

ผลของสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเขตรากพืช
การชักนำการเปิดปิดของปากใบและคุณภาพของผลลำไย
The Effects of Potassium Chlorate on CO₂ Concentration in the Root Zone
Stomata Conductance and Fruit Quality of Longan

วินัย วิริยะอลงกรณ์

Winai Wiriya-Alongkorn

สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

*Corresponding author: winai.w@mju.ac.th

Received: May 05, 2020

Revised: November 02, 2020

Accepted: January 15, 2021

Abstract

It was generally believed that treating longan trees with potassium chlorate (KClO₃) could induce physiological stress to the trees. However, there is a limited information on such physiological stress in longan. This research was aimed at studying the effects of the physiological stress of longan trees treated with KClO₃ on fruit quantity and quality. Physiological stress indexes investigated in this study were the level of CO₂ concentration in the root zone and stomatal conductance of the trees. This research was conducted on 6 healthy longan trees from each of the two locations, one a farmer's orchard in Phao district with 15 years old trees and another at Maejo University (MJU) farm with 10 years old. The study was conducted from November 2014 to September 2016. The experimental design used was a completely randomized design with two treatments and three replications. The two treatments were applications of KClO₃ at the rate of 800-1,000 g/tree and un-treated and each longan tree in each farm was considered as a replication. The results revealed that CO₂ concentration in the root zone and leaves stomatal conductance during booming to harvesting were higher in the treated than in the un-treated trees. It was also found in both orchards that CO₂ concentrations in the root zone soil were positively correlated with soil water content. Therefore, these findings indicated that the optimum concentration of KClO₃ treatment and soil moisture level had the effects on the stress conditions without affecting the physiological growth of longan. In addition, it was found that quality of fruit of the treated trees in Phao orchard was not significantly different from that of the un-treated trees. In addition, it was found that fruit weight per tree; peel, flesh and seed weights; and peel thickness of the fruits from the un-treated trees at MJU farm were significantly higher than those of treated trees. On the other hand, total soluble solid of the treated trees were significant higher than those of un-treated

trees. Therefore, the proper orchard management including optimum irrigation to keep good balance of soil moisture which able to promote the root activities, together with optimum application of $KClO_3$, would induce good flowering and fruit set without affecting the fruit quality.

Keywords: *Dimocarpus longan*, CO_2 in root zone, potassium chlorate, fruit quality stomatal conductance

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปเชื่อกันว่าการได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต ($KClO_3$) ทำให้ต้นลำไยเกิดความเครียดแต่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับความเครียดทางสรีรวิทยาของต้นลำไยนี้ยังมีอยู่จำกัด การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับความเครียดทางสรีรวิทยาของต้นลำไยที่ได้รับ $KClO_3$ ต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตลำไย โดยดัชนีความเครียดที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเขตราก และค่าการชักนำการเปิดปากใบ (Stomatal conductance) โดยศึกษาที่ต้นลำไยอายุประมาณ 15 ปี ในสวนเกษตรกรอำเภอพร้าว และต้นลำไยอายุประมาณ 10 ปี ของสวนลำไยสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สวนละ 6 ต้น ต้นลำไยทั้งหมดมีสภาพสมบูรณ์แข็งแรง การศึกษานี้ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 2 กรรมวิธีคือ ไร่และไม่ไร่ $KClO_3$ อัตรา 800-1,000 กรัม/ต้น แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำ โดยใช้ต้นลำไยเป็นซ้ำ พบว่าความเข้มข้นของ CO_2 และค่าการชักนำการเปิดปากใบของต้นลำไยที่ได้รับ $KClO_3$ สูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับ $KClO_3$ ตั้งแต่ ระยะดอกบานถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้ยังพบในทั้ง 2 สวนว่า ความเข้มข้นของ CO_2 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณความชื้นดิน ซึ่งมีผลให้ความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นตามระดับความชื้นดิน แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของ $KClO_3$ และความชื้นดินที่เหมาะสมมีผลต่อสภาวะเครียดในระดับที่ไม่มีผลต่อ

การเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของลำไย ในขณะเดียวกัน พบว่าการได้รับและไม่ได้รับ $KClO_3$ ของต้นลำไยในสวนเกษตรกรอำเภอพร้าว ไม่มีผลให้คุณภาพของผลลำไยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ ผลผลิตลำไยจากต้นที่ไม่ได้รับ $KClO_3$ ในสวนของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีน้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด และความหนาของเปลือก มากกว่าต้นที่ได้รับ $KClO_3$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) จากต้นที่ได้รับ $KClO_3$ มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับ $KClO_3$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการจัดการสวนที่ดี รวมถึงการให้น้ำในระดับที่เหมาะสม จึงเป็นผลดีต่อกิจกรรมต่างๆ ของรากพืช และการให้สารโพแทสเซียมคลอเรตในอัตราที่เหมาะสม จะช่วยให้ลำไยออกดอกและติดผลดีกว่าโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตลำไย

คำสำคัญ: ลำไย คาร์บอนไดออกไซด์ในเขตรากพืช โพแทสเซียมคลอเรต คุณภาพของผล ค่าการชักนำการเปิดปากใบ

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของไทย โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน และมีการขยายพื้นที่ปลูกออกไปหลายจังหวัด ซึ่งจังหวัดที่สามารถผลิตลำไยให้มีคุณภาพได้เทียบเท่าเชียงใหม่ และลำพูนคือ จังหวัดจันทบุรี ผลผลิตที่ได้จะมีการกระตุ้นให้ออกดอกโดยใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต (Manochai

et al., 2005) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในฤดูจะมากกว่าผลผลิตนอกฤดู ซึ่งทำให้เกษตรกรเลือกฤดูการผลิตได้ อย่างไรก็ตามมีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การออกดอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้นดิน (Ongprasert et al., 2010) สารโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นสาร Oxidizing agent เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นโพแทสเซียมไอออน (K^+) และอนุมูลคลอไรด์ไอออน (ClO_3^-) และจะถูกรีดิวส์ไปเป็นคลอไรต์ (ClO_2^-) และไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) ซึ่งเป็นพิษต่อทุกเซลล์พืช (Pankasemsuk, 1999) เมื่อลำไยได้รับสารแล้วจะทำให้รากบางส่วนตาย การดูดไนโตรเจนจากดินของพืชจะลดลงส่งผลให้ระดับคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนสูงขึ้นในใบ (Sethpakdee, 1999) พืชจำเป็นต้องเพิ่มการสร้างอาหารเพื่อชดเชยส่วนที่ตายไปโดยการเปิดปากใบ และเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงให้มากขึ้น ทำให้คาร์โบไฮเดรตในใบที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนหลังรับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ (Kintsakun and Tunsuwan, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sritontip et al. (2010) รายงานว่าการให้สารโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลให้การหายใจและการเปิดปิดของปากใบของลำไยลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นกลับพบว่าการหายใจ การเปิดปิดของปากใบ การสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นการแสดงความเครียดของลำไยอย่างหนึ่งที่ได้สังเกตเห็นได้ชัด

การหายใจของรากเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโต และความแข็งแรงของพืชที่ใช้กำหนดการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะรากทำหน้าที่ดูดน้ำและดูดซึมสารอาหารต่างๆ ขึ้นไปสู่ลำต้น ซึ่งพลังงานที่ได้จากการหายใจของรากมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวัน (Lambers et al. 1996) ปฏิกริยาของรากต่อความเครียดน้ำมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับกลไกการปรับตัวในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การศึกษาในส้มที่มีการให้น้ำเพียงพอ พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(CO_2) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิสูงในระดับเขตรากพืช ขณะที่ต้นส้มไม่แสดงความเครียด (Bryla et al., 1997) สำหรับในองุ่นพบว่า การหายใจของรากเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหมายความว่ารากมีความไวต่อความแห้งแล้ง ถ้าสัมพันธ์กับความชื้นหรืออุณหภูมิสูง (Huang et al., 2005)

ปัญหาของความแตกต่างระหว่างรากที่ให้กำเนิด CO_2 และ CO_2 จากแหล่งอื่นๆ ในดินที่เป็นเรื่องรองเมื่อวัดภายในเขตรากของต้นไม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความลึกที่รากอื่นๆ มีการเจริญเติบโตไม่ถึง ความเข้มข้นของ CO_2 ในเขตรากพืชสามารถทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ความเครียดทางสรีรวิทยาของพืชได้ (Wiriy-Alongkorn, 2013) มีการศึกษาวิธีการวัด CO_2 ในเขตรากพืชบริเวณที่ให้น้ำและไม่ให้น้ำโดยการประยุกต์ใช้ท่อพีวีซีเจาะรูรอบท่อแล้วทำกล่องไว้ด้านบนสำหรับใส่เครื่องวัด CO_2 พบว่า CO_2 ด้านที่ไม่มีน้ำหรือได้รับน้ำน้อยจะมีความเข้มข้นของ CO_2 น้อยกว่าบริเวณที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ (Wiriy-Alongkorn et al., 2016) สอดคล้องกับ Liu and Li (2006) รายงานว่าการประเมินความเข้มข้นของ CO_2 ของดินขึ้นอยู่กับระดับของความชื้นในดินซึ่งมีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยของคาร์โบไฮเดรตและการผลิต CO_2 ของราก (ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระยะของการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อ CO_2 จากรากพืช) (Hashimoto et al., 2004)

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของ CO_2 ที่เกิดขึ้นในเขตรากลำไยที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ ระดับความชื้นดิน รวมทั้งสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของอากาศ เพื่อบ่งชี้ความเครียดทางสรีรวิทยาที่เกิดกับลำไยในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาทางสรีรวิทยาและประยุกต์ใช้ในการผลิตลำไยให้ได้คุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการคัดเลือกต้นลำไยสวนเกษตรกรอำเภอรพาว และสวนลำไยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 2 สวนๆ ละ 6 ต้น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 2 กรรมวิธี คือ ราวสารโพแทสเซียมคลอไรด์ และไม่ราวสารโพแทสเซียมคลอไรด์ แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำ โดยใช้ต้นลำไยเป็นซ้ำ ก่อนการราวสารโพแทสเซียมคลอไรด์ทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดคาร์บอนไดออกไซด์ (ท่อพลาสติก PVC) ได้บริเวณทรงพุ่มก่อนการราวสารโพแทสเซียมคลอไรด์ 30 วัน ทำการราวสารโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 28 กรัมต่อตารางเมตรของทรงพุ่ม โดยการหว่านรอบทรงพุ่มแล้วรดน้ำตาม ให้ต้นลำไยที่ราวสารและไม่ราวสารอยู่ห่างกันอย่างน้อย 10 เมตร เพื่อป้องกันอิทธิพลของสารโพแทสเซียมคลอไรด์ที่จะเคลื่อนย้ายไปหากัน ซึ่งแต่ละสวนมีระยะเวลาในการราวสารไม่ตรงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของต้นลำไย เช่น สวนลำไยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ราวสารในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 และสวนอำเภอรพาว ราวสารในเดือน มกราคม พ.ศ. 2558 ระยะเวลาที่ทำการทดลองจึงมีการเหลื่อมกันเล็กน้อย แต่การปฏิบัติดูแลรักษาสวนเหมือนกัน

การบันทึกข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงของ CO₂ ในเขตรากพืช ของสวนลำไยแต่ละสวนตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ คือ ระยะก่อนออกดอก ระยะดอกบาน ติดผล ระยะผลกำลังเจริญเติบโต และระยะเก็บเกี่ยว แต่ละระยะทำการบันทึกผล 3 ครั้ง ห่างกันประมาณ 7 วัน แต่ละครั้งบันทึกด้วยเครื่อง CO₂ meter รุ่น TES 1370 NDIR CO₂ meter (TES Electronic Corp., Taiwan) เริ่มบันทึกตั้งแต่เวลา 11.00-12.00 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยวัดต้นละ 1 จุดใต้ทรงพุ่มอ้างอิงหรือตัวแทน (อ้างอิงจาก Wiriya-Alongkorn, 2013) และบันทึกค่าศักย์ของน้ำในดินทุกครั้ง ที่บันทึกการเปลี่ยนแปลงของ CO₂ ในเขตรากพืช โดยการใช้เครื่อง Tensiometer ของบริษัทเรเนรอป ประเทศไทย จำกัด ติดตั้งบริเวณใต้ทรงพุ่มที่มีการให้น้ำ ระดับ

