บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชทดลอง

ต้นกิ่งตอนส้มโอพันธุ์ทองดี ปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 28 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร มีทรายละเอียดเป็นวัสดุปลูก (ภาพที่ 1) รดด้วยสารละลายอาหารในช่วงเวลาเช้า ส่วนช่วงเวลาเย็นรดด้วยน้ำทุก ๆ วัน ใช้สารอาหารในรูปของสารละลายซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

Cation	meq/ℓ	Anion	meq/ℓ
Mg^{++}	4	NO_3^-	5
K^+	6	$H_2PO_3^-$	4
Ca^{++}	5	$SO_4^=$	6
รวม	15	รวม	15

สำหรับธาตุอาหารรองให้ตามคำแนะนำของ Hoagland and Arnon (1952) โดยปรับ pH ให้อยู่ระดับ 6.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

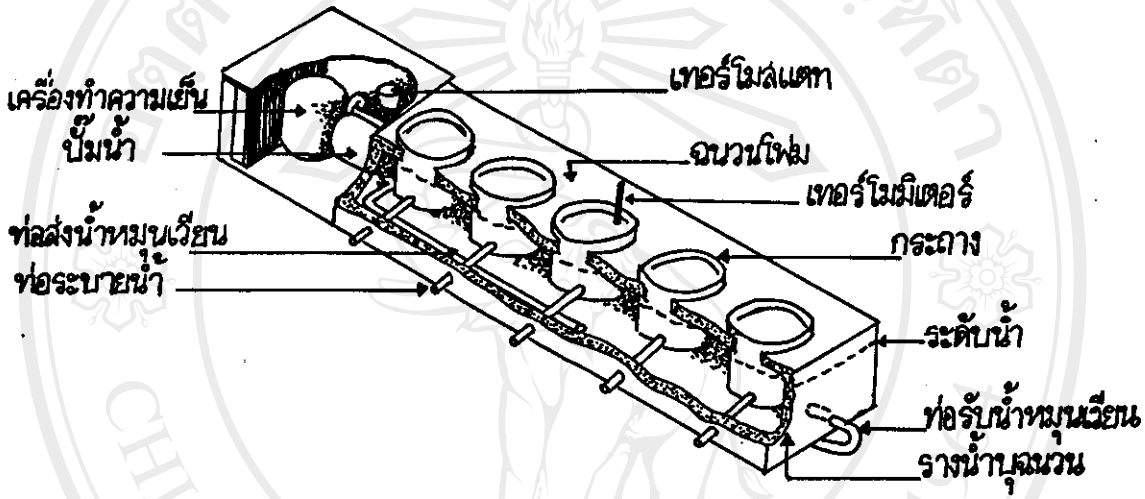
ภาพที่ 1 ต้นส้มโอที่ใช้ทดลอง เมื่อเริ่มปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 เครื่องควบคุมอุณหภูมิราก

ใช้ควบคุมอุณหภูมิของรากระหว่างการศึกษาทดลอง มีระบบการไหลเวียนของน้ำในรางน้ำที่แช่กระถางปลูก ปรับอุณหภูมิด้วยเครื่องทำความเย็นที่ควบคุมโดยเทอร์โมสแตท (thermostat) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ระบบการควบคุมอุณหภูมิของรากที่ปลูกในกระถางของเครื่องควบคุมอุณหภูมิราก

เครื่องควบคุมอุณหภูมิรากประกอบด้วย เครื่องทำความเย็น ปั๊มน้ำ เทอร์โมสแตท และรางน้ำ (ภาพที่ 3) รางน้ำสำหรับแช่กระถาง มีขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 5.00 เมตร และสูง 0.40 เมตร คิดเป็นปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ทำด้วยโลหะกันสนิม มี 2 ชั้น ระหว่างชั้นภายในบุด้วยโฟมเพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน ด้านข้างของรางน้ำมีท่อที่สามารถเชื่อมต่อกับกระถางปลูกพืชที่แช่ในรางน้ำ สำหรับระบายน้ำที่เกิดจากการให้น้ำและสารอาหารในแต่ละครั้งออกจากกระถางเมื่อมีมากเกินพอ ใช้กระถาง 2 ชั้น เพื่อป้องกันปัญหาการระบายน้ำรวมถึงการซึมของน้ำจากภายนอกด้วย ส่วนด้านบนของรางน้ำปิดด้วยฉนวนกันความร้อนเจาะช่องสำหรับสอดกระถางปลูกพืช ซึ่งมีระยะห่างเท่ากัน 5 ช่อง แล้วปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเพื่อกันความร้อนและน้ำจากภายนอก ที่จะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในรางน้ำเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 4 และ 5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของ เครื่องควบคุมอุณหภูมิราก

