Journal of Agri. Research & Extension 39(2): 41-54

# ศักยภาพของธาตุสังกะสีและโบรอนต่อการลดอาการผิดปกติของเปลือกลำไย
# The Potential of Zinc and Boron Fertilization to Reduce Longan Peel Reddening Disorder

**วินัย วิริยะอลงกรณ์[1*] และวัชรินทร์ จันทวรรณ์[2]**

**Winai Wiriya-Alongkorn[1*] and Watcharin Jantawan[2]**

[1]สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Pomology Division, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: naimiat56@gmail.com

**Received:** *August 11, 2020*
**Revised:** *March 16, 2021*
**Accepted:** *March 16, 2021*

## Abstracts

Since potassium chlorate ($KClO_3$) has been found to reliably induce longan flowering, Thai farmers are able to sustain longan production all year round. However, the continuous use of $KClO_3$ is affecting longan trees by causing disorders during certain phonological stages. Among those is the longan peel reddening disorder (PRD). When affected by PRD the skin of the fruit turns red and hard, preventing it from growing. Meanwhile, in Northern Thailand PRD has a considerable economic impact on longan farming and method for remediation are sought. The aim of this study was to identify ways of combatting PRD through improving the micro nutritional status of the longan trees. Therefore, boron (B) and Zinc (Zn) were applied by foliar sprays and the effect on longan fruit growth was compared to non-treated trees. The experiment was organized following a completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 5 replications. The treatments were as follows; 1) control (no micronutrient spray), 2) 0.1% B, 3) 0.2% B, 4) 0.1 Zn, 5) 0.2% Zn, 6) 0.1% B + 0.1% Zn, 7) 0.2% B + 0.2% Zn. As a result, in the first month, the control had a higher significantly fruit set per bunch as compared to the foliar application of Zn and B. Analyzing fruit quality at harvest, was found that the foliar application of Zn and B resulted in a significantly higher flesh and fruit weight per bunch as compared to the control and the treatments with only one micro-nutrient applied. With respect to width and length of fruit, total soluble solids, peel weight and seed weight no significant differences were found. However, the skin color differed significantly among the treatments: After zinc and boron 0.2 concentration foliar application fruits developed from light green into bright yellow at the harvesting stage. Leaves treated with Zn and B foliar sprays showed higher concentrations of both micro-nutrients as compared to non-treated. This

showed that the Zn and B foliar application can be absorbed by the leaves and accumulated in the plant tissue in order to ensure the sufficient supply in every growth stage. While the experimental set-up was not appropriate to prove that PRD was the effect of micro-nutrient deficiency, it was shown that the foliar application of Zn and B can reduce the occurrence of PRD in longan. In order to ensure sufficient supply of Zn and B foliar spray applications can be recommended.

**Keyword:** zinc, boron, *Dimocarpus longan*, fruit set, potassium chlorate ($KClO_3$)

**บทคัดย่อ**

ตั้งแต่มีการค้นพบว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตชักนำการออกดอกของลำไยได้ เกษตรกรไทยจึงเชื่อว่าสามารถผลิตลำไยได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตอย่างต่อเนื่องจะส่งผลกระทบต่อต้นลำไย โดยทำให้มีลักษณะอาการผิดปกติบางอย่าง คือ เปลือกเป็นสีแดงและแข็ง ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งมีผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมากต่อการทำสวนลำไยในภาคเหนือของไทย จึงจำเป็นต้องหาทางแก้ปัญหาดังกล่าว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาเปลือกสีแดงที่เกิดขึ้นและการปรับปรุงธาตุอาหารของต้นลำไย ดังนั้นจึงมีการใช้สังกะสีและโบรอนโดยการฉีดพ่นทางใบต่อการเจริญเติบโตของผลลำไยเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้พ่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองเป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ โดยใช้ต้นเป็นซ้ำ คือ กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) กรรมวิธีที่ 2 โบรอน 0.1% กรรมวิธีที่ 3 โบรอน 0.2% กรรมวิธีที่ 4 สังกะสี 0.1% กรรมวิธีที่ 5 สังกะสี 0.2% กรรมวิธีที่ 6 โบรอน + สังกะสี 0.1% และกรรมวิธีที่ 7 โบรอน + สังกะสี 0.2% ในเดือนแรกของการทดลอง พบว่าต้นควบคุมมีจำนวนผลต่อช่อมากกว่าต้นที่ฉีดพ่นสังกะสีและโบรอน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการเก็บเกี่ยวพบว่าในด้านคุณภาพของผล ต้นที่ได้รับสังกะสีและโบรอนมีน้ำหนักเนื้อและน้ำหนักผลสูงขึ้นมากกว่าการพ่นน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความกว้าง ความยาวของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามสีผิวเปลือกของลำไยพบว่า การพ่นโบรอนร่วมกับสังกะสี ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลำไยมีสีผิวเปลือกเป็นสีเขียวและเหลืองได้อย่างชัดเจนเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนใบลำไยที่ได้รับสังกะสีและโบรอนพบว่า หลังการพ่นปริมาณของธาตุทั้งสองในใบมีการเพิ่มมากขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถดูดซึมเข้าทางใบไปเก็บสะสมและนำไปใช้ในทุกระยะการเจริญเติบโต แม้ว่าการกำหนดแผนการทดลองอาจจะไม่เหมาะสมที่จะพิสูจน์ว่าสามารถช่วยลดอาการเปลือกสีแดงได้ในลำไยที่เป็นผลมาจากการขาดธาตุอาหารเสริม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถลดการเกิดอาการเปลือกสีแดงในลำไยได้ ดังนั้นควรฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบให้เพียงพอ

