วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(3):27-41
J. Agri. Prod. 2021

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อคุณภาพผลมะเดื่อฝรั่ง

Effect of Plant Growth Regulators on Fruit Quality of Fig (*Ficus carica* L.)

วีรภัทร ปั้นฉาย[1] นพพร บุญปลอด[1] และ ดรุณี นาพรหม[2*]

Werapat Panchai[1] Nopporn Boonplod[1] and Daruni Naphrom[2*]

[1] สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

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

[2] สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2] Division of Horticulture, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: dnaphrom@gmail.com

(Received: 6 July 2021; Revised: August 2021; Accepted: 20 September 2021)

Abstract

A study on the effect of plant growth regulators on fruit quality of fig cv. Black genoa was conducted at Pomology greenhouse, Maejo University, Chiang Mai province from December 2019 to May 2020. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 3 replications 4 treatments as 1) control (tap water) 2) 1- (2-chloropyridin-4-yl) -3-phenylurea (CPPU) 20 mg/L 3) Brassinosteroids (Brs) 1 mg/L and 4) 3,5,6-TPA Maxim® (3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid) 30 mg/L. All treatments were single sprayed on the fruit at 7 weeks after fruit set. After fruit harvest, fruit attributes were measured and analyzed. The results showed that the fruit sprayed with 1 mg/L Brs had the highest fruit weight as 68.13 g, the widest fruit 52.38 mm, the longest fruit 56.10 mm compared with the control. Furthermore, it was highest in TSS 17.12 ºBrix, anthocyanin content 19.46 mg/100gFW and phenolic compound content 936.26 µg GAE/g FW compared to others. In addition, the fruit sprayed with 30 mg/L 3,5,6-TPA was highest in fruit firmness as 85.77 kg/cm^2, while TSS/TA was lowest as 123.83. All treatments had no effect on TA, pH, and Total vitamin C.

Keywords: Fruit growth, Brassinosteroids, CPPU, 3,5,6-TPA

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อคุณภาพผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Black genoa ณ แปลงทดลองไม้ผล สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (น้ำเปล่า) 2) ไซโตไคนิน 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) 20 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) บราสซิโนสเตอร์รอยด์ (Brassinosteroids) 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4) ออกซิน 3,5,6-TPA (3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid) Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกกรรมวิธีทำการพ่นสารหลังจากผลมีอายุได้ 7 สัปดาห์ และทำการวิเคราะห์คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า บราสซิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยมีน้ำหนักผล 68.13 กรัม มีความกว้างผลเท่ากับ 52.38 มิลลิเมตร และความยาวผลเท่ากับ 56.10 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 17.12 องศาบริกซ์ ปริมาณแอนโทไซยานิน 19.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 936.26 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกรรมวิธี ส่วนการใช้ 3,5,6-TPA 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีความแน่นเนื้อผลสูงที่สุดเท่ากับ 85.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 123.83 อย่างไรก็ตามการพ่น CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณวิตามินซี

คำสำคัญ: การเติบโตของผล บราสซิโนสเตอร์รอยด์ CPPU 3,5,6-TPA

คำนำ

มะเดื่อฝรั่ง (Fig) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ficus carica* L. อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นพืชกึ่งร้อน วงศ์เดียวกับหม่อน เป็นผลไม้ที่รู้จักในทวีปยุโรป อาทิ ประเทศตุรกี กรีซ อิตาลี สเปน และปลูกเป็นการค้าในที่ราบลุ่มน้ำแถบเมดิเตอร์เรเนียน และเป็นที่นิยมกันในประเทศอินเดียและสหรัฐอเมริกา พบมากที่สุดในเขตร้อนหรือเขตกึ่งร้อนในแถบทวีปเอเชีย โดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม เนื่องจากมีสภาพอากาศร้อนชื้นจึงทำให้ต้นมะเดื่อฝรั่งติดผลได้ตลอดทั้งปี (Heng, 2019) จากสถิติข้อมูลของ FAO (2020) พบว่า มะเดื่อฝรั่งปลูกในทั่วโลกประมาณ 301,062 เฮกตาร์ ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปี โดยปลูกได้ในทั่วทุกภูมิภาคในแถบเมดิเตอร์เรเนียน และในสภาพอากาศที่ใกล้เคียงกัน

