

# อิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของส้มโอหอมขนาดใหญ่ ในพื้นที่จังหวัดสงขลา

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

บุญชนะ วงศ์ชนะ<sup>1</sup>, ขญานุช ตรีพันธ์<sup>1</sup>, และ ศุภลักษณ์ อริยภุชย์<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

ส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ (*Citrus maxima* Burm. Merrill) cv. Hom Hat Yai เป็นไม้ผลที่สำคัญของพื้นที่ภาคใต้ ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินคือ การขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสี จึงศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ในสวนเกษตรกร ตำบลควนลัง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ระหว่างตุลาคม พ.ศ.2553–กันยายน พ.ศ.2556 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ ไม้ให้ธาตุอาหาร ให้ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ให้ซิงค์ซัลเฟต ( $ZnSO_4$ ) อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตการให้ผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ พบว่า การเจริญเติบโตของใบมีความแตกต่างกันในต้นส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีการผลิใบใหม่มากที่สุด ในด้านการให้ผลผลิต จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อช่อ ผลต่อช่อ และเปอร์เซ็นต์การติดผล คุณภาพทางกายภาพ น้ำหนักผล ความหนาเปลือกและเนื้อของผลไม่มีความแตกต่างกัน แต่คุณภาพทางเคมีของผลมีความแตกต่างกัน โดยการให้ซิงค์ซัลเฟตมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA) สูงสุด การให้ปุ๋ยยูเรียมีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (TA) สูงสุด ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบการให้ซิงค์ซัลเฟต และยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตทำให้ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ส้มโอพันธุ์หอมขนาดใหญ่ ไนโตรเจน สังกะสี การเจริญเติบโต

---

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง จังหวัดตรัง

## คำนำ

ส้มโอพันธุ์หอมหาคาใหญ่เป็นส้มโอที่มีรสชาติดี และมีลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือ ผลใหญ่ เปลือกหนา ผิวผลสีเขียวอมเหลือง แกนผลกลวง เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดง และค่อนข้างแข็ง 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) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีบทบาทต่อคุณภาพของผลผลิตทางด้านกายภาพและทางเคมีของพืชตระกูลส้มชนิดต่างๆ 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 โรคใบแก้ว (วิจิตร, 2531) ซึ่งในพืชตระกูลส้มหลายชนิดมักพบมีอาการขาดบ่อยๆ เช่น ส้มเขียวหวาน (วิจิตร, 2531) ส้มโชกุน (อิสริยาภรณ์, 2550) มะนาว ส้มเกลี้ยง เกรฟฟรุต (Manthey *et al.*, 2000) จะเห็นได้ว่าทั้งธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่างก็มีบทบาทต่อพืชตระกูลส้มคล้ายคลึงกันคือ เกี่ยวข้องกับ โปรตีน เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนในพืช ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของส้มโอ ดังนั้นการที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตส้มโอให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน สังกะสี และอิทธิพลร่วมระหว่างทั้งสองธาตุนี้ต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง ใบ และการเจริญเติบโตทางการให้ผลผลิต คือ การออกดอก ติดผล การเจริญเติบโต และคุณภาพของผลส้มโอพันธุ์หอมหาคาใหญ่เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการดูแลรักษา

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### วัสดุอุปกรณ์

ต้นส้มโอพันธุ์หอมหาคาใหญ่ อายุ 8 ปี ปุ๋ยยูเรีย ซิงค์ซัลเฟต ( $ZnSO_4$ ) สารเคมี เครื่องแก้ว และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เครื่องแก้ว เทปวัด ตารางสีเหลี่ยม ตาชั่ง เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer) เวอร์เนียคาลิเปอร์ เครื่องวัดกรดค่า (pH meter) และตู้อบความร้อน (Hot air oven)

### วิธีการ

คัดเลือกสวนส้มโอหอมหาคาใหญ่ในพื้นที่ ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ปลูกโดยใช้กิ่งตอนอายุ 8 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพุ่มประมาณ 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 หวานปุ๋ยยูเรียได้ทรงพุ่มอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ที่ระยะใบเพสลาด

กรรมวิธีที่ 3 ให้ธาตุสังกะสี ฟันซิงค์ซัลเฟต ( $ZnSO_4$ ) อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ ทางใบในระยะใบเพสลาด

กรรมวิธีที่ 4 ให้กรรมวิธีที่ 2 ร่วมกับกรรมวิธีที่ 3

#### 1 การเจริญเติบโตของใบ

วัดปริมาณการผลิใบและการเจริญเติบโตของใบใหม่หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ โดยวิธีการสุ่มด้วยตารางสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเมตร ทางทิศตะวันออกและตะวันตกของทรงพุ่ม และนับจำนวนช่อใบที่แตกใหม่ในแต่ละกรรมวิธี ประเมินการเจริญเติบโตของใบเป็นเปอร์เซ็นต์การแตกใบใหม่

#### 2 การให้ผลผลิต

2.1 ศึกษาการออกดอกของส้มโอ นับจำนวนปริมาณของช่อดอกทั้งหมดบนต้น

2.2 ศึกษาปริมาณการติดผลต่อช่อ โดยใช้ไหมพรมผูกช่อดอกไว้บันทึกข้อมูลจำนวนดอกต่อช่อ และนับจำนวนผลที่ติดหลังดอกบาน 1 เดือน

3 คุณภาพของผลผลิต เมื่อดอกบานผูกไหมพรมที่ขั้วผลและบันทึกวันเดือนปี หลังจากนั้นเมื่อถึงระยะการเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บผลส้มโอที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ จำนวน 5 ผลต่อต้น มาศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผลในลักษณะต่างๆ ดังนี้คือ

3.1 ลักษณะทางกายภาพของผล ศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผลสด น้ำหนักเนื้อ เส้นผ่านศูนย์กลางของผล และความหนาของเปลือก

3.2 ลักษณะทางเคมีของผล นำตัวอย่างผลส้มโอนำเนื้อมาคั้นน้ำแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำที่คั้นได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) โดยใช้ hand refractometer ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity, TA) โดยการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 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)

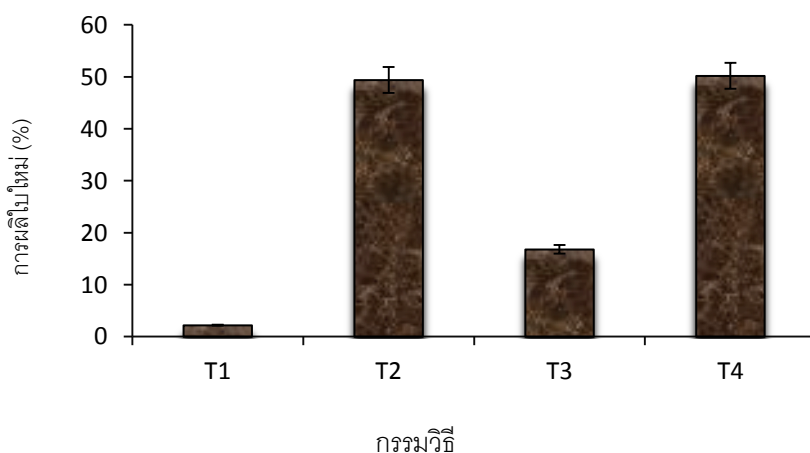
#### 4. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ

เก็บตัวอย่างใบอายุ 3 - 4 เดือน ในตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในกิ่งที่ไม่มีผลในชุดใบที่แตกใหม่ ทั้ง 4 ทิศของต้น ทำความสะอาดใบด้วยน้ำสะอาดซับให้แห้งนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ บดตัวอย่างแห้งให้ละเอียดวิเคราะห์หาธาตุอาหารไนโตรเจน (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

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### การผลิใบใหม่

การผลิใบใหม่ 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. เปอร์เซ็นต์การผลิใบใหม่ของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ

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

### การให้ผลผลิต

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) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต หรือปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนมีจำนวนของช่อดอกต่อต้นสูงกว่าส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวเนื่องจากต้น

ส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นความสมบูรณ์ จึงสามารถให้ดอกมากกว่าต้นที่ขาดไนโตรเจน

2 จำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และจำนวนผลต่อต้น จากการนับจำนวนดอกต่อช่อ จำนวนผลต่อช่อ และจำนวนผลต่อต้น พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยจำนวนดอกต่อช่อ ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยยูเรีย ให้ซิงค์ซัลเฟต และให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีจำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ยเท่ากับ 5.1, 5.2 4.8 และ 5.6 ดอก ตามลำดับ สำหรับจำนวนผลต่อช่อ ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย 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 และเปอร์เซ็นต์การติดผลของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ในแต่ละกรรมวิธี

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

## คุณภาพของผลผลิต

### 1 ลักษณะทางกายภาพของผล

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) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ย

ยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีมีแนวโน้มที่ให้น้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุไนโตรเจนและธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้มีความสมบูรณ์กว่ากรรมวิธีอื่น

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

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

ตารางที่ 2. น้ำหนักผลสด น้ำหนักเนื้อ เส้นผ่าศูนย์กลางผล และความหนาเปลือกของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ในแต่ละกรรมวิธี

| กรรมวิธี | น้ำหนักผลสด<br>(กรัม) | น้ำหนักเนื้อ<br>(กรัม) | เส้นผ่านศูนย์กลางผล<br>(เซนติเมตร) | ความหนาเปลือก<br>(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                          |

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

## 2 ลักษณะทางเคมีของผล

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 เนื่องจากต้นส้มโอที่ได้รับธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอ ใบส้มโอมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น (Sahota and Arora, 1981) ทำให้มีการสะสมแป้งและน้ำตาลเพิ่มขึ้น

2.2 ปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ จากการวัดปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ของเนื้อผลส้มโอ พบว่า ปริมาณของกรดที่ไเตรตได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณกรดที่ไเตรตได้สูงสุด เท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ที่มีปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ เท่ากับ 0.65 และ 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และมีปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ต่ำสุดเท่ากับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยซึ่งไม่มีการให้ธาตุอาหารมีแนวโน้มที่มีปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ของผลส้มโอสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากต้นส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสีทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงได้น้อยการสะสมแป้งและน้ำตาลน้อยลง (ยงยุทธ, 2543) ส้มจึงมีปริมาณกรดมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

2.3 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ (TSS/TA) จากการคำนวณ สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ของเนื้อผลส้มโอ พบว่า สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไเตรตได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไเตรตได้สูงสุด เท่ากับ 23.9 รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไเตรตได้ 20.3 ขณะที่ส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย มีสัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ต่ำสุดเท่ากับ 16.6 และ 15.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุสังกะสีมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไเตรตได้สูง เนื่องจากได้รับธาตุสังกะสีอย่างเพียงพอที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มโอสูงและมีปริมาณของกรดที่ไเตรตได้ต่ำ จึงสามารถช่วยส่งเสริมการเพิ่มคุณภาพของผล

**ตารางที่ 3.** ความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเข้มข้นของกรดที่ไคเตรทได้ และ TSS/TA ของผลส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ในแต่ละกรรมวิธี

| กรรมวิธี | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้<br>(องศาบริกซ์) | ปริมาณของกรดที่ไคเตรทได้<br>(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: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสดมภ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

### การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารไนโบ

1 ธาตุอาหารมหัพภาค จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารมหัพภาคไนโบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนไนโบส้มโอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนไนโบเท่ากับ 2.51, 2.46, 2.13 และ 2.06 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสไนโบส้มโอ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมากที่สุด เท่ากับ 0.13 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสไนโบเท่ากับ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และส้มโอที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสต่ำสุดเท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมไนโบ พบว่า ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 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) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนให้มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนไนโบสูง แต่ยังคงค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 2.5 – 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) สำหรับธาตุฟอสฟอรัสการให้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นสูงเนื่องจากการให้ธาตุไนโตรเจนทำให้มีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการสะสมของฟอสเฟตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะฟอสเฟตมีการสะสมมากในส่วนที่มีเมแทบอลิซึมหรือเมแทบอลิกพูล (metabolic pool) (ยงยุทธ, 2543) แต่ยังคงต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 0.15 – 0.20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียมจากการทดลองการให้



ปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียวและปฏิกิริยาร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบสูง เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทการทำงานในการควบคุมการปิดเปิดของปากใบและเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 1.5 – 2.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556)

**ตารางที่ 4.** ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี

| 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: ตัวอักษรแตกต่างกันในแต่ละสตรมก็มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

สำหรับความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยามีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยาร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเท่ากับ 2.14, 1.95, 1.70 และ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยามีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยาร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย มีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมเท่ากับ 0.58, 0.51, 0.46 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของธาตุกำมะถัน พบว่า ส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยาร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยามีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันเท่ากับ 0.27 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และ ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันเท่ากับ 0.22 และ 0.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากผลการทดลองความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในส้มโอที่ได้รับปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในใบสูงสุด เนื่องจากให้ธาตุไนโตรเจนมีการผลิใบใหม่เพิ่มขึ้น มีการสะสมแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) เอาไว้ในส่วนแควิวอลของใบ และธาตุแคลเซียมยังเป็นองค์ประกอบของแคลเซียมเพ็กเทตซึ่งเป็นสารเชื่อมในผนังเซลล์ (ยงยุทธ, 2544) ทำให้มีการสะสมของแคลเซียมในใบสูง แต่ยังคงต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 3.0 – 4.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556) สำหรับความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในส้มโอที่ให้ปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียวและปฏิกิริยาร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งได้รับธาตุไนโตรเจนเกิดการสังเคราะห์แสงของใบได้มีประสิทธิภาพเพิ่มจึงมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบสูง เนื่องจากใน

การสังเคราะห์กรดอะมิโนนั้นต้องการธาตุแมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 0.3 -0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (สมศักดิ์, 2556)

**ตารางที่ 5.** ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี

| กรรมวิธี | 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

2. ธาตุอาหารจุลภาค จากผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบของส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กเท่ากับ 173.8 และ 171.9 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กเท่ากับ 131.2 และ 93.5 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีเท่ากับ 10.6, 9.54, 8.92 และ 7.66 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุทองแดงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงมากที่สุด รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย มีความเข้มข้นของธาตุทองแดงเท่ากับ 2.83, 2.47, 2.29 และ 1.62 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ และความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบส้มโอพบว่า ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบของส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสเท่ากับ 12.6 และ 12.3 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และ ส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสเท่ากับ 11.9 และ 8.9 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากผลการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กในส้มโอที่ให้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวและปุ๋ยยูเรียร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งมีการผลิใบใหม่เพิ่มขึ้นมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบสูง เนื่องจากเหล็กส่วนมากมีการสะสมในคลอโรพลาสต์ของใบ (ยงยุทธ, 2544)ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 40 – 80 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) ส่วนความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในส้ม

โอที่ให้น้ำปุ๋ยร่วมกับซิงค์ซัลเฟตซึ่งได้ให้ธาตุสังกะสีทางใบร่วมกับธาตุไนโตรเจนทางระบบน้ำมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบสูง เนื่องจากธาตุสังกะสีมีการเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อย ดังนั้นใบที่ผลิใหม่ซึ่งอยู่ใกล้กับใบที่ได้รับปุ๋ยจึงมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีสะสมอยู่มาก นอกจากนี้ธาตุสังกะสียังมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และช่วยในการสังเคราะห์ออกซิน (ยงยุทธ, 2544) แต่ความเข้มข้นของสังกะสีในใบก็ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ มากกว่า 20 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) สำหรับความเข้มข้นของธาตุทองแดงจากผลการทดลองในส้มโอที่ให้น้ำปุ๋ยร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงในใบสูง เนื่องจากธาตุทองแดงมีหน้าที่เป็นพาหะเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในคลอโรพลาสต์ (ยงยุทธ, 2543) แต่ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ มากกว่า 5 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556) ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในส้มโอที่ให้น้ำปุ๋ยเพียงอย่างเดียวและให้น้ำปุ๋ยร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบสูง เนื่องจากธาตุแมงกานีสมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ คือ 5 -15 ส่วนในล้านส่วน (สมศักดิ์, 2556)

ตารางที่ 6. ความเข้มข้นของธาตุหลัก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีสในใบของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ ตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดในแต่ละกรรมวิธี

| 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 เห็นได้ว่าส้มโอที่ให้น้ำปุ๋ยเพียงอย่างเดียวและให้น้ำปุ๋ยร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีการเจริญเติบโตผลิใบขึ้นมาใหม่หลังจากให้สิ่งทดลองเนื่องจากอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน ทำให้ใบมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบสูง ดังนั้นใบจึงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้สูงกว่าส้มโอที่ไม่ให้น้ำปุ๋ยและให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวทำให้สามารถสร้างและสะสมอาหารได้มาก ส่งผลไปเพิ่มจำนวนของช่อดอกต่อต้นให้มากขึ้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการปฏิบัติดูแลส้มโอในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผลผลิต ควรเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และนำไปใช้ในการพิจารณาเรื่องการตัดแต่งกิ่งของส้มโอให้เหมาะสม คือ ควรตัดกิ่งและใบที่มีอายุมาก และไม่โดนแสงแดดเพราะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลงแล้ว สำหรับอิทธิพลของธาตุสังกะสีต่อการเจริญเติบโตทางผลผลิตในการทดลองครั้งนี้

พบว่า สามารถเพิ่มคุณภาพทางด้านเคมีของผลส้มโอ คือ เพิ่มความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้และลดปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้แนะนำเกษตรกรให้พ่นสังกะสีทางใบแก่ส้มโอหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อระยะใบเปสลาอย่างน้อยปีละ 1-2 ครั้งเพื่อป้องกันการขาดธาตุสังกะสี และเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงดินให้เหมาะสมต่อความต้องการธาตุอาหารของพืช

### สรุปผลการทดลอง

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

### เอกสารอ้างอิง

ยงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ:

ยงยุทธ โอสดสภา. (2544). ดิน ธาตุอาหารและการให้ปุ๋ยส้ม ใน เอกสารประกอบการอบรมวิชาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต (หน้า 6/1-6/57) สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วจิโน. 2531. ส้ม เล่ม 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตต์ วรรณจิต. 2544. ส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สมศักดิ์ มณีพงศ์, นันทนา ชื่นอ้อม, ศิริวัลย์ บุญสุข, พงษ์รี แสนจันทร์, ไพลิน เหล็กคง และวรางคณา สระแก้ว 2547. โครงการการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2556. การจัดการธาตุอาหารเพื่อผลิตส้มโอคุณภาพ. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท, ขอนแก่น.

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 (16<sup>th</sup> ed., pp 2). AOAC international, Virginia. Dasberg, S., H. Bielorai and J. Emer. 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 leaf nitrogen 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>.