ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง

วีรภัทร ปั้นฉาย

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง

วีรภัทร ปั้นฉาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโต
และคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง

วีรภัทร ปั้นฉาย

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชสวน

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร บุญปลอด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย วิริยะอลงกรณ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ปารวี กาญจนประโชติ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง
ชื่อผู้เขียน นายวีรภัทร ปั้นฉาย
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร บุญปลอด

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง (*Ficus carica* L.) พันธุ์แบล็คเจนัว ดำเนินการ ณ แปลงทดลองไม้ผล สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างระยะเวลา ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2562 ความสูงจากระดับน้ำทะเล 322 เมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตและสารควบคุมการเจริญเติบของพืชต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่งมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ double sigmoid curve สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ในสัปดาห์ที่ 1-4 ผลจะมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักผลอย่างช้าๆ โดยมีน้ำหนักผลเท่ากับ 0.01-7.60 กรัม ระยะที่ 2 ในสัปดาห์ที่ 5-8 ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น มีน้ำหนักผลเท่ากับ 10.56-25.48 กรัม และ ระยะที่ 3 ในสัปดาห์ที่ 9-12 ผลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างอย่างรวดเร็ว โดยมีน้ำหนักผลเท่ากับ 12.97-69.39 กรัม ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และความแน่นเนื้อ ในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเท่ากับ 17.80 องศาบริกซ์ 0.23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่สีผิวผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 10 และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วงจนถึงสีม่วงดำในสัปดาห์ที่ 12

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การใช้ GA_{4+7} 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการตัดยอด มีผลทำให้มีความยาวยอดใหม่เท่ากับ 15.13 เซนติเมตร จำนวนผลเท่ากับ 2.77 ผลต่อกิ่ง และจำนวนใบ เท่ากับ 2.02 ใบ จำนวนผลเฉลี่ย 2.77 ผลต่อกิ่ง และจำนวนใบเฉลี่ย 2.02 ใบ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การใช้บราสสิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลมากที่สุดเท่ากับ 68.13 กรัม มีความกว้างผลเท่ากับ 52.38 มิลลิเมตร และความยาวผลเท่ากับ 56.10 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดเท่ากับ 17.12 องศาบริกซ์ 19.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และ 936.26 ไมโครกรัมสมมูล

ของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนการใช้ 3,5,6-TPA 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีความแน่นเนื้อผลเพิ่มขึ้น 85.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเท่ากับ 123.83 อย่างไรก็ตามการพ่น CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณวิตามินซี

คำสำคัญ : มะเดื่อฝรั่ง, สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, คุณภาพมะเดื่อฝรั่ง

Title EFFECT OF PLANT GROWTH REGULATORS ON GROWTH AND DEVELOPMENT AND FRUIT QUALITY OF FIG

Author Mr. Werapat Panchai

Degree Master of Science in Horticulture

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Nopporn Boonplod

ABSTRACT

A study on growth and development of *Ficus carica* L. cv. Black genoa were carried out at Pomology, Maejo University, Chiang Mai province from December 2018 to March 2019. An elevation is 322 meters above mean sea level. The objective of this study was to study the pattern of fruit growth and development of fig and effects of PGRs growth and development and fruit quality. It was found that the fruit growth and development of fig is double sigmoid curve. In the first phase, during 1-4 weeks, fruit size increased slowly and fruit weight was 0.01-7.60 grams. The second phase, during 5-8 weeks, the fruit size increased slightly and the fruit weight was 10.56-25.48 grams. Finally, in the third phase, the fruit size increased rapidly to 12.97-69.39 grams of fruit weight. The total soluble solids, total titratable acid and Fruit firmness at 12 weeks was 17.8 ºBrix, 0.23% and 0.10 kg/cm^2, respectively. Peel colour changed from green to yellow in 10 weeks and turned from reddish-purple to black-purple in 10 to 12 weeks.

The study on effects of PGRs on growth and development was found that GA_{4+7} at a concentration 250 mg/L mixed with BA at a concentration 250 mg/L in combination with shoot pruning gave new shoot length as 15.13 cm, number of fruits was 2.77 fruits per branch and number of leaves was 2.02 which higher than control treatment.

Furthermore, effects of PGRs on fruit quality using Brs at a concentration 1 mg/L had the highest fruit weight 68.13 gram, the widest fruit 52.38 millimeters,

the longest fruit 56.10 millimeters. Furthermore, TSS, anthocyanin content and phenolic compound content increased up to 17.12 ºBrix 19.46 mg/100gFW and 936.26 μgGAE/gFW respectively. In addition, using 3,5,6-TPA concentration 30 mg/L increased fruit firmness to 85.77 kg/cm^2, while decreasing in TSS/TA to 123.83. Spraying CPPU, BRs and 3,5,6-TPA had no effect on TA, pH and vitamin C.

Keywords : Fig, Plant growth regulators, Quality of Fig

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร บุญปลอด ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และสนับสนุนการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย วิริยะอลงกรณ์ อาจารย์ ดร.ปารวี กาญจนประโชติ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไข้ข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณี นาพรหม ประธานกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาพืชไร่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบพระคุณ คณาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องที่คอยสนับสนุน ให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆทั้งในด้านการเรียนรู้ในห้อง และการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอบพระคุณ ทุนศิษย์ก้นกุฏิ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอบพระคุณครอบครัวที่คอยช่วยเหลือตลอดจนสนับสนุนทุนการศึกษา ให้คำปรึกษาเรื่องต่างๆ คอยสร้างกำลังใจ และเป็นกำลังใจให้ตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

วีรภัทร ปั้นฉาย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญภาพภาคผนวก ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ 2

ขอบเขตการศึกษา 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเดื่อฝรั่ง 3

ความสำคัญทั่วโลกและมูลค่าทางเศรษฐกิจ 4

คุณค่าทางโภชนาการ 6

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผล 9

การเจริญเติบโตของผล 9

การปลูกและการจัดการทรงต้น 10

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 13

ออกซิน 13

จิบเบอเรลลิน (gibberellins) 14
ไซโตไคนิน (Cytokinins) 14
บราสสิโนสเตอรอยด์ (Brassinosteroids) 15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 17
พืชที่ใช้ในการทำการทดลอง 17
สถานที่ทำการทดลอง 17
ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย 17
วัสดุและอุปกรณ์ 18
การวิเคราะห์ข้อมูล 20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 21
การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง 21
การทดลองที่ 2 ผลของ GA_{4+7} และ BA ร่วมกับการตัดและไม่ตัดยอดต่อการเจริญเติบโตของมะเดื่อฝรั่ง 27
การทดลองที่ 3 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง 33
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 41
บรรณานุกรม 42
ภาคผนวก 52
ประวัติผู้วิจัย 66

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารและปริมาณแร่ธาตุในมะเดื่อฝรั่ง 7

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในผลไม้, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้ และปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ 8

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านความยาวกิ่งใหม่ของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 28

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนวันในการแตกตาของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 29

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนของผลของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 30

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนของใบของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 31

ตารางที่ 7 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อขนาดผลและน้ำหนักของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน 34

ตารางที่ 8 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อสีผิวผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน 34

ตารางที่ 9 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และความแน่นเนื้อ ของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน 36

ตารางที่ 10 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณวิตามินซีของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน 37

ตารางที่ 11 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานินของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน 38

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การเก็บเกี่ยวและการผลิตมะเดื่อฝรั่งทั่วโลก ปี 2558-2561 5
ภาพที่ 2 ส่วนแบ่งการผลิตมะเดื่อฝรั่งในแต่ละตามภูมิภาค ปี 2561 5
ภาพที่ 3 ประเทศที่ผลิตมะเดื่อฝรั่งสูงสุด 10 ประเทศ ปี 2561 6
ภาพที่ 4 พื้นที่ให้ผลผลิตมะเดื่อฝรั่งทั่วโลก 6
ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของผลมะเดื่อฝรั่ง 9
ภาพที่ 6 ต้นมะเดื่อฝรั่ง 17
ภาพที่ 7 น้ำหนักของผล 21
ภาพที่ 8 ความกว้างและความยาวของผล 22
ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ 23
ภาพที่ 10 ความแน่นเนื้อผล 24
ภาพที่ 11 สีผิวของผล 24

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่ 1 อุณหภูมิ เดือน ธันวาคมปี 2561 - เดือนมีนาคม ปี 2562 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง 53

ภาพภาคผนวกที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ เดือน ธันวาคมปี 2561 - เดือนมีนาคม ปี 2562 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง 53

ภาพภาคผนวกที่ 3 อุณหภูมิ เดือน ธันวาคมปี 2562 - เดือนมีนาคม ปี 2563 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง 54

ภาพภาคผนวกที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ เดือน ธันวาคมปี 2562 - เดือนมีนาคม ปี 2561 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง 54

ภาพภาคผนวกที่ 5 ระยะการพัฒนาของผล (1-4 สัปดาห์ เดือน ธันวาคม ปี 2561 - มกราคม ปี 2562, 5-8 สัปดาห์ เดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ ปี 2562, 9-12 สัปดาห์ เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ปี 2562, 13-14 สัปดาห์ เดือนมีนาคม ปี 2562) 55

ภาพภาคผนวกที่ 6 การไม่ตัดยอด ร่วมกับการ การพ่นน้ำเปล่า ระยะเวลา 60 วัน 55

ภาพภาคผนวกที่ 7 การตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 60 วัน 56

ภาพภาคผนวกที่ 8 การตัดยอด ร่วมกับการ การพ่นน้ำเปล่า ระยะเวลา 60 วัน 56

ภาพภาคผนวกที่ 9 การไม่ตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 60 วัน 57

ภาพภาคผนวกที่ 10 ผลผลิตของการไม่ใช้สาร ระยะเวลา 30 วัน 57

ภาพภาคผนวกที่ 11 ผลผลิตของการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน 58

ภาพภาคผนวกที่ 12 ผลผลิตของการใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน 58

ภาพภาคผนวกที่ 13 ผลผลิตของการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน 59

ภาพภาคผนวกที่ 14 ผลผลิตของการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีการสุกไวมากขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงของสีแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายใน ระยะเวลา 30 วัน 59

ภาพภาคผนวกที่ 15 กราฟมาตรฐานแกลลิก 60

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการปลูกมะเดื่อฝรั่งได้รับความสนใจ โดยการปลูกมะเดื่อฝรั่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อสร้างรายให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงและผู้สนใจ มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่รับประทานได้ทั้งสด, แห้ง และสามารถนำไปแปรรูปได้หลายอย่าง เช่น อบแห้ง แยม มะเดื่อฝรั่งจะให้ผลผลิตต่อต้นที่ค่อนข้างสูง มีการติดผลค่อนข้างดก ติดผลทุกข้อใบ แต่ต้องขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ระยะปลูก จำนวนต้นต่อไร่ อายุต้น ขนาดของทรงพุ่ม มะเดื่อฝรั่งหนึ่งต้นสามารถให้ผลผลิตได้ประมาณ 1-3 กิโลกรัม หรือประมาณ 30-50 ผล เฉลี่ยขนาดผลและน้ำหนัก 8-15 ผล ต่อกิโลกรัม (ทวีศักดิ์, 2562) อีกทั้งการจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งที่ดี ทำให้ลักษณะทรงต้นและกิ่งเหมาะต่อการให้ผลผลิต (วิรัตน์, 2559) มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก มะเดื่อฝรั่งมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยผลที่มีสีม่วงแดงจะมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์และยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน อีกทั้งยังอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหารสูง วิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี วิตามินเค โพแทสเซียม สังกะสี และเหล็ก (ณรงค์ชัย, 2550) สายพันธุ์ที่นิยมปลูกคือสายพันธุ์แบล็คเจนัว (black genoa) เนื่องจากสายพันธุ์นี้สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย สามารถติดผลได้โดยไม่ต้องได้รับการผสมเกสร มีความสามารถทนร้อนและสภาพแดดจัด เมื่อสุกแล้วจะมีลักษณะที่เป็นสีแดง มีรสชาติที่ไม่หวานจัดตรงกับความนิยมของคนไทย และเป็นสายพันธุ์ที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตมากกว่าหนึ่งร้อยผลต่อต้นต่อปี โดยผลจะเกิดขึ้นทุกข้อบริเวณซอกใบในกิ่งที่กำลังเจริญเติบโตใหม่ และมีจำนวนผลมากกว่ารุ่นแรก การปลูกมะเดื่อฝรั่งส่วนใหญ่นำต้นพันธุ์มาจากต่างประเทศโดยนำปลูกในหลายพื้นที่ในประเทศไทย เช่น พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 600-800 เมตร และพื้นที่ภาคกลาง โดยปกติจะใช้กิ่งพันธุ์ที่ได้จากการตอนกิ่ง ปักชำ และติดตา เป็นต้น การปลูกจะมีทั้งการปลูกลงแปลงและการปลูกในกระถางหรือวงบ่อซีเมนต์แต่การปลูกโดยทั่วไปโดยมากจะปลูกแบบให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติไม่มีการจัดทรงต้น หรือการบังคับกิ่ง ซึ่งจะทำให้ยากแก่การจัดการกิ่งที่เกิดขึ้นบนต้น เจริญเติบโตไม่เป็นระเบียบ ขนาดของกิ่งบนต้นมีขนาดไม่เท่ากันซึ่งมีผลต่อผลผลิตที่ไม่สามารถกำหนดปริมาณและคุณภาพได้ (ณรงค์ชัย, 2550) ดังนั้นจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการดูแลรักษา การตัดแต่งกิ่ง และการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว รวมถึงศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจากลักษณะการเกิดผลของมะเดื่อฝรั่ง หากมะเดื่อฝรั่งมีการออกดอกแล้วจะไม่ออกที่กิ่งเดิมอีก เกษตรกรต้องทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้เกิดการแตกกิ่งใหม่ ซึ่งจะ

ช่วยให้ออกดอกในบริเวณยอดใหม่ การตัดยอดหรือการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต การใช้การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช อาจช่วยปรับปรุงหรือเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้ หากการศึกษาครั้งนี้สำเร็จจะสามารถส่งเสริมให้เกษตรกรมีการจัดการมะเดื่อฝรั่งได้อย่างมีระบบพร้อมทั้งสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตให้ตรงตามความต้องการของตลาด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่ง
2. เพื่อศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่ง และผลของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และบราสสิโนสเตอรอยด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เข้าใจถึงลักษณะการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง รวมทั้งแนวทางในการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเพิ่มคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่งได้ในการผลิตเพื่อการค้า

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะเดื่อฝรั่ง

มะเดื่อฝรั่ง (Fig) ชื่อ วิทยาศาสตร์ว่า *Ficus carica* L. อยู่ในวงศ์ Moraceae มะเดื่อฝรั่งหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ฟิก (Fig) เป็นพืชเขตกึ่งร้อนวงศ์เดียวกับหม่อน เป็นผลไม้ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในทวีปยุโรป อาทิ ประเทศตุรกี กรีซ อิตาลี สเปน ปลูกเป็นการค้าในที่ราบลุ่มน้ำแถบเมดิเตอร์เรเนียน เป็นที่นิยมกันในประเทศอินเดียและสหรัฐอเมริกา และพบมากที่สุดในเขตร้อนหรือเขตกึ่งร้อนในแถบทวีปเอเชีย โดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม เนื่องจากมีสภาพอากาศร้อนชื้นจึงทำให้ต้นมะเดื่อฝรั่งติดผลได้ตลอดทั้งปี (Heng, 2019) ส่วนการปลูกมะเดื่อฝรั่งในประเทศไทยมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกและเป็นที่รู้จักมากขึ้น ทั้งนี้มีทั้งหมด 2 หน่วยงานที่ให้ความรู้แก่เกษตรกรและผู้สนใจของไทย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิโครงการหลวง

ลำต้น

เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นแตกกิ่งมากเป็นทรงพุ่มแผ่กว้าง กิ่งเนื้ออ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่เต็มที่จะมีสีน้ำตาลและไม่มีส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อบริเวณกลางลำต้น (pith) ลำต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร เปลือกลำต้นเป็นสีเทาอมน้ำตาล และมียางสีขาว ส่วนแก่นไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน

ใบ

มีลักษณะเป็นใบเดี่ยวขอบใบหยักลึก 3-5 หยัก แต่บางใบมีลักษณะไม่หยัก ทำให้ภายในต้นเดียวกันมีรูปร่างใบได้หลายแบบและใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ได้ นอกจากนี้ใบมะเดื่อฝรั่งจะมีใบที่หนาและค่อนข้างแข็ง ก้านใบที่อยู่ในพื้นที่ร่มจะมีความยาวกว่าส่วนที่อยู่ในพื้นที่กลางแจ้ง สีของก้านใบจะมีความสัมพันธ์กับสีของผลและตายอด

