

ไนโตรเจนและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ
ของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.)
Nitrogen and Zinc on Growth and Nutrient Concentrations in Leaf of
Pummelo cv. Kao-thongdee (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.)

บุญชนะ วงศ์ชนะ^{1/}

Boonchana Wongchana^{1/}

มนตรี อิศรไกรศีล^{2/}

Montree Issarakraisila^{2/}

สมศักดิ์ มณีพงศ์^{2/}

Somsak Maneepong^{2/}

ABSTRACT

Pummelo (*Citrus maxima*) cultivar Kao-thongdee is an important fruit crop growing in Pak Panang river basin in southern part of Thailand. Deficiencies of nitrogen and zinc were reported as a main problem of soil fertility in this pummelo growing area. Growth characteristics of air-layering seedlings of pummelo cultivar Kao-thongdee in pots containing both nitrogen and zinc deficient soils were studied at Centre for Scientific and Technological Equipments of Walailak University, Thasala district, Nakhon Si Thammarat province during May 2008 to October 2009. The experiment was set up in completely randomized design consisted of 6 replications and 4 treatments namely control, calcium nitrate, zinc sulphate and calcium combine zinc sulphate. The objectives were to investigate growth and nutrient concentrations in leaf of pummelo. The results showed that the calcium nitrate and calcium combine zinc sulphate treated plants had chlorophyll concentrations in plant leaves at 43.6 and 50.8 mol, nitrogen concentrations in plant leaves at 2.21 and 2.10 % dry weight, vegetative flushes at 31.0 and 30.5 %, leaf area at 2,754 and 2,743 cm², leaves dry weight at 194 and 193 g, branches and stems dry weight at 310 and 288 and root dry weight at 153 and 152 g, respectively significant higher than the control and zinc sulphate treatments. Zinc concentration on the plant leaves in zinc

^{1/} ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

^{1/} Trang Horticultural Research Centre, Sikao district, Trang province 92150

^{2/} สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160

^{2/} School of Agricultural Technology, Walailak University, Thasala district, Nakhon Si Thammarat province 80160

sulphate treatment at 78.2 mg/kg had significant higher than other treatments.

Key words: pummelo, *Citrus maxima*, nitrogen, zinc, growth

บทคัดย่อ

ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีเป็นไม้ผลที่สำคัญของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินคือ การขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสี จึงศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนและสังกะสี ต่อส้มโอพันธุ์ขาวทองดี ที่ปลูกโดยกิ่งตอนในทอซีเมนต์ โดยใช้ดินปลูกที่ขาดธาตุไนโตรเจนและสังกะสี ที่เรือนทดลองของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 - ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 ซ้ำกรรมวิธีควบคุมประกอบด้วย 4 กรรมวิธีคือ ไม่ใช้ธาตุอาหาร ใช้แคลเซียมไนเตรต ใช้ซิงค์ซัลเฟต และใช้แคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี พบว่าในต้นที่ให้แคลเซียมไนเตรตและให้แคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบ 43.6 และ 50.8 ไมโครโมล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบที่ 2.21 และ 2.10% ของน้ำหนักแห้ง การผลิใบใหม่ที่ 31.0 และ 30.5% ของทรงพุ่ม พื้นที่ใบที่ 2,754 และ 2,743 ตร.ซม. น้ำ

หนักแห้งของใบที่ 194 และ 193 ก. กิ่งและลำต้นที่ 310 และ 288 ก. และรากที่ 153 และ 152 ก. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นที่ไม่ให้ธาตุอาหาร และให้ซิงค์ซัลเฟต สำหรับความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบของต้นที่ให้ซิงค์ซัลเฟตเท่ากับ 78.2 มก./กก. สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำหลัก: ส้มโอ ไนโตรเจน สังกะสี การเจริญเติบโต

คำนำ

ส้มโอพันธุ์ขาวทองดีเป็นส้มโอที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในประเทศ เพราะผลผลิตเป็นที่นิยมบริโภค และมีศักยภาพในการส่งออก โดยมีแหล่งปลูกในภาคกลางต่อมาได้มีการขยายพื้นที่ปลูกไปในยังภาคเหนือและภาคใต้ (นิรนาม, 2545) การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง ใบ (vegetative growth) และการให้ผลผลิต (reproductive growth) ของส้มโอจะดำเนินการไปได้ตามปกติเมื่อได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุและปริมาณของธาตุอาหารแต่ละธาตุในพืชอยู่ในภาวะสมดุลกัน ธาตุไนโตรเจนและสังกะสีเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อพืชวงศ์ส้ม ส้มมีความต้องการธาตุไนโตรเจนค่อนข้างมากโดยเฉพาะในช่วงการผลิใบอ่อน และช่วงแรกของการเจริญเติบโตของผล (He *et al.*, 2003) เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการสังเคราะห์แสง (Warren *et*

