

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่ในภาคใต้ตอนล่าง
กิจกรรมที่ 2 : ศึกษาการผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่เหมาะสมในภาคใต้ตอนล่าง
กิจกรรมย่อยที่ 2.2 : การจัดการเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่
3. **ชื่อการทดลอง** : การทดลองที่ 2.2.1 การเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ในพื้นที่จังหวัดสงขลา
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
การทดลองที่ 1 : นางชญานุช ตริพันธ์^{1/} นายบุญชนะ วงศ์ชนะ^{1/} นางศุภลักษณ์ อริยภูชัย^{1/}
นางสุมาลี ศรีแก้ว^{1/}

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ (*Citrus maxima* (Burm.) Merrill) cv. Hom Hat yai ในสวนเกษตรกร อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ช่วงเดือนตุลาคม 2554 ถึง เดือนพฤษภาคม 2555 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลส้มโอตั้งแต่ดอกบานจนอายุผล 8 เดือนหลังดอกบาน พบว่า การเจริญของผลส้มโอเป็นแบบ simple sigmoid curve ในช่วงแรกตั้งแต่ดอกบานถึง 1 เดือนหลังดอกบาน ผลมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ เป็นการพัฒนาส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อ ช่วงที่สองตั้งแต่ 1-6 เดือนหลังดอกบาน ผลมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นการพัฒนาของทุกส่วนทั้งเปลือก เนื้อ และคุณภาพของผล และช่วงที่สามตั้งแต่ 6-8 เดือนหลังดอกบาน การเจริญเติบโตของผลช้าลง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวส้มโอหอมขนาดใหญ่เริ่มตั้งแต่อายุ 6.5 เดือนหลังดอกบาน มีปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) สูงสุดเฉลี่ย 9.25 องศาบริกซ์ ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (TA) เฉลี่ย 0.42 % มีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA) เฉลี่ย 21.29 ความเข้มข้นธาตุอาหารต่อน้ำหนักแห้งในเปลือกและเนื้อลดลงเมื่ออายุการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก โพแทสเซียม (K) มากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน (N) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารมีในเนื้อมากกว่าในเปลือก ยกเว้นธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีความเข้มข้นในเปลือกมากกว่าในเนื้อ

1/ ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92105

6. คำนำ

ส้มโอหอมขนาดใหญ่ (*Citrus maxima* Burm. Merrill. cv. Hom Hat Yai) เป็นพันธุ์ส้มโอที่มีลักษณะดีเด่น คือ ผลใหญ่ เปลือกหนา ผิวผลสีเขียวอมเหลือง แกนผลกลวง เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดงและค่อนข้างแห้ง รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม และไม่มีเมล็ด นิยมปลูกกันมาเป็นเวลากว่า 100 ปี ในพื้นที่จังหวัดสงขลา (วิจิตร และคณะ, 2529) ส้มโอเป็นผลไม้ประเภท non – climacteric จึงไม่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว จึงควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่เหมาะสม โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและทางเคมีของผล ส้มโอเกิดขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของผลในระยะต่าง ๆ ซึ่งในการพัฒนาของผลจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของธาตุอาหารในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของผล ซึ่งการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชเป็นสิ่งบ่งบอกถึงสถานภาพที่เป็นจริงของปริมาณธาตุอาหารในพืชว่ามีอยู่ในระดับที่เพียงพอ ขาดแคลน หรือมีมากเกินไป สำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ได้มีการทดลองมาแล้วกับพืชชนิดนั้นๆ (ยงยุทธ, 2544) ซึ่งการวิเคราะห์ธาตุอาหารสามารถทำได้ในใบและผลผลิตของส้ม

การศึกษาการเจริญเติบโตของผลและการวิเคราะห์ตัวอย่างผลผลิตเหมาะสำหรับการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับคุณภาพของผลผลิต (Storey and Treeby, 2000; Knee, 2002; Van rooyen and Bower, 2005) และปริมาณของธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต (crop removal) หลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้ง (นันทรัตน์, 2545) ซึ่งสามารถใช้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ในการกำหนดสูตรปุ๋ยสำหรับไม้ผล ดังนั้นจึงควรศึกษาการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในผลส้มโอหอมขนาดใหญ่เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการดูแลรักษา ตลอดถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่ได้คุณภาพ

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ต้นส้มจุกที่ให้ผลผลิตแล้วอายุ 9 ปี
2. ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
3. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล เช่น บ้ายประจำต้น ไหมพรม เทปวัด ตาชั่ง เครื่องแก้ว โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
4. เครื่องมือในการบันทึกข้อมูล เช่น เครื่องมือวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) เครื่องวัดกรดต่าง (pH meter) ตู้อบความร้อน (Hot air oven)