ภาพที่ 4 การติดตั้งกระถางในรางน้ำ ปิดด้วยฉนวนกันความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

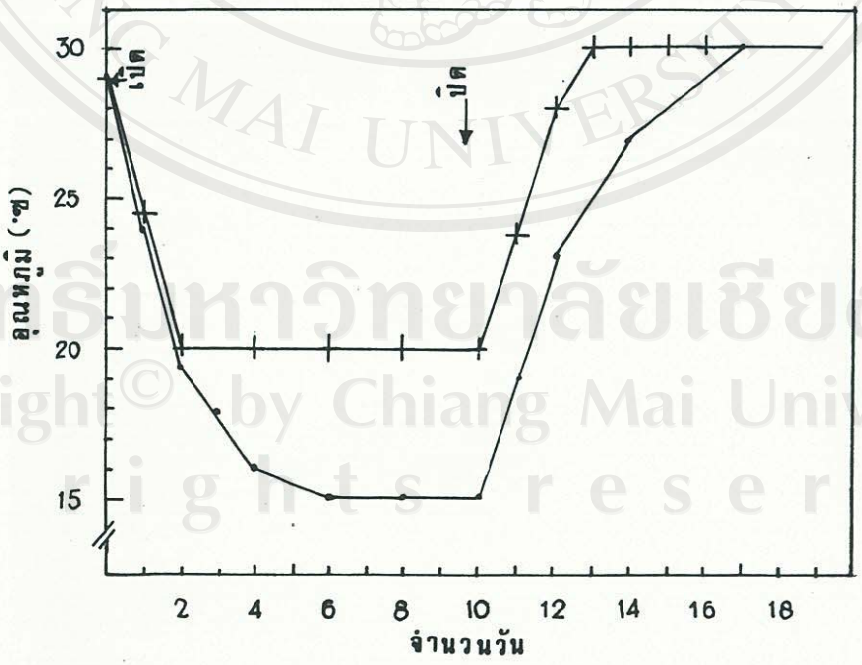
ภาพที่ 5 ต้นส้มโอที่ทำการศึกษาในเครื่องควบคุมอุณหภูมิราก

การปรับอุณหภูมิทำโดย อ่านค่าของอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ที่ปักลงในกระถางปลูกลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 6 จากนั้นปรับเทอร์โมสแตทเพื่อควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการ ปั๊มน้ำจะทำงานโดยให้มีการหมุนเวียนน้ำตลอดเวลา

เครื่องควบคุมอุณหภูมิรากนี้สามารถปรับอุณหภูมิของรากพืชที่แช่ในรางน้ำ จากอุณหภูมิปกติ (28 °ซ) เป็นอุณหภูมิที่ 15 °ซ และ 20 °ซ ในระยะเวลา 2 และ 6 วัน ถ้าเครื่องหยุดทำงาน อุณหภูมิจะกลับสู่ปกติในเวลา 3 และ 7 วัน ตามลำดับ ดังในภาพที่ 7 อุณหภูมิในแต่ละกระถางในรางน้ำเดียวกัน จะแตกต่างกันน้อยกว่า 1 °ซ และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนของแต่ละกระถางประมาณ 1.5 °ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 6 การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ในกระถางปลูกส้มโอ