**คำสำคัญ**: สังกะสี โบรอน ลำไย การติดผล สารโพแทสเซียมคลอเรต

## คำนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตชักนำการออกดอกของลำไยได้ และเกษตรกรสามารถผลิตและดูแลรักษาลำไยได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามในการผลิตลำไยอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลกระทบต่อลำไย โดยทำให้มีลักษณะอาการผิดปกติบางอย่าง คือ เปลือกเป็นสีแดงและแข็ง ทำให้ไม่เจริญเติบโต ซึ่งพบเห็นได้ในอำเภอดอยเต่าและอำเภอแม่แตงบางส่วน ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมาก และเกษตรกรยังไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้อย่างยั่งยืน (Threenet *et al*., 2017)

อาการเปลือกสีแดงของลำไย (Longan peel reddening disorder) เป็นลักษณะความผิดปกติทางสรีรวิทยาอย่างหนึ่งของลำไยที่พบในปัจจุบัน โดยเกิดอาการที่ผลลำไยมีลักษณะผิวเปลือกมีสีค่อนข้างแดงในระหว่างช่วงระยะการเจริญเติบโตของผลและมีลักษณะแข็ง ทำให้ลำไยมีลักษณะผลที่เล็กไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นผลขนาดใหญ่ได้ ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของเกษตรกร โดยพบอาการดังกล่าวในหลายพื้นที่ที่มีการปลูกลำไยทางภาคเหนือ เช่น บางพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่และบางพื้นที่ในจังหวัดลำพูน แต่การเกิดในแต่ละพื้นที่จะมีการแสดงออกของกลุ่มอาการที่มีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เช่น ลักษณะขนาดของผลที่มีขนาดเล็ก ลักษณะสีผิวของเปลือกที่มีลักษณะสีเข้มขึ้นหรือจาง รวมถึงลักษณะเนื้อของผลลำไยที่มีลักษณะแห้งและมีสีที่แตกต่างไปจากลักษณะลำไยปกติ สำหรับสาเหตุของอาการดังกล่าวยังไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอน แต่ได้มีการศึกษาเบื้องต้นมาแล้วด้านโปรตีน (Threenet *et al.,* 2017) ซึ่งคล้ายกับการรายงานของ Khaosumain *et al*. (2005) พบว่าลำไยที่ขาดจุลธาตุจะทำให้ผลผลิตไม่ได้คุณภาพ ผลไม่โต ต้นโทรมเร็ว ต่อมาจะกลายเป็นโรคหงอยที่พบในปัจจุบัน Wiriya-Alongkorn *et al.* (2016) รายงานว่าบริเวณแหล่งเพาะปลูกดังกล่าวที่มีอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผิวเปลือกลำไย มักมีจุลธาตุไม่เพียงพอ เช่น โบรอนและสังกะสี ตลอดจนเกิดการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสะสมอาหาร เช่น Vegetative storage protein และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งธาตุไอออน Plasma membrane-associated cation-binding protein 1 เกิดขึ้น (Paimprom *et al.,* 2019) นอกจากนี้ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2016) ยังพบว่า อาการโรคหงอยหรือใบแสดงอาการไหม้ มักจะมีจุลธาตุไม่เพียงพอทำให้ผลลำไยไม่ได้คุณภาพโดยเฉพาะการขาดสังกะสี และโบรอน จะทำให้แคระแกรน ใบไหม้และข้อปล้องหดสั้นลงอย่างชัดเจน ซึ่งมีผลให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ไนโตรเจน และโบรอนในใบต่ำกว่าในใบของต้นที่ไม่ขาดอย่างชัดเจน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของสังกะสีและโบรอนในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้การช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบปัญหาเรื่องของผิวเปลือกของลำไยเปลี่ยนเป็นสีแดง ทำให้ผิวเปลือกแข็งไม่ได้คุณภาพ ถ้าสามารถแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืนจะทำให้ต้นลำไยของเกษตรกรอายุยืน และผลผลิตมีคุณภาพดี ไม่แสดงอาการของเปลือกสีแดงหรือผิดปกติอีกต่อไป เป็นผลให้เกษตรกรชาวสวนลำไยมีผลผลิตที่มีคุณภาพดี และส่งผลให้มีรายได้ที่เพิ่มขึ้น เสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากงานวิจัยนี้

## อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดอที่มีอายุประมาณ 10 ปี ขนาดทรงพุ่มประมาณ 6 เมตร จากสวนเกษตรกรบ้านภูดิน ตำบลแม่หอพระ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีประวัติของอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของเปลือกลำไยทุกปี โดยการมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ใช้จำนวนต้นทั้งหมด 35 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.1% (w/w) กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.2% (w/w) กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารละลาย

สังกะสีความเข้มข้น 0.1% (w/w) กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.2% (w/w) กรรมวิธีที่ 6 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.1% (w/w) ร่วมกับสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.1% (w/w) และกรรมวิธีที่ 7 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.2% (w/w) ร่วมกับสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.2% (w/w) โดยสารละลายสังกะสีเตรียมจาก 13.2% Fe-EDTA ของ Haifa Micro และโบรอนเตรียมจาก 15% Boric acid ของ Fertiber ให้ธาตุอาหารพืชทางใบจำนวน 5 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนการออกดอก ระยะแทงช่อดอก (ก่อนดอกบาน) ระยะติดผลขนาดเล็ก (ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม.) ระยะผลกำลังเจริญเติบโต (ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (เมล็ดในดำ) โดยฉีดพ่นในช่วงเวลาที่มีแสงแดดอ่อนในช่วงเช้า 06.00-10.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงแดดจัดที่จะทำให้เกิดอาการไหม้ของใบ ฉีดพ่นโดยใช้เครื่องพ่นแบบเครื่องยนต์สะพายหลังให้เป็นละอองเล็ก ๆ พ่นเฉพาะต้น และป้องกันการไปโดนต้นข้างเคียงโดยสุ่มต้นเว้นต้น เก็บใบคู่ที่ 3-4 เพื่อวิเคราะห์ธาตุสังกะสีและโบรอน ก่อนและหลังการพ่น แต่ละระยะเก็บข้อมูลอย่างละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ๆ ละ 20 ผล

