รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัย

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการพัฒนาคุณภาพผล การแก่ของผล และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง

Application of Plant Growth Regulators to Improve Fruit Quality, Fruit Maturity, and Postharvest Quality of Mango

โดย

ศิวาพร ธรรมดี
ฉันทลักษณ์ ติยายน
ดรุณี นาพรหม
และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข

สนับสนุนทุนวิจัยโดย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการพัฒนาคุณภาพผล การแก่ของผล และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. อ.ดร.ศิวาพร ธรรมดี (หัวหน้าโครงการ)	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. อ.ดร.ฉันทลักษณ์ ติยายน	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ผศ.ดร.ดรุณี นาพรหม	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. อ.ดร. ธนะชัย พันธ์เกษมสุข	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่ของผลมะม่วงสองพันธุ์ คือ พันธุ์โชคอนันต์ซึ่งเป็นมะม่วงทวายที่ติดผลในช่วงฤดูฝน ที่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ติดผลในฤดูแล้ง ที่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 กรรมวิธีทดลองประกอบด้วย การพ่นช่อดอกและผลด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่างๆ และพ่นด้วยน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม การศึกษาพบว่า การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแก่ผลมะม่วงโชคอนันต์ เพียงหนึ่งครั้งเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ไม่ส่งผลให้ผลมะม่วงสุกแก่ช้าหรือเร็วขึ้น แต่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลมะม่วงในแง่รูปร่างของผล โดยการพ่น Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้ผลมะม่วงเมื่อระยะเก็บเกี่ยวมีความยาวน้อยกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่น GA_3 50 ppm ให้แก่ผลมะม่วงที่ระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ทำให้ผลมีความยาวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม โดยไม่ส่งผลต่อน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และคุณภาพภายในของผล สำหรับการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง พบว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดสามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ ซึ่ง Ethephon 200 ppm ที่เริ่มพ่นให้แก่ผลมะม่วงเมื่อระยะ 70 วันหลังดอกบานเต็มที่ และ NAA 100 ppm ที่เริ่มพ่นให้แก่ผลมะม่วงเมื่อระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ สามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้ 6-8 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อขนาดของผล อายุการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อ และคุณภาพภายในของผลเมื่อผลสุกเต็มที่

คำสำคัญ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช, การแก่ของผล, มะม่วง, คุณภาพผล

Abstract

The study of effects of plant growth regulators on fruit maturity was conducted in two cultivars of mango, 'Choakanan' and 'Nam dok mai si tong'. 'Choakanan' set fruit in rainy season. The experiment was conducted at a grower orchard in Hangdong district, Chiang Mai, from May to September 2009. 'Nam dok mai si tong' set fruit in late winter to summer. The experiment was carried out in Maetaeng district, Chiang Mai, from February to August 2010. The treatments involved spraying inflorescences and young fruits with plant growth regulators (PGRs) and spraying distilled water as the control. We found that spraying PGRs to 'Choakanan' mango one time at 50 days after full bloom (DAF) did not accelerate or retard fruit maturation and ripening. However, it affected fruit shape. 'Choakanan' fruits which were sprayed with ethephon 200 ppm mixed with NAA 100 ppm at 50 DAF were shorter than the control fruits. Fruit which were sprayed with GA_3 50 ppm at 50 DAF were longer than controls. These treatments did not affect fruit weight, fruit firmness, and flesh qualities. In 'Nam dok mai si tong' mango, application of some PGRs accelerated maturation and ripening. Spraying ethephon 200 ppm at 70 DAF and NAA 100 ppm at 50 DAF with re-application every 2 weeks accelerated 'Nam dok mai si tong' fruit maturation and fruit ripening 6 to 8 days comparing to the control without having effects on fruit size, shelf life, fruit firmness, and flesh qualities when ripe.

Keyword: plant growth regulators, fruit maturation, mango, fruit quality

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของการวิจัย	1
ประโยชน์	2
ตรวจเอกสาร	3
วิธีดำเนินงานวิจัย	6
งานวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	6
การทดลองที่ 1.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	6
การทดลองที่ 1.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์	7
งานวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	8
การทดลองที่ 2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	8
การทดลองที่ 2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์	9
การทดลองที่ 2.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	10
ผลการวิจัย	13
งานวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	13
การทดลองที่ 1.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การทดลองที่ 1.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์	19
งานวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	25
การทดลองที่ 2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์	25
การทดลองที่ 2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์	35
การทดลองที่ 2.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	45
วิจารณ์ผล	48
สรุป	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	55
กิตติกรรมประกาศ	60

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้แก่ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ต่อการเร่งการสุกแก่ ขนาด และคุณภาพของผลเมื่อสุก.....	18
2	ผลของการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้แก่ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ต่อการชะลอการสุกแก่ ขนาด และคุณภาพของผลเมื่อสุก.....	24
3	ขนาดผลเมื่อเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล.....	30
4	ระยะการแก่ ระยะการสุก และอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล.....	31
5	คุณภาพของผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล.....	33
6	ปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสและปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคในเนื้อผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล.....	34
7	ขนาดผลเมื่อเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล.....	40
8	ระยะการแก่ ระยะการสุก และอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล.....	41
9	คุณภาพของผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล.....	43
10	ปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสและปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคในเนื้อผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล.....	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การวัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาวของผลมะม่วง…….……..	11
2	ลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่แก่เต็มที่……..……....	12
3	การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่……..	14
4	การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่.....	15
5	การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่…….....	16
6	การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่.....	20
7	การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่……	21
8	การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่.....	22
9	การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล……..…….....	27
10	การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล……..…….	28
11	การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล……..…….	29
12	การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล……..…….	32
13	การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล……..….	37
14	การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล……..….	38
15	การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล……..….	39
16	การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล……..…….	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ diffusible IAA ในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต.....	46
18	น้ำหนักสดของผลในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต.....	47
19	ความยาวของผลในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต.....	47

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2550 มีปริมาณการส่งออกมะม่วงสด 17,194 เมตริกตัน มูลค่าการส่งออก 709 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ตลาดส่งออกส่วนใหญ่เป็นประเทศในแถบเอเชีย ปัญหาในการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก คือ คุณภาพผลและอายุการเก็บรักษา การพัฒนาคุณภาพของผลมะม่วงสามารถทำได้ตั้งแต่ช่วงที่มะม่วงเริ่มมีการติดผลไปจนถึงระยะผลแก่ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวรวมถึงอายุการเก็บรักษา ดังนั้นการศึกษาการพัฒนาคุณภาพผลในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการเพิ่มศักยภาพการส่งออก

มะม่วงเป็นพืชที่ต้องการอากาศหนาวเย็นในการกระตุ้นการออกดอก ในปีที่อากาศหนาวเย็นมะม่วงจะมีการออกดอกมากทำให้ได้ผลผลิตจำนวนมากตามไปด้วย ส่งผลให้มีราคาต่ำ เกษตรกรหลายรายมุ่งผลิตมะม่วงนอกฤดูเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวโดยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตทดแทนอากาศหนาวเย็นในการกระตุ้นการออกดอกของมะม่วง อย่างไรก็ตามการผลิตมะม่วงนอกฤดูจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความชำนาญอย่างดีในการผลิตให้ตรงตามเวลาที่ต้องการและให้ได้คุณภาพดีเช่นเดียวกับมะม่วงในฤดู ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการมากขึ้นและต้นทุนเพิ่มขึ้น การหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวมะม่วงในฤดูโดยการเร่งหรือชะลอการแก่ของผลมะม่วงทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวมะม่วงได้เร็วหรือช้ากว่ามะม่วงในฤดูจะสามารถขยายฐานระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวของมะม่วงและเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดและราคาผลผลิต

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลขึ้นอยู่กับสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นพืชและตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ให้จากภายนอก สารควบคุมการเจริญในกลุ่มกระตุ้นการเจริญเติบโต ได้แก่ ออกซิน ไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และบราสิโนสเตียรอยด์ สามารถกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชมีการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้มีจำนวนเซลล์มากขึ้น และยังมีผลต่อการขยายขนาดของเซลล์ นอกจากนี้ไซโตไคนินยังสามารถชะลอการชราภาพ (senescence) ของพืช ออกซินยับยั้งการหลุดร่วงของผล ส่วนเอธิลีนสามารถเร่งการแก่และการสุกของผลไม้ การประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้เพื่อเร่งหรือชะลอการแก่ของผลจึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาผลผลิตล้นตลาดได้

วัตถุประสงค์

ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเร่งหรือชะลอการแก่ของผลมะม่วง

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่สามารถเร่งหรือชะลอการแก่ของผลมะม่วงในฤดู ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นหรือช้าลงโดยไม่ทำลายคุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

ประโยชน์

สามารถเร่งหรือชะลอการการแก่ของผลมะม่วงได้ ทำให้เก็บเกี่ยวผลได้เร็วขึ้นหรือช้าลงโดยที่ผลมะม่วงยังคงมีคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวเช่นปกติ ทำให้มีการกระจายตัวของผลผลิตเข้าสู่ตลาด ช่วยลดปัญหาผลผลิตล้นตลาด ช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับราคาผลผลิต และการจัดการผลผลิต

ตรวจเอกสาร

ประวัติและความสำคัญของมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอินเดียถึงพม่า โดยมีศูนย์กระจายพันธุ์อยู่ในอินโดจีน มาเลเซีย และอินโดนีเซีย (เฉลิมชัย, 2539) ประเทศไทยมีการปลูกมะม่วงมานานตามหลักฐานในศิลาจาลึกของพ่อขุนรามคำแหง แต่ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่ากระจายพันธุ์มาอย่างไร สันนิษฐานว่านำมาจากประเทศอินเดีย (โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, 2543)

ประเทศไทยมีการส่งออกมะม่วงอยู่ในอันดับที่ 4 ของผลไม้สดส่งออก รองจากทุเรียน มังคุด และลำไย และมีแนวโน้มการส่งออกที่สูงขึ้น เพราะทั้งภาครัฐและเอกชนกำลังส่งเสริมการขยายตลาดให้มากขึ้น และมีศักยภาพที่จะขยายตลาดได้ (ดลมนัส, 2553:ระบบออนไลน์) ตลาดนำเข้ามะม่วงหลักจากประเทศไทย คือ จีน ญี่ปุ่น ฮ่องกง ไต้หวัน สิงคโปร์ มาเลเซีย และกำลังขยายตลาดสู่ตะวันออกกลางและรัสเซีย เฉพาะในประเทศญี่ปุ่น มีการนำเข้ามะม่วงมากที่สุดจากประเทศเม็กซิโก โดยเป็นมะม่วงสายพันธุ์เคนท์ รองลงมานำเข้าจากประเทศฟิลิปปินส์ โดยเป็นมะม่วงสายพันธุ์คาราบาว และนำเข้าจากประเทศไทยเป็นอันดับ 3 โดยมะม่วงนำเข้าที่สำคัญคือมะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงน้ำดอกไม้จึงถือเป็นราชินีของมะม่วง มีราคาสูง แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ผิวเปลือกบาง ปัจจุบันประเทศไทยจึงเริ่มส่งเสริมการส่งออกมะม่วงพันธุ์มหาชนกและพันธุ์อาร์ทูอีทู (ดลมนัส, 2553: ระบบออนไลน์)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการใช้ในการควบคุมการสุกแก่และคุณภาพของผล

การเจริญเติบโตของพืชถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้น เดิมเข้าใจว่ามีเพียง 5 ชนิด คือ ออกซิน (auxins) ไซโตไคนิน (cytokinins) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) เอธิลีน (ethylene) และกรดแอบไซสิค (abscisic acid) แต่ภายหลังพบว่ามีฮอร์โมนและสารคล้ายฮอร์โมนชนิดอื่นๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น บราสิโนสเตียรอยด์ (brassinosteroids) กรดแจสโมนิค (jasmonic acid) กรดแซลลิไซลิค (salicylic acid) และ polypeptide sytemin (Murphy, 2002) นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนกลุ่มต่างๆ ซึ่งใช้ในปริมาณน้อยก็สามารถควบคุมการเจริญเติบโตได้ จึงเรียกรวมสารที่พืชสร้างและที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators) (พีรเดช, 2537) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น NAA, GA_3, BA และ CPPU ได้ถูกนำมาใช้ในไม้ผล โดยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณลักษณะของผล เช่น เพิ่มขนาดและความแน่นเนื้อของผล เพิ่มการพัฒนาของสีและรูปร่าง ลดจำนวนเมล็ด เพิ่มผลผลิต ลดความแปรปรวนของลักษณะ และป้องกันความผิดปกติเนื่องจากการเก็บ (Lawes and Woolley, 2001)

การทดลองใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มออกซินในการขยายขนาดผลส้มแมนดาริน พบว่า ออกซินไปกระตุ้นให้มีการส่งสารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาที่ผลมากขึ้น มีการขยายขนาดของกุ้ง (juice sac) ทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น (Guardiola et al., 1992) Agusti et al.

(2002) พบว่าการใช้ 3,5,6-TPA ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ สามารถกระตุ้นการสะสมคาร์โบไฮเดรตในผลส้ม ช่วยลดการร่วงของผล และเพิ่มการเติบโตของผล

Amarante et al. (2003) ทดลองใช้ TDZ ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินสังเคราะห์ เพื่อชะลอการสุกแก่ของผลแอปเปิล โดยพ่นให้กับผลในช่วงดอกบาน พบว่า ไม่สามารถชะลอการแก่ของแอปเปิลพันธุ์ 'Fuji' แต่ชะลอการแก่ของแอปเปิลพันธุ์ 'Gala' ได้ แต่ทำให้ปริมาณ TSS และปริมาณ TA ของเนื้อผลลดลง การใช้สาร CPPU ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ในกลุ่มไซโตไคนินอีกชนิดหนึ่ง และจิบเบอเรลลินชนิดต่างๆ ได้แก่ GA_1, GA_3, GA_4 และ GA_7 เพื่อขยายขนาดของผลและเพิ่มการติดผลแบบ parthenocarpic ของผลไม้ในวงศ์ Rosaceae รวมถึงสาลี่ญี่ปุ่น พบว่า GA_4, GA_7 และ CPPU มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเติบโตของผลแบบ parthenocarpic ได้ดีกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่นๆ (Zhang et al., 2008) ในลำไย การให้กรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 50 ppm และ CPPU 30 ppm โดยการจุ่มช่อผลลำไยเมื่ออายุ 12 สัปดาห์หลังการติดผล ทำให้ลำไยมีผลขนาดใหญ่ขึ้นและมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids,TSS) มากขึ้น (กมล, 2549)

Khader (1991) ทดลองกับมะม่วงพันธุ์ Dashehari ในประเทศอินเดีย โดยพ่น GA_3 ทางใบที่ความเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 ppm หลังจากมะม่วงติดผล และพ่นซ้ำทุก 10 วัน พบว่า GA_3 ช่วยชะลอการสุกของผลมะม่วงได้ 6 วันภายใต้อุณหภูมิห้องระหว่าง 36 ± 2 และ 40 ± 3 $^{\circ}$C ผลมะม่วงที่ได้รับ GA_3 ตั้งแต่ 200 ppm ขึ้นไปมีปริมาณ TSS อัตราส่วนของปริมาณ TSS ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratrable acid, TA) ปริมาณรงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoids) และกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส (amylase) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) เมื่อเก็บเกี่ยวต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับ GA_3 และพบว่าผลที่ได้รับ GA_3 มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด ปริมาณวกรดแอสคอร์บิก (vitamin C) และปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกผลสูงกว่าผลที่ไม่ได้พ่นด้วย GA_3

Ban et al. (2007) พ่นเอธิฟอน (Ethephon หรือ 2-chloroethylphosphonic acid) ให้แก่ผลบลูเบอรีแล้วสามารถเร่งการสุกและลดปริมาณกรดรวมในผลได้ การให้ Ethephon 750 ppm เพียงหนึ่งครั้งแก่ผลอ่อน ที่ระยะต่างๆ ภายหลังดอกบาน พบว่า การให้ Ethephon ในระยะดอกบานและ 1 สัปดาห์หลังดอกบานทำให้ปริมาณ TSS และ pH ลดลง แต่เพิ่มปริมณ TA ของผลเมื่อระยะเก็บเกี่ยว แต่การให้ Ethephon ที่ระยะที่ผลแก่ขึ้น คือ 6 และ 9 สัปดาห์หลังดอกบานทำให้ปริมาณ TSS สูงขึ้นโดยไม่มีผลต่อ TA และ pH เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Szyjewicz and Kliewer, 1983)

บราสสิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroids) หรือบราสซิน (Brassins) จัดเป็นฮอร์โมน ที่มีบทบาทในการส่งเสริมการแบ่งตัวและขยายขนาดของเซลล์พืช (Mitchell et al., 1970; Zhang et al., 2005) สารคล้ายบราสซิน (brassin-like substance) ที่ผลิตโดยสาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สามารถเพิ่มขนาดของผลลำใยและมะละกอได้ (ธนะชัย, 2550) พัชรินทร์ และคณะ (2551) รายงานว่าการพ่นสารบราสิโนสเตียรอยด์ร่วมกับออกซินและจิบเบอเรลลินสามารถเพิ่มขนาดของผลลำไยพันธุ์ดอได้ดีกว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิด

เดียว การให้สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 1 ppm แก่มะม่วงมหาชนกตั้งแต่ระยะ 30 วันหลังดอกบานเต็มที่ และให้ซ้ำทุก 2 สัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผล สามารถเพิ่มขนาดของผลเมื่อเก็บเกี่ยวได้ โดยที่ยังรักษาคุณภาพอื่นๆ ของผล แต่หากให้สารคล้ายบราสซินในระยะที่ผลพัฒนามากแล้วจะไม่มีผลในการเพิ่มขนาดของผล (ศิวาพรและคณะ, 2553)

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

งานวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

การทดลองที่ 1.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

ทดลองในมะม่วงโชคอนันต์ซึ่งเป็นมะม่วงที่ติดผลตามธรรมชาติ ที่ ต.น้ำแพร่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 โดยเลือกต้นมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ ออกดอกสม่ำเสมอ จำนวน 7 ต้น เลือกช่อผลที่มีระยะและขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 6 ช่อ/ต้น (1-3 ผล/ช่อ โดยบันทึกข้อมูลจากทุกผล แต่วิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะผลที่ใหญ่ที่สุดในแต่ละช่อ)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 6 กรรมวิธี 6 บล็อค 1 หน่วยทดลองเท่ากับ 1 ผล กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำกลั่น

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยสารคล้ายบราสซิน (BRs) 1 ppm

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วย BRs 1 ppm ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 ppm

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วย BRs 1 ppm ร่วมกับกรดแนฟทัลลีนอะซิติก (NAA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยเอทีฟอน (Ethephon) 200 ppm

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

(ทุกกรรมวิธีผสมน้ำยาจับใบก่อนพ่น)

พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ช่อผลที่เลือกไว้ตามกรรมวิธี 1 ครั้งในระยะประมาณ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และห่อผลด้วยถุงไนล่อนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (โชคอนันต์มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วันหลังดอกบานเต็มที่) เก็บเกี่ยวผลสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยดัชนีการเก็บเกี่ยวพิจารณาจากผิวผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง นำผลมาเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เพื่อบันทึกคุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

<u>การบันทึกผล</u>

วัดขนาดของผลบนต้นก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและทุกสัปดาห์หลังจากพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ความกว้าง ความหนา และความยาวของผล ดังภาพที่ 1

- เก็บเกี่ยวผลเมื่อผิวของผลเริ่มมีสีเหลือง เก็บรักษาผลที่อุณหภูมิห้องในห้องปฏิบัติการ บันทึกอาการเหี่ยวของผิวผล อาการของโรค วันที่ผลสุก (สีผิวของผลเหลืองเป็นพื้นที่ 100% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด)

- เมื่อผลสุกวัดน้ำหนักของผล ขนาดของผล ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid content, TSS)

การทดลองที่ 1.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์

ทดลองในมะม่วงโชคอนันต์ซึ่งเป็นมะม่วงที่ติดผลตามธรรมชาติ ที่ ต.น้ำแพร่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 โดยเลือกต้นมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ ออกดอกสม่ำเสมอ จำนวน 6 ต้น เลือกช่อผลที่มีระยะและขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 7 ช่อ/ต้น (1-3 ผล/ช่อ โดยบันทึกข้อมูลจากทุกผล แต่วิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะผลที่ใหญ่ที่สุดในแต่ละช่อ)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 7 กรรมวิธีทดลอง 6 บล็อค 1 หน่วยทดลองเท่ากับ 1 ผล กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำกลั่น

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 ppm

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยเบนซิลอะดีนีน (BA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยกรดแนฟทัลลีนอะซิติก (NAA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วย GA_3 50 ppm ร่วมกับ BA 100 ppm

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วย GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

กรรมวิธีที่ 7 พ่นด้วย BA 100 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

(ทุกกรรมวิธีผสมน้ำยาจับใบก่อนพ่น)

พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ช่อผลที่เลือกไว้ตามกรรมวิธี 1 ครั้งในระยะประมาณ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และห่อผลด้วยถุงไนล่อนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (โชคอนันต์มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วันหลังดอกบานเต็มที่) เก็บเกี่ยวผลสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยดัชนีการเก็บเกี่ยวพิจารณาจากผิวผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง นำผลมาเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เพื่อบันทึกคุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

<u>การบันทึกผล</u>

- วัดขนาดของผลบนต้นก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและทุกสัปดาห์หลังจากพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ความกว้าง ความหนา และความยาวของผล ดังภาพที่ 1
- เก็บเกี่ยวผลเมื่อผิวของผลเริ่มมีสีเหลือง เก็บรักษาผลที่อุณหภูมิห้องในห้องปฏิบัติการ บันทึกอาการเหี่ยวของผิวผล อาการของโรค วันที่ผลสุก (สีผิวของผลเหลืองเป็นพื้นที่ 100% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด)
- เมื่อผลสุกวัดน้ำหนักของผล ขนาดของผล ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

งานวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การทดลองที่ 2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ทดลองในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ติดผลตามธรรมชาติ ที่สวนผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกของเกษตร ที่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 โดยเลือกต้นมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ ออกดอกสม่ำเสมอ จำนวน 10 ต้น เลือกช่อดอกที่มีระยะและขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 18 ช่อดอก/ต้น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 6 กรรมวิธีทดลอง 6 บล็อค 1 หน่วยทดลองเท่ากับ 3 ช่อดอก (ผล) กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำกลั่น

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยสารคล้ายบราสซิน (BRs) 1 ppm

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วย BRs 1 ppm ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 ppm

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วย BRs 1 ppm ร่วมกับกรดแนฟทัลลีนอะซิติก (NAA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยเอทีฟอน (Ethephon) 200 ppm

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

(ทุกกรรมวิธีผสมน้ำยาจับใบก่อนพ่น)

เริ่มพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ช่อผลที่เลือกไว้ในกรรมวิธีที่มีสารคล้ายบราสซิน (กรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4) และกรรมวิธีควบคุมเมื่อระยะ 30 วันหลังดอกบานเต็มที่ และเริ่มพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ช่อผลที่เลือกไว้ในกรรมวิธีที่มี Ethephon (กรรมวิธีที่ 5 และ 6) เมื่อระยะ 70 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตซ้ำตามกรรมวิธีต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ ห่อผลด้วยถุงคาร์บอนและดูแลต้นตามวิธีปฏิบัติของสวนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วันหลังดอกบานเต็มที่) เก็บเกี่ยวผลสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวตามที่เกษตรกรใช้ ซึ่งพิจารณาว่าเมื่อผลแก่เต็มที่ผิวผลจะมีจุดของ lenticel ชัดเจนและปลายผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม (ภาพที่ 2) นำผลมาเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เพื่อบันทึกคุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

<u>การบันทึกผล</u>

- วัดขนาดของผลบนต้นก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และทุก 2 สัปดาห์ หลังจากพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ความกว้าง ความหนา และความยาวของผล ดังภาพที่ 1
- เก็บเกี่ยวผลเมื่อผลแก่เต็มที่ตามดัชนีที่เกษตรกรใช้ บันทึกน้ำหนักและขนาดของผล

- เก็บรักษาผลโดยห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในห้องปฏิบัติการ บันทึกอาการเหี่ยวของผิวผล อาการของโรค และวันที่ผลสุก

- เมื่อผลสุกวัดความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acid content, TA) ของเนื้อผล วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวม (total sugar content, TS) ของเนื้อผลตามวิธีของ Dubois et al. (1956) และวิเคราะห์ปริมาณ uronic acid ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเพคตินในเนื้อผลตามวิธีของ Thumdee (2007) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Blumemkrantz and Asboe-Hansen (1973) ดังรายละเอียดในภาคผนวก

การทดลองที่ 2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ทดลองในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ติดผลตามธรรมชาติ ที่สวนผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกของเกษตร ที่ อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 โดยเลือกต้นมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ ออกดอกสม่ำเสมอ จำนวน 10 ต้น เลือกช่อดอกที่มีระยะและขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 21 ช่อดอก/ต้น

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 7 กรรมวิธีทดลอง 6 บล็อค 1 หน่วยทดลองเท่ากับ 3 ช่อดอก (ผล) กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำกลั่น

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) 50 ppm

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยเบนซิลอะดีนีน (BA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยกรดแนฟทัลลีนอะซิติก (NAA) 100 ppm

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วย GA_3 50 ppm ร่วมกับ BA 100 ppm

กรรมวิธีที่ 6 พ่นด้วย GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

กรรมวิธีที่ 7 พ่นด้วย BA 100 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm

(ทุกกรรมวิธีผสมน้ำยาจับใบก่อนพ่น)

เริ่มพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ช่อผลตามกรรมวิธีเมื่อระยะ 30 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตซ้ำตามกรรมวิธีต่างๆ ทุก 2 สัปดาห์ ห่อผลด้วยถุงคาร์บอนและดูแลต้นตามวิธีปฏิบัติของสวนจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วันหลังดอกบานเต็มที่) เก็บเกี่ยวผลสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวตามที่เกษตรกรใช้ ซึ่งพิจารณาว่าเมื่อผลแก่เต็มที่ผิวผลจะมีจุดของเลนติเซล (lenticel) ชัดเจนและปลายผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม (ภาพที่ 2) นำผลมาเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เพื่อบันทึกคุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

การบันทึกผล

- วัดขนาดของผลบนต้นก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และทุก 2 สัปดาห์ หลังจากพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ ความกว้าง ความหนา และความยาวของผล ดังภาพที่ 1

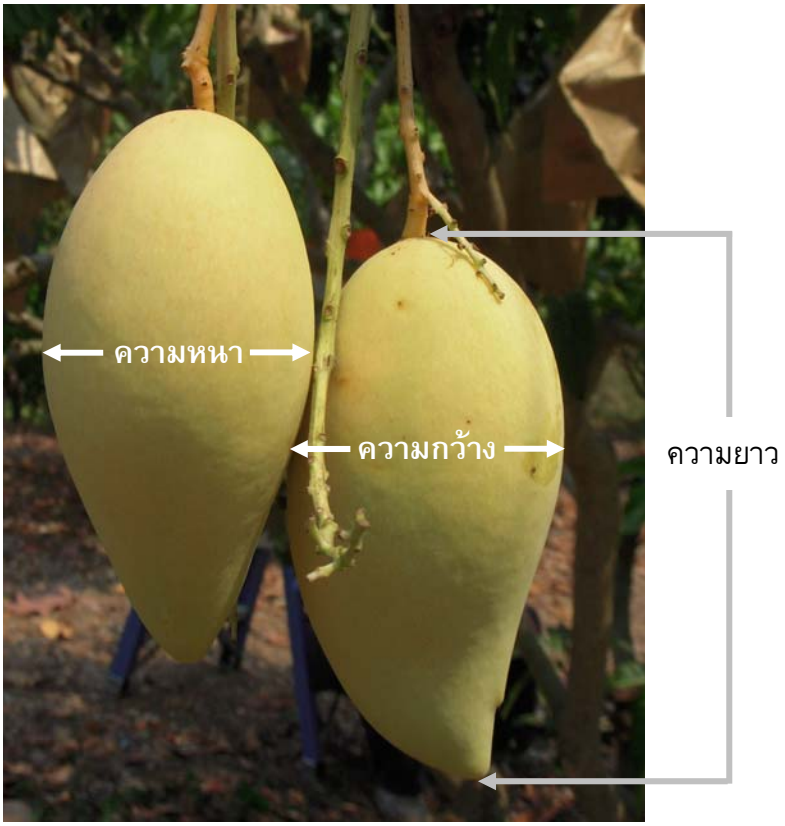
- เก็บเกี่ยวผลเมื่อผลแก่เต็มที่ตามดัชนีที่เกษตรกรใช้ บันทึกน้ำหนักและขนาดของผล

- เก็บรักษาผลโดยห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในห้องปฏิบัติการ บันทึกอาการเหี่ยวของผิวผล อาการของโรค และวันที่ผลสุก

- เมื่อผลสุกวัดความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acid content, TA) ของเนื้อผล วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวม (total sugar content, TS) ของเนื้อผลตามวิธีของ Dubois et al. (1956) และวิเคราะห์ปริมาณ uronic acid ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเพคตินในเนื้อผลตามวิธีของ Thumdee (2007) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Blumemkrantz and Asboe-Hansen (1973) ดังรายละเอียดในภาคผนวก

การทดลองที่ 2.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

เลือกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีการติดผลสม่ำเสมอกัน ในสวนมะม่วงของเกษตรกร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ จำนวน 18 ต้น เลือกผลที่มีขนาดเท่าๆ กันเพื่อให้สารควบคุมการเจริญเติบโตโดยการพ่นในรูปสารละลายให้กับผลมะม่วง 2 กรรมวิธีทดลอง คือ GA_3 50 ppm และ BA 100 ppm และกรรมวิธีควบคุม (พ่นด้วยน้ำกลั่น) พ่นสารละลายกรรมวิธีละ 50 ผล/ต้น โดยเริ่มพ่นเมื่อผลมะม่วงมีน้ำหนักประมาณ 25-30 กรัม (ประมาณ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่) และพ่นสารละลายซ้ำหลังจากพ่นครั้งแรก 2 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างผลมะม่วงทุกสัปดาห์ จำนวน 30 ผลต่อกรรมวิธี ตัดผลให้มีก้านผลยาว 2.5-3 ซม. จุ่มก้านผลของแต่ละผลลงในถาดหลุมที่บรรจุสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (2.5 มล.ต่อ vial) เพื่อเก็บฮอร์โมนอินโดลอะซิติกแอซิดที่แพร่ออกมาทางก้านผล (IAA (Indole acetic acid) diffusate) เก็บตัวอย่างผลพร้อม vial ลงในกล่องพลาสติกที่มีน้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ รวมตัวอย่าง IAA diffusate จาก 10 ผลเป็นหนึ่งตัวอย่าง รวม 3 ตัวอย่าง (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ diffusible IAA ด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้ Fluorimetic detector ตามวิธีของ Naphrom (2004) และวัดขนาดผล



ภาพที่ 1 การวัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาวของผลมะม่วง

ภาพที่ 2 ลักษณะของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่แก่เต็มที่

ก.) ผิวผลมีจุดของ lenticel ชัดเจน ข.) ปลายผลมีสีเหลืองเข้ม

ค.) ไหล่ผลยกเป็นแนวตั้งฉากกับขั้วก้านผล

ผลการวิจัย

งานวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

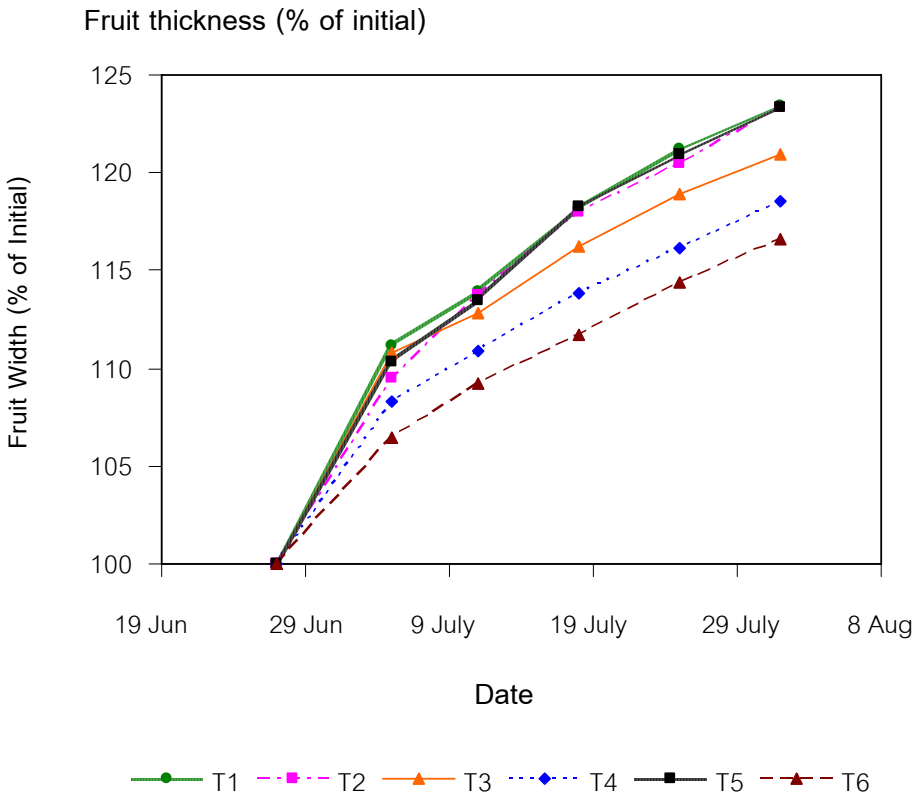
การทดลองที่ 1.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

<u>การเติบโตของผล</u>

เมื่อพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้กับผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เพียงหนึ่งครั้งที่ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ พบว่า ผลมะม่วงโชคอนันต์ที่ผ่านการพ่นด้วยสารคล้ายบราสซิน (BRs) 1 ppm และผ่านการพ่นด้วย Ethephon 200 ppm มีการเปลี่ยนแปลงความหนาเมื่อเทียบกับความหนา ณ วันที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต สูงใกล้เคียงกับผลมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมที่พ่นด้วยน้ำเปล่า ภายหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตได้ 5 สัปดาห์ มีค่าความหนาของผลประมาณ 123 เปอร์เซ็นต์ของค่าความหนาของผล ณ วันที่พ่นสาร ส่วนผลในกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าการเปลี่ยนแปลงความหนาต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ให้สารละลาย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm (ภาพที่ 3)

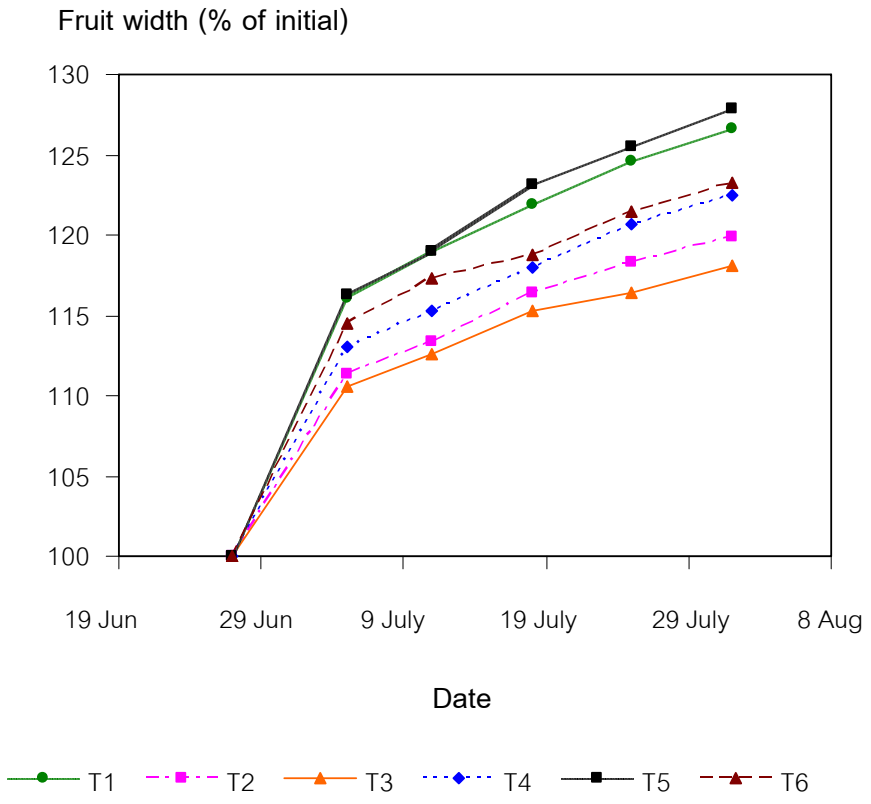
นอกจากนี้กรรมวิธีที่พ่นด้วย Ethephon 200 ppm มีการเพิ่มความกว้างของผลมากที่สุด เมื่อ 5 สัปดาห์หลังพ่นสาร มีความกว้างเฉลี่ย 128 เปอร์เซ็นต์ของความกว้าง ณ วันที่พ่นสาร ใกล้เคียงกับการเพิ่มขนาดความกว้างของผลในกรรมวิธีควบคุมที่มีความกว้างเป็น 127 เปอร์เซ็นต์ของความกว้าง ณ วันที่พ่นสาร ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ มีผลให้การเพิ่มความกว้างของผลต่ำกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 4)

การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงในแต่ละสัปดาห์ชี้ให้เห็นว่าการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตในทุกกรรมวิธีส่งผลในการเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm (ภาพที่ 5)



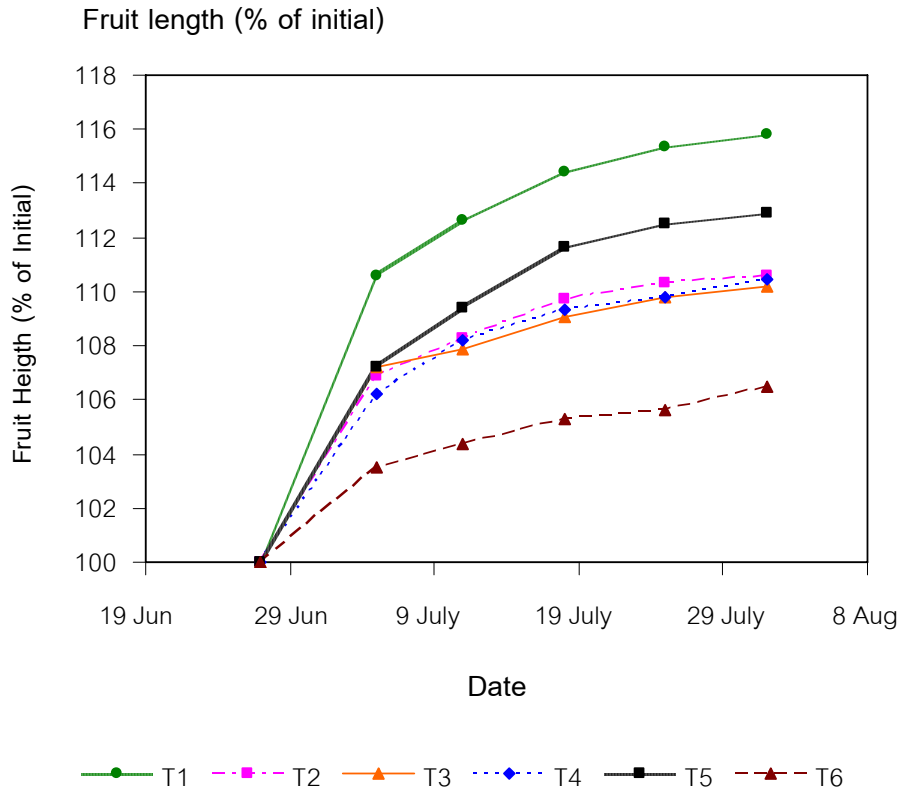
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น
T2 = BRs 1 ppm
T3 = BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm
T4 = BRs 1 ppm + NAA 100 ppm
T5 = Ethephon 200 ppm
T6 = Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น
T2 = BRs 1 ppm
T3 = BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm
T4 = BRs 1 ppm + NAA 100 ppm
T5 = Ethephon 200 ppm
T6 = Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น
T2 = BRs 1 ppm
T3 = BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm
T4 = BRs 1 ppm + NAA 100 ppm
T5 = Ethephon 200 ppm
T6 = Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm

การสุกแก่ของผล

เมื่อเก็บเกี่ยวผลตั้งแต่ระยะที่ผิวผลเริ่มเป็นสีเหลืองและปล่อยให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้อง เมื่อผลสุกเต็มที่ (ผิวเหลือง 100% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด) ประเมินจำนวนวันที่ใช้ในการสุกนับจากวันที่ดอกบานเต็มที่ พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีผลในการเร่งการสุกแก่ของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1) มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีที่ให้สารควบคุมการเจริญเติบโต ในจำนวนวันนับนับจากดอกบานเต็มที่จนถึงผลสุก ผลที่ผ่านการพ่นด้วย Ethephon 200 ppm การสุกแก่ช้ากว่า ผลที่ผ่านการพ่นด้วยสารคล้ายบราสซิน 1 ppm ผลที่ผ่านการพ่นด้วยสารคล้ายบราสซิน 1 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และผลที่ผ่านการพ่นด้วย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm (ตารางที่ 1)

คุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อผลมะม่วงโชคอนันต์สุกเต็มที่ ผลในทุกกรรมวิธีทดลองไม่แสดงอาการเหี่ยวหรือมีการปรากฏของโรค ผลที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างๆ มีน้ำหนักสด และขนาดความกว้างและความหนา เมื่อเทียบกับขนาด ณ วันที่พ่นสารไม่แตกต่างจากผลในกรรมวิธีควบคุม แต่ผลที่ผ่านการพ่นด้วย Ethephon 200 ppm ร่วม NAA 100 ppm มีขนาดความยาวของผลเมื่อเทียบกับความยาว ณ วันที่พ่นสาร สั้นกว่าผลจากกรรมวิธีควบคุม เมื่อผลสุกเต็มที่ ค่าความแน่นเนื้อของผลและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของเนื้อผลที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างๆ ไม่แตกต่างจากผลในกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้แก่ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ต่อการเร่งการสุกแก่ ขนาด และคุณภาพของผลเมื่อสุก

Treatments	Days to ripe[1/] (after full bloom)	Fresh Weight[ns] (g)	Thickness[ns] (% of initial)	Width[ns] (% of initial)	Length[1/] (% of initial)	Firmness[ns] ($N.cm^{-2}$)	TSS of flesh[ns] (%)
Water (control)	102 ab	351	128	128	117 b	3.69	21.5
BRs 1 ppm	100 a	314	125	124	111 ab	3.69	21.7
BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm	103 ab	346	124	121	111 ab	4.13	21.3
BRs 1 ppm + NAA 100 ppm	100 a	339	121	125	112 ab	4.14	21.1
Ethephon 200 ppm	108 b	338	129	131	114 ab	3.84	21.4
Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm	102 a	341	122	126	107 a	4.10	21.9

[ns] Means were not significantly different by ANOVA at $p = 0.05$

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at $p=0.05$

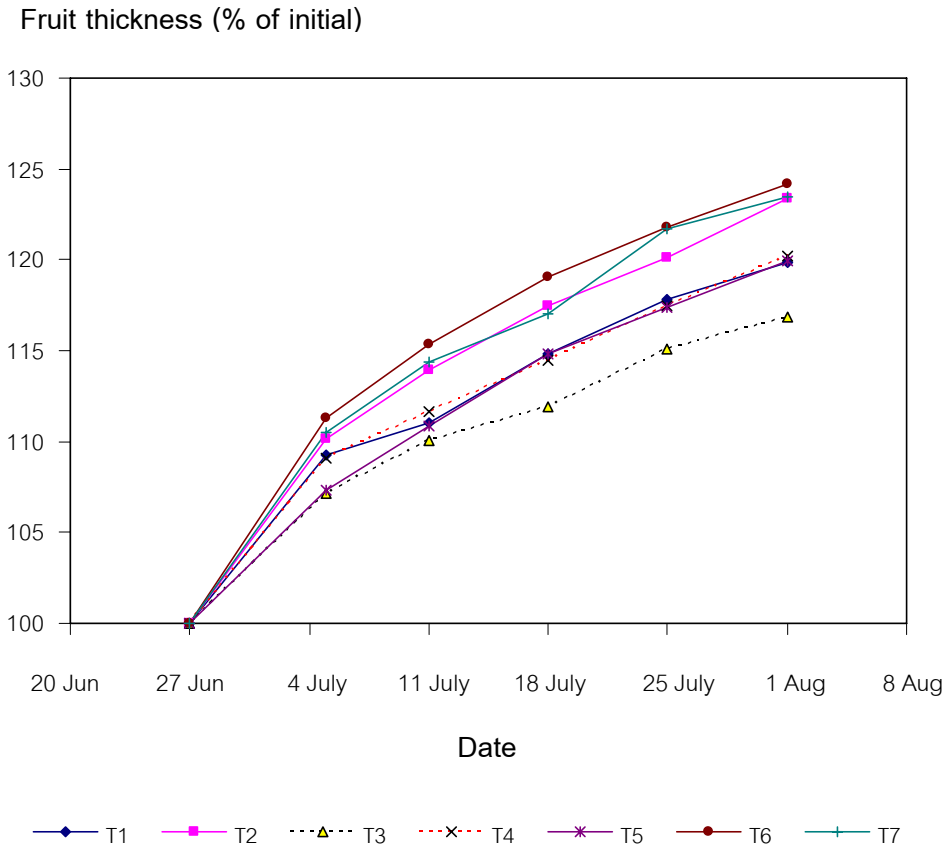
การทดลองที่ 1.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงโชคอนันต์

<u>การเติบโตของผล</u>

เมื่อ 5 สัปดาห์หลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ผลในกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีการเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมากที่สุด คือ 124 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของผล ณ วันพ่นสาร ในขณะที่กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย BA 100 ppm มีการเปลี่ยนแปลงของความหนาของผลน้อยที่สุด (ภาพที่ 6)

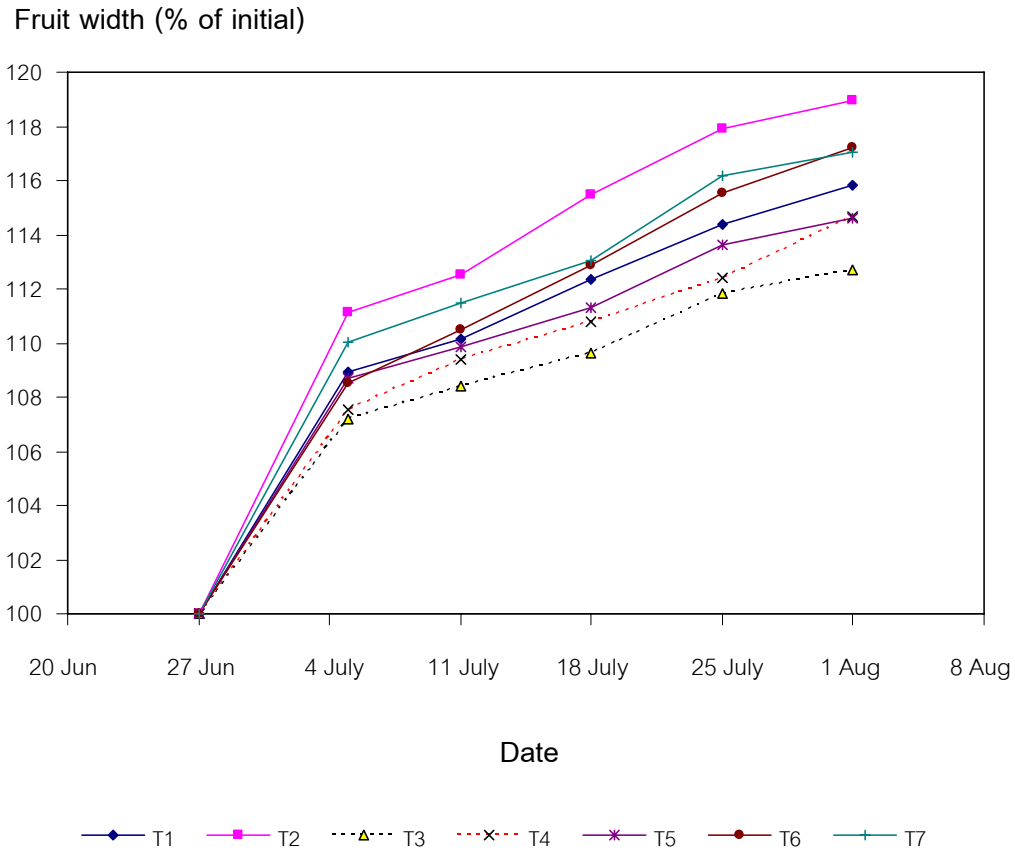
การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงในแต่ละสัปดาห์มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความหนาของผล โดยพบว่า ผลในกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงมากที่สุดคือมีค่าความกว้างเมื่อ 5 สัปดาห์หลังพ่นสาร เท่ากับ 119 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างเมื่อเริ่มพ่นสาร รองลงมา ได้แก่ กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย BA 100 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความกว้างเฉลี่ย 116 เปอร์เซ็นต์ความกว้างของผลเมื่อเริ่มพ่นสาร ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างน้อยว่ากรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย BA 100 ppm ที่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลเป็น 113 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของผลเมื่อเริ่มพ่นสาร (ภาพที่ 7)

การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงในแต่ละสัปดาห์มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความหนาของผล พบว่า กรรมวิธีที่พ่นด้วยสารละลาย GA_3 50 ppm มีการเพิ่มความยาวของผลมากที่สุด รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และกรรมวิธีที่ให้ BA 100 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm การเพิ่มความยาวของผลในกรรมวิธีเหล่านี้สูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความยาวเฉลี่ย 110 เปอร์เซ็นต์ของความยาว ณ วันที่พ่นสาร ส่วนผลในกรรมวิธีอื่นๆ มีการเพิ่มความยาวน้อยกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ให้ BA 100 ppm ที่มีการเพิ่มความยาวของผลเป็น 106 เปอร์เซ็นต์ของความยาว ณ วันที่พ่นสาร (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น
T2 = GA_3 50 ppm
T3 = BA 100 ppm
T4 = NAA 100 ppm
T5 = GA_3 50 ppm + BA 100 ppm
T6 = GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm
T7 = BA 100 ppm + NAA 100 ppm



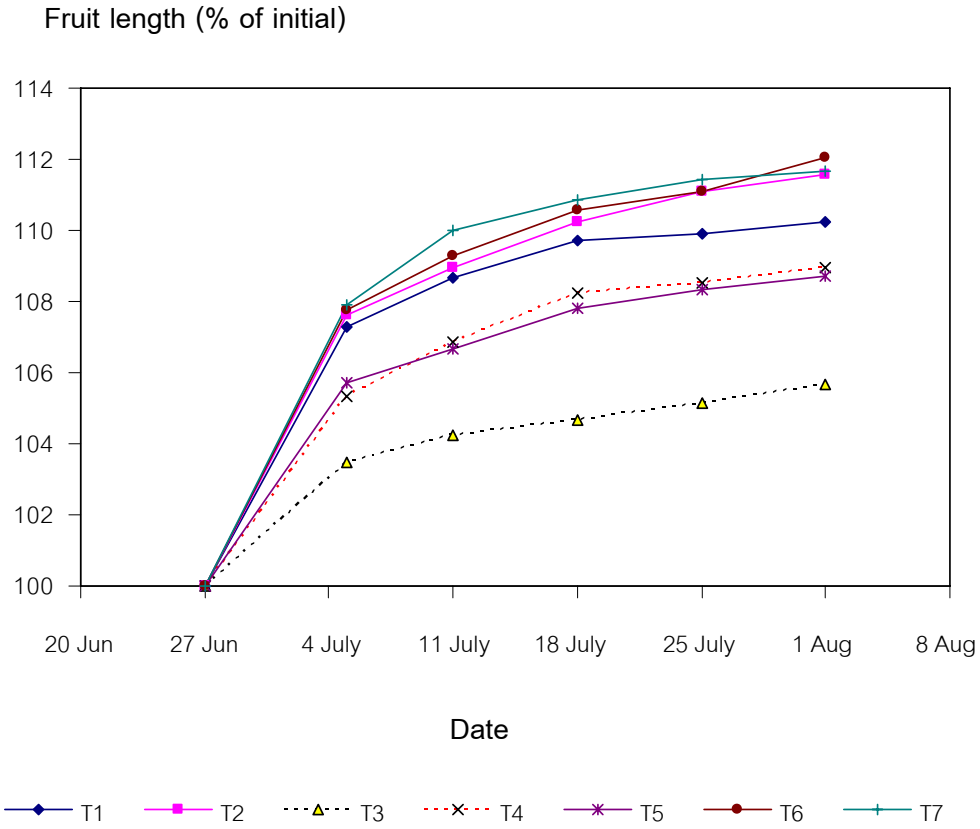
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น T2 = GA_3 50 ppm

T3 = BA 100 ppm T4 = NAA 100 ppm

T5 = GA_3 50 ppm + BA 100 ppm T6 = GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm

T7 = BA 100 ppm + NAA 100 ppm



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผลเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่

T1 = น้ำกลั่น
T2 = GA_3 50 ppm
T3 = BA 100 ppm
T4 = NAA 100 ppm
T5 = GA_3 50 ppm + BA 100 ppm
T6 = GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm
T7 = BA 100 ppm + NAA 100 ppm

การสุกแก่ของผล

เมื่อเก็บเกี่ยวผลมะม่วงโชคอนันต์ตั้งแต่ระยะที่ผิวผลเริ่มเป็นสีเหลืองและปล่อยให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้อง เมื่อผลสุกเต็มที่ (ผิวเหลือง 100%ของพื้นที่ผิวทั้งหมด) ทุกกรรมวิธีทดลองไม่แสดงอาการเหี่ยวของผลหรือมีการปรากฏของโรค เมื่อเปรียบเทียบจำนวนวันที่ผลสุกนับจากวันที่ดอกบานเต็มที่ พบว่า ไม่มีกรรมวิธีใดชะลอการสุกแก่ของผลมะม่วง ในทางตรงข้ามกรรมวิธีที่ให้ BA 100 ppm และกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ร่วมกับ BA 100 ppm มีแนวโน้มลดจำนวนวันที่ใช้ในการสุกของผลเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ให้ NAA 100 ppm (p= 0.097 และ 0.077 ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2)

คุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อผลมะม่วงโชคอนันต์สุกเต็มที่ พบว่า ผลในกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ทำให้ผลมีความยาวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุมและผลในกรรมวิธีที่ให้สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ในขณะที่ผลในกรรมวิธีที่ให้ BA 100 ppm มีความกว้างน้อยกว่าผลในกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm และกรรมวิธีที่ให้ BA 100 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm (ตารางที่ 2)

การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่าง ๆ แก่ผลมะม่วงไม่ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของผลแตกต่างกันทางสถิติ แต่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ผลมะม่วงที่ผ่านการพ่นด้วย BA 100 ppm และที่ผ่านการพ่นด้วย GA_3 50 ppm ร่วมกับ BA 100 ppm มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเนื้อผลเมื่อสุกต่ำกว่าเนื้อผลจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้แก่ผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ต่อการชะลอการสุกแก่ ขนาด และคุณภาพของผลเมื่อสุก

Treatments	Days to Ripe[ns] (after full bloom)	Fresh Weight[ns] (g)	Thickness[ns] (% of initial)	Width[1/] (% of initial)	Length[1/] (% of initial)	Firmness[ns] ($N.cm^{-2}$)	TSS of flesh[1/] (%)
Water (control)	102	355	118	122 abc	112 a	4.07	21.5 c
GA_3 50 ppm	101	361	121	125 bc	124 b	3.72	21.1 bc
BA 100 ppm	96	356	114	118 a	107 a	3.85	18.4 a
NAA 100 ppm	104	371	116	123 abc	110 a	3.91	21.5 c
GA_3 50 ppm + BA 100 ppm	95	356	116	121 ab	110 a	3.84	18.9 ab
GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm	103	365	118	127 c	113 a	3.92	21.5 c
BA 100 ppm + NAA 100 ppm	103	369	117	125 bc	111 a	3.89	21.8 c

[ns] Means were not significantly different by ANOVA at $p = 0.05$

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at $p=0.05$

งานวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การทดลองที่ 2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเร่งการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

<u>การเติบโตของผล</u>

ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการเติบโตของผลทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาเช่นเดียวกันและมีระดับใกล้เคียงกัน โดยมีการเพิ่มขนาดของผลอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เมื่อเริ่มให้สารควบคุมการเจริญเติบโต เมื่อผลมีอายุได้ 36 วัน (ทุกกรรมวิธีที่ไม่มี Ethephon) และ 70 วัน (ทุกกรรมวิธีที่มี Ethephon) โดยในระยะแรกอัตราการเติบโตของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นช้าลงในช่วงระยะใกล้ระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 9, 10 และ 11)

เมื่อเก็บเกี่ยว ขนาดและน้ำหนักของผลไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีที่ให้สารควบคุมการเจริญเติบโตโดยส่วนใหญ่และกรรมวิธีควบคุม ยกเว้นกรรมวิธีที่ให้สารคล้ายบราสซิน (BRs) 1 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm มีความยาวของผลต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม ผลที่ได้จากทุกกรรมวิธีมีขนาดใหญ่ โดยมีค่าเฉลี่ยความกว้างของผลอยู่ในช่วง 6.48-6.84 เซนติเมตร ความยาวของผลอยู่ในช่วง 13.46-14.98 เซนติเมตร ความหนาของผลอยู่ในช่วง 5.81-6.18 เซนติเมตร และน้ำหนักของผลอยู่ในช่วง 304.81-338.30 กรัม (ตารางที่ 3)

<u>การสุกแก่ของผล</u>

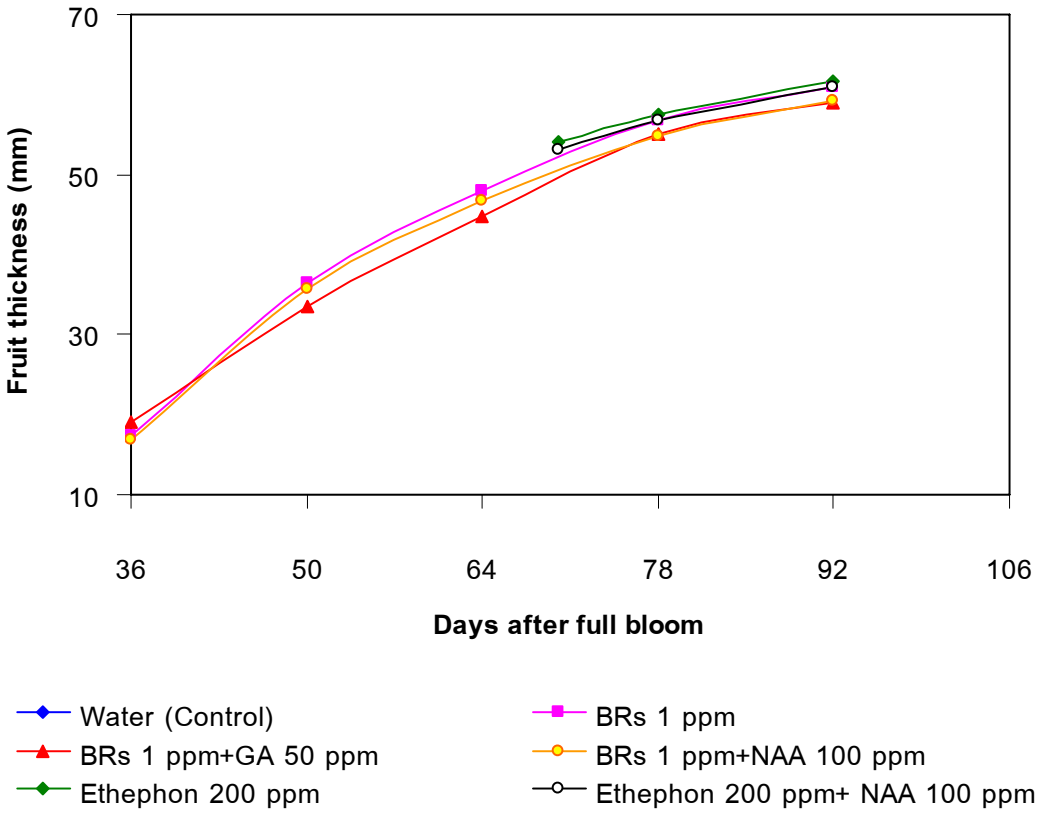
การพ่นผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองด้วย Ethephon 200 ppm ตั้งแต่ 70 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ (พ่นทั้งหมด 3 ครั้ง) สามารถเร่งการแก่ของผลได้เมื่อเทียบกับการพ่นด้วยน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม) โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันนับจากดอกบานเต็มที่จนผลแก่เท่ากับ 106 วัน ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109 วัน กรรมวิธีที่ให้สารควบคุมการเจริญเติบโตอื่นๆ มีระยะจากดอกบานเต็มที่ถึงผลแก่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ให้ Ethephon 200 ppm ยังสามารถช่วยเร่งระยะผลสุกได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยใช้เวลาเฉลี่ย 111 วันหลังจากดอกบานเต็มที่ ขณะที่กรรมวิธีควบคุมใช้เวลา 119 วันหลังจากดอกบานเต็มที่ นอกจากนี้ผลที่ผ่านการพ่นด้วย Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ยังสุกเร็วกว่าผลจากกรรมวิธีควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาผลแก่ถึงผลสุก 8 วัน ส่วนกรรมวิธีควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 วัน (ตารางที่ 4)

<u>คุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว</u>

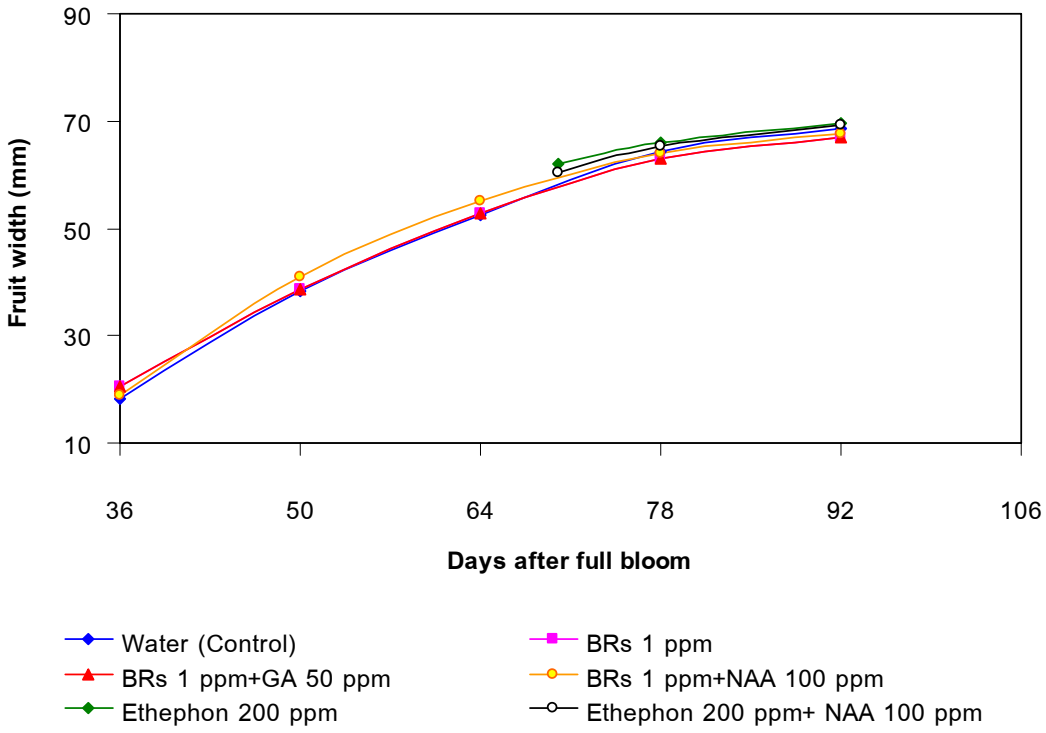
ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงที่เคยได้รับ Ethephon 200 ppm สูญเสียในวันแรกของการเก็บรักษา

เฉลี่ย 2.2% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว เหลือน้ำหนักสดเป็น 97.8% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว ในขณะที่ผลมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักในวันแรกเฉลี่ย 1.2% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว เหลือน้ำหนักสดเป็น 98.8% น้ำหนักสดของผลมะม่วงมีการลดลงอย่างคงที่ตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 12) ไม่มีกรรมวิธีใดที่มีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว จนผิวผลเหี่ยวเมื่อผลสุก และไม่มีอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาและการเข้าทำลายของโรคพืช

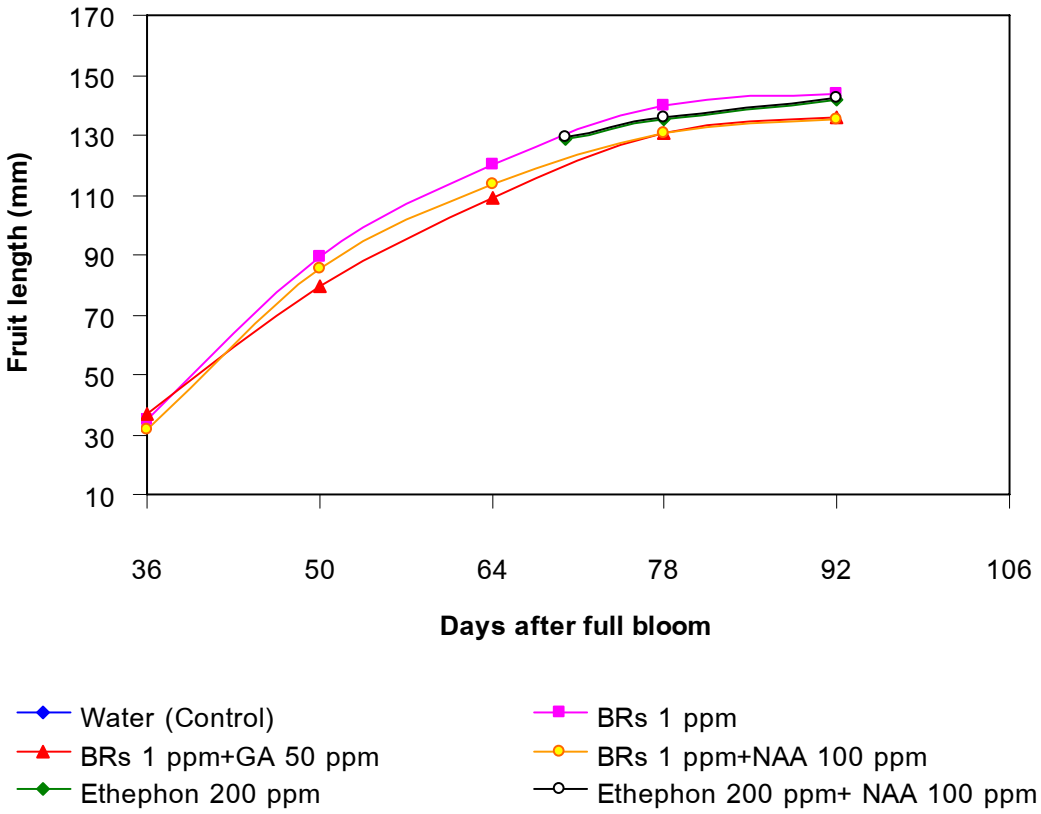
เมื่อผลสุก ความแน่นเนื้อของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) อัตราส่วน TSS:TA ปริมาณน้ำตาลรวม (TS) และปริมาณกรดยูโรนิค (uronic acids) ของเนื้อผลจากทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลมะม่วงมีความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 5.71-6.00 $N.cm^{-2}$ (ตารางที่ 5) เนื้อผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 20.4-21.2% (ตารางที่ 5) มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เมื่อเทียบเป็นกรดซิตริคอยู่ในช่วง 0.26-0.30 %FW (ตารางที่ 5) มีอัตราส่วน TSS:TA อยู่ในช่วง 81.31-90.43 (ตารางที่ 5) มีปริมาณน้ำตาลรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสอยู่ในช่วง 9.7-11.2 $mg.gFW^{-1}$ (ตารางที่ 6) และมีปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคอยู่ในช่วง 510-693 $\mu g.g\ FW^{-1}$ (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

ตารางที่ 3 ขนาดผลเมื่อเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

Treatments	Fresh weight[ns] (g)	Width[ns] (cm)	Length[1/] (cm)	Thickness[ns] (cm)
Water (Control)	338.30	6.84	14.57 b	6.18
BRs 1 ppm	314.45	6.61	14.39 ab	5.95
BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm	315.76	6.67	13.92 ab	5.97
BRs 1 ppm + NAA 100 ppm	304.81	6.57	13.25 a	6.23
Ethephon 200 ppm	324.69	6.48	14.15 ab	5.81
Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm	323.32	6.81	14.23 ab	6.13

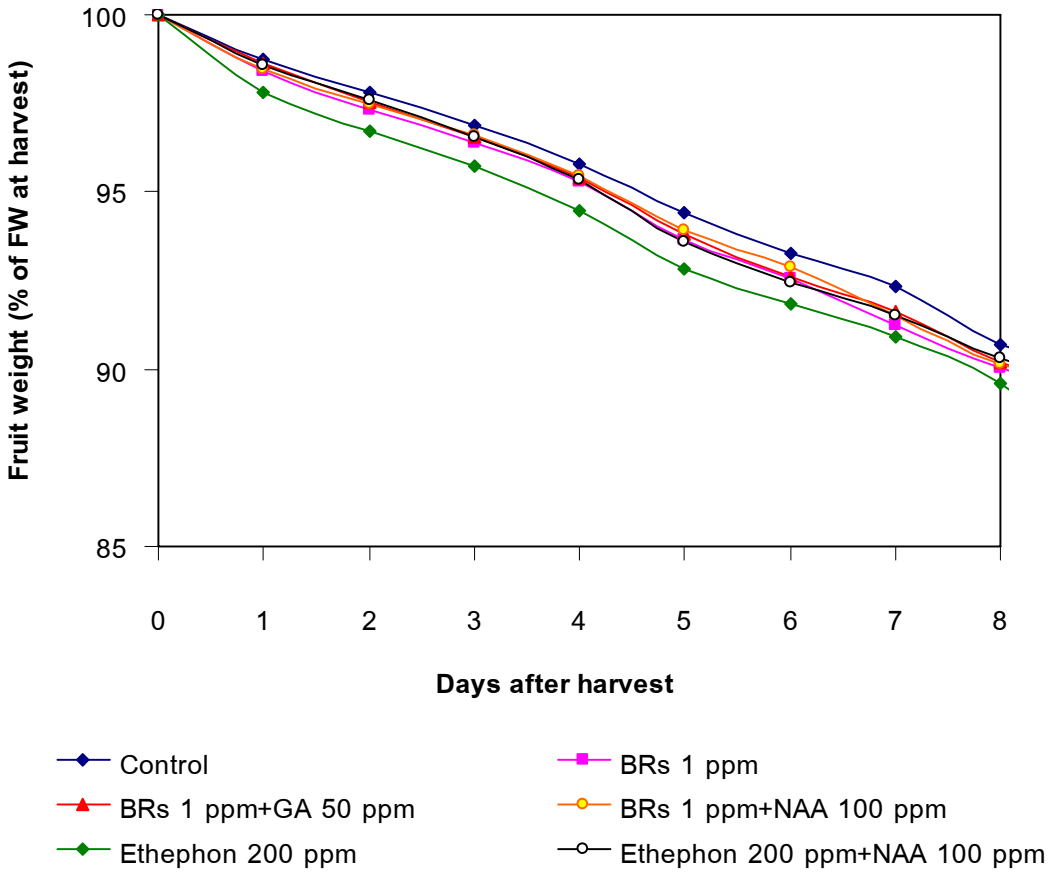
[ns] Means were not significantly different by ANOVA at p = 0.05

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at p=0.05

ตารางที่ 4 ระยะการแก่ ระยะการสุก และอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

Treatments	Days to mature[1/] (after full bloom)	Days to ripe[1/] (after full bloom)	Mature to ripe[1/] (days)
Water (control)	108.5 a	118.8 a	10.0 a
BRs 1 ppm	107.2 ab	116.7 ab	9.4 a
BRs 1 ppm+GA_3 50 ppm	108.4 a	117.6 a	9.2 ab
BRs 1 ppm+NAA 100 ppm	107.7 ab	117.0 ab	9.5 a
Ethephon 200 ppm	105.7 b	111.0 b	9.2 ab
Ethephon 200 ppm+NAA 100 ppm	106.3 ab	114.2 ab	8.0 b

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at p=0.05



ภาพที่ 12 การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

ตารางที่ 5 คุณภาพของผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

Treatments	Fruit firmness^{ns} ($N.cm^{-2}$)	TSS^{ns} (%)	TA^{ns} (% FW)	TSS:TA^{ns}
Water (control)	5.71	20.4	0.27	88.50
BRs 1 ppm	5.72	20.8	0.29	81.31
BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm	5.78	21.1	0.26	83.20
BRs 1 ppm + NAA 100 ppm	5.93	21.1	0.26	90.43
Ethephon 200 ppm	6.00	21.2	0.26	85.20
Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm	5.86	20.4	0.30	83.21

^{ns} Means were not significantly different by ANOVA at $p = 0.05$

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสและปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคในเนื้อผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเร่งการแก่ของผล

Treatments	Total sugars[ns] (mg glucose/g FW)	Uronic acids[ns] (µg galacturonic acid/g FW)
Water (control)	24.50	613
BRs 1 ppm	25.50	522
BRs 1 ppm + GA_3 50 ppm	24.25	518
BRs 1 ppm + NAA 100 ppm	25.50	510
Ethephon 200 ppm	28.00	693
Ethephon 200 ppm + NAA 100 ppm	27.25	585

[ns] Means were not significantly different by ANOVA at $p = 0.05$

การทดลองที่ 2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชะลอการแก่และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

<u>การเติบโตของผล</u>

ผลมะม่วงในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มการเติบโตทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาเช่นเดียวกันและมีระดับใกล้เคียงกัน โดยมีการเพิ่มขนาดของผลอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เมื่อเริ่มให้สารควบคุมการเจริญเติบโต เมื่อผลมีอายุได้ 50 วัน โดยในระยะแรกอัตราการเติบโตของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นช้าลงในช่วงระยะใกล้ระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 13, 14 และ 15)

เมื่อเก็บเกี่ยวผล พบว่าผลมะม่วงที่เคยได้รับ NAA 100 ppm มีความกว้างและความหนาน้อยกว่าผลมะม่วงที่เคยได้รับ BA 100 ppm และผลที่เคยได้รับ GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm แต่ขนาดผลทั้งความกว้าง ความหนา และความยาวไม่แตกต่างจากผลในกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 7)

<u>การสุกแก่ของผล</u>

การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้แก่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ตั้งแต่ 50 วันหลังจากดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์เพื่อชะลอระยะการสุกและแก่ของผล พบว่า ไม่มีกรรมวิธีทดลองใดที่สามารถชะลอระยะการแก่และระยะการสุกของผลได้ แต่มีกรรมวิธีที่ให้สารควบคุมการเจริญเติบโตที่สามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงได้แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมทางสถิติ คือ NAA 100 ppm ซึ่งสามารถเร่งระยะการแก่และการสุกได้ 6-7 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 6)

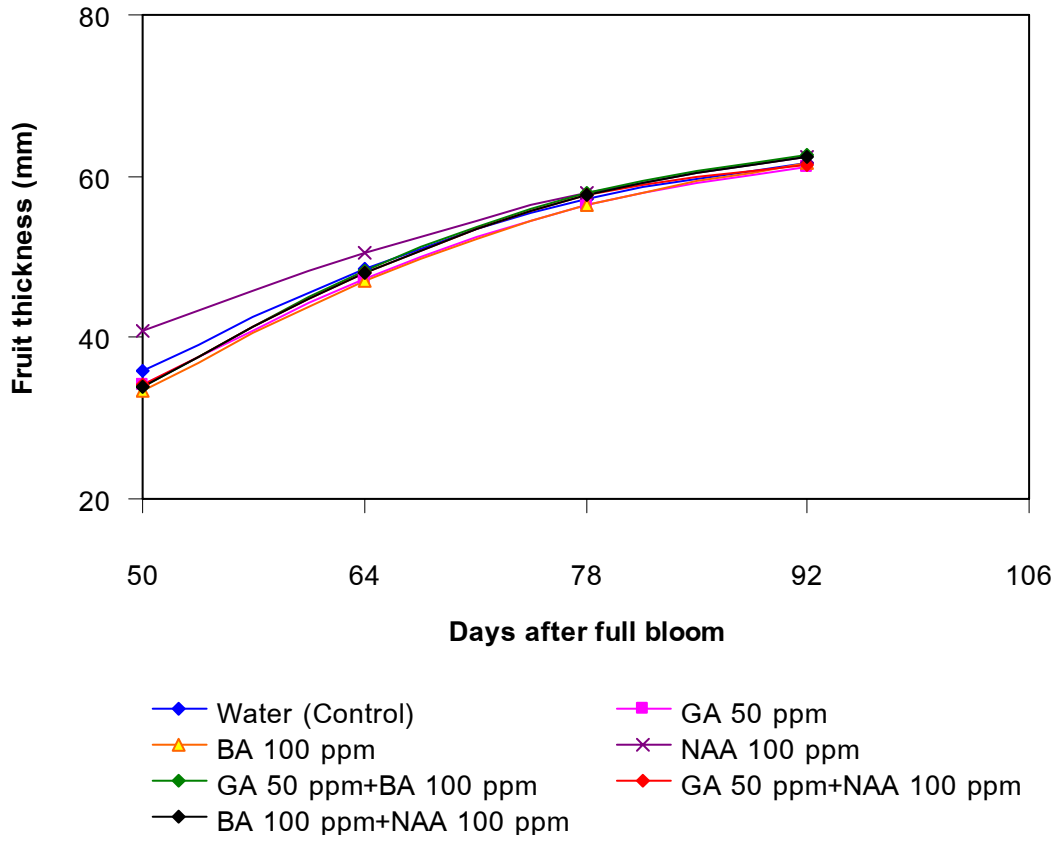
<u>คุณภาพของผลภายหลังการเก็บเกี่ยว</u>

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลสุก ผลมะม่วงที่เคยได้รับ GA_3 50 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm สูญเสียในวันแรกของการเก็บรักษาค่อนข้างมากกว่าผลมะม่วงในกรรมวิธีทดลองอื่น โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 2.8% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว เหลือน้ำหนักสดเป็น 97.2% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว ในขณะที่ผลมะม่วงในกรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักในวันแรกเฉลี่ย 1.7% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว เหลือน้ำหนักสดเป็น 98.3% ของน้ำหนักสด ณ วันที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักสดของผลมะม่วงจากทุกกรรมวิธีทดลองลดลงตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 16) ในช่วงท้ายของการเก็บรักษาจึงมีน้ำหนักสดใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธี และเมื่อผลสุก ผิวผลไม่มีอาการเหี่ยวและไม่มีอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาตลอดจนการเข้าทำลายของโรคพืช

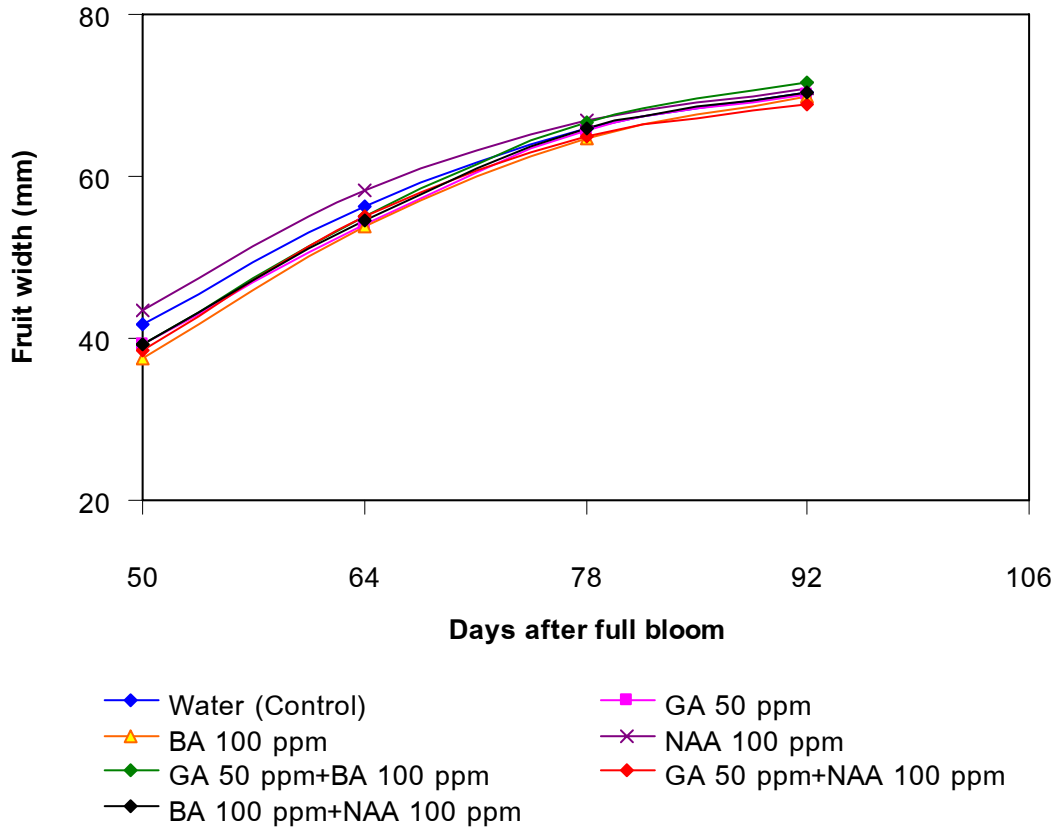
เมื่อผลสุก ความแน่นเนื้อของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และอัตราส่วน TSS:TA ของเนื้อผลจากทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ ความแน่นเนื้อของผลสุกมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.55-5.86 $N.cm^{-2}$ (ตารางที่ 7) เนื้อผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.2-23.6% มีกรดที่ไตเตรทได้เมื่อเทียบเป็นกรดซิตริคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.20-0.29%FW และมีอัตราส่วนระหว่าง TSS:TA เฉลี่ยอยู่ในช่วง 91.81-114.34 (ตารางที่ 7)

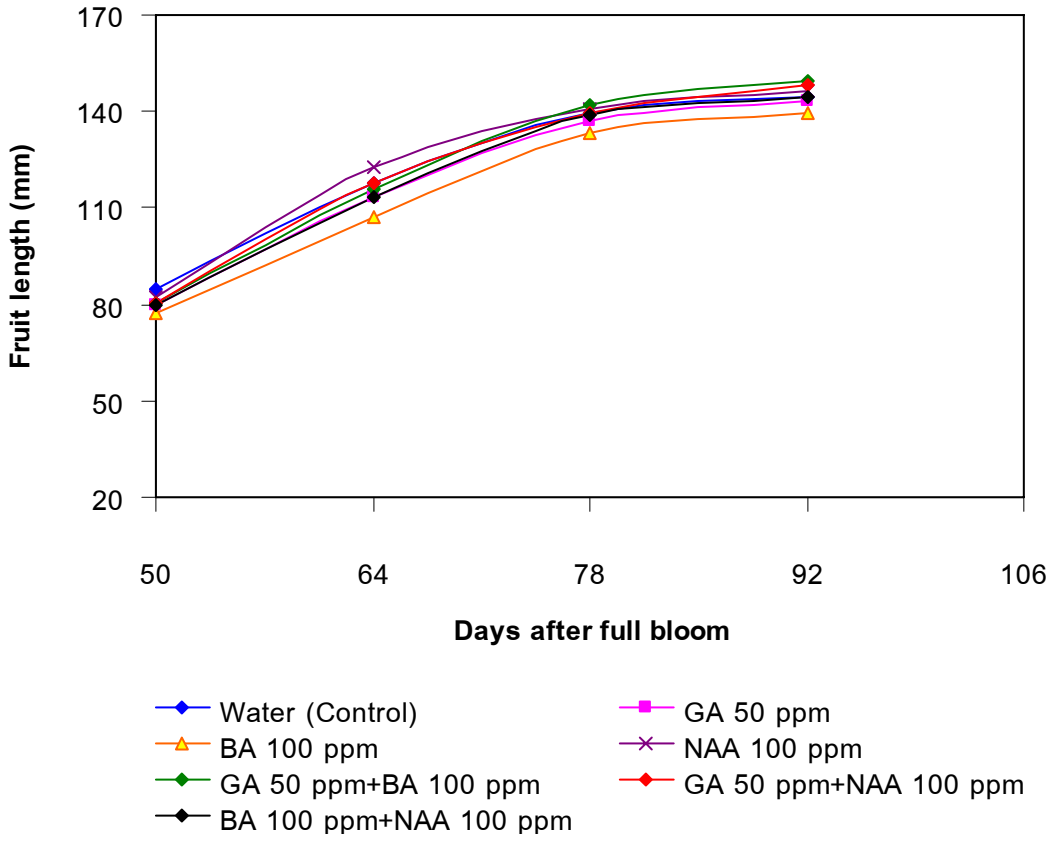
ส่วนใหญ่การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ผล ตั้งแต่ระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และให้ซ้ำทุก 2 สัปดาห์ ส่งผลให้เนื้อผลเมื่อสุกมีปริมาณน้ำตาลโดยรวมน้อยกว่าเนื้อผลจากกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ให้ NAA 100 ppm มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสน้อยที่สุด คือ 18.50 $mg.gFW^{-1}$ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีค่าปริมาณน้ำตาลโดยรวมมากที่สุด คือ 28.25 $mg.gFW^{-1}$ สารควบคุมการเจริญเติบโตส่วนใหญ่ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดยูโรนิคซึ่งเป็นกรดน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลักของเพคตินในเนื้อผลเมื่อสุก ยกเว้นกรรมวิธีที่ให้ GA_3 50 ppm ส่งผลให้เนื้อผลเมื่อสุกมีปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคน้อยที่สุด คือ 389 $\mu g.gFW^{-1}$ กรรมวิธีที่ให้ NAA 100 ppm มีปริมาณกรดยูโรนิคในเนื้อผล 409 $\mu g.gFW^{-1}$ น้อยกว่าเนื้อผลจากกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณกรดยูโรนิค เท่ากับ 540 $mg.gFW^{-1}$ (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงความหนาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงความยาวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

ตารางที่ 7 ขนาดผลเมื่อเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

Treatments	Fresh weight[ns] (g)	Width[1/] (cm)	Length[ns] (cm)	Thickness[1/] (cm)
Water (control)	325.02	6.39 ab	14.00	5.65 ab
GA_3 50 ppm	308.04	6.39 ab	12.59	5.65 ab
BA 100 ppm	335.54	7.04 a	14.48	6.34 a
NAA 100 ppm	338.46	5.70 b	14.36	4.94 b
GA_3 50 ppm + BA 100 ppm	347.15	6.12 ab	13.23	5.43 ab
GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm	331.33	6.80 a	14.04	6.11 a
BA 100 + NAA 100 ppm	319.08	6.59 ab	13.83	5.92 ab

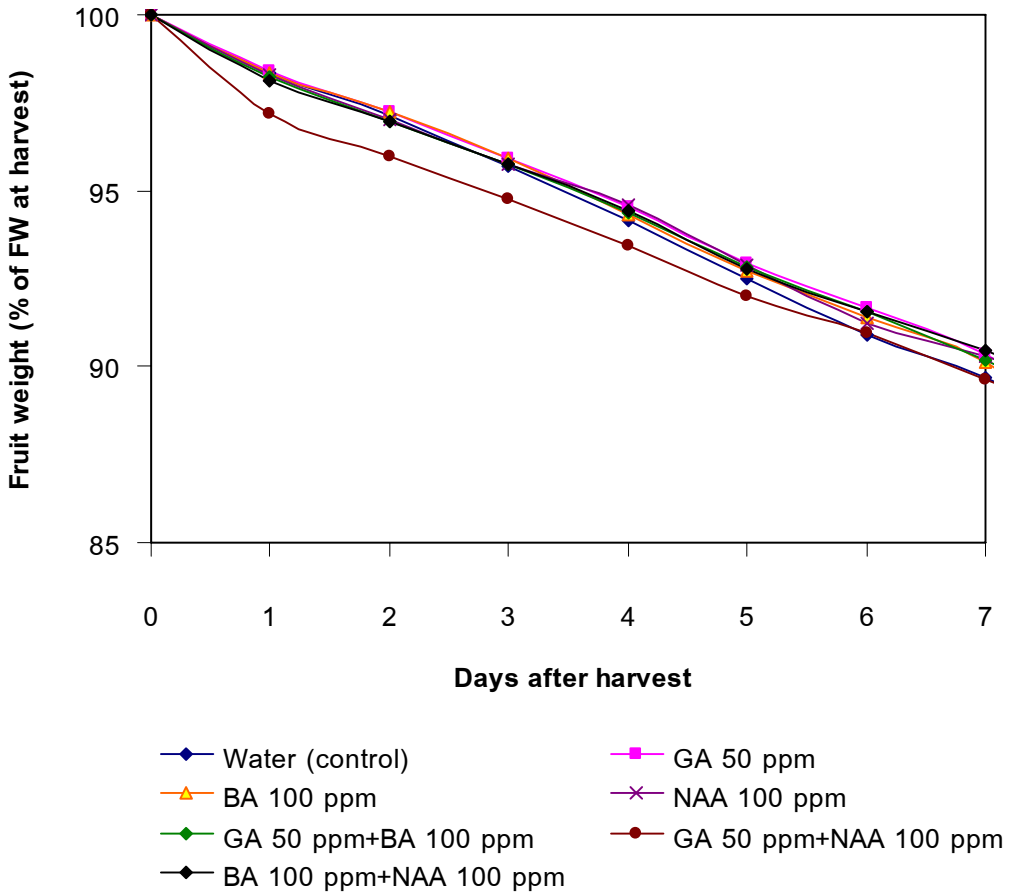
[ns] Means were not significantly different by ANOVA at p = 0.05

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at p=0.05

ตารางที่ 8 ระยะการแก่ ระยะการสุก และอายุการเก็บรักษาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

Treatments	Days to mature[1/] (after full bloom)	Days to ripe[1/] (after full bloom)	Mature to ripe[1/] (days)
Water (Control)	108.3 a	116.8 a	8.5 ab
GA_3 50 ppm	105.8 ab	113.9 ab	8.1 ab
BA 100 ppm	107.5 ab	116.4 a	8.9 a
NAA 100 ppm	102.5 b	110.0 b	7.5 b
GA_3 50 ppm + BA 100 ppm	105.1 ab	113.7 ab	8.6 ab
GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm	107.8 ab	116.8 a	9.0 a
BA 100 + NAA 100 ppm	106.6 ab	114.7 ab	8.1 ab

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at p=0.05



ภาพที่ 16 การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

ตารางที่ 9 คุณภาพของผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

Treatments	Fruit firmness^{ns} ($N.cm^{-2}$)	TSS^{ns} (%)	TA^{ns} (%FW)	TSS:TA^{ns}
Water (control)	5.55	23.5	0.26	98.1
GA_3 50 ppm	5.80	23.6	0.24	114.3
BA 100 ppm	5.68	22.8	0.25	97.6
NAA 100 ppm	5.64	23.0	0.25	101.1
GA_3 50 ppm + BA 100 ppm	5.84	22.15	0.29	91.8
GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm	5.86	21.35	0.20	111.1
BA 100 + NAA 100 ppm	5.75	21.22	0.21	104.2

^{ns} Means were not significantly different by ANOVA at $p = 0.05$

ตารางที่ 10 ปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำตาลกลูโคสและปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคในเนื้อผลเมื่อสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เคยได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อชะลอการแก่ของผล

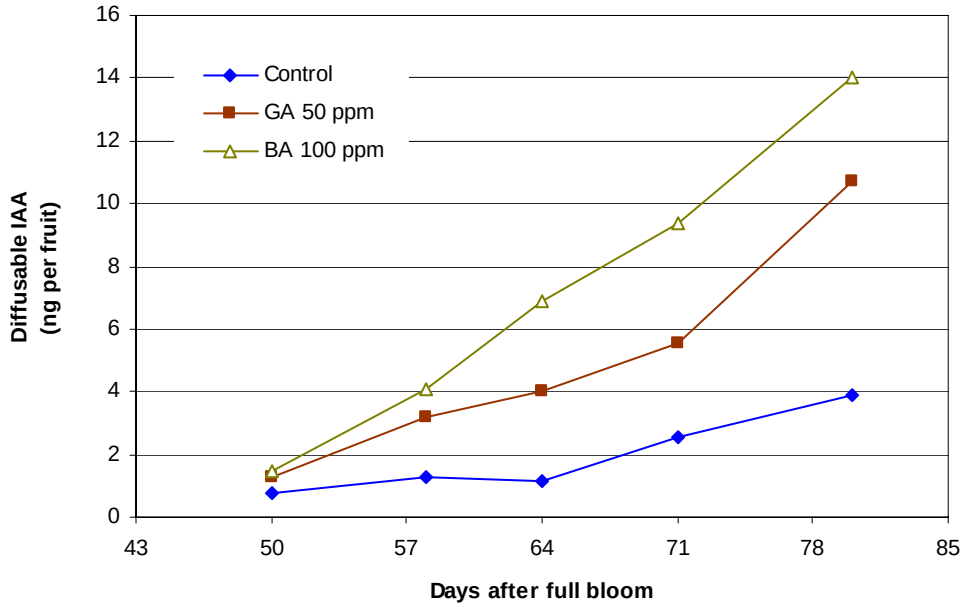
Treatments	Total sugars [1/] (mg glucose/g FW)	Uronic acids [1/] (µg galacturonic acid/g FW)
Water (control)	28.25 a	540 a
GA_3 50 ppm	22.25 bc	389 c
BA 100 ppm	22.75 bc	569 a
NAA 100 ppm	18.50 c	409 bc
GA_3 50 ppm + BA 100 ppm	21.50 bc	520 ab
GA_3 50 ppm + NAA 100 ppm	23.25 b	526 a
BA 100 + NAA 100 ppm	24.75 ab	508 ab

[1/] Means followed by different letters in the same column were significantly different by LSD test at p=0.05

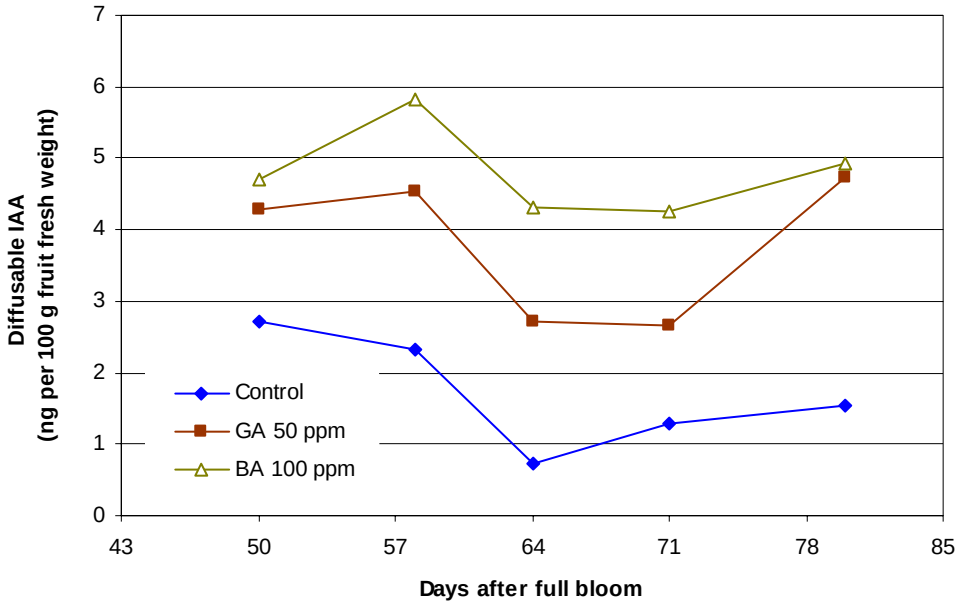
การทดลองที่ 2.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง GA_3 50 ppm และ BA 100 ppm ทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณ diffusible IAA ในผลมะม่วงเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการเจริญเติบโตของผล และมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยการพ่น GA_3 50 ppm ทำให้ปริมาณ diffusible IAA ในผลมะม่วงเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ รองลงมาคือ BA 100 ppm ส่วนกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณ diffusible IAA ต่ำที่สุด และมีปริมาณ diffusible IAA เพิ่มขึ้นไม่มากนักในช่วงการพัฒนาของผล โดยปริมาณ diffusible IAA มีปริมาณมากที่สุดเมื่อ 80 วันหลังดอกบานเต็มที่ (ภาพที่ 17 (A))

เมื่อคำนวนปริมาณ diffusible IAA เทียบเป็นต่อน้ำหนักสดของผล พบว่าปริมาณ diffusible IAA ในผลที่ผ่านการพ่นด้วย GA_3 50 ppm และ BA 100 ppm มีค่าสูงกว่าในกรรมวิธีควบคุมตั้งแต่ระยะแรกๆ หลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต ปริมาณ diffusible IAA ต่อน้ำหนักสดของผลลดลงเมื่อ 64 วันหลังดอกบานเต็มที่ (ภาพที่ 17 (B)) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีการเพิ่มน้ำหนักของผลและขนาดความยาวของผลอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 18 และ 19) ระดับปริมาณ diffusible IAA เมื่อเทียบเป็นน้ำหนักสดของผลเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อ 71 วันหลังดอกบานเต็มที่ (ภาพที่ 17 (B)) ตลอดช่วงการพัฒนาของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ได้รับสาร GA_3 50 ppm หรือ BA 100 ppm มีปริมาณ diffusible IAA ต่อน้ำหนักสดของผล มากกว่าปริมาณ diffusible IAA จากผลในกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 17 (B)) โดยไม่ส่งผลต่อน้ำหนักและขนาดความยาวของผล (ภาพที่ 18 และ 19)

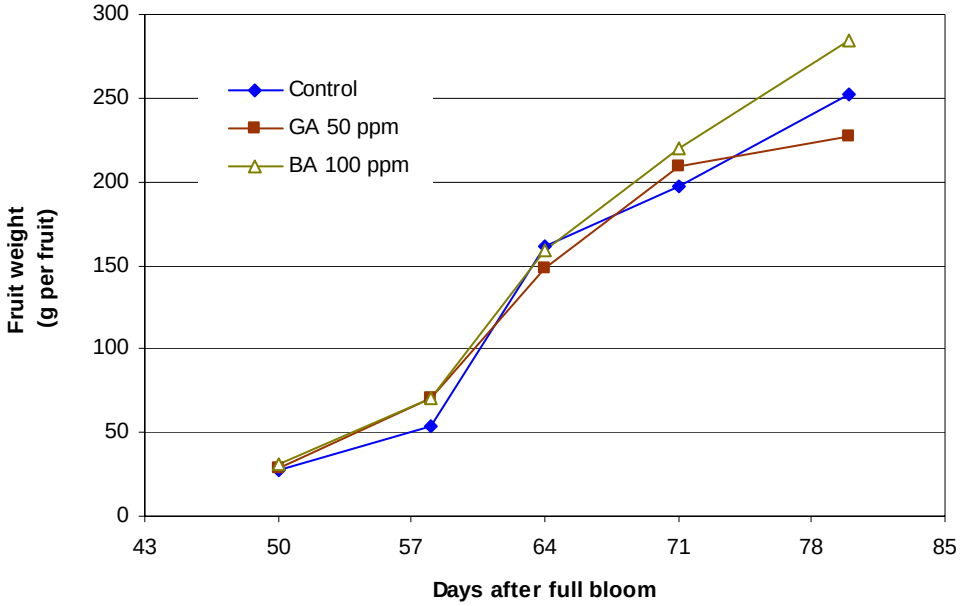


(A)

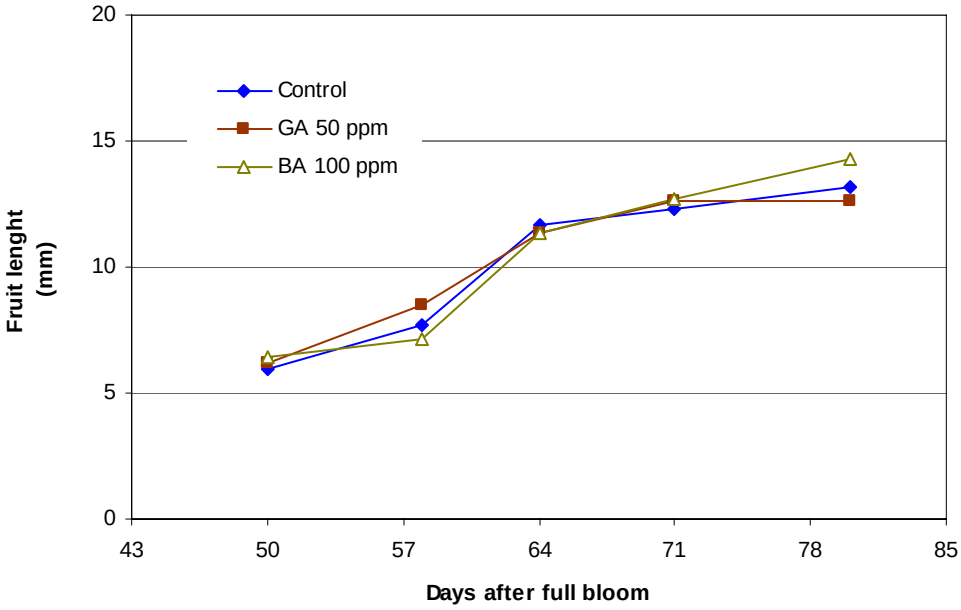


(B)

ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ diffusible IAA ในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต (A) ในหน่วยนาโนกรัมต่อผล (B) ในหน่วยนาโนกรัมต่อน้ำหนักสดของผล 100 กรัม (n=3 ซ้ำ 10 ผลต่อซ้ำ)



ภาพที่ 18 น้ำหนักสดของผลในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต (n=3 ซ้ำ 10 ผลต่อซ้ำ)



ภาพที่ 19 ความยาวของผลในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการพ่นด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต (n=3 ซ้ำ 10 ผลต่อซ้ำ)

วิจารณ์ผล

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการสุกแก่ของมะม่วง

การให้ Ethephon ที่ความเข้มข้น 200 ppm แก่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เมื่อระยะ 70 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ สามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ 3 และ 8 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการทดลองของ Lopez et al. (2000) ที่พบว่า Ethephon ที่ระดับความเข้มข้น 1,920 ppm สามารถเร่งการแก่ของผล pepino ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุม 8 วัน เนื่องจาก Ethephon ไปเร่งการเปลี่ยนสีของผล เช่นเดียวกับการทดลองของ Whale et al. (2008) ที่พ่น Ethephon ความเข้มข้น 480 ppm ให้แก่ผลแอปเปิลเมื่อ 149 วันหลังจากดอกบานเต็มที่ พบว่า แอปเปิลมีการพัฒนาของสีผิว 78% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมมีการพัฒนาสีผิว 71% จึงทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วขึ้น โดยเมื่อ Ethephon เมื่อเข้าไปสู่เซลล์ของพืชจะปลดปล่อยเอธิลีนและชักนำการสังเคราะห์เอธิลีนเพิ่มระหว่างการแก่และการสุก ซึ่งเอธิลีนเป็นฮอร์โมนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเร่งการพัฒนาของสี เพิ่มการสะสมของแอนโทไซยานินที่ผิวของผล และเพิ่มอัตราการหายใจของผล (Whale et al., 2008) สีผิวเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (ธวัชชัย และฉันทลักษณ์, 2553) การเร่งการแก่ของผลมะม่วงพันธุ์นี้โดย Ethephon ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากการพัฒนาสีเหลืองบนผิวผลเร็วขึ้นและมากขึ้น

การให้ NAA ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์ ที่ความเข้มข้น 100 ppm แก่ผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเมื่อระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ สามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ 6 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 8) สอดคล้องกับการให้ NAA แก่ผล loquat (*Eriobotrya japonica* Lindle) ที่หากให้กับผลที่มีขนาด 30% ของขนาดที่ใหญ่เต็มที่ จะเร่งการแก่ของผล loquat ทำให้สามารถเก็บผลผลิต 3 % ได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุม 10 วัน โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผล (Amoros et al., 2004) การที่ NAA สามารถเร่งการแก่ของผลได้เนื่องจากออกซินสังเคราะห์นี้ไปชักนำการสังเคราะห์ฮอร์โมนเอธิลีนในผล (Amoros et al., 2004) เช่นเดียวกับที่ให้ออกซินสังเคราะห์ 3,5,6-TPA กับผลพีช (peach) (Agusti et al., 1999) โดยออกซินอาจไปกระตุ้น ACC-synthase (Fluhr and Mattoo, 1996) ซึ่งเป็นเอนไซม์หนึ่งในกระบวนการสังเคราะห์เอธิลีน

อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการให้ออกซินสังเคราะห์อาจให้ผลในทางตรงกันข้ามหากให้ในระยะที่ผลพัฒนาไปมากกว่า เช่น เมื่อให้ NAA กับผล loquat ที่มีขนาด 50% ของขนาดที่ใหญ่เต็มที่ กลับมีผลในการชะลอการแก่ของผล (Amoros et al., 2004) สอดคล้องกับการให้ NAA ความเข้มข้น 100 ppm แก่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เพียงครั้งเดียวเมื่อระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ซึ่งแม้ว่าจะให้ในระยะเวลา 50 วันเช่นเดียวกับที่ให้แก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง แต่เนื่องจากมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีระยะการแก่ของผลสั้นกว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองประมาณ 20 วัน จึงเป็นระยะที่มะม่วง

โชคอนันต์มีการพัฒนาของผลไปมากกว่า ทำให้การให้ NAA แก่มะม่วงโชคอนันต์มีแนวโน้มที่จะชะลอการแก่ของผล (ตารางที่ 2) การให้ NAA 100 ppm ร่วมกับ Ethephon 200 ppm แก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ระยะ 70 วันหลังดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่ผลแก่ขึ้น แทนที่จะเสริมอิทธิพลของ Ethephon ในการเร่งการแก่ของผลมะม่วง แต่อาจไปหักล้างอิทธิพลของ Ethephon ทำให้ระยะสุกแก่ของผลมะม่วงไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 4)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพของผลมะม่วง

โดยทั่วไปการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการวิจัยนี้ไม่มีผลต่อขนาดของผลมะม่วงเมื่อเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในการทดลองกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง แม้ว่าเคยมีรายงานว่าสารคล้ายบราสซิน 1 ppm สามารถเพิ่มขนาดของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้เมื่อพ่นให้แก่ผลตั้งแต่ระยะ 30 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ (ศิวาพรและคณะ, 2553) เนื่องจากสวนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลองเป็นสวนที่ผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกและมีการดูแลต้นมะม่วงอย่างดี ผลในกรรมวิธีควบคุมมีขนาดผลที่ใหญ่และมีน้ำหนักมากอยู่แล้ว (ตารางที่ 3 และ 7) จึงไม่สามารถเพิ่มขนาดของผลได้มากนัก และการให้สารคล้ายบราสซิน 1 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm กลับทำให้ผลมีความยาวน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมโดยที่ไม่มีผลต่อน้ำหนัก สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดมีอิทธิผลต่อความยาวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ โดยการพ่น Ethephon 200 ppm ร่วม NAA 100 ppm ให้แก่ผลที่ระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ทำให้ผลเมื่อระยะเก็บเกี่ยวมีความยาวน้อยกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่น GA_3 50 ppm ให้แก่ผลมะม่วงที่ระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ช่วยพัฒนาคุณภาพของผลทำให้มีความยาวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากสวนมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ไม่ได้มีการจัดการที่ดีเท่าเทียมกับสวนมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ต้นมะม่วงได้รับน้ำตามธรรมชาติในฤดูฝนซึ่งในบางครั้งฝนทิ้งช่วง สารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเฉพาะ GA_3 จึงแสดงอิทธิพลในการเพิ่มความยาวของผลได้ชัดเจน (ตารางที่ 2)

การให้สารกระตุ้นการแบ่งเซลล์หรือขยายขนาดของเซลล์ เช่น GA_3, BA และ NAA อย่างสม่ำเสมอในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลโดยรวมและ/หรือปริมาณกรดยูโรนิคในเนื้อผลลดลง (ตารางที่ 10) ซึ่งน้ำตาลโดยรวมที่วิเคราะห์นี้รวมไปถึงน้ำตาลที่เป็นส่วนประกอบหลักในโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) และกรดยูโรนิคเป็นส่วนประกอบหลักของเพคตินในมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) สารควบคุมการเจริญเติบโตที่กระตุ้นการขยายขนาดและการแบ่งเซลล์เหล่านี้อาจมีผลทำให้เซลล์ของมะม่วงมีการขยายขนาดมากขึ้นหรือมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วทำให้ผลมีการสร้างน้ำตาลและกรดยูโรนิคไม่ทันที่จะมาสะสมที่ผนังเซลล์และที่มิดเดิลลาเมลลาได้เท่าเทียบกับผลในกรรมวิธีควบคุม อย่างไรก็ตามการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชก่อนการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา การเกิดโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว ความแน่นเนื้อของผลเมื่อสุก และรสชาติ โดยมีปริมาณ TSS ปริมาณ TA และสัดส่วน TSS/TA ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อปริมาณออกซินในผลมะม่วง

ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของผลจะเป็นระยะของการแบ่งเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ ซึ่งในระยะนี้ฮอร์โมนในกลุ่มกระตุ้นการเจริญเติบโต ได้แก่ จิบเบอเรลลิน ออกซิน และไซโตไคนินจะมีการสังเคราะห์ขึ้นมาก จากผลการทดลองแสดงว่า GA_3 และ BA มีผลต่อเคลื่อนย้าย IAA ในผล เนื่องจากทำให้มี diffusible IAA จากก้านผล (ภาพที่ 17 (B)) มากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุมตั้งแต่ภายหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตใหม่ๆ ปริมาณ diffusible IAA ต่อผลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเพิ่มขึ้นของขนาดผล (ภาพที่ 17 (A)) แต่เมื่อคำนวณปริมาณ diffusible IAA ต่อน้ำหนักสดของผล พบว่า diffusible IAA เพิ่มขึ้นในช่วงแรกที่ได้รับฮอร์โมนหลังจากนั้นมีปริมาณลดลง แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อผลมะม่วงเริ่มแก่ (ภาพที่ 17 (B)) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของฮอร์โมนนี้สอดคล้องกับรายงานของ Gillaspy et al. (1993) ที่ศึกษาฮอร์โมนต่างๆ ในมะเขือเทศตั้งแต่ระยะดอกบานจนถึงระยะผลสุก ซึ่งพบว่าระดับฮอร์โมนออกซินเพิ่มขึ้นเมื่อมะเขือเทศติดผล หลังจากนั้นมีปริมาณลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อผลเริ่มแก่โดยมีการเปลี่ยนสีที่ปลายผล (Breaker stage) ทั้งนี้ ยังไม่พบข้อมูลที่แสดงว่า diffusible IAA ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นมีผลหรือมีความสัมพันธ์อย่างไรกับปริมาณฮอร์โมน IAA ทั้งหมด และมีผลต่อการแก่ของผลอย่างไร

สรุป

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการสุกแก่ของมะม่วงโชคอนันต์

การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแก่ผลมะม่วงโชคอนันต์ ซึ่งเป็นมะม่วงทวายมีการพัฒนาของผลในฤดูฝน เพียงหนึ่งครั้งเมื่อ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ ไม่ส่งผลให้ผลมะม่วงสุกแก่ช้าหรือเร็วขึ้น แต่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลมะม่วงในแง่รูปร่างของผล โดยการพ่น Ethephon 200 ppm ร่วมกับ NAA 100 ppm ทำให้ผลมะม่วงเมื่อระยะเก็บเกี่ยวมีความยาวน้อยกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่น GA_3 50 ppm ให้แก่ผลมะม่วงที่ระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ทำให้ผลมีความยาวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม โดยไม่ส่งผลต่อน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และคุณภาพภายในของผล

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการสุกแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดสามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้ ซึ่ง Ethephon 200 ppm ที่เริ่มพ่นให้แก่ผลมะม่วงเมื่อระยะ 70 วันหลังดอกบานเต็มที่ และ NAA 100 ppm ที่เริ่มพ่นให้แก่ผลมะม่วงเมื่อระยะ 50 วันหลังดอกบานเต็มที่ และพ่นซ้ำทุก 2 สัปดาห์ สามารถเร่งระยะการแก่และระยะการสุกของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้ 6-8 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อขนาดของผล อายุการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อ และคุณภาพภายในของผลเมื่อผลสุกเต็มที่

เอกสารอ้างอิง

กมล พงษ์เขียว. 2549. ผลของไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และวิตามินอี ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 90 น.

โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. 2543. คู่มือการปลูกมะม่วงนอกฤดู. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 72 น.

เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. การปลูกมะม่วง. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 88 น.

ดลมนัส กาเจ . 2552. ทิศทางตลาดมะม่วงในต่างแดน ชู"มหาชนก"สู้เม็กซิโก-ฟิลิปปินส์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.komchadluek.net/detail/20090309/4389/ (5 มีนาคม 2553)

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2550. การทำลำไยจัมโบ้. โครงการจัดการผลิตลำไยที่ดีและต้นแบบการผลิต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 1 น.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และฉันทลักษณ์ ติยายน. 2553. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมะม่วง ฉบับชุมชน 3 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มส่งออกมะม่วง ตำบลโป่งตาลอง. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 น.

พัชรินทร์ ทองมาก, ณัฐพงษ์ วงษ์มา, ธันยวีร์ ซาวคำเขตร์ และจริญญา ปัญญาแก้ว. 2551. การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการปรับปรุงคุณภาพผลลำไยพันธุ์ดอ. รายงานบทปฏิบัติการวิชาฮอร์โมน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 14 น.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 196 น.

ศิวาพร ธรรมดี ธนะชัย พันธ์เกษมสุข ฉันทลักษณ์ ติยายน และ ดรุณี นาพรหม. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย การพัฒนาสีผิวและคุณภาพผลของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 63 น.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2550. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์. 122 น.

Agustí, M., S. Zaragoza, D.J. Iglesias, V. Almela, E. Primo-Millo, and M. Talón. 2002. The synthetic auxin 3,5,6-TPA stimulates carbohydrate accumulation and growth in citrus fruit. Plant Growth Regulation 36: 141–147.

Agusti, M., V. Almela, I. Andreu, M. Juan, and L. Zacarias. 1999. Synthetic auxin 3,5,6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch. J. Hort. Sci. Biot. 74: 556-560.

Amarante, C.V., C.A. Megguer, L.E. Blum. 2003. Effect of preharvest spraying with thidiazuron on fruit quality and maturity of apples. Rev. Bras. Frutic. 25: 59-62.

Amoros, A, P. Zapata, M.T. Pretel, M.A. Botella, M.S. Almansa, and M. Serrano. 2004. Role of naphthalene acetic acid and phenothiol treatments on increasing fruit size and advancing fruit maturity in loquat. Scientia Horticulturae 101: 387-398.

Ban, T., M. Kugishima, T. Ogata, S. Shiozaki, S. Horiuchi, and H. Ueda. 2007. Effect of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) on the fruit ripening characters of rabbiteye blueberry. Scientia Horticulturae 112: 278–281.

Blumemkrantz, N. and G. Asboe-Hansen. 1973. New method for quantitative determination of uronic acid. Analytical Biochemistry 54: 484-489.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28:350-356.

Fluhr, R. and A.K. Mattoo. 1996. Ethylene-biosynthesis and perception. Crit. Rev. Plant Sci. 15: 479-523.

Gillaspy, G., H. Ben-David, and W. Gruissem. 1993. Fruits: a developmental perspective. The Plant Cell 5: 1439-1451.

Guardiola, J.L., M.T. Barres, C. Albert, and A. Garcia-luis. 1992. Effect of exogenous growth regulators on development in *Citrus unshiu*. Annal. of Botany 71: 169-176.

Khader, S.E.S.A. 1991. Effect of preharvest application of GA_3 on postharvest behaviour of mango fruits. Scientia. Horticulturae. 47(3-4): 317-321.

Lawes, G.S. and D.J. Woolley. 2001. The commercial use of plant growth regulators to regulate fruit development. Acta Horticulturae. 553: 149-150.

Lopez, S., J.V Maroto, A. San Bautista, B. Pascual, and J. Alagard. 2000. Qualitative changes in pepino following preharvest application of ethephon. Scientia Hortic. 83:157-164.

Michell, J.W., N.B. Mandava, J.F. Worley, J.R. Plimmer, and M.V. Smith. 1970. Brassins: a new family of plant hormones from rape pollen. Nature 225: 1065-66.

Murphy, A. 2002. Auxin: the growth hormone. p.423-460. *In* L. Taiz and E. Zeiger. Plant Physiology (3rd edition). Sinauer, Massachusetts.

Naphrom, D. 2004. Effect of Cool Temperature and GA-Biosynthesis Inhibitors on Flower Induction and Related Hormonal Changes in Mango (*Mangifera indica* L.) Trees. Ph.D. Dissertation, the University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

Szyjewicz, E. and W.M. Kliewer. 1983. Influence of timing of ethephon application on yield and fruit composition of Chenin Blanc grapevines. Am. J. Enol. Vitic. 34: 253-256.

Thumdee, S. 2007. Papaya Fruit Softening: Role of Hydrolases. Ph.D. Dissertation, University of Hawaii at Manoa, Hawaii, USA.

Whale, S.K., Z. Singh, M.H. Behboudian, J. Janes, and S.S. Dhaliwal. 2008. Fruit quality in 'Crisp Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. Scientia Hortic. 115:342-351.

Zhang, C., U. Lee, and K. Tanabe. 2008. Hormonal regulation of fruit set, parthenogenesis induction and fruit expansion in Japanese pear. Plant Growth Regulation 55: 231–240.

Zhang, Z., J. Ramirez, D. Reboutier, M. Brault, J. Trouverie, A. Pennarun, Z. Amiar, B. Biligui, L. Galagovsky, and J. Rona. 2005. Brassinosteroids regulate plasma membrane anion channels in addition to proton pumps during expansion of *Arabidopsis thaliana* cells. Plant Cell Physiology 46:1494-1504.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวม (Total Sugars)

ชั่งเนื้อผลมะม่วงที่ปั่นให้ละเอียดแล้วปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อเจือจาง 200 เท่า เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลพร้อมๆ กัน (ภาพผนวกที่ 1) เมื่อจะวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล นำสารละลายเนื้อมะม่วงที่เจือจางไว้มาละลายน้ำแข็งที่ 5 °C ข้ามคืน และที่อุณหภูมิห้องจนน้ำแข็งละลายหมด เขย่าสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวม โดยวิธี phenol-sulfuric acid assay ของ Dubois *et al.* (1956) ซึ่งมีความไวในการตรวจวัดอยู่ในช่วง 30 µM-2 mM ดังนี้

<u>สารเคมีที่ใช้ทดสอบ</u>

Reagent A = สารละลายฟีนอล (liquefied phenol) ในน้ำกลั่น ความเข้มข้น 5% (w/v)

Reagent B = กรดซัลฟูริคเข้มข้น (concentrate sulfuric acid)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ตวงสารละลายตัวอย่างที่เจือจางไว้หรือสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (D-glucose) (ความเข้มข้น 0, 75, 150, 225 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg.mL^{-1})) ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง แล้วเติม Reagent A. ปริมาตร 400 ไมโครลิตร
2. เติม Reagent B ปริมาตร 2 มิลลิลิตร โดยตรงที่ผิวหน้าของสารละลายในข้อ 1 อย่างรวดเร็วโดยไม่ให้สัมผัสกับผนังหลอดทดลอง
3. ปล่อยสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่รบกวนเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะเขย่าอย่างแรงโดยใช้เครื่อง Vertex mixer เพื่อผสมให้สารละลายเข้ากัน
4. ตั้งสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที เพื่อให้ฟองอากาศสลายตัว (ภาพผนวกที่ 2) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbances, Abs) ด้วยเครื่อง spectrophotometer (ภาพผนวกที่ 3) ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ในกรณีที่ทดสอบ hexose หรือที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร ในกรณีที่ทดสอบ pentose
5. เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง หาสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองโดยกำหนดให้จุดตัดอยู่ที่ 0 ดังนี้

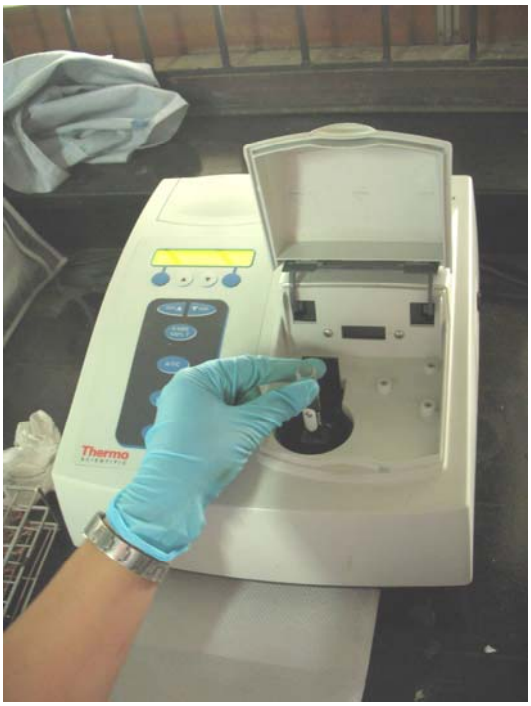
$$\text{Concentration (หน่วย } \mu g.mL^{-1}) = (\text{Slope} \times \text{Absorbance}) + 0$$

และทดสอบค่า r^2 ของสมการว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6. แทนค่าการดูดกลืน (Absorbance) ของสารละลายตัวอย่างในสมการเพื่อหาความเข้มข้นของน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคส และนำค่าความเข้มข้นที่ได้คูณด้วยค่าสัมประสิทธิการเจือจาง (200 เท่า) ของสารละลายเนื้อมะม่วง เพื่อเทียบเป็นปริมาณน้ำตาลโดยรวมเมื่อเทียบเป็นกลูโคสในเนื้อมะม่วง ในหน่วยไมโครกรัมกลูโคสต่อกรัมเนื้อผลสด (μg glucose.gFW^{-1})

ภาพผนวกที่ 1 ตัวอย่างสารละลายเนื้อมะม่วงที่เก็บไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยรวมและกรดยูโรนิค

ภาพผนวกที่ 2 สารละลายตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบปริมาณน้ำตาลโดยรวม ตามวิธี phenol-sulfuric acid assay ของ Dubois *et al.* (1956) ให้สีเหลือง ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง



ภาพผนวกที่ 3 เครื่อง spectrophotometer ที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ปริมาณกรดยูโรนิค (Uronic Acids**)**

ชั่งเนื้อผลมะม่วงที่ปั่นให้ละเอียดแล้วปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อเจือจาง 100 เท่า เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณกรดยูโรนิคพร้อมๆ กัน เมื่อจะวิเคราะห์ปริมาณกรดยูโรนิค นำสารละลายเนื้อมะม่วงที่เจือจางไว้มาละลายน้ำแข็งที่ 5 °C ข้ามคืน และที่อุณหภูมิห้องจนน้ำแข็งละลายหมด เขย่าสารละลายให้เข้ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดยูโรนิคซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเพคตินในเนื้อผลตามวิธีของ Thumdee (2007) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Blumemkrantz and Asboe-Hansen (1973) ดังนี้

<u>สารเคมีที่ใช้ทดสอบ</u>

Reagent A = สารละลายโซเดียมเตตระบอเรท (sodium tetraborate) ความเข้มข้น 0.0125 M ในกรดซัลฟูริคเข้มข้น (concentrated sulfuric acid)

Reagent B = สารละลายเมทาไฮดรอกซีไดฟีนิล (*m*-hydroxydiphenyl) ความเข้มข้น 0.15% (w/v) ใน 0.5% (w/v) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงสารละลายตัวอย่างที่เจือจางไว้หรือสารละลายกรดกาแลคทูโรนิคมาตรฐาน (galacturonic acid) (ความเข้มข้น 0, 25 50 75 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ($\mu g.mL^{-1}$)) ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง แล้วเติม Reagent A. ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร
2. แช่หลอดทดลองในน้ำแข็งละเอียดเพื่อลดความร้อน แล้วเขย่าอย่างแรงโดยใช้เครื่อง Vertex mixer เพื่อให้สารละลายเข้ากัน
3. นำหลอดทดลองที่มีสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานทั้งชุดลงต้มในอ่างน้ำอุณหภูมิ 100 ^{o}C นาน 5 นาที
4. นำหลอดทดลองที่มีสารละลายทั้งหมดแช่ในอ่างน้ำผสมน้ำแข็ง (water-ice bath) จนกระทั่งหลอดทดลองเย็นลง
5. เติม Reagent B ปริมาตร 40 ไมโครลิตร ในแต่ละหลอดทดลอง ก่อนที่จะเขย่าอย่างแรงโดยใช้เครื่อง Vertex เพื่อผสมให้สารละลายเข้ากัน
6. ตั้งสารละลายไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 20 นาที เพื่อให้ฟองอากาศในสารละลายสลายตัว และไม่เกิดน้ำกลั่นตัวที่ผิวหลอดทดลอง (ภาพผนวกที่ 4) จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbances, Abs) ด้วยเครื่อง spectrophotometer (ภาพผนวกที่ 3) ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร
7. เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกรดกาแลคทูโรนิคมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง หาสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองโดยกำหนดให้จุดตัดอยู่ที่ 0 ดังนี้

$$\text{Concentration (หน่วย } \mu g.mL^{-1}) = (\text{Slope} \times \text{Absorbance}) + 0$$

และทดสอบค่า r^2 ของสมการว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
8. แทนค่าการดูดกลืน (Absorbance) ของสารละลายตัวอย่างในสมการเพื่อหาความเข้มข้นของกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิค
9. หักล้างค่าความเข้มข้นที่ได้ของแต่ละสารละลายตัวอย่างด้วยค่าความเข้มข้นที่ได้จาก blank ของแต่ละตัวอย่าง ซึ่งผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน แต่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5% (W/V) ปริมาตร 40 ไมโครลิตร แทน Reagent B)
10. นำค่าความเข้มข้นที่ได้คูณด้วยค่าสัมประสิทธิการเจือจาง (100 เท่า) ของสารละลายเนื้อมะม่วงเพื่อเทียบเป็นปริมาณกรดยูโรนิคเมื่อเทียบเป็นกรดกาแลคทูโรนิคในเนื้อมะม่วง ในหน่วยไมโครกรัมกรดกาแลคทูโรนิคต่อกรัมเนื้อผลสด (μg galacturonic acid.gFW^{-1})

ภาพผนวกที่ 4 สารละลายตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบปริมาณกรดยูโรนิค ตามวิธีของ Blumemkrantz and Asboe-Hansen (1973) ให้สีชมพู ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณ สวนดุษณี อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ที่อนุญาตให้ใช้ต้นมะม่วงในการทดลอง และอำนวยความสะดวกตลอดการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากร-ธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยในครั้งนี้