

ผลของกรดจิบเบอเรลลิก บราสซิน และออกซิน
ต่อคุณภาพผลของอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตัน

Effects of Gibberellic Acid, Brassin, and Auxin on Fruit Quality
of 'Pinkerton' Avocado

ศรายุทธ หอมนาน¹ นพพร บุญปลอด² และ ดรุณี นภาพรม^{1*}
Sarayut Homnan¹, Nopporn Boonplod² and Daruni Naphrom^{1*}

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

²สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

²Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand

*Corresponding author: Email: daruni.n@cmu.ac.th

(Received: 22 October 2020; Accepted: 30 April 2021)

Abstract: Study on the effect of plant growth regulators on fruit quality of the 'Pinkerton' avocado, was conducted at Thung Roeng Royal Project Development Center, Hang Dong district, Chiang Mai province. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 3 replications and 7 treatments; 1) control (tap water), 2) 25 mg / L gibberellic acid (GA₃), 3) 50 mg / L GA₃, 4) 0.5 mg / L brassin (BR), 5) 1.0 mg / L BR, 6) 15 mg / L Maxim[®] (3, 5, 6 - TPA) and 7) 30 mg / L Maxim[®]. All treatments were sprayed on fruit for 2 times, the first time was at 1 month after fruit setting at 50 mm of fruit width and 80 mm of fruit length and the second time was at 1 month before harvesting. Results showed that spraying 25 mg / L GA₃ resulted in more fruit width increasing in September (23.99 %) than control (19.67 %) significantly. Whereas, increasing in fruit length of all treatments were not different. Spraying 0.5 mg / L BR and 15 mg / L Maxim[®] resulted in higher fruit weight at harvesting time than the control fruit significantly. Moreover, both concentrations of Maxim[®] gave high skin thickness. Spraying 0.5 mg / L BR and GA₃ 50 mg / L increased total fatty acid as compared to control. Furthermore, spraying 15 mg / L Maxim[®] gave the highest percentage of palmitoleic acid and linoleic acid. All spraying treatments of PGRs, especially 50 mg / L GA₃, showed the increasing in oleic acid (unsaturated fat) significantly as compared to all treatments.

Keywords: Maxim[®], fatty acid, plant growth regulators

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการพัฒนาคุณภาพผลอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตัน ทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) 2) กรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) 25 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) กรดจิบเบอเรลลิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) บราสซิก (BR) 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5) บราสซิก 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 6) Maxim[®] (3, 5, 6 - TPA) 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7) Maxim[®] 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกกรรมวิธีทำการพ่นสาร 2 ครั้ง ที่ส่วนของผล พ่นครั้งที่ 1 ในระยะติดผลขนาดความกว้างผลประมาณ 50 มิลลิเมตร ความยาวผลประมาณ 80 มิลลิเมตร และพ่นครั้งที่ 2 ก่อนเก็บผลผลิต 1 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การพ่น GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลในเดือนกันยายน 23.99 % ซึ่งมากกว่า 19.67 % ของกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลในระยะเก็บเกี่ยวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ การพ่น Maxim[®] ทั้งสองความเข้มข้นมีผลให้ความหนาเปลือกสูง การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ปริมาณกรดไขมันรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ กรรมวิธีที่พ่น Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์กรด palmitoleic และกรด linoleic สูงที่สุด การพ่น PGRs ทุกกรรมวิธีโดยเฉพาะ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กรดไขมัน oleic ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: แมกซีมิม กรดไขมัน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

อะโวคาโด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Persea americana* Mill. จัดเป็นพืชในวงศ์ *Luaraceae* เช่นเดียวกับอบเชย อยู่ในสกุล *Persea* อะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตันมีการพัฒนาสายพันธุ์มาจากพันธุ์ Hass ผสมกับพันธุ์ Rincon ในรัฐแคลิฟอร์เนีย (Sippel *et al.*, 1992) อะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตันมีปัญหาเกี่ยวกับการติดผลหลายชุด จึงทำให้การพัฒนาคุณภาพของผลไม่สมบูรณ์ พันธุ์ฟิงเกอร์ตันมีลักษณะของผลใกล้เคียงกับพันธุ์ Hass ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น oleic มีปริมาณ 50 - 60 % palmitoleic 6 - 10 % linoleic 11 - 15 % และ linolenic ประมาณ 1 % มีกรดไขมันอิ่มตัว palmitic 15 - 20 % ของกรดไขมันทั้งหมด (Magwaza and Tesfay, 2015) นอกจากนี้ อะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตันสามารถปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 670 เมตร (Royal Project Foundation and Highland Research and Development Institute, n.d.) จึงมีศักยภาพในการขยายพื้นที่ปลูกได้