ความลึก 30 ซม. ส่วนค่าการชักนำการเปิด-ปิดปากใบพืช โดยการใช้เครื่อง Porometer รุ่น SC-1 diffusion leaf porometer (Decagon Devices, USA) วัดพร้อมกับการวัด CO₂ โดยวัดต้นละ 2 ใบ (เหนือ-ใต้) เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป โดยใบที่ใช้วัดอยู่ในระยะใบแก่และเป็นใบที่ 3-4 จากยอด นอกจากนี้ติดตั้งสถานีวัดสภาพแวดล้อมภายในสวนของที่ทำการทดลอง (Weather station) โดยเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศของแต่ละสวน ด้านองค์ประกอบของคุณภาพของผลลำไยทำการวัดคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวโดยชั่งน้ำหนักต่อต้น น้ำหนักต่อช่อ น้ำหนักต่อผล ความหนาเปลือกและเนื้อ ขนาดของผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปลดปล่อยของ CO₂ ในเขตรากลำไยของสวนลำไยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ แสดงใน Figure 1 พบว่าความเข้มข้นของ CO₂ ที่วัดได้จากต้นลำไยที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 1,000-2,000 ppm ตั้งแต่เริ่มการออกดอกถึงเก็บเกี่ยว มีการปลดปล่อยของ CO₂ สูงขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ ขณะที่ต้นที่ไม่ได้รับสารมีการเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่น้อยกว่าต้นที่ได้รับ โดยอยู่ระหว่าง 900-1,200 ppm ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระบบรากของต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ ได้รับผลกระทบจากสารคลอไรด์ อาจทำให้รากตายบางส่วนและเกิดการสร้างรากใหม่ๆ เกิดขึ้น (Wiriya-Alongkorn, *et al.*, 2010) สำหรับความเข้มข้นของ CO₂ ที่วัดได้ พบว่าต้นลำไยที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ มีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งในช่วงก่อนระยะการออกดอกมีน้อยกว่าระยะอื่นๆ หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของผลทั้งต้นที่ได้รับสารและไม่ได้รับสาร ซึ่งต้นที่ไม่ได้รับสารมีค่า CO₂ น้อยกว่าต้นที่ได้รับสาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะการออกดอกติดผล เกษตรกรมีการให้น้ำและปุ๋ยมากกว่าปกติ ทำให้เกิดการกระตุ้นให้ลำไยเกิดรากใหม่ ส่งผลให้กิจกรรมของ

การหายใจรากเพิ่มขึ้นตามระดับ รวมทั้งความชื้นและอุณหภูมิที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศและความชื้นมีผลต่อการหายใจของระบบรากด้วยเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานทดลองในสภาพโรงเรือนของ Wiriya-Alongkorn (2013) พบว่าถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นความเข้มข้นของ CO₂ จะสูงขึ้นตามสภาพความสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเป็นไปได้ว่าถ้าอากาศหนาวเย็นการหายใจรากจะต่ำแสดงว่าระบบรากมีกิจกรรมน้อย ส่งผลถึงการดูดน้ำและธาตุอาหารก็จะน้อยตามไปด้วย (Figure 2) ขณะเดียวกันความชื้นในดินมีผลต่อกิจกรรมการหายใจของระบบรากด้วยเช่นกัน คือ ในช่วงก่อนออกดอกมีความชื้นน้อยมากและความชื้นค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของ CO₂ ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น (Figure 4)

การชักนำการเปิดปิดของปากใบลำไย (Figure 3) สอดคล้องกับความชื้นในดิน และที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ คือ ระยะก่อนออกดอกดินมีความชื้นในดินต่ำ ในระยะแทงช่อดอกเริ่มมีการให้น้ำมากขึ้น การชักนำของปากใบเริ่มสูงขึ้น แสดงถึงการเปิดปากใบมากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ ทั้งนี้ต้นที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์มีการให้น้ำเพียงพอเช่นเดียวกัน แต่มีค่าการชักนำการเปิดปิดปากใบน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการเปิดปากใบยังมีปัจจัยของสาร

โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมด้วย หรืออุณหภูมิสูง/ต่ำที่ทำให้ลำไยเกิดสภาพเครียดในระดับที่พอเหมาะและสามารถทำให้ปากใบเปิดได้ตามปกติหรือมากกว่าปกติ ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า ค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบของต้นที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ระหว่าง 90-110 mmol/m²s ขณะที่ต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบอยู่ระหว่าง 100-200 mmol/m²s โดยความชื้นในดินอยู่ระหว่าง -200 ถึง -300 mbar ลำไยมีค่าชักนำการเปิดปิดปากใบอยู่ระหว่าง 150-200 mmol/m²s ซึ่งถือว่าลำไยอยู่ในสภาพปกติหรือไม่แสดงอาการขาดน้ำ เช่นเดียวกับงานทดลองในโรงเรือน พบว่าเมื่อลำไยได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ค่าชักนำการเปิดปิดปากใบอยู่ระหว่าง 100-200 mmol/m²s เช่นเดียวกัน (Wiriya-Alongkorn *et al.*, 2016) และการศึกษาในส้มที่มีการให้น้ำอย่างเพียงพอ พบว่าความเข้มข้นของ CO₂ มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในเขตรากพืชโดยต้นส้มไม่แสดงความเครียด (Bryla *et al.*, 1997) เช่นเดียวกับในองุ่น พบว่าการหายใจของรากเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าในสภาพอุณหภูมิต่ำ แสดงให้เห็นว่ารากมีความไวต่อสภาวะเครียดจากอุณหภูมิสูง แม้ว่าจะได้รับ ความชื้นอย่างเพียงพอ (Huang *et al.*, 2005)