วิธีการ

คัดเลือกต้นส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่ให้ผลผลิตแล้วในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 ต้น เมื่อส้มโอหอมขนาดใหญ่ออกดอก (ส้มออกดอกพร้อมกัน) และดอกบานผูกไหมพรมที่ขั้วของช่อดอก บันทึกวัน เดือน ปี หลังจากนั้นเก็บผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ที่อายุต่าง ๆ หลังดอกบานทุก 30 วัน เก็บจำนวน

1 ผลต่อต้น รวม 10 ผลต่อครั้ง (ซ้ำ) ระยะเวลา 8 เดือน มาศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผลในลักษณะต่างๆ ดังนี้

การบันทึกข้อมูล

1. ลักษณะทางกายภาพของผล ศึกษาและบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผลในลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ น้ำหนักผลสด เส้นผ่าศูนย์กลางของผล น้ำหนักเนื้อ และความหนาของเปลือก

2. ลักษณะทางเคมีของผล ฝัสดตัวอย่างผลส้มจุกนำเนื้อมาคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำที่คั้นได้วัดหาการเปลี่ยนแปลงของผลในลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) โดยใช้ hand refractometer อ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (^oBrix)

2.2 ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ โดยปิเปตน้ำคั้น 10 มิลลิลิตร จากน้ำส้มจุกใส่ในบีกเกอร์ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งพีเอชของสารละลายเป็น 8.2 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้มาคำนวณหาปริมาณของกรดในรูปเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก (Boland, 1995) ดังนี้

$$\text{กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)} = \{(a \times b) 0.064 \times 100\}/m$$

เมื่อ a = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

b = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

m = ปริมาตรของน้ำคั้นที่นำมาวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

2.3 สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA)

3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารของผล ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผลในส่วนของเปลือกและเนื้อเมื่ออายุต่างๆหลังดอกบาน โดยเก็บผลส้มจุกที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ทุกๆ 1 เดือน มาเตรียมตัวอย่างโดยล้างทำความสะอาดผลด้วยน้ำสะอาดแยกเปลือกและเนื้อของผลส้มจุกแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่แล้ววัดด้วยเครื่องบด เก็บใส่ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) ตามวิธีการของสมศักดิ์ และคณะ (2547) ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2554 - กันยายน 2556

สถานที่ แปลงเกษตรกร อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

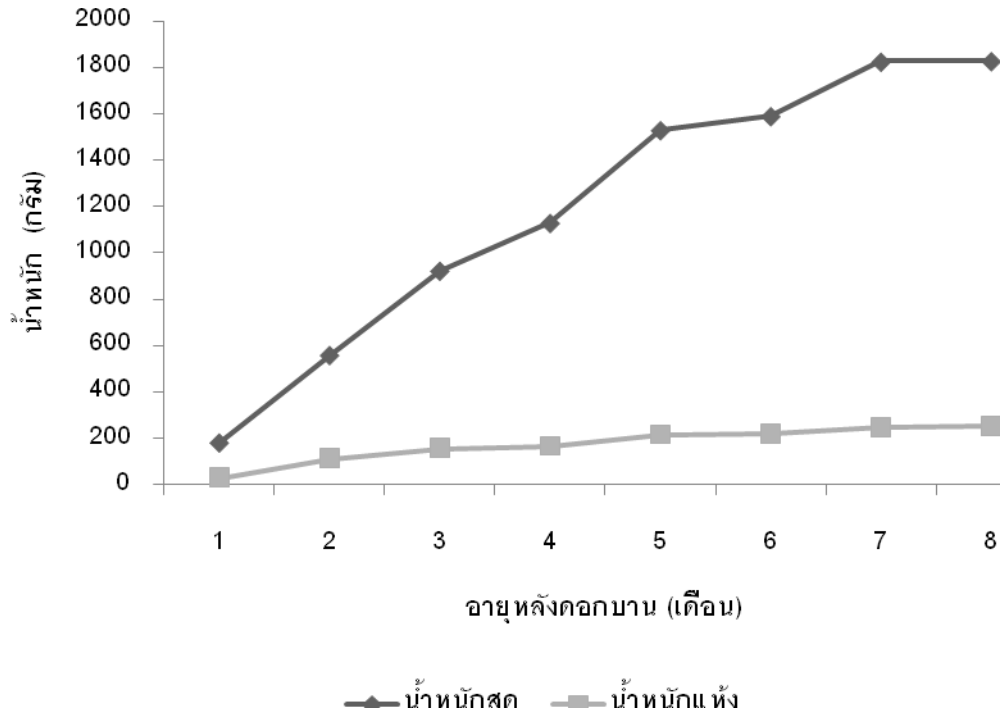
ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง อ.สิเกา จ.ตรัง

