะเดียวกันอุณหภูมิใบจะสูงขึ้นด้วย (Wiriya-Alongkorn *et al.*, 2013) ผลการพ่นแคลเซียม

คลอไรด์กับลำไยที่ได้รับน้ำน้อยและอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 41°C. (Figure 1) พบว่าแคลเซียมคลอไรด์สามารถรักษาอุณหภูมิใบไว้ได้ดีกว่าต้นควบคุม (Figure 5) แต่การใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีผลต่ออุณหภูมิใบที่สูงขึ้น อาจจะต้องระมัดระวังในการใช้เพราะอาจจะมีผลต่อการเปิดของปากใบได้ ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นกัน

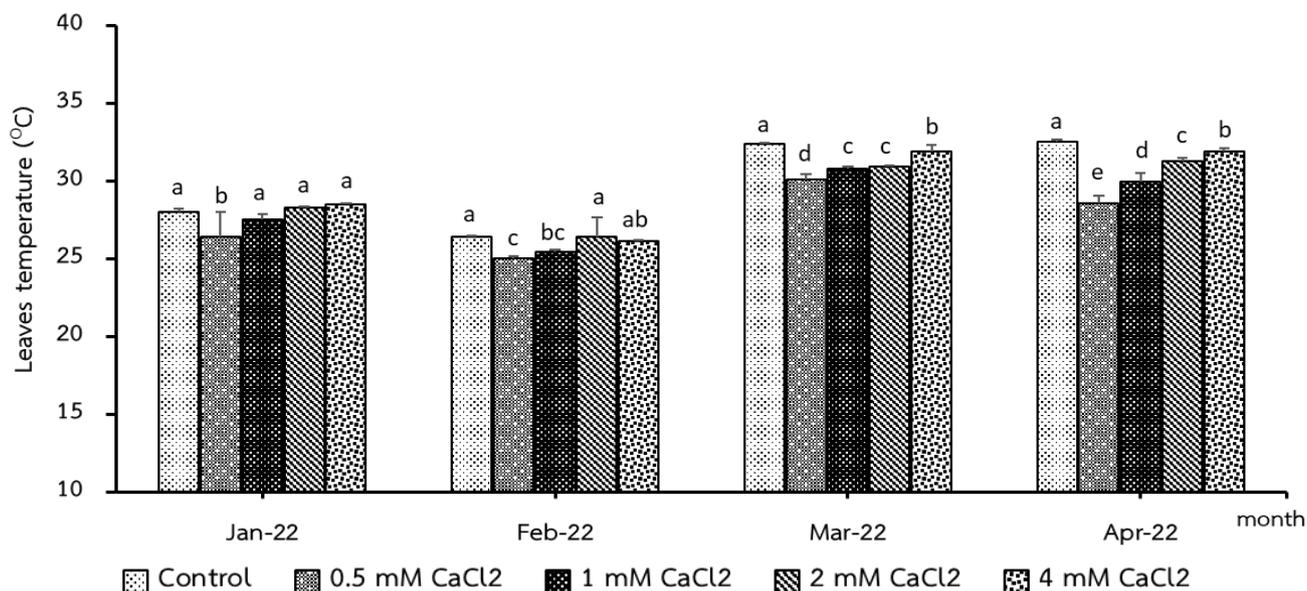


Figure 5 Effect of CaCl₂ on the leaves temperature in longan trees during drought stress for 4 month; Each value is the mean of 5 samples (n=5). Error bars are the standard deviation (STD) of mean.

ค่าความเขียวของใบ (SPAD values)

จากการที่พ่นแคลเซียมคลอไรด์กับต้นลำไยที่อยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงและได้รับน้ำจำกัด พบว่าไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบแต่อย่างใด ทั้งต้นที่ได้รับและไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อคลอโรฟิลล์ในใบของลำไย (Figure 6) อย่างไรก็ตามแคลเซียมคลอไรด์อาจจะมีส่วนต่อการลดความเครียดของพืชทำให้ลำไยสามารถสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นมาได้ตามปกติ ซึ่งมีรายงานการใช้