มะเดื่อฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ผลัดใบ ใบเป็นใบเดี่ยวค่อนข้างหนา เป็นพืชที่ชอบแสงแดดตลอดทั้งวัน มะเดื่อฝรั่งมีถิ่นกำเนิดและแพร่กระจายในประเทศเขตร้อนในทุกทวีป มะเดื่อฝรั่งถูกนำมาปลูกในหลายพื้นที่ในประเทศไทย เช่น พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 600-800 เมตร (ณรงค์ชัย, 2550) มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่อุดมไปด้วยไฟเบอร์ โพแทสเซียม แคลเซียมและเหล็ก ที่มีระดับสูงกว่าผลไม้ทั่วไป เช่น กล้วย องุ่น ส้ม สตรอว์เบอร์รี

และแอปเปิล นอกจากนี้มะเดื่อฝรั่งยังเป็นแหล่งสำคัญของวิตามิน กรดอะมิโน สารต้านอนุมูลอิสระ และอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลที่ช่วยลดการเกิดโรคหัวใจ หลอดเลือดสมอง อัตราการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง (Hertog *et al.,* 1997) แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าผลไม้อื่น สายพันธุ์มะเดื่อฝรั่งที่มีผิวสีม่วงประกอบด้วยโพลีฟีนอลในระดับที่สูง แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์พร้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์มะเดื่อฝรั่งที่มีผิวสีเขียว

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช จัดเป็นสารสังเคราะห์ที่คล้ายฮอร์โมนพืช (Plant hormones) โดยทั่วไปมักจะเรียกสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชว่า ฮอร์โมนพืช ซึ่งบทบาทของฮอร์โมนจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชทุกขั้นตอนตั้งแต่งอก การพัฒนาการของพืช การออกดอกติดผล การพัฒนาการของผล การสุกจนกระทั่งต้นตาย ฮอร์โมนพืชเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นในปริมาณน้อย ในปัจจุบันมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (PGRs) ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนของพืชมาเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชทั้งในด้านยับยั้งหรือส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในพืชนั้น ๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายประเภทโดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการออกฤทธิ์ ได้แก่ ออกซิน จิบเบอร์เรลลิน ไซโตโคนิน เอทิลีน และบราสซิโนสเตอร์รอยด์ เป็นต้น

สาร 3,5,6–trichloro-2-pyridyloxyacetic acid (3,5,6-TPA) มีชื่อทางการค้าคือ Maxim® จัดอยู่ในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการขยายขนาดของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ในแคมเบียม การขยายของใบ การขยายขนาดของผล ซึ่งจากการรายงานของ Agustí *et al.* (1994) ได้ศึกษาการใช้ 3,5,6-TPA เพื่อเพิ่มผลผลิตและขนาดผลในส้ม Mandarin พันธุ์ Clausellina พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดของผลส้มได้ หรือการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส้ม Mandarin พันธุ์ Montenegrina สามารถทำให้ผลมีขนาดที่ใกล้เคียงกันและมีสีส้มมากขึ้นได้เช่นกัน (Gonzatto *et al.* 2016)

1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มไซโตไคนิน การออกฤทธิ์ทางสรีรวิทยาที่สำคัญของ CPPU ได้แก่ สนับสนุนการขยายตัวของเซลล์ ที่เกี่ยวข้องกับการดูดน้ำเข้าไปภายในเซลล์ สนับสนุนการพัฒนาและการแตกตาข้าง สามารถกระตุ้นให้ตาข้างที่ถูกยับยั้งด้วยตายอดเจริญออกมาได้ ในปัจจุบันได้มีการสังเคราะห์ CPPU และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางการเกษตรและทางการค้า โดยเฉพาะไม้ผล มีคุณสมบัติช่วยในการแบ่งเซลล์ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ภาสันต์และคณะ (2558) ที่ศึกษาการใช้ GA_3 และ CPPU ต่อขนาดและคุณภาพของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ขนาดของสับปะรดเพิ่มขึ้นได้ Antognozzi *et al*. (1996) ศึกษาอิทธิพลของ CPPU ต่อการสะสมคาร์โบไฮเดรตและกระบวนการเมตาบอลิซึมของกีวี พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กีวีมีการสุกไวมากขึ้น และยังเพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรตในผลอีกด้วย และ Kulkarni *et al.* (2017) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพและผลผลิตมะม่วง พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีความยาวผลเพิ่มขึ้น

10.56 เซนติเมตร น้ำหนักผลเฉลี่ย 328.73 กรัม และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 20.66 องศาบริกซ์

