

ผลของเอทีฟอนต่อการสุกและคุณภาพของผลกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดเชียงใหม่  
Effect of Ethephon on Ripening and Quality of Arabica Coffee Fruits in Chiang Mai Province

อำพล สอนสระเกษ<sup>1</sup> ศุภพัฒน์ ส่างขุน<sup>1</sup> ภาวนา ชมภูวงษ์<sup>1</sup> ราเชนทร์ ไคร์ครวญ<sup>1</sup>  
ธนะภูมิ เหล่าจันตา<sup>1</sup> และนพพร บุญปลอด<sup>1\*</sup>

Ampol Sornsaket<sup>1</sup>, Khodchapat Sangkhun<sup>1</sup>, Phawana Chompoowong<sup>1</sup>, Rachane Kraikruan<sup>1</sup>,  
Tanapoom Laojunta<sup>1</sup> and Nopporn Boonplod<sup>1\*</sup>

Received: January 21, 2025

Revised: April 8, 2025

Accepted: April 10, 2025

**Abstract:** The study of the effect of Ethephon on ripening and quality of Arabica coffee fruits in Chiang Mai province aimed to study the efficiency of ethephon in stimulating simultaneous ripening of coffee fruits. The experimental design was completely randomized design (CRD) with 5 treatments, 4 replications, and 5 branches per replications: control group and spraying Ethephon at concentrations of 200, 400, 600, and 800 ppm. The results of the experiment showed that Ethephon could accelerate the ripening process of coffee fruits. Using a concentration of 800 ppm helped the coffee fruits ripen faster and could be harvested up to 33.13 percent after spraying within 2 weeks. The lowest concentration, 200 ppm, had the lowest drop rate but could still accelerate the ripening process effectively. In addition, the use of ethephon solution also increased the weight of coffee fruits. The fruits that received ethephon solution at a concentration of 200 ppm had the highest weight. Therefore, it can be said that the spraying of ethephon at a concentration of 200 mg/L is suitable for accelerating the ripening of coffee fruits because after spraying, there was less fruit drop, a higher percentage of harvest than the control treatment, and more fresh weight and seed length than other treatments.

**Keywords:** Arabica coffee, Ripening, Seed quality

**บทคัดย่อ:** การศึกษาผลของเอทีฟอนต่อการสุกและคุณภาพของผลกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเอทีฟอน ในการกระตุ้นให้ผลกาแฟสุกพร้อมกัน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 5 กรรมวิธี ๗ ละ 4 ซ้ำ ๗ ละ 5 กิ่ง ได้แก่ ชุดควบคุม และการพ่นเอทีฟอน ความเข้มข้น 200, 400, 600 และ 800 ppm ผลการทดลอง พบว่า เอทีฟอนสามารถเร่งกระบวนการสุกของผลกาแฟได้โดยการใช้ความเข้มข้น 800 ppm ช่วยให้ผลกาแฟเข้าสู่กระบวนการสุกได้เร็วและสามารถเก็บเกี่ยวได้สูงถึง 33.13 เปอร์เซ็นต์หลังการพ่นสารในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ส่วนความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดคือ 200 ppm มีผล การหลุดร่วงต่ำที่สุด แต่ยังสามารถเร่งกระบวนการสุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การใช้สารละลายเอทีฟอน ยังช่วยเพิ่มน้ำหนักของผลกาแฟ โดยผลที่ได้รับสารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 200 ppm มีน้ำหนักมากที่สุด

<sup>1</sup>สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai District, Chiang Mai 50290

\*Corresponding author: nopporn@mju.ac.th

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการพ่นเอทีฟอนความเข้มข้นที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรเหมาะสมสำหรับการเร่งการสุกของผลกาแฟ เนื่องจากหลังการพ่นสารมีการหลุดร่วงของผลน้อย มีร้อยละการเก็บเกี่ยวที่สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม มีปริมาณน้ำหนักสด และความยาวเมล็ดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

