ผลของกรด 3,5,6-ไทรคลอโร-2-ไพรีดิลออกซีอะซิติกและกลูโคสต่อการเติบโตและคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดี

Effects of 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid and Glucose on Fruit Growth and Quality of Pomelo cv.'Thong Dee'

ณัฐวุฒิ เนตรประดิษฐ[1/] ชูชาติ สันธทรัพย์[1/] และดรุณี นาพรหม[1/]
Nuttawut Netpradit[1/], Chuchat Santasup[1/] and Daruni Naphrom[1/]

(Received: 24 June 2014; Accepted: 28 August 2014)

Abstract: The study on effect of 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid (3,5,6-TPA) and glucose on fruit growth and quality of pomelo cv. 'Thong Dee' was carried out at Wiang Kaen District, Chiang Rai Province, Thailand. Experimental design was factorial (2x3)+1 in CRD with 3 replications. The first factors were glucose concentrations at 450 and 550 mg/l. The second factors were 3,5,6-TPA concentrations at 10, 20 and 30 mg/l. Foliar spraying was done at 15 and 22 weeks after anthesis. It was found that there was an interaction between the two factors on fruit growth. Spaying 450mg/l and 550 mg/l glucose combined with 20 mg/l 3,5,6-TPA enhanced percentage of fruit growth higher than other treatments but not different as compared to control. Application of 20 mg/l 3,5,6-TPA showed better quality of pomelo fruit in terms of fruit weight, fruit pulp, pulp/peel and rind thickness more than 10 and 30 mg/l 3,5,6-TPA but it was not different from the control. Total soluble solid (TSS) contents were lower in all treatments than the control. Furthermore, limonin and naringin seemed to decrease after spraying with 550 mg/l glucose and 10 mg/l 3,5,6-TPA.

Keywords: 3,5,6-TPA, Glucose, Naringin, Limonin, fruit growth, pomelo

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษานี้ เพื่อทราบผลของ 3,5,6-ไทรคลอโร-2-ไพรีดิลออกซีอะซิติก (3,5,6-TPA) และกลูโคสต่อการเติบโตและคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดี ทำการศึกษาที่อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย วางแผนการทดลองแบบ Factorail (2x3)+1 in CRD ทั้งหมด 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยแรกความเข้มข้นของกลูโคส 2 ระดับ คือ 450 และ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่สองความเข้มข้นของ 3,5,6-TPA 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการพ่นทางใบร่วมกัน 2 ครั้ง คือหลังจากดอกบาน 15 และ 22 สัปดาห์ พบว่าในการเจริญเติบโตของผล การพ่นกลูโคสและ 3,5,6-TPA มีปฏิสัมพันธ์กัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม การพ่น 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ และสัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก มากกว่าที่ความเข้มข้น 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุมส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้สารขม คือ ลิโมนินและนารินจินในน้ำคั้นลดลง

คำสำคัญ: กรด 3,5,6-ไทรคลอโร-2-ไพรีดิลออกซีอะซิติก กลูโคส นารินจิน ลิโมนิน การเติบโตของผล ส้มโอ

คำนำ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถบริโภคได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูป เป็นไม้ผลเมืองร้อนที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิดของประเทศไทย (สมคิด, 2544) ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นที่นิยมบริโภคของคนไทยและชาวต่างประเทศโดยเฉพาะในแถบเอเชียเช่น จีน ฮ่องกง สิงคโปร์ และมาเลเซียเป็นต้น ส้มโอที่นิยมปลูกมากคือพันธุ์ทองดี เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ตลาดนิยม โดยเฉพาะการส่งออกไปต่างประเทศ (ชูชาติ และคณะ, 2551) การผลิตส้มโอภายในประเทศ มีแหล่งปลูกกระจายอยู่ทั่วทุกภาคในบริเวณภาคเหนือตอนบน มีการทำสวนส้มโอของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในเขตอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายที่มีพื้นที่ปลูกถึง 7,395 ไร่ โดยเฉพาะส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีการปลูกมากที่สุด เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดแต่อย่างไรก็ตาม คุณภาพส้มโอที่ผลิตได้ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนยังมีคุณภาพที่ไม่ได้ตามมาตรฐานทั้งลักษณะภายนอก และลักษณะของคุณภาพทางด้านรสชาติ เช่น รสขม เนื้อกุ้งร่วนและฟ่าม แตกต่างจากคุณภาพส้มโอที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคกลาง ที่มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ (ชูชาติ และคณะ, 2551) ดังนั้น การเพิ่มคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดีในอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเพิ่มคุณภาพผลผลิต ซึ่งสารที่นำมาใช้ในการทดลองคือ แม็กซิม (Maxim®) ชื่อทางเคมี คือ 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid (3,5,6-TPA) เป็นสารในกลุ่มออกซินสังเคราะห์มีบทบาทช่วยในการส่งเสริมหรือควบคุมการเจริญทางด้านการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์ (พีรเดช, 2529) จากการรายงานของ Agusti *et al*. (1994) พบว่าการใช้ 3,5,6-TPA 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลส้ม Mandarin พันธุ์ 'Clausellina' มีขนาดใหญ่กว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังมีสารชนิดอื่นในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ที่ทำหน้าที่คล้ายกัน เช่น 2,4 dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D), 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T), naphthalene acetic acid (NAA) และ 2,4-dichlorophenoxypropionic acid (2,4-DP) (Steward *et al.,* 1952) อย่างไรก็ตาม 3,5,6-TPA มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มขนาดผลสูงสุดในกลุ่มของออกซินสังเคราะห์ (Agusti *et al*., 1994)

นอกจากนี้การให้น้ำตาลกลูโคส สามารถเพิ่มปริมาณอาหารกับต้นพืชเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลในช่วงการเจริญเติบโตได้ ซึ่งน้ำตาลจะได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เป็นกระบวนการสำคัญในพืชนั้น ๆ นอกจากนี้ น้ำตาลยังมีบทบาทในการควบคุมการเจริญเติบโตการพัฒนาผล (Sheen *et al.,*1999) และเพิ่ม

ปริมาณ TNC ในใบ จากการศึกษาของ ณัฐพงษ์ (2553) พบว่าการให้น้ำตาลกลูโคส 450 และ 225 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณ TNC ในใบของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และพบว่าปริมาณ TNC ในใบส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ทุกกรรมวิธีลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ก่อนการออกดอกจนถึงติดผล แสดงว่า TNC ถูกนำไปใช้สำหรับการพัฒนาของดอก ดังนั้นการให้น้ำตาลกลูโคสทางใบหลังการออกดอกและเข้าสู่ช่วงการติดผลกับส้มโอ น่าจะช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในใบได้ เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพผลต่อไป

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของ 3,5,6-TPA ร่วมกับกลูโคสต่อการเติบโตและคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดี ในอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย เพื่อได้แนวทางพัฒนาการผลิตส้มโอให้ได้ขนาดและคุณภาพที่ดีตามความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นส้มโอพันธุ์ทองดีอายุ 7 ปี ที่มีความสม่ำเสมอกันทั้งหมด 21 ต้น ในสวนเกษตรกร อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายพ่นสารตามกรรมวิธีต่าง ๆ ทางใบด้วยเครื่องพ่นชนิดเครื่องยนต์สะพายหลัง โดยพ่นทั้งต้น 2 ครั้ง คือ 15 และ 22 สัปดาห์ หลังจากดอกบาน วางแผนการทดลองแบบ (2x3)+1 Factorial in CRD รวมทั้งหมด 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ โดยใช้ 1 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)
กรรมวิธีที่ 2 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA10 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 3 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA20 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 4 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA30 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 5 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA10 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 6 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA20 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 7 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ศึกษาเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผล โดยเลือกผลส้มโอ จำนวน 5 ผลต่อ 1 ต้น เพื่อทำการวัดขนาดของเส้นรอบวงผลบริเวณที่กว้างที่สุด โดยทำการเริ่มวัดขนาดผลหลังจากพ่นสาร 1 เดือน และทำซ้ำเดือนละครั้ง จนถึงระยะการเก็บเกี่ยว นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผล} = \frac{\text{เส้นรอบวงผลครั้งสุดท้าย} - \text{เส้นรอบวงผลครั้งแรก}}{\text{เส้นรอบวงครั้งแรก}} \times 100\%$$

หลังการเก็บเกี่ยว เลือกผลส้มโอมากรรมวิธีละ 15 ผล (ต้นละ 5 ผล) บันทึก น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือก สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วัดโดย digital refractometer ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณสารขม คือลิโมนินและนารินจินในน้ำคั้น โดยเทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

การสกัดสารลิโมนินในน้ำส้มโอ

คัดเฉพาะเนื้อส้มโอมาคั้นน้ำแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางให้ได้น้ำคั้นส้มโอ 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2500xg นาน 10 นาที นำ Millipore C18 Sep-pack Cartridge มาล้างด้วย methanol 4 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร อย่างละ 2 รอบ โดยให้ปล่อยน้ำทิ้งไป จากนั้นดูดเอาส่วนลอย (supernatant) ของน้ำคั้น 1 มิลลิลิตร ปล่อยผ่าน Millipore C18 Sep-pack Cartridge แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร โดยให้ปล่อยน้ำทิ้งไป สุดท้ายชะด้วย methanol 5 มิลลิลิตร รองเก็บเอาสารละลายที่ได้มากรองด้วย 0.45 µm nylon filter แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ โดยเทคนิค HPLC (Shaw and Wilson, 1984)

การสกัดสารนารินจินในน้ำส้มโอ

คัดเฉพาะเนื้อส้มโอมาคั้นน้ำแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำส้มโอที่คั้นได้แล้วมา 2 มิลลิลิตร เติม methanol 4 มิลลิลิตร รวมกันเขย่าโดย vortex mixer ประมาณ 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2500xg เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดเอาส่วนลอยของน้ำคั้นไปกรองผ่าน

0.45 µm nylon filterก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยเทคนิค HPLC (Rouseff, 1988)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของผล

จากการศึกษาพบว่า ทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม โดยมีเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลเมื่ออายุ 4 เดือนเท่ากับ 112.29, 107.17 และ 105.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อดูเฉพาะผลของ 3,5,6-TPA พบว่า การพ่น 3,5,6-TPA ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลสูงสุดตลอดการทดลอง รองลงมา คือ ความเข้มข้นที่ 30 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลเมื่ออายุ 4 เดือนเท่ากับ 109.62, 90.00 และ 84.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ปริมาณกลูโคสที่ให้ไม่มีผลต่อการเติบโตของผล (ตารางที่ 1)

คุณภาพผลผลิต

ผลการทดลองพบว่าทั้งสองปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อคุณภาพผลผลิต อย่างไรก็ตามในกรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความหนาเปลือก 1.25 เซนติเมตร ซึ่งมีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความหนาเปลือก 1.47 เซนติเมตร เมื่อดูเฉพาะผลของ 3,5,6-TPA พบว่า การพ่น 3,5.6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือกและความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าการพ่นด้วย 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

Table 1 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on fruit growth after treatment

Treatment	Fruit Growth (%)			
	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4
Control	48.56 AB	77.16 ABC	92.28 AB	105.62AB
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	43.58 A	70.04 BC	81.99 C	84.87 C
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	52.50 A	83.75 A	103.23 A	112.29 A
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	43.24 B	69.13 C	81.98 C	87.58 C
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	43.53 B	66.46 C	77.79 C	83.45 C
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	51.69 A	81.34 AB	99.67 AB	107.17 AB
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	44.04 B	73.92 ABC	87.05 BC	92.59 BC
Glucose 450 mg/l	46.44	74.30	89.07	94.84
Glucose 550 mg/l	46.42	73.91	88.17	94.35
3,5,6-TPA 10 mg/l	43.56 b	68.25 b	79.89 b	84.16 b
3,5,6-TPA 20 mg/l	52.09 a	82.55 a	101.45 a	109.62 a
3,5,6-TPA 30 mg/l	43.64 b	71.53 b	84.51 b	90.00 b
Glucose × 3,5,6-TPA	*	*	*	*
Glucose	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	*	*	*	*

A, B, C: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(interaction)

a, b: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(main factors)

ns: Non sigfinicant

Table 2 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on pomelo cv. 'Thong Dee' fruit quality

Treatment	Fruit weight[1/] (g)	Pulp weight[1/] (g)	Peel weight (g)	Pulp/peel[1/]	Rind thickness[1/] (cm)
Control	1062.0	637.77	363.68	1.77	1.47
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	884.0	482.92	344.79	1.42	1.50
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	1036.5	587.46	352.81	1.70	1.33
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	926.3	556.96	343.10	1.65	1.36
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	901.3	511.70	329.90	1.58	1.44
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	1030.3	639.20	327.42	1.95	1.25
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	861.1	512.24	333.84	1.53	1.45
Glucose 450 mg/l	948.92	542.44	346.90	1.59	1.39
Glucose 550 mg/l	930.90	554.38	330.38	1.68	1.38
3,5,6-TPA 10 mg/l	892.6 b	497.31 b	337.35	1.50 b	1.47 a
3,5,6-TPA 20 mg/l	1033.4 a	613.33 a	340.12	1.82 a	1.29 b
3,5,6-TPA 30 mg/l	893.7 b	534.60 ab	338.47	1.59 ab	1.40 ab
Glucose × 3,5,6-TPA	ns	ns	ns	ns	ns
Glucose	ns	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	*	*	ns	*	*

[1/]Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test, ns = non significant

ในด้านการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นส้มโอ พบว่าทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กันต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) โดยพบว่า การพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทำให้ปริมาณ TSS ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างไรก็ตาม การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และการพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม สำหรับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณสารขม คือ ลิโมนินและนารินจินไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตาม ในกรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้ปริมาณสารขมต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 3)

วิจารณ์

การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ตลอดการทดลอง เป็นไปได้ว่าน้ำตาลกลูโคสและออกซินน่าจะมีส่วนในการพัฒนาขนาดของผล เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารเมทาบอไลท์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสำคัญต่าง ๆ ในพืช นอกจากนี้ น้ำตาลกลูโคสทำหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการแสดงออกของยีน (Sheen *et al.,* 1999) โดยเฉพาะการส่งสัญญาณของน้ำตาลจากแวคิวโอล ที่มีบทบาทสำคัญในการถอดรหัสยีนที่จำเป็นสำหรับการขยายขนาดของเซลล์และยังมีผลต่อการแสดงออกของยีนจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ออกซิน และการรับรู้สัญญาณของออกซิน

Table 3 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on pomelo cv. 'Thong Dee' chemical position

Treatment	TSS (ºBrix)	TA (%)	TSS/TA	Limonin (ppm)	Naringin (ppm)
Control	8.24 A	0.68	12.69	31.67	206.70
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	7.33 BC	0.84	9.28	32.72	215.30
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	7.66 AB	0.77	10.92	33.81	223.28
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	7.83 AB	0.73	11.57	33.39	223.71
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	7.09 BC	0.79	9.46	28.45	163.76
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	7.46 ABC	0.71	11.21	30.18	204.19
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	6.77 C	0.82	8.89	35.10	226.24
Glucose 450 mg/l	7.61a	0.78	10.59	33.31	220.76
Glucose 550 mg/l	7.11b	0.77	9.85	31.24	198.06
3,5,6-TPA 10 mg/l	7.56	0.82	9.37	30.58	189.53
3,5,6-TPA 20 mg/l	7.30	0.74	11.07	31.99	213.73
3,5,6-TPA 30 mg/l	7.21	0.78	10.23	34.25	224.97
Glucose × 3,5,6-TPA	*	ns	ns	ns	ns
Glucose	*	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	ns	ns	ns	ns	ns

A, B, C: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(interaction)

a, b: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(main factors)

ns: Non sigfinicant

(Mishra *et al.,* 2009) ส่วนการพ่น 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้การเติบโตของผลมีแนวโน้มสูงกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ สอดคล้องกับการทดลองของ Agusti *et al.* (1995) พบว่า การพ่น 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการเติบโตของส้ม Mandarin สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ หลังจากการทดลอง 30 วัน และในการทดลองของ Duarte *et al.* (1996) รายงานว่า การพ่นสาร 2,4-D 17 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้กับส้ม Clementine ทำให้อัตราการเติบโตของผลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลไม่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมเนื่องจากระยะเวลาของการพ่นสารอาจไม่เหมาะสม จากการศึกษาของสัญชัย (2532) พบว่า การพัฒนาขนาดผลส้มโอมีการเติบโตทางด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างรวดเร็วในช่วง 12-14 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่ 2 ของการเติบโตของผลส้ม คือ ระยะการขยายขนาดตัวของเซลล์ เป็นระยะที่ผลมีการเจริญและเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 16-18 หลังจากดอกบานในงานทดลองนี้ได้เริ่มพ่นสารครั้งแรก หลังจากดอกบาน 15 สัปดาห์ และครั้งที่สองคือ 22 สัปดาห์ ซึ่งการพ่นสารในระยะนี้เป็นไปได้ว่าผลส้มโอน่าจะมีการพัฒนาด้านการขยายขนาดผลน้อยลง ดังนั้นการศึกษาในครั้งต่อไปควรจะพ่นสารในระยะ 12-14 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบานส่วนในกรรมวิธีที่พ่นกลูโคสทุกความเข้มข้นร่วมกับ 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าความเข้มข้นนี้อาจไม่เหมาะสมกับการพัฒนาของส้มโอ ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Saleem *et al.* (2008) รายงานว่าการใช้ 2,4-D 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลส้มน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม และ Erner *et al.* (1993) พบว่า เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของ 2,4-D จนถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขนาดของส้ม Valencia เล็กลง สอดคล้องกับการทดลองของ Yildirim *et al.* (2011) รายงานว่า การให้ 3,5,6-TPA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำให้ผลผลิตรวมต่อต้นของส้ม Valencia ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม

ด้านคุณภาพผลผลิตพบว่า การพ่นด้วย 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก และความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าการพ่น 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรคล้ายกับการทดลองของ Erner *et al*. (1993) รายงานว่าการใช้ 2,4-D 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การติดผลและขนาดผลของส้ม Valensia และ Shamouti เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และจากการรายงานของ Stern *et al*. (2000) พบว่าการใช้ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลของลิ้นจี่พันธุ์ 'Floridian' และ 'Mauritius' มากกว่าทุกกรรมวิธีอย่างไรก็ตามไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าความเข้มข้นนี้อาจยังไม่เหมาะสมในการพัฒนาคุณภาพผลเท่าที่ควร การศึกษาครั้งต่อไปอาจเพิ่มความเข้มข้นเป็น 15 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลของออกซินสอดคล้องกับการศึกษาของ จริญญา และดรุณี (2553) รายงานว่า การพ่น NAA กับส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งทำให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำคั้นส้มโอพบว่า การพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทุกกรรมวิธี ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม คล้ายกับการทดลองของ Saleem *et al*. (2007) พบว่าการใช้ 2,4-D 20 มิลลิกรัมต่อลิตรกับส้ม Blood Red ทำให้มีปริมาณ TSS ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และ Saleem *et al*. (2008) รายงานว่า การพ่นสาร 2,4-D ความเข้มข้น 10-45 มิลลิกรัมต่อลิตรกับส้ม Blood Red ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าการให้น้ำตาลกลูโคสจากภายนอกน่าจะมีผลต่อการลดปริมาณ TSS ได้เช่นกัน เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการหายใจ ดังนั้นเมื่อมีสารตั้งต้นมากอาจมีผลต่อการกระตุ้นกระบวนการหายใจให้เกิดเพิ่มขึ้น และส่งผลให้น้ำตาลกลูโคสที่สะสมภายในเซลล์ถูกเปลี่ยนรูปเป็นกรดอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดซิตริก (citric acid) ที่เกิดขึ้นระหว่างวัฏจักรเครบส์ (Krebs' cycle) (สมบุญ, 2544) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า ในกรรมวิธีที่พ่นสารมีแนวโน้มให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากออกซินที่กระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนโปรตรอน (H^+) ในเซลล์พืชแล้วเกิดเป็นกรดอ่อน ๆ เพื่อทำให้เซลล์ขยายขนาดหรือยืดตัวอย่างรวดเร็ว (สัมฤทธิ์, 2544) แต่อย่างไรก็ตามการบอกถึงคุณภาพด้านรสชาติ ไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียงอย่างเดียว แต่ควรใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตเป็นตัวชี้วัด (ดนัย และนิธิยา, 2548) ซึ่งในงานวิจัยนี้สัดส่วนระหว่าง TSS/TA ไม่มีความต่างกันในทุกกรรมวิธี

ส่วนปริมาณสารขมทั้งลิโมนินและนารินจินในน้ำคั้น ทุกกรรมวิธีไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ในกรรมวิธีที่พ่นด้วย กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มให้สารขมลดลงจากกรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะสารนารินจิน นพดล (2537) รายงานว่าเมื่อมีการให้ออกซินเข้าไป เซลล์ที่ได้รับออกซินจะปลดปล่อย H^+ เข้าไปในผนังเซลล์ ในขณะเดียวกัน H^+ เหล่านี้มีผลให้ pH ลดลงทำให้เกิดการคลายตัวของผนังเซลล์ ซึ่งกิจกรรมของเอ็นไซม์นารินจิเนสที่สลายนารินจินทำงานได้ดีในสภาพที่มี pH ต่ำ (Villa–Real *et al.,* 2011) อาจเป็นไปได้ว่าการให้ 3,5,6-TPA น่าจะทำให้ pH ในน้ำคั้นส้มโอลดลง และทำให้กิจกรรมของเอ็นไซม์นารินจิเนสที่สลายสารนารินจินทำงานได้ดีขึ้น

สรุป

การศึกษาครั้งนี้พบว่า การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้การพ่น 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก และความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าความเข้มข้น 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทำให้ปริมาณของแข็งที่

ละลายน้ำได้ (TSS) ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) สัดส่วนระหว่าง TSS/TA และสารขมไม่มีความต่างกัน นอกจากนี้ การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำวิจัย ขอขอบคุณสวนส้มโอของเกษตรกรอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จริญญา ปัญญาแก้ว และดรุณี นาพรหม. 2553. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกนอกฤดูและคุณภาพผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารเกษตร 26(ฉบับพิเศษ): 117-125.

ชูชาติ สันธทรัพย์ สุธามาศ ณ น่าน ดรุณี นาพรหม อังสนา อัครพิศาล และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2551. การศึกษารูปแบบการผลิตส้มโอในพื้นที่ภาคเหนือและการพัฒนาคุณภาพเพื่อการส่งออก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://elibrary.trf.or.th/project._content asp ?PJID= RDG5020010 (13 กุมภาพันธ์ 2557).

ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

ณัฐพงษ์ วงษ์มา. 2553. ผลของการพ่นน้ำตาลทางใบต่อสารชีวเคมีในใบและการออกดอกของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 86 หน้า.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 124 หน้า.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วิชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.

สัญชัย พันธโชติ. 2532. การศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของส้มโอในสภาพแวดล้อมภาคเหนือตอนบน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.

สมคิด เทียมรัศมี. 2544. การปลูกส้มโอ. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนาการพืช. ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ. 665 หน้า.

Agusti, M., V. Almela, M. Juan, E. Primo-Millo, I. Trenor and S. Zaragoza. 1994. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyl-oxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 69(2): 219-223.

Agusti, M., M. El-Otmani, M. Aznar, M. Juan and V. Almela. 1995. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on clementine early fruitlet development and on fruit size at maturity. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 70(6): 995-962.

Duarte, A. M. M., D. T. G. Trindade and J. L. Guardiola. 1996. Thinning of Esbal clementine with 2,4-dichlrophenoxyacetic acid influence on yield, fruit size and fruit

quality. Proceedings International Society of Citriculture 2: 929-933.

Erner, Y., Y. Kaplan, B. Artzi and M. Hamou. 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium. Acta Horticulturae 329: 112-119.

Mishra, B. S., M. Singh, P. Aggrawal and A. Laxmi.2009. Glucose and auxin signaling interaction in controlling *Arabidopsis thaliana* seedlings root growth and development. PLoS ONE 4(2): e4502. 13 p.

Rouseff, R. L. 1988. Liquid chromatographic determination of naringin as a detector of grapefruit juices in orange juices. Journal Association of Official Analytical Chemists 71: 798-802.

Saleem, B. A., A. U. Malik and M. Farooq. 2007. Effect of exogenous growth regulators application on June fruit drop and fruit quality in *Citrus sinensis* cv. Blood Red. Pak. Journal of Agricultural Science 44(2): 289-294.

Saleem, B. A., A. U. Malik, M. A. Pervez, A. S. Khan and M. N. Khan. 2008. Spring application of growth regulators affects fruit quality of 'Blood Red' sweet orange. Pakistan Journal of Botany 40(3): 1013-1023.

Shaw, P. E. and C. W. Wilson. 1984. A rapid method for determination of limonin in citrus juices by high performance liquid chromatography. Pakistan Journal of Botany 49: 1216-1218.

Sheen, J., L. Zhou and J. C. Jang. 1999. Sugars as signaling molecules. Current Opinion in Plant Biology 2(5): 410-418.

Stern, R. A., D. Stern, M. Harpaz and S. Gazit. 2000. Applications of 2,4,5-TP, 3,5,6-TPA and combinations of increase lychee fruit size and yield. Hort Science 35(4): 661-664.

Stewart W. S., H. Z. Hoed, B. L.Brannamann. 1952. Effects of 2,4-D and related substances on fruitdrop, yield, size and quality of Valencia orange. Hilgardia 21: 321-329.

Villa-Real, H., A. J. Alfaia, M.R. Bronze, A. R. T. Calado and M. H. L. Ribeiro. 2011. Enzymatic Synthesis of the Flavone Glucosides, Prunin and Isoquercetin, and the Aglycones, Naringenin and Quercetin, with Selective α-L-Rhamnosidase and β-D-Glucosidase Activities of Naringinase. Enzyme Research. 11 p.

Yildirim, B., T. Yesiloglu, M. U.Kamiloglu, M. Incesu, B. Cimen and N. Yilmaz. 2011. Effects of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on fruit size and yield of Valencia oranges (*Citrus sinensis* Osb.). Journal of Food, Agriculture and Environment 9(1): 275-279.