al., 2000) ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่เพียงพอในใบของส้มเกลี้ยง (*Citrus sinensis* Osbeck) 2.5 – 2.7% ของน้ำหนักแห้ง (Davies and Albrigo, 1994) อาการขาดจะปรากฏที่ใบแก่ เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปเลี้ยงยอดอ่อนที่กำลังพัฒนาทำให้ใบแก่มีอาการเหลืองและมีอายุของใบแก่ลดลงจาก 1 - 3 ปี เหลือเพียง 6 เดือนเท่านั้น เพราะเมื่อใบสูญเสียไนโตรเจนไปมากใบก็เหลืองแล้วหลุดร่วงไป เหลือใบที่มีอายุน้อยกว่ามีอาการเหลืองชืดอยู่ตามกิ่งก้าน เมื่อใบร่วงมากขึ้นกิ่งจะแห้งตายจากปลายยอดลงมาทำให้ส้มให้ผลผลิตลดลง คุณภาพต่ำ และผลส้มจะมีขนาดเล็กลง (ยงยุทธ, 2544; Ritenour et al., 2006) ในส้มโอมีการสะสมธาตุไนโตรเจนที่ใบเป็นปริมาณมาก (อรพินท์, 2540) ซึ่งความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบของส้มโอมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคลอโรฟิลล์ในใบ (สิริมาศและคณะ, 2551) ธาตุสังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ (Salisbury and Ross, 1992) ส่งเสริมการออกดอก การติดผลและการเจริญเติบโตของผลส้ม (Sahota and Arora, 1981) แต่เป็นธาตุอาหารที่ส้มมีความต้องการในปริมาณน้อย ซึ่งความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่เพียงพอในใบของส้มเกลี้ยง 25 – 49 มก./กก. (Davies and Albrigo, 1994) อย่างไรก็ตามส้มที่ปลูกในประเทศไทยมักแสดงอาการขาดธาตุนี้ให้ปรากฏอย่างแพร่หลายที่สุด อาการขาดธาตุสังกะสีมักปรากฏในเนื้อเยื่อส่วนอ่อนของพืชเพราะธาตุสังกะสีเคลื่อนย้ายได้น้อยในพืช (Pendial,

1992) อาการปรากฏเด่นชัดเมื่อมีการเจริญเติบโตของใบใหม่ โดยใบมีขนาดเล็กลง สีใบต่างเรียงตัวกระจุกกันอยู่บนก้านสั้นๆ ทำให้ดูเหมือนใบเป็นพวง อาการใบต่างทำให้บริเวณเส้นใบข้างสาขาเป็นสีเหลืองอมขาว เมื่อมีอาการขาดธาตุสังกะสีรุนแรงรอยต่างจะเป็นดวงอย่างเด่นชัดเรียกว่า โรคใบแก้ว (สัมฤทธิ์, 2538) พืชวงศ์ส้มหลายชนิดมักพบมีอาการขาดเสมอ เช่น ส้มเขียวหวาน (*C. reticulata* Blanco) (วิจิตร, 2531) ส้มโชกุน (*C. reticulata* Blanco) (อิสริยาภรณ์, 2550) มะนาว (*C. aurantifolia* Swing.) ส้มเกลี้ยง (*C. sinensis* Osbeck) และเกรฟฟรุต (*C. paradise* Macfadyen) (Manthey et al., 2000) ตามการรายงานของสมศักดิ์ (2551) ที่สำรวจตัวอย่างดินและใบในสวนส้มโอในเขตลุ่มน้ำปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช พบว่าดินปลูกส้มโอในสวนเกษตรกร มีความเข้มข้นของสังกะสีต่ำกว่ามาตรฐานสำหรับการปลูกส้มคือความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในดินต่ำกว่า 1.5 มก./กก. และใบต่ำกว่า 20 มก./กก. แสดงว่าทั้งธาตุไนโตรเจนและสังกะสีต่างก็มีบทบาทต่อพืชวงศ์ส้มคือ เกี่ยวข้องกับโปรตีน เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนในพืช ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ดังนั้นการที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตส้มโอให้ได้ผลผลิตและคุณภาพ จึงสมควรศึกษาถึงอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนสังกะสีต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่ง ใบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการดูแลรักษาส้มโอพันธุ์ขาวทองดีให้แก่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกส้มโอพันธุ์ขาวทองดีที่ขยายพันธุ์โดยการตอนกิ่งในท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซม. และความสูง 50 ซม. ใสดินห่างจากขอบท่อนลงไป 5 ซม. โดยใช้ดินจากสวนส้มโอของเกษตรกร ต.คลองน้อย อ.ปากพอง จ.นครศรีธรรมราช เป็นวัสดุปลูกซึ่งมีค่าการวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0 - 15 ซม. ดังนี้คือ pH 7.69 อินทรีย์วัตถุ 1.59% และความเข้มข้นของธาตุสังกะสี 0.6 มก./กก. การทดลองดำเนินการในเรือนทดลองของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช ระหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551 - ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี คือ 1. ไม่ให้ธาตุอาหาร (control) 2. ให้ธาตุไนโตรเจน โดยใช้แคลเซียมไนเตรต ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) อัตรา 30 กก. N/ไร่ ทางระบบน้ำจำนวน 2 ครั้ง 3. ให้ธาตุสังกะสี โดยใช้ซิงค์ซัลเฟต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 0.1% โดยพ่นทางใบ 2 ครั้ง และ 4. กรรมวิธี 2 ร่วมกับกรรมวิธี 3 เมื่อส้มโออายุ 4 และ 5 เดือนหลังปลูก บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 3 - 4 เดือน หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ ในตำแหน่งใบที่ 3 - 4 จากปลายยอดลงมาในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ นำใบส้มโอจำนวน 1 ก. บดให้ละเอียดด้วยโกร่งและสกัดคลอโรฟิลล์ด้วยอะซีโตน 80% ปริมาตร 20 มล. ในที่มีดแล้วนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่