แคลเซียมซิลิเกต (CaSiO₃) ความเข้มข้น 1.25 mM กับมะเขือเทศที่อยู่ในสภาวะเครียดเกลือ สามารถชักนำให้ผลิตปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นควบคุม (Areerak and Sakhonwasee, 2020) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า CaSiO₃ ความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร กับกล้วย Macã (Silk) ในอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปกติ ส่งผลให้กล้วยมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับ CaSiO₃ (Asmar *et al.*, 2013)

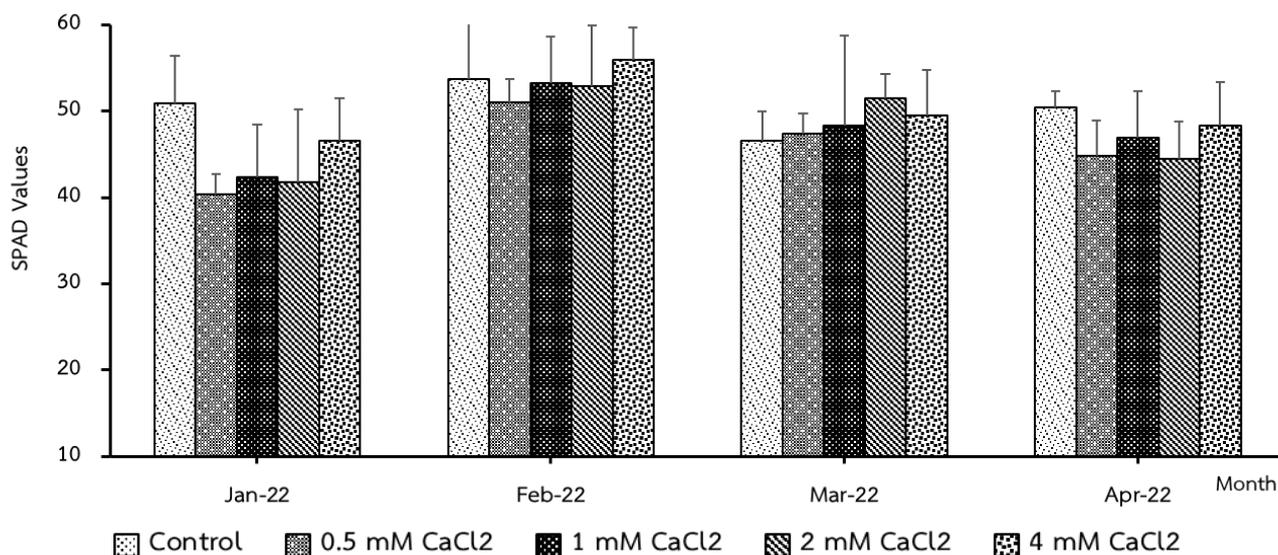


Figure 6 Effect of CaCl₂ on the SPAD values in longan trees during drought stress for 4 month; Each value is the mean of 5 samples (n=5). Error bars are the standard deviation (STD) of mean

การติดผล

ภายหลังการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในระยะทางช่อดอก พบว่าการติดผลครั้งแรกมีจำนวนผลอยู่ระหว่าง 35-48 ผลต่อช่อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นมีการร่วงของผลเรื่อย ๆ แต่เป็นที่สังเกตว่าการได้รับแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้น 4 mM สามารถชะลอหรือลดการร่วงของผลลงได้มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุม โดยผลที่เหลืออยู่ต่อช่อมากที่สุดถึง 21 ผล ขณะที่ต้นควบคุมเหลือเพียง 10 ผลต่อช่อ (Figure 7) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีรายงานว่าแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีความเสถียรและคงตัวอยู่ในระดับเซลล์จึงรักษาความสมดุล ในขณะที่เซลล์กำลังแบ่งเซลล์ และช่วยป้องกันการอาการขาดแคลเซียมได้ดี (Saure, 2005) ซึ่งในการทดลองนี้ระยะทางช่อดอกเป็นระยะที่เซลล์พืช