ปัจจัยสำคัญ ประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผลและคุณภาพผลผลิต คือ

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators; PGRs) สำหรับเกษตรกรที่มีการนำไปใช้เพื่อการพัฒนาผลผลิตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลต่อพืชที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้น ชนิดพืช และช่วงการพัฒนาของพืช โดยในช่วงการพัฒนาด้านผล เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำตาลกับการใช้ PGRs จึงมีการนำมาใช้พัฒนาคุณภาพผลผลิต มีรายงานการใช้สารกลุ่มออกซิน เช่น Tipimon[®] (2, 4, 5 - trichlorophenoxypropionic acid) และ Maxim[®] (3, 5, 6 - trichloro-2-pyridyloxyacetic acid) โดยพ่นกับลินจีในระยะติดผลที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขนาดและน้ำหนักผลเพิ่มขึ้น (Stem *et al.*, 2000) และมีการใช้ 3, 5, 6 TPA 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นที่ผลโผล่คอทเมื่อผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 - 15 มิลลิเมตร สามารถเร่งการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต และน้ำหนักของผลโผล่คอทได้ (Reig *et al.*, 2016) นอกจากนี้มีการนำ GA_3 มาใช้ในองุ่น ความเข้มข้น 1 ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นหรือชุบข้อผลหลังดอกบานประมาณ 10 วัน สามารถช่วยให้ผลองุ่นมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (Jarassamrit, 1994) จิบเบอเรลลินเป็นสารที่ส่งเสริมการพัฒนาและ

การเจริญเติบโตของพืช ช่วยกระตุ้นการยึดตัวของเซลล์และการขยายเซลล์ (Pramanik *et al.*, 2017) บราสซิก (BR) เป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ที่ออกฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลากหลาย ส่งเสริมให้มีการยึดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และสามารถส่งเสริมฮอร์โมนกลุ่มอื่นหรือสามารถทำงานร่วมกันได้ (Wei and Li, 2016) มีการพ่นบราสซิกที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับผลสาเกในช่วง 15 วันหลังจากกลีบดอกร่วง สามารถเพิ่มขนาดและน้ำหนักของผลสาเกได้ (Thapliyal *et al.*, 2016) ดังนั้น งานทดลองนี้จึงต้องการศึกษาการใช้ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และบราสซิก เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ผลผลิตของอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตันให้มีคุณภาพ ผลผลิตที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตัน อายุต้น 6 ปี ที่สม่ำเสมอ จำนวน 21 ต้น ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ละติจูด 18.791233 ลองจิจูด 98.809993 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) 3 ซ้ำ (1 ต้นเท่ากับ 1 ซ้ำ) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ดังนี้ 1) กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) 2) GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5) BR 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 6) Maxim[®] (3, 5, 6-TPA) 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7) Maxim[®] 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเลือกผลอะโวคาโดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 10 ผลต่อต้น พ่นสารตามกรรมวิธีต่าง ๆ จำนวน 2 ครั้งให้ชุ่มโดยรอบทั้งผล พ่นครั้งที่ 1 เมื่อผลมีความกว้างประมาณ 50 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 80 มิลลิเมตร ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 และครั้งที่ 2 ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 บันทึกการเจริญเติบโตของผลโดยการวัดความกว้าง และความยาวผล ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล เดือนละ 1 ครั้ง และบันทึกคุณภาพผลเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด ขนาดผล ขนาดเมล็ด ความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก น้ำหนักสดและ