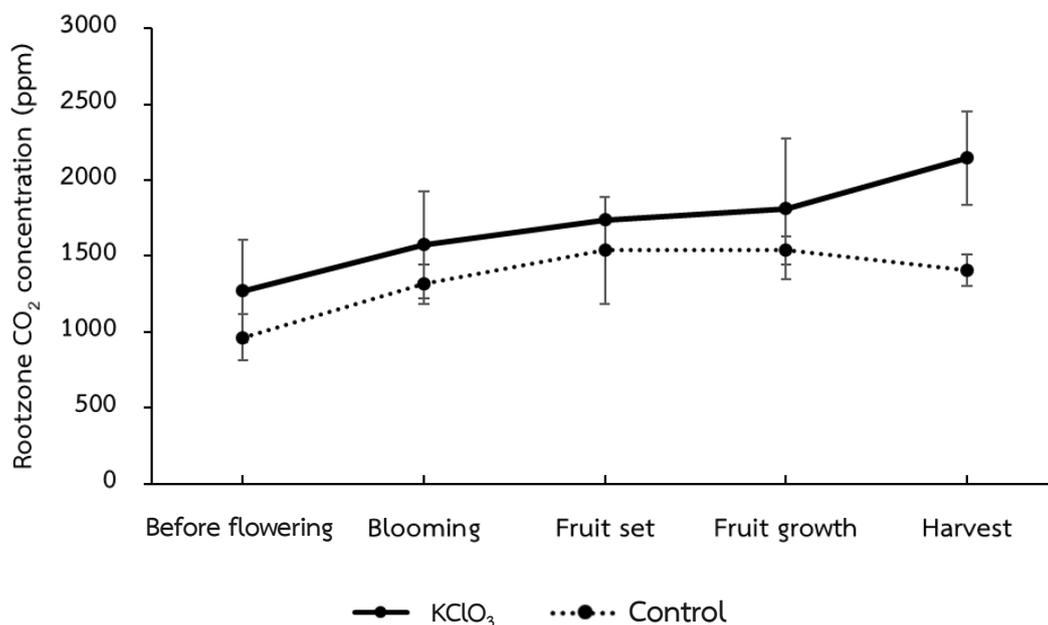


Figure 1 Root zone CO₂ concentration of longan period at Maejo farm

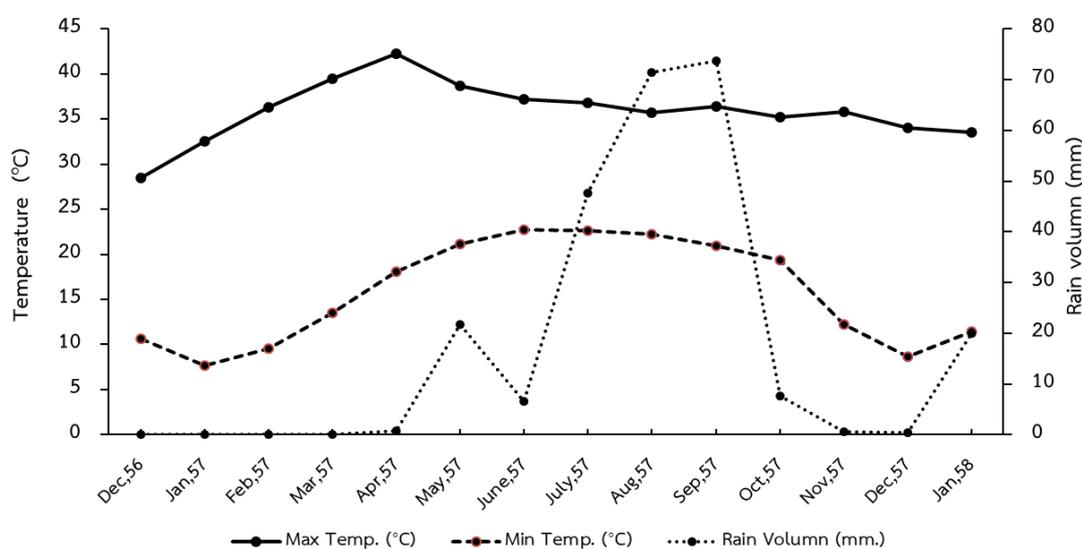


Figure 2 The impact of climatic variation on year of longan orchard at Maejo farm