บราสซิโนสเตอร์รอยด์ (Brassinosteroids) เป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ที่ออกฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลากหลาย นอกจากนั้น มีการทดลองใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชอีกหลายชนิด เช่น พริกหยวก ผักกาดหัว มันฝรั่ง (สัมฤทธิ์, 2544) และยังส่งผลในการยืดยาวของลำต้น การเจริญเติบโตและการพัฒนาของราก รวมถึงการส่งเสริมการลำเลียงการดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ (นพดล, 2555) Thapliyal *et al.* (2016) ศึกษาอิทธิพลของการใช้จิบเบอเรลลินและบราสซิโนสเตอร์รอยด์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของลูกแพร์ [*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai] cv. Gola พบว่าการใช้ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด 12.91 องศาบริกซ์ และปริมาณวิตามินซีมากที่สุด 6.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด Mohammadrezakhani *et al.* (2016) ศึกษาผลของบราสซิโนสเตอร์รอยด์ต่อคุณภาพสตรอว์เบอร์รี พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกรดวิตามินซี และ Balraj and Kurdikeri (2002) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพและผลผลิตพริกที่ระยะการเก็บที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีการติดผล จำนวนดอก ความยาวผล น้ำหนักผล จำนวนผลต่อต้น มากที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อคุณภาพผลของมะเดื่อฝรั่งครั้งนี้ทำให้เพื่อทราบถึง ชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตเพื่อจะได้เป็นแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ให้กับเกษตรกรได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาทดลองเริ่มต้นในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 และเสร็จสิ้นใน เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 โดย คัดเลือกต้นมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Black genoa ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ลักษณะต้นสมบูรณ์ทั้งต้นและใบ ไม่มีโรค ในต้นที่มีอายุ 3 ปี ระยะปลูกระหว่างต้น 4 เมตร และระยะปลูกระหว่างแถว 2 เมตร จำนวน 12 ต้น วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ผล ทำการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชครั้งเดียวในช่วงหลังจากผลผลิตมีอายุได้ 7 สัปดาห์ เนื่องจากเป็นระยะ Log phase เป็นช่วงที่ผลมีการขยายขนาดซึ่งต้องการปริมาณฮอร์โมนที่เพียงพอในการเจริญเติบโต (วีรภัทร และนพพร, 2564) โดยพ่นสารตามกรรมวิธีดังต่อไปนี้ กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 3 BRs ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ กรรมวิธีที่ 4 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

การบันทึกผลด้านกายภาพ

ทำการเก็บผลผลิตที่เริ่มเปลี่ยนสีผิวจากเขียวเป็นสีม่วงแดงประมาณสัปดาห์ที่ 12 เพื่อวัดน้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิตอล

การบันทึกผลด้านเคมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) โดยใช้เครื่อง hand refractometer (PAL-1, Atago, Japan) การวัดปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ (total titratable acidity, TA) โดยนำตัวอย่างสดที่บดละเอียด 1 กรัม มาเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำมาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติเมื่อ pH มีค่าเท่ากับ 8.2 โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (FE20-1, Mettler-toledo, Switzerland) และเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ การวัดความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) โดยใช้เครื่อง Force Gauge 5100, Lutron, USA และ การวัดสีผิวของผล โดยเครื่อง Konica Minolta CR-20, Japan

ปริมาณวิตามินซี

การหาปริมาณวิตามินซี โดยการอ้างอิงจาก AOAC (1995) โดยนำตัวอย่างมา 1 กรัม จากนั้นเติมออกซาลิก 0.4 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตตัวอย่างที่ได้ 10 มิลลิลิตร ใส่แยกในหลอดทดลอง 3 หลอด ไทเทรตกับ 2,6-dichloroindophenol (DPIP) 0.04 เปอร์เซ็นต์ แล้วจดค่าที่ได้นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างในการหาปริมาณฟีนอลิก

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteau reagent ดัดแปลงจาก Sellappan *et al* (2002) ทำการบดตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับเมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้ได้ 20 มิลลิลิตร ทำการปิดปากบีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม แล้วเขย่าไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง แล้วนำไปกรอง whatmanNo.1 ต่อไปทำการดูดส่วนใสที่กรองได้จาก Whatman No.1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และกรองอีกครั้งด้วย 0.45 μM syringe nylon filter เก็บไว้ในขวดสีชาปิดด้วยพาราฟิล์ม ที่มืด 4 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Sellappan *et al.* (2002) นำสารสกัดที่ได้ 50 μl มาเติม methanol 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 μl น้ำกลั่น 1,000 μl Na_2CO_3 375 μl Folin-Ciocalteau 125 μl และน้ำกลั่น 1000 μl ทำการเขย่า 2 ชั่วโมงในที่มืด จากนั้นนำไปวัดโดยใช้เครื่อง UV-Spectrophotometer (722G, Renonlab, China) ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร นำค่า OD ที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน (สรศักดิ์, 2558) เพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยใช้สูตร $y = 0.074x - 0.0967$, $R^2 = 0.9933$ โดยความเข้มข้นเท่ากับ 0-300 ไมโครกรัม โดยเทียบเป็นหน่วยไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างสด 1 กรัม (Microgram Gallic Acid Equivalent/g Fresh Weight)