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

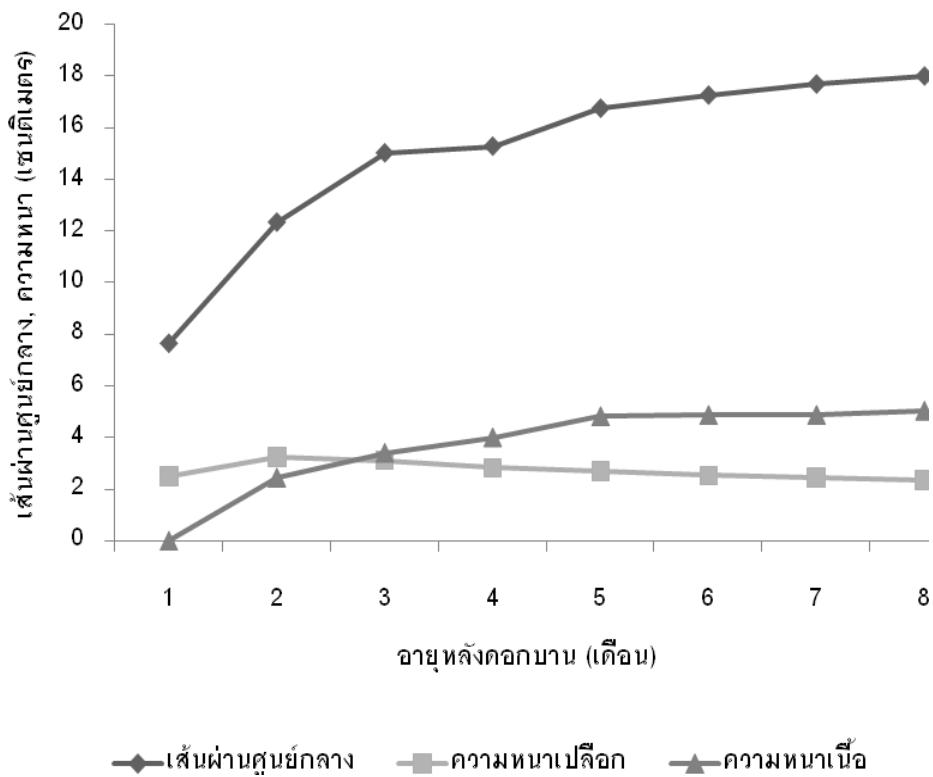
1. ลักษณะทางกายภาพของผล

การเจริญเติบโตของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่มีการเจริญเติบโตเป็นแบบ Simple sigmoid curve โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพต่าง ๆ ดังนี้คือ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสดของผล พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรกตั้งแต่หลังดอกบานถึงผลอายุ 1 เดือนหลังดอกบาน โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ย 182.5 กรัม ในระยะที่ 2 ช่วงผลอายุ 1 – 6 เดือนหลังดอกบาน มีการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 182.5 กรัม เป็น 1,590.36 กรัม และในระยะที่ 3 เมื่อผลอายุ 6 เดือนขึ้นไป น้ำหนักผลมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย โดยมีน้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,827.81 กรัม ที่ผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน น้ำหนักแห้งของผล พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสดของผลคือ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรกตั้งแต่หลังดอกบานถึงผลอายุ 1 เดือนหลังดอกบาน โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 29.4 กรัม ในระยะที่ 2 ช่วงผลอายุ 1 – 6 เดือนหลังดอกบาน มีการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 29.4 กรัม เป็น 220.15 กรัม และในระยะที่ 3 เมื่อผลอายุ 6 เดือนขึ้นไป น้ำหนักแห้งมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 253.25 กรัม ที่ผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน (ภาพที่ 1) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่านศูนย์กลางผล ความหนาของเปลือกและของเนื้อ พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางผลเพิ่มขึ้นตามอายุของผล โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางผลเฉลี่ยสูงสุด 18.03 เซนติเมตร เมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน ความหนาของเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังติดผลจนถึงอายุ 3 เดือนหลังดอกบาน หลังจากนั้นความหนาเปลือกจะลดลงตลอดโดยมีความหนาเปลือกเฉลี่ย 2.34 เซนติเมตร เมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน สำหรับความหนาเนื้อมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรกตั้งแต่ดอกบานจนถึงอายุ 1 เดือนหลังดอกบาน หลังจากนั้นความหนาเนื้อจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยจะมีความหนามากกว่าความหนาเปลือกเมื่อผลมีอายุ 3 เดือนหลังดอกบานเป็นต้นไป ความหนาเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 5.03 เซนติเมตร เมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน (ภาพที่ 2)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่มีการเจริญเติบโตในระยะที่หนึ่งคือตั้งแต่หลังดอกบานถึงอายุ 1 เดือนหลังดอกบาน ช้าเนื่องจากในระยะนี้มีการพัฒนาทางด้านการแบ่งเซลล์ (cell division) ระยะนี้ส่วนใหญ่เป็นการเจริญของเปลือก ระยะที่สองเมื่ออายุ 1 - 6 เดือนหลังดอกบาน เป็นระยะที่ผลส้มมีอัตราการเจริญสูงสุด เป็นการเจริญเติบโตทางด้านขยายขนาดของเซลล์ (cell extension) ทำให้ขนาดและน้ำหนักของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และในระยะที่สามการเจริญเติบโตของผลค่อนข้างคงที่ คล้ายคลึงกับ ในส้มเขียวหวานและส้มตรา (มนตรี, 2527) ส้มพันธุ์ Valencia (Bsin, 1958) ส้มเกลี้ยงพันธุ์ Navel (Storey and Treeby, 2000)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังดอกบาน

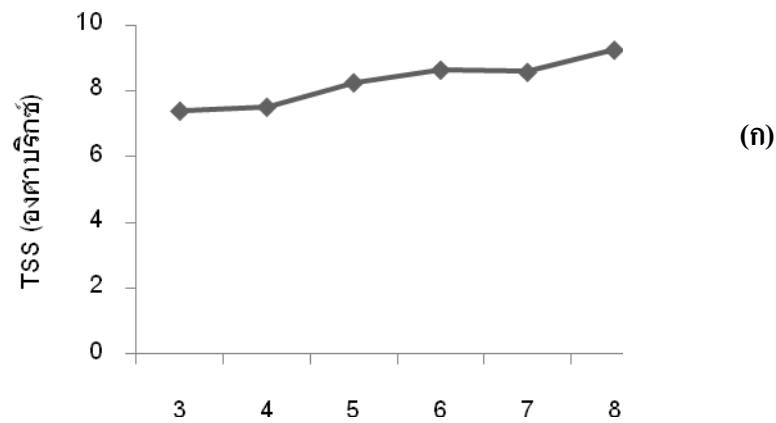


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาเปลือก และความหนาเนื้อของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังดอกบาน

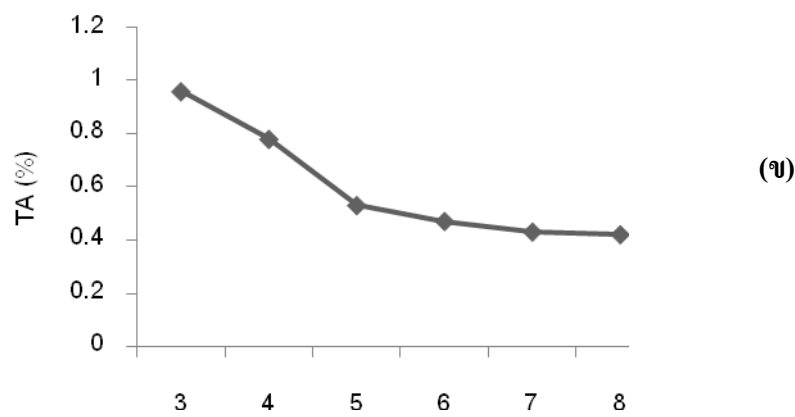
2 ลักษณะทางเคมีของผล

จากการศึกษามีการเปลี่ยนแปลงดังนี้คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุของผลที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ผลอายุ 3-8 เดือนหลังดอกบาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 7.38 – 9.25 องศาบริกซ์ (ภาพที่ 3 ก) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity, TA) พบว่า ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ลดลงอย่างต่อเนื่องตามอายุของผลที่เพิ่มขึ้น ช่วงผลอายุ 3-6 เดือนหลังดอกบานปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้เฉลี่ย 0.96 – 0.47 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อช่วงผลอายุ 6 – 8 เดือนหลังดอกบาน ปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ต่ำสุดเมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบาน เท่ากับ 0.42 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3 ข) เมื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ (TSS/TA) พบว่า อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุของผลที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ผลอายุ 3-8 เดือนหลังดอกบาน และปรับสูงขึ้นตามปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ที่ลดลงตลอดการเจริญเติบโต โดยมีอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ เฉลี่ย 7.8 – 21.91 จึงทำให้ส้มโอหอมหาดใหญ่มีลดเปรี้ยวสดและพร้อมรับประทานเพิ่มขึ้นตามอายุของผล (ภาพที่ 3 ค)