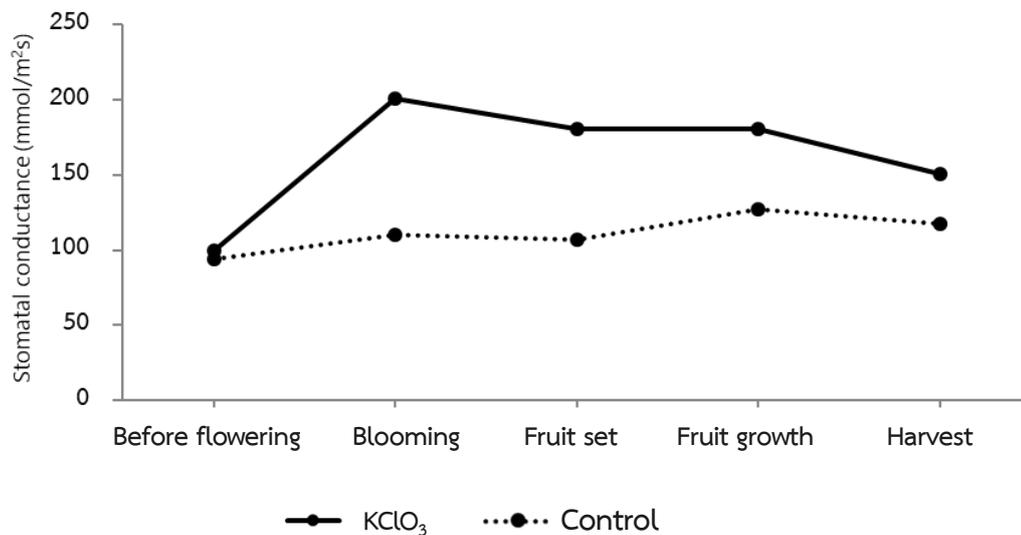


Figure 3 Stomatal conductance of longan period at Maejo farm

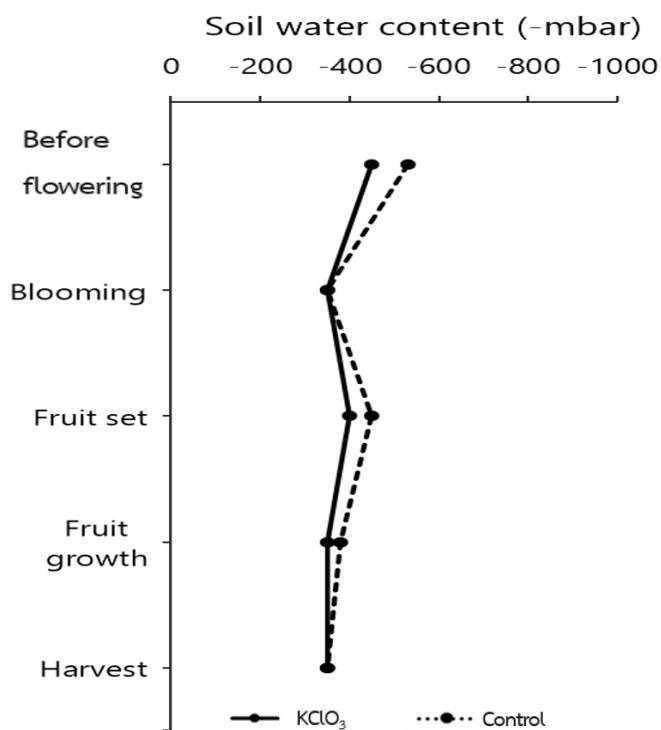


Figure 4 Soil water content of longan trees at Maejo farm

การปลดปล่อยของ CO₂ ในเขตรากลำไยของสวนลำไยอำเภอพัว ในระยะก่อนออกดอกและช่วงดอกบาน แสดงใน Figure 5 พบว่าความเข้มข้นของ CO₂ ที่วัดได้จากต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ และไม่ได้ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ อยู่ระหว่าง 800-900 ppm ซึ่งจะเห็นว่าในระยะนี้เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นในดินต่ำ กิจกรรมของรากลำไยอาจจะยังไม่พัฒนาหรือพัฒนาต่ำ ทั้งสองปัจจัยนี้ทำให้ระบบรากหยุดกิจกรรมลงหรือเป็นไปอย่างช้าๆ หลังการติดผลถึงผลกำลังเจริญเติบโตเป็นช่วงที่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น ระดับความชื้นในดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกษตรกรมีการให้น้ำเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตทางระบบรากลำไยเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้รากมีกิจกรรมเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของ CO₂ เพิ่มขึ้นถึง 2,256-3,086 ppm เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตความเข้มข้นของ CO₂ ลดลง ทั้งต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ และไม่ให้สารโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับการตกของฝนในระยะที่ผลกำลังเจริญเติบโตทำให้ลำไยมีการพัฒนาทั้งทางลำต้น ราก และผลมากขึ้นเนื่องจากมีความชื้นในดินสูง และเมื่อผลใกล้แก่ปริมาณฝนลดลง เกษตรกรมีการให้น้ำน้อยลงเช่นกัน ดังนั้นกิจกรรมของ รากจึงทำงานลดลงตามไปด้วย (Figure 6) จากสภาพแวดล้อมดังกล่าวทำให้ลำไยเริ่มมีการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้นหลังจากที่ลำไยอยู่ในสภาพความเครียดระยะหนึ่ง ดังนั้นกิจกรรมต่างๆ เริ่มเกิดขึ้นหลังจากได้รับน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งการหายใจของรากเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชรวมทั้งการทำหน้าที่ต่างๆ ภายในเซลล์พืช เช่น การดูดน้ำและธาตุอาหารที่ได้จากการหายใจของรากทั้งสิ้น นอกจากความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ได้พลังงานแล้วครั้งหนึ่งยังได้จากการหายใจของรากพืชด้วย (Lambers *et al.*, 1996)

การได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ทำให้ลำไยเกิดความเครียดได้ระดับหนึ่งซึ่งทำให้มีการปลดปล่อย CO₂ ของรากลำไยได้ เป็นที่สังเกตว่าต้นลำไยเริ่มออกดอกหลังได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ การปลดปล่อย CO₂

เริ่มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผล Desikan *et al.* (2001) ให้ความเห็นว่าเมื่อพืชได้รับความเครียดจากสิ่งมีชีวิตหรือไม่มีชีวิตก็ตามจะมีผลต่อการสะสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในพืช และสารตัวนี้เองที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้พืชได้ปรับเปลี่ยนการทำงานภายใน เพื่อสามารถปรับตัวให้ทนต่อสภาพความเครียดนั้นได้ เมื่อปรับตัวได้แล้วกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นเริ่มจากรากก่อน โดยเฉพาะการหายใจของรากซึ่งเป็นที่มาของการปลดปล่อย CO₂ สอดคล้องกับพืชที่อยู่ในสภาวะเครียดเนื่องจากขาดน้ำเพียงบางส่วนของรากทำให้มีกิจกรรมการปลดปล่อย CO₂ มากกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติ (Wiriya-Alongkorn *et al.*, 2016)

ส่วนการชักนำการเปิดปิดของปากใบลำไย (Figure 7) สอดคล้องกับความชื้นในดิน คือ ระยะก่อนออกดอก ดินมีความชื้นในดินต่ำ ลำไยอยู่ในสภาวะเริ่มเครียด ลำไยจะมีการปิดของปากใบมาก แม้ว่าระยะแทงช่อดอกดินมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น (Figure 8) ค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบเริ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นสัญญาณแสดงให้เห็นว่าลำไยเริ่มแสดงอาการไม่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำอย่างเพียงพอ และเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นในดิน ทั้งต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์และไม่ได้ได้รับสารคลอไรด์ เป็นที่น่าสังเกตว่าตั้งแต่ลำไยระยะเจริญเติบโตของผลถึงระยะเก็บเกี่ยว ดินของสวนลำไยอำเภอพัวมีความชื้นสูงมาก ทำให้การเจริญเติบโตทางใบและรากเป็นไปอย่างดีมาก ทั้งนี้เป็นเพราะในระยะเวลาดังกล่าว เป็นช่วงที่มีฝนตกต่อเนื่องถึงระยะเก็บเกี่ยว อุณหภูมิเฉลี่ย 25-30°ซ. (Figure 6) ค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบของต้นที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ระหว่าง 220-320 mmol/m²s ขณะที่ต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าการชักนำการเปิดปิดของปากใบอยู่ระหว่าง 250-350 mmol/m²s (Figure 7) เป็นที่สังเกตว่าต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอไรด์มีค่าการชักนำการเปิดปิดปากใบมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร ทั้งนี้เป็นเพราะสารโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นสาร Oxidizing agent เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็น

โพแทสเซียมไอออน (K^+) และอนุมูลคลอไรต์ไอออน (ClO_3^-) และจะถูกรีดิวส์ไปเป็นคลอไรต์ (ClO_2^-) และไฮโปคลอไรต์ (ClO^-) ซึ่งเป็นพิษต่อทุกเซลล์พืช (Pankasemsuk, 1999) เมื่อลำไยได้รับสารจะทำให้รากบางส่วนตายทำให้การดูดไนโตรเจนจากดินของพืชลดลง ส่งผลให้ระดับคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนสูงขึ้นในใบ (Sethpakdee, 1999) พืชจำเป็นต้องเพิ่มการสร้างอาหารเพื่อชดเชยส่วนที่ตายไปโดยการเปิดปากใบ และเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงให้มากขึ้น ทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในใบที่ได้

จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังรับสารโพแทสเซียมคลอไรต์ (Kintsakun and Tunsuwan, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sritontip *et al.* (2010) รายงานว่าการให้สารโพแทสเซียมคลอไรต์มีผลให้การหายใจและการเปิดปิดของปากใบของลำไยลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นกลับพบว่าการหายใจ การเปิดปิดของปากใบ การสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

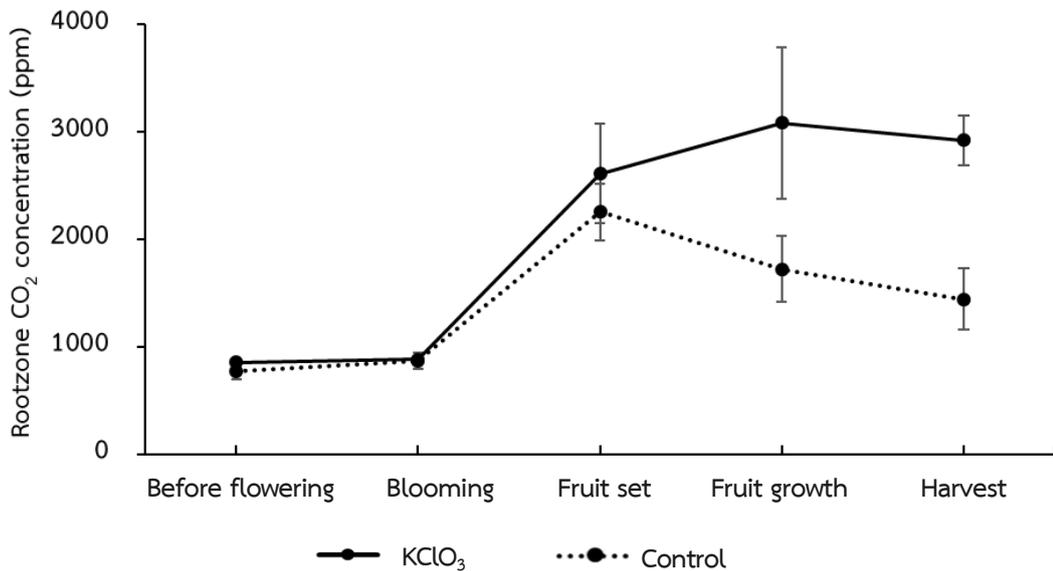


Figure 5 Root zone CO₂ concentration of longan period at Phrao longan orchard

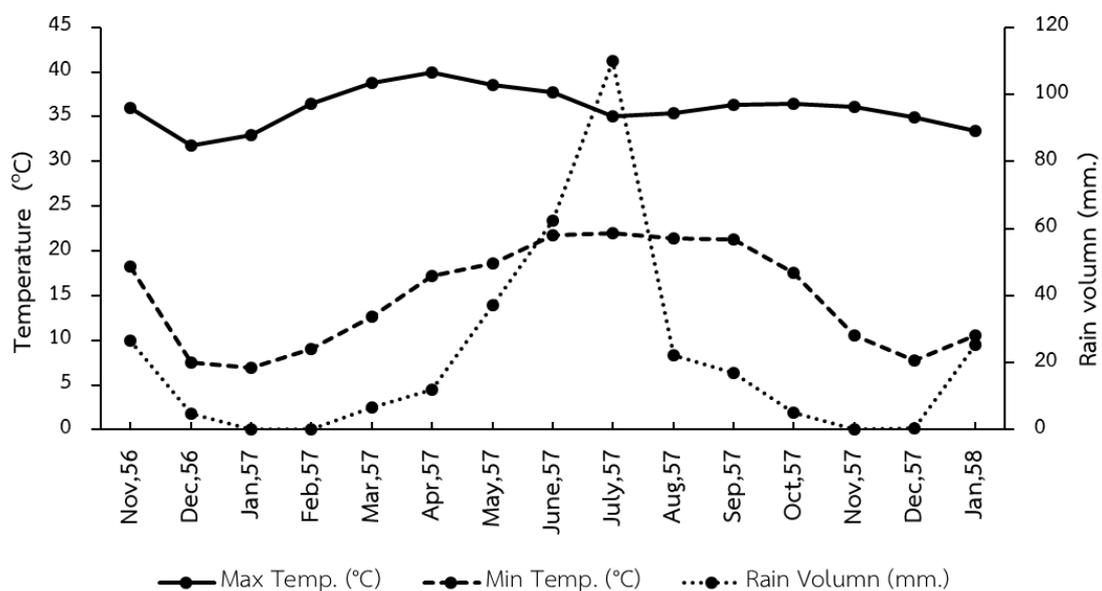


Figure 6 The impact of climatic variation on year of longan orchard at Phrao longan orchard