**การบันทึกข้อมูล**

บันทึกสภาพอากาศจากสถานีวัดอากาศที่อยู่ใกล้เคียงของหน่วยงาน NECTEC และบันทึกการติดผลและการร่วงของผลแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผล โดยการนับจำนวนผลที่เหลือต่อช่อทุก ๆ สัปดาห์ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล หลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน การวัดค่าสีผิวโดยการนำผลมาวัดจำนวน 5 ผลต่อซ้ำ ทุกระยะที่ทำการพ่นสังกะสีและโบรอน ใช้เครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR10 plus Colorimeter ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น วัดขนาดของผล วิเคราะห์ปริมาณธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบ โดยการเก็บใบคู่ที่ 3-4 เป็นตัวแทน กรรมวิธีละ 10 ใบ และบันทึกคุณภาพของผลผลิต จำนวน 10 ช่อผลต่อต้น ทำการวัดความกว้าง ความยาวของผล หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาริเปอร์ บันทึกน้ำหนักผลต่อช่อหน่วยเป็นกรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) น้ำหนักเปลือก น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ มีหน่วยเป็นกรัม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai statistic V.9 (วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

**Table 1** Research activity at longan plantation of Ban Phu Din, Mae Taeng district, Chiang Mai

| Activity | Day/month/year |
|---|---|
| Soil applications with potassium chlorate (20 g/$m^2$) | 29 December 2018 |
| 1st Foliar application with potassium chlorate (3 g/20Liter water) | 3 January 2019 |
| 2nd Foliar application with potassium chlorate (3 g/20Liter water) | 11-12 January 2019 |
| 1st Foliar application with zinc and boron before flowering | 16 January 2019 |
| 2nd Foliar application with zinc and boron after flowering | 13 February 2019 |
| 3rd Foliar application with zinc and boron small fruit | 5 April 2019 |
| 4th Foliar application with zinc and boron fruit growth | 20 March 2019 |
| 5th Harvesting | 28 August 2019 |

## ผลการวิจัยและวิจารณ์

### สภาพภูมิอากาศ

ความแปรปรวนของสภาพอากาศแสดงใน Figure 1 ในระหว่างการทดลอง ปี พ.ศ. 2562 ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนสิงหาคม มีอุณหภูมิสูงเฉลี่ย 35.14±2.90 °ซ. และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.87±3.28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างต่ำ ขณะเดียวกันเป็นช่วงที่มีการระเหยของน้ำมากเช่นกันหรือเรียกว่าเป็นช่วงแล้ง (Figure 2) ระยะนี้เป็นช่วงที่ลำไยกำลังติดผลและอยู่ในช่วงที่ผลกำลังเจริญเติบโต ถ้ามีน้ำไม่เพียงพอหรืออุณหภูมิสูงเกินไปมีความชื้นสัมพันธ์ต่ำจะมีผลต่อการติดผล (Manochai, 2002) ใบไหม้ และผิวเปลือกลำไยไหม้ได้เช่นกัน (Wiriya-Alongkorn *et al*., 2015) ซึ่งเป็นช่วงสำคัญถ้ามีการให้น้ำไม่เพียงพอหรือขาดแคลนธาตุอาหารจะทำให้ใบลำไยหรือผิวเปลือกลำไยไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนจัดได้โดยแสดงอาการใบไหม้ ช่วงเวลาดังกล่าวลำไยมีการติดผลผิวเปลือกของผลลำไยจึงเกิดอาการไหม้หรืออาจเกิดจากเซลล์บางส่วนไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนจัดได้ ซึ่งคล้ายกับในลิ้นจี่ที่พบว่าใบแสดงอาการไหม้หรือเรียกว่า Sunburn (Roygrong, 2009) และในลำไยเกิดอาการเช่นเดียวกับลิ้นจี่ (Wiriya-alongkorn *et al*., 2007)

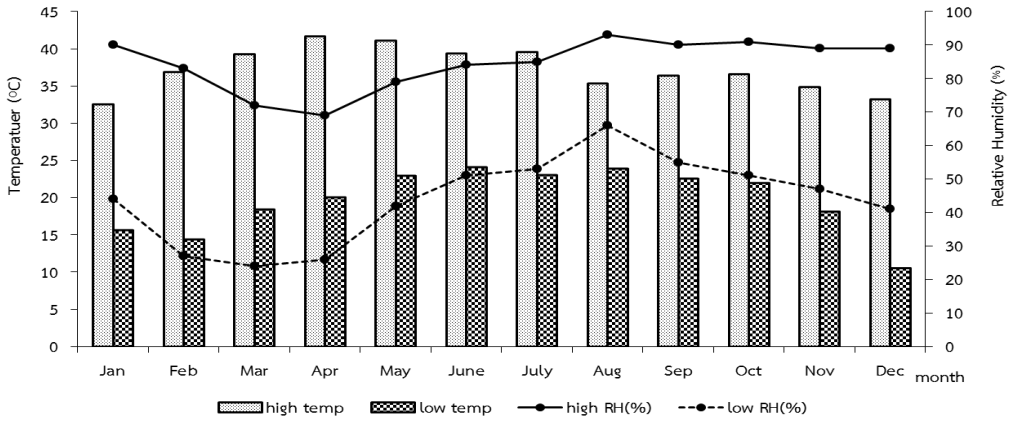


**Figure 1** The highest temperature, lowest average temperature and relative humidity at Baan Phu Din, Amphoe MaeTaeg, Chiang Mai in 2019