ปริมาณแอนโทไซยานิน

การหาปริมาณแอนโทไซยานิน โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Ranganna (2004) นำตัวอย่างมาบดละเอียด 1 กรัม จากนั้นเติมเอทาโนลิก 20 มิลลิลิตร (เอทานอล: กรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วน 85:15) เขย่าในที่มืด 3 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วย Whatman No.1 ทำการปรับปริมาตรด้วย เอทาโนลิก

100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดโดยใช้เครื่อง UV-Spectrophotometer (722G, Renonlab, China) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร นำค่า OD ที่ได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยใช้สูตร Ranganna (2004) ดังนี้

$$\text{ค่าการดูดกลืนแสงทั้งหมด} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร} \times 100 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงทั้งหมด}}{98.2}$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แบบ One-way ANOVA โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มีการเปรียบเทียบโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

น้ำหนักและขนาดของผล

จากผลการศึกษาการใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่งด้านน้ำหนักผล พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยมากที่สุด 68.13 กรัม (Table 1) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ghorbani *et al.* (2017) พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ฉีดพ่นในช่วงระยะที่องุ่นเริ่มมีการสะสมน้ำตาล (veraison) โดยองุ่นจะเปลี่ยนสีจากเขียวไปเป็นม่วงหรือสีอื่น ๆ และผลองุ่นจะมีการสร้างสารสีต่าง ๆ เช่น anthocyanin และ xanthophyll โดยสามารถเพิ่มน้ำหนักและคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์ Thompson Seedless ได้ โดยบราสซิโนสเตอรอยด์มีกลไกบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มของออกซินภายในผลและยังควบคุมยีนที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ออกซิน (Sasse, 1990; Halliday, 2004) เป็นเหตุทำให้ผลมีการขยายขนาด และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น

ด้านขนาดความกว้างและความยาวของผล พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีความกว้างผลเฉลี่ยมากที่สุด 53.24 มิลลิเมตร (Figure 1B) สอดคล้องกับ กิตติพงศ์ และคณะ (2557) พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในองุ่นพันธุ์ไม่มีเมล็ด (Marroo Seedless) ส่งผลให้มีน้ำหนักช่อผล ความกว้าง ความยาวเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถเพิ่มขนาดของผลสับปะรด (ภาสันต์ และคณะ 2558) และมะม่วงได้เช่นกัน (Kulkarni *et al.,* 2017) เนื่องจาก CPPU เป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในกลุ่มไซโตไคนินซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มขนาดของผลโดยการกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดภายในผล (Kim *et al.,* 2006) ส่วนการใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลเฉลี่ยมากที่สุด 56.10 มิลลิเมตร (Figure 1C) (Table 1)

Table 1 Effect of PGRs on fruit size and fruit weight

Treatments	Fruit size (millimeter)		Fruit weight (gram)
	Fruit width	Fruit length	
Control	49.03[c]	49.17[b]	56.50[b]
CPPU 20 mg/L	53.24[a]	54.64[a]	66.87[a]
Brassinosteroid 1 mg/L	52.38[ab]	56.10[a]	68.13[a]
3,5,6-TPA 30 mg/L	49.75[bc]	52.92[ab]	58.32[b]
F-test	**	**	**
CV (%)	9.03	11.00	17.55

Note: 1/mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

สีผิวของผล

จากผลการศึกษาการใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า สีผิวผลที่ได้รับสารทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าความสว่าง L* ที่ 27.59 ค่า a* ที่ 12.14 (Figure 1D) ซึ่งสาร 3,5,6-TPA จัดอยู่ในกลุ่มออกซินสังเคราะห์เช่นเดียวกับ NAA และ 2,4,5-TP (2-[2,4,5-trichlorophenoxy] โดย Macheix *et al*. (1990) ระบุว่าสารในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ สามารถเพิ่มสีแดงให้กับสีผิวของผลในแอปเปิลได้ และการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่า b* ที่ 4.15 (Figure 1B) (Table 2)

Table 2 Effect of PGRs on peel color

Treatments	L*	a*	b*
Control	26.38	10.25	3.73
CPPU 20 mg/L	26.22	10.97	4.15
Brassinosteroid 1 mg/L	25.96	10.95	3.37
3,5,6-TPA 30 mg/L	27.59	12.14	3.91
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	9.36	25.10	28.99