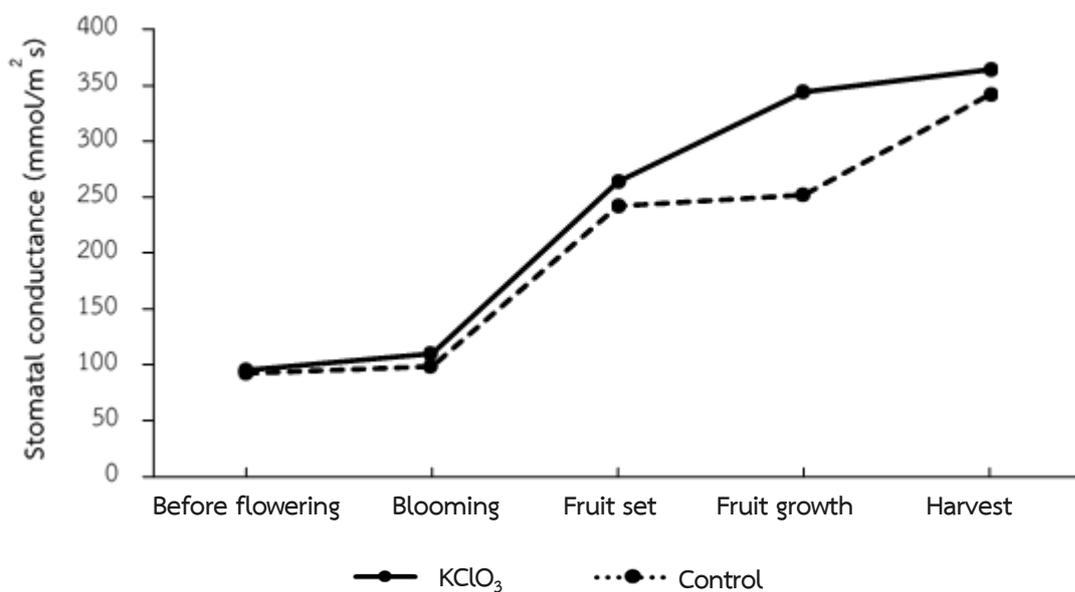


Figure 7 Stomatal conductance of longan period at Phrao longan orchard

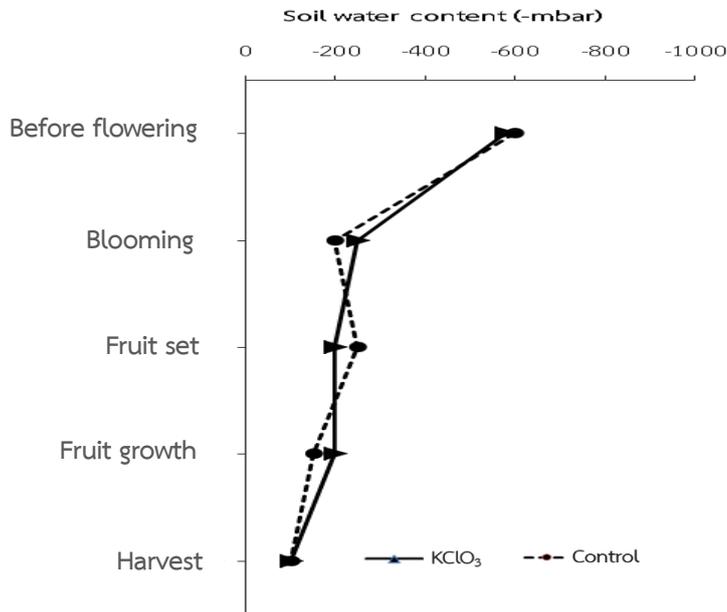


Figure 8 Soil water content of three longan trees at Phrao longan orchard

คุณภาพของผลผลิต

ลำไยของอำเภอพัว ที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตและไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต (ออกดอกตามธรรมชาติ) มีคุณภาพของผลโดยรวมไม่แตกต่างกัน โดยที่คุณภาพของผลด้านน้ำหนักต่อต้น น้ำหนักต่อช่อ น้ำหนักเนื้อ เมล็ด ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ ความกว้างของผล ปริมาณ TSS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่น้ำหนักของเปลือกลำไยที่ได้รับ

สารโพแทสเซียมคลอเรต มีน้ำหนักมากกว่าที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คุณภาพของผลโดยรวมไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นที่ใส่สารโพแทสเซียมคลอเรตและต้นที่ไม่ได้ใส่สารโพแทสเซียมคลอเรตมีการออกดอกติดผลตามธรรมชาติ ในระยะเวลาใกล้เคียงกัน และช่วงการเจริญเติบโตของผลเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ทำให้คุณภาพของผลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1 and 2)

Table 1 Peel, flesh, seed and total weight, edible portion of longan fruit at Phrao orchard with potassium chlorate and without potassium chlorate

Treatment	Fruit weight (g)			Total weight (g)	Edible portion (%)
	Peel	Flesh	Seed		
With KClO ₃	2.39b ¹	8.88	1.99	12.91	66.96
Without KClO ₃	3.21a	9.61	2.02	14.84	64.75
F-test	*	NS	NS	NS	-
C.V. (%)	14.09	15.94	5.56	11.50	-

¹Means in the same column followed by different alphabets showed significant differences at 99% ($p \leq 0.01$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). NS= Non significant differences, * = Significant differences ($p \leq 0.05$)

Table 2 Fruit weight per tree, fruit weight per panicle, peel thickness, flesh thickness fruit width and total soluble solid of longan fruit at Phrao orchard with potassium chlorate and without potassium chlorate

Treatment	Fruit weight	Fruit weight	Peel thickness (mm)	Flesh thickness (mm)	Fruit width (mm)	Total soluble solid (%)
	per tree (kg)	per panicle (g)				
With KClO ₃	324.00	196.01	0.69	6.22	29.06	21.15
Without KClO ₃	277.50	174.27	0.98	7.19	28.07	21.09
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	10.41	28.14	21.25	12.54	6.63	6.67

¹Means in the same column followed by different alphabets showed significant differences at 99% ($p \leq 0.01$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). NS= Non significant differences

จากการวิเคราะห์คุณภาพของผลลำไยของสวนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่าลำไยที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต และไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต (ออกดอกตามธรรมชาติ) มีคุณภาพของผลโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความแตกต่างกันของคุณภาพของผลด้านน้ำหนักของเปลือก เนื้อ เมล็ด ความหนาเปลือก ปริมาณ TSS และ น้ำหนักต่อต้น กล่าวคือลำไยที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต มีการออกดอกก่อน

อุณหภูมิผลต่ำลง และผลที่เจริญเติบโตในระหว่างที่อุณหภูมิเริ่มลดลง ทำให้มีผลต่อคุณภาพของผล คือมีคุณภาพต่ำกว่าลำไยที่ออกดอกตามธรรมชาติ ที่ออกดอกติดผลและผลเจริญเติบโตในระหว่างที่อุณหภูมิสูงขึ้น และไม่กระทบกับอากาศหนาวเย็น น้ำหนักต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต เนื่องจากระหว่างที่ดอกบานและติดผลอ่อน มีอากาศหนาวเย็นทำให้ดอกร่วงมาก มีการติดผลน้อย ส่งผลให้น้ำหนักผลต่อช่อก็น้อย

ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำหนักเปลือก เนื้อ เมล็ด และ ความหนาของเปลือก น้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร โพแทสเซียมคลอเรต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ ปริมาณ TSS ต้นที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรต มี TSS มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (Table 3 and 4) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตทั้งสองสวน พบว่ามีคุณภาพผลแตกต่างกัน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวน ที่แตกต่างกัน ซึ่ง Manochai *et al.* (2003) พบว่าการ

กระตุ้นการออกดอกของลำไยจากสารโพแทสเซียมคลอเรต ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลลำไย โดยให้เหตุผลว่าขึ้นอยู่กับ ความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวนเป็นปัจจัย สำคัญต่อคุณภาพของผลผลิต และคุณภาพของผลผลิต ยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่ลำไยออกดอกติดผลด้วย จากการ ทดลองของ Manochai *et al.* (2010) พบว่าการให้สาร โพแทสเซียมคลอเรตในฤดูหนาวทำให้มีคุณภาพของ ผลผลิตสูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Fruit quality of peel, flesh, seed and total weight, edible portion of longan fruit at Maejo farm with potassium chlorate and without potassium chlorate