น้ำหนักแห้งของเนื้อผล ปริมาณกรดไขมันรวมด้วยวิธีการ Soxhlet extraction (Luque de Castro and Priego-Capote, 2010) และปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด ได้แก่ palmitoleic, linoleic, oleic และ palmitic ด้วยเครื่อง GC-MS (Hurtado-Fernandez *et al.*, 2015) โดยใช้ column HP-5 MS Agilent (0.25 mm x 30 m x 0.25 µm) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพาที่มีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณสารที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ 1 ไมโครลิตร (อุณหภูมิ 220 °C split mode 150:1) เป็นเวลา 30 นาที วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, U.S.A.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การพัฒนาของผล

ในเดือนกันยายน ผลอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตัน ที่ได้รับการพ่น GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลจากเดือนมิถุนายน 23.99 % ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการพ่น Maxim[®] 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลเท่ากับ 21.48 % ซึ่งไม่แตกต่างจากการพ่น GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีควบคุม แต่มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลมากกว่าการพ่น GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี โดยมีความยาวผลเพิ่มขึ้น 15 - 20 % (Table 2) จากงานวิจัยของ Binenbaum *et al.* (2018) พบว่า การใช้ GA₃ กับพืชมีบทบาทต่อกระบวนการพัฒนา การยึดและขยายอวัยวะ ช่วยการพัฒนาการเจริญเติบโตของ ไทรโคม (trichome) ในการเจริญเติบโตของเซลล์พืช และในงานวิจัยของ Nilnond *et al.* (1996) มีการใช้ GA₃ กับองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาหลังดอกบาน 3, 5 และ 7 วัน ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ความยาวผลมากกว่าการไม่ใช้สาร เนื่องจาก GA₃ ช่วยกระตุ้นการยึดตัวของเซลล์ทำให้ผลองุ่นมีความยาว รวมถึงช่วยขยายความกว้างผล

Table 1. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit width of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit width (mm)				Increasing in fruit width ¹ (%)
	June	July	August	September	
1. Control	48.02 ± 0.24 ^b	49.80 ± 0.28 ^b	54.87 ± 0.37 ^b	57.47 ± 0.33 ^b	19.67 ± 0.28 ^b
2. GA ₃ 25 mg / L	51.40 ± 0.39 ^{ab}	55.64 ± 0.33 ^{ab}	60.17 ± 0.28 ^{ab}	63.71 ± 0.34 ^{ab}	23.99 ± 0.40 ^a
3. GA ₃ 50 mg / L	57.18 ± 0.58 ^a	59.05 ± 0.56 ^a	62.39 ± 0.56 ^{ab}	66.64 ± 0.56 ^a	16.60 ± 0.35 ^c
4. BR 0.5 mg / L	55.16 ± 0.32 ^{ab}	60.03 ± 0.36 ^a	63.54 ± 0.37 ^a	66.65 ± 0.40 ^a	20.81 ± 0.26 ^b
5. BR 1.0 mg / L	51.06 ± 0.51 ^{ab}	54.17 ± 0.51 ^{ab}	57.08 ± 0.52 ^{ab}	61.65 ± 0.55 ^{ab}	20.75 ± 0.24 ^b
6. Maxim® 15 mg / L	52.75 ± 0.44 ^{ab}	53.29 ± 0.45 ^{ab}	57.90 ± 0.44 ^{ab}	61.14 ± 0.47 ^{ab}	15.89 ± 0.05 ^c
7. Maxim® 30 mg / L	52.20 ± 0.60 ^{ab}	54.55 ± 0.60 ^{ab}	62.29 ± 0.67 ^{ab}	63.42 ± 0.68 ^{ab}	21.48 ± 0.26 ^{ab}
Significance	*	*	*	*	*

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

¹ Increasing in fruit width calculated from fruit width in September comparing to June