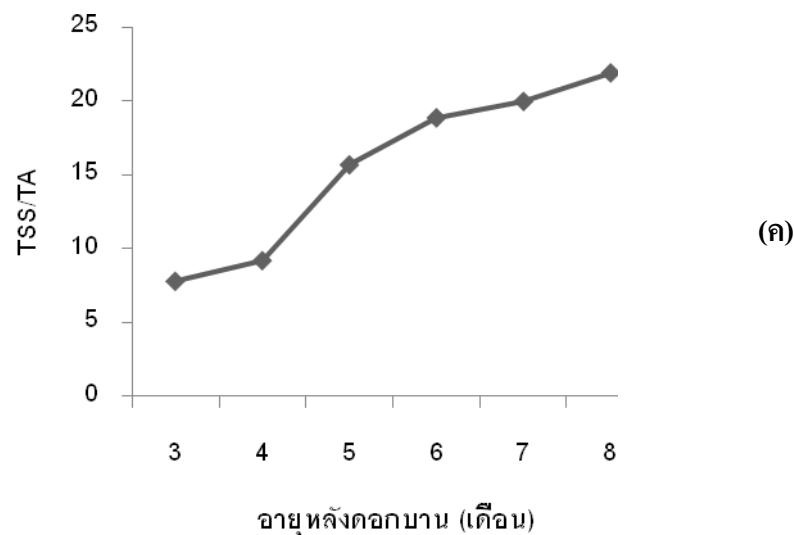
การเปลี่ยนแปลงในด้านเคมีมีความสำคัญต่อลักษณะทางคุณภาพของผลส้มโอหอมหาดใหญ่ในด้านรสชาติ และสามารถใช้บ่งบอกถึงระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพราะส้มโอเป็นผลไม้ประเภท non climacteric (จริงแท้, 2542) จึงไม่มีกระบวนการสุกเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวส้มที่มีอายุอ่อนก่อนกำหนดจะมีรสเปรี้ยว ขณะเดียวกันถ้าทิ้งผลส้มไว้กับต้นนานเกินอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคุณภาพของส้มจะลดลง ซึ่งอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณของกรดที่ไตเตรทได้ของส้มควรมีค่า 10 - 16 (Samson, 1980) จากการทดลองในครั้งนี้ระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลส้มโอหอมหาดใหญ่เริ่มตั้งแต่ 6.5 - 7 เดือนหลังดอกบาน



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ก) ความเข้มข้นของกรดที่ไต่เตรทได้ (ข) อัตราส่วนของความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อความเข้มข้นของกรดที่ไต่เตรทได้ (ค) ของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังดอกบาน

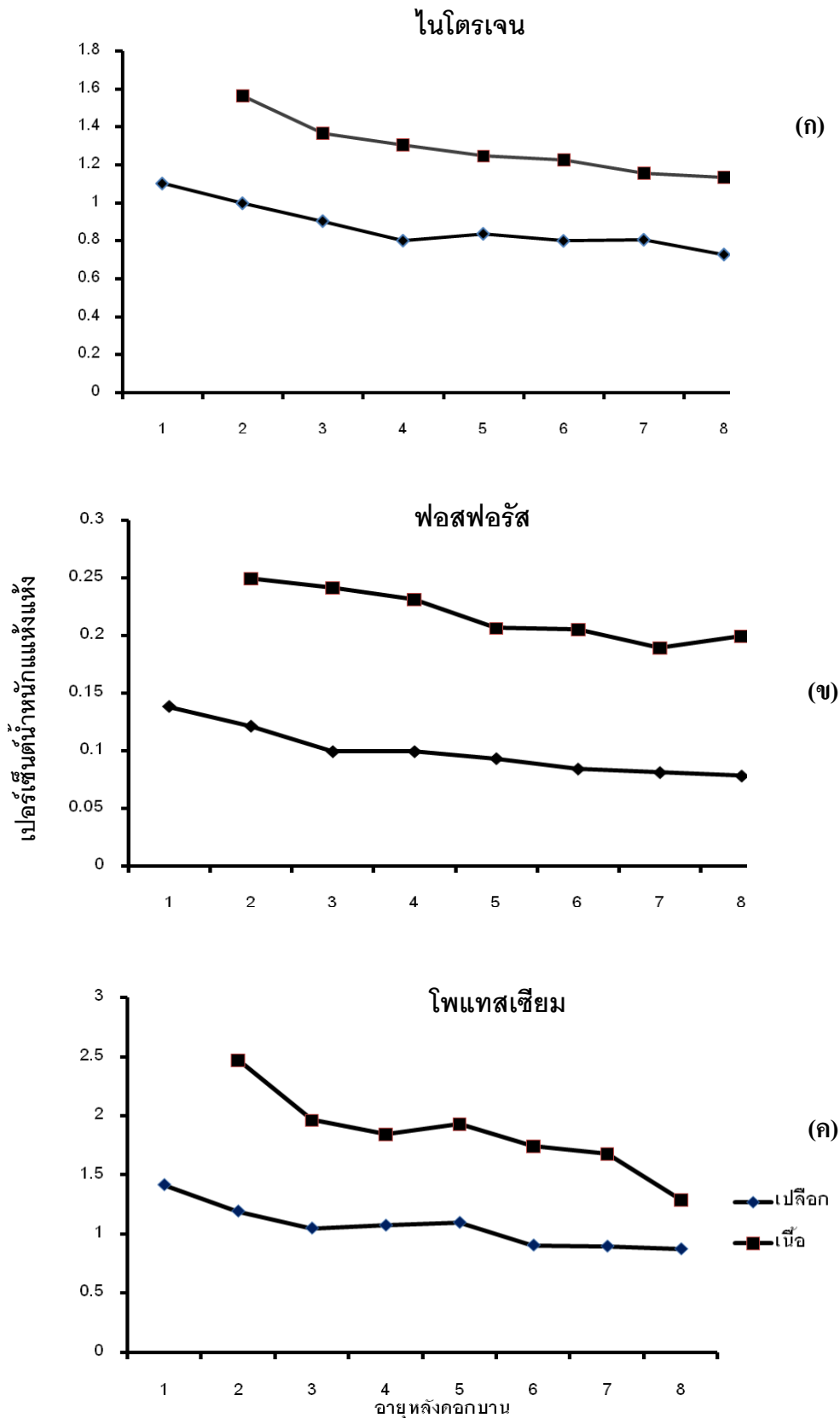
3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารของผล

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเปลือกและเนื้อมีความแตกต่างกันตามอายุของผลส้มโอที่ต่างกัน โดยมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม (K) มากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน (N) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกำมะถันในเนื้อมีมากกว่าในเปลือก และความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเปลือกมากกว่าในเนื้อตลอดการเจริญเติบโตของผล

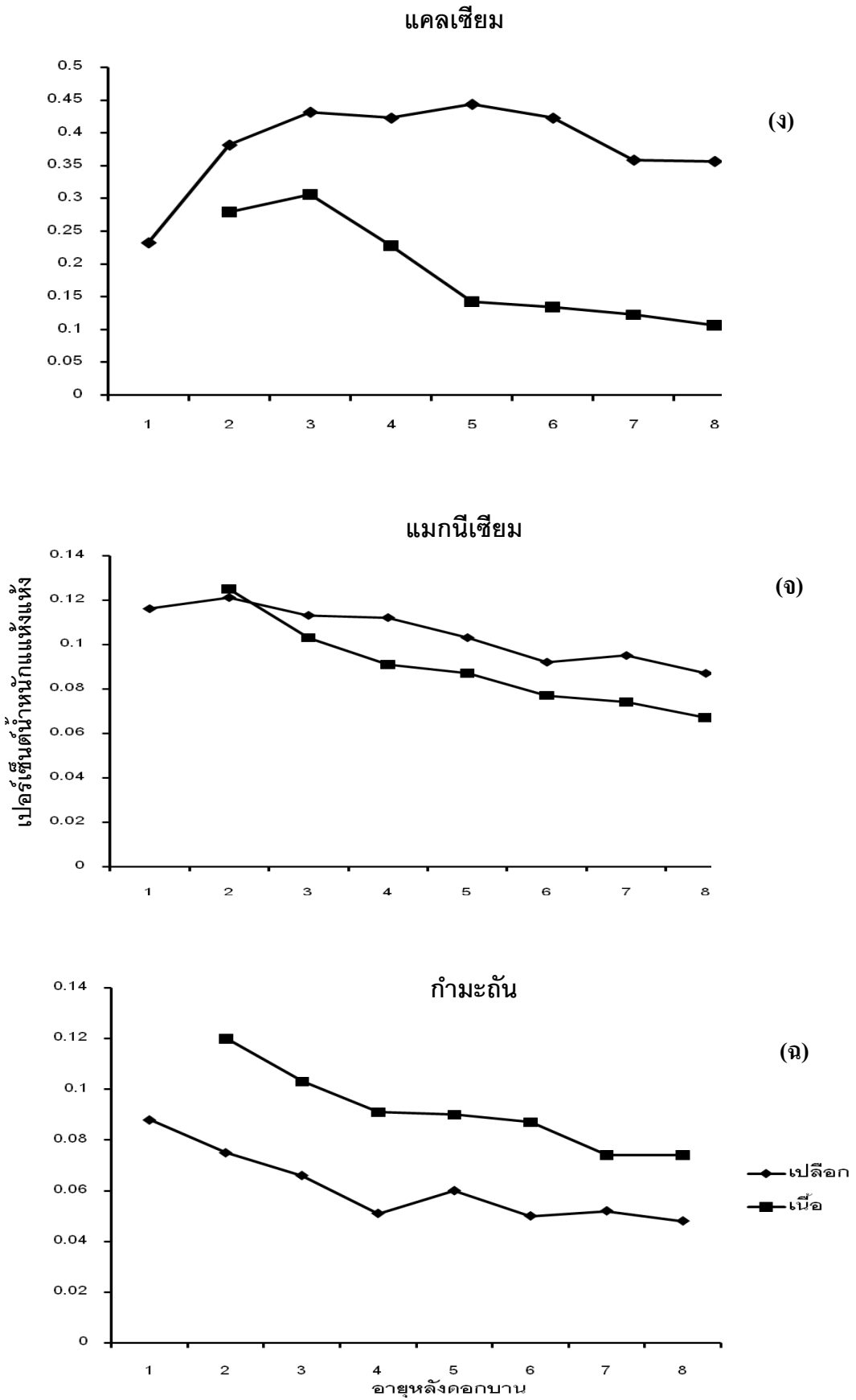
ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่าจะลดลงตามอายุผลที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อผลอายุ 1 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเปลือกสูงสุดเท่ากับ 1.102 , 0.138 และ 1.417 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเปลือกต่ำสุดเท่ากับ 0.728 , 0.078 และ 0.877 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นในเนื้อสูงสุดเมื่อผลอายุ 2 เดือนหลังดอกบานเท่ากับ 1.563 , 0.249 และ 2.469 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และเมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 1.135 , 0.199 และ 1.289 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

สำหรับธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน พบว่า ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีความเข้มข้นในเปลือกมากกว่าในเนื้อ ต่างกับธาตุกำมะถันที่มีความเข้มข้นในเนื้อมากกว่าในเปลือก โดยเมื่อผลอายุ 1 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเปลือกสูงสุดเท่ากับ 0.233, 0.116 และ 0.088 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเปลือกต่ำสุดเท่ากับ 0.357, 0.087 และ 0.048 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นในเนื้อสูงสุดเมื่อผลอายุ 2 เดือนหลังดอกบาน เท่ากับ 0.279 , 0.125 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และเมื่อผลอายุ 8 เดือนหลังดอกบานมีความเข้มข้นในเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.107 , 0.067 และ 0.074 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

จากผลการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อและเปลือกของผลส้มโอมีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และกำมะถัน ตามลำดับ มีความสอดคล้องและคล้ายคลึงกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อและเปลือกของผลส้มเกลี้ยงพันธุ์ Navel (Storey and Treeby, 2000) แอปเปิล (Rogers and Batjer, 1954), ท้อ (Japanese pear) (Buwalda and Meekings, 1990), ส้มเกลี้ยงพันธุ์ Navel (Storey and Treeby, 2000), พีช (peach) (Thomidis *et al.*, 2007) และทับทิม (pomegranate) (Mirdehghan and Raheami, 2007) ผลการทดลองความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในผลส้มโอหอมหาวใหญ่คล้ายคลึงกับส้มอื่นๆ คือ ส้มเกลี้ยงพันธุ์ Navel (Storey and Treeby, 2000) ส้ม Valencia (Zidan and Wallace, 1954) คือ ความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้นในระยะแรกหลังการติดผลเพราะเป็นระยะที่มีการแบ่งเซลล์เช่นเดียวกับไม้ผลอื่นๆ (Wilkinson and Perring, 1964) และลดลงเมื่อผลสุกแก่ จะเห็นว่ามีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่ในเนื้อมากกว่าในเปลือก ยกเว้นธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีความเข้มข้นในเปลือกมากกว่าในเนื้อ



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (ก) ธาตุฟอสฟอรัส (ข) และธาตุโพแทสเซียม (ค) ของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังคอกบาน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม (ง) ธาตุแมกนีเซียม (จ) และธาตุกำมะถัน (ฉ) ของผลส้มโอมหาตใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังดอกบาน

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารมาคำนวณเป็นปริมาณของธาตุอาหารต่อผล พบว่า ในระยะแรก ช่วงอายุ 1 - 5 เดือนหลังดอกบาน ปริมาณของธาตุอาหารมหัพภาคต่อผลทุกธาตุสะสมเพิ่มขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผล หลังจากนั้นปริมาณของธาตุอาหารสะสมในผลค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 1) แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนของน้ำคั้นซึ่งเป็นส่วนสำคัญและมีปริมาณธาตุอาหารสูง

ตารางที่ 1 ปริมาณของธาตุอาหารในผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่อายุต่างๆ หลังดอกบาน

อายุหลังดอกบาน (เดือน)	ธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อผล)					
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม	กำมะถัน
1	323.657	40.531	416.173	68.432	34.069	25.846
2	1,078.872	134.979	1,333.749	390.559	126.280	81.256
3	1,340.194	160.821	1,616.850	587.136	157.109	98.349
4	1,279.698	176.278	1,742.375	555.614	155.087	83.521
5	1,422.068	175.501	1,944.171	619.872	157.761	102.098
6	1,638.834	194.303	1,963.722	716.248	169.700	105.422
7	1,786.734	203.974	2,124.379	664.120	189.657	115.057
8	1,767.095	217.087	2,100.685	705.321	186.562	116.212

จากผลการทดลองศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลส้มโอหอมขนาดใหญ่เมื่ออายุ 8 เดือนหลังดอกบาน แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณของธาตุอาหารที่ติดไปกับผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่เก็บเกี่ยวจำนวน 1 ตัน พบว่า ธาตุอาหารมหัพภาคมีปริมาณของธาตุไนโตรเจน 0.96 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.12 กิโลกรัม โพแทสเซียม 1.15 กิโลกรัม แคลเซียม 0.38 กิโลกรัม แมกนีเซียม 0.10 กิโลกรัม และกำมะถัน 0.06 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) เมื่อนำมาใช้ในการกำหนดหาสัดส่วนของธาตุอาหารที่จะให้แก่ส้มโอหอมขนาดใหญ่ มีสัดส่วนของธาตุไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส : โพแทสเซียม เท่ากับ 8 : 1 : 9.5 แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและตัวอย่างใบส้มโอหอมขนาดใหญ่เพื่อหาความเข้มข้นของธาตุอาหารควบคุมกันไปด้วย ซึ่งจากผลการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้แนะนำเกษตรกรในการให้ปุ๋ยแก่ส้มโอหอมขนาดใหญ่ให้มีความเหมาะสมเพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติ และประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องปุ๋ยของเกษตรกรอีกด้วย