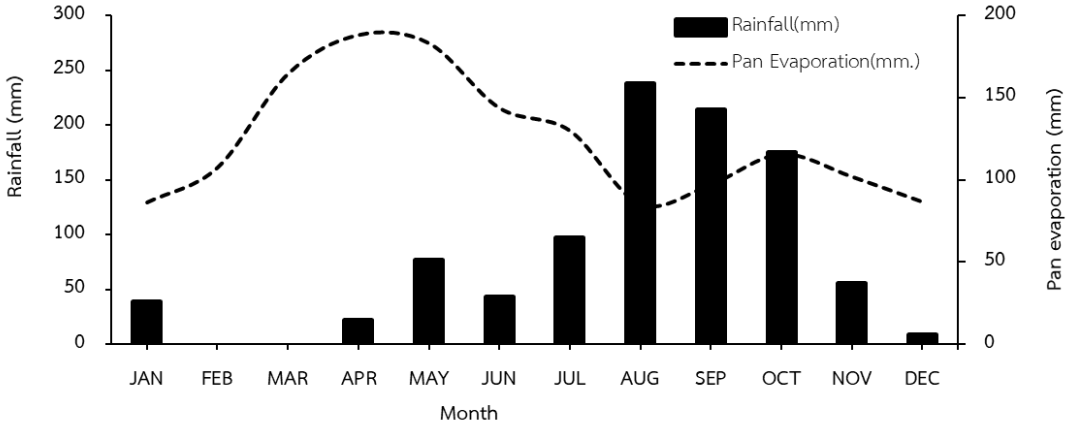


**Figure 2** Monthly rainfall and evaporation at Baan Phu Din, Amphoe MaeTaeg, Chiang Mai in 2019

**จำนวนผลที่เหลือต่อช่อและเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล**

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนกับลำไยที่แสดงอาการผิดปกติทางผิวเปลือกลำไยพบว่า จำนวนผลต่อช่อ ก่อนและหลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน ในระยะแรกของการติดผลได้ 1 เดือน ลำไยมีการติดผลไม่สม่ำเสมอ ต้นควบคุมมีการติดผลดกมากกว่าต้นอื่น ๆ เฉลี่ย 40 ผลต่อช่อ ขณะที่หลังการติดผล 1 เดือน ลำไยต้นที่พ่นธาตุสังกะสีและโบรอนมีการติดผลเฉลี่ย 19-35 ผลต่อช่อ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนได้ 4 เดือน ลำไยมีการร่วงของผลค่อนข้างมาก โดยเฉพาะต้นที่ไม่ได้ฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนมีการร่วงถึง 31% ขณะที่ต้นที่ฉีดพ่นโบรอนความเข้มข้น 0.2% ร่วมกับสังกะสีความเข้มข้น 0.2% มีการร่วงของผลเพียง 16% ส่วนระยะก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต (6 เดือนหลังการติดผล) ต้นที่พ่นโบรอนและสังกะสี และต้นที่ไม่พ่นมีการร่วงสะสมไม่แตกต่างกัน โดยมีการร่วงระหว่าง 39-57% แสดงว่าการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนสามารถลดการหลุดร่วงของผลได้ระดับหนึ่งโดยเฉพาะช่วงแรกของการติดผล เป็นที่สังเกตว่าต้นที่พ่นน้ำเปล่ามีการติดผลมากกว่าต้นที่พ่นธาตุสังกะสีและโบรอน แต่การติดผลลดลงหรือมีการร่วงของผลมากกว่าต้นอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าสังกะสีและโบรอนมีความจำเป็นต่อการติดผล จะเห็นได้จากต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนมีการสะสมในใบเพิ่มขึ้นและลำไยสามารถนำไปใช้ได้ทันที จากรายงานของ Menzel (1983) ได้พ่นสังกะสีและโบรอนกับลิ้นจี่ตั้งแต่ก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะผลเจริญเติบโต สามารถทำให้เพิ่มการออกดอก และจำนวนผล รวมทั้งมีคุณภาพของผลดีขึ้นกว่าไม่ได้พ่นสังกะสีและโบรอน อาจเป็นเพราะธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมนออกซินที่มีบทบาทต่อการแบ่งเซลล์ การพัฒนาใบ ยอด และผล ในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต (Jeyakumar *et al*., 2001) (Table 2, Figure 3 และ Figure 4)

**Table 2** Number of fruit set per bunch after fruit set to harvest

| Treatment | Number of fruit set per bunch | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 month | 2 month | 4 month | 6 month |
| Water spraying (control) | 40.08±12.38a[1] | 27.55±11.46 | 21.00±4.41 | 17.15±4.63 |
| Foliar application by boron 0.1% | 35.54±6.53ab | 27.23±5.86 | 18.82±2.52 | 17.46±2.41 |
| Foliar application by boron 0.2% | 27.22±4.37abc | 21.66±4.03 | 18.58±3.01 | 16.40±3.50 |
| Foliar application by zinc 0.1% | 27.14±2.13abc | 20.72±1.72 | 20.82±1.86 | 14.76±1.31 |
| Foliar application by zinc 0.2% | 25.10±6.10bc | 18.05±6.01 | 16.38±4.81 | 12.58±3.95 |
| Foliar application by boron 0.1% + zinc 0.1% | 19.28±6.67c | 15.11±6.16 | 13.70±4.02 | 8.93±4.62 |
| Foliar application by boron 0.2% + zinc 0.2% | 24.28±4.03bc | 20.23±4.03 | 15.96±4.60 | 14.53±4.95 |
| **F-test** | ** | ns | ns | ns |
| **CV. (%)** | **25.10** | **57.15** | **22.28** | **55.79** |

[1]Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). ns = non significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