Table 2. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit length of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit length (mm)				Increasing in fruit length ¹ (%)
	June	July	August	September	
1. Control	84.32 ± 0.67 ^b	85.40 ± 0.68 ^d	93.78 ± 0.66 ^b	99.59 ± 0.54 ^c	18.16 ± 0.32
2. GA ₃ 25 mg / L	89.41 ± 0.45 ^{ab}	92.74 ± 0.37 ^{abcd}	104.35 ± 0.62 ^{ab}	107.57 ± 0.64 ^{abc}	20.36 ± 0.69
3. GA ₃ 50 mg / L	94.22 ± 0.44 ^a	100.09 ± 0.48 ^a	105.96 ± 0.49 ^a	112.91 ± 0.36 ^a	19.86 ± 0.31
4. BR 0.5 mg / L	93.93 ± 0.57 ^a	99.83 ± 0.40 ^{ab}	103.89 ± 0.35 ^{ab}	111.30 ± 0.41 ^{ab}	18.59 ± 0.59
5. BR 1.0 mg / L	85.46 ± 0.51 ^{ab}	89.42 ± 0.57 ^{cd}	98.93 ± 0.46 ^{ab}	102.42 ± 0.45 ^{bc}	19.91 ± 0.57
6. Maxim® 15 mg / L	88.49 ± 0.46 ^{ab}	90.95 ± 0.50 ^{bcd}	98.61 ± 0.69 ^{ab}	102.07 ± 0.62 ^{bc}	15.30 ± 0.47
7. Maxim® 30 mg / L	92.55 ± 0.66 ^{ab}	96.32 ± 0.58 ^{abc}	104.92 ± 0.70 ^a	109.92 ± 0.65 ^{abc}	18.94 ± 0.81
Significance	*	*	*	*	NS

NS = not significantly different

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

¹ Increasing in fruit length calculated from fruit width in September comparing to June

น้ำหนักรสผลไม้ และการติดผลมากขึ้นด้วย การพ่น GA₃ 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร กับลิ้นจี่พันธุ์ Yu Her Pau ในได้หวัน หลังดอกบาน 14 วัน สามารถเพิ่มความยาว ผล ความกว้างผล น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก เนื้อของเนื้อ รวมถึงปริมาณ TSS (Chang and Lin, 2006) เนื่องจาก PGRs ทั้ง 3 กลุ่มเป็นกลุ่มกระตุ้น การเจริญเติบโต สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หลายด้าน เช่น การแบ่งเซลล์ การยืดขยายของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ การสังเคราะห์ DNA RNA โปรตีน และการสังเคราะห์แสง จึงส่งผล ต่อความกว้างของผลที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของ พืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมในแต่ละ ชนิดพืช (Rademacher, 2015)

คุณภาพผล

การศึกษาผลของ PGRs ต่อคุณภาพผลในระยะเก็บเกี่ยว พบว่า การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลเท่ากับ 248.09 และ 231.97 กรัม ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีควบคุมซึ่งมีน้ำหนักผลเท่ากับ 149.64 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การพ่น PGRs กรรมวิธีอื่นๆ ทำให้น้ำหนักผลไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม แต่การพ่น PGRs ทุกกรรมวิธีให้น้ำหนักเมล็ดมากกว่ากรรมวิธีควบคุมยกเว้นการพ่น GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนขนาดความกว้างและความยาวของเมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 3) จากการใช้ PGRs ในปริมาณความเข้มข้นและพ่นในเวลาที่เหมาะสมจึงส่งผลทำให้น้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยมีงานวิจัยพบว่า PGRs กลุ่มออกซิน ส่งเสริมในการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตมาสะสมไว้ที่ผลซึ่งเป็น strong sink ได้ และการพ่นออกซิน (3, 5, 6 - TPA) ทำให้ผลโลควอทมีปริมาณความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Reig *et al.*, 2016) นอกจากนี้ การใช้ 3, 5, 6 - TPA กับผลห่อ สามารถเพิ่มน้ำหนักผล

สี ผล ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ทำให้ผลมีน้ำหนักมากขึ้น และสีผิวสวยขึ้น (Agusti *et al.*, 1999) ในกลุ่ม GA₃ ช่วยกระตุ้นกิจกรรมเมแทบอลิซึมของแหล่งสร้าง (source) ในขั้นตอนการสังเคราะห์แสง ซึ่ง GA₃ ส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์-อินเวอร์เทสในการสร้างน้ำตาลซูโครสเพื่อส่งไปที่แหล่งเก็บ (sink) (Iqbal *et al.*, 2011) กลุ่มของ BR มีกลุ่มสเตียรอยด์เป็นโมเลกุลสำคัญที่ส่งสัญญาณให้พืชมีการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ คุณสมบัติเยื่อหุ้มเซลล์ การสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีน ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมีผลต่อกระบวนการยืดยาว การขยายตัวของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ (Friedrichsen and Chory, 2001) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของ BR ต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของเชอร์รี่หวาน ที่ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5 และ 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า การใช้ BR ที่ความเข้มข้น 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานิน วิตามินซี และปริมาณฟีนอล และส่งผลต่อความแน่นเนื้อ น้ำหนักผล ขนาดความกว้าง ความยาวของผลเชอร์รี่หวาน ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Roghabadi and Pakkish, 2014)