Treatment	Fruit weight (g)			Total weight (g)	Edible portion (%)
	Peel	Flesh	Seed		
With KClO ₃	1.46b ¹	5.34b	1.29b	8.10b	65.92
Without KClO ₃	1.69a	7.05a	1.72a	10.47a	67.33
F-test	**	**	**	**	-
C.V. (%)	14.09	15.94	5.56	7.54	-

¹Means in the same column followed by different alphabets showed significant differences at 99% (p<0.01) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). ** = Significant differences (p<0.01)

Table 4 Fruit weight per tree, fruit weight per panicle, peel thickness, flesh thickness fruit width and total soluble solid of longan fruit at Maejo farm with potassium chlorate and without potassium chlorate

Treatment	Fruit weight per tree (kg)	Fruit weight per panicle (g)	Peel thickness (mm)	Flesh thickness (mm)	Fruit width (mm)	Total soluble solid (%)
With KClO ₃	10.00b ¹	105.10	0.76b	4.89	22.05	21.20a
Without KClO ₃	23.60a	133.00	1.02a	5.16	21.23	18.20b
F-test	**	NS	**	NS	NS	*
C.V. (%)	36.35	56.65	11.76	7.88	12.90	9.22

¹Means in the same column followed by different alphabets showed significant differences at 99% ($p \leq 0.01$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT).

NS = Non significant differences, ** = Significant differences ($p \leq 0.01$), * = Significant differences ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

การราดสารโพแทสเซียมคลอเรตในการชักนำการออกดอกที่อุณหภูมิประมาณ 25-35°C. และการให้ความชื้นที่เหมาะสมมีผลต่อค่าการชักนำเปิดปิดของปากใบ รวมทั้งกิจกรรมการหายใจของรากลำไยโดยมีการปลดปล่อย CO₂ ในเขตรากพีชมากกว่าที่ไม่ได้ราดสารโพแทสเซียมคลอเรต แสดงให้เห็นว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตสามารถทำให้ลำไยเกิดความเครียดได้ในระดับที่พืชไม่เกิดความเสียหาย แต่กลับเป็นผลดีต่อลำไยโดยสามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ นอกจากนี้ความเข้มข้นของ CO₂ ยังมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับของความชื้นดิน และการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิ ส่วนคุณภาพของผลผลิตมีความแตกต่างกันในแต่ละสวน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านระดับความชื้นดินหรือการจัดการสวนด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นลักษณะการจัดการสวนของเกษตรกรแต่ละสวน แม้ว่าจะได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตหรือไม่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตในการกระตุ้นการออกดอกก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Bryla, D.R., T.J. Bouma and D.M. Eissenstat. 1997. Root respiration in citrus acclimates to temperature and slows during drought. **Plant Cell and Envi.** 20(11): 1411-1420.
- Desikan, R., R.A-H. Mackemess, J.T. Hancock and S.J. Neill. 2001. Regulation of Arabidopsis Transcriptome by oxidative stress. **Plant Physiol.** 127: 195-172.

- Hashimoto, S., N. Tanaka, M. Suzuki, A. Inoue, H. Takizawa, I. Kosaka, K. Tanaka. C. Tantasirin and N. Tangtham. 2004. Soil respiration and soil CO₂ concentration in a tropical forest, Thailand. **J. of Forest Research** 9: 75-79.
- Huang, X., A.N. Lakso and D.M. Eissenstat. 2005. Interactive effects of soil temperature and moisture on concord grape root respiration. **J. of Exp. Bot.** 56(420): 2651-2660.
- Kintsakun, D. and T. Tunsuwan. 2002. Effect of Potassium Chlorate on Rate of Photosynthesis Carbohydrate and Nitrogen Content of Longan. **J. of Agriculture** 18(3): 180-189. [in Thai]
- Lambers, H., O.K. Atkin and F.F. Millenaar. 1996. Respiratory Patterns in Roots in relation to Their Functioning. pp. 323-362. *In* Waisel Y., A. Eshel and K. Kafkaki (eds.). **Plant Roots the Hidden Half**. 3rd edition. New York: Marcel Decker, Inc.
- Liu, H.S. and F.M. Li. 2006. Effects of shoot excision on *in situ* soil and root respiration of wheat and soybean under drought stress. **Plant Growth Regulation** 50(1): 1-9.
- 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-Alongkorn, 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. **Sci. Hort.** 104(4): 379-390.
- Manochai, P., S. Ongprasert, S. Ussahatanonta and B. Kativat. 2010. Seasonal effect of potassium chlorate on flowering and yield of longan (*Dimocarpus longan* Lour.). **Acta Hort** 863: 363-366.
- Ongprasert, S., W. Wiriya-Alongkorn and W. Spreer. 2010. The factors affecting longan flower induction by chlorate. **Acta Hort**. 863: 375-380.
- Pankasemsuk, T. 1999. **Longan and Potassium Chlorate**. Chiang Mai: Chiang Mai University Press. 53 p. [in Thai]
- Sethpakdee, R. 1999. Flowering of longan and using plant growth substance induction. **Kehakaset Magazine** 23(4): 88-96. [in Thai]
- Sritontip, C., P. Tiyaon, M. Hegele, P. Sruamsiri, D. Naphrom, P. Manochai and J.N. Wunsche. 2010. Effects of temperature and potassuim chlorate on leaf gas exchange and flowering in longan. **Acta Hort**. 863: 323-328.
- Wiriya-Alongkorn, W., S. Ongprasert, W. Spreer, T. Müller and U. Srikasetsarakul. 2010. Aeroponics to monitor root growth of longan trees. **Acta Hort**. 863: 403-406

Wiriya-Alongkorn, W. 2013. **Use of Thermophotography Camera to Measure Drought Stress and Effects on Physiological Changes in Longan Trees.** Doctoral Dissertation. Chiang Mai University. 106 p.

Wiriya-Alongkorn, W., W. Spreer, S. Ongprasert, K. Spohrer and J. Muller. 2016. Influence of Water Supply on CO₂ Concentration in the Root zone of Split-Root Potted Longan Trees pp. 346-356. *In Springer, Cham. International Conference on Intelligent Robotics and Applications.* Heidelberg: Springer International Publishing.