กำลังแบ่งตัวและขยายขนาดของเซลล์ดังนั้นการพ่นแคลเซียมเข้าไปโดยตรงจึงมีส่วนช่วยพัฒนาช่อดอกและความแข็งแรงของเซลล์ได้ ผลจึงมีการร่วงน้อยกว่าต้นควบคุม นอกจากนี้มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์กับมะเขือเทศ ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ส่งผลให้มะเขือเทศมีจำนวนใบดก จำนวนผลต่อต้น และน้ำหนักผลต่อต้นมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ (Ayyub *et al.*, 2012) ในทานตะวันที่อยู่ในภาวะเครียดเมื่อได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 10 mM ส่งผลให้มีผลผลิตดีกว่าต้นที่ควบคุม (Ibrahim *et al.*, 2016) ขณะเดียวกัน Manochai *et al.*, (2003) แนะนำว่า สำหรับลำไยควรพ่นแคลเซียม โบรอน ซึ่งสอดคล้องกับ Sirtontip (2013) รายงานว่า ช่วงที่ลำไยติดผลมากแคลเซียมและธาตุอาหารอื่น ๆ ในใบลดต่ำกว่าต้นที่ติดผลน้อย ซึ่งการพ่นแคลเซียมร่วมกับโบรอนทำให้มีการติดผลต่อช่อของลำไยมากที่สุดเช่นกัน

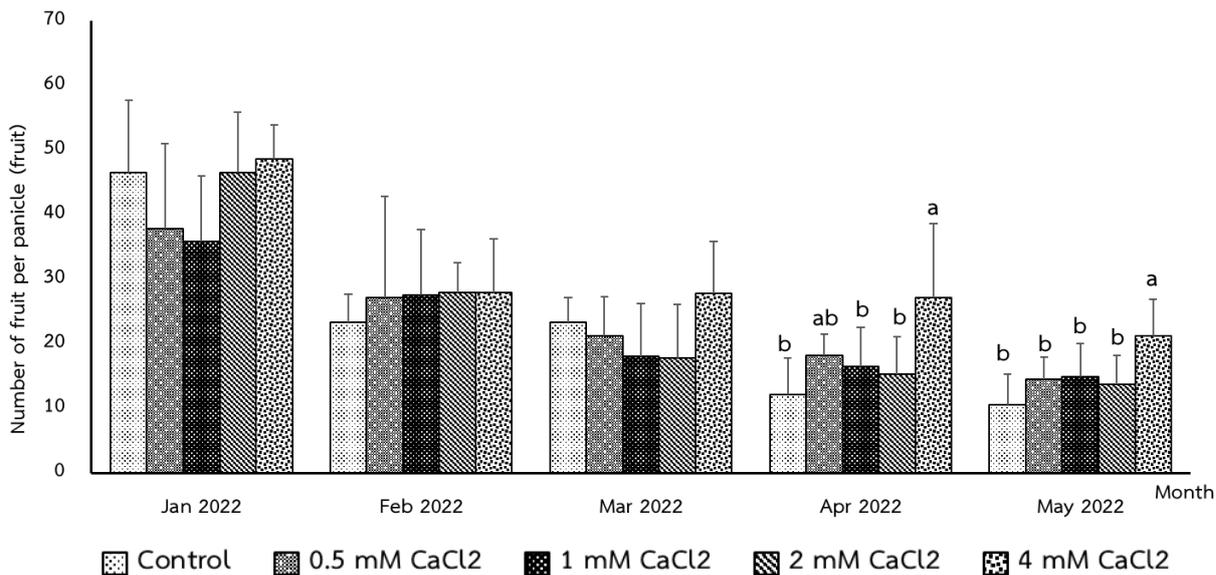


Figure 7 Effect of CaCl₂ on the number of fruit per panicle in longan trees during drought stress for 5 month; Each value is the mean of 5 samples (n=5). Error bars are the standard deviation (STD) of mean.