**คำสำคัญ:** กาแฟอาราบิก้า, การสุก, คุณภาพเมล็ด

## คำนำ

กาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในตลาดกาแฟโลก ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นทั้งในด้านคุณภาพและรสชาติ จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วโลก โดยกาแฟอาราบิก้าครองส่วนแบ่งการตลาดมากกว่าร้อยละ 80 (คันสนีย์, 2565) และเป็นพันธุ์กาแฟที่มีการผลิตและบริโภคในปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟพันธุ์อื่น ๆ กาแฟอาราบิก้ามีรสชาติที่ละเอียดอ่อน กลิ่นหอมเฉพาะตัว และมีคุณภาพสูงทำให้เป็นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องในระดับนานาชาติ นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่สามารถผลิตในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศเย็นและความสูง 800-1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2554) ซึ่งภาคเหนือของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกกาแฟชนิดนี้ อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมกาแฟอาราบิก้าของประเทศไทยยังคงเผชิญความท้าทายที่สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะหลังจากการเปิดเสรีทางการค้าภายใต้ข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (AFTA) ในปี 2553 ซึ่งส่งผลให้ภาชนำเข้าเมล็ดกาแฟและกาแฟสำเร็จรูปลดลง ทำให้ประเทศไทยต้องเผชิญการแข่งขันที่สูงขึ้นจากประเทศคู่แข่ง เช่น เวียดนาม ลาว และอินโดนีเซีย ซึ่งมีการผลิตกาแฟในปริมาณมากและต้นทุนการผลิตต่ำกว่าประเทศไทย การแข่งขันดังกล่าวทำให้เกษตรกรไทยต้องเพิ่มความสามารถในการผลิตและลดต้นทุนการผลิต เพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันในตลาดทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก

ปัจจุบันอุตสาหกรรมกาแฟกำลังให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยเฉพาะการใช้สาร

ควบคุมการเจริญเติบโตพืชเพื่อกระตุ้นให้ผลกาแฟสุกพร้อมกัน ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการเก็บเกี่ยว เอทีฟอน (ethephon) เป็นสารปลดปล่อยเอทิลีนที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการนำมาประยุกต์ใช้กับกาแฟอาราบิก้า Winston *et al.* (1992) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเอทีฟอนต่อการเร่งการสุกของผลกาแฟ พบว่าสามารถเพิ่มสัดส่วนผลเบอรี่สีแดง (ผลสุก) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเอทีฟอนคือ ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้และความเข้มข้นของสาร การศึกษาพบว่าการใช้เอทีฟอนในช่วงต้นของการเปลี่ยนสี (เมื่อผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงประมาณ 15-20%) ให้ผลดีกว่าการใช้ในระยะหลัง (45-50%) อย่างไรก็ตาม ต้องระมัดระวังเรื่องความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากความเข้มข้นสูงเกินไปอาจทำให้ใบร่วงมากเกินไปและส่งผลกระทบต่อผลผลิตในฤดูกาลถัดไป การศึกษาในพืชผลอื่นๆ ยังช่วยให้เข้าใจกลไกการทำงานของเอทีฟอนได้ดียิ่งขึ้น วรวิทย์ (2562) รายงานว่าการใช้เอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตรในมะม่วงสามารถเร่งกระบวนการสุกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ สอดคล้องกับแนวโน้มที่พบในกาแฟที่ต้องการความเข้มข้นในระดับที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่สูงเช่นจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟที่สำคัญ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยเฉพาะถิ่นเพิ่มเติม อาทิ ความแปรปรวนของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน รวมถึงระดับความสูงจากน้ำทะเลที่แตกต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของเอทีฟอนในการเร่งการสุกของผลกาแฟ การศึกษาเพิ่มเติมในบริบทของประเทศไทย จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อพัฒนาคำแนะนำที่เฉพาะเจาะจงและเหมาะสมสำหรับเกษตรกรไทย

ทั้งในแง่ของความเข้มข้น ช่วงเวลาการใช้ และเทคนิคการฉีดพ่นที่เหมาะสม

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเอทีฟอน ในการกระตุ้นให้ผลกาแฟสุกพร้อมกัน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดต้นทุนการผลิต โดยการนำไปสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมกาแฟของประเทศไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นกาแฟอาราบิก้าที่มีความสม่ำเสมอ อายุ 6 ปี ทั้งหมด 20 ต้น ระยะปลูก 2x2 เมตร ทุกต้นได้รับแสงที่สม่ำเสมอ ณ สวนเลาตีบ้านปางแฟน ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มี 5 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 กิ่ง โดยการฉีดพ่นเอทีฟอน ชื่อการค้า อีเท็กซ์ โดยมีความเข้มข้นสารออกฤทธิ์อยู่ที่ 48% W/V SL ผลิตโดย บริษัท ไอ ซี พี ลัดดา จำกัด ประเทศไทยบนกิ่งที่ติดผลในช่วงสัปดาห์ที่ 26 หลังดอกบาน (ระยะก่อนการพัฒนาสีผลจากสีเขียวเป็นสีแดง 2 สัปดาห์) โดยอ้างอิงการฉีดพ่นตามวิธี Winston *et al.* (1992) เทียบระยะการพัฒนาของผลตาม Sanz-Urbe *et al.* (2008) จำนวน 1 ครั้ง ในช่วง 8:00 – 10:00 น. ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 จึงได้กรรมวิธีดังนี้

|                                            |
|--------------------------------------------|
| กรรมวิธีที่ 1 Control (พ่นน้ำกรอง)         |
| กรรมวิธีที่ 2 Ethephon ความเข้มข้น 200 ppm |
| กรรมวิธีที่ 3 Ethephon ความเข้มข้น 400 ppm |
| กรรมวิธีที่ 4 Ethephon ความเข้มข้น 600 ppm |
| กรรมวิธีที่ 5 Ethephon ความเข้มข้น 800 ppm |

### การบันทึกข้อมูล

สุ่มกิ่งกาแฟที่มีขนาดความยาวเท่ากันในแต่ละต้นจำนวนต้นละ 5 กิ่ง จากนั้นทำการคัดเลือกผลผลิตให้มีจำนวนผลเท่ากันคือ 80 ผลต่อกิ่ง โดยคัดผลที่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลงทิ้ง เมื่อได้

จำนวนตามที่ต้องการจะดำเนินการพ่นสารเอทีฟอนทั่วทั้งกิ่งในกิ่งที่เลือกไว้ จากนั้น 2 สัปดาห์จะเริ่มดำเนินการเก็บเกี่ยว โดยผลกาแฟที่จะเก็บเกี่ยวจะเป็นผลที่มีการเปลี่ยนสีเป็นสีแดงแล้ว 100% วิธีการเก็บข้อมูลประกอบด้วยการคำนวณเปอร์เซ็นต์และการวัดค่าทางกายภาพบางประการ ได้แก่เปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยว ซึ่งคำนวณจากการนำจำนวนผลที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละครั้งในกิ่งเดิม โดยครั้งที่ 1 หลังการพ่นสาร 2 สัปดาห์ เก็บทั้งหมด 4 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 2 สัปดาห์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้หารด้วยจำนวนผลทั้งหมดที่ติดอยู่บนกิ่งที่นับได้ก่อนเริ่มการพ่นสารแล้วคูณด้วย 100 โดยครั้งที่ 2 – 4 จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สะสม จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล โดยนำจำนวนผลที่ร่วง (ทำเช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยว) หารด้วยจำนวนผลทั้งหมดแล้วคูณด้วย 100 ในการวัดค่าทางกายภาพนำผลกาแฟที่ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลงมาซึ่งน้ำหนักผล โดยชั่งหลังเก็บเกี่ยวภายใน 24 ชั่วโมง และน้ำหนักเมล็ด โดยชั่งหลังการปอกเปลือก ชัดเยื่อหุ้มเมล็ด และการตากแห้ง ในระยะเวลา 2 วัน หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยใช้เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler toledo รุ่น PL3002 สำหรับการวัดขนาด ได้แก่ ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาเปลือก ความกว้างเมล็ด และความยาวเมล็ด โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ดิจิตอลยี่ห้อ INSIZE รุ่น 1108-150 ทำการบันทึกข้อมูลซ้ำละ 50 ผล โดยแต่ละผลจะมีจำนวนเมล็ด 2 เมล็ด และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS statistics v. 29

### ผลการศึกษา

#### การเก็บเกี่ยวและการสุก

การใช้สารละลายเอทีฟอนในการเร่งสุกของผลกาแฟอาราบิก้าที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ได้แก่ 0, 200, 400, 600 และ 800 ppm โดยทำการเก็บเกี่ยวผลกาแฟใน 4 ครั้ง เพื่อตรวจสอบผลกระทบของ

สารละลายเอทีฟอนต่อกระบวนการสุกและเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้ง การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (2 สัปดาห์หลังให้สาร) พบว่า การใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 800 ppm ให้ผลที่ดีที่สุด โดยผลกาแฟเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกและมีเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวที่ 33.13% ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการรวมวิธีอื่น ๆ โดยผลกาแฟที่ฉีดเอทีฟอนในระดับความเข้มข้น 200, 400, 600 ppm และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวที่ 25.75%, 18.15%, 27.32% และ 0% ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2-4 (4-8

สัปดาห์หลังให้สาร) การฉีดพ่นสารละลายเอทีฟอนทุกความเข้มข้น มีเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวสะสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับชุดควบคุม โดยการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวสะสม 11.45% และเพิ่มขึ้นเป็น 31.49% และ 53.82% ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนชุดที่พ่นเอทีฟอน มีเปอร์เซ็นต์การเก็บเกี่ยวสะสม เท่ากับ 47.52-52.02% ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และเพิ่มขึ้นเป็น 60.86-68.29% และ 72.24-78.60% ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (Table 1)

**Table 1** The percentage of coffee fruit ripening after ethephon application over a period of 2 - 8 weeks.

| Treatments       | The percentage of coffee harvested |                      |                      |                      |
|------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  | Week 2 <sup>1/</sup>               | Week 4 <sup>1/</sup> | Week 6 <sup>1/</sup> | Week 8 <sup>1/</sup> |
| Control          | 0.00 <sup>d</sup>                  | 11.45 <sup>b</sup>   | 31.49 <sup>b</sup>   | 53.82 <sup>b</sup>   |
| Ethephon 200 ppm | 25.75 <sup>b</sup>                 | 47.52 <sup>a</sup>   | 60.86 <sup>a</sup>   | 72.37 <sup>a</sup>   |
| Ethephon 400 ppm | 18.15 <sup>c</sup>                 | 52.02 <sup>a</sup>   | 67.58 <sup>a</sup>   | 78.60 <sup>a</sup>   |
| Ethephon 600 ppm | 27.32 <sup>b</sup>                 | 50.81 <sup>a</sup>   | 68.29 <sup>a</sup>   | 72.24 <sup>a</sup>   |
| Ethephon 800 ppm | 33.13 <sup>a</sup>                 | 50.07 <sup>a</sup>   | 66.03 <sup>a</sup>   | 74.87 <sup>a</sup>   |
| F-test           | **                                 | **                   | **                   | **                   |
| C.V.%            | 10.67                              | 6.82                 | 6.35                 | 6.64                 |

Note: \*\* = significant difference at  $p \leq 0.01$ ,

<sup>1/</sup> = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

### การร่วงของผล

ผลของการฉีดพ่นสารละลายเอทีฟอนในความเข้มข้น 0, 200, 400, 600 และ 800 ppm ต่อการหลุดร่วงของผลกาแฟอาราบิก้าในช่วงเวลา 8 สัปดาห์หลังการฉีดพ่น โดยมีการติดตามการหลุดร่วงของผลในทุก 2 สัปดาห์เพื่อประเมินผลกระทบของสารเอทีฟอนต่อการพัฒนาของผลกาแฟ สัปดาห์ที่ 2 หลังการฉีดพ่น ผลที่ฉีดพ่นด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 800 ppm แสดงผลการหลุดร่วงของผลสูงที่สุดที่ 9.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 600, 200,

400 ppm และชุดควบคุม ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงที่ 5.82, 3.48, 2.62 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 4 หลังการฉีดพ่น พบว่า การฉีดพ่นสารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 800 ppm ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมสูงถึง 20.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 19.01% แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น 400, 200 ppm และชุดควบคุม ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 8.77, 8.45 และ 3.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 6

หลังการฉีดพ่น พบว่า การฉีดพ่นสารละลายอีทีฟอน ที่ความเข้มข้น 800 ppm ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมสูงถึง 23.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอน ความเข้มข้น 600 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 23.26 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 400, 200 ppm และชุดควบคุม โดยมีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 14.57, 14.51 และ 8.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 8 หลัง

การฉีดพ่น พบว่า การฉีดพ่นสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 800 ppm ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมสูงถึง 25.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 23.26 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น 400, 200 ppm และชุดควบคุม ที่มีเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงสะสมที่ 18.90, 14.89 และ 8.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

**Table 2** The percentage of fruit drop after ethephon application over a period of 8 weeks.

| Treatments       | The percentage of coffee harvested |                      |                      |                      |
|------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  | Week 2 <sup>1/</sup>               | Week 4 <sup>1/</sup> | Week 6 <sup>1/</sup> | Week 8 <sup>1/</sup> |
| Control          | 0.99 <sup>d</sup>                  | 3.23 <sup>c</sup>    | 8.02 <sup>c</sup>    | 8.02 <sup>d</sup>    |
| Ethephon 200 ppm | 3.48 <sup>c</sup>                  | 8.45 <sup>b</sup>    | 14.51 <sup>b</sup>   | 14.89 <sup>c</sup>   |
| Ethephon 400 ppm | 2.62 <sup>c</sup>                  | 8.77 <sup>b</sup>    | 14.57 <sup>b</sup>   | 18.90 <sup>b</sup>   |
| Ethephon 600 ppm | 5.82 <sup>b</sup>                  | 19.01 <sup>a</sup>   | 23.26 <sup>a</sup>   | 23.26 <sup>a</sup>   |
| Ethephon 800 ppm | 9.79 <sup>a</sup>                  | 20.51 <sup>a</sup>   | 23.31 <sup>a</sup>   | 25.81 <sup>a</sup>   |
| F-test           | **                                 | **                   | **                   | **                   |
| C.V.%            | 12.02                              | 8.83                 | 7.44                 | 12.88                |

Note: \*\* = significant difference at  $p \leq 0.01$

<sup>1/</sup> = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

### คุณภาพทางกายภาพของผลสด

ผลกาแฟที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 200 ppm มีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 1.70 กรัมต่อผล ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 600, 800 และ 400 ppm โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 1.69, 1.67 และ 1.57 กรัมต่อผล ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพียง 1.28 กรัมต่อผล ด้านความยาวผล พบว่า ผลที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 400 ppm มีความยาวเฉลี่ยที่ 13.97 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความยาวที่มากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอนในความเข้มข้นอื่นๆ และชุดควบคุม โดยความยาวเฉลี่ยของผลอยู่ในช่วง 12.10 ถึง 13.97 มิลลิเมตร ส่วนผลที่ได้รับการฉีด

พ่นด้วยสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm มีความกว้างเฉลี่ยที่ 13.63 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความกว้างที่มากที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอนในความเข้มข้นอื่นๆ โดยมีความกว้างเฉลี่ยที่อยู่ระหว่าง 12.43 ถึง 13.63 มิลลิเมตร ความหนาเปลือก : การฉีดพ่นด้วยสารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm ส่งผลให้มีความหนาเปลือกเฉลี่ยที่ 0.39 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาเปลือกที่มากที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 400 ppm ที่มีความหนาเปลือกเฉลี่ยที่ 0.35 มิลลิเมตร แต่จะมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการใช้สารละลายอีทีฟอนความเข้มข้น 800, 200 และชุดควบคุม โดยมีความหนาเปลือกเฉลี่ยที่ 0.34, 0.33 และ 0.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 3)

**Table 3** The quality of fresh Arabica coffee fruits after harvest.

| Treatments       | Fruit weight <sup>1/</sup><br>(g) | Fruit length<br>(mm) | Fruit width<br>(mm) | Fruit skin thickness <sup>1/</sup><br>(mm) |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------------|
| Control          | 1.28 <sup>b</sup>                 | 12.10                | 12.43               | 0.30 <sup>b</sup>                          |
| Ethephon 200 ppm | 1.70 <sup>a</sup>                 | 13.49                | 12.84               | 0.33 <sup>b</sup>                          |
| Ethephon 400 ppm | 1.57 <sup>ab</sup>                | 13.97                | 12.47               | 0.35 <sup>ab</sup>                         |
| Ethephon 600 ppm | 1.69 <sup>a</sup>                 | 13.30                | 13.63               | 0.39 <sup>a</sup>                          |
| Ethephon 800 ppm | 1.67 <sup>a</sup>                 | 13.58                | 12.64               | 0.34 <sup>b</sup>                          |
| F-test           | **                                | ns                   | ns                  | **                                         |
| C.V.%            | 10.11                             | 6.62                 | 7.12                | 6.14                                       |

Note: ns = not significantly different, \*\* = significant difference at  $p \leq 0.01$

<sup>1/</sup> = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT

### คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดกาแฟแห้ง

น้ำหนักเมล็ดแห้ง พบว่า ผลที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm มีน้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยที่ 0.26 กรัมต่อเมล็ด ซึ่งเป็นน้ำหนักที่สูงที่สุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดแห้งอยู่ในช่วง 0.21 ถึง 0.26 กรัมต่อเมล็ด เมล็ดแห้งที่มีความยาวมากที่สุดพบว่าเป็นเมล็ดจากผลที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 200 ppm โดยมีความยาวเฉลี่ยที่ 9.72 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 600 ppm ที่มีความยาว

เฉลี่ยที่ 8.40 มิลลิเมตร แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการใช้สารละลายเอทีฟอนในความเข้มข้น 400 และ 800 ppm รวมถึงชุดควบคุมซึ่งมีความยาวเฉลี่ยที่ 7.84, 7.48 และ 7.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ความกว้างเมล็ดแห้ง พบว่า เมล็ดแห้งที่มีความกว้างมากที่สุดคือเมล็ดจากผลที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 200 ppm และชุดควบคุม โดยมีความกว้างเฉลี่ยที่ 7.22 มิลลิเมตรซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใช้สารละลายเอทีฟอนในความเข้มข้นอื่นๆ โดยความกว้างเฉลี่ยของเมล็ดแห้งอยู่ระหว่าง 5.84 ถึง 7.22 มิลลิเมตร (Table 4)

**Table 4** The quality of dry Arabica coffee beans after harvest.

| Treatments       | Dry seed weight<br>(g) | Dry seed length <sup>1/</sup><br>(mm) | Dry seed width<br>(mm) |
|------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Control          | 0.23                   | 7.00 <sup>b</sup>                     | 7.22                   |
| Ethephon 200 ppm | 0.24                   | 9.72 <sup>a</sup>                     | 7.22                   |
| Ethephon 400 ppm | 0.25                   | 7.84 <sup>b</sup>                     | 6.40                   |
| Ethephon 600 ppm | 0.26                   | 8.40 <sup>ab</sup>                    | 6.62                   |
| Ethephon 800 ppm | 0.21                   | 7.48 <sup>b</sup>                     | 5.84                   |
| F-test           | ns                     | **                                    | ns                     |
| C.V.%            | 12.12                  | 12.79                                 | 11.70                  |

Note: ns = not significantly different, \*\* = significant difference at  $p \leq 0.01$

<sup>1/</sup> = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT

### วิจารณ์

เอทีฟอนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลดปล่อยเอทิลีน โดยเอทีฟอนจะถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชและสลายตัวให้เอทิลีน ฟอสเฟต และคลอไรด์ไอออน โดยเอทิลีนที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายผนังเซลล์ ส่งผลให้เกิดการอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อ (จรัสแท้, 2544) จึงเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการสุกของผลไม้ (Crisosto *et al.*, 1991) ซึ่ง Winston *et al.* (1992) ได้ศึกษาผลของเอทีฟอนต่อการสุกของกาแฟอาราบิก้า พบว่าเอทีฟอนมีประสิทธิภาพในการเร่งการสุกของผลกาแฟ โดยทำให้สีของผลเชอร์รี่เข้มขึ้นและเพิ่มจำนวนผลเชอร์รี่สีแดง (ผลสุก) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carvalho *et al.* (2003) ในด้านระยะเวลาการเร่งการสุกของผลกาแฟ โดยพบว่าการใช้สารละลายเอทีฟอนสามารถเร่งกระบวนการสุกได้ประมาณ 14 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการพ่นสารที่มีการเก็บเกี่ยว 0% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ Carvalho *et al.* (2003) รายงานไว้ที่ 15-30 วัน ผ่านกลไกการกระตุ้นการสร้างเอทิลีนในผลกาแฟ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้า โดยได้ค้นพบความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างระดับความเข้มข้นของเอทีฟอนกับประสิทธิภาพในการเร่งการสุก โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 800 ppm ซึ่งแสดงประสิทธิภาพสูงสุดในการเก็บเกี่ยวในครั้งแรก และมีความแตกต่างกับการศึกษาของ Crisosto *et al.* (1991) ที่รายงานการเร่งการสุกเพียง 6 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของปัจจัยสภาพแวดล้อม สายพันธุ์กาแฟที่ใช้ในการทดลอง และช่วงเวลาของการใช้สารเอทีฟอน โดยงานวิจัยของ Crisosto *et al.* (1991) ดำเนินการในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างและอาจใช้วิธีการประยุกต์ใช้เอทีฟอนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ การฉีดพ่นเอทีฟอนที่ 26 สัปดาห์หลังดอกบานในการทดลองปัจจุบัน อาจเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมกว่าสำหรับการกระตุ้นการสร้างเอทิลีนในผลกาแฟ ทำให้เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ชัดเจนกว่า เมื่อเทียบกับ

การศึกษาของ Carvalho *et al.* (2003) ที่มีผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งสนับสนุนความน่าเชื่อถือของผลการทดลองและเสริมสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เอทีฟอนในการจัดการการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอาราบิก้าได้ในอนาคต นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Winston *et al.* (1992) ที่รายงานว่า การใช้เอทีฟอนที่ความเข้มข้นสูงกว่า 500 ppm มีประสิทธิภาพในการเร่งการสุกอย่างมีนัยสำคัญ และ Rodrigues *et al.* (2019) ที่พบว่าเอทีฟอนสามารถลดสัดส่วนของผลที่ไม่สุกได้ถึงร้อยละ 89 เมื่อใช้ในระยะผลเชอร์รี่ (28 – 30 สัปดาห์หลังดอกบาน) การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับผลการวิจัยในผลไม้เศรษฐกิจชนิดอื่น โดยธีรนุต และคณะ (2546) รายงานว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอทิลีนมีผลต่อการเร่งการสุกของผลมะม่วง และกฤษณา และคณะ (2555) พบว่าการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสุกของผลทุเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเอทีฟอนในการควบคุมและเร่งกระบวนการสุกของผลไม้ในเชิงการค้า

การศึกษาผลกระทบของสารละลายเอทีฟอนต่อการร่วงของผลกาแฟได้แสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นของสารละลายเอทีฟอนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการหลุดร่วงของผลกาแฟอย่างชัดเจน โดยพบว่าความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการหลุดร่วงเพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่ 200 ppm จนถึง 800 ppm ซึ่งทุกความเข้มข้นให้ผลเพิ่มอัตราการหลุดร่วงสูงกว่าชุดควบคุมที่ร่วงตามธรรมชาติ โดยเพิ่มอัตราการร่วง 6.87-17.79 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าที่ความเข้มข้น 800 ppm ให้ผลการหลุดร่วงสูงสุด นอกจากนี้ จากใช้สารเอทีฟอนยังสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้พร้อมกันเร็วกว่าวิธีควบคุมถึง 2 สัปดาห์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้บันทึกลักษณะการพัฒนาของผลกาแฟ โดยผลสมบูรณ์จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองแล้วเป็นสีแดงเมื่อสุก ส่วนผลไม้สมบูรณ์จะแสดงความผิดปกติ เช่น ชีตของสี เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างผิดปกติ และเหี่ยวเล็กน้อยก่อนหลุดร่วง ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไป

พัฒนาเกณฑ์การคัดเลือกผลกาแฟที่มีคุณภาพ และ ประเมินประสิทธิภาพสารเร่งการร่วงได้ ทั้งนี้ผล ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ Winston *et al.* (1992) ที่พบว่าหากใช้ความเข้มข้น เอทีฟอนมากกว่า 500 ppm จะทำให้ใบและผลร่วง ปริมาณมาก แต่หากใช้ที่ 250 ppm จะมีการหลุด ร่วงของใบและผลน้อยลง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ขยาย ความรู้โดยระบุช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมในการ ร่วงของผลกาแฟหลังการใช้สารเอทีฟอนคือการใช้ที่ ความเข้มข้น 200 ppm ผลการทดลองครั้งนี้จึงช่วย เพิ่มประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวและลดต้นทุนในการ ผลิตกาแฟเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม Sanz-Urbe *et al.* (2008) เน้นย้ำว่าไม่ควรใช้ความ เข้มข้นเอทีฟอนเกิน 1,000 ppm เพราะอาจทำให้ ผลร่วงมากเกินไป นอกจากนี้ ในประเทศไทย จึงแท้ (2544) รายงานว่าสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่ง สหรัฐอเมริกากำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัย ของการใช้เอทีฟอนไว้ที่ 7.5 มก./กก./วัน โดยไม่ควร รับเข้าสู่ร่างกายเกิน 4.5 มก./วัน หรือที่ความเข้มข้น ไม่เกิน 2,500 ppm เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้น การใช้สารละลายเอทีฟอนในการเร่งการร่วง ของผลกาแฟจึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยเลือก ใช้ที่ความเข้มข้น 200-800 ppm ซึ่งให้ผลในการเพิ่ม อัตราการร่วงได้อย่างเหมาะสม และควรหลีกเลี่ยงการ ใช้ความเข้มข้นสูงเกินไป เพื่อป้องกันผลกระทบต่อ สุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค

การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารละลาย เอทีฟอนมีผลกระทบโดยตรงต่อลักษณะทางกายภาพ ของผลกาแฟ โดยเฉพาะการเพิ่มความหนาของเปลือก และน้ำหนักผล โดยการฉีดพ่นเอทีฟอนที่ความ เข้มข้น 600 ppm ส่งผลให้ความหนาของเปลือกเพิ่ม ขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งกลไกทางสรีรวิทยา ที่เอทีฟอนทำให้เปลือกหนาขึ้นนั้นเกี่ยวข้องกับกาที่ เอทีฟอนเป็นสารตั้งต้นของเอทิลิน ซึ่งเมื่อเข้าสู่เซลล์ พืชจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซเอทิลินผ่านกระบวนการ ไฮโดรไลซิส กระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้อง กับการสังเคราะห์เซลล์ลูโลสและเฮมิเซลล์ลูโลส ในผนัง เซลล์ชั้นทุติยภูมิ รวมถึงการสะสมลิกนิน ซึ่งส่งผลต่อ

การหนาตัวของเปลือก แตกต่างกับ Crisosto *et al.* (1991) ที่รายงานว่าเอทีฟอนทำให้น้ำหนักผลและ น้ำหนักเมล็ดแห้งลดลง ความแตกต่างนี้อาจเกิดจาก ปัจจัยสำคัญหลายประการ เช่น ความแตกต่างของ สายพันธุ์กาแฟที่ใช้ในการทดลอง ความแตกต่างของ สภาพแวดล้อมและการจัดการโดยเฉพาะระยะเวลา เก็บเกี่ยวหลังการฉีดพ่น และความแตกต่างของความ เข้มข้นของสารละลายเอทีฟอนที่ใช้ อย่างไรก็ตาม ผล การศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Carvalho *et al.* (2003) ที่พบว่าเอทีฟอนที่ความเข้มข้นเหมาะสม (ไม่เกิน 800 ppm) ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ด กาแฟอาราบิก้า เปลือกที่หนาขึ้นนี้ทำหน้าที่เป็นเกราะ ป้องกันการแพร่ของสาร โดยเพิ่มความสามารถในการ ต้านทานการแพร่ของโมเลกุลเอทีฟอนเข้าสู่ชั้นเมโซ คาร์ปและเอนโดคาร์ปซึ่งล้อมรอบเมล็ด ทำให้ไม่ส่ง ผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดแห้ง นอกจากนี้ ข้อค้นพบ สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การที่น้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอาจ เป็นผลมาจากการที่เอทิลินกระตุ้นการสะสมน้ำและ คาร์โบไฮเดรตในเปลือกผ่านการเพิ่มอัตราการไหล ของน้ำตาลและการแลกเปลี่ยนไอออน โดยข้อจำกัด ที่สำคัญของการศึกษานี้คือการไม่ได้ประเมินคุณภาพ ทางเคมีของเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควร ศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต โดยเฉพาะปริมาณคาเฟอีน และสารประกอบฟีนอลิก รวมถึงสารระเหยที่ให้กลิ่น เพื่อยืนยันผลกระทบของเอทีฟอนต่อคุณภาพทาง ประสาทสัมผัสโดยรวมของกาแฟ

## สรุป

ผลการทดลองการใช้สารละลายเอทีฟอนใน การเร่งสุกของกาแฟอาราบิก้า พบว่า เอทีฟอนสามารถ เร่งกระบวนการสุกของผลกาแฟได้ประมาณ 4 สัปดาห์ การใช้ความเข้มข้น 200-800 ppm ช่วยให้ผลกาแฟเข้า สู่กระบวนการสุกได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้การใช้ความ เข้มข้น 800 ppm ทำให้ผลหลุดร่วงมากที่สุด ส่วน ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดคือ 200 ppm มีผลหลุดร่วงต่ำ ที่สุด แต่คุณภาพเมล็ดแห้งจากผลที่ได้รับเอทีฟอนมี คุณภาพไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สวนเล่าดี บ้านปางแฟน ตำบล เทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ในการอนุเคราะห์ต้นกาแฟสำหรับการทดลอง และ สาขาวิชาพืชสวน(ไม้ผล) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการสำหรับดำเนินการเก็บข้อมูลในครั้งนี้จนสำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- ภุชญา หงษ์คู่, ณัฏฐา เล่าหลุยจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. การเร่งการสุกของทุเรียนหมอนทองต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2) (พิเศษ): 417-420.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 396 หน้า.
- ธีรนต์ ร่มโพธิ์ภักดิ์ เจริญ ขุนพรม สมนึก ทองบ่อ และรุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล. 2546. ศรีวิทยาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพมหานคร. 124 หน้า.
- วรวิทย์ ธิมพะเนาว์. 2562. การเร่งการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย. วารสารเกษตร 35(1): 1-11.
- คันสนีย์ นิธิธรรมยง. 2565. ส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟเพื่อความยั่งยืน. คู่มือโครงการส่งเสริมการเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 โครงการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟเพื่อความยั่งยืน. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 4 หน้า.
- สถำบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2555. คู่มือองค์ความรู้ โครงการหลวงการปลูกกาแฟอาราบิก้าคุณภาพ พิมพ์ครั้งที่ 1. ทรินิตี้ไชน่า แอนด์ ครีเอชั่น. เชียงใหม่.
- Carvalho, G.R., A.N.G. Mendes, L.F. Carvalho and G.F. Bartholo. 2003. Efficiency of ethephon in the uniformization and anticipation of the maturation of coffee fruits (*Coffea arabica* L.) and beverage quality. *Ciência e Agrotecnologia* 27(1): 98-106.
- Crisosto, C.H., P.C. Tausend, M.A. Nagao, L.H. Fuchigami and T. Chen. 1991. Effect of ethephon on ripening, seed development, branch growth and leaf abscission of *Coffea arabica* L. *Journal of Hawaiian and Pacific Agriculture* 3: 13-17.
- Rodrigues, J.P., P.E. A. Salomão, S.D.J. Freitas, W.P. Rodrigues, T.B. Struiving and P. Vale. 2019. Effect of growth regulators on maturity of fruit and quality of coffee drink. *Research, Society and Development* 8(6), doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i6.1026>
- Sanz-Urbe, J.R., P.J. Ramos-Giraldo and C.E. Oliveros-Tascon. 2008. Algorithm to identify maturation stages of coffee fruits. pp. 167-174. *In: Advances in electrical and electronics engineering-IAENG special edition of the world congress on engineering and computer science* 2008. IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/WCECS.2008.130>
- Winston, E.C., M. Hault, C.J. Howitt and R.K. Shepherd. 1992. Ethylene-induced fruit ripening in arabica coffee (*Coffea arabica* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32(3): 401-408.