Table 3. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit qualities of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit weight (g)	Seed weight (g)	Seed size (mm)		Thickness (mm)	
			Width	Length	Flesh	Skin
1. Control	149.64 ± 1.73 ^b	20.52 ± 0.41 ^c	31.41 ± 0.71	43.41 ± 0.77	12.23 ± 0.35	0.91 ± 0.11 ^b
2. GA ₃ 25 mg / L	188.55 ± 0.82 ^{ab}	28.76 ± 0.40 ^{bc}	33.42 ± 0.52	46.60 ± 0.52	12.83 ± 0.23	0.94 ± 0.13 ^b
3. GA ₃ 50 mg / L	206.32 ± 0.63 ^{ab}	32.78 ± 0.77 ^{ab}	34.74 ± 0.47	45.69 ± 0.57	13.23 ± 0.23	1.13 ± 0.14 ^{ab}
4. BR 0.5 mg / L	248.09 ± 1.85 ^a	40.36 ± 0.54 ^a	37.60 ± 0.43	49.62 ± 0.63	14.47 ± 0.52	1.09 ± 0.14 ^{ab}
5. BR 1.0 mg / L	153.91 ± 1.64 ^b	32.43 ± 0.68 ^{ab}	31.93 ± 0.64	47.76 ± 1.12	13.33 ± 0.30	1.08 ± 0.07 ^{ab}
6. Maxim® 15 mg / L	231.97 ± 1.74 ^a	32.97 ± 0.61 ^{ab}	35.25 ± 0.75	42.17 ± 0.77	12.94 ± 0.32	1.43 ± 0.09 ^a
7. Maxim® 30 mg / L	179.50 ± 1.94 ^{ab}	26.51 ± 0.56 ^{bc}	32.41 ± 0.51	41.26 ± 0.49	13.47 ± 0.21	1.33 ± 0.12 ^{ab}
Significance	*	*	NS	NS	NS	*

NS = not significantly different

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

ความหนาของเนื้อผลในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่การใช้ Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความหนาของเปลือกเท่ากับ 1.43 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ได้รับ GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีความหนาเปลือกเท่ากับ 0.91 และ 0.94 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 3) เนื่องจากสารกลุ่มออกซินกระตุ้นการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ รวมถึงกระตุ้นให้เซลล์สร้างผนังเซลล์มากขึ้นในชั้น pericarp จึงส่งผลทำให้ชั้น exocarp เป็นส่วนของชั้นเปลือกหนาขึ้น (Jarassamrit, 1994) ซึ่งความหนาเปลือกมีผลกับการขนส่งของผลไม้เกือบทุกชนิดทำให้ผลคงสภาพระหว่างขนส่ง

การใช้ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลอะโวคาโดมีปริมาณกรดไขมันรวมมากที่สุด 74.50 % รองลงมาคือการใช้ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กรดไขมันรวม 64.50 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณไขมัน 54.50 % ในขณะที่กรรมวิธีอื่น มีปริมาณกรดไขมันรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับกรรมวิธีควบคุม (Table 4) ในผลอะโวคาโดมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวปริมาณมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่น เนื้อผลอุดมไปด้วย palmitoleic, linoleic, oleic และ palmitic acids (Villa-Rodriguez *et al.*, 2011) ซึ่งในผลการทดลองนี้ พบว่า การใช้ Maxim[®] 15 มิลลิกรัม