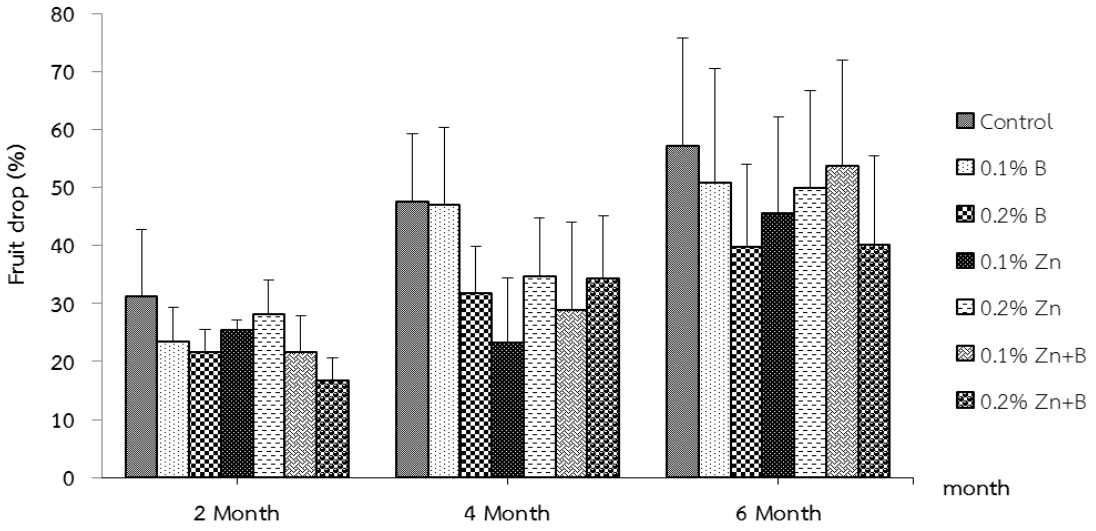


**Figure 4** Monthly fruit drop after treatment and during fruit development, fruit set to harvest

**องค์ประกอบของผลผลิต**

การฉีดพ่นธาตุโบรอนและสังกะสีมีผลทำให้ผลและเนื้อมีน้ำหนักมากกว่าต้นที่พ่นน้ำเปล่าอย่างชัดเจน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เปลือกและเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโบรอนและสังกะสีสามารถกระตุ้นให้ผลมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะส่วนของเนื้อพบว่าโบรอนและสังกะสี ความเข้มข้น 0.2% ทำให้เนื้อมีน้ำหนักมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และต้นที่ไม่ได้พ่นธาตุสังกะสีและโบรอนซึ่งมีน้ำหนักเนื้อน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักโดยรวมขององค์ประกอบของผลผลิตยังตอบสนองต่อการพ่นโบรอนและสังกะสีทางใบ ความเข้มข้น 0.2% มากที่สุด โดยมีน้ำหนักถึง 101.92 กรัม ซึ่งมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ส่วนที่รับประทานได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการให้ธาตุโบรอนและสังกะสีพร้อม ๆ กันทางใบ ทำให้เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่รับประทานได้มากกว่าการให้ธาตุโบรอนหรือสังกะสีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ความกว้าง ความยาว และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) พบว่าทุกปริมาณความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3 และ Table 4)

**Table 3** Fruit weight, peel weight, fresh weight, seed weight and total weight of longan fruit after foliar application with zinc and boron (n=5)

| Treatment | Weight of parts of product | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fruit (g) | Peel (g) | Fresh (g) | Seed (g) |
| Water (control) | 40.80c[1] | 0.60 | 32.20c | 8.00 |
| Foliar application by boron 0.1% | 44.19bc | 0.59 | 35.60bc | 8.00 |
| Foliar application by boron 0.2% | 47.68ab | 0.68 | 38.80abc | 8.20 |

**Table 3** (Continue)

| Treatment | Weight of parts of product | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Fruit (g) | Peel (g) | Fresh (g) | Seed (g) |
| Foliar application by zinc 0.1% | 47.46ab | 0.66 | 38.80abc | 8.00 |
| Foliar application by zinc 0.2% | 48.57ab | 0.77 | 40.60ab | 7.20 |
| Foliar application by boron 0.1 + zinc 0.1% | 52.73a | 0.73 | 40.60ab | 7.80 |
| Foliar application by boron 0.2 + zinc 0.2% | 49.15ab | 0.75 | 44.20a | 7.80 |
| **F-test** | * | ns | ** | ns |
| **CV. (%)** | **9.75** | **22.73** | **11.10** | **9.38** |

[1]Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95 % ($p \leq 0.01$) using by the Duncan's new multiple range test (DMRT). ns = non significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$); * = significant differences ($p \leq 0.05$)

**Table 4** Fruit weight per bunch, width, length and total soluble solid (TSS) of longan after foliar application of zinc and boron

| Treatment | Fruit weight per bunch (g) n=1 | Width (cm) n=5 | Length (cm) n=5 | TSS (°Brix) n=5 |
|---|---|---|---|---|
| Water (control) | 214.00a[1] | 2.42 | 2.78 | 20.83 |
| Foliar application by boron 0.1% | 189.44ab | 2.46 | 2.76 | 21.32 |
| Foliar application by boron 0.2% | 195.24a | 2.56 | 2.92 | 20.82 |
| Foliar application by zinc 0.1% | 192.42a | 2.50 | 2.89 | 21.56 |
| Foliar application by zinc 0.2% | 161.52ab | 2.57 | 2.95 | 21.70 |
| Foliar application by boron 0.1 + zinc 0.1% | 132.86b | 2.61 | 3.00 | 20.74 |
| Foliar application by boron 0.2 + zinc 0.2% | 132.54b | 2.53 | 28.18 | 20.46 |
| **F-test** | * | ns | ns | ns |
| **CV. (%)** | **24.78** | **3.46** | **4.51** | **4.81** |

[1]Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). ns = non significant differences; * = significant differences ($p \leq 0.05$)