สรุปผลการทดลอง

จากการพ่นแคลเซียมคลอไรด์กับต้นลำไยในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อนนั้น สามารถทำได้ โดยการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งส่งผลดีต่อการรักษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สอง และไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบ การนำไหลของปากใบ อุณหภูมิใบ และการติดผลของลำไย ขณะที่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 4 mM ยังช่วยชะลอการร่วงของผลได้ สรุปได้ว่าการผลิตลำไยในประเทศไทยโดยเฉพาะช่วงนอกฤดูที่มีอากาศร้อน หรือในฤดูที่ตรงช่วงระยะเวลาที่มีอากาศร้อน ควรพ่นด้วยแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 mM เพื่อลดความเสียหายของผลผลิตอันเนื่องมาจากสภาพอากาศร้อนที่เกิดขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ศึกษาทางสรีรวิทยาในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Areerak, S. and S. Sakhonwasee. 2020. Physiological and gene expression analysis of calcium silicate supplemented-tomato under salt stress. **Journal of Agricultural Research and Extension** 37(2): 12-24. [in Thai]
- Asmar, S.A., E.M. Castro, M. Pasqual, F.J. Pereira and J.D.R. Soares. 2013. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under different silicon sources. **Scientia Horticulturae** 161: 328-332.
- Ayyub, C.M., M.A. Pervez, M.R. Shaheen M.I. Ashraf, M.W. Haider, S. Hussain and N. Mahmood. 2012. Assessment of various growth and yield attributes of tomato in response to preharvest applications of calcium chloride. **Pakistan Journal of Life and Social Sciences** 10(2): 102-105.
- Baker Neil, R. 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *In Vivo*. **The Annual Review of Plant Biology** 59: 89-113.
- Bernardo, M.A., H.G. Jones, C. Kayac, R.L. Aguilar, J.L. Garcia-Hernandez, E. Troyo-Diequez, N.Y.A. Vila-Serrano and E. Rueda-Puente. 2006. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) grown under salt stress. **Environmental and Experimental Botany** 58: 11102-11109.
- Ibrahim, M.F.M., A. Faisal and S.A. Shehata. 2016. Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters American Eurasian. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences** 16(4): 677-693.
- Manochai, P., Y. Kaosuman, C. Sritontip and S. Chanjaraja. 2003. **Longan Production and Technology**. Bangkok: Kehakaset Magazine Press. 125 p. [in Thai]
- Manochai, P., P. Sruamsiri, W. Wiriya-Alongkone, D. Naphrom, M. Hegele and F. Bangerth. 2005. Year around off season flower induction in longan (*Dimocarpus longan* Lour) trees by KClO₃ applications: potentials and problems. **Scientia Horticulturae** 104(4): 379-390.
- Maxwell, K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Environmental and Experimental Botany** 51(343): 659-668.
- Office of Agricultural Economics. 2022. **Agricultural economic data: Longan**. [Online]. Available <https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%A3%E0%B8%81/TH-TH> (October 9, 2022).
- Ongprasert, S., W. Wiriya-Alongkorn and W. Spreer. 2010. The factors affecting longan flower induction by chlorate. **Acta Horticulturae** 863: 375-366.

- Phingkan, W. and S. Sakhonwasee. 2015. Induction of Heat Tolerance in Tomato Seedling by Foliar Application of Vitamin C and Calcium Chloride. pp. 49-57. **In The proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference.** Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Sritontip, C., P. Tiyaon, D. Naphrom, P. Sruamsiri, P. Manochai, M. Hegele and J.N. Wünsche. 2010. Effects of temperature and potassium chlorate on leaf photosynthesis and flowering in longan. **Acta Horticulturae** 863: 323-328.
- Sritontip, C. 2013. **Off-season Longan Production.** Lampang: Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna (Lampang Campus). 124 p. [in Thai]
- Saure, M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae** 105: 65-89.
- Terashima, I., Y.T. Hanba, D. Tholen and U. Niinemets. 2011. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology** 155(1): 108-116.
- Wiriya-Alongkorn, W., W. Spreer, S. Ongprasert, K. Spohrer, T. Pankasemsuk and J. Muller. 2013. Detecting drought stress in longan tree using thermal imaging, Maejo Int. **Journal of Science and Technology** 7(1): 166-180.
- Wiriya-Alongkorn, W., C. Sananan, W. Spreer and C. Kanchanprachot. 2016. **The Impact of Climatic Variation on Phenological Change, Yield and Fruit Quality of Longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) CV. 'Daw' in Northern Thailand.** 103 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
- Wiriya-Alongkorn, W. 2021. The effects of potassium chlorate on CO₂ concentration in the root zone, stomata conductance and fruit quality of longan. **Journal of Agricultural Research and Extension** 38(1): 12-27. [in Thai]