

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลของอุณหภูมิรากที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นส้มโอ

อุณหภูมิรากมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของต้นส้มโอ ในช่วงระยะแรกที่อุณหภูมิรากต่ำ คือ 15°C และ 20°C จะมีอัตราการเจริญเติบโตของความกว้างทรงพุ่มและความสูงต่ำกว่าที่อุณหภูมิรากสภาพปกติ เช่นเดียวกับในองุ่น ชา