**ค่าสีผิว**

โดยทั่วไปการแบ่งเกรดของลำไยหรือกำหนดคุณภาพของลำไยจะใช้ปัจจัยอยู่หลาย ๆ ปัจจัย ซึ่งสีผิวของเปลือกลำไยเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลลำไยได้ โดยดูลักษณะความสว่าง และสีเหลืองของเปลือกลำไยเป็นเกณฑ์ ในส่วนของค่าสี (L* a* b*) ที่เป็นค่านิยมในการประเมินลักษณะที่ปรากฏของตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง ๆ แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดงหรือองค์ประกอบมีสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน (Somsang, 2008) ลักษณะของเปลือกของลำไยโดยทั่วไปจะมีสีน้ำตาลปนเหลืองหรือปนเขียว ผลใกล้สุกจะมีเปลือกสีเหลือง หรือมีน้ำตาลอมแดง (Jarenkit, 2017) หลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนได้ 6 เดือน พบว่าการฉีดพ่นสังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.2% ทำให้ค่า L* สูงถึง 51.28-52.02 แสดงให้เห็นว่าเปลือกลำไยมีความสว่างมากที่สุดไม่แสดงลักษณะดำคล้ำ ขณะที่สังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.1% ส่งผลให้ค่า a* ต่ำสุด คือ 8.91 และค่า b* เท่ากับ 35.99 แสดงถึงลักษณะสีเปลือกมีสีแดงน้ำตาลน้อยกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และมีสีออกเหลืองมากที่สุด (Table 5) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสังกะสีและโบรอนมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยได้ระดับหนึ่ง อาจเป็นเพราะสังกะสีเป็นองค์ประกอบในการสร้างคลอโรฟิลล์ และส่วนที่มีสีเขียวในคลอโรพลาสต์โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์แสง (Suksawat, 2001) ส่วนโบรอนเป็นธาตุที่ช่วยในเรื่องการขยายขนาดของเซลล์ซึ่งผลลำไยสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการฉีดพ่นร่วมกับสังกะสี จากงานทดลองจะเห็นว่าต้นที่ไม่ได้พ่นสังกะสีและโบรอนจะมีผิวเปลือกสีแดงมากกว่าปกติและกลายเป็นอาการผิดปกติ ทำให้การเจริญเติบโตของผลลำไยไม่เป็นไปตามปกติ

นอกจากนี้ในสภาพที่มีอากาศร้อน โดย Roygrong (2009) ได้นำเสนอว่าควรทำร่มเงาให้กับพืชหรือผลผลิตจะทำให้พืชไม่ได้รับความเสียหายอันเนื่องจากการขาดสังกะสีได้ เช่น ลิ้นจี่ที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายจะเกิดอาการใบไหม้ได้ แก้ไขได้โดยทำร่มเงาและให้ธาตุสังกะสีเพิ่มเติมจะแก้ไขอาการดังกล่าวได้ สอดคล้องกับ Manochai *et al.* (2007) พบว่าลำไยที่อยู่ภายใต้ร่มเงาของทรงพุ่มจะมีสีผิวสวยกว่าผลลำไยที่อยู่ภายนอกทรงพุ่ม นอกจากนี้ Jaroenkit *et al.* (2010) พบว่าการห่อผลลำไยทำให้ลำไยมีสีสวยขึ้นกว่าการไม่ห่อผลเช่นกัน ส่วนอาการผิวสีแดงของเปลือกลำไยอาจมีสาเหตุมาจากการขาดธาตุอาหารเสริมบางชนิด เช่น โบรอน นอกจากนี้โบรอนยังมีบทบาทต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาเลี้ยงยอดอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตทั้งด้านการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ (Suksawat, 2001) ในสภาพสวนของเกษตรกรมีการใช้สังกะสีและโบรอนน้อยทำให้ดินที่ปลูกพืชเกิดการขาดได้ง่าย เมื่อแสดงอาการขาดแล้วก็ยากต่อการแก้ไขหรือแก้ไขได้ไม่ทันเหตุการณ์ ซึ่งจากรายงานของ Khaosumain *et al.* (2005) พบว่าลำไยที่ขาดโบรอนและสังกะสีในสภาพสวนของเกษตรกรมีลักษณะอาการใบเล็กลงอย่างชัดเจน และต้นแคระแกรน สอดคล้องกับการสำรวจของ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2007) ที่สำรวจสวนลำไยพบว่า ใบลำไยของสวนที่มีปริมาณโบรอนและสังกะสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะมีลักษณะใบเล็กต้นแคระแกรนกว่าส่วนที่มีความเข้มข้นของโบรอนและสังกะสีอยู่ในระดับมาตรฐาน

**Table 5** Skin color value of longan peel after foliar

| Treatment | Skin color | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 month | | | 2 month | | | 3 month | | | 6 month | | |
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| Water (control) | 56.80 | 1.10a[1] | 13.58ab | 46.12 | 0.06 | 31.45ab | 48.12a | 8.16 | 30.30 | 48.20c | 9.87ab | 30.02b |
| Foliar application boron 0.1% | 57.22 | -0.54b | 13.12b | 47.51 | 0.03 | 32.24a | 49.08 | 7.12 | 30.52 | 49.68bc | 9.70abc | 30.37b |
| Foliar application boron 0.2% | 57.52 | -0.11b | 14.62a | 46.72 | -0.20 | 32.76a | 48.88 | 11.60 | 32.46 | 50.32abc | 10.13a | 30.51b |
| Foliar application zinc 0.1% | 58.12 | -0.20b | 14.67a | 46.62 | 0.47 | 31.29b | 47.28 | 7.28 | 32.33 | 50.04abc | 9.78ab | 30.60b |
| Foliar application zinc 0.2% | 57.32 | -0.66b | 13.54ab | 48.24 | -0.42 | 31.76ab | 47.40 | 7.44 | 31.96 | 49.26bc | 10.05a | 29.58b |
| Foliar application boron 0.1% + zinc 0.1% | 57.18 | -0.073b | 13.27b | 46.55 | -0.11 | 30.30b | 49.74 | 5.27 | 32.68 | 51.28ab | 8.91c | 35.99a |
| Foliar application boron 0.2 % + zinc 0.2% | 56.64 | -0.086b | 12.76b | 47.50 | -0.36 | 30.48b | 49.32 | 5.55 | 32.92 | 52.02a | 9.08bc | 31.75ab |
| **F-test** | **ns** | **** | **** | **ns** | **ns** | **** | **ns** | **ns** | **ns** | ***** | ***** | **** |
| **CV. (%)** | **1.70** | **-190.55** | **4.85** | **2.87** | **-689.40** | **2.88** | **3.13** | **64.49** | **5.32** | **3.23** | **6.33** | **8.07** |