ต่อลิตร ทำให้มีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัว palmitoleic ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 13.12 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น และรองลงมาคือการใช้ GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร Maxim[®] 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ 10.26, 10.25 และ 10.01 % ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีควบคุมซึ่งมีปริมาณ 8.18 % นอกจากนี้ การใช้ Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังทำให้มีปริมาณกรดไขมัน linoleic มากที่สุดเท่ากับ 12.95 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น และที่น่าสนใจคือการใช้ PGRs ทุกกรรมวิธีทำให้กรดไขมัน oleic มากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณ oleic เท่ากับ 51.03 % รองลงมาคือการใช้ GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร Maxim[®] 30 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim[®] 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ให้ปริมาณ oleic เท่ากับ 48.72, 48.31, 48.01, 47.53 และ 42.71 % ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณ oleic เท่ากับ 36.87 % การใช้ PGRs ทุกกรรมวิธีทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว palmitic ในเนื้อผลน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

มีรายงานว่า การใช้ PGRs กับสับปะรดด้วยวิธีการพ่นทางใบส่งผลทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน โปรตีน และปริมาณ กรดไขมันของเมล็ดสับปะรดเพิ่มขึ้น

Table 4. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim[®] on fatty acid of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Total fatty acid (%)	Fatty acid (%)			
		Palmitoleic	Linoleic	Oleic	Palmitic
1. Control	54.50 ± 0.66 ^c	8.18 ± 0.19 ^c	10.00 ± 0.20 ^b	36.87 ± 0.23 ^d	44.95 ± 0.27 ^a
2. GA ₃ 25 mg / L	44.50 ± 0.65 ^d	10.26 ± 0.29 ^b	10.90 ± 0.27 ^b	48.72 ± 0.16 ^b	30.12 ± 0.33 ^e
3. GA ₃ 50 mg / L	64.50 ± 0.71 ^b	9.33 ± 0.25 ^{bc}	7.570 ± 0.22 ^c	51.03 ± 0.28 ^a	32.07 ± 0.20 ^d
4. BR 0.5 mg / L	74.50 ± 0.67 ^a	10.01 ± 0.26 ^b	6.73 ± 0.27 ^{cd}	47.53 ± 0.27 ^b	35.73 ± 0.28 ^c
5. BR 1.0 mg / L	54.50 ± 0.64 ^c	6.70 ± 0.28 ^d	5.49 ± 0.21 ^d	48.31 ± 0.24 ^b	39.50 ± 0.20 ^b
6. Maxim [®] 15 mg / L	44.50 ± 0.65 ^d	13.12 ± 0.29 ^a	12.95 ± 0.11 ^a	42.71 ± 0.46 ^c	31.22 ± 0.23 ^{de}
7. Maxim [®] 30 mg / L	34.50 ± 0.67 ^e	10.25 ± 0.16 ^b	7.03 ± 0.16 ^{cd}	48.01 ± 0.14 ^b	34.71 ± 0.16 ^c
Significance	*	*	*	*	*

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

(Abdelgadir *et al.*, 2010) ซึ่งประกอบด้วยธาตุสามชนิด เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน จึงสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันในผลของอะโวคาโดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ Hass ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน palmitoleic 12.86 %, oleic 50.20 %, linoleic 12.17 % และ palmitic 23.76 % (Klinhom *et al.*, 2005) เป็นที่น่าสนใจว่าการใช้ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด palmitoleic และ linoleic ส่วนการใช้ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด oleic ให้มากกว่าพันธุ์ Hass การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสาร วิธีการใช้สารสภาพแวดล้อมในขณะที่ใช้ สภาพและความพร้อมของต้นพืช เนื่องจากการใช้สารเพียงเล็กน้อยสามารถเปลี่ยนกระบวนการภายในพืชได้ทำให้ส่งผลต่อการพัฒนาที่แตกต่างกัน

สรุป

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชสามารถเพิ่มคุณภาพของผลอะโวคาโดได้ โดยการใช้ GA₃ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเพิ่มขึ้นของความกว้างผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ส่วนการใช้ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลอะโวคาโดมีน้ำหนักมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม การพ่น Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความหนาของเปลือกเท่ากับ 1.43 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันรวมในเนื้อผลเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การใช้ GA₃ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อผลอะโวคาโดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic และ linoleic มากที่สุดตามลำดับ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกสามารถเลือกใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตดังกล่าวในการพัฒนาคุณภาพของผลอะโวคาโดพันธุ์ฟิงเกอร์ตันได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้พื้นที่ในการทดลอง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทางสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- Abdelgadir, H.A., A.K. Jager, S.D. Johnson and J. Van Staden. 2010. Influence of plant growth regulators on flowering, fruiting, seed oil content, and oil quality of *Jatropha curcas*. South African Journal of Botany 76(3): 440-446.
- 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. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74(5): 556-560.
- Binenbaum, J., R. Weinstein and E. Shani. 2018. Gibberellin localization and transport in plants. Trends in Plant Science 23(5): 410-421.
- Chang, J.C. and T.S. Lin. 2006. GA₃ increases fruit weight in 'Yu Her Pau' litchi. Scientia Horticulturae 108(4): 442-443.
- Friedrichsen, D. and J. Chory. 2001. Steroid signaling in plants: from the cell surface to the nucleus. Bioessays 23(11): 1028-1036.
- Hurtado-Fernández, E., T. Pacchiarotta, O.A. Mayboroda, A. Fernández-Gutiérrez and A. Carrasco-Pancorbo. 2015. Metabolomic analysis of avocado fruits by GC-APCI-TOF

- MS: effects of ripening degrees and fruit varieties. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 407: 547-555.
- Iqbal, N., R. Nazar, M.I.R. Khan, A. Masood and N.A. Khan. 2011. Role of gibberellins in regulation of source-sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science* 100(7): 998-1007.
- Jarassamrit, N. 1994. *Plant Hormones and Plant Growth Regulators*. Sahamit Printing, Bangkok. 128 p. (in Thai)
- Klinhom, J., J. Phunturuxsa and N. Utama-Ang. 2005. Chemical compositions and physical properties of avocado mesocarp cultivated in Chiang Mai. *Journal of Agriculture* 21(2): 117-125. (in Thai)
- Luque de Castro, M.L. and F. Priego-Capote. 2010. Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A* 1217(16): 2383-2389.
- Magwaza, L.S. and S.Z. Tesfay. 2015. A review of destructive and non-destructive methods for determining avocado fruit maturity. *Food and Bioprocess Technology* 8(10): 1995-2011.
- Nilnond, S., R. Yuwansiri, C. Sukumalanandana and P. Kermanee. 1996. Effects of gibberellic acid on seed and berry development in 'White Malaga' grape at Doi Inthanon, Chiang Mai province. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 30(2): 157-162. (in Thai)
- Pramanik, K., S.P. Das, L.K. Acharya and D. Jayapuria. 2017. Role of gibberellic acid on growth, yield and quality of tomato: A review. *International Journal of Chemical Studies* 5(6): 826-830.
- Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation* 34(4): 845-872.
- Reig, C., C. Mesejo, A. Martínez-Fuentes and M. Agustí. 2016. Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA increases fruit size of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by reducing cell turgor pressure. *Scientia Horticulturae* 210: 213-219.
- Roghabadi, M.A. and Z. Pakkish. 2014. Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe Mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Agricultural Communications* 2(4): 49-56.
- Royal Project Foundation and Highland Research and Development Institute. n.d. Avocado. Chiang Mai. 39 p. (in Thai)
- Sippel, A.D., W. Conradie and N.J.F. Claassens. 1992. Growth rates of Pinkerton avocado fruit. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 15: 72-74.
- Stern, R.A., D. Stern, M. Harpaz and S. Gazit. 2000. Applications of 2, 4, 5-TP, 3, 5, 6-TPA, and combinations thereof increase lychee fruit size and yield. *HortScience* 35(4): 661-664.
- Thapliyal, V.S., P.N. Rai and L. Bora. 2016. Influence of pre-harvest application of gibberellin and brassinosteroid on fruit growth and quality characteristics of pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai) cv. Gola. *Journal of Applied and Natural Science* 8(4): 2305-2310.
- Villa-Rodriguez, J.A., F.J. Molina-Corral, J.F. Ayala-Zavala, G. I. Olivas and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International* 44(5): 1231-1237.

Wei, Z. and J. Li. 2016. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. *Molecular Plant* 9(1): 86-100.