ความยาวช่วงคลื่น 647 และ 664 นาโนเมตร (nm) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Graan and Ort, 1984) โดยใช้สูตร

$$\text{คลอโรฟิลล์เอ (m)} = 13.19 \times (a-2.57) \text{ b}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์บี (m)} = 22.10 \times (b-5.26) \text{ a}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (m)} = 7.93 \times (a+19.53) \text{ b}$$

เมื่อ a = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร

b = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 647 นาโนเมตร

2. การเจริญเติบโตทางลำต้น

2.1 ประเมินการผลิใบใหม่ จากพื้นที่ของทรงพุ่มในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบและกิ่ง โดยรวมทั้งทรงพุ่มเป็น 100% นับจำนวนการผลิใบชุดใหม่ต่อยอดทั้งหมดรอบทรงพุ่มทุกเดือน ในแต่ละกรรมวิธี

2.2 วัดพื้นที่ใบ เมื่อส้มโออายุ 10 เดือน หลังปลูก โดยใช้วิธี Leaf weight method โดยการตัดตัวอย่างใบของส้มโอที่ทราบขนาดพื้นที่ใบแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด จากนั้นเก็บน้ำหนักสดของใบทั้งหมดบนต้น เพื่อนำสัดส่วนของน้ำหนักใบต่อพื้นที่ใบไปคำนวณหาพื้นที่ใบทั้งหมดจากน้ำหนักสดตัวอย่างใบ (Beadle, 1993)

2.3 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ เมื่อส้มโออายุ 10 เดือนหลังปลูก โดยการแยกเก็บตัวอย่างทั้งต้นคือ ส่วนของใบ ลำต้น กิ่งและรากทั้งต้นไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ

3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ

การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบของส้มโอ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 3 - 4 เดือน หลังการให้กรรมวิธีต่างๆ ในตำแหน่งใบที่ 3 - 4 จากปลายยอดลงมาในแต่ละกรรมวิธี ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °ซ. เป็นเวลา 5 วัน แล้วบดเก็บใส่ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ธาตุอาหารมหัพภาคคือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) และธาตุอาหารจุลภาคคือ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) ตามวิธีการของสมศักดิ์และคณะ (2547)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ

คลอโรฟิลล์เอ ในส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต ร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมากที่สุดที่ 28.3 ไมโครโมล (Table 1) รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดิน มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ 25.0 ไมโครโมล ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ 19.2 และ 15.2 ไมโครโมล สำหรับคลอโรฟิลล์บี ในส้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต ร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บีมากที่สุด 22.7 ไมโครโมล รองลงมาคือ ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บีที่

18.6 ไมโครโมล ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ยและส้มโอที่ให้ซิงค์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์บีที่ 9.6 และ 7.2 ไมโครโมล สอดคล้องกับการทดลองในส้มเกลี้ยงพันธุ์ Hamlin ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอและบี ในใบของต้นที่มีธาตุไนโตรเจนเพียงพอมีความเข้มข้นมากกว่าใบที่ในต้นที่ขาดธาตุไนโตรเจนอย่างมีความแตกต่างกัน (Bondada and Syvertsen, 2005) ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในส้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุด 50.8 ไมโครโมล รองลงมาคือ ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 43.6 ไมโครโมล ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ย และที่ให้ซิงค์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ 28.7 และ 22.6 ไมโครโมล (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากส้มโอที่ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตและแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของไนเตรตไอออนสูง ซึ่งธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2544; Warren *et al.*, 2000; Bondada and Syvertsen, 2003) ส่งผลให้เกิดการผลิยอดใหม่ ทำให้มีการสร้างคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ขณะที่ในกรรมวิธีที่ไม่ให้ธาตุไนโตรเจนไม่มีการผลิใบใหม่ และในใบส้มโอที่ให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่ำสุด สาเหตุอาจมาจากใบที่สุ่มเก็บมาวิเคราะห์อาจเป็นใบเก่าที่มีอายุมากกว่าใน

กรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งคลอโรฟิลล์มีการสลายตัวไปบ้างแล้ว

Table 1. Concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in leaf of pummelo

Treatment	Chlorophyll a (μmol)	Chlorophyll b (μmol)	Total chlorophyll
Control	19.2 \pm 2.9 b	9.62 \pm 1.9 b	28.72 \pm 2.7 b
Ca (NO ₃) ₂	25.02 \pm 3.5 a	18.6 \pm 2.6 a	43.6 \pm 3.6 a
ZnSO ₄	15.2 \pm 2.1 b	7.2 \pm 2.4 b	22.6 \pm 3.4 b
Ca (NO ₃) ₂ + ZnSO ₄	28.3 \pm 1.7 a	22.7 \pm 3.4 a	50.8 \pm 4.5 a
CV (%)	17.3	23.7	21.0

Means \pm standard deviation in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

2. การเจริญเติบโตทางลำต้น

2.1 การผลิใบใหม่ การผลิใบใหม่ของลำต้นโอหลังให้สารต่างๆ พบว่าลำต้นโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดินมีการผลิใบใหม่มากที่สุดเฉลี่ย 31.0% ของทรงพุ่ม รองลงมาคือลำต้นโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตโดยมีการผลิใบใหม่เฉลี่ย 30.5% ของทรงพุ่ม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับลำต้นโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และลำต้นโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยที่มีการผลิใบใหม่เฉลี่ย 11.9 และ 0.8 % ของทรงพุ่ม (Figure 1) เนื่องจากในลำต้นโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และให้แคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพียงพอให้ลำต้นสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทาง

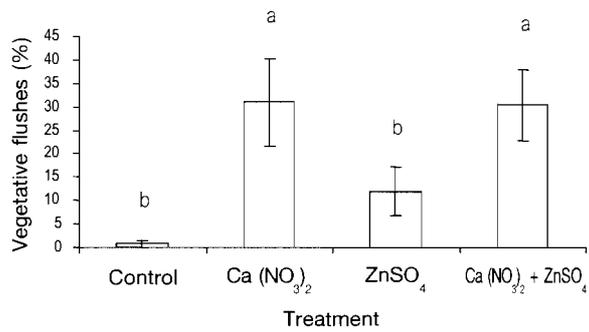


Figure 1. Vegetative flushes of pummelo, vertical bars indicate standard deviation of n = 6 determinations : control, Ca (NO₃)₂, ZnSO₄, Ca (NO₃)₂ + ZnSO₄; bar labelled with a common letter are not significantly different at 5 % level by DMRT.

ลำต้นได้ดี เพราะธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในกรดอะมิโน โปรตีน เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน (auxins) ไซโทไคนิน (cytokinins) กรดนิวคลีอิก แอลคาลอยด์ และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP) โคเอนไซม์ (co-enzyme) ซึ่งบริเวณที่พบไนโตรเจนมาก คือบริเวณที่ยังอ่อนเช่น ตา ปลายยอดและใบอ่อน เพราะธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย (ยงยุทธ, 2544; Warren *et al.*, 2000) สำหรับการให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวมีการผลิใบต่ำกว่าการให้แคลเซียมไนเตรต เพราะธาตุสังกะสีมีบทบาทในกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยให้การสังเคราะห์แสงเป็นไปอย่างปกติ และการสังเคราะห์ทรินโทเฟนของพืช (Pendials, 1992; Salisbury and Ross, 1992) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากมี

การผลิใบใหม่ไปแล้ว

2.2 พื้นที่ใบ พื้นที่ใบเป็นดัชนีหนึ่งที่สามารถบอกถึงความสามารถในการรับแสง และการสังเคราะห์แสง โดยพิจารณาจากพื้นที่ใบต่อพื้นที่ดิน (ชวณพิศ, 2544) จากการทดลองพื้นที่ใบทั้งหมดหลังให้สิ่งทดลองในแต่ละกรรมวิธีพบว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดินมีพื้นที่ใบมากที่สุด 2,754 ตร.ซม. รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีพื้นที่ใบ 2,743 ตร.ซม. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยและส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตที่มีพื้นที่ใบเท่ากับ 1,027 และ 1,006 ตร.ซม. (Figure 2) เหตุที่ส้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีพื้นที่ใบสูง เนื่องจากส้มโอที่ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพียงพอที่ส้มโอนำไปใช้ประโยชน์ในการแบ่ง

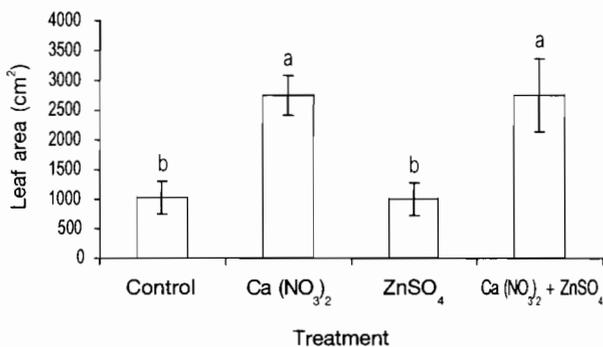


Figure 2. Leaf area of pummelo, vertical bars indicate standard deviation of n = 6 determinations : control, Ca (NO₃)₂, ZnSO₄, Ca (NO₃)₂ + ZnSO₄; bars labelled with a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

เซลล์ การเจริญเติบโตทางลำต้นของส้มโอเป็นไปอย่างปกติ (ยงยุทธ, 2543) มีการผลิยอดใหม่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พื้นที่ใบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับใบส้มโอที่ให้ซิงค์ซัลเฟตเพียงอย่างเดียวมีพื้นที่ใบต่ำสาเหตุเพราะมีการผลิใบใหม่น้อยกว่าการให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต

2.3 น้ำหนักแห้งของใบ กิ่ง ลำต้นและราก น้ำหนักแห้งของใบ กิ่ง ลำต้น และรากหลังให้สารในแต่ละกรรมวิธี พบว่าน้ำหนักแห้งของใบส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดิน มีน้ำหนักใบมากที่สุด 194 ก. รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีน้ำหนักแห้งของใบ 193 ก. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตที่มีน้ำหนักแห้งของใบ 72 และ 71 ก. สำหรับน้ำหนักแห้งของกิ่งและลำต้น พบว่าส้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีน้ำหนักแห้งของกิ่งและลำต้นมากที่สุด 310 ก. รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีน้ำหนักแห้งของกิ่งและลำต้น 288 ก. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยที่มีน้ำหนักแห้งของกิ่งและลำต้น 232 และ 231 ก. และน้ำหนักของราก พบว่าการให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด 153 ก. รองลงมาคือ ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีน้ำหนักแห้งของราก 152 ก. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับซิงค์ซัลเฟต และไม่ได้ให้ปุ๋ยที่มีน้ำหนักแห้งของราก 104 และ 98 ก. (Table 2) การที่ปุ๋ย

แคลเซียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรตร่วมกับ ซิงค์ซัลเฟตมีน้ำหนักแห้งของใบ กิ่ง ลำต้น และ รากสูงเพราะว่ามีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสูงพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทาง ลำต้นได้ดี ส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักแห้งในส่วน ต่างๆ ของพืช (Evans and Caemmerer,1996; Katul et al., 2000)

Table 2. Dry weights of leaf, branch, stem and root of pummelo

Treatment	Leaf (g)	Branch and stem (g)	Root (g)
Control	72±10 b	231±48 b	9811 b
Ca (NO ₃) ₂	1942±13 a	310±60 a	15319 a
ZnSO ₄	712±9 b	231±37 b	10416 b
Ca (NO ₃) ₂ + ZnSO ₄	1932±23 a	288±62 a	15222 a
CV (%)	21.0	26.9	19.7

Means ± standard deviation in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ

ตัวอย่างใบพืชใช้เป็นตัวแทนของต้นพืชทั้งหมดสำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช เนื่องจากความเข้มข้นของอาหารในใบจะสัมพันธ์กับระดับของธาตุอาหารในพืช (นันทรัตน์, 2544; ศรีสม, 2544) ซึ่งในการทดลองนี้ใบของส้มโอที่นำมาวิเคราะห์เก็บตัวอย่างใบในตำแหน่งที่ 3 - 4 จากปลายยอดลงมาในแต่ละสิ่งทดลอง แต่อายุใบมีความแตกต่างกัน

เนื่องจากส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ย และส้มโอที่ได้รับ ซิงค์ซัลเฟต ไม่มีการผลิใบใหม่จึงจำเป็นต้องเก็บใบแก่จากยอดเก่าบนต้น ส่วนส้มโอที่ได้รับปุ๋ย แคลเซียมไนเตรตทางดินและส้มโอที่ได้รับปุ๋ย แคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต เก็บใบจาก ยอดที่ผลิขึ้นมาใหม่อายุ 3 เดือน ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

3.1 ธาตุอาหารมหัพภาค ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารมหัพภาคในใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี พบว่าส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดินมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมากที่สุดที่ 2.21 % น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่ 2.10% น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 1.58 และ 1.54 % น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบ ส้มโอ พบว่าส้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมากที่สุด 0.18 % น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ไม่ให้ปุ๋ยและปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส 0.17, 0.16 และ 0.16 % น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด 2.90% น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม

2.83% น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ที่มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่ 2.22 และ 2.09% น้ำหนักแห้ง (Table 3) ตามที่ผลการทดลองล้มโอที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบสูง เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบที่แตกใหม่หลังจากให้สิ่งทดลอง ซึ่งธาตุไนโตรเจนที่ให้ล้มโอสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งบริเวณที่พบไนโตรเจนมากคือ ยอดและใบใหม่ (ยงยุทธ, 2544) แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบของล้มโอทุกกรรมวิธียังต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในใบล้มโอในประเทศไทยคือ 2.40-2.60 (นันทรัตน์, 2545) จึงควรเพิ่มการให้ไนโตรเจนแก่ล้มโอให้มีความเพียงพอ สำหรับความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นมากที่สุด เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบที่ผลิใหม่หลังจากให้สิ่งทดลอง ซึ่งธาตุฟอสฟอรัสสามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ และเป็นองค์ประกอบในกรดนิวคลีอิก ฟอสโฟไลปิดและอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงสะสมบริเวณที่มีกิจกรรมเมแทบอลิซึมสูง (ยงยุทธ, 2544) คือใบที่ผลิใหม่ แต่ในกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนร่วมกับสังกะสีมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสต่ำกว่า เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonism) (ยงยุทธ, 2544;

Table 3. Concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium in leaf of pummelo

Treatment	Nitrogen	Phosphorus	Potassium
	(% dry weight)		
Control	1.54±0.09 b	0.16±0.01 a	2.90±0.05 a
Ca (NO ₃) ₂	2.21±0.05 a	0.18±0.01 a	2.22±0.07 b
ZnSO ₄	1.58±0.03 b	0.17±0.0 a	2.83±0.11 a
Ca (NO ₃) ₂ +ZnSO ₄	2.10±0.01 a	0.16±0.01 a	2.09±0.15 b
CV (%)	6.3	5.7	4.6

Means ± standard deviation in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

Barrow, 1987) ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสลดลง และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมจากผลการทดลองในกรรมวิธีที่ไม่ให้ปุ๋ย และให้ซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบสูง เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบเก่าในต้นไม่ได้มีการผลิใบใหม่เกิดขึ้นธาตุโพแทสเซียม จึงไม่มีการเคลื่อนย้ายไปบริเวณอื่น ส่งผลให้มีการสะสมอยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm) และแวคิวโอล (vacuole) มาก เพราะหน้าที่หลักของธาตุโพแทสเซียม คือสร้างภาวะสมดุลกับไอออนลบ ปรับระดับของ pH ภายในเซลล์ให้เหมาะสม และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (ยงยุทธ, 2544) แต่จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในใบล้มโอในประเทศไทย (นันทรัตน์, 2545)

ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี พบว่าความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมากที่สุด 3.78 % น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม 3.54 % น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดินที่มีความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเท่ากับ 3.17 และ 3.04% น้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบ พบว่าส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมมากที่สุดที่ 0.44 % น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมที่ 0.41% น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟตที่มีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม 0.33 และ 0.33% น้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นของธาตุกำมะถันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต มีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันมากที่สุดที่ 0.56 % น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ไม่ได้ให้ปุ๋ยและให้ซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันที่ 0.40 0.37 และ 0.37% น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 4) จากผลการทดลองความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม ในส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของ

ธาตุแคลเซียมในใบสูง เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบเก่าในต้น จึงมีธาตุแคลเซียมสะสมอยู่มาก เพราะธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของแคลเซียมเพ็กเตต (calcium pectate) ซึ่งเป็นสารเชื่อมในผนังเซลล์ เมื่อใบมีอายุมากขึ้นความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมจะสูงขึ้น (ยงยุทธ, 2544) สำหรับความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต และไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในใบสูง เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบเก่าในต้น จึงมีธาตุแมกนีเซียมสะสมอยู่มาก เพราะธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ และควบคุมความเป็นกรดต่างในเซลล์ (ยงยุทธ, 2544) ซึ่งความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม มีค่าเพียงพอตามความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในใบส้มในประเทศไทย (นันทรัตน์, 2545) และความเข้มข้นของธาตุกำมะถันจากผลการทดลองในกรรมวิธีที่ 2 มีความเข้มข้นของธาตุกำมะถันในใบสูงสุด เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์เป็นใบที่ผลิใหม่หลังจากใส่สาร ซึ่งธาตุกำมะถันสามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังใบใหม่ได้เร็ว หากได้รับธาตุไนโตรเจน (Robson and Pitman, 1983) การเคลื่อนย้ายของธาตุกำมะถันในพืชนั้นได้รับอิทธิพลจากธาตุไนโตรเจนเพราะว่าธาตุกำมะถัน มีบทบาทด้านเมตาบอลิซึมในพืชร่วมกับไนโตรเจน เช่น การสังเคราะห์โปรตีนและการสะสมสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (ยงยุทธ, 2544)

Table 4. Concentrations of calcium, magnesium and sulphur in leaf of pummelo treatment

Treatment	Dry weight (%)		
	Calcium	Magnesium	Sulphur
Control	3.54±0.18 a	0.41±0.04 ab	0.37±0.04 b
Ca (NO ₃) ₂	3.04±0.22 b	0.33±0.07 b	0.56±0.07 a
ZnSO ₄	3.78±0.14 a	0.44±0.07 a	0.37±0.07 b
Ca (NO ₃) ₂ + ZnSO ₄	3.17±0.09 b	0.33±0.03 b	0.40±0.03 a
CV (%)	4.8	11.1	13.8

Means ± standard deviation in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

3.2 ธาตุอาหารจุลภาค ตามผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคในใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี พบว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยส้มโอที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุเหล็กมากที่สุด 70.3 มก./กก. รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับซิงค์ซัลเฟต ส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตทางดิน และส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กที่ 59.3, 35.6 และ 31.2 มก./กก. ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส้มโอที่ให้ซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีมากที่สุดเท่ากับ 78.2 มก./กก. รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ไม่ให้ปุ๋ย และได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่ 8.8, 7.9 และ 7.7 มก./กก. ตาม

ลำดับ ความเข้มข้นของธาตุทองแดงในส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงมากที่สุดเท่ากับ 5.1 มก./กก. รองลงมาคือซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุทองแดงเท่ากับ 4.9 มก./กก. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต และที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตที่มีความเข้มข้นของธาตุทองแดงที่ 2.7 และ 2.7 มก./กก. และความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบส้มโอพบว่าส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสมากที่สุด 6.7 มก./กก. รองลงมาคือส้มโอที่ได้รับปุ๋ยแคลเซียมไนเตรตร่วมกับซิงค์ซัลเฟต ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรต และซิงค์ซัลเฟตมีความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสที่ 6.6 6.4 และ 6.2 มก./กก. ตามลำดับ โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) จากผลการทดลองความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทองแดงและแมงกานีสในส้มโอที่ไม่ให้ปุ๋ยมีความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ทองแดงและแมงกานีสในใบสูง กว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากใบส้มโอที่นำมาวิเคราะห์หาธาตุอาหารเป็นใบเก่าในต้นจึงมีธาตุเหล็ก ทองแดง และแมงกานีสสะสมอยู่มาก เพราะธาตุเหล็ก ทองแดงและแมงกานีสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในพืชได้น้อย (ยงยุทธ, 2544) สำหรับความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในส้มโอที่ให้ซิงค์ซัลเฟตทางใบมีความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบสูงมาก เนื่องจากใบที่นำมาวิเคราะห์หาธาตุอาหารเป็นใบเก่าและธาตุสังกะสีมีการเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อย (ยงยุทธ, 2544) จึงมีธาตุสังกะสีสะสมอยู่มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

Table 5. Concentrations of iron, zinc, copper and manganese leaf of pummelo in mg/kg

Treatment	Iron	Zinc	Copper	Manganese
Control	70.3±1.7 a	7.9±0.6 b	5.1±0.5 a	6.7±0.1
Ca (NO ₃) ₂	35.6±2.1 c	7.7±0.5 b	2.7±0.2 b	6.4±0.3
ZnSO ₄	59.3±2.1 b	78.2±2.6 a	4.9±0.5 a	6.2±0.4
Ca (NO ₃) ₂ + ZnSO ₄	31.2±1.7 c	8.8±0.5 b	2.7±0.3 b	6.6±0.3
CV (%)	9.2	7.2	10.2	4.4

Means ± standard deviation in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT.

สรุปผลการทดลอง

การให้ธาตุไนโตรเจนช่วยส่งเสริมการเจริญการเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งและใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดี โดยเพิ่มจำนวนการผลิใบใหม่ พื้นที่ใบ น้ำหนักของใบ กิ่ง ลำต้นและราก เพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ภายในใบ และ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบ ส่วนการให้ธาตุสังกะสีโดยใช้ซิงค์ซัลเฟตช่วยเพิ่มความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในใบของส้มโอได้ ดังนั้นในสภาพดินของลุ่มน้ำปากพนัง วิเคราะห์ดินแล้วขาดไนโตรเจนและสังกะสี ควรเพิ่มธาตุไนโตรเจนทางดินให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของส้มโอ และให้ธาตุสังกะสีทางใบความเข้มข้น 0.1% ในระยะใบเพสลาดปีละ 1 ครั้ง เพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น กิ่งและใบของส้มโอพันธุ์ขาวทองดีเป็นไปอย่างปกติ

เอกสารอ้างอิง

- ชวนพิศ แแดงสวัสดิ์. 2544. *สรีรวิทยาของพืช*. ธนรัชการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 380 หน้า.
- นรินาม. 2545. *เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับส้มโอ*. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- นันทรัตน์ ศุภกานิต. 2544. โครงการวิจัยธาตุอาหารลีนจี้. หน้า 62-66. ใน: *การสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- นันทรัตน์ ศุภกานิต. 2545. โครงการวิจัยธาตุอาหารส้ม. ว. *เมืองไม้ผล*. 13: 33-42.
- ยงยุทธ โอสภสภ. 2543. *ธาตุอาหารพืช*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- ยงยุทธ โอสภสภ. 2544. ดิน ธาตุอาหารและการให้ปุ๋ยส้ม. หน้า 6/1-6/57. ใน: *เอกสารประกอบการอบรมวิทยาการส้ม:ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต*. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วิจิตร วังใน. 2531. *ส้ม เล่ม 1*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 287 หน้า.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. *การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 141 หน้า.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2551. การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำคำแนะนำมาตรฐานสำหรับการ

- วิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. หน้า 36. ใน: *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7*. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- สมศักดิ์ มณีพงศ์ นันทนา ชื่นอ้อม ศิริวัลย์ บุญสุข พัชรี แสนจันทร์ โฟลิน เหล็กคง วรวงคณา สระแก้ว. 2547. *โครงการการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ. 247 หน้า.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. *แร่ธาตุอาหารพืชสวน*. ศิริภรณ์ ออฟเซ็ท ขอนแก่น. 604 หน้า.
- สิริมาศ วงศ์สุบรรณ ลพ ภวภูตานนท์ กฤษณา กฤษณพุกต์ และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2551. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบในรอบปีและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบส้มโอพันธุ์ทองดี. หน้า 50. ใน: *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7*. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2550. ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพผลผลิตส้มโชกุน. *ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา* 2: 56-71.
- อรพินท์ สุริยพันธุ์. 2540. ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบส้มโอ. *ว. ดินและปุ๋ย*. 19: 144-151.
- Barrow, N.J. 1987. The effect of phosphate on zinc sorption by a soil. *J. Soil Sci.* 38: 453-459.
- Beadle C.L. 1993. Growth analysis Page 36-46. In: *Photosynthesis and Production in a Changing Environment: a Field and Laboratory Manual*. Hall H.R., D.O., Scurelock J.M.O., Bolhr-Nordenkampf Leegood R.C., and S.P. Long (eds.) London: Chapman & Hall.
- Bondada, B.R. and J.P. Syvertsen. 2003. Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus leaves of different nitrogen status. *Tree Physiol.* 23: 553-559
- Bondada, B.R. and J.P. Syvertsen. 2005. Concurrent changes in net CO₂ assimilation and chloroplast ultrastructure in nitrogen deficient citrus leaves. *Environment and Experimental Bot.* 54: 41-48.
- Davies, F. and L.G. Albrigo. 1994. *Citrus*. Wallingford: CAB International. 41 p.
- Evans, J.R. and S.V. Caemmerer. 1996. Carbon dioxide diffusion inside leaves. *Plant Physiol.* 110: 339-346.
- 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 Sci.*

- Soc. of Amer.* 67: 583-588.
- Graan, T. and D.R. Ort. 1984. Quantitation of the rapid electron donors to P. 700, the functional plastoquinone pool and the ratio of the photosynthesis in spinach chloroplasts. *J. of Biol. Chem.* 259: 14003-14010.
- Katul, G.G., D.S. Ellsworth and C.T. Lai. 2000. Modelling assimilation and intercellular CO₂ from measured conductance: a synthesis of approaches. *Plant Cell Environ.* 23: 1313-1328.
- 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 Physiol.* and *Biochem.* 38: 333-343.
- Pendias, A.K. 1992. *Trace Element in Soil and Plant.* Boca Raton, CRC Press. 365 p.
- Ritenour, M.A., W.F. Wardowski and D.P. Tucker. 2006. *Effects of Water and Nutrients on the Postharvest Quality and Shelf Life of Citrus.* Retrieved 15 October 2009 from, <http://edis.ifas.edu/CH158>, 15/10/2009.
- Robson, A.D. and M.G. Pitman. 1983. Interaction between nutrients in higher plants. Pages 147- 180. In : "Encyclopedia of Plant Physiology New Series," Lauchli A. and R.L. Bieleski (eds) Vol. 15 A, Berlin: Springer-Verlag.
- Sahota, G.S. and J.S. Arora. 1981. Effect of N and Zn on 'Hamlin' sweet orange (*Citrus sinensis* Osbeck) *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 50: 281-286.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology.* 4th edition. Wadsworth Publishing, Belmont. 682 p.
- Warren, C.R., M.A. Adam and Z. Chen. 2000. Is photosynthesis related to concentrations of nitrogen and rubisco in leaves of Australian native plant?. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 407-416.