

1. ชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง
2. โครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่ในภาคใต้ตอนล่าง
- กิจกรรม ศึกษาการผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่เหมาะสมในภาคใต้ตอนล่าง
- กิจกรรมย่อย การจัดการเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่
3. ชื่อการทดลอง อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของ

ส้มโอหอมขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา

Effects of Nitrogen and Zinc on Growth and Yield of pummelo
(*Citrus maxima* Burm. Merril) cv. Hom Hat Yai In Songkhla Province

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายบุญชนะ วงศ์ชนะ	สังกัด	ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง
ผู้ร่วมงาน	นางชญา นุช ตรีพันธ์	สังกัด	ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง
	นางศุภลักษณ์ อริยภูชัย	สังกัด	ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง

5. บทคัดย่อ ส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ (*Citrus maxima* Burm. Merril) cv. Hom Hat Yai เป็นไม้

ผลที่สำคัญของพื้นที่ภาคใต้ ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินคือ การขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสี จึงศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ในสวนเกษตรกร ตำบลควนลัง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระหว่างตุลาคม พ.ศ. 2553 – กันยายน พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ ไม้ให้ธาตุอาหาร ให้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ให้ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตการให้ผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ พบว่า การเจริญเติบโตของใบมีความแตกต่างกันในต้นส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีการผลิใบใหม่มากที่สุด ในด้านการให้ผลผลิต จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อ ผลต่อช่อ และเปอร์เซ็นต์การติดผล คุณภาพทางกายภาพ น้ำหนักผล ความหนาเปลือกและเนื้อของผลไม่มีความแตกต่างกัน แต่คุณภาพทางเคมีของผลมีความแตกต่างกัน โดยการให้ซิงค์ซัลเฟตมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไทเตรทได้ (TSS/TA) สูงสุด การให้ปุ๋ยยูเรียมีปริมาณของกรดที่ไทเตรทได้ (TA) สูงสุด ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบการให้ซิงค์ซัลเฟต และยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตทำให้ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบเพิ่มขึ้น

6. คำนำ ส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่เป็นส้มโอที่มีรสชาติดี และมีลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือ ผล

ใหญ่ เปลือกหนา ผิวผลสีเขียวอมเหลือง แกนผลกลวง เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดง และค่อนข้างแห้ง รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม และไม่มีเมล็ด (วิจิตต์, 2544) การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง ใบ (vegetative growth) และการให้ผลผลิต (reproductive growth) ของส้มโอจะดำเนินการไปได้ตามปกติเมื่อได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุ และปริมาณของธาตุอาหารแต่ละธาตุในพืชอยู่ในภาวะสมดุลกัน ธาตุไนโตรเจนและสังกะสีเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อพืชตระกูลส้ม (Sahota and Arora, 1981) ส้มมีความต้องการธาตุไนโตรเจนค่อนข้างมาก

โดยเฉพาะในช่วงการแตกใบอ่อน และช่วงแรกของการเจริญเติบโตของผลผลิต (He *et al.*, 2003) เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ (Zekri and Obreza, 2006) การสังเคราะห์แสง (Warren *et al.*, 2000) นอกจากนั้นไนโตรเจนยังมีบทบาทต่อคุณภาพของผลผลิตทางด้านกายภาพและทางเคมีของพืชตระกูลส้มชนิดต่างๆ เช่น ส้มโชกุน (อิสริยาภรณ์, 2550) ส้มเกลี้ยง (Storey and Treeby , 2000) และเกรฟฟรุต (Sahota and Arora, 1981) สำหรับธาตุสังกะสีมีบทบาทต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง (Salisbury and Ross, 1992) ส่งเสริมการออกดอก การติดผล และการเจริญเติบโตของผลของส้ม (Sahota and Arora, 1981) แต่เป็นธาตุอาหารที่ส้มมีความต้องการในปริมาณน้อย อย่างไรก็ตามส้มที่ปลูกในประเทศไทยมักแสดงอาการขาดธาตุนี้ให้เห็นอย่างแพร่หลายที่สุดซึ่งเรียกว่า โรคลบแก้ว (วิจิตร, 2531) ซึ่งในพืชตระกูลส้มหลายชนิดมักพบมีอาการขาดบ่อยๆ เช่น ส้มเขียวหวาน (วิจิตร, 2531) ส้มโชกุน (อิสริยาภรณ์, 2550) มะนาว ส้มเกลี้ยง เกรฟฟรุต (Manthey *et al.*, 2000) จะเห็นได้ว่าทั้งธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่างก็มีบทบาทต่อพืชตระกูลส้มคล้ายคลึงกัน คือ เกี่ยวข้องกับ โปรตีน เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนในพืช ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของส้มโอ ดังนั้นการที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตส้มโอให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน สังกะสี และอิทธิพลร่วมระหว่างทั้งสองธาตุนี้ต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง ใบ และการเจริญเติบโตทางการให้ผลผลิต คือ การออกดอก ติดผล การเจริญเติบโต และคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการดูแลรักษา

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. ต้นส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ที่ให้ผลผลิตแล้วอายุ 8 ปี
2. ปุ๋ยยูเรีย และ ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$)
3. สารเคมี เครื่องแก้ว และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เครื่องแก้ว เทปวัด ตารางสี่เหลี่ยม ตาชั่ง เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) เครื่องวัดกรดต่าง (pH meter) และตู้อบความร้อน (Hot air oven)

- วิธีการ

คัดเลือกสวนส้มโอหอมหาคัดใหญ่ในพื้นที่ ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ปลูกโดยใช้กิ่งตอนอายุ 8 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 4.5 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design, CRD) จำนวน 5 ซ้ำ (1 ต้น/ซ้ำ) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ดังนี้
กรรมวิธีที่ 1 ไม่ให้ธาตุอาหาร (Control)
กรรมวิธีที่ 2 ให้ธาตุไนโตรเจน หวานปุ๋ยยูเรียใต้ทรงพุ่มอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ที่ระยะใบเปสลาด
กรรมวิธีที่ 3 ให้ธาตุสังกะสี ฟันซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทางใบในระยะใบเปสลาด
กรรมวิธีที่ 4 ให้กรรมวิธีที่ 2 ร่วมกับกรรมวิธีที่ 3

ผูกแผ่นป้ายพลาสติกทำเครื่องหมายประจำต้น และบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1 การเจริญเติบโตของใบ

วัดปริมาณการผลิตใบและการเจริญเติบโตของใบใหม่หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ โดยวิธีการสุ่มด้วยตารางสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเมตร ทางทิศตะวันออกและตะวันตกของทรงพุ่ม และนับจำนวนช่อใบที่แตกใหม่ในแต่ละกรรมวิธี ประเมินการเจริญเติบโตของใบเป็นเปอร์เซ็นต์การแตกใบใหม่

2 การให้ผลผลิต

2.1 ศึกษาการออกดอกของส้มโอ นับจำนวนปริมาณของช่อดอกทั้งหมดบนต้น

2.2 ศึกษาปริมาณการติดผลต่อช่อ โดยใช้หมพรหมผูกช่อดอกไว้บันทึกข้อมูลจำนวนดอกต่อช่อ และนับจำนวนผลที่ติดหลังดอกบาน 1 เดือน

3 คุณภาพของผลผลิต เมื่อดอกบานหมพรหมที่ขั้วผลและบันทึกวันเดือนปี หลังจากนั้นเมื่อถึงระยะการเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บผลส้มโอที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ จำนวน 5 ผลต่อต้น มาศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผลในลักษณะต่างๆ ดังนี้คือ

3.1 ลักษณะทางกายภาพของผล ศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผลสด น้ำหนักเนื้อ เส้นผ่านศูนย์กลางของผล และความหนาของเปลือก

3.2 ลักษณะทางเคมีของผล ผ่าตัวอย่างผลส้มโอน้ำเนื้อมาคั้นน้ำแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำที่คั้นได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) โดยใช้ hand refractometer ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity, TA) โดยการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และคำนวณหาปริมาณของกรดในรูปเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก ตามวิธีการของ Boland (1995) ดังนี้ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์) = $\{(a \times b) 0.064 \times 100\}/m$

เมื่อ a = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

b = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โมลาร์)

m = ปริมาตรของน้ำคั้นที่นำมาวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

4. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ

เก็บตัวอย่างใบอายุ 3 - 4 เดือน ในตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในกิ่งที่ไม่มีผลในชุดใบที่แตกใหม่ ทั้ง 4 ทิศของต้น ทำความสะอาดใบด้วยน้ำสะอาดซับให้แห้งนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ บดตัวอย่างแห้งให้ละเอียดวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) ตามวิธีการของสมศักดิ์ และคณะ, (2547) ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

- เวลาและสถานที่

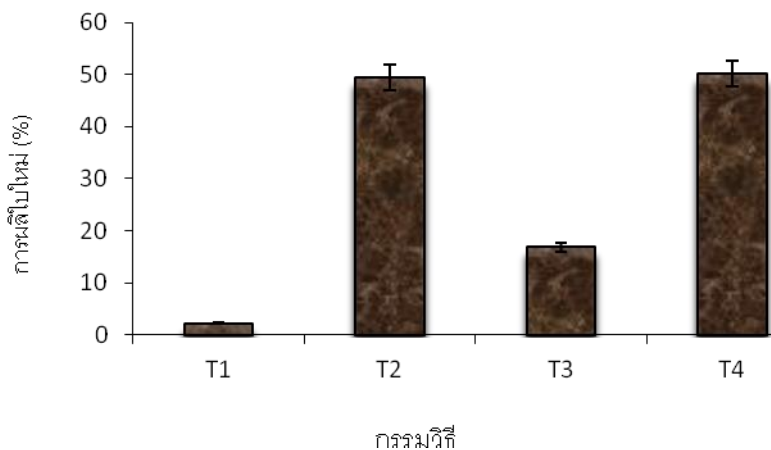
ระยะเวลา ตุลาคม 2553 - กันยายน 2556

สถานที่ สวนส้มโอเกษตรกร ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง อ.สิเกา จ.ตรัง

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การผลิใบใหม่ ผลการทดลอง พบว่า หลังการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี 120 วัน ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต หรือปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว มีการผลิใบใหม่มากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของทรงพุ่ม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยที่มีการผลิใบใหม่เฉลี่ยประมาณ 16.8 และ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของทรงพุ่ม (ภาพที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต หรือปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้ส้มโอสามารถผลิใบใหม่ได้ดี เพราะธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในกรดอะมิโน โปรตีน เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน (auxins) ไซโทไคนิน (cytokinins) กรดนิวคลีอิก แอลคาลอยด์ และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP) โคเอนไซม์ (co-enzyme) (ยงยุทธ, 2543) การมีไนโตรเจนเพียงพอทำให้การแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโต และการหายใจของส้มโอเป็นไปอย่างปกติ ซึ่งบริเวณที่พบไนโตรเจนมากคือบริเวณที่ยังอ่อนอยู่เช่น ตา ปลายยอด และใบอ่อน เพราะธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย (Zekri and Obreza, 2006) ดังนั้นจากการทดลองส้มโอที่ให้ธาตุไนโตรเจนจึงมีการผลิใบเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 1. เปอร์เซ็นต์การผลิใบใหม่ของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ

(T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

2. การให้ผลผลิต

2.1 จำนวนช่อดอกต่อต้น จากผลการนับจำนวนของช่อดอกต่อต้นของส้มโอ พบว่า จำนวนของช่อดอกต่อต้นส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีจำนวนของช่อดอกต่อต้นสูงสุด เท่ากับ 46 ช่อดอกต่อต้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ที่มีจำนวนช่อดอกต่อต้น เท่ากับ 39, 33 และ 28 ช่อดอกต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต หรือปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนมีจำนวนของช่อดอกต่อต้นสูงกว่าส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวเนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นความสมบูรณ์ จึงสามารถให้ดอกมากกว่าต้นที่ขาดไนโตรเจน

2.2 จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และจำนวนผลต่อต้น จากการนับจำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และจำนวนผลต่อต้น พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยจำนวนดอกต่อช่อส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีจำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ยเท่ากับ 5.1, 5.2 4.8 และ 5.6 ดอก ตามลำดับ สำหรับจำนวนผลต่อช่อส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีจำนวนผลต่อช่อเฉลี่ยเท่ากับ 1.8, 2.1, 2.0 และ 2.2 ผล ตามลำดับ สำหรับจำนวนผลต่อต้นของส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีจำนวนผลต่อต้นเท่ากับ 33, 31, 35 และ 38 ผล ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่ให้จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และจำนวนผลต่อต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้มีความสมบูรณ์กว่ากรรมวิธีอื่น และการทดลองครั้งนี้จำนวนช่อดอกต่อต้นของส้มโอที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อนับจำนวนการติดผลต่อต้นกลับพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุอาจมาจากการขาดธาตุอาหารตัวอื่นที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาในการทดลอง เช่น โบรอนที่มีผลต่อการงอกของละอองเกสรไปผสมกับไข่ ซึ่งควรต้องมีการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1. จำนวนช่อดอกต่อต้น ดอกต่อช่อ ผลต่อช่อ และเปอร์เซ็นต์การติดผลของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ ในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	ช่อดอกต่อต้น	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลต่อช่อ	จำนวนผลต่อต้น
T1	27.8±7.2c	5.1±0.8	1.8±0.5	33±5.5
T2	38.8±7.9b	5.2±0.9	2.1±0.7	31±8.2
T3	32.6±6.7c	4.8±0.8	2.0±0.2	35±6.6
T4	46.4±8.4a	5.6±0.7	2.2±0.5	38±5.9
F-test	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	30.9	24.6	19.8	28.9

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสมรมณ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple' Range Test

3. คุณภาพของผลผลิต

3.1 ลักษณะทางกายภาพของผล

3.1.1 น้ำหนัก และขนาดของผล จากผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และซิงค์ซัลเฟตไม่ทำให้น้ำหนักของผลและขนาดของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยส้มโอที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีน้ำหนักของผลเฉลี่ยเท่ากับ

1,033, 1,080, 1,044 และ 1,112 กรัม ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้มโอเฉลี่ยเท่ากับ 12.6, 13.0, 12.80 และ 13.0 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่ให้น้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้มีความสมบูรณ์กว่ากรรมวิธีอื่น

3.1.2 น้ำหนักของเนื้อ จากผลการวัดน้ำหนักของเนื้อส้มโอ พบว่า น้ำหนักของเนื้อส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีน้ำหนักของเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 465, 453, 487 และ 498 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนและสังกะสีมีแนวโน้มที่ให้น้ำหนักเนื้อของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนและสังกะสีอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้มีความสมบูรณ์กว่ากรรมวิธีอื่น จึงสามารถช่วยส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักของเนื้อ

3.1.3 ความหนาเปลือก จากการวัดความหนาเปลือกของผลส้มโอ พบว่า ความหนาเปลือกของผลส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความหนาของเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 1.99, 2.08, 1.98 และ 2.07 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากผลการทดลองความหนาของเปลือกในทุกกรรมวิธีมีความหนาน้อยกว่าความหนาโดยทั่วไปของเปลือกส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ซึ่งมีเฉลี่ย 2.13 เซนติเมตร (วิจิตต์, 2544) และจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนมีแนวโน้มทำให้ความหนาเปลือกของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะธาตุไนโตรเจนช่วยส่งเสริมความหนาของเปลือก (Dasberg *et al.*, 1983)

ตารางที่ 2. น้ำหนักผลสด น้ำหนักเนื้อ เส้นผ่าศูนย์กลางผล และความหนาเปลือกของส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	น้ำหนักผลสด (กรัม)	น้ำหนักเนื้อ (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางผล (เซนติเมตร)	ความหนาเปลือก (เซนติเมตร)
T1	1033±77	465±82	12.64±0.9	1.99±0.3
T2	1080±65	453±27	12.97±0.9	2.08±0.4
T3	1044±48	487±45	12.80±0.8	1.98±0.1
T4	1112±64	498±54	13.16±0.5	2.07±0.2
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	15.2	13.5	6.5	4.1

3.2 ลักษณะทางเคมีของผล

3.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อส้มโอพันธุ์หอม หาดใหญ่ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด เท่ากับ 11.6 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 11.4 และ 10.8 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ขณะที่ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำสุดเท่ากับ 10.6 องศาบริกซ์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรีย (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอ ใบส้มโอมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น (Sahota and Arora, 1981) ทำให้มีการสะสมแป้งและน้ำตาลเพิ่มขึ้น

3.2.2 ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ จากการวัดปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ของเนื้อผลส้มโอ พบว่า ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงสุด เท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ที่มีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ เท่ากับ 0.65 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และ มีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ต่ำสุดเท่ากับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยซึ่งไม่มีการให้ธาตุอาหารมีแนวโน้มที่มีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสีทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงได้น้อยการสะสมแป้งและน้ำตาลน้อยลง (ยัง ยุทธ, 2543) ส้มจึงมีปริมาณกรดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

3.2.3 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA) จากการคำนวณ สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ของเนื้อผลส้มโอ พบว่า สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงสุด เท่ากับ 23.9 รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ 20.3 ขณะที่ส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย มีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ต่ำสุดเท่ากับ 16.6 และ 15.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุสังกะสีมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้สูง เนื่องจากได้รับธาตุธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มโอสูงและมีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ต่ำ จึงสามารถช่วยส่งเสริมการเพิ่มคุณภาพของผล

ตารางที่ 3. ความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเข้มข้นของกรดที่ไตเตรทได้ และ TSS/TA ของผลส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์)	TSS/TA
T1	10.6± 0.6c	0.67± 0.1a	15.9± 0.8b
T2	10.8± 0.5bc	0.65± 0.1ab	16.6± 1.4b
T3	11.6± 0.6a	0.50± 0.1c	23.9± 1.8a
T4	11.4± 0.6ab	0.57± 0.1bc	20.3± 1.6a
F-test	*	**	**
C.V. (%)	12.8	8.9	14.1

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสมมติฐานมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple' Range Test

4. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ

4.1 ธาตุอาหารมหัพภาค จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารมหัพภาคในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบส้มโอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบเท่ากับ 2.51, 2.46, 2.13 และ 2.06 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบส้มโอพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมากที่สุด เท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบเท่ากันคือ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และส้มโอที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบ พบว่า ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 1.76 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 1.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ได้รับ ซิงค์ซัลเฟต และ ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ที่มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 1.56 และ 1.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบสูง แต่ยังคงค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 2.5 – 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) สำหรับธาตุฟอสฟอรัสการให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นสูงเนื่องจากการให้ธาตุไนโตรเจนทำให้มีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการสะสมของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะฟอสเฟตมีการสะสมมากในส่วนที่มีเมแทบอลิซึมหรือเมแทบอลิกพูล (metabolic pool) (ยงยุทธ, 2543) แต่ยังคงต่ำกว่าค่าที่

เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 0.15 – 0.20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม จากผลการทดลองการให้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบสูง เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทการทำงานในการควบคุมการปิดเปิดของปากใบและเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 1.5 – 2.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556)

ตารางที่ 4. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่

ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
	(เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)		
T1	2.13±0.00c	0.11±0.00c	1.25±0.02c
T2	2.46±0.01b	0.12±0.01ab	1.76±0.04a
T3	2.06±0.01d	0.12±0.01bc	1.56±0.03b
T4	2.51±0.01a	0.13±0.01a	1.72±0.01a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	1.0	1.0	3.16

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสมรรถน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple' Range Test

สำหรับความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ พบว่าความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยและส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเท่ากับ 2.14, 1.95, 1.70 และ 1.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย มีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมเท่ากับ 0.58, 0.51, 0.46 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของธาตุกำมะถัน พบว่า ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันเท่ากับ 0.27 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และ ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันเท่ากับ 0.22 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากผลการทดลองความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในใบสูงสุด เนื่องจากให้ธาตุไนโตรเจนมีการผลิใบใหม่เพิ่มขึ้น มีการสะสมแคลเซียมออกซาเลต (calcium

oxalate) เอาไว้ในส่วนแควคิวโอลของใบ และธาตุแคลเซียมยังเป็นองค์ประกอบของแคลเซียมเพ็กเทตซึ่งเป็นสารเชื่อมในผนังเซลล์ (ยงยุทธ, 2544) ทำให้มีการสะสมของแคลเซียมในใบสูง แต่ยังคงต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 3.0 – 4.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) สำหรับความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและให้อปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งได้รับธาตุไนโตรเจนเกิดการสังเคราะห์แสงของใบได้มีประสิทธิภาพเพิ่มจึงมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบสูง เนื่องจากในการสังเคราะห์กรดอะมิโนนั้นต้องการธาตุแมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 0.3 -0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556)

ตารางที่ 5. ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่

ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้อปุ๋ย T2 = ให้อปุ๋ยยูเรีย

T3 = ให้อปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้อปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน		
	แคลเซียม	แมกนีเซียม	กำมะถัน
	(เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)		
T1	1.95±0.08b	0.40±0.02d	0.22±0.02b
T2	2.14±0.07a	0.58±0.02a	0.26±0.01a
T3	1.67±0.04c	0.46±0.01c	0.18±0.01c
T4	1.70±0.05c	0.51±0.01b	0.27±0.01a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	4.5	3.2	1.0

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple' Range Test

4.2 ธาตุอาหารจุลภาค จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบของส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรีย มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กเท่ากับ 173.8 และ 171.9 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้อปุ๋ย ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กเท่ากับ 131.2 และ 93.5 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ไม่ได้อปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีเท่ากับ 10.6, 9.54, 8.92 และ 7.66 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุทองแดงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ให้อปุ๋ยยูเรีย ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้อปุ๋ย มีความเข้มข้นของธาตุทองแดงเท่ากับ 2.83, 2.47, 2.29 และ 1.62 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ และ

ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบส้มโอพบว่า ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบของส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสเท่ากับ 12.6 และ 12.3 ส่วนในล้าน ส่วน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และ ส้มโอที่ได้รับ ซิงค์ซัลเฟตซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสเท่ากับ 11.9 และ 8.9 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จาก ผลการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ ซัลเฟตซึ่งมีการผลิใบใหม่เพิ่มขึ้นมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบสูง เนื่องจากเหล็กส่วนมากมีการสะสมในคลอโรพลาสต์ของใบ (ยงยุทธ, 2544)ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 40 – 80 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) ส่วนความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งได้ให้ธาตุสังกะสีทางใบ ร่วมกับธาตุไนโตรเจนทางระบบน้ำมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบสูง เนื่องจากธาตุสังกะสีมีการเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อย ดังนั้นใบที่ผลิใหม่ซึ่งอยู่ใกล้กับใบที่ได้รับปุ๋ยจึงมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีสะสมอยู่มาก นอกจากนี้ ธาตุสังกะสียังมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และช่วยในการสังเคราะห์ออกซิน (ยงยุทธ, 2544) แต่ความเข้มข้นของสังกะสีในใบก็ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ มากกว่า 20 ส่วน ในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) สำหรับความเข้มข้นของธาตุทองแดงจากการทดลองในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับ ซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงในใบสูง เนื่องจากธาตุทองแดงมีหน้าที่เป็นพาหะเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน ในคลอโรพลาสต์ (ยงยุทธ, 2543) แต่ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ มากกว่า 5 ส่วนใน ล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรีย ร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบสูง เนื่องจากธาตุแมงกานีสมีบทบาทในการกระตุ้นการ ทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 5 - 15 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556)

ตารางที่ 6. ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่

ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี (T1 = ไม่ให้ปุ๋ย T2 = ให้ปุ๋ยยูเรีย
T3 = ให้ปุ๋ยซิงค์ซัลเฟต และ T4 = ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต)

กรรมวิธี	เหล็ก	สังกะสี	ทองแดง	แมงกานีส
	(ส่วนในล้านส่วน)			
T1	93.5±0.3c	7.66±0.1c	1.62±0.2d	11.9±0.2b
T2	171.9±2.4a	8.92±0.6b	2.47±0.5b	12.3±0.3a
T3	131.2±2.9b	9.54±0.3b	2.29±0.1c	8.9±0.2c
T4	173.8±2.8a	10.6±0.3a	2.83±0.1a	12.6±0.1a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	8.8	6.4	1.0	7.1

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple' Range Test

จากการศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ เห็นได้ว่าส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีการเจริญเติบโตผลิใบขึ้นมาใหม่หลังจากให้สิ่งทดลองเนื่องจากอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน ทำให้ใบมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบสูง ดังนั้นใบจึงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้สูงกว่าส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ยและให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวทำให้สามารถสร้างและสะสมอาหารได้มาก ส่งผลไปเพิ่มจำนวนของช่อดอกต่อต้นให้มากขึ้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการปฏิบัติดูแลส้มโอในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผลผลิต ควรเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และนำไปใช้ในการพิจารณาเรื่องการตัดแต่งกิ่งของส้มโอให้เหมาะสม คือ ควรตัดกิ่งและใบที่มีอายุมาก และไม่โดนแสงแดดเพราะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลงแล้ว สำหรับอิทธิพลของธาตุสังกะสีต่อการเจริญเติบโตทางผลผลิตในการทดลองครั้งนี้พบว่า สามารถเพิ่มคุณภาพทางด้านเคมีของผลส้มโอ คือ เพิ่มความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้และลดปริมาณกรดที่ใดเตรทได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้แนะนำเกษตรกรให้พ่นสังกะสีทางใบแก่ส้มโอหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อระยะใบเพสลาดอย่างน้อยปีละ 1-2 ครั้งเพื่อป้องกันการขาดธาตุสังกะสีและเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การใส่ยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตและการใส่ยูเรียอย่างเดียวทำให้ส้มโอในสวนที่ทดลองมีการผลิใบอ่อนมากกว่า การใส่ซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย 3 และ 23 เท่า ตามลำดับ
2. การให้ธาตุสังกะสีทำให้ส้มโอในสวนที่ทดลองมีรสชาติดีขึ้น

10. การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการสำหรับแนะนำเกษตรกรในการปฏิบัติดูแลรักษาส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ต่อไป กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกรผู้ปลูกส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่ในพื้นที่ภาคใต้

11. คำขอบคุณ

12. เอกสารอ้างอิง

ยงยุทธ โอสดสภา. (2543). *ธาตุอาหารพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสดสภา. (2544). ดิน ธาตุอาหารและการให้ปุ๋ยส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรม*

วิทยาการส้ม:ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต (หน้า 6/1-6/57). กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตร วังไฉ. (2531). *ส้ม เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตร วรรณชิต. (2544). *ส้มโอพันธุ์หอมหาคัดใหญ่*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์, นันทนา ชื่นอิม, ศิริวัลย์ บุญสุข, พิชรี แสนจันทร์, ไพลิน เหล็กคง และวรางคณา สระแก้ว

(2547). *โครงการการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2556. *การจัดการธาตุอาหารเพื่อผลิตส้มโอคุณภาพ*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. (2538). *แร่ธาตุอาหารพืชสวน*. ขอนแก่น: ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท.

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. (2550). ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพผลผลิตส้มโชกุน. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*.

2, 56-71.

Boland, F.E. (1995). Acidity (titratable) of fruit products. (Cunniff, P. Ed.), *Official Methods of Analysis of the Association Official Analytical Chemist International* (16th ed., pp 2). Virginia: AOAC international.

Dasberg, S., H. Bielorai and J. Erner. (1983). Nitrogen fertigation of Shamouti oranges.

Plant Soil. 75, 41-51.

He, Z.L., D.V. Calvert, A.K. Alva, D.J. Banks and Y.C. Li. (2003). Thresholds of leafnitrogen for optimum production and quality in grapefruit. *Soil Science Society of America Journal*.

67, 583-588.

Manthey, J.A., K. Grohmann., M.A. Berhow and B. Tissert. (2000). Changes in citrus leaf flavonoid concentrations resulting from bilght-induced zinc-deficiency.

Plant Physiology and Biochemistry. 38, 333-343.

Sahota, G.S. and J.S. Arora. (1981). Effect of N and Zn on 'Hamlin' sweet orange (*Citrus sinensis* Osbeck) *Journal Japan Society Horticultural Science*. 50, 281-286.

Storey, R. and M.T. Treeby. (2000). Seasonal changes in nutrient concentrations of navel

orange fruit. *Scientia Horticulturae*. 84, 67-82.

Warren, C.R., M.A. Adam and Z. Chen. (2000). Is photosynthesis related to concentrations of nitrogen and rubisco in leaves of Austrelian native plant?. *Austrelia Journal Plant Physiology*. 27, 407-416.

Zekri, M. and T. Obreza. (2006). Plant nutrients for citrus tree. Retrieved 15 October 2009 from, <http://edisifas.ufl.edu/ss419>.

13. ภาคผนวก