[1]Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT).

ns = non significant differences; * = significant differences ($p \leq 0.05$); ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

**การสะสมธาตุสังกะสีและโบรอนในใบ**

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบลำไยตั้งแต่ระยะก่อนออกดอกถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยว พบว่าก่อนการออกดอกลำไยมีสังกะสีและโบรอนสะสมในใบค่อนข้างต่ำกว่าระดับมาตรฐาน หลังจากพ่นธาตุสังกะสีทางใบพบว่า สังกะสีที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2% ทำให้มีการสะสมธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่มากกว่าระดับมาตรฐาน ตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตของผลถึงระยะเก็บเกี่ยว (Figure 5) แสดงให้เห็นว่าสังกะสีที่ฉีดพ่นสามารถซึมเข้าไปในใบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลำไยสามารถนำไปสะสมเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงที่ต้องการได้ ขณะที่ต้นที่ฉีดพ่นโบรอนมีผลให้สังกะสีลดลงอย่างเด่นชัด แสดงให้เห็นว่าลำไยมีการใช้สังกะสีในระยะเริ่มออกดอกถึงระยะการเจริญเติบโตของผล ลักษณะเดียวกันต้นที่พ่นโบรอนความเข้มข้น 0.2% มีผลให้ความเข้มข้นของโบรอนสูงถึงระดับมาตรฐานกว่าต้นที่ไม่ได้พ่น เป็นที่น่าสังเกตว่าโบรอนมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานในระยะเจริญเติบโตของผลที่ใหญ่ขึ้น เป็นไปได้ว่ามีการใช้โบรอนในระยะนี้มากขึ้นแต่เพิ่มสูงขึ้นในระยะสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว แสดงให้เห็นว่าระยะเก็บเกี่ยวเป็นระยะที่ลำไยหยุดการขยายขนาดของเซลล์แล้ว ดังนั้นลำไยอาจจะไม่ได้ใช้โบรอนมาก (Figure 6) เนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายหรือเคลื่อนย้ายได้ช้าทำให้การสะสมช้า และลำไยมีการใช้ธาตุทั้งสองในการเจริญเติบโตจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลึซึมก่อนการออกดอกค่อนข้างมาก โดย Roygrong (2009) รายงานว่าสังกะสีและโบรอนเป็นองค์ประกอบของกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ได้มาซึ่งสารอาหารและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกและติดผล

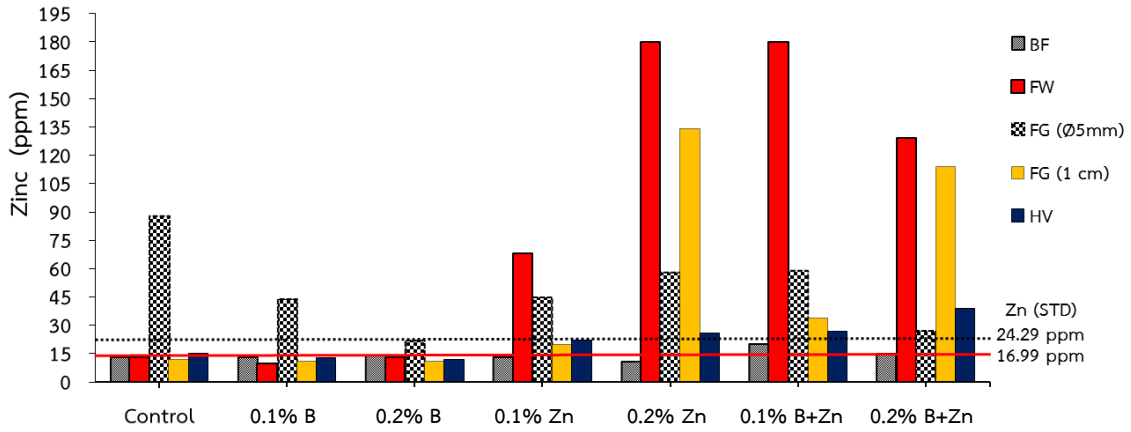


**Figure 5** Zinc in longan leaves after foliar application with concentrations and at different stage of longan (BF= Before flower, FW= Flowering, FG= Fruit growth, HV= Harvest) Zinc Standard (STD) at 16.99-24.29 ppm by Khaosumain *et al*. (2005)