ตารางที่ 2 ปริมาณของธาตุอาหารที่ติดไปกับผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่เก็บเกี่ยวจำนวน 1 ตัน

ธาตุ	เปลือก		เนื้อ	รวม
	กิโลกรัม			
ไนโตรเจน	0.74	0.22		0.96
ฟอสฟอรัส	0.08	0.04		0.12
โพแทสเซียม	0.90	0.25		1.15
แคลเซียม	0.36	0.02		0.38
แมกนีเซียม	0.09	0.01		0.10
กำมะถัน	0.05	0.01		0.06

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การเจริญเติบโตของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่เป็นแบบ Simple sigmoid curve โดยมีระยะที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 6.5 -7 เดือนหลังดอกบาน
2. อายุของผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่แตกต่างกันทำให้ความเข้มข้นธาตุอาหารในเปลือกและเนื้อมีความแตกต่างกัน โดยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก โพแทสเซียม (K) มากที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน (N) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อมากกว่าในเปลือกและความเข้มข้นของธาตุอาหารลดลงเมื่ออายุการเจริญเติบโตและพัฒนาของผลเพิ่มขึ้น
3. ผลส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่เก็บเกี่ยวจำนวน 1 ตัน มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน 0.96 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.12 กิโลกรัม โพแทสเซียม 1.15 กิโลกรัม แคลเซียม 0.38 กิโลกรัม แมกนีเซียม 0.10 กิโลกรัม และกำมะถัน 0.06 กิโลกรัม

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำผลการทดลองที่ได้แนะนำให้เกษตรกรที่ปลูกส้มโอหอมขนาดใหญ่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในระยะที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลผลิตส้มโอหอมขนาดใหญ่ที่มีคุณภาพ และเกษตรกรสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการให้น้ำ ทำให้ค่าใช้จ่ายปุ๋ยลดลง การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของส้มโอหอมขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น

11. คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณนายสุชาติ ผอมนุ่ม นางสาวดารณี จำปา นักวิชาการเกษตร นายสุนทร จงริน และนางบุญศรี จาวิสูตร คณงานทดลองการเกษตร ที่ช่วยในการบันทึกข้อมูล

12. เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นันทรัตน์ ศุภกานี. 2545. “โครงการวิจัยธาตุอาหารส้ม” *เมืองไม้ผล*. 13, 33-42.
- มนตรี อิศรไกรศิลป์. 2527. การศึกษาการเจริญเติบโตของผล ดัชนีเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยว
ของผลส้มเขียวหวานและส้มตรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสภสกา. 2544. ดิน ธาตุอาหารและการให้น้ำส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรม
วิทยาการส้ม:ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต* (หน้า 6/1-6/57). กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิจิตต์ วรรณชิต มงคล แซ่หลิม และอิบรอเฮม ยีดำ. 2529. *การสำรวจและรวบรวมพันธุ์ส้มโอในเขตจังหวัด
สงขลา*. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา
- Bain, J.M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the
Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *Aust. J> Bot.* 6: 5-23.
- 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.
- Buwalda, J.G. and J.S. Meekings. 1990. Seasonal accumulation of mineral nutrients in
leaves and fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.). *Scientia Horticulturae*.
41, 209–222.
- Knee, M. 2002. *Fruit quality and its biological basis*. Sheffield: Sheffield Academic
Press.
- Mirdehghan, S.H. and M. Rahemi. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients and
phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*.
111, 120-127.
- Rogers, B.L. and L.P. Batjer. 1954. Seasonal trends of six nutrient elements in the flesh
of Winesap and Delicious apple fruits. *Proceedings. american society horticultural science*.
63, 67-73.
- Samson, J.A. 1980. *Tropical Fruit*. London: Longman.
- Storey, R. and M.T. Treeby. 2000. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel
orange fruit. *Scientia Horticulturae*. 84, 67-82.

- Thomidis, T., C. Tsipouridis and V. Dararas. 2007. Seasonal variation of nutrient elements in peach fruits (cv. May Crest) and its correlation with development of brown rot (*Monilinia laxa*) *Scientia Horticulturae*. 111, 300-303.
- Van Rooyen, Z. and J.P. Bower. 2005. The role of fruit mineral composition on fruit softness and mesocarp discolouration in 'Pinkerton' avocado (*Persea americana* Mill.) *Journal of Horticulture Science and Biotechnology*. 80, 793-799.
- Wilkinson, B.G. and M.A. Perring. 1964. Changes in the chemical composition of apples during development, and near picking time. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 15, 146-152.
- Zidan, Z.I. and A. Wallace. 1954. Concentrations of five nutrient elements in orange fruits collected at different stages of maturity. Proceedings. *American society for horticultural science*. 63, 53-58.