Note: ns = non-significant difference

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ความแน่นเนื้อของผล และค่าความเป็นกรด-ด่าง

สำหรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธี โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยมากที่สุด 17.12 องศาบริกซ์ (Table 3) สอดคล้องกับ Thapliyal *et al.* (2016) พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้คุณภาพของลูกแพร์สายพันธุ์ Gola มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด 12.91 องศาบริกซ์ในองุ่น (Champa *et al.,* 2014), เสาวรส (Gomes *et al.,* 2006) และเชอร์รี่ (Roghabadi and Pakkish, 2014) เนื่องจากสารบราสซิโนสเตอร์รอยด์ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารจากแหล่งสร้างไปสู่แหล่งที่ใช้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแป้งและเป็นน้ำตาล (Li *et al.,* 2013) ส่วนการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเพียง 13.38 องศาบริกซ์ ซึ่ง Stern *et al*. (2007) ระบุว่าการใช้ 3,5,6-TPA มีผลทำให้ผลมีการสุกไวมากขึ้นตามด้วยการเปลี่ยนแปลงของสีและความแน่นเนื้อ แต่จะไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.11-0.12 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับทุกกรรมวิธี โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 123.83 ส่วนกรรมวิธีใช้ที่ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 163.45 (Table 3) สอดคล้องกับ นลินี และคณะ (2554) ที่ใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใช้เป็นตัวชี้วัดในการอธิบายถึงรสชาติได้ดีกว่า (Harker *et al.,* 2002) ความแน่นเนื้อของผล พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธี โดยทำให้ความแน่นเนื้อของผลเฉลี่ย 85.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Table 3) เนื่องจากการใช้ 3,5,6-TPA ในปริมาณสูงมีผลทำให้ความแน่นเนื้อของผลเพิ่มขึ้นและทำให้ผลมีการสุกเร็วขึ้น เนื่องจากในกลุ่มออกซินเพิ่มการทำงานของกระบวนการผลิตเอทิลีน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มสีแดงให้กับผิวผล (Basak and Buczek, 2009) ส่วนกรรมวิธีใช้ที่ บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแน่นเนื้อเพียง 51.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Table 3) และค่าความเป็นกรด-ด่างทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.77-5.81 (Table 3)

Table 3 Effect of PGRs on total soluble solids, total titratable acidity, total soluble solids total/titratable acidity, fruit firmness, and pH

Treatments	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	Firmness (kg/cm^2)	pH
Control	15.92^b	0.11	154.45^a	52.50^b	5.81
CPPU 20 mg/L	15.48^b	0.11	162.53^a	58.66^b	5.75
Brassinosteroid 1 mg/L	17.12^a	0.11	163.45^a	51.33^b	5.77
3,5,6-TPA 30 mg/L	13.38^c	0.12	123.83^b	85.77^a	5.79
F-test	**	ns	**	**	ns
CV (%)	8.68	18.80	26.39	23.96	2.37

Note: 1/mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

ns = non-significant difference

** indicated significant difference at P< 0.01

วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานิน

ปริมาณวิตามินซี พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณวิตามินซีอยู่ระหว่าง 1.20-1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยการใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Table 4) ซึ่งบราสซิโนสเตอรอยด์ทำให้ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น โดยทำให้ L-galacton-1, 4-lacton dehydrogenase (L-GaLDH) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดวิตามินซีให้มีการสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้น (Asghari *et al.,* 2016) ด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีที่ใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด 936.26 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด (Table 4) สอดคล้องกับการศึกษาของ Asghari *et al.* (2018) พบว่า บราสซิโนสเตอร์รอยด์ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในองุ่นเพิ่มขึ้น โดยทำให้การทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการตอบสนองต่อการสร้างสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น และปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธี โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด 19.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Table 4) ซึ่งการสังเคราะห์แอนโทไซยานินจะถูกกระตุ้นโดยความเครียดจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ แสงจากยูวี ความแห้งแล้ง และ

การขาดธาตุอาหาร (Winkel-Shirley, 2002) หรือจากการใช้ฮอร์โมน เช่น กรดจัสโมนิกและบราสซิโนสเตอร์รอยด์ (Deikman and Hammer 1995, Shan *et al.,* 2009, Qi *et al.,* 2011) และ Yuan *et al.* (2015) พบว่า การสังเคราะห์ของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นมาจากการถูกกระตุ้นจากไซโตไคนิน ซึ่งการที่ไซโตไคนินถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นมีผลมาจากการใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินได้ โดยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับแอนโทไซยานิน คือ chalcone synthase และ chalcone isomerase มีการสังเคราะห์ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับบราสซิโนสเตอร์รอยด์ (Luan *et al.,* 2013)