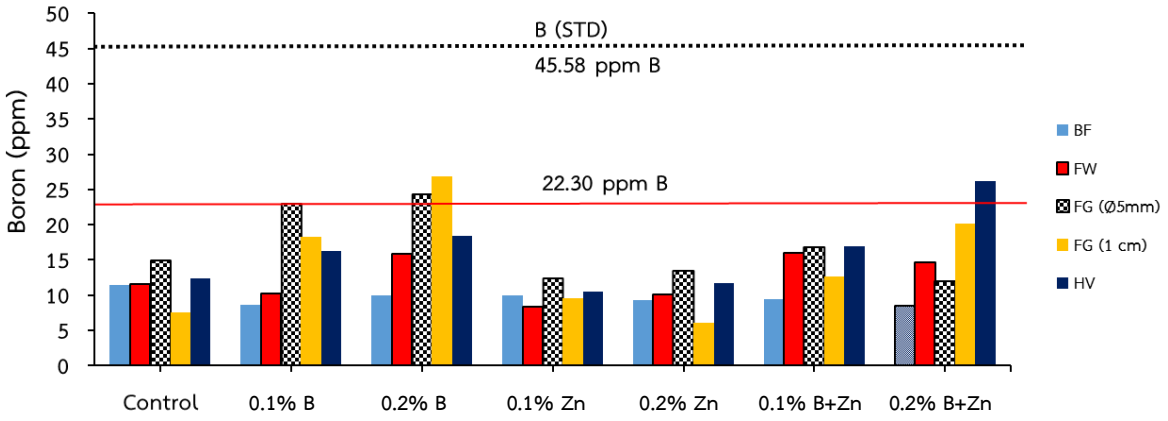


**Figure 6** Boron in longan leaves after foliar application different concentrations and differ stage of longan (BF= Before flower, FW= Flowering, FG= Fruit growth, HV= Harvest), Boron Standard (STD) at 22.30-45.58 ppm by Khaosumain *et al*. (2005)

## สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า ต้นควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) มีการติดผลมากกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนทางใบทุกความเข้มข้น แต่มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผลมากกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอน นอกจากนี้ ต้นควบคุมยังมีน้ำหนักผลและน้ำหนักเนื้อน้อยกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนทุกความเข้มข้นโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าความสว่างของสีผิวเปลือกพบว่า การพ่นสังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.2% ส่งผลให้มีผิวเปลือกสว่างกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และต้นควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการพ่นสังกะสีและโบรอนทางใบช่วยให้ผิวสีของเปลือกลำไยสีสวยหรือเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดและชาวสวนลำไยในขณะนี้ ส่วนใบลำไยที่ได้รับสังกะสีและโบรอนพบว่า หลังการพ่นธาตุทั้งสองในใบมีการเพิ่มมากขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการให้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถดูดซึมเข้าทางใบไปเก็บสะสมและนำไปใช้ในทุกระยะการเจริญเติบโต แม้ว่าการกำหนดแผนการทดลองอาจจะไม่เหมาะสมที่จะพิสูจน์ว่าสามารถช่วยลดอาการเปลือกสีแดงได้ในลำไย ที่เป็นผลมาจากการขาดธาตุอาหารเสริม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถลดการเกิดอาการเปลือกสีแดงในลำไยได้ ดังนั้นควรฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบให้เพียงพอ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ผ่านสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง


Jaroenkit, T. 2017. **Maejo: Knowledge of Longan Varieties**. Chiang Mai: Maejo University. 12 p.

Jaroenkit, T., S. Maichoo, P. Manochai and S. Ratanamano. 2010. Effect of fruit bagging on chemical compositions and skin pigments of fresh longan (*Dimocarpus longan* Lour.). **Acta Hort** 863: 397-399.

Jeyakumar, P., D. Durgadevi and N. Kumar. 2001. Effect of zinc and boron fertilization on improving fruit yields in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Co5. pp. 356-357. *In* **Plant Nutrition Developments in Plant and Soil Sciences, Springer.** DOI: 10.1007/0-306-47624-X_172.

Khaosumain, Y., C. Sritontip and S. Changjaraja. 2005. Nutritional status of declined and healthy longan trees in Northern Thailand. Proc. 2nd ISHS on Lychee, Longan, Rambutan & Other Sapindaceae Plants. **Acta Hort** 665: 275-280.

Manochai, P., W. Suton, C. Senanan and J. Srijan. 2007. **The Development of training system for the reduction cost by the cultivation of dwarf longan trees**. 42 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Manochai, P. 2002. **Tropical Fruit**. Chiang Mai: Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. 173 p.

Menzel, C.M. 1983. The control of floral initiation in lychee: a review. **Scientia Horticulturae** 21(3): 201-205.

Paimprom, A., W. Wiriya-alongkorn and E. Threenet. 2019. Protein Biomarkers from Physiological Disorder Syndrome in Seed of Longan on Fruit Growth Using 2-D Gel Coupled with LC-MS/MS. pp. 440-447. *In* **Proceedings of Conference on National Congress.** Khonkaen: Khonkaen University. [in Thai]

Roygrong, S. 2009. **Role of Boron and Zinc in Growth and Flowering of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.).** Doctoral Dissertation. Institute of Plant Nutrition Rhizosphere and Fertilization Universität Hohenheim. 10 p.

Suksawat. M. 2001. **Soil Ferfility**. Bangkok: Odeon Store. 344 p. [in Thai]

Somsang, S. 2008. **Comparison of Colour Change of Lychee (*Lichi chinensis* Sonn. (cv. Guang Jao)) Preserved by Ultra High Pressure and Heat Treatments**. Master Thesis. Chiangmai University. 108 p.

Threenet, E., A. Kleawkla, W. Wiriyaalongkorn and A. Joomwong. 2017. **Evaluation of protein markers for identification of physiological disorder syndromes in longan fruit.** Research Report. Chiang Mai: Maejo University. 107 p. [in Thai].

Wiriya-Alongkorn. W., S. Roygrong, W. Spreer, S. Ongprasert, V. Römheld and T. Müeller. 2007. Effectiveness of Micro-nutrient Fertilization in Off-season Longan Production in Northern Thailand. Topentag 2007. pp. 1-16. *In* **Conference on International Agricultural Research for Development, October 9-11.** Germany: University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen.

Wiriya-Alongkorn, W., J. Sananan, W. Spreer and C. Kanjanaphachoat. 2015. **The impact of climatic variation on phenological change, yield and fruit quality of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) C.V. "Daw" in Northern Thailand**. 14 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University.

Wiriya-Alongkorn, W., W. Spreer, S. Ongprasert, K. Spohrer and J. Müller. 2016. Influence of water supply on $CO_2$ concentration in the root-zone of split-root potted longan trees. **ICIRA** 2: 346-356.