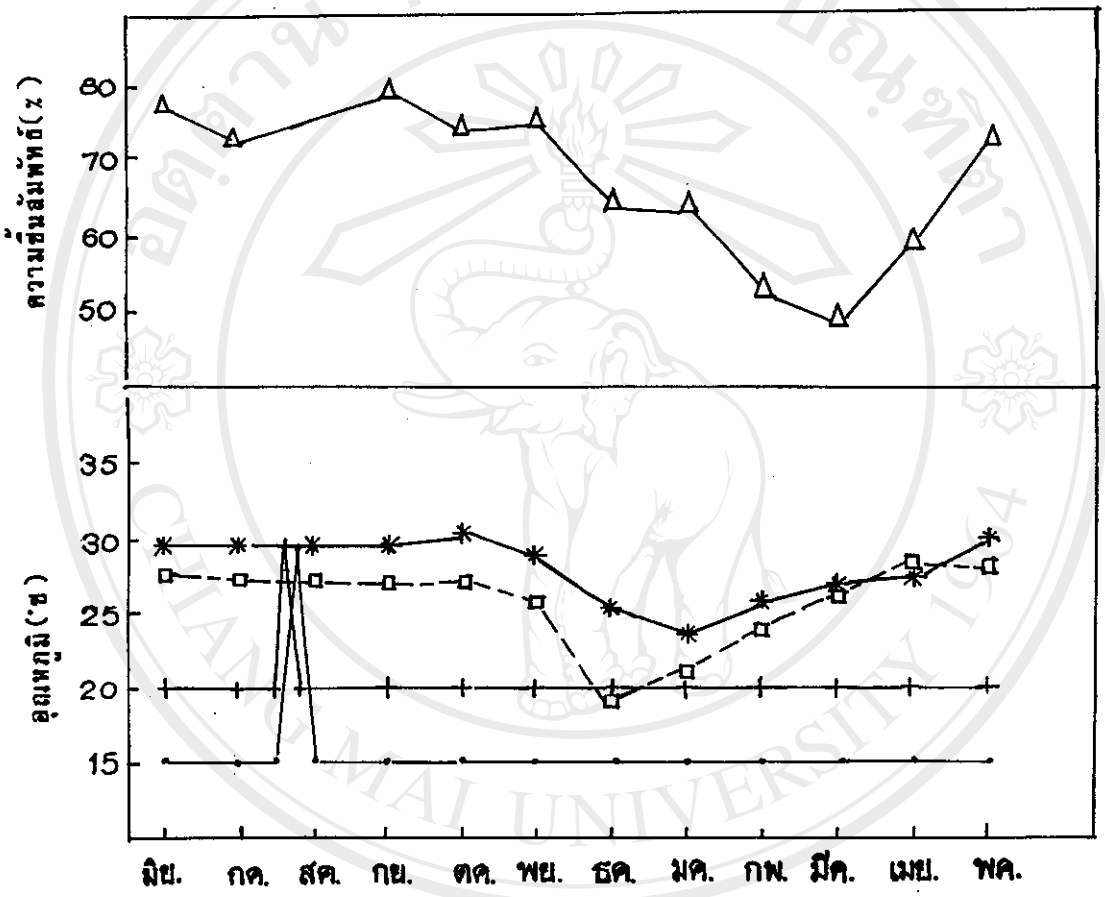
ภาพที่ 7 ระยะเวลาปรับอุณหภูมิรากจากสภาพปกติเป็น 15 °ซ (•) และ 20 °ซ (+) โดยอาศัยเครื่องควบคุมอุณหภูมิราก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องควบคุมอุณหภูมิรากมี 2 เครื่อง เครื่องแรกปรับอุณหภูมิที่ 15 °ซ เครื่องที่สองปรับที่ 20 °ซ สำหรับอุณหภูมิรากสภาพปกติใช้วิธีแช่กระถางปลูกพืชในรางน้ำที่ไม่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิจะแปรไปตามสภาพสิ่งแวดล้อม (ภาพที่ 8) วัดบันทึกอุณหภูมิโดยเทอร์โมมิเตอร์ในกระถางปลูก เป็นอุณหภูมิเฉลี่ย ภาพที่ 9 เป็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรากสภาพปกติ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงขณะที่ทำการศึกษา อุณหภูมิรากสภาพปกติมีความผันแปรคล้ายกับค่าของอุณหภูมิอากาศ จะมีค่าต่ำกว่าที่อุณหภูมิอากาศสูงสุดแต่จะสูงกว่าค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย และมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายนส่วนอุณหภูมิราก 15 °ซ และ 20 °ซ นั้นในแต่ละเดือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ซึ่งจากการวัดในแต่ละช่วงวันจะแตกต่างกันไม่เกิน 1.5 ° ซ ส่วนในช่วงกรกฎาคม ถึงสิงหาคม มีช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากการทำงานของเครื่องขัดข้อง

ภาพที่ 8 รางน้ำที่ศึกษาอุณหภูมิรากสภาพปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิราก อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (□) อุณหภูมิรากสภาพปกติ (*)