ดอก

มะเดื่อฝรั่งมีดอกคล้ายผลทำให้มองเห็นเป็นดอกเดี่ยว คือ ดอกรวมที่เจริญจากส่วนของก้านช่อดอกบริเวณฐานรองดอกและพัฒนามาหุ้มดอกไว้ ด้านบนดอกมีช่องเปิด ภายในดอกมีดอกย่อยจำนวนมาก ดอกมีขนาดเล็กอยู่ภายในส่วนที่เป็นฐานรองดอก มี 2 ประเภทได้แก่ ดอกเพศเมีย ดอกและดอกเพศผู้

ผล

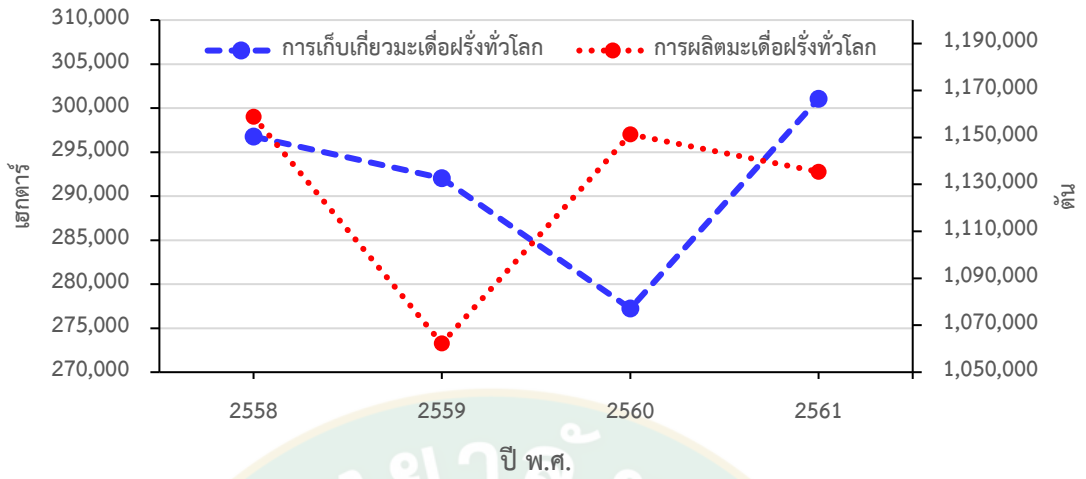
ผลของมะเดื่อฝรั่งนั้นเป็นผลรวมแบบ syconium ที่เจริญมาจากฐานรองดอกที่มีก้านโค้งเข้าหากันคล้ายรูปถ้วย (hypanthodium) ภายในมีดอกย่อย (drupelet) เป็นจำนวนมาก รังไข่ของแต่ละดอกเจริญไปเป็นผลย่อยอยู่ภายในและขยายขนาดขึ้นดูคล้ายผลหนึ่งผล โดยขนาดและปริมาณผันแปรตามสายพันธุ์ รูปทรงและขนาดของผลมีหลายแบบขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เช่น กลวง (hallow) ทรงกลม (globular) หรือทรงระฆังคล้ายผลสาลี่ฝรั่ง (pear-shaped) และมีขนาดเล็กใหญ่ต่าง ๆ กัน ส่วนใหญ่

เมล็ด

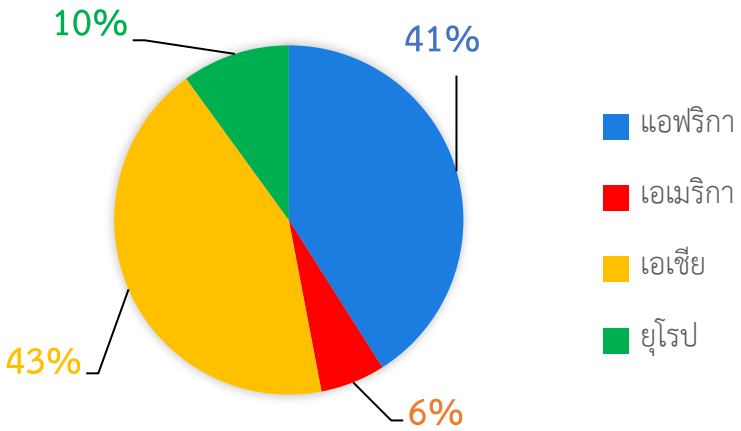
เมล็ดเป็นแบบผลแห้งเมล็ดอ่อน (achene) ภายในมีลักษณะแบน สีเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน จะมีผนังผลชั้นใน (endocarp) ห่อหุ้ม ทำให้มีความแข็งเล็กน้อย มีจำนวนประมาณ 1,500 เมล็ดต่อผล (เพื่อนเกษตร, 2559)

ความสำคัญทั่วโลกและมูลค่าทางเศรษฐกิจ

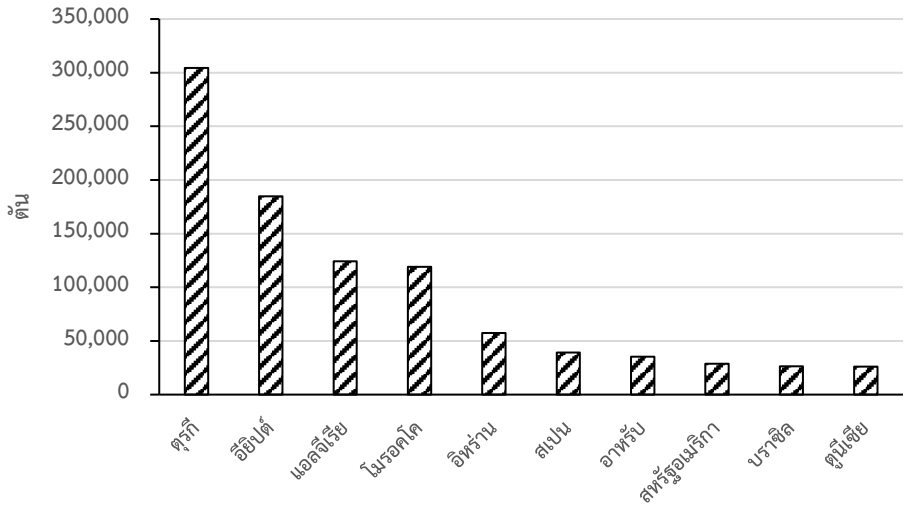
จากสถิติข้อมูลของ FAO (2020) พบว่า มะเดื่อฝรั่งปลูกในทั่วโลกประมาณ 301,062 เฮกตาร์ ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปี สามารถปลูกได้ในทั่วทุกภูมิภาคในแถบเมดิเตอร์เรเนียน และในสภาพอากาศที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะโตได้ดีในสภาพแห้งแล้งและในที่ที่มีอุณภูมิสูง ประเทศตุรกีและอียิปต์เป็นเมืองที่มีการผลิตมะเดื่อฝรั่งมากที่สุด ตามด้วย แอลจีเรีย และโมร็อกโก ตุรกีเป็นประเทศที่มีการส่งออกมะเดื่อฝรั่งมากที่สุด ตามด้วย สหรัฐอเมริกา สเปน ซีเรีย และ กรีซ ส่วนประเทศที่นำเข้ามะเดื่อฝรั่งมากที่สุดคือ เยอรมนี ฝรั่งเศส อิตาลี และสหรัฐอเมริกา ซึ่งสหรัฐอเมริกาจะนำเข้ามะเดื่อฝรั่งชนิดผลแห้งจากตุรกี กรีซ และเม็กซิโก ในขณะที่การนำเข้ามะเดื่อฝรั่งแบบผลสดจะมาจาก สเปน โปรตุเกส และ ตุรกี ในประเทศญี่ปุ่น แคนาดา และฮ่องกง เป็น 3 ประเทศหลักของตลาดในการส่งออกมะเดื่อฝรั่งชนิดผลแห้งจากสหรัฐอเมริกา (Yahia, 2011) โดยสหรัฐอยู่ในอันดับที่ 8 ของการผลิตมะเดื่อฝรั่ง คิดเป็น 4.6% ของโลกโดยการผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ที่แคลิฟอร์เนียถึง 98% (Stover *et al.,* 2007) ในขณะส่วนแบ่งการผลิตมะเดื่อฝรั่งในแต่ละตามภูมิภาค ปี 2561 พบว่า ทวีปเอเชียมีการผลิตมะเดื่อฝรั่งมากที่สด 43% (ภาพที่ 1-4)



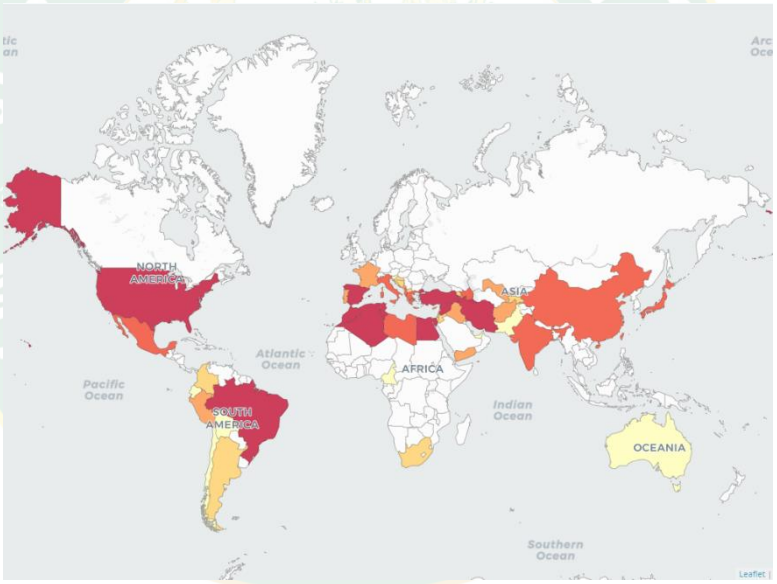
ภาพที่ 1 การเก็บเกี่ยวและการผลิตมะเดื่อฝรังทั่วโลก ปี 2558-2561



ภาพที่ 2 ส่วนแบ่งการผลิตมะเดื่อฝรั่งในแต่ละตามภูมิภาค ปี 2561



ภาพที่ 3 ประเทศที่ผลิตมะเดื่อฝรั่งสูงสุด 10 ประเทศ ปี 2561



ภาพที่ 4 พื้นที่ให้ผลผลิตมะเดื่อฝรั่งทั่วโลก

ที่มา: FAO (2020)

คุณค่าทางโภชนาการ

มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่อุดมไปด้วยไฟเบอร์ โพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็ก ที่มีระดับสูงกว่าผลไม้ทั่วไป เช่น กล้วย องุ่น ส้ม สตรอเบอรี่ และแอปเปิ้ล นอกจากนี้ มะเดื่อฝรั่งยังเป็นแหล่งสำคัญของ วิตามิน กรดอะมิโน สารต้านอนุมูลอิสระ และอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลที่ช่วยการเกิดลดโรคหัวใจ หลอดเลือดสมอง อัตราการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง

(Hertog *et al.,* 1997) แอนโทไซยานินและฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าผลไม้อื่น สายพันธุ์มะเดื่อฝรั่งที่มีผิวสีม่วงประกอบด้วยโพลีฟีนอลในระดับที่สูง แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ พร้อมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์มะเดื่อฝรั่งที่มีผิวสีเขียว สารประกอบส่วนใหญ่ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์จะอยู่ในผิวของมะเดื่อฝรั่ง โดยแอนโทไซยานินชนิดไซยานิดินเป็นสารประกอบหลักในการสร้างสีผิวของมะเดื่อฝรั่งที่มีผิวสีม่วง (Solomon *et al.*, 2006; USDA, 2019) (ตารางที่ 1-2)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารและปริมาณแร่ธาตุในมะเดื่อฝรั่ง

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
Water	79.11	g
Energy	74/310	kcal/kg
Protein	0.75	g
Total lipid (fat)	0.30	g
Carbohydrate	19.18	g
Fiber, total dietary	2.9	g
Calcium	35	mg
Iron	0.37	mg
Magnesium	17	mg
Phosphorus	14	mg
Potassium	232	mg
Sodium	1	mg
Zinc	0.15	mg
Copper	0.07	mg
Manganese	0.128	mg
Selenium	0.2	mg
Vitamin C	0.06	mg
Thiamin	0.05	kcal/kg

Riboflavin	0.4	g
Niacin	0.3	g
Panthothenic acid	0.113	g
Vitamin B-6	6	g
Folate, total	4.7	g
Choline, total	85	g
Carotene, beta	142	g
Vitamin A, IU	9	IU
Lutein + zeaxanthin	0.11	µg
Vitamin E (alpha-tocopherol)	4.7	mg
VItamin K (phylloquinone)	0.06	µg

ที่มา: USDA (2019)

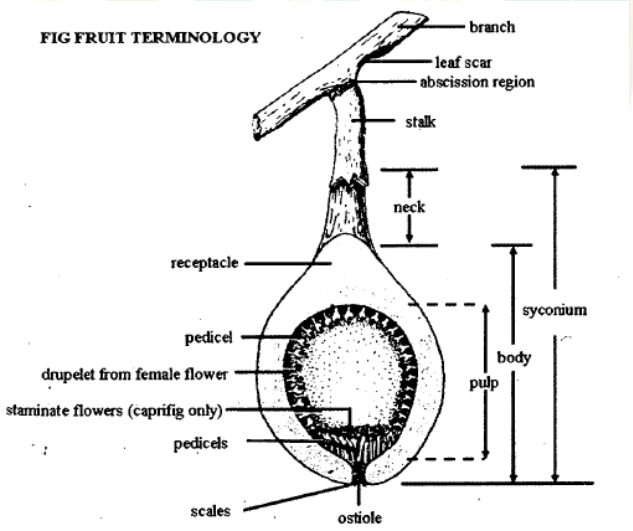
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในผลไม้, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผลไม้ และปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลไม้	**ปริมาณวิตามินซี (mg/100gFw)**	**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (µGAE/gFW)**	**ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (mg/100gFW)**
Apple	6	283-475	1.7
Cherry	7	118.1	450
Fig	3.7	950	2.1-21.5
Grape	10	5	181.2-611.1
Grapefruit	30	30	5.9
Lychee	70	770	1.77-20.94
Raspberry	4	1,030	20-687

ที่มา: Mahmoudi *et al.,* 2018; Oviasogie *et al.,* 2009; Solomon *et al.,* 2006; Kayesh *et al.,* 2013

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผล

ลักษณะของผลมะเดื่อฝรั่งเป็นผลที่เกิดจากฐานรองดอกที่มีส่วนประกอบของก้านช่อดอกติดอยู่และโค้งงอเข้าหากันและขยายขนาดเป็นรูปถ้วย เรียกว่า ฐานดอกรูปถ้วย (hypanthodium) ซึ่งจะห่อหุ้มดอกเพศเมียและดอกเพศผู้ไว้ข้างในผล โดยภายในผลมีดอกที่เรียกว่า drupelets อยู่ภายในและมีรูขนาดเล็กที่เรียกว่า ostiole (Morton and Dowling, 1987) มะเดื่อฝรั่งจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยจะขึ้นอยู่กับเพศและการผสมเกสร คือ caprifig (*Ficus carica* var. sylvestris Shinn.), common fig (*Ficus carica* var. hortensis Shinn.), smyrna (*Ficus carica* var. smyrnica Shinn.) และ san pedro (*Ficus carica* var. intermedia Shinn.) โดยกลุ่มของ common fig, smyrna และ san sedro เป็นชนิดที่สามารถรับประทานได้ ซึ่งจะมีเกสรเพศเมียยาว แต่ชนิดแบบ caprifig จะมีแต่เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียสั้น โดยเกสรเพศผู้จะทำหน้าที่ผสมมะเดื่อฝรั่งชนิด smyrna โดยเป็นดอกที่ไม่สมบูรณ์เพศที่มีดอกเกสรเพศเมียเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็น non-parthenocarpic ที่ต้องมีการผสมเกสรให้ผลมีการสุก (Pouieng and Iouzen, 2003) ส่วนชนิด common fig จะเป็นแบบ parthenocarpic เป็นชนิดดอกสมบูรณ์เพศที่ติดผลจนสุกเองได้โดยที่ไม่ได้รับการผสม (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของผลมะเดื่อฝรั่ง

ที่มา: Flaishman *et al.* (2008)

การเจริญเติบโตของผล

การเจริญเติบโตของผล เป็นการเพิ่มขึ้นของผลทางปริมาณซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ จึงสามารถสังเกตหรือวัดได้จากขนาดหรือน้ำหนักของผลที่เพิ่มขึ้น เมื่อผลมีการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ได้ดีก็จะส่งผลให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น การเจริญเติบโต

ของผลมะเดื่อฝรั่งที่ปรากฏจะมี 3 ระยะ โดยการอธิบายของกราฟ double sigmoid curve โดยระยะที่ 1 การเจริญเติบโตของผลจะมีการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างรวดเร็วหลังจากการออกดอก โดยเฉพาะส่วนของเอนโดคาร์ป ใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ ระยะที่ 2 มีลักษณะการเจริญเติบโตของของเส้นผ่าศูนย์กลางผลลดลงเล็กน้อย ในระหว่างขั้นตอนนี้ปริมาณน้ำตาลจะไม่เปลี่ยนแปลง ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ และ ระยะที่ 3 จะมีลักษณะขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ (Chessa, 1997; Crane and Brown, 1950; Ferguson *et al.,* 1990) เช่นเดียวกับ สุรินทร์ และคณะ (2528) พบว่า การเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่งพันธุ์ White Marseilles และ Dauphine มีการเจริญเติบโตของผล 3 ระยะ โดยระยะที่ 1 มีอัตราการเจริญของขนาดอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ ในระยะที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตคงที่มีการเพิ่มขนาดเพียงเล็กน้อย ใช้เวลานาน 5 สัปดาห์ ในระยะที่ 3 ผลเริ่มมีการขยายใหญ่มากขึ้น ใช้เวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งการเจริญของผลเป็นแบบ double sigmoid curve ใช้เวลาในการเจริญของผลจนถึงเก็บเกี่ยวทั้งหมด 14 สัปดาห์ Abo-El-Ez *et al*. (2013) พบว่าการปลูกมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Conadria and Kadota จะให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพที่ดีภายใต้สภาพอากาศบริเวณภาคใต้ตอนบนในอียิปต์ โดยน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 45.82 และ 34.80 กรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 24.64 และ 25.80 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดที่ไทเทรทได้ 0.19 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ จากการรายงานของ Polat and Caliskan (2008) พบว่า ลักษณะของผลมะเดื่อฝรั่งที่ปลูกในสภาพอากาศเขตกึ่งร้อนในเมดิเตอร์เรเนียนจะมีความกว้างผล 35.80-48.40 มิลลิเมตร ความยาว 36.20-48.30 มิลลิเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 22.70-27.20 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.20-0.38 เปอร์เซ็นต์ Gaaliche *et al*. (2012) พบว่า มะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Zidi ที่ปลูกในแต่ละภูมิภาคในตูนีเซีย โดยในภาคตะวันตกเฉียงเหนือมีน้ำหนักผลมากที่สุด 96.40 กรัม และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงถึง 19 องศาบริกซ์ นอกจากนี้ Ateyyeh and Sadder (2006) ยังพบว่ามะเดื่อฝรั่งที่ปลูกในจอร์แดนทั้ง 6 สายพันธุ์ โดยพบว่าในระยะแรกใช้เวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาดผล ระยะที่สองใช้เวลาประมาณ 5-6 สัปดาห์ และระยะที่สามใช้เวลาเพียง 2 สัปดาห์ ซึ่งมีการเพิ่มขนาดผลอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ในทั้ง 6 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตของผลเป็นแบบเดียวกัน คือแบบ double sigmoid curve

การปลูกและการจัดการทรงต้น

มะเดื่อฝรั่งเป็นพืชที่มีทรงต้นสูงประมาณ 5-10 เมตร และมีระบบรากตื้น ในการปลูกนั้นจะต้องมีความสูงประมาณ 10-15 เซนติเมตร ในช่วงระยะการปลูกใน 2 ปีแรก ควรให้น้ำทุกอาทิตย์ในสภาพพื้นที่แห้งและในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น มะเดื่อฝรั่งจะให้ผลผลิตต่อต้นที่ค่อนข้างสูง มีการติดผลค่อนข้างดก ติดผลทุกข้อใบ แต่ต้องขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย เช่น ระยะปลูก จำนวนต้นต่อไร่ อายุต้น

ขนาดของทรงพุ่ม มะเดื่อฝรั่งหนึ่งต้นสามารถให้ผลผลิตได้ประมาณ 1-3 กิโลกรัม หรือประมาณ 30-50 ผล เฉลี่ยขนาดผลและน้ำหนัก 8-15 ผล ต่อกิโลกรัม (ทวีศักดิ์, 2562) อีกทั้งการจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งที่ดี ทำให้ลักษณะทรงต้นและกิ่งที่เหมาะต่อให้ผลผลิตที่ดี (วิรัตน์, 2559) มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก

1. ระยะปลูก

ในการปลูกแบบทั่วไปจะปลูกลงดินโดยไม่มีระยะปลูก แต่ถ้าเป็นการปลูกแบบบ่อปูน ระยะปลูกที่นิยมจะเป็น 2 x 3 เมตร ส่วนระยะปลูกแบบโรงเรือนจะเป็นการยกร่องดินปลูกให้มีระยะระหว่างสันร่องห่างกัน 3 เมตร และปลูกให้มีระยะต้นห่างกัน 4 เมตร

2. รูปแบบการปลูกมะเดื่อฝรั่ง

รูปแบบการมีอยู่หลายแบบด้วยกัน สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

2.1 การปลูกในกระถาง

สำหรับการปลูกมะเดื่อฝรั่ง เหมาะสำหรับท่านที่มีพื้นที่จำกัด ปลูกเพื่อพักต้น หรืออนุบาลต้นให้แข็งแรง แต่สามารถปลูกเพื่อเก็บผลผลิตได้ด้วยกระถางที่มีขนาดใหญ่ และสามารถใช้ปลูกประดับบ้านได้

2.2 การปลูกในบ่อปูน

การปลูกในบ่อปูนนิยมปลูกในวงบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80-100 เซนติเมตร เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง ดินเค็ม ดินเปรี้ยว ดินดาน

2.3 การปลูกในโรงเรือน

การปลูกในโรงเรือนจะนิยมทำเพื่อการค้า โดยสามารถควบคุมการให้น้ำและควบคุมโรคได้เนื่องจากมีหลังคาพลาสติกที่คอยป้องกันในช่วงฤดูฝนและลดปัญหาโรคราสนิมที่เป็นปัญหาที่พบมากในมะเดื่อฝรั่งที่ปลูกแบบระบบเปิดอันเนื่องมาจากความชื้นของฝนได้

3. วิธีปลูก

การปลูกควรให้ระดับดินเท่ากัน กดดินให้แน่นเพื่อให้ดินกระชับ เพื่อช่วยเก็บความชื้นไว้ในดินให้นานแล้วรดน้ำให้ชุ่มถึงดินด้านล่าง โดยมากจะปลูกแบบให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติไม่มีการจัดทรงต้น หรือการบังคับกิ่ง ซึ่งจะทำให้ยากแก่การจัดการกิ่งที่เกิดขึ้นบนต้น เจริญเติบโตไม่เป็นระเบียบ ขนาดของกิ่งบนต้นมีขนาดไม่เท่ากันซึ่งมีผลต่อผลผลิตที่ไม่สามารถกำหนดปริมาณและคุณภาพได้ (ณรงค์ชัย, 2550) โดยทั่วไปการปลูกโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะขาดการจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งที่ดี ทำให้ผลลิตไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นการจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกมะเดื่อฝรั่ง

3.1 รูปแบบการจัดทรงต้น

การจัดทรงต้นที่ดีทำให้สะดวกต่อการตัดแต่งกิ่ง การเก็บผลผลิต และการดูแลรักษา ปกติแล้วมะเดื่อฝรั่งสามารถจัดทรงต้นได้หลายรูปแบบ แบบตัว T ระยะปลูกประมาณ 2 x 8 เมตร แล้วมีค้างรูปตัว U คว่ำ ขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 50-80 เซนติเมตร ให้รองรับการโน้มกิ่ง โดยทรงต้นจะประกอบด้วยลำต้น สูงจากพื้น 50 เซนติเมตร และมีกิ่งโครงสร้าง 2 กิ่งแผ่ออกไปตามยาวด้านละ 1 กิ่ง ด้านละ 4 เมตร และปล่อยให้กิ่งที่จะให้ผลผลิตบนกิ่งโครงสร้างยาวกิ่งละ 20 เซนติเมตร (วิรัตน์, 2559)

3.2 ฤดูการตัดแต่งกิ่งและสร้างกิ่ง

การตัดแต่งกิ่งและสร้างกิ่งสามารถทำได้ตลอดทั้งปี แต่สิ่งที่ต้องพิจารณาคือช่วงเวลาในการตัดแต่งแล้วมะเดื่อฝรั่งให้ปริมาณและผลผลิตดีที่สุด ใน 1 ปี สามารถตัดแต่งได้ประมาณ 2-3 ครั้ง ในช่วงหลังฤดูฝนเพื่อให้ผลออกช่วงฤดูหนาว และในช่วงฤดูหนาวเพื่อให้ผลออกช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน (วิรัตน์, 2559)

3.3 วิธีการตัดแต่งกิ่งและสร้างกิ่ง

การตัดแต่งกิ่งจะตัดกิ่งที่อยู่บนของกิ่งโครงสร้างให้เหลือความยาวไว้ทุกระยะ 20 เซนติเมตร ให้เหลือไว้ประมาณ 1-2 ตา เพื่อให้เกิดกิ่งใหม่และการออกดอกติดผล เมื่อกิ่งให้ผลผลิตแล้วจึงจะทำการตัดแต่งกิ่งในครั้ง

4. การให้น้ำ

ช่วงแรกปลูกให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เพื่อเร่งการเจริญเติบโต แต่ทั้งนี้น้ำต้องไม่ขัง และในช่วงระยะปลูก 2 ปีแรก ต้นควรได้รับน้ำทุกอาทิตย์ โดยเฉพาะในสภาพพื้นที่แห้งในพื้นที่ที่อากาศเย็นกว่าควรหยุดการให้น้ำหลังจากเก็บเกี่ยวเพื่อให้เข้าสู่ระยะการพักตัวที่เร็วขึ้น อีกทั้งในช่วงฤดูร้อนและหนาว จะต้องมีการจัดการการให้น้ำทุกวัน แต่ในช่วงฤดูฝน การให้น้ำจะต้องดูสภาพอากาศ (ทวีศักดิ์, 2562)

5. การให้ปุ๋ย

การให้ปุ๋ยจะมีความแตกต่างกันไปตามสภาพของพื้นที่ที่ทำการปลูก โดยต้องระวังการให้ปุ๋ยธาตุไนโตรเจนมากเกินไป ซึ่งจะทำให้ใบมีสีเขียวเข้มและไม่ให้ผลผลิต ในการใส่ปุ๋ย ระยะที่ 1 ควรใส่ 16-16-16 เพื่อเป็นการบำรุงต้นมะเดื่อฝรั่งในเบื้องต้น เมื่อมะเดื่อฝรั่งมีการติดผลแล้ว ระยะที่ 2 จะใส่ 8-24-24 หรือ 13-13-21 เพื่อเป็นการกระตุ้นและเพิ่มการสะสมอาหารภายในดอกและช่วยให้ผลเร่งการสร้างเนื้อ สร้างแป้งและขยายขนาด (ภาวิณีย์, 2560) และการวิเคราะห์ดินเบื้องต้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในดินที่เหมาะสมสำหรับการให้ปุ๋ย จะช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนการใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมี และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นหรือยับยั้ง ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ (สมบุณ, 2544) การแปรสภาพของเซลล์ (cell differentiation) และการเจริญเติบโต (growth and development) โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ถาวร เช่น การแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ การยืดขยายตัวของเซลล์ (cell elongation) และการตายของเซลล์ (cell death) การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ลม น้ำ แรงโน้มถ่วง เป็นต้น ดังนั้นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวของพืชในหลายรูปแบบและยังควบคุมกิจกรรมอื่น ๆ รวมถึงการเจริญเติบโตได้แก่ การเจริญของราก ลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก ผลและเมล็ด (พีรเดช, 2529)

ออกซิน

สารในลุ่มนี้มีทั้งชนิดที่พืชสร้างขึ้นเองและสังเคราะห์ขึ้น เป็นกลุ่มของสารที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) การแบ่งตัวของเซลล์ในแคมเบียม (cambium) การขยายขนาดของใบ การเกิดราก การขยายขนาดของผล ป้องกันการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล ยับยั้งการแตกตาข้าง ฮอร์โมนที่พืชสามารสร้างขึ้นได้เองคือ กรดอินโดล-3-แอซีติก (Indole-3-acetic acid : IAA) โดยสร้างมากที่บริเวณปลายยอด ปลายราก ผลอ่อน และบริเวณที่มีเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) อยู่มาก ปริมาณ IAA ภายในเนื้อเยื่อพืชแต่ละส่วนมีมากน้อยแตกต่างกันไป โดยจะมีอยู่มากในส่วนที่กำลังเจริญเติบโต การรักษาระดับปริมาณภายในเนื้อเยื่อพืชถูกควบคุมโดยระบบการสร้างและการทำลายพร้อม ๆ กัน ถ้าเป็นเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตจะมีการสร้างมากกว่าการทำลายและในทางตรงกันข้ามในเนื้อเยื่อที่มีอายุมากขึ้น จะมีการทำลายมากกว่าสารสังเคราะห์ที่จัดอยู่ในกลุ่มออกซิน ออกซินที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ Naphthaleneacetic acid (NAA), Indole-3-butyric acid (IBA), 4-chlorophenoxyacetate (4-CPA), 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T) เป็นต้น (พีระเดช, 2557) สาร 3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid (3,5,6-TPA) (Maxim®) จัดอยู่ในออกซินสังเคราะห์ชนิดใหม่ โดยมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการขยายขนาดของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ และกระตุ้นการเกิดรากได้ (พีระเดช, 2557) ซึ่งจากการรายงานของ Agustí *et al.* (1994) พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดของผลส้มได้ ต่อมา Gonzatto *et al.* (2016) พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้ผลมีขนาดที่ใกล้เคียงกันและมีสีส้มมากขึ้น นอกจากนี้ Reig *et al.* (2016) พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดของผลโลควอทได้เช่นกัน เช่นเดียวกับ พัชรพิงค์พิมพ์ และ นพ

พร (2562) พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้มีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินมากกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ยังมีการใช้ออกซินสังเคราะห์ชนิดอื่น เช่น 2,4-D และ 2,4,5-T ส่วน Crane and Blondeau (1949) พบว่า การใช้ 2,4,5-T ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลมีการพัฒนาเร็วขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าชุดควบคุมในมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Calimyrna และ ความเข้นข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Mission และ Nagendra Prasad (1989) พบว่า การใช้ 2,4-D ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดของผลและยังเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Mysaram ได้เช่นกัน

จิบเบอเรลลิน (gibberellins)

เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) ทำลายการพักตัวของพืช กระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด และยับยั้งการออกดอกของพืชบางชนิด สารกลุ่มนี้มีทั้งที่พืชสร้างขึ้นเอง และเชื้อราบางชนิดสร้างขึ้น แหล่งที่มีการสร้างจิบเบอเรลลินในพืช เช่น กิ่งที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมล็ดและผลที่กำลังพัฒนา (กรมวิชาการเกษตร, 2559) Gibberellin $acid_{4+7}$ (GA_{4+7}) เป็นสารควบคุมการเจริญของพืชในกลุ่มกลุ่มจิบเบอเรลลินที่มีลักษณะคล้ายกันกับ GA_3 แต่ส่วนใหญ่จะนำมาผสมกับ Benzylaminopurine (BA) ซึ่ง GA_{4+7} จะส่งเสริมในการงอกของเมล็ด การติดผล การปรับปรุงคุณภาพของผล และการพักตัว จากการศึกษาของ Foley and Keever (1993) พบว่า การใช้ GA_{4+7} ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อการชักนำกิ่งต้นแพงพวย ส่งผลให้มีจำนวนกิ่ง 6.3 กิ่ง ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่วน Yildirim *et al*. (2010) พบว่า การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ต้นแพร์มีการแตกกิ่ง 84.37% หรือ ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวกิ่ง 23.40 เซนติเมตร ถัดมา Elfving and Visser (2007) พบว่า การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในต้นเชอร์รี่ ทำให้มีจำนวนของกิ่งก้านมากที่สุด 27.4 กิ่ง ตามลำดับ ส่วน วีรภัทร (2560) พบว่า การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นการแตกตาข้างมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบล็คเจนัวได้เร็ว โดยใช้เวลาเฉลี่ย 12.67 วัน อีกทั้งยังมีเปอร์เซ็นต์การแตกตาเท่ากับ 85.71 เปอร์เซ็นต์

ไซโตไคนิน (Cytokinins)

สารในกลุ่มนี้พืชที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของเนื้อเยื่อ ปัจจุบันพบว่าไซโตไคนิน ยังเกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพ (senescence) และการควบคุมการเจริญของตาข้างโดยตายอด (apical dominance) ไซโตไคนินพบมากที่สุดในบริเวณที่กำลังเจริญเติบโตและบริเวณที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เช่น ราก ใบ ผลอ่อน รวมถึงบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ

(กรมวิชาการเกษตร, 2559) BA เป็นสารไซโตไคนินที่สามารถกระตุ้นให้ตาข้างของพืชเจริญออกมาเป็นกิ่งได้ จึงมีประโยชน์ในการควบคุมทรงพุ่ม ส่วนใหญ่ใช้กับไม้กระถางประดับ นอกจากนี้ยังใช้กระตุ้นตาที่นำไปขยายพันธุ์ด้วยวิธีติดตา (budding) ให้เจริญออกมาเป็นกิ่งใหม่ได้เร็วขึ้น โดยการทาสารที่ตาซึ่งติดสนิทดีแล้ว จะทำให้ตานั้นเจริญออกมาภายใน 7-14 วัน โดยนำ BA ผสมกับลาโนลิน (lanolin) เพื่อให้อยู่ในรูปครีมซึ่งสะดวกแก่การใช้และสามารถชะลอการแก่ของพืชได้หลายชนิดเช่น ผักกาดหอมห่อ หอมต้น หน่อไม้ฝรั่ง บร็อกโคลี่ ขึ้นฉ่ายฝรั่ง (พีรเดช, 2557) โดยการพ่นสาร BA ความเข้มข้นต่ำ บนใบพืชเหล่านี้ภายหลังเก็บเกี่ยว หรือจุ่มต้นลงในสารละลาย BA โดยตรง จะมีผลทำให้ใบผักเหล่านี้คงความเขียวสดอยู่ได้นาน เป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผักเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ผสมลงในสารละลายที่ใช้ปักแจกันเพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกคาร์เนชั่นได้ (พีรเดช, 2557) ส่วนBroome (1976) พบว่า การใช้ BA ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียง 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเกิดของตาข้างในทั้งส่วนบนและล่างของต้นอ่อน tea crab apple ต่อมาคือ 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มไซโตไคนิน การออกฤทธิ์ทางสรีรวิทยาที่สำคัญของ CPPU ได้แก่ การขยายตัวของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดน้ำเข้าไปภายในเซลล์ สามารถดูดซึมเข้าราก ลำต้น ใบ ดอกและผล สามารถเคลื่อนย้ายไปเนื้อเยื่ออื่นๆ มีความสามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ สนับสนุนการพัฒนาการแตกตาข้างและสามารถกระตุ้นให้ตาข้างที่ถูกยับยั้งด้วยตายอดเจริญออกมาได้ (ธนากร, 2562) มีคุณสมบัติช่วยในการแบ่งเซลล์ในส่วนต่างๆของพืช ซึ่ง กิตติวัฒน์ และคณะ (2557) พบว่า การใช้ CPPU ที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมมต่อลิตร ทำให้องุ่นสายพันธุ์ Marron Seedless มีน้ำหนักช่อผล ความกว้างความยาวผลมากที่สุด และการใช้ GA_3 ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังให้ผลที่ใกล้เคียงกันกับการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ ภาสันต์ และคณะ (2558) พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ขนาดของสัปปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวียเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ Antognozzi *et al.* (1996) พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กีวีมีการสุกไวมากขึ้นและยังเพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรตในผลอีกด้วย และ Kulkarni *et al.* (2017) พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มะม่วงมีความยาวผลเพิ่มขึ้น 10.56 เซนติเมตร น้ำหนักผลเฉลี่ย 328.73 กรัม และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด 20.66 องศาบริกซ์

บราสสิโนสเตอรอยด์ (Brassinosteroids)

เป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ที่ออกฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลากหลาย พบครั้งแรกในละอองเรณูของพืชตระกูลผักกาด นอกจากนั้น มีการทดลองใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชอีกหลายชนิด เช่น พริกหยวก ผักกาดหัว มันฝรั่ง (สัมฤทธิ์, 2544) และยังส่งผลในการยืดยาว

ของลำต้น การเจริญเติบโตและการพัฒนาของราก รวมถึงการส่งเสริมการลำเลียงการดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ (นพดล, 2555) จากรายงานของ พัชรพิงค์พิมพ์ และ นพพร (2562) พบว่า การใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มัลเบอร์รีมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ มากที่สุดเท่ากับ 17.96% และมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 4.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เช่นเดียวกับ Thapliyal *et al.* (2016) พบว่าการใช้ บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในลูกแพร์มากที่สุด เท่ากับ 12.91°Brix และปริมาณวิตามินซีมากที่สุด 6.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด สอดคล้องกับ Mohammadrezakhani *et al.* (2016) รายงานว่า การใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโทไซยานิน และกรดวิตามินซีในสตรอเบอร์รี่ได้ และ Balraj and Kurdikeri (2002) พบว่า การใช้ บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีพริกมีการติดผล จำนวนดอก ความยาวผล น้ำหนักผล จำนวนผลต่อต้น มากที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการเจริญเติบโตและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง โดยการทำการศึกษาในแปลงทดลองคือ แปลงสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ต้นมะเดื่อฝรั่งพันธุ์แบล็คจีนัวที่มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน

พืชที่ใช้ในการทำการทดลอง

1. มะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์แบล็คจีนัว

ภาพที่ 6 ต้นมะเดื่อฝรั่ง

สถานที่ทำการทดลอง

1. โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่งพันธุ์แบล็คจีนัว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการกลาง สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
3. ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ 2561 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ 2563

วัสดุและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับทางกายภาพ ได้แก่ กรรไกรตัดแต่งกิ่ง, ป้ายแท็ค, ตลับเมตร, กระบอกพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล, เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ทศนิยม 4 ตำแหน่ง, เครื่องวัดสี, ไม้บรรทัด

2. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ กรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellin acid; GA_{4+7}), ออกซิน 3,5,6-TPA (3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid) Maxim®, 1-(2-chloropyridin-4-yl)-3-phenylurea (CPPU), เบนซิลอะมิโนพิวรีน (Benzylaminopurine; BA) และ บราสซิโนสเตอรอยด์ (Brassinosteroids)

สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
2. กรดออกซาลิก (oxalic acid) ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์
3. 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (2,6-dichorophenol indophenols) ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์
4. กรดแอสคอบิกมาตรฐาน (ascorbic acid) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์
5. โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์
6. Folin-Ciocalteau's phenol reagent
7. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCL) ความเข้มข้น 1.5 นอร์มอล
8. เอทานอล ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
9. เอทาโนลิก (เอทานอล: กรดไฮโดรคลอริก) ผสมในอัตราส่วน 85:15 เก็บในขวดสีชาอุณหภูมิต่ำ
10. กรดแกลลิก (gallic acid)
11. กระดาษ Whatman No.1
12. ขวดสีชา (100 ml)
13. 0.45 μm nylon syring filter
14. เครื่องแก้วต่างๆ
15. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (FE20-1, Mettler-toledo, Switzerland)
16. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (PAL-1, Atago, Japan)
17. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ความยาวคลื่น 535, 765 นาโนเมตร (722G, Renonlab, China)
18. เครื่องเขย่าสาร (3015, GFL, Germany)
19. เครื่องวัดสี (CR-20, Konica Minolta, Japan)

20. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ดิจิตอล (1108-150, Insize, China)
21. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ML204, Mettler-toledo, Switzerland)
22. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Force Gauge 5100, Lutron, USA)
23. ตู้เย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (MR-17J, Mitsubishi, Japan)
24. ตู้เย็นแช่แข็งอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส (8620, Thermo Scientific, USA)

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง

การศึกษาทดลองเริ่มต้นในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยทำการคัดเลือกต้นมะเดื่อฝรั่งที่มีอายุและขนาดที่ใกล้เคียงกัน ไม่เป็นโรค มีความสมบูรณ์ด้านลำต้นและใบ จำนวน 10 ต้น ทำการเก็บข้อมูลผลมะเดื่อฝรั่งระยะเวลาตั้งแต่เดือน ธันวาคม ทำการผูกป้ายแท็คไว้ที่ช่อดอกของมะเดื่อฝรั่งที่ใกล้เคียงกันจำนวน 120 ช่อดอก/10 ต้น

การบันทึกข้อมูล

โดยทำการสุ่มเก็บผลมะเดื่อฝรั่งทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 ผล ภายใน 10 ต้น เพื่อเก็บข้อมูลในด้าน น้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ดิจิตอล การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) โดยใช้เครื่อง hand refractometer การวัดปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ (total titratable acidity, TA) โดยนำตัวอย่างสด 1 กรัม นำมาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH แล้วหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของปริมาณกรด การวัดความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) โดยใช้เครื่อง Force Gauge 5100 และ การวัดสีผิวของผล โดยเครื่อง Konica Minolta CR-20

การทดลองที่ 2 ผลของ GA_{4+7} และ BA ร่วมกับการตัดและไม่ตัดยอดต่อการเจริญเติบโตของมะเดื่อฝรั่ง

การศึกษาทดลองเริ่มต้นในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 คัดเลือกต้นมะเดื่อฝรั่งที่จัดทรงต้นและตัดแต่งกิ่ง วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 4 กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 12 ตา

ปัจจัย A คือ ตัดยอดและไม่ตัดยอด

ปัจจัย B คือ พ่น GA_{4+7} และ BA และพ่นน้ำเปล่า

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ตัดยอด ร่วมกับ พ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ตัดยอด ร่วมกับ พ่น GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 ตัดยอด ร่วมกับการ พ่นน้ำเปล่า

กรรมวิธีที่ 4 ไม่ตัดยอด ร่วมกับ พ่น GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูล จำนวนวันในการแตกตา และเมื่อพ่นสารได้ 60 วันจึงเริ่มทำการเก็บความยาวของกิ่ง จำนวนของใบ และจำนวนของผล

การทดลองที่ 3 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง

ทำการทดลองเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกต้นมะเดื่อฝรั่งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มี 4 กรรมวิธีๆละ 3 ซ้ำ ๆละ 15 ผล โดยพ่น CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ในช่วงหลังจากผลผลิตมีอายุได้ 7 สัปดาห์ การวิเคราะห์คุณภาพมะเดื่อฝรั่งจะใช้ผลมะเดื่อฝรั่งจากวันที่ผลเริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นม่วงแดง อายุ 30 วันหลังจากการพ่นสาร

กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 BRs ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

การบันทึกข้อมูล

บันทึกน้ำหนักของผล ความกว้างความยาวของผล โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ดิจิตอล วัดสีผิวของผล ด้วยเครื่อง Konica Minolta CR-20 และความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง Force Gauge 5100 นำผลที่ได้นำมาหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง hand refractometer การวัดปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ โดยนำตัวอย่างสด 1 กรัม นำมาไทเทรตกับ NaOH ความเข้มข้น 0.1 N แล้วหาเปอร์เซ็นต์สัดส่วนของปริมาณกรดไทเทรตได้ และเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ จากนั้นจึงทำการหาปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

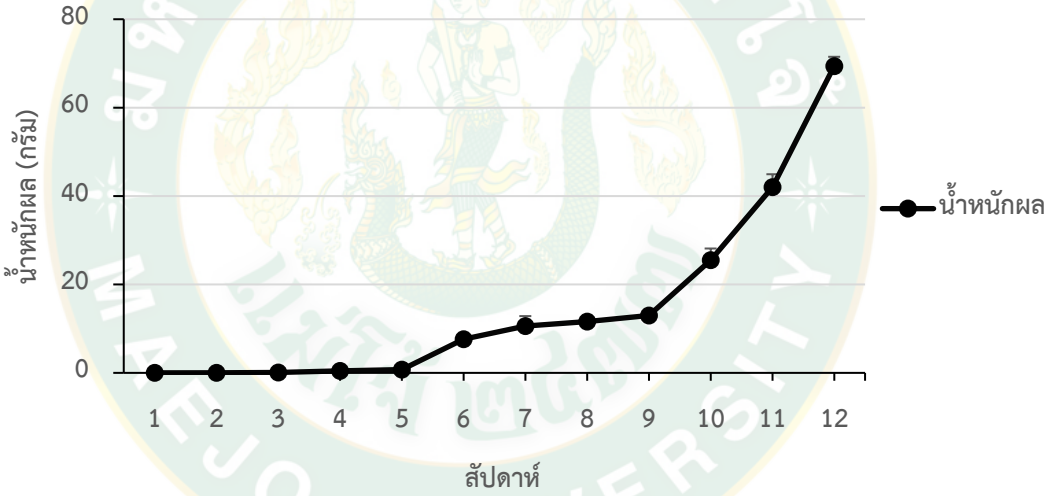
วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยโปรแกรม SAS 9.4 โดยมีการเปรียบเทียบโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง

น้ำหนักผล

จากผลการศึกษา การพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่งด้านน้ำหนักของผล พบว่า จะแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-4 ในเดือนธันวาคม ปี 2561 - มกราคม ปี 2562) ผลมะเดื่อฝรั่งมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.01-0.44 กรัม ระยะที่ 2 (สัปดาห์ที่ 5-8 เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ปี 2562) มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.75-11.60 กรัม และระยะที่ 3 (สัปดาห์ที่ 9-12 เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ปี 2562) มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 12.97-69.39 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

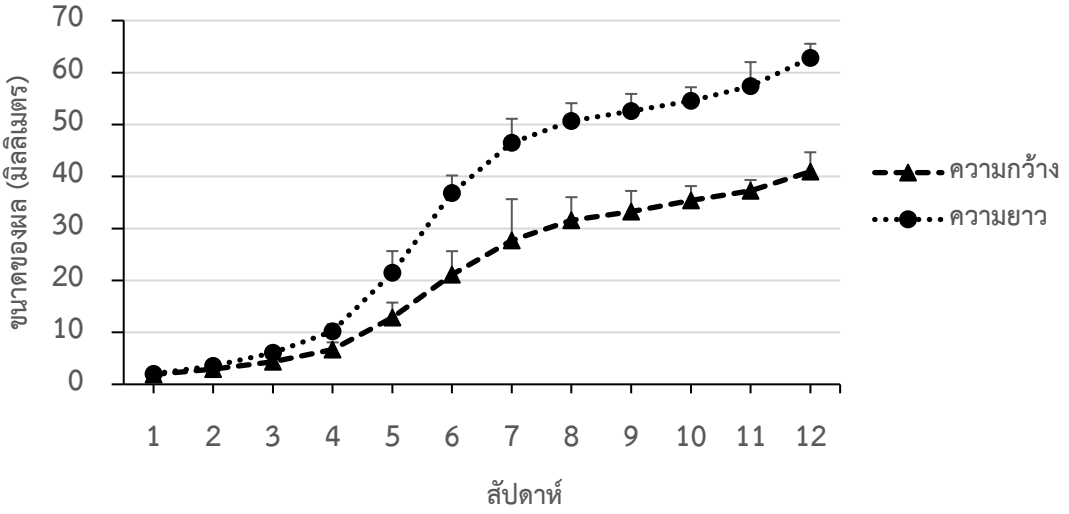


ภาพที่ 7 น้ำหนักของผล

ความกว้างและความยาวผล

จากผลการศึกษา การพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่งด้านความกว้างและความยาวของผล พบว่า จะแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-4 ในเดือนธันวาคม ปี 2561 - มกราคม ปี 2562) มีความกว้างอยู่ระหว่าง 1.89-6.69 มิลลิเมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 2.03-10.17 มิลลิเมตร ระยะที่ 2 (สัปดาห์ที่ 5-8 เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ปี 2562) มีความกว้างอยู่ระหว่าง 12.85-31.60 มิลลิเมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 21.48-50.66 มิลลิเมตร และระยะที่ 3 (สัปดาห์ที่ 9-12 เดือน

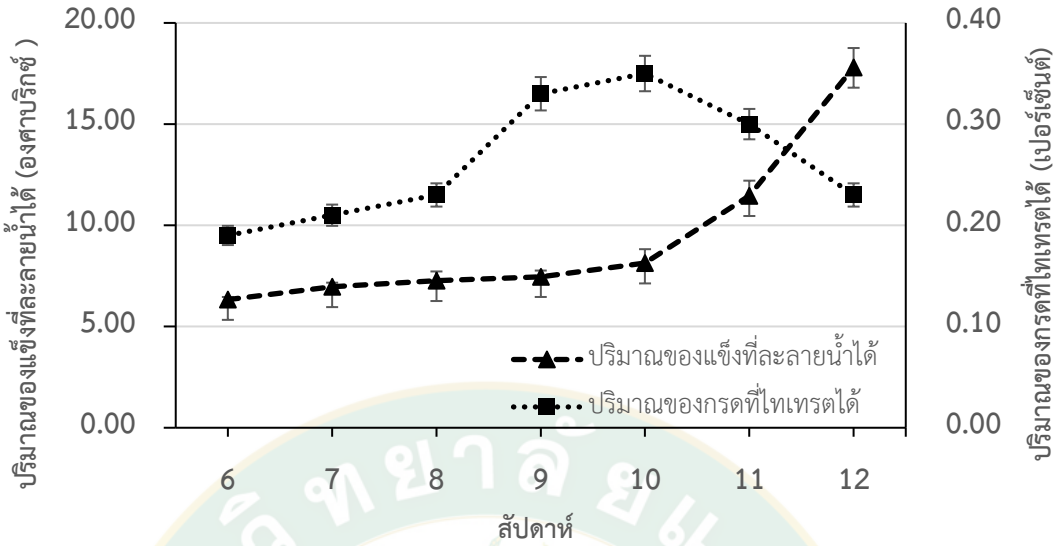
กุมภาพันธ์-มีนาคม ปี 2562) มีความกว้างอยู่ระหว่าง 33.21-40.94 มิลลิเมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 52.57-62.79 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ความกว้างและความยาวของผล

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้

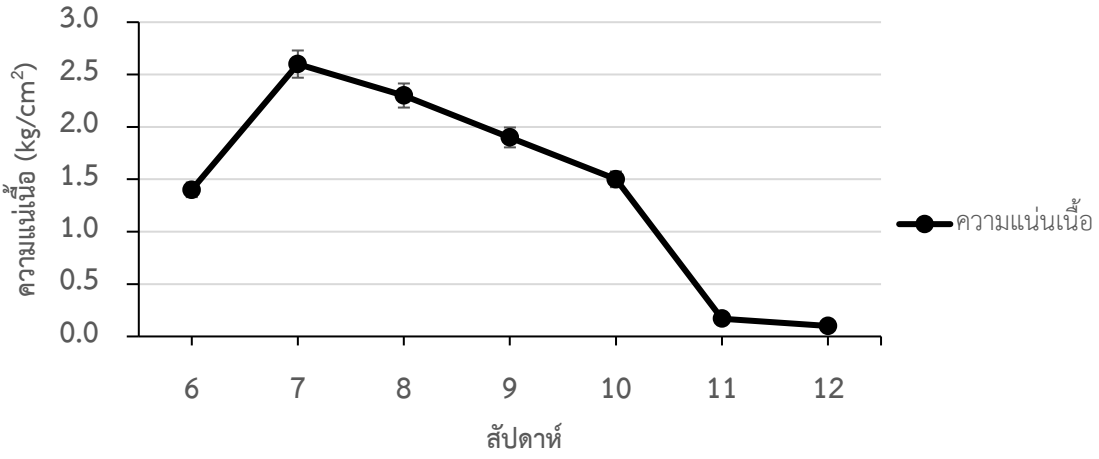
จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในสัปดาห์ที่ 6-12 อยู่ระหว่าง 6.30-17.80 องศาบริกซ์ ส่วนปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ในสัปดาห์ที่ 6-10 อยู่ระหว่าง 0.19-0.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจาก สัปดาห์ที่ 1-5 ขนาดของผลมีขนาดเล็ก จึงไม่สามารถตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ ดังนั้นจึงได้เริ่มทำการตรวจตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้

ความแน่นเนื้อ

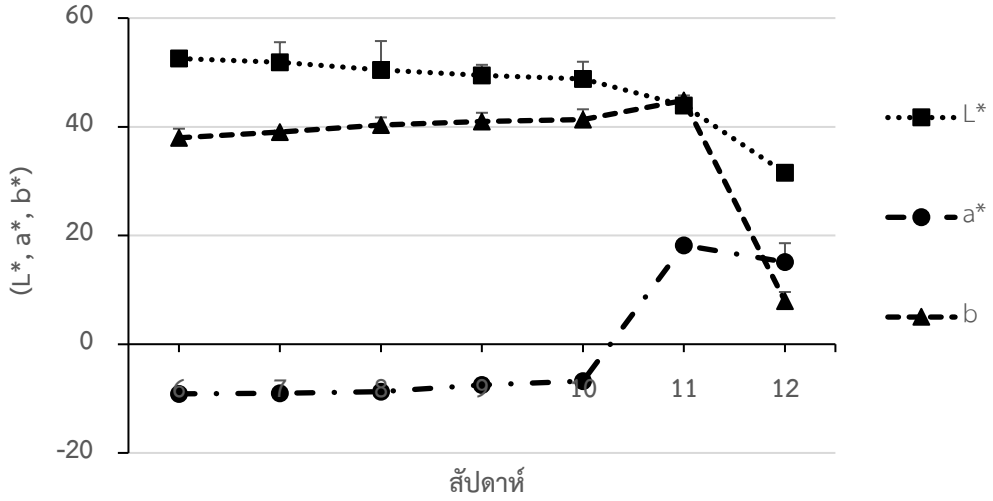
จากผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาของผลมะเดื่อฝรั่งด้านความแน่นเนื้อ ในสัปดาห์ที่ 6 จะอยู่ที่ 1.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สัปดาห์ที่ 7 มีความแน่นเนื้อสูงที่สุด 2.60 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ เนื่องจาก สัปดาห์ที่ 1-5 ขนาดของผลมีขนาดเล็ก จึงไม่สามารถตรวจวัดความแน่นเนื้อได้ ดังนั้นจึงได้เริ่มทำการตรวจตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป และในสัปดาห์ที่ 8 ผลผลิตเริ่มมีการสุกมากขึ้น ทำให้ความแน่นเนื้อลดลงโดยอยู่ระหว่าง 2.30-0.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ความแน่นเนื้อผล

สีผิวของผล

จากผลการศึกษาพบว่า ความสว่างของสีผิว (L*) ในสัปดาห์ที่ 6-12 มีค่าอยู่ระหว่าง 52.56-31.53 สีแดงและสีเขียวของผิวผล (a*) ในสัปดาห์ที่ 6-10 มีค่าอยู่ระหว่าง -9.13 ถึง -6.80 ซึ่งทำให้สีเข้าใกล้สีแดง ส่วนสัปดาห์ที่ 11-12 มีค่าลดลง 18.2-15.10 ทำให้สีผิวเข้าใกล้สีดำหรือม่วง และ สีน้ำเงินของผิวผล (b*) ในสัปดาห์ที่ 6-11 มีค่าอยู่ระหว่าง 37.96-44.86 ซึ่งทำให้สีผิวเข้าใกล้สีเหลือง ส่วนสัปดาห์ที่ 12 มีค่าลดลง 7.96 ทำให้สีผิวเข้าใกล้สีดำหรือม่วง (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 สีผิวของผล

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษา การเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า จะแบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-4 ในเดือนธันวาคม-มกราคม) ผลมะเดื่อฝรั่งมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า และเป็นระยะการติดผลแบบ vegetative parthenocarpy โดยรังไข่ของดอกเพศเมียที่อยู่ภายในช่อดอกที่เรียกว่าผลรวม (syconium) มีการพัฒนาขึ้นเป็นผลย่อย (drupelets) โดยไม่ต้องมีการปฏิสนธิของผลและเจริญขึ้นได้เนื่องจากรังไข่ ฐานรองดอก และส่วนอื่นที่มีปริมาณฮอร์โมนที่เพียงพอ (สังคม, 2547) โดยมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.01-7.60 กรัม ขนาดผลมีการขยายเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระยะนี้เป็นระยะ cell division และ cell enlargement จะมีการแบ่งตัว รวมถึงขนาดของ embryo นอกจากนี้มีการพัฒนาของเซลล์ pericarp ในส่วนของ exocarp และ mesocarp ทำให้น้ำหนักมีการเพิ่มขึ้น (Brummell, 2010) ระยะที่ 2 หรือ ระยะ lag phase (สัปดาห์ที่ 5-8 เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์) เป็นช่วงที่ pericarp จะเพิ่มขนาดขึ้นอย่างช้า ๆ ในขนาดเดียวกันการเจริญของผลจะช้าลง โดยเป็นระยะที่สำคัญในการที่ขนาดผลจะมีการขยายตัวไปตามยาว ซึ่งอาจจะใช้เวลาที่นาน (Brummell, 2010) โดยการเจริญเติบโตในระยะนี้จะสร้างความแข็งแรงให้กับชั้น endocarp ซึ่งจะมีการสะสมสารที่ทำให้เกิดความแข็งแรง เช่น ลิกนิน (lignin) หรือ ซูเบอริน (suberin) รวมไปถึงการสะสมองค์ประกอบของรสชาติภายในของผล (solutes) มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 10.56-25.48 กรัม ในระยะนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น สีผิวของผลไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงนี้ และระยะที่ 3 (สัปดาห์ที่ 9-12 เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) ซึ่ง Rosianski *et al.* (2016) ได้อธิบายว่ามะเดื่อฝรั่ง ในระยะนี้ pericarp ในชั้น mesocarp จะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นระยะ cell enlargement และ cell expansion โดยมีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน ได้แก่ ABA, IAA ในช่วงนี้ระดับของ IAA จะเพิ่มขึ้นเป็น 3-4 เท่า พร้อมด้วยการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนอย่างรวดเร็ว และการลดลงของระดับ GA นอกจากนี้ยังพบการสะสมคาร์โบไฮเดรต แป้ง และการหายใจเพิ่มขึ้น (Brummell, 2010) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก ในสัปดาห์ที่ 11 คือ 42.01 กรัม และเพิ่มอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 12 ถึง 69.39 กรัม โดยให้ผลที่คล้ายกับการศึกษาของ สุรินทร์ และคณะ (2528) พบว่า ระยะที่ 1 มีอัตราการเจริญของขนาดอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 5-6 สัปดาห์ ในระยะที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตคงที่ มีการเพิ่มขนาดเพียงเล็กน้อย ใช้เวลานาน 4-5 สัปดาห์ ในระยะที่ 3 ผลเริ่มมีการขยายใหญ่มากขึ้น ใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ และสอดคล้องกับ Crane and Brown (1950) ในสายพันธุ์ Mission และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลจากสีเขียวเป็นสีแดง-ม่วง ด้านความกว้างและความยาวของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า ในระยะที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1-4 ในเดือนธันวาคม-มกราคม) จะมีความความกว้างและความยาวอยู่ระหว่าง 1.89-6.69 และ 2.03-10.17 มิลลิเมตร ระยะที่ 2 (สัปดาห์ที่ 5-8 เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์) จะมีความความกว้างและความยาวอยู่ระหว่าง 12.85-31.6 และ 21.48-50.66 และระยะที่ 3 (สัปดาห์ที่ 9-12 เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) จะมีความ

ความกว้างและความยาวอยู่ระหว่าง 33.21-40.94 และ 52.57-62.79 มิลลิเมตรตามลำดับ ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 6-10 (เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) อยู่ระหว่าง 6.30-8.10 องศาบริกซ์ และ สัปดาห์ที 11-12 (เดือนมีนาคม) อยู่ระหว่าง 11.45-17.80 องศาบริกซ์ โดย Ersoy *et al.* (2007) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลมะเดื่อฝรั่งระหว่างการพัฒนาของผลจะเพิ่มขึ้นในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 อาจเป็นผลมาจากการสลายแป้งเป็นน้ำตาลและการเคลื่อนที่ของน้ำตาลจากแหล่งสร้างไปสู่แหล่งใช้ (source-sink relationship) (Biale, 1961; Kulkarni and Aradhya, 2005) ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ในสัปดาห์ที่ 6-10 (เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) อยู่ระหว่าง 0.19-0.35 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการพัฒนาของผล (Moing *et al.,* 2001) และ สัปดาห์ที่ 11-12 (เดือนมีนาคม) ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้จะมีปริมาณลดลงอยู่ระหว่าง 0.30-0.23 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในระหว่างการสุกกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการหายใจซึ่งในระหว่างการสุกการหายใจจะเพิ่มขึ้นรวมไปถึงการย่อยสลายของเอมไซม์ (Dokoozlian, 2010; Hatami, 2012) ความแน่นเนื้อ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 6 (เดือนมกราคม) คือ 1.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สัปดาห์ที่ 7 (เดือนมกราคม) มีความแน่นเนื้อสูงที่สุด 2.60 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนสัปดาห์ที่ 8-12 (เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม) จะมีความแน่นเนื้อลดลงตามลำดับ โดยอยู่ระหว่าง 2.30-0.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สอดคล้องกับ Crisosto *et al*. (2010) รายงานว่า เมื่อผลมีการสุกเพิ่มขึ้นจะทำให้ความแน่นเนื้อลดลง ซึ่งความแน่นเนื้อที่ลดลงอาจเนื่องมาจากการแสดงออกของยีนส์ในผนังเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสุกของมะเดื่อฝรั่งของ polysaccharides ในผนังเซลล์ตามระยะพัฒนาในผลมะเดื่อฝรั่งและจะมีความแน่นเนื้อลดลงอย่างเห็นได้ชัดในระหว่างผลที่มีการเริ่มสุกหรือเวลาที่ผลสุกเต็มที่ (Owino *et al.,* 2004) และ ความสว่างของสีผิว (L*) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 6-12 (เดือนมกราคม-มีนาคม) มีค่าอยู่ระหว่าง 52.56-31.53 สีแดงและสีเขียวของผิวผล (a*) ในสัปดาห์ที่ 6-10 (เดือนมกราคม-มีนาคม) มีค่าอยู่ระหว่าง -9.13 ถึง -6.80 ซึ่งทำให้สีเข้าใกล้สีแดง ส่วนสัปดาห์ที่ 11-12 (เดือนมีนาคม) มีค่าลดลง 18.20-15.10 ทำให้สีผิวเข้าใกล้สีดำหรือม่วง และ สีน้ำเงินของผิวผล (b*) ในสัปดาห์ที่ 6-11 (เดือนมกราคม-มีนาคม) มีค่าอยู่ระหว่าง 37.96-44.86 ซึ่งทำให้สีผิวเข้าใกล้สีเหลือง ส่วนสัปดาห์ที่ 12 (เดือนมีนาคม) มีค่าลดลง 7.96 ทำให้สีผิวเข้าใกล้สีดำหรือม่วง เนื่องจากกระบวนการสุกมีผลทำให้ผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงโดยทำให้ผลนิ่มและมีการเปลี่ยนสีโดยปริมาณของคลอโรฟิลล์ที่สูงในระยะแรกและจะลดต่ำลงในระยะใกล้สุก เช่นเดียวกับปริมาณแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินที่มีระดับต่ำในระยะแรกและเพิ่มสูงขึ้นในระยะใกล้สุก (Rooban *et al.*, 2016) นอกจากนี้ Zhao *et al*. (2015) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนสีในระหว่างการพัฒนาของผลทับทิม คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์จะมีการลดต่ำลงแต่จะมีการเพิ่มขึ้นของแอนโทไซยานินแทนในระหว่างการพัฒนาของผล

การทดลองที่ 2 ผลของ GA_{4+7} และ BA ร่วมกับการตัดและไม่ตัดยอดต่อการเจริญเติบโตของมะเดื่อฝรั่ง

ความยาวกิ่งใหม่

จากผลการศึกษา การตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA และพ่นน้ำเปล่า พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันต่อความยาวของกิ่งใหม่ ซึ่งกรณีการตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อความยาวกิ่งใหม่เฉลี่ย 15.13 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม 6.91 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาจากการตัดยอดและไม่ตัดยอดต่อความยาวของกิ่งใหม่ พบว่า การตัดยอดส่งผลให้มีความยาวกิ่งเฉลี่ย 15.06 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการไม่ตัดยอด 8.90 เซนติเมตร

จากการพิจารณาการพ่น GA_{4+7} + BA ต่อความยาวของกิ่งใหม่ พบว่า การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีความยาวกิ่งเฉลี่ย 12.94 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการพ่นน้ำเปล่า 11.02 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านความยาวกิ่งใหม่ของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัย	ความยาวกิ่งใหม่ (ซม)
ปัจจัย A	
การตัดยอด	15.06[a]
การไม่ตัดยอด	8.90[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย B	
การพ่นน้ำเปล่า	11.02[b]
การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	12.94[a]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย A x B	
การไม่ตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)	6.91[c]
การตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	15.13[a]
การตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า	15.00[a]
การไม่ตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	10.88[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
CV (%)	22.62

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

จำนวนวันในการแตกตา

จากผลการศึกษา การตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA และพ่นน้ำเปล่า พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อจำนวนวันที่ใช้ในการแตกตา โดยจำนวนวันในการแตกตาอยู่ระหว่าง 11.76-12.73 วัน

เมื่อพิจารณาจากการตัดยอดและไม่ตัดยอดต่อจำนวนวันในการแตกตา พบว่า การตัดยอดและไม่ตัดยอด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการพิจารณาการพ่น GA_{4+7} + BA ต่อจำนวนวันในการแตกตา พบว่า การใช้ GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีจำนวนวันที่ใช้เวลาในการแตกตาเฉลี่ย 11.78 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการพ่นน้ำเปล่า 12.66 วัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนวันในการแตกตาของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัย	จำนวนวันที่ใช้เวลาในการแตกตา (วัน)
ปัจจัย A	
การตัดยอด	12.26
การไม่ตัดยอด	12.18
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns
ปัจจัย B	
การพ่นน้ำเปล่า	12.66[a]
การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	11.78[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย A x B	
การไม่ตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)	12.73
การตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	11.76
การตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า	12.60
การไม่ตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	11.80
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns
CV (%)	12.41

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

จำนวนของผล

จากผลการศึกษาการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA และพ่นน้ำเปล่า พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันต่อจำนวนของผล ซึ่งกรณีการตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อจำนวนผลเฉลี่ย 2.77 ผล ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม 0.79 ผล

เมื่อพิจารณาจากการตัดยอดและไม่ตัดยอดต่อจำนวนของผล พบว่า การตัดยอดส่งผลให้มีจำนวนของผลเฉลี่ย 1.84 ผล ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการไม่ตัดยอด 0.99 ผล

จากการพิจารณาการพ่น GA_{4+7} + BA ต่อจำนวนของผล พบว่า การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้มีจำนวนของผล 1.98 ผล ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการพ่นน้ำเปล่า 0.85 ผล (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนของผลของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัย	จำนวนของผล (ผล)
ปัจจัย A	
การตัดยอด	1.84[a]
การไม่ตัดยอด	0.99[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย B	
การพ่นน้ำแปล่า	0.85[b]
การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	1.98[a]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย A x B	
การไม่ตัดยอด x การพ่นน้ำแปล่า (กรรมวิธีควบคุม)	0.79[c]
การตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	2.77[a]
การตัดยอด x การพ่นน้ำแปล่า	0.91[c]
การไม่ตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 mg/L	1.19[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
CV (%)	19.43

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

จำนวนของใบ

จากผลการศึกษา การตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA และพ่นน้ำเปล่า พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันต่อความยาวของกิ่งใหม่ ซึ่งกรณีการตัดยอดร่วมกับการพ่นน้ำเปล่ามีผลต่อจำนวนของใบเฉลี่ย 2.55 ใบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม 1.44 ใบ

เมื่อพิจารณาจากการตัดยอดและไม่ตัดยอดต่อจำนวนของใบ พบว่า การตัดยอดส่งผลให้มีจำนวนของใบเฉลี่ย 2.45 ใบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการไม่ตัดยอด 1.59 ใบ และจากการพิจารณาการพ่น GA_{4+7} + BA ต่อจำนวนของใบ พบว่า การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตรและการพ่นน้ำเปล่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยอยู่ระหว่าง 2.00-2.05 ใบ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของยอดมะเดื่อฝรั่งด้านจำนวนของใบของการตัดยอดและไม่ตัดยอดร่วมกับการพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัย	จำนวนของใบ (ใบ)
ปัจจัย A	
การตัดยอด	2.45[a]
การไม่ตัดยอด	1.59[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
ปัจจัย B	
การพ่นน้ำเปล่า	2.00
การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 ppm	2.05
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	ns
ปัจจัย A x B	
การไม่ตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)	1.44[c]
การตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 ppm	2.36[a]
การตัดยอด x การพ่นน้ำเปล่า	2.55[a]
การไม่ตัดยอด x การพ่น GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 250 ppm	1.75[b]
การทดสอบทางสถิติ (F-test)	**
CV (%)	23.20

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่า การตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้มีความยาวยอดใหม่เฉลี่ย 15.13 เซนติเมตร ให้ผลเช่นเดียวกับ Saracoglu and Cebe (2018) ที่ใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร +

BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลูกแพร์สายพันธุ์ Deveci มีผลทำให้ความยาวกิ่งเฉลี่ย 29.69 เซนติเมตร มี เนื่องจากการใช้ GA_{4+7} สามารถเพิ่มอัตราการการพัฒนาของผลและการติดผล จำนวนวันที่ใช้เวลาในการแตกตา พบว่า การตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้มีจำนวนวันที่ใช้เวลาในการแตกตาเร็วที่สุดเฉลี่ย 11.76 วัน มะเดื่อฝรั่งเป็นพืชที่ต้องการความต้องการสภาพอากาศหนาวเย็นเพียงเล็กน้อยเพื่อชักนำให้เกิดการแตกตา โดย Flaishman *et al.* (2008) พบว่า มะเดื่อฝรั่งที่ปลูกในแถบพื้นที่ที่มีอากาศร้อนและมีอุณหภูมิในฤดูหนาวสูงกว่า 6-10 องศาเซลเซียส จะทำให้มะเดื่อฝรั่งเข้าสู่ระยะการพักตัวแบบ endodormancy ซึ่งเป็นการพักตัวของพืชที่เกิดจากปัจจัยภายในตัวพืชเอง หรือ แบบการพักตัวแบบ paradormancy ซึ่งเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นโดยได้รับสัญญาณทางชีวเคมีจากอวัยวะส่วนอื่นของพืช เช่น ตาหรือยอด ทำให้เกิดปรากฏการณ์ ตายอดข่มตาข้าง (apical dominance) นอกจากนี้ Müller and Leyser (2011) ได้อธิบายกลไกการทำงานแบบ canalization ว่า เมื่อออกซินมีการส่งออก กลไก canalization จะมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายออกซินภายในลำต้นไปยับยั้งการทำงานของตาข้างโดยตรง จึงทำให้ตาข้างไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วน Kawamata *et al.* (2002) พบว่า การตัดยอดในมะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ Masui Dauphine จะชักนำให้เกิดการแตกตาถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการตัดยอดจะกระตุ้นการเจริญของตาที่อยู่บริเวณซอกใบในบริเวณที่ใกล้กับลำต้นก่อให้เกิดการแตกยอดใหม่ได้ โดยทำลายการเกิดตายอดข่มตาข้าง (apical dominance) นอกจากนี้ยังมีฮอร์โมนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งหรือสนับสนุนการเจริญเติบโต ได้แก่ กรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) และ กรดแอบไซซิก (ABA) ซึ่ง GA_3 จะกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยจะลดการทำงานของออกซินบริเวณตาข้างและส่งเสริมการเจริญเติบโตทางยอดแทนร่วมกับการแสดงออกของไซโตโคนิน (Nishii *et al.,* 2012) แต่ ABA นั้นจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และสารในกลุ่มของไซโตไคนิน เช่น BA หรือ thidiazuron ซึ่งเป็นไซโตไคนินสังเคราะห์ที่มีการตอบสนองต่อการลดลงของการเกิดตายอดข่มตาข้างและสามารถเพิ่มปริมาณของกิ่ง โดยมีความสามารถในการควบคุมการสังเคราะห์ออกซินที่อยู่ในราก ยอด และใบอ่อน (Jones *et al.,* 2010) ทำให้ตาข้างสามารถแตกออกมาได้เนื่องจากไซโตไคนินควบคุมออกซินในขณะที่ตาข้างกำลังเจริญ (Müller and Leyser, 2011; Wang *et al.,* 1991) ซึ่งออกซินมีบทบาทในการส่งเสริมการยับยั้งการเจริญของตาข้างซึ่งจะอยู่ในการพักตัวทั้ง endodormancy และ paradormancy (Faust *et al.,* 1997) และสารไซโตไคนินยังเพิ่มการติดผลและการพัฒนาของผลได้ เช่น แตงโม กีวี แอเปิ้ล (Hayata *et al.,* 1995, 2000) ถั่วเหลือง (Crosby *et al.,* 1981) หรือกระตุ้นให้เกิดตาข้างในแอปเปิ้ลสายพันธุ์ Catarina (Rossi *et al.,* 2002) นอกจากนี้ Whiting (2015) ได้อธิบายบทบาทของกรดจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินซึ่งเป็นส่วนประกอบของ promalin ทั้ง GA_{4+7} + BA ต่างมีบทบาทในการแบ่งตัวของเซลล์, การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ ส่วน Roussos *et al.* (2009) พบว่า

จำนวนของผลและผลผลิตของสตรอเบอร์รี่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญด้วยการใช้ Gibberellic acid จำนวนของผล พบว่า การตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนผลเฉลี่ย 2.77 ผลต่อกิ่ง เช่นเดียวกับ McArtney *et al.* (2014) ที่พบว่าการใช้ GA_{4+7} + BA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแอปเปิล สามารถเพิ่มจำนวนของผล การติดผล และผลผลิตต่อต้นได้ในสายพันธุ์ Gala และ Jonagold อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผลแอปเปิลเกิดเป็นผลแบบ parthenocarpic และจำนวนของใบ พบว่า การตัดยอด ร่วมกับ การไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช จำนวนใบเฉลี่ย 2.55 ใบ ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่ง

ขนาดและน้ำหนักของผล

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความกว้างผลเฉลี่ยมากที่สุด 53.24 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ย 49.03 และ 49.75 มิลลิเมตร รองลงมาคือ การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีความกว้างผลเฉลี่ย 52.38 มิลลิเมตร ส่วนความยาวของผล พบว่า การใช้บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลเฉลี่ยมากที่สุด 56.10 มิลลิเมตร รองลงมาคือการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร 54.64 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม ด้านน้ำหนักของผล พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักผลเฉลี่ยมากที่สุด 68.13 กรัม รองลงมาคือการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร 66.87 กรัม มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อขนาดผลและน้ำหนักของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ขนาดผล (มิลลิเมตร)		น้ำหนักผล
	ความกว้างผล	ความยาวผล	(กรัม)
Control (กรรมวิธีควบคุม)	49.03^{c}	56.50^{b}	49.17^{b}
CPPU ความเข้มข้น 20 mg/L	53.24^{a}	66.87^{a}	54.64^{a}
Brassinosteroids ความเข้มข้น 1 mg/L	52.38^{ab}	68.13^{a}	56.10^{a}
3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 mg/L	49.75^{bc}	58.32^{b}	52.92^{ab}
F-test	**	**	**
CV (%)	9.03	11.00	17.55

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

สีผิวของผล

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความสว่าง L* มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.96-27.59 ค่า a* มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.25-12.14 และค่า b* มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.37-4.15 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อสีผิวผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน

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

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) และความแน่นเนื้อของผล

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยมากที่สุด 17.12 องศาบริกซ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีที่ใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 9) ด้านปริมาณกรดที่ไทเทรตพบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตอยู่ระหว่าง 0.11-0.12 เปอร์เซ็นต์ ด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยมากที่สุด 163.45 รองลงมาคือ การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ย 162.53 และกรรมวิธีควบคุม เฉลี่ย 154.45 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับ การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ย 123.83 (ตารางที่ 9) ด้านความแน่นเนื้อของผล พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ความแน่นเนื้อของผลเฉลี่ย 85.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร 58.66 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และกรรมวิธีที่ใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 51.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และความแน่นเนื้อของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)	ความแน่นเนื้อ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
Control (ชุดควบคุม)	15.92[b]	0.11	154.45[a]	52.50[b]
CPPU ความเข้มข้น 20 mg/L	15.48[b]	0.11	162.53[a]	58.66[b]
Brassinosteroids ความเข้มข้น 1 mg/L	17.12[a]	0.11	163.45[a]	51.33[b]
3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 mg/L	13.38[c]	0.12	123.83[b]	85.77[a]
F-test	**	ns	**	**
CV (%)	8.68	18.80	26.39	23.96

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณวิตามินซี

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.77-5.81 (ตารางที่ 10) ด้านปริมาณวิตามินซี พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย โดยปริมาณวิตามินซีอยู่ระหว่าง 1.20-1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณวิตามินซีของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณวิตามินซี (mg/100gFW)
Control (ชุดควบคุม)	5.81	1.35
CPPU ความเข้มข้น 20 mg/L	5.75	1.20
Brassinosteroids ความเข้มข้น 1 mg/L	5.77	1.39
3,5,6-TPA 30 ความเข้มข้น mg/L	5.79	1.28
F-test	ns	ns
CV (%)	2.37	24.15

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานิน

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยมากที่สุด 936.26 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีที่ใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีใช้ที่ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉลี่ย 800.75 และ 821.70 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 11) ด้านปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ยมากที่สุด 19.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีใช้ที่ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานินของผลมะเดื่อฝรั่ง เมื่ออายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (μgGAE/gFW)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100gFW)
Control (ชุดควบคุม)	869.97[ab]	10.45[c]
CPPU ความเข้มข้น 20 mg/L	800.75[b]	13.69[b]
Brassinosteroids ความเข้มข้น 1 mg/L	936.26[a]	19.49[a]
3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 mg/L	821.70[b]	10.74[c]
F-test	**	**
CV (%)	13.01	21.96

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษา การใช้ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพของผลมะเดื่อฝรั่งด้านน้ำหนักผล พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักผลเฉลี่ยมากที่สุด 68.13 กรัม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ghorbani *et al.* (2017) พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ฉีดพ่นในช่วงระยะ veraison สามารถเพิ่มน้ำหนักและคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์ Thompson Seedless ได้ โดยบราสซิโนสเตอรอยด์มีกลไกบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มของออกซินภายในผลและยังควบคุมยีนที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ออกซิน (Sasse, 1990; Halliday, 2004) เป็นเหตุทำให้ผลมีการขยายขนาด และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น ด้านขนาดความกว้างและความยาวของผล พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความกว้างผลเฉลี่ยมากที่สุด 53.24 มิลลิเมตร สอดคล้องกับ กิตติวัฒน์ และคณะ (2557) พบว่า การใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในองุ่นพันธุ์ไม่มีเมล็ด (Marroo Seedless) ส่งผลให้มีน้ำหนักช่อผล ความกว้าง ความยาวเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถเพิ่มขนาดของผลสัปปะรด (ภาสันต์ และคณะ 2558) และ มะม่วงได้เช่นกัน (Kulkarni *et al.,* 2017) เนื่องจาก CPPU เป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในกลุ่มไซโตไคนินซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มขนาดของผลโดยการกระตุ้นให้เกิด cell division และ cell expansion ในผล (Kim *et al.*, 2006) ส่วน การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวผลเฉลี่ยมากที่สุด 56.10 มิลลิเมตร สีผิวของผล พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าความสว่าง L* ที่ 27.59 ค่า a* ที่ 12.14 ซึ่งสาร

3,5,6-TPA จัดอยู่ในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ เช่นเดียวกับ 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 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยมากที่สุด 17.12 องศาบริกซ์ สอดคล้องกับ Thapliyal *et al.* (2016) พบว่า การใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้คุณภาพของลูกแพร์ สายพันธุ์ Gola มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด 12.91 องศาบริกซ์ ในองุ่น (Champa *et al.,* 2014), เสาวรส (Gomes *et al.,* 2006) และเชอร์รี่ (Roghabadi and Pakkish, 2014) เนื่องจากสารบราสซิโนสเตอรอยด์ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารจากแหล่งสร้างไปสู่แหล่งที่ใช้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแป้งและเป็นน้ำตาล (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 ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.11-0.12% ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 123.83 ส่วนกรรมวิธีใช้ที่ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เฉลี่ย 163.45 สอดคล้องกับ นลินี และคณะ (2554) ที่ใช้บราสสิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ใช้เป็นตัวชี้วัดในการอธิบายถึงรสชาติได้ดีกว่า (Harker *et al.*, 2002) ความแน่นเนื้อของผล พบว่า การใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความแน่นเนื้อของผลเฉลี่ย 85.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื่องจากการใช้ 3,5,6-TPA ในปริมาณสูงมีผลทำให้ความแน่นเนื้อของผลเพิ่มขึ้น (Basak and Buczek, 2009) ส่วนกรรมวิธีใช้ที่ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแน่นเนื้อเพียง 51.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ทุกกรรมวิธีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.75-5.81 ปริมาณวิตามินซี พบว่า ทุกกรรมวิธีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.20-1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด 1.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งบราสซิโนสเตอรอยด์ทำให้ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น โดยทำให้ L-galacton-1,4-lacton dehydrogenase (L-GaLDH) ซึ่งเป็นเอมไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดวิตามินซีให้มีการสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้น (Asghari *et al.,* 2016)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด 936.26 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด สอดคล้องกับการศึกษาของ Asghari *et al.* (2018) พบว่า บราสซิโนสเตอรอยด์ ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในองุ่นเพิ่มขึ้น โดยทำให้การทำงานของเอมไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) ซึ่งเป็นเอมไซม์หลักในการตอบสนองต่อการสร้างสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น และปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า การใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด 19.46 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งการสังเคราะห์แอนโทไซยานินจะถูกกระตุ้นโดยความเครียดจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ แสงจากยูวี ความแห้งแล้ง การขาดธาตุอาหาร (Winkel-Shirley, 2002) หรือจากการใช้ฮอร์โมน เช่น กรดจัสโมนิก บราสซิโนสเตอรอยด์ (Deikman and Hammer 1995, Shan *et al.,* 2009, Qi *et al.,* 2011) และ Yuan *et al.* (2015) พบว่า การสังเคราะห์ของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นมาจากการถูกกระตุ้นจากไซโตไคนิน ซึ่งการที่ไซโตไคนินถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้น มีผลมาจากการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินได้ โดยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับแอนโทไซยานิน คือ chalcone synthase และ chalcone isomerase มีการสังเคราะห์ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับบราสซิโนสเตอรอยด์ (Luan *et al*., 2013)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่งมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ double sigmoid curve สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ผลจะมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักผลอย่างช้าๆ โดยมีน้ำหนักผลระหว่าง 0.01-7.60 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-4 ระยะที่ 2 การเจริญเติบโตและขยายขนาดของผล มีน้ำหนักผลระหว่าง 10.56-25.48 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5-8 และ ระยะที่ 3 ผลมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักอย่างรวดเร็ว น้ำหนักผลระหว่าง 12.97-69.39 กรัม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9-12 สัปดาห์ที่ 6-12 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ และ ความแน่นเนื้อ อยู่ระหว่าง 6.30-17.80 องศาบริกซ์ 0.19-0.23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.10-1.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่สีผิวผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 10 และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงอมม่วงจนถึงสีม่วงดำในสัปดาห์ที่ 12

จากการศึกษาผลของ GA_{4+7} + BA ต่อการเจริญเติบโตของผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + ความเข้มข้น BA 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการตัดยอด มีผลทำให้มีความยาวยอดใหม่เฉลี่ย 15.13 เซนติเมตร จำนวนผลเฉลี่ย 2.77 ผลต่อกิ่ง และจำนวนใบเฉลี่ย 2.02 ใบ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับกรรมวิธีควบคุม ส่วนผลของ CPPU, BRs และ 3,5,6-TPA ต่อคุณภาพผลมะเดื่อฝรั่ง พบว่า การใช้ บราสสิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ น้ำหนักผลสูงที่สุด 68.13 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 ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงเหลือเพียง 123.83 รวมถึงส่งผลให้มีความแน่นเนื้อผลเพิ่มขึ้น 85.77 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ การใช้บราสสิโนสเตอร์รอยด์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิตมะเดื่อฝรั่งได้ โดยให้ น้ำหนักผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ สารประกอบฟีนอลิก และปริมาณแอนโทไซยานิน สูงสุดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งในอนาคตจะได้มีศึกษาการเพิ่ม-ลดระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพของผลผลิตต่อไป

บรรณานุกรม

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.

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

นลินี เจริญวรรณ์, ศิวาพร ธรรมดี และ ฉันทลักษณ์ ติยายน. 2554. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อการแก่ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 42พิเศษ(1): 267-270.

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2562. **สวนคุณลีกับการปลูกมะเดื่อฝรั่งในประเทศไทย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/bulletnewstoday/article_97008. (22 ธันวาคม 2562).

ธนากร บุญกล่ำ, ศุภธิดา อับดุลลากาซิม, ธีร์ หะวานนท์, ภาสันต์ ศารทูลทัต. 2562. การใช้สาร Forchlorfenuron และ Naphthalenacetic acid เพิ่มขนาดผลแก้วมังกรนอกฤดู. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 8(1): 1-12.

พัชรพิงค์พิมพ์ ณ เชียงใหม่ และนพพร บุญปลอด. 2562. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อคุณภาพผลมัลเบอร์รี่. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 24(1): 233-240.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. 2547. **สรีรวิทยาของพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. **ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ. ไดนามิกสารพิมพ์.

พีรเดช ทองอำไพ. 2557. **สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.thaikasetsart.com/%e0%b8%aa%e0%b8%b2%e0%b8%a3%e0%b8%84%e0%b8%a7%e0%b8%9a%e0%b8%84%e0%b8%b8%e0%b8%a1%e0%

b8%9e%e0%b8%b4%e0%b8%82. (29 ธันวาคม 2562)

เพื่อนเกษตร. 2559. มะเดื่อ/มะเดื่อฝรั่ง (Fig) สรรพคุณ และการปลูกมะเดื่อฝรั่ง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://puechkaset.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87/ (11 มกราคม 2563)

วีรภัทร ปั้นฉาย. 2560. **ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชักนำตาข้างมะเดื่อฝรั่งพันธุ์แบล็คเจนัว**. การศึกษาค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

วิรัตน์ ปราบทุกข์. 2559. **การจัดทรงต้นและตัดแต่งกิ่งไม้ผลบนที่สูง**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

สรศักดิ์ คาตื้อ. 2558. **ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพผลและสารต้านอนุมูลอิสระในมะเกี๋ยง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สุรินทร์ นิลสำราญจิต, ม.ล. จารุพันธ์ ทองแถม และปวิณ ปุณศรี. 2528. **การเจริญเติบโตของมะเดื่อฝรั่งซึ่งปลูกบนที่สูงของประเทศไทย**. รายงานประชุมทางวิชากร ครั้งที่ 23. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2550. **การผลิตไม้ผลเมืองหนาวขนาดเล็กในเขตร้อน**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. **สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช**. กรุงเทพฯ. คลังนานาวิทยา.

ภาวิณีย์ เจริญยิ่ง. 2560. **หนุ่มสุรินทร์ จบปริญญาโท ปลูกมะเดื่อฝรั่ง ขายผลสด แปรรูป กิ่งพันธุ์ รายได้งาม**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_29833 (11 มกราคม 2563)

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

Abo-El-Ez, A., Mostafa, R. and Badawy, I. F. 2013. Growth and productivity of three fig (*Ficus carica* L.) cultivars grown under upper Egypt conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**. 7(2): 709-714.

Agustí, M., Almela, V., Juan, M., Primo-Millo, E., Trenor, I. and Zaragoza, S. 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., Battistelli, A., Famiani, F., Moscatello, S., Stanica, F. and Tombesi, A. 1996. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa* (A. Chev.). **Scientia Horticulturae**. 65(1): 37-47.

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

Ateyyeh, A. F. and Sadder, M. T. 2006. Growth pattern and fruit characteristics of six common fig (*Ficus carica* L.) cultivars in Jordan. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**. 2(2): 105-112.

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

Basak, A. and Buczek, M. 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.

Biale, J. B. 1961. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **In Advances in food research**. 10: 293-354

Broome, O. 1976. Breaking bud dormancy in tea crabapple [*Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd.] with cytokinins. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 101: 28-30.

Brummell, D. A. 2010. **Fruit growth ripening and post-harvest physiology**. In Bieleski, R. L. Ferguson, I. B. and MacRae, E. A. Plants in Action 1st Edition.

Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. T. Wasserman, P. V. Minorsky and R. B. Jackson. 2008. **Biology**. 8th *ed*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

Champa, W. H., Gill, M., Mahajan, B. and Arora, N. 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.

Chessa, I. 1997. Fig. Mitra S. **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. CAB International Wallingford. UK. 245-268.

Crane, J. C. and Blondeau, R. 1949. **Controlled growth of fig fruits by sythetic hormone application**. In Proceedings of the American Society For Horticultural Science. 54: 102-108.

Crane, J., and Brown, J. 1950. Growth of the fig fruit, *Ficus carica* var. Mission. Paper presented at the Proceedings. **American Society for Horticultural Science**.

Crisosto, C. H., Bremer, V., Ferguson, L. and Crisosto, G. M. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. **HortScience**. 45(4): 707-710.

Crosby, K. E., Aung, L. H. and Buss, G. R. 1981. Influence of 6-benzylaminopurine on fruit-set and seed development in two soybean, (*Glycine max* L.) Merr. genotypes. **Plant Physiology**. 68(5): 985-988.

Dokoozlian, N. K. 2000. Grape berry growth and development. **Raisin production manual**. 3393: 30.

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

Elfving, D. C. and Visser, D. B. 2007. Improving the efficacy of cytokinin applications for stimulation of lateral branch development in young sweet cherry trees in the orchard. **HortScience**. 42(2): 251-256.

Ersoy, N., Gozlekçki, S. and Kaynak, L. 2007. Changes in sugar contents of fig fruit (*Ficus carica* L. Cv. Bursa Siyahi) during development. **Suleyman demirel universitesi ziraat fakultesi dergisi**. 2(2): 22-26.

FAO. 2020. **FAOSTAT**. [online]. Retrieved from http://www.fao.org/faostat/en/#data. (20 April 2020).

Faust, M., Erez, A., Rowland, L.J., Wang, S.Y. and Norman, H.A. 1997. Bud Dormancy in Perennial Fruit Trees: Physiological Basis for Dormancy Induction,Maintenance, and Release. **HortScience**. 32: 623-629.

Ferguson, L., Michailides, T. J. and Shorey, H. H. 1990. The California fig industry. **Horticultural reviews**. 12: 409-490.

Flaishman, M. A., Rodov, V. and Stover, E. 2008. The fig: botany, horticulture, and breeding. **Horticultural Reviews**. 34: 113-196.

Foley, J. T. and Keever, G. J. 1993. Chemically induced branching of Vinca minor. **Journal of Environmental Horticulture**. 11(4): 149-152.

Gaaliche, B., Trad, M., Hfaiedh, L., Lakhal, W. and Mars, M. 2012. Pomological and biochemical characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cv. Zidi in different agro-ecological zones of Tunisia. Pak. **Journal of Agricultural Science**. 49(4): 425-428.

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

Hacışevki A. 2009. An overview of ascorbic acid biochemistry. **Journal of Faculty of Pharmacy**. 38(3): 233-255.

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

Harker, F., Marsh, K., Young, H., Murray, S., Gunson, F. and Walker, S. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. **Postharvest biology and technology**. 24(3): 241-250.

Hatami, M., Kalantari, S. and Delshad, M. 2012. **Responses of different maturity stages of tomato fruit to different storage conditions**. In VII International Postharvest Symposium. 1012: 857-864.

Hayata Y, Niimi Y, Inoue K, Kondo S. 2000. CPPU and BA, with and without pollination, affect set, growth, and quality of muskmelon fruit. **HortScience**. 35: 868–870.

Hayata Y, Niimi Y, Iwasaki N. 1995. Synthetic cytokinin-1- (2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (CPPU) promotes fruit-set and induces parthenocarpy in watermelon. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 120: 997–1000.

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., Sweetnam, P. M., Fehily, A. M., Elwood, P. C. and Kromhout, D. 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.

Jones, B., Gunnerås, S. A., Petersson, S. V., Tarkowski, P., Graham, N., May, S. and Ljung, K. 2010. Cytokinin regulation of auxin synthesis in Arabidopsis involves a homeostatic feedback loop regulated via auxin and cytokinin signal transduction. **The Plant Cell**. 22: 2956–2969.

Kayesh, E., Shangguan, L., Korir, N. K., Sun, X., Bilkish, N., Zhang, Y. and Fang, J. 2013. Fruit skin color and the role of anthocyanin. **Acta physiologiae plantarum**. 35(10): 2879-2890.

Kawamata, M., Nishida, E., Ohara, H., Ohkawa, K. and Matsui, H. 2002. Changes in the intensity of bud dormancy and internal composition of current shoot in fig. **Journal Japanese Society for Horticultural Science**. 71(2): 177-182.

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

Kulkarni, A. P. and Aradhya, S. M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. **Food chemistry**. 93(2): 319-324.

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

Luan, L.-Y., Zhang, Z.-W., Xi, Z.-M., Huo, S.-S. and Ma, L.-N. 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., Fleuriet, A. and Billot, J. 1990. **Fruit Phenolics**. Boca Raton: CRC Press.

McArtney, S., Greene, D., Robinson, T. and Wargo, J. 2014. Evaluation of GA_{4+7} plus 6-benzyladenine as a frost-rescue treatment for apple. **Horttechnology**. 24(2): 171-176.

Mahmoudi, S., Khali, M., Benkhaled, A., Boucetta, I., Dahmani, Y., Attallah, Z. and Belbraouet, S. 2018. Fresh figs (*Ficus carica* L.): Pomological characteristics, nutritional value, and phytochemical properties. **Journal of Horticultural Science**. 83(2): 104-113.

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

Moing, A., Renaud, C., Gaudillère, M., Raymond, P., Roudeillac, P. and Denoyes Rothan, B. 2001. Biochemical changes during fruit development of four strawberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 126(4): 394-403.

Morton, J. F. and Dowling, C. F. 1987. **Fruits of warm climates**. JF Morton Miami, FL.

Müller, D. and Leyser, O. 2011. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. **Annals of botany.** 107(7): 1203-1212.

Nagendra prasad, T. V. **Effect of GA_3, 2, 4-D And tiba on yield and quality of fig (*Ficus carica* L.)** Doctoral dissertation acharya ng ranga agricultural. University Rajendranagar Hyderabad.

Nishii, K., Wang, C., Spada, A., Nagata, T., and Möller, M. 2012. Gibberellin as a suppressor of lateral dominance and inducer of apical growth in the unifoliate *Streptocarpus wendlandii* (Gesneriaceae). **New Zealand journal of botany**. 50(3): 267-287.

Oviasogie, P. O., Okoro, D. and Ndiokwere, C. L. 2009. Determination of total phenolic amount of some edible fruits and vegetables. **African journal of biotechnology**. 8(12): 2819-2820.

Owino, W. O., Nakano, R., Kubo, Y. and Inaba, A. 2004. Coordinated expression patterns of genes encoding cell wall modifying enzymes during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. **Postharvest biology and technology**. 32(3): 253-261.

Polat, A. A. and Caliskan, O. 2008. Fruit characteristics of table fig (*Ficus carica* L.) cultivars in subtropical climate conditions of the Mediterranean region. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. 36(2): 107-115.

Pouieng, H. and Iouzen, C. 2003. Pollination and syconium set in fig (*Ficus carica* L.). **Acta Horticulturae**. 49: 151-163.

Qi, T., Song, S., Ren, Q., Wu, D., Huang, H., Chen, Y. and Xie, D. 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.

Reig, C., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A. and Agustí, M. 2016. Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA increases fruit size of loquat (*Eriobotrya japonica* L.) by reducing cell turgor pressure. **Scientia Horticulturae**. 210: 213-219.

Roghabadi, M. A. and Pakkish, Z. 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.

Rooban, R., Shanmugam, M., Venkatesan, T. and Tamilmani, C. 2016. Physiochemical changes during different stages of fruit ripening of climacteric fruit of mango (*Mangifera indica* L.) and non-climacteric of fruit cashew apple (A*nacardium occidentale* L.). **Journal of Applied and Advanced Research**. 1(2): 53-58.

Rosianski, Y., Doron-Faigenboim, A., Freiman, Z. E., Lama, K., Milo-Cochavi, S., Dahan, Y. and Flaishman, M. A. 2016. Tissue-specific transcriptome and hormonal regulation of pollinated and parthenocarpic fig (*Ficus carica* L.) fruit suggest that fruit ripening is coordinated by the reproductive part of the syconium. **Frontiers in plant science**. 7: 1696.

Rossi, A., Rufato, L., Giacobbo, C., Gomez, F. and Fachinello, J. 2002. **Use of Promalin® on one-year old trees of the apple cv.'Catarina'**. Paper presented at the XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees. 636: 145-149.

Roussos, P., Denaxa, N. K. and Damvakaris, T. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. **Scientia Horticulturae**. 119(2): 138-146.

Saracoglu, O. and Cebe, U. 2018. Cyclanilide treatments increase lateral branching of apple and pear nursery trees. **Applied ecology and environmental research**. 16(4): 4575-4583.

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

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

Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H. E. and Flaishman, M. A. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). **Journal of agricultural and food chemistry**. 54(20): 7717-7723.

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

Stover, E., Aradhya, M., Ferguson, L. and Crisosto, C. H. 2007. The fig: overview of an ancient fruit. **HortScience**. 42(5): 1083-1087.

Thapliyal, V. S., Rai, P. and Bora, L. 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.

USDA. 2019. **Basic Report: 9089, Figs, raw**. [online] Retrieved From https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173021/nutrients. (20 April 2020).

Wang, S.Y., Jiao, H.J. and Faust, M. 1991. Changes in Metabolic Enzyme Activities during Thidiazuron-induced Lateral Bud break of Apple. **HortScience**. 26: 171-173.

Whiting, D. and Roll, M. 2015. **Plant growth factors: plant hormones**. Colorado Garden Show Inc., Colorado State University.

Winkel-Shirley, B. 2002. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. **Current opinion in plant biology**. 5(3): 218-223.

Yahia, E. M. 2011. **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. fundamental issues: Elsevier.

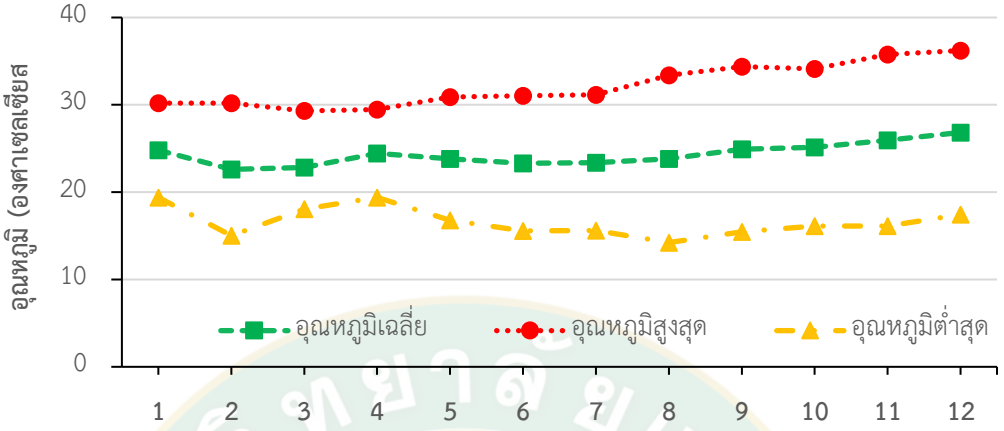
Yang, W. and Xu, H. 2016. Industrial fermentation of vitamin C. **Industrial biotechnology of vitamins, biopigments, and antioxidants**. 161-192.

Yildirim, A. N., Koyuncu, F., Şan, B. and Kaçal, E. 2010. The Effect of Promalin and Heading Treatments on Lateral Shoot Formation in Pear Nursery Trees. **Journal of Natural & Applied Sciences**. 14(1): 32-37.

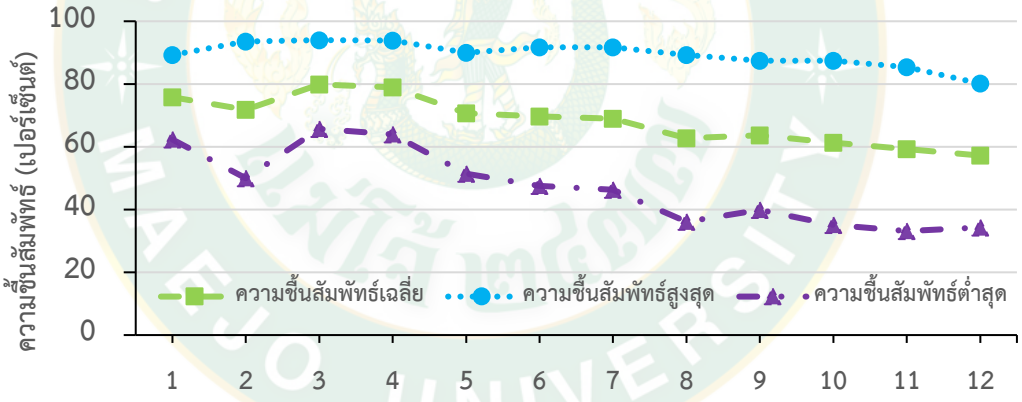
Yuan, L. B., Peng, Z. H., Zhi, T. T., Zho, Z., Liu, Y., Zhu, Q. and Ren, C. M. 2015. Brassinosteroid enhances cytokinin-induced anthocyanin biosynthesis in *Arabidopsis* seedlings. **Biologia plantarum**. 59(1): 99-105.

Zhao, X., Yuan, Z., Yin, Y. and Feng, L. 2015. Patterns of pigment changes in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel during fruit ripening. **Acta Horticulturae**. 1089: 83-89.

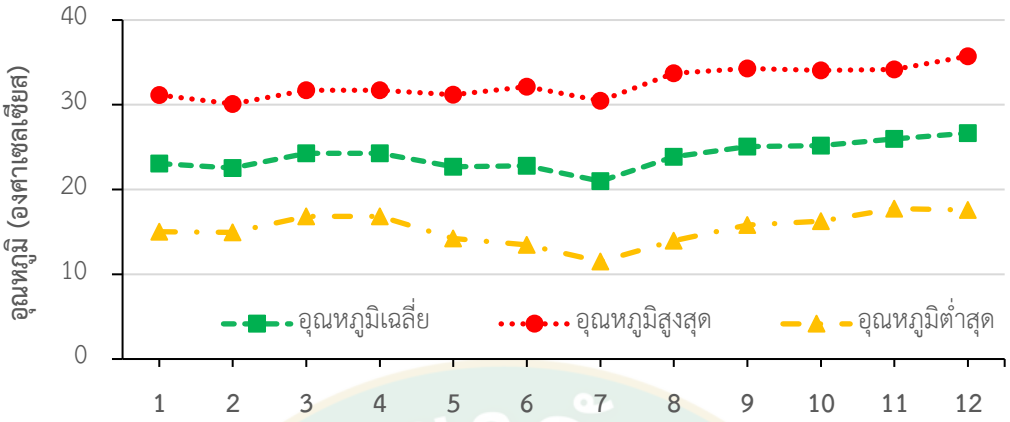
ภาคผนวก



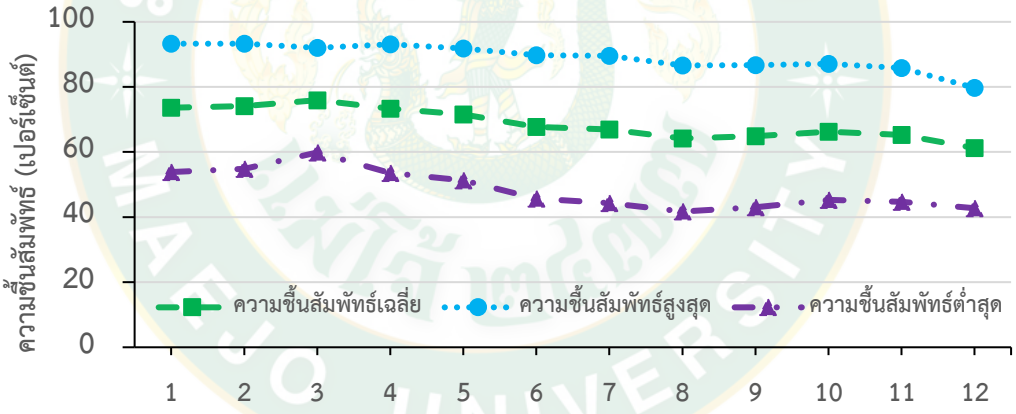
ภาพภาคผนวกที่ 1 อุณหภูมิ เดือน ธันวาคมปี 2561 - เดือนมีนาคม ปี 2562
โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง



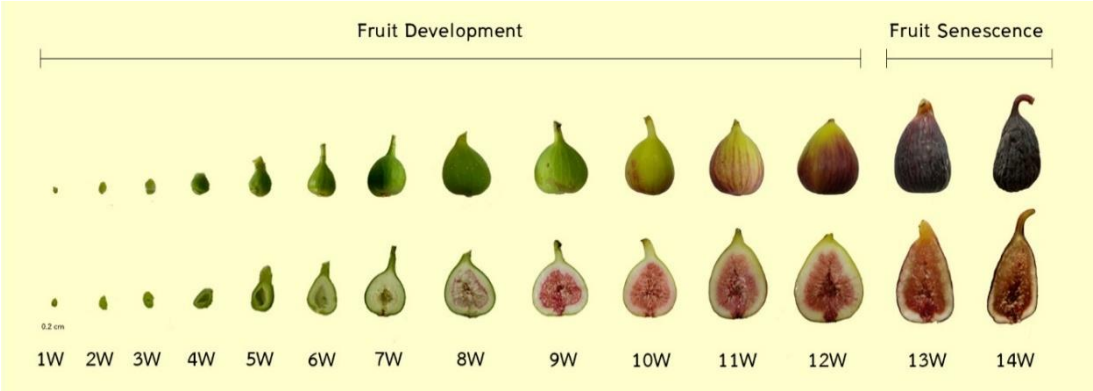
ภาพภาคผนวกที่ 2 ความชื้นสัมพัทธ์ เดือน ธันวาคมปี 2561 - เดือนมีนาคม ปี 2562
โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง



ภาพภาคผนวกที่ 3 อุณหภูมิ เดือน ธันวาคมปี 2562 - เดือนมีนาคม ปี 2563 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง



ภาพภาคผนวกที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ เดือน ธันวาคมปี 2562 - เดือนมีนาคม ปี 2561 โรงเรือนปลูกมะเดื่อฝรั่ง



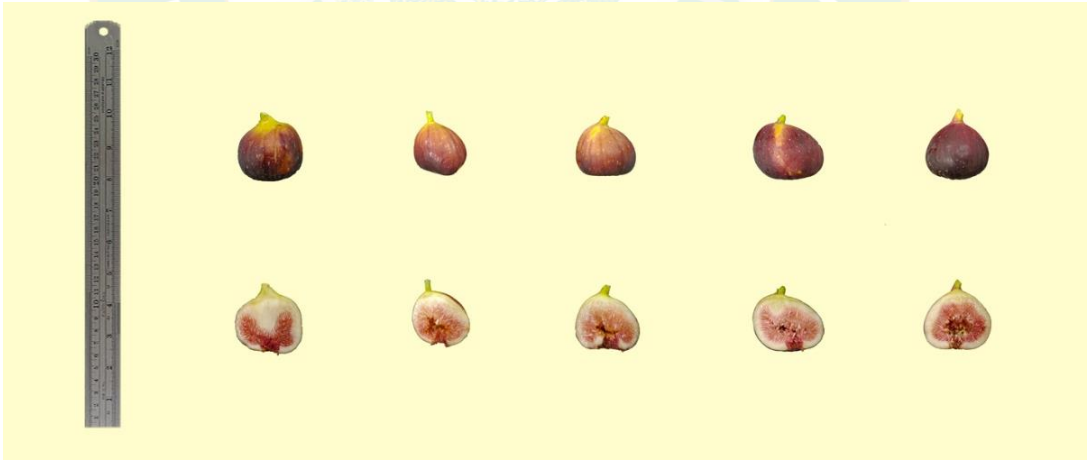
ภาพภาคผนวกที่ 5 ระยะการพัฒนาของผล (1-4 สัปดาห์ เดือน ธันวาคม ปี 2561 - มกราคม ปี 2562, 5-8 สัปดาห์ เดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ ปี 2562, 9-12 สัปดาห์ เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ปี 2562, 13-14 สัปดาห์ เดือนมีนาคม ปี 2562)

ภาพภาคผนวกที่ 6 การไม่ตัดยอด ร่วมกับการ การพ่นน้ำเปล่า ระยะเวลา 60 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 7 การตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 60 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 8 การตัดยอด ร่วมกับการ การพ่นน้ำเปล่า ระยะเวลา 60 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 9 การไม่ตัดยอด ร่วมกับ การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 60 วัน

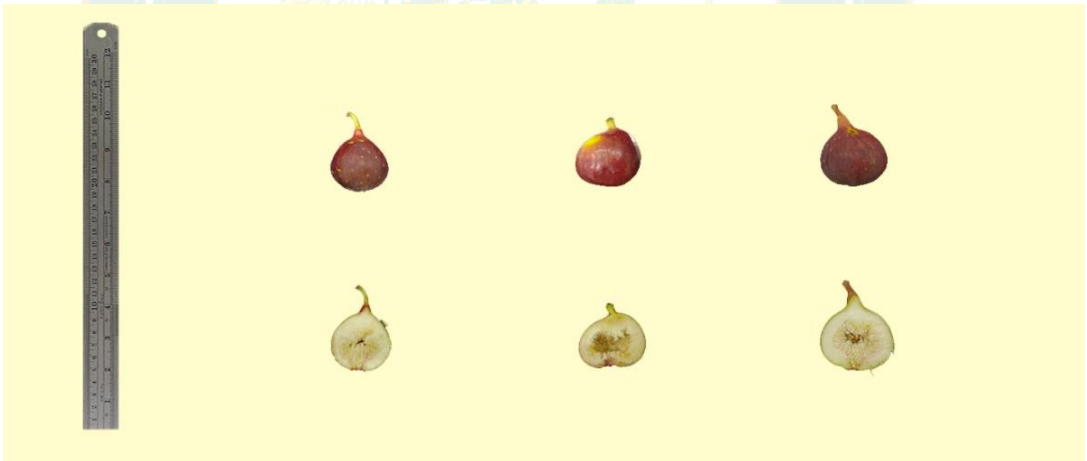


ภาพภาคผนวกที่ 10 ผลผลิตของการไม่ใช้สาร ระยะเวลา 30 วัน

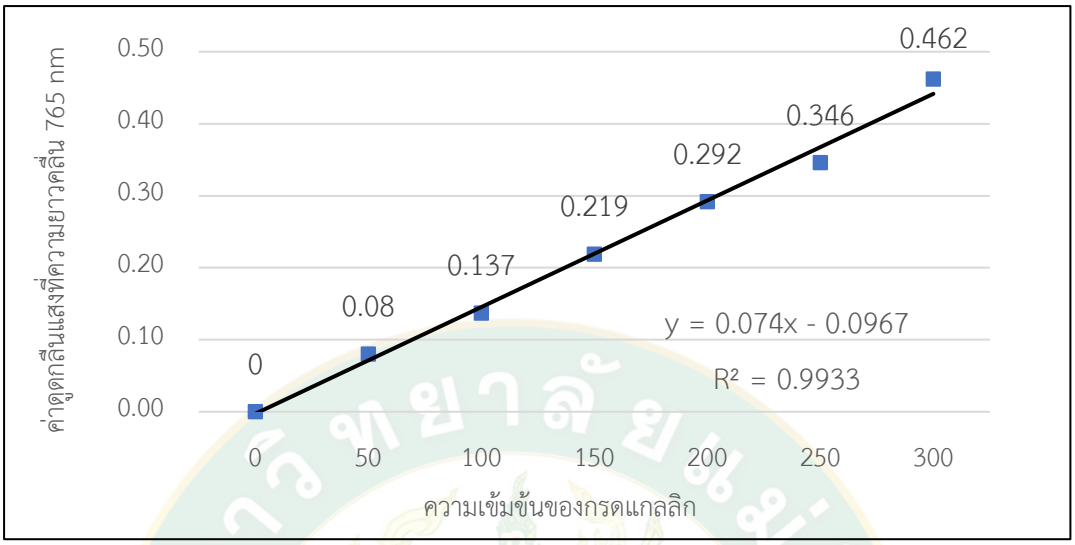
ภาพภาคผนวกที่ 11 ผลผลิตของการใช้ CPPU ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 12 ผลผลิตของการใช้ บราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 13 ผลผลิตของการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลา 30 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 14 ผลผลิตของการใช้ 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีการสุกไวมากขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงของสีแต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายใน ระยะเวลา 30 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 15 กราฟมาตรฐานแกลลิก

วิธีการเตรียมสารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล

1.1 เตรียมโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) ความเข้มข้น 7.5% ทำการชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 Folin-Ciocalteau's phenol reagent

2. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

2.1 กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1.5 นอร์แมล โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 124.2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 85:15 เท่ากับ 850:150 มิลลิลิตร ได้เป็น เอทาโนลิก เก็บไว้ในขวดสีชาอุณหภูมิต่ำ

3. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

1) กรดออกซาลิก (oxalic acid) ความเข้มข้น 0.4% เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิก 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

2) 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (2,6-dichlorophenol indophenols) ความเข้มข้น 0.04% เตรียมโดยชั่ง 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล 0.4 กรัมละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มล. แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

3) กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (ascorbic acid) ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.1 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4% แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกให้ครบ 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างในการหาปริมาณฟีนอลิก

ดัดแปลงมาจาก Benabdallah *et al*. (2016)

บดตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน (ใช้เครื่องปั่น)

↓

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับเมทานอล 100% ปรับปริมาตรให้ได้ 20 มิลลิลิตร

ปิดปากบีเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม

↓

เขย่าไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง

↓

กรองด้วย whatmanNo.1 จำนวน 1 รอบ

↓

ดูดส่วนใสที่กรองได้จาก whatmanNo.1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอล 100% ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

↓

กรองด้วย 0.45 μM syringe nylon filter

↓

เก็บไว้ในขวดสีชาปิดด้วยพาราฟิล์ม ที่มืด 4 องศาเซลเซียส

การสร้างกราฟมาตรฐานแกลลิค (Sellappan *et al.* (2002) อ้างโดย สรศักดิ์, 2558)

ชั่งแกลลิค 0.1 กรัม ละลายด้วย Acohol 95% จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

ดูดแกลลิค	0.5 ml	1 ml	1.5 ml	2 ml	2.5 ml	3 ml
ปรับปริมาตร 10 ml	↓	↓	↓	↓	↓	↓
ด้วยน้ำกลั่น	9.5 ml	9 ml	8.5 ml	8 ml	7.5 ml	7 ml
ความเข้มข้น	↓	↓	↓	↓	↓	↓
ไมโครกรัม/มิลลิลิตร	50	100	150	200	250	300

↓

Vortex 2 นาที

↓

สารเคมี	หลอดทดลอง					
	1	2	3	4	5	6
Gallic acid (μl)	50	50	50	50	50	50
100 % methanol (μl)	50	50	50	50	50	50
น้ำกลั่น (μl)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Na_2CO_3 (μl)	375	375	375	375	375	375
Folin-Ciocalteau (μl)	125	125	125	125	125	125
น้ำกลั่น (μl)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

↓

เขย่าที่มืด 2 ชั่วโมง

↓

วัดค่า OD 760 nm แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Sellappan *et al.* 2002) อ้างโดย สรศักดิ์, 2558)

นำสารสกัดที่ได้ 50 μl

↓

สารเคมี	หลอดทดลอง		
	1	2	3
100 % methanol (μl)	50	50	50
น้ำกลั่น (μl)	1000	1000	1000
Na_2CO_3 (μl)	375	375	375
Folin-Ciocalteau (μl)	125	125	125
น้ำกลั่น (μl)	1000	1000	1000

↓

เขย่า 2 ชั่วโมงในที่มืด

↓

วัดค่า OD 765 nm

นำค่า OD ที่ได้มาคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลโดยเทียบเป็นหน่วยไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างสด 1 กรัม

(Microgram Gallic Acid Equivalent/g Fresh Weight)

ขั้นตอนในการหาแอนโทไซยานิน โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Ranganna (2004)

เนื้อตัวอย่างบดละเอียด 1 กรัม

↓

เติมเอทาโนลิก 20 มิลลิลิตร (คนสารละลาย)

↓

เก็บไว้ในที่มืด 3 ชั่วโมง

↓

กรอง whatmanno.1

↓

ปรับปริมาตรด้วย เอทาโนลิก (เอทานอล: กรดไฮโดรคลอริก อัตราส่วน 85:15) 100 มิลลิลิตร

↓

วัด OD 535 nm

นำค่า OD ที่ได้ไปแทนค่าในสูตรหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด สูตรที่ใช้คำนวณคือ

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

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

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล วีรภัทร ปั้นฉาย

เกิดเมื่อ 25 พฤษภาคม 2539

ประวัติการศึกษา พ.ศ 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ 2561 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน แขนงวิชาเอกไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่