Table 4 Effect of PGRs on total vitamin C, total phenolic compound content, and total anthocyanin content

Treatments	Total vitamin c (mg/100gFW)	Total phenolic compound content (μg GAE/gFW)	Total anthocyanin content (mg/100gFW)
Control	1.35	869.97[ab]	10.45[c]
CPPU 20 mg/L	1.20	800.75[b]	13.69[b]
Brassinosteroid 1 mg/L	1.39	936.26[a]	19.49[a]
3,5,6-TPA 30 mg/L	1.28	821.70[b]	10.74[c]
F-test	ns	**	**
CV (%)	24.15	13.01	21.96

Note: [1/]mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

ns = non-significant difference

** indicated significant difference at P< 0.01

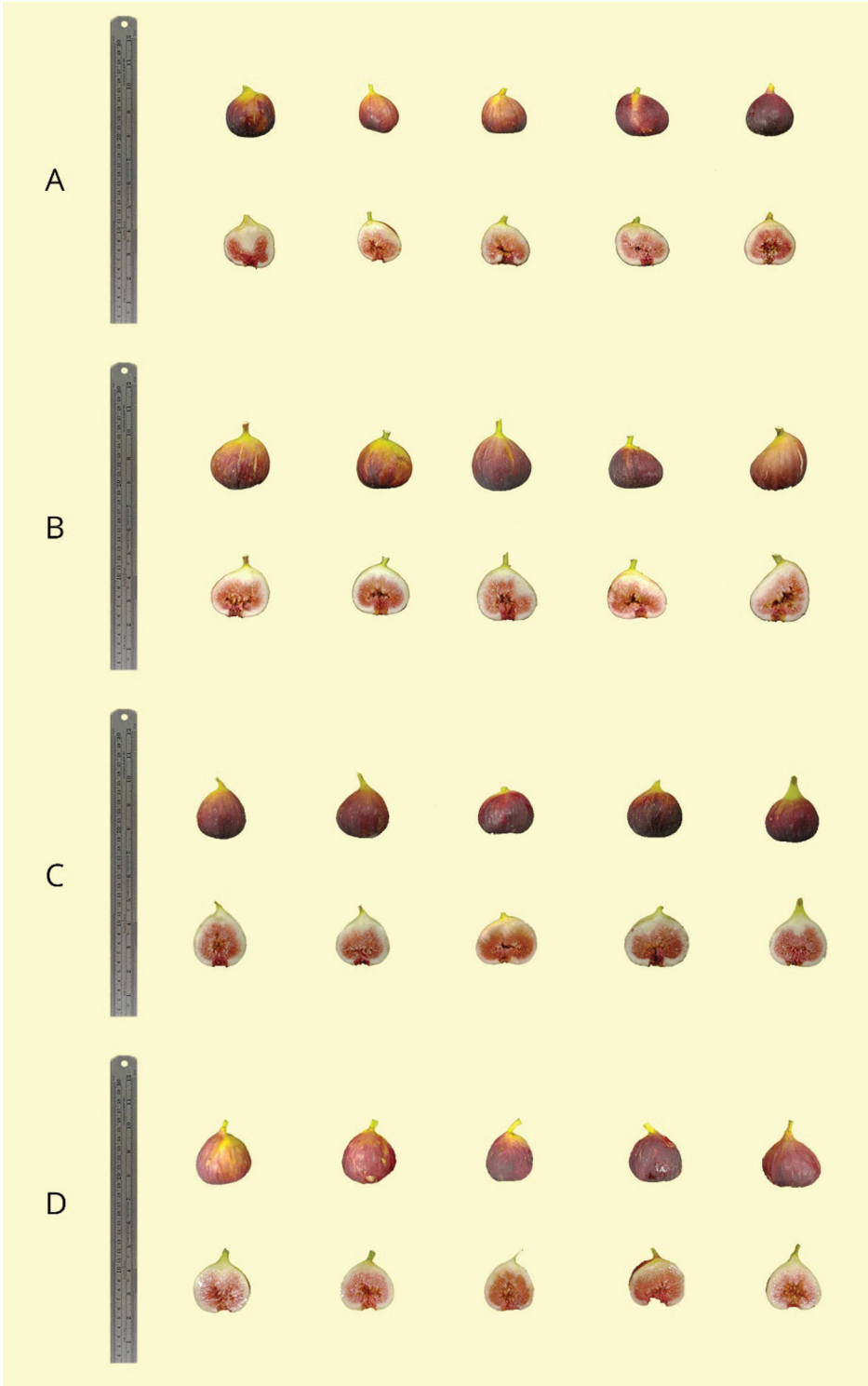

Figure 1 Fig fruits after treated at 30 days: (A) tap water, (B) CPPU 20 mg/L, (C) Brassinosteroid 1 mg/L, (D) 3,5,6-TPA 30 mg/L

สรุปผลการศึกษา

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพ พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลมะเดื่อฝรั่งมีน้ำหนักผลสูงที่สุด 68.13 กรัม ความกว้าง 52.38 มิลลิเมตร ความยาว 56.10 มิลลิเมตร และยังส่งผลถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงสุด 17.12 องศาบริกซ์ รวมถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 936.26 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด และปริมาณแอนโทไซยานิน 19.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนการใช้ 3,5,6-TPA 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำเพียง 123.83 รวมถึงส่งผลให้มีความแน่นเนื้อสูงถึง 85.77 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นเกษตรกรจึงควรเลือกใช้บราสซิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตมะเดื่อฝรั่งได้ เนื่องจากทำให้น้ำหนักผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ สารประกอบฟีนอลิก และปริมาณแอนโทไซยานิน สูงสุดมากกว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ยังคงต้องมีการศึกษาการลด-เพิ่มระดับความเข้มข้นของสารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2559. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและแนวทางการใช้กับไม้ผล. สถาบันวิจัยพืชสวน, กรุงเทพฯ.

กิตติพงศ์ กิตติวัฒน์โสภณ พินิจ กรินท์ธัญญกิจ และกัลยาณี สุวิทวัส. 2557. ผลของการใช้สาร GA_3 และ CPPU ที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลองุ่นไม่มีเมล็ดพันธุ์ Marroo Seedless. วารสารแก่นเกษตร 3พิเศษ(42): 69-74.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2550. การผลิตไม้ผลเมืองหนาวขนาดเล็กในเขตร้อน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2555. เอกสารคำสอน วิชา พส432 สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นลินี เจริญวรรณ์ ศิวาพร ธรรมดี และฉันทลักษณ์ ติยายน. 2554. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อการแก่ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42พิเศษ(1): 267-270.

ภาสันต์ ศารทูลทัต พิมพ์นิภา เพ็งช่าง ธนากร บุญกล่ำ และกัลยาณี สุวิทวัส. 2558. ผลของ GA_3 และ CPPU ต่อขนาดและคุณภาพผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(3): 161-164.

วีรภัทร ปั้นฉาย และนพพร บุญปลอด. 2564. การเจริญและการพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Black Genoa ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 38(1): 1-11.

สรศักดิ์ คำตื้อ. 2558. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพผลและสารต้านอนุมูลอิสระในมะเกี๋ยง.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช. คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ.

Agustí, M., V. Almela, M. Juan, E. Primo-Millo, I. Trenor, and S. Zaragoza. 1994. Effect

of 3, 5, 6-trichloro-2-pyridyl-oxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina'mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Journal of Horticultural Science. 69(2): 219-223.

Antognozzi, E., A. Battistelli, F. Famiani, S. Moscatello, F. Stanica. and A. Tombesi. 1996. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa* (A. Chev.). Scientia Horticulturae. 65(1): 37-47.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th Edition. Cuniff. P. (Ed.) AOAC International, Washington, Chapter 12, 960.52. p: 7.

Asghari, M. and P. Zahedipour. 2016. 24-Epibrassinolide acts as a growthpromoting and resistance-mediating factor in strawberry plants. Journal of Plant Growth Regulation. 34: 1-8.

Asghari, M. and R. Rezaei-Rad. 2018. 24-Epibrassinolide enhanced the quality parameters and phytochemical contents of table grape. Journal of Applied Botany and Food Quality. 91: 226-231.

Balraj, R. and M. Kurdikeri. 2002. Effect of growth regulators on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum*) at different pickings. Indian Journal of Horticulture. 59(1): 84-88.

Basak, A. and M. Buczek. 2009. Results on the use of 3,5,6-TPA against preharvest fruit drop in'Conference'pear. Paper presented at the XI International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production. 884: 391-397.

Champa, W.H., M. Gill, B. Mahajan. and N. Arora. 2014. Pre-harvest treatments of brassinosteroids on improving quality of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedles. International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. 2(1): 96-104.

Deikman, J. and P.E. Hammer. 1995. Induction of anthocyanin accumulation by cytokinins in Arabidopsis thaliana. Plant Physiology. 108(1): 47-57.

FAO. 2020. FAOSTAT. Retrieved 20 April 2020 from http://www.fao.org/faostat/en/#data.

Ghorbani, P., S. Eshghi and H. Haghi. 2017. Effects of brassinosteroid (24-epibrassinolide) on yield and quality of grape ("*Vitis vinifera*" L.) 'Thompson Seedless'. *Vitis:* Journal of Grapevine Research. 56(3): 113-117.

Gomes, M. D., M.A. Campostrini, E. Leal, N.R. Viana, A.P. Ferraz, T.M. do, L. Nascimento Siqueira and M.A.T. Zullo. 2006. Brassinosteroid analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants

(*Passiflora edulis* f. flavicarpa). Scientia Horticulturae. 110(3): 235-240.

Gonzatto, M.P., G.N. Böettcher, L.A. Schneider, Â.A. Lopes, S. Júnior, J. Camargo, H.B. Petry, R.P. Oliveira and S.F. Schwarz. 2016. 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid as effective thinning agent for fruit of "Montenegrina" mandarin. Ciência Rural. 46(12): 2078-2083.

Halliday, K.J. 2004. Plant hormones: the interplay of brassinosteroids and auxin. Current Biology. 14(23): 1008-1010.

Heng, H.T. 2019. Figs are trending in southeast Asia. [online] Retrieved from https://www.mintel.com/blog/food-market-news/figs-are-trending-in-southeast-asia (11 August 2020).

Hertog, M., P.M. Sweetnam, A.M. Fehily, P.C. Elwood and D. Kromhout. 1997. Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of men: the Caerphilly Study. The American Journal of Clinical Nutrition. 65(5): 1489-1494.

Kim, J., Y. Takami, T. Mizugami, K. Beppu, T. Fukuda and I. Kataoka. 2006. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit. Scientia Horticulturae. 110(2): 219-222.

Kulkarni, S., S. Patil and S. Magar. 2017. Effect of plant growth regulators on yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kesha. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 6(5): 2309-2313.

Li, H., J. Wang. Y. Chen and R. Li. 2013. Effects of brassinolide on fruit growth and quality of pitaya. Journal of Southern Agriculture. 44(7): 1150-1153.

Luan, L.Y., Z.W. Zhang, Z.M. Xi, S.S. Huo and L.N. Ma. 2013. Brassinosteroids regulate anthocyanin biosynthesis in the ripening of grape berries. South African Journal of Enology and Viticulture. 34(2): 196-203.

Macheix, J.J., A. Fleuriet and J, Billot. 1990. Fruit Phenolics. CRC Press. Boca Raton. Florida, USA.

Mohammadrezakhani, S., Z. Pakkish and S. Rafeii. 2016. Role of brassinosteroid on qualitative characteristics improvement of strawberry fruit cv. Paros. Journal of Horticulture Science. 30(2): 316-326.

Qi, T., S. Song, Q. Ren, D. Wu, H. Huang, Y. Chen and D. Xie. 2011. The Jasmonate-ZIM-domain proteins interact with the WD-Repeat/bHLH/MYB complexes to regulate Jasmonate-mediated anthocyanin accumulation and trichome initiation in *Arabidopsis thaliana*. The Plant Cell. 23(5): 1795-1814.

Roghabadi, M.A. and Z. Pakkish. 2014. Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe

Mashhad'sweet cherry (*Prunus avium* L.). Agricultural Communications. 2(4): 49-56.

Sasse, J. M. 1990. Brassinolide-induced elongation and auxin. Physiologia Plantarum. 80(3): 401-408.

Shan, X., Y. Zhang, W. Peng, Z. Wang and D. Xie. 2009. Molecular mechanism for jasmonate-induction of anthocyanin accumulation in Arabidopsis. Journal of Experimental Botany. 60(13): 3849-3860.

Stern, R.A., M. Flaishman, S. Applebaum, and R. Ben-Arie. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit development of 'Bing'cherry (*Prunus avium* L.). Scientia Horticulturae. 114(4): 275-280.

Thapliyal, V.S., P. Rai and L. Bora. 2016. Influence of pre-harvest application of gibberellin and brassinosteroid on fruit growth and quality characteristics of pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai) cv. Gola. Journal of Applied and Natural Science. 8(4): 2305-2310.

Winkel-Shirley, B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Current Opinion in Plant Biology. 5(3): 218-223.

Yuan, L.B., Z.H. Peng, T.T. Zhi, Z. Zho, Y. Liu, Q. Zhu and C.M. Ren. 2015. Brassinosteroid enhances cytokinin-induced anthocyanin biosynthesis in Arabidopsis seedlings. Biologia Plantarum. 59(1): 99-105.