อุณหภูมิรากที่ 20 °ซ (+) อุณหภูมิรากที่ 15 °ซ (•)

และ ความชื้นสัมพัทธ์ (△)

อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงตุลาคม ค่อนข้างคงที่ อุณหภูมิจะลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคม หลังจากนั้นจะค่อย ๆ สูงขึ้น และสูงสุดในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม อาศัยอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรากสภาพปกติเป็นเกณฑ์พอจะแบ่งช่วงเดือนต่าง ๆ ออกเป็นช่วง ๆ ได้ ดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ช่วงนี้มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27.4 °ซ และอุณหภูมิรากสภาพปกติเฉลี่ย 29.7 °ซ

ช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำลง ทั้งของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรากปกติ คือเฉลี่ยเท่ากับ 26.7 °ซ และ 29.7 °ซ ตามลำดับ และอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดคือในช่วงเดือนธันวาคมเท่ากับ 19.4 °ซ

ช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทั้งของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรากสภาพปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.0 °ซ และ 24.7 °ซ ตามลำดับ

ช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม มีลักษณะคล้ายกับช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน โดยมีค่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิรากสภาพปกติ คือ 28.1 °ซ และ 28.2 °ซ ตามลำดับ

2.2 <u>เครื่องวัดพื้นที่ใบ</u>

เครื่องวัดพื้นที่ใบ Model AAM-7 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีแหล่งกำเนิดแสงสว่าง เพื่อรองรับใบพืชที่ต้องการจะวัด และส่วนของตัวเครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากส่วนแรกเป็นค่าพื้นที่ที่วัดได้ โดยเปิดปุ่มการทำงานของเครื่องวัดพื้นที่ใบ ให้ทำงาน 15 นาทีก่อนการวัด หลังจากนั้นนำแผ่นทึบแสงมาตรฐานมีพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร วางทาบบนสายพานเครื่องเคลื่อนเข้าไปภายใน ขณะเดียวกันปรับปุ่มให้อ่านค่าได้ 99.80 ตารางเซนติเมตร ± 1 เปอร์เซนต์ เมื่อปรับเครื่องแล้ว นำตัวอย่างใบพืชที่ต้องการจะวัด นำมาวัดหาพื้นที่ใบ ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

3. วิธีการศึกษา

เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2530 ต้นส้มโอมีอายุประมาณ 1 ปี จึงเริ่มศึกษาทดลองที่เรือนเพาะชำไม้ผลที่ได้รับแสงเต็มที่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมิถุนายน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2530 ถึง พฤษภาคม 2531 ใช้อุณหภูมิราก 3 ระดับ คือ 15 °ซ 20 °ซ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิรากสภาพปกติ เฉลี่ย 28-29 °ซ ในขณะที่ส่วนเหนือดินยังคงได้รับอุณหภูมิอากาศตามสภาพปกติ ในแต่ละวิธีการมี 5 ซ้ำ และ 1 ซ้ำเท่ากับ 1 ต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มอิสระ (Completely Randomized Design, CRD)

3.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอ

3.1.1. ความสูงของต้น ทำการวัดความสูงจากหลักที่กำหนดไว้บนผิวพื้นในกระถางจนถึงส่วนปลายสูงสุดของยอดในต้นนั้น ความสูงของลำต้นมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3.1.2 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย ได้จากการเฉลี่ยค่าของการวัดของส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มเป็น 2 แนวตั้งฉากกัน ด้านกว้างแนวทั้งสองนี้จะใช้เป็นแนวในการวัดครั้งต่อ ๆ ไป

3.1.3 เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ได้จากการวัดส่วนของลำต้นในแนวระดับที่สูงจากผิวพื้นขึ้นมา 5 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายเพื่อใช้ในการวัดครั้งต่อ ๆ ไป โดยใช้เวอร์เนียคาริเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ข้อมูลความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นในแต่ละครั้งที่วัดได้นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลของแต่ละระดับอุณหภูมิราก ทำการบันทึกเดือนละครั้ง จำนวน 12 ครั้ง และนำมาหาอัตราการเจริญเติบโตของความสูง ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย และเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ตามสูตรของ Shabana et al (1981) คือ

$$R = \frac{(X_t - X_o)}{X_o} 100$$

R = อัตราการเจริญเติบโตเป็นร้อยละ

X_t = ค่าการวัดช่วงหลัง

X_o = ค่าการวัดครั้งแรก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.4 น้ำหนักแห้ง เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ทำการบันทึกน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น กิ่ง ผล และใบรวมถึงใบทั้งหมดที่หล่นด้วย การหาน้ำหนักแห้งโดยใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.2 ศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาของยอด

3.2.1 จำนวนช่อที่ผลิ โดยตรวจนับและผูกป้ายไว้ทุก ๆ วัน เมื่อยอดเจริญมีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

3.2.2 ชนิดของช่อที่ผลิ เมื่อช่อเจริญเติบโตเต็มที่ คือใบเป็นสีเขียวเข้ม ทำการเก็บข้อมูลชนิดของช่อ คือ ช่อใบและช่อดอก กรณีที่เป็นช่อดอกมีการจำแนกตามจำนวนดอกและจำนวนใบที่ปรากฏ (ภาพที่ 10) (Moss, 1969)

ภาพที่ 10 แบบของช่อดอก ก. 1-2 ดอกและมีใบจำนวนมาก ข. 1 ดอกไม่มีใบ ค. ดอกจำนวนมากและมีใบหลายใบ (มากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนดอก) ง. ดอกจำนวนมากไม่มีใบ จ. ช่อดอกที่มีใบจำนวนน้อย (น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนดอก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 ความยาวของช่อ เมื่อใบเป็นสีเขียวเข้ม ทำการวัดจากฐานรอยต่อระหว่างช่อใหม่และช่อเก่า จนถึงปลายสุดของกิ่ง

3.2.4 เส้นผ่าศูนย์กลาง วัดตรงจุดที่อยู่เหนือฐานรอยต่อของช่อใหม่และเก่าขึ้นมา 1 เซนติเมตร

3.2.5 ขนาดของพื้นที่ใบในช่อที่ผลิใหม่ ทำการคัดเลือกจากใบระหว่างข้อที่ 5 ถึง 7 โดยนับจากฐานขึ้นไป ในช่อที่ผลิใหม่เมื่อใบมีสีเขียว ด้วยการทาบใบบนกระดาษทึบแสง แล้วนำมาวัดพื้นที่โดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ใบ

3.3 วิเคราะห์ผลผลิต

3.3.1 เปอร์เซนต์การติดผล เมื่อต้นส้มโอออกดอก นับดอกในแต่ละช่อดอกในแต่ละต้น ตรวจนับอีกครั้งเมื่อมีการติดผลคือ สังเกตจากก้านชูเกสรตัวเมียร่วง และรังไข่มีการเจริญเติบโต ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน หลังจากที่กลีบดอกร่วงและนำมาเทียบเป็นเปอร์เซนต์การติดผล

3.3.2 คุณภาพผลผลิต เมื่อผลโตและแก่เต็มที่คือ มีอายุประมาณ 6 เดือน จะนำผลส้มโอมาบันทึกข้อมูลทางกายภาพและเคมี ต่อไปนี้

ก. น้ำหนักของผล โดยการชั่งน้ำหนักสดของผล

ข. ขนาดของผล โดยจะวัดความกว้าง คือส่วนที่กว้างที่สุดของผล และความสูง คือส่วนระหว่างรอยต่อของขั้วผลจนถึงปลายก้นของผล

ค. ปริมาณกรดรวม วัดโดยใช้น้ำที่คั้นได้จากผลส้มโอ 1 มิลลิลิตร แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วย NaOH 0.2 N โดยมี Phenolphthalene เป็น indicator คิด TA ในรูปของกรดซิตริค คำนวณออกมาเป็นเปอร์เซนต์ โดยใช้สูตร

$$TA = \frac{\text{ปริมาณ NaOH x ความเข้มข้นของ NaOH x meq.Wt ของกรดซิตริค}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) วัดโดยใช้ hand refractometer จากน้ำคั้นที่ได้จากผลส้มโอ มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์บริกซ์

จ. ปริมาณวิตามินซี ใช้น้ำคั้นจากผลส้มโอ 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วยไอโอดีน 0.1 เปอร์เซนต์ โดยใช้น้ำแป้งเป็น indicator แล้วคำนวนออกมาเป็นมิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved