

การให้แคลเซียมคลอไรด์ทางใบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรักษา คุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว

Calcium Chloride Foliar Application Increases Production Efficiency and Maintains the Postharvest Quality of Sweet Tamarind

ภาณุมาศ โคตรพวง^{1*} ทิwaporn ผดุง² และสโรชา ถึงสุข³

Panumas Kotepong^{1*}, Thiwaporn Phadung² and Sarocha Thuengsuk³

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

² กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

³ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก 65130

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

² Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

³ Agricultural Research and Development Regional Office 2, Department of Agriculture, Phitsanulok 65130

* Corresponding author: E-mail: panumas.k@doa.in.th, Tel : 02-579-5582

Received: June 5, 2025;

Revised: July 15, 2025;

Accepted: September 11, 2025

การให้แคลเซียมคลอไรด์ทางใบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรักษา คุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว

Calcium Chloride Foliar Application Increases Production Efficiency and Maintains the Postharvest Quality of Sweet Tamarind

บทคัดย่อ

มะขามหวานประสบปัญหาเชื้อราในฝักหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา จึงทำการศึกษาระยะเวลาการให้แคลเซียมคลอไรด์ทางใบที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามหวานพันธุ์สีทองก่อน และหลังการเก็บเกี่ยว จากการทดลองพบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น 26.89 กิโลกรัมต่อต้น น้ำหนักฝัก 39.56 กรัม และมีความยาวฝัก 18.16 เซนติเมตร สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ (กรรมวิธีควบคุม) นอกจากนี้ฝักมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์มีความแน่นเนื้อ และปริมาณแคลเซียมในเปลือกสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กรดที่ไทเทรตได้และวิตามินซี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน มีปริมาณเชื้อราต่ำสุด 1.0×10^2 CFU/g ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การให้แคลเซียมคลอไรด์จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน ให้รายได้สูงสุด 43,024 บาทต่อไร่ และมีกำไรเพิ่มขึ้น 26.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์ ดังนั้นการให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและสามารถลดการสูญเสียคุณภาพของมะขามหวานได้

คำสำคัญ: มะขามหวาน, แคลเซียมคลอไรด์, เชื้อรา, คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

Abstract

Fungal infection is one of the serious problems found in the pod of sweet tamarind which degrades their quality and shelf life. Therefore, this study is aimed to investigate the optimal calcium chloride foliar application reducing fungal infection before and after harvest in the pods of sweet tamarind cv. Si Thong. It was found that sweet tamarind treated with 0.5% calcium chloride three times before harvesting three months had the highest total yield per plant 26.89 kg per plant, pod weight 39.56 g and pod length 18.16 cm. In addition, sweet tamarind treated with calcium chloride had higher firmness and peel calcium content than other treatments. However, the quality of sweet tamarind such as soluble solids, titratable acidity and vitamin C were not statistically different among treatments. After storage at room temperature $30 \pm 2^\circ\text{C}$ for three months, sweet tamarind treated 0.5% calcium chloride three times before harvesting three months had the lowest fungal count of 1.0×10^2 CFU/g. In terms of economic returns, sweet tamarind treated with 0.5% calcium chloride three times before harvesting three months had the highest income of 43,024 baht per rai and profit increased by 26.22% when compared with the other treatment. Therefore, foliar application of 0.5% calcium chloride three times before harvesting three months was highly effective in increasing yield and reducing quality loss of sweet tamarind.

Keywords: Sweet tamarind, Calcium chloride (CaCl_2), Fungi, Postharvest quality

บทนำ (Introduction)

มะขามหวานเพชรบูรณ์ได้ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์กับกรมทรัพย์สินทางปัญญาเป็นพืชอัตลักษณ์และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้หลักของจังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี 2566 จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่ปลูกมะขามหวานจำนวน 81,868 ไร่ ผลผลิตรวม 52,854 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,171.24 ล้านบาท (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2567) มีแหล่งปลูกใหญ่ในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ หล่มสักและหล่มเก่า เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของดินในการปลูกมะขามหวานมากที่สุด โดยมี 4 สายพันธุ์หลักที่นิยมส่งออก ได้แก่ สีทอง สีชมพู ชันดี และอินทผลัม มะขามหวานเมื่อสุกแก่เปลือกของฝักจะมีลักษณะแห้งกรอบ การเก็บเกี่ยวจึงต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้เปลือกแตก เพราะจะทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา โรคเชื้อราในฝักเป็นปัญหาที่เกษตรกรพบได้บ่อยและยากที่จะป้องกันกำจัด ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดเชื้อราประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก คือ 1) ลักษณะพันธุ์ เช่น พันธุ์ที่มีเนื้อหนา มีความชื้นในฝักและความหวานสูงมักเกิดเชื้อราได้ง่าย 2) สภาพแวดล้อมที่มีความชื้นในอากาศสูงจะทำให้ทำให้เปลือกฝักอ่อนตัวทำให้เชื้อราออกทะลุผ่านเปลือกเข้าทำลายเนื้อในฝักการเกิดเชื้อราของเนื้อในฝักมักเกิดรุนแรงเมื่อมีฝนตก 3) เชื้อสาเหตุของโรค เชื้อราที่พบในฝักมะขามมีหลายชนิด ได้แก่ *Phomopsis* sp., *Aspergillus* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. เป็นต้น (จินตนา และ เบญจพร, 2555) เชื้อราแพร่กระจายโดยอาศัยลมและการไหลของสปอร์ไปตามหยดน้ำค้างบนกิ่งไปยังฝักมะขาม เข้าทำลายมะขามทางขั้วผลหรือผ่านทางเปลือกฝักที่แห้งกรอบ พบมากในฝักมะขามหวานระยะสุกใกล้เก็บเกี่ยวมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว นอกจากนี้เชื้อราบางชนิด เช่น *Peatalotiopsis sydowiana* เป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในต้นมะขามหวาน จึงพบได้ทุกระยะตั้งแต่ดอกบานจนฝักสุก จึงเป็นการยากที่จะป้องกันกำจัด โดยการฉีดพ่นด้วยสารเคมี (มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2557; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559)

ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษามะขามหวานเพื่อรอจำหน่าย ดังนั้นการป้องกันเชื้อราในฝักมะขามโดยการทำให้ฝักมะขามหวานมีเปลือกที่แข็งแรงเป็นวิธีหนึ่งที่ลดการเข้าทำลายของเชื้อราได้ ปัจจุบันมีการใช้แคลเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองมาช่วยในการลดการสูญเสียคุณภาพผลไม้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทสำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ในการเชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง (Poovaiah & Reddy, 1993) ความเข้มข้นของแคลเซียมในผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพ ผลไม้ที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมต่ำ ผนังเซลล์จะอ่อนแอ สารละลายต่างๆ รั่วไหลสูญเสียออกจากเซลล์ ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อบริเวณนั้นสูญเสียรูปทรง (สุมิตรา และ นุจิรี, 2557) มักจะเกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยา เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Fallahi et al., 2010) การพ่นแคลเซียมเพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมแก่ผลเป็นแนวทางการปฏิบัติที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในไม้ผลหลายชนิด เพื่อช่วยทำให้ผนังเซลล์คงความแข็งแรงและเพิ่มความแข็งแรงของแรงดึงระหว่างเซลล์พืช การให้แคลเซียมกับพืชอาจให้ในรูปเกลือแคลเซียมชนิดต่างๆ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) แคลเซียมแลคเตท ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$) แคลเซียมไนเตรท ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) และแคลเซียมแอสคอร์เบต ($\text{CaC}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{12}$) เป็นต้น (เฉลิมชัย, 2561) Kaiser et al. (2001) กล่าวว่า การใช้แคลเซียม นอกจากมีผลทำให้เซลล์และผนังเซลล์ของพืชมีความแข็งแรงคงความแน่นเนื้อได้ดีแล้ว ยังทำให้เซลล์พืชต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคได้ดีขึ้น การใช้ CaCl_2 มีประสิทธิภาพดีต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botryodiplodia theobromae* ที่เป็นสาเหตุโรคผลเน่าในผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยว หรือการใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ CaCl_2 กับผลมะม่วงทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวลดการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *Diplodia natalensis* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสและโรคผลเน่า Bender (1998) รายงานว่าการพ่น CaCl_2 ทางใบ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 30 วันก่อนเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตและลดการหลุดร่วงของผลมะม่วง ส่งเสริมการเพิ่มคุณภาพผลผลิตในด้านความแน่น

เนื้อผลและป้องกันการสลายตัวของชั้นมิดเดิลลามลลา ช่วยชะลอการสุกแก่ ลดอัตราการหายใจ และการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว Manganaris et al. (2005) รายงานว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ อัตรา 4 และ 6 กรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยวผลพืชช่วยเพิ่ม ความแน่นเนื้อและลดการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลพืชเน่าเสีย (brown rot) ในระหว่างการเก็บรักษา สายน้ำผึ้ง เหลาพะวัง และคณะ (2562) รายงานว่า การพ่นแคลเซียมโบรอน (CaB) ในระยะดอกบานและหลังดอกบาน ช่วยเพิ่มน้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ และความเข้มของสีผิวในผลพลับพลัมญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามมีข้อควรคำนึงถึงในการใช้แคลเซียมคืออย่างไร ให้แคลเซียมเข้าไปในผลได้มากพอ เนื่องจากแคลเซียมจัดอยู่ในกลุ่มเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืชอีกทั้งการพ่นแคลเซียมในไม้ผลแต่ละชนิดยังมีระยะเวลาการฉีดพ่นและความเข้มข้นที่แตกต่างกันซึ่งในมะขามหวานยังไม่มีมีการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการทดลองนี้จึงศึกษาการให้แคลเซียมทางใบในระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรักษาคุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ (Material and Methodology)

คัดเลือกต้นมะขามหวานพันธุ์สีทองอายุ 10 ปี ที่มีความสมบูรณ์ของต้นและขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน จำนวน 30 ต้น ในแปลงปลูกมะขามหวานของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามหวานบ้านโนนเสาชาง ตำบลตะบะเขว อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการปฏิบัติดูแลรักษาแปลงเป็นไปตามวิธีของเกษตรกร โดยเกษตรกรแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลังตัดแต่งกิ่ง ใส่ปุ๋ย 46-0-0 จำนวน 0.8 กิโลกรัมต่อต้น ปุ๋ย 18-46-0 จำนวน 0.4 กิโลกรัมต่อต้น และปุ๋ย 0-0-60 จำนวน 1.0 กิโลกรัมต่อต้น ครั้งที่ 2 หลังจากตัดแต่งกิ่ง ใส่ปุ๋ย 46-0-0 จำนวน 0.6 กิโลกรัมต่อต้น ปุ๋ย 18-46-0 จำนวน 0.25 กิโลกรัมต่อต้น และปุ๋ย 0-0-60 จำนวน 1.2 กิโลกรัมต่อต้นทำการผูกข้อดอกเพื่อกำหนดอายุวันดอกบาน หลังจากนั้นให้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการพ่นทางใบหลังจากดอกบาน 1 เดือน จำนวน 5 ลิตรต่อต้น วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block (RCB) จำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น

กรรมวิธีที่ 1 ไม่พ่นสาร

กรรมวิธีที่ 2 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)

กรรมวิธีที่ 4 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือนๆ ละ 1 ครั้ง (3 ครั้ง)

กรรมวิธีที่ 5 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 2 เดือนๆ ละ 1 ครั้ง (2 ครั้ง)

กรรมวิธีที่ 6 พ่นแคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือนๆ ละ 1 ครั้ง (1 ครั้ง)

เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมะขามหวานมีสีที่สุกแก่เต็มที่แล้ว นำผลผลิตไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิต่ำ (2 ± 0.5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น (กิโลกรัม), น้ำหนักฝัก (กรัม), ความกว้าง (เซนติเมตร) และความยาวฝัก (เซนติเมตร)

2. คุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ความแน่นเนื้อฝัก (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (บริกซ์) ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO., รุ่น PR-101, Japan) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ตามวิธีการของ AOAC (2019)

3. การเกิดเชื้อราในฝักมะขามหวาน โดยวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (CFU/g) ตามวิธีการของ AOAC (2019) ในมะขามหวานวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ในสภาพอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ

ผลและอภิปราย (Result and Discussion)

1. ปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักฝัก ความกว้างฝัก และความยาวฝัก

การให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการเจริญเติบโตของฝักมะขามหวาน ให้ปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักฝักและความยาวฝักแตกต่างกันทางสถิติ โดยมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน ให้ปริมาณผลผลิตทั้งหมดสูงสุด 26.89 กิโลกรัมต่อต้น น้ำหนักฝัก 39.56 กรัม และความยาวฝัก 18.16 เซนติเมตร ส่วนความกว้างฝักมะขามหวานในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีความกว้างฝักระหว่าง 2.67-2.90 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับ White and Broadley (2003) ที่รายงานว่า แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผล โดยทำหน้าที่เสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ ส่งเสริมกระบวนการแบ่งเซลล์และขยายตัวของผลนอกจากนี้ยังช่วยรักษาความเสถียรของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane stability) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักและขนาดของผล

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ระหว่างการเจริญเติบโตของฝัก

กรรมวิธี	ปริมาณผลผลิตทั้งหมด (กก.)	น้ำหนักฝัก (กรัม)	ขนาดฝัก	
			กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)
ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์(กรรมวิธีควบคุม)	20.43 b	27.79 b	2.67	14.06 b
แคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)	24.73 b	30.78 b	2.78	15.90 b
แคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)	24.95 b	31.89 b	2.81	16.64 b
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน (3 ครั้ง)	26.89 a	39.56 a	2.90	18.16 a
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน (2 ครั้ง)	24.81 b	31.06 b	2.88	16.54 b
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (1 ครั้ง)	23.30 b	28.22 b	2.84	14.22 b
F-test	*	*	ns	*
CV (%)	19.89	16.78	23.57	21.93

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. คุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว

การให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการเจริญเติบโตของฝักมะขามหวาน ให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันทางสถิติ โดยมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์มีความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ White and Broadley (2003) และ Irfan et al. (2020) ที่พบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์ในผลไม้ เช่น พืชและแอปเปิล สามารถเพิ่มความแน่นของเนื้อผลได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับรายงาน Fallahi et al. (2010) ที่รายงานว่า ผลไม้ที่มีแคลเซียมสูงจะมีความแน่นเนื้อสูงและมีอายุการเก็บรักษานานกว่าผลไม้ที่มีแคลเซียมต่ำ การทดลองนี้ยังพบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์จากความถี่บ่อยขึ้น สามารถช่วยให้ฝักมะขามหวานมีความแน่นเนื้อสูงกว่าการให้สารจำนวนน้อยครั้ง ส่วนคุณภาพผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 45.06-49.26 บริกซ์ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 1.27-1.50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณวิตามินซี 5.03-5.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพผลผลิตมะขามหวานหลังเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ระหว่างการเจริญเติบโตของฝัก

กรรมวิธี	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (บริกซ์)	ปริมาณกรดที่ ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์)	วิตามินซี (มก./100 กรัม นน. สด)
ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์(กรรมวิธีควบคุม)	15.65 b	47.84	1.49	5.03
แคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)	19.22 a	48.26	1.44	5.45
แคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)	18.30 a	46.35	1.40	5.24
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน (3 ครั้ง)	17.54 a	46.20	1.32	5.47
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน (2 ครั้ง)	17.38 a	45.06	1.38	5.59
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (1 ครั้ง)	16.29 b	45.96	1.50	5.64
F-test	*	ns	ns	ns
CV (%)	14.56	23.21	21.89	26.43

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ปริมาณแคลเซียมในส่วนต่างๆ ของมะขามหวาน

หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะขามหวานได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในส่วนของเปลือก เนื้อ รก และเมล็ด พบว่ามะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคลเซียมในเปลือกแตกต่างกันทางสถิติโดยมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับสารชัดเจน ส่วนปริมาณแคลเซียมในส่วนของเนื้อ รก และเมล็ด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ Fallahi et al. (2010) ที่กล่าวว่าแคลเซียมไม่เคลื่อนย้ายในพืช การสะสมแคลเซียมในพืชขึ้นอยู่กับการคายน้ำเป็นหลัก โดยปกติใบเป็นส่วนของพืชที่มีการคายน้ำมากจึงมีแคลเซียมสะสมอยู่มากกว่าผลที่มีการคายน้ำน้อย การฉีดพ่นแคลเซียมให้แก่ผลโดยตรงจึงเป็นวิธีการเพิ่มแคลเซียมที่มีประสิทธิภาพนอกจากนี้ปริมาณแคลเซียมในเปลือกมะขามหวานยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณความแน่นเนื้ออย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณแคลเซียมในส่วนต่างๆ ของฝัคมะขามหวาน

กรรมวิธี	ปริมาณแคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)			
	เปลือก	เนื้อ	รก	เมล็ด
ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์(กรรมวิธีควบคุม)	3.71 c	0.43	0.45	0.58
แคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)	4.36 a	0.49	0.54	0.63
แคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)	4.21 a	0.47	0.57	0.62
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน (3 ครั้ง)	4.16 a	0.50	0.49	0.60
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน (2 ครั้ง)	3.88 b	0.43	0.52	0.63
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (1 ครั้ง)	3.79 b	0.49	0.53	0.62
F-test	*	ns	ns	ns
CV (%)	13.49	15.95	15.15	16.75

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ปริมาณเชื้อราทั้งหมดในฝัคมะขามหวาน

หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมะขามหวานได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราในฝัก พบว่ามีปริมาณเชื้อราทั้งหมด <10 cfu/g ในทุกกรรมวิธี จากนั้นทำการเก็บรักษาผลผลิตเป็นเวลานาน 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิต่ำ (2±0.5 องศาเซลเซียส) พบว่าการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณเชื้อราทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติ โดยมะขามหวานที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเชื้อราทั้งหมดน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ และการให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน ตรวจพบปริมาณเชื้อราทั้งหมดน้อยที่สุดคือ 1.0x10² cfu/g นอกจากนี้การให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดเชื้อราในฝัคมะขามหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2±0.5 องศาเซลเซียส) ได้ (ตารางที่ 4) เนื่องจากแคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการเสริมความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์พืช ซึ่งทำให้พืชสามารถต้านทานเชื้อโรคได้ (เฉลิมชัย, 2561) สอดคล้อง กับ Manganaris et al. (2005) ที่พบว่า การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ให้แก่พืชสามารถชะลอการเกิดเชื้อรา *Monilinia fructicola* เช่นเดียวกับการพ่นแคลเซียมในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวในมะละกอช่วยลดการความเสียหายของเซลล์จากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสส่งผลให้รอยที่เกิดจากโรคมีขนาดเล็กลง (Mandani et al., 2016)

ตารางที่ 4 ปริมาณเชื้อราทั้งหมด (cfu/g) ในฝักมะขามหวานหลังเก็บเกี่ยวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ระหว่างการเจริญเติบโตของฝัก

กรรมวิธี	วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต	หลังเก็บรักษา 3 เดือน	
		อุณหภูมิห้อง (30±2°C)	อุณหภูมิต่ำ (2±0.5 °C)
ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์(กรรมวิธีควบคุม)	<10 est.	2.6x10 ⁴ a	1.5x10
แคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)	<10 est.	1.6x10 ² b	<10 est.
แคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)	<10 est.	1.8x10 ² b	<10 est.
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน (3 ครั้ง)	<10 est.	1.0x10 ² b	<10 est.
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน (2 ครั้ง)	<10 est.	2.6x10 ² b	<10 est.
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (1 ครั้ง)	<10 est.	4.2x10 ² b	1.0x10
F-test	ns	*	ns
CV (%)	ns	24.66	ns

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

5. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการให้แคลเซียมคลอไรด์ เพื่อลดการเกิดเชื้อราในฝักมะขามหวานพันธุ์สีทอง พบว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ให้สาร โดยการให้แคลเซียมคลอไรด์ทุกเดือน (7 ครั้ง) มีต้นทุนการผลิตทั้งหมดสูงสุด 12,817 บาทต่อไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์มีต้นทุนการผลิตทั้งหมดต่ำสุด 5,397 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 5) แม้ว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตและการเจริญเติบโตของฝัก พบว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์ ในทุกกรรมวิธีให้ปริมาณผลผลิต น้ำหนักฝักและความยาวฝักสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับสาร (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณารายได้และผลกำไร พบว่าการให้แคลเซียมคลอไรด์ทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์ โดยการให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซนต์ จำนวน 3 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยว 3 เดือน ให้รายได้สูงที่สุด 43,024 บาทต่อไร่ หรือมีรายได้เพิ่มขึ้น 10,336 บาทต่อไร่ คิดเป็น 31.62 เปอร์เซนต์) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์ และมีกำไรมากกว่ากรรมวิธีไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์ 7,156 บาทต่อไร่ คิดเป็น 26.22 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการให้แคลเซียมคลอไรด์ระหว่างการเจริญเติบโตของฝักมะขามหวานพันธุ์สีทอง

กรรมวิธี	ต้นทุน แคลเซียมคลอไรด์ (บาท/ไร่)	ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)
ไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์(กรรมวิธีควบคุม)	0	5,397	32,688	27,291
แคลเซียมคลอไรด์ ทุก 1 เดือน (7 ครั้ง)	7,420	12,817	39,568	26,751
แคลเซียมคลอไรด์ เดือนเว้นเดือน (5 ครั้ง)	5,300	10,697	39,920	29,223
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนเก็บเกี่ยว 3 เดือน (3 ครั้ง)	3,180	8,577	43,024	34,447
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน (2 ครั้ง)	2,120	7,517	39,696	32,179
แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 เดือน (1 ครั้ง)	1,060	6,457	37,280	30,823

สรุปผล (Conclusion)

การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางใบความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง อัตรา 20 ลิตรต่อต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว มะขามหวานพันธุ์สีทอง 3 เดือน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรักษาคุณภาพมะขามหวานหลังการเก็บเกี่ยว โดยให้ปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักฝัก ความยาวฝักสูงสุดและมีปริมาณการเกิดเชื้อราหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ต่ำสุด การให้แคลเซียมคลอไรด์ทำให้ฝักมีความแน่นเนื้อและมีการสะสมแคลเซียมในเปลือกสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับสาร สามารถชะลอการเกิดเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2+0.5 องศาเซลเซียส) ได้เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การให้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง อัตรา 20 ลิตรต่อต้น ก่อนการเก็บเกี่ยว 3 เดือน ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น 10,336 บาทต่อไร่ (31.62 เปอร์เซ็นต์) และมีกำไรมากกว่า 7,156 บาทต่อไร่ (26.22 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับสาร

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2559,พฤศจิกายน). ข่าวเดือนการระบาดศัตรูพืชประจำสัปดาห์ ประจำวันที่ 23 พฤศจิกายน 2559. กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร. http://www.ppsf.doae.go.th/forecast/2560/noverbem/73_pod_rot.pdf.

จินตนา สันามชัยกุล และ เบญจพร ศรีสุวรรณาศ. (2555). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การจัดการเชื้อราแบบผสมผสานในสวนมะขามหวานของเกษตรกรเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนมะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์. ศูนย์ข้อมูลการวิจัย วช.

เฉลิมชัย วงษ์อารี. (2561). การใช้แคลเซียมเพื่อรักษาผลคุณภาพของผลไม้ที่ดีหลังการเก็บเกี่ยว. Postharvest Newsletter. 17(4), 5-7.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. (2557). มะขามหวานจังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สายน้ำผึ้ง เหลาพะวัง, เจนจิรา ชุมภูคำ, อธิยา นะมิกิ, วีระ ศรีเมฆตรง และกฤษณา กฤษณพุกต์. (2562). ผลของแคลเซียมโบรอนและจิบเบอเรลลิกแอซิดต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิตพลับพลาพันธุ์ฟุย. Thai Journal of Science and Technology. 8(1), 10–19.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. (2567, มกราคม). ข้อมูลผลผลิตมะขามหวานปี 2566. <https://www.dailynews.co.th/news/3122599/>.

สุมิตรา ภู่วโรตม และนุจิรี บุญแปลง. (2557). แคลเซียม: ธาตุอาหารสำคัญในการผลิตผลไม้คุณภาพ. ดินและปุ๋ย. 36(1-4), 13–26.

AOAC. (1990). *Methods of Analysis*. 14th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

Bender, R. J. (1998). Elevated CO₂ in controlled atmosphere storage and regulation of mango ripening. *Annual Review of Phytopathology*. 7, 97–112.

Fallahi, E., Fallahi, B., Neilsen, G. H., Neilsen, D., and Peryea, F. J. (2010). Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. *Acta Horticulturae*, 868, 49–59.

Irfan, I., Khan, M. N., Ibrahim, M., Dawood, B. S., and Shah, S. Q. (2020). Effect of foliar application of calcium chloride on yield and quality of apple varieties. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 9(2), 1294–1303.

Kaiser, S. A. K. M., Dhua, R. S., and Banik, A. K. (2001). Effect of pre- and postharvest treatment with calcium compounds on the incidence of postharvest fruit rots of mango. *Mycopathological Research*. 39(2), 91–94.

Madani, B., Mirshekari, A., Sofo, A., and Tengku Muda Mohamed, M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). *Plant Nutrition*. 39(10), 1483–1492.

Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., and Tzavella-Klonari, K. (2005). The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components, and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Scientia Horticulturae*. 107(1), 43–50.

Poovaiah, B. W., and Reddy, A. S. N. (1993). Calcium and signal transduction in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 12(3), 185–211.

White, P. J., and Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*. 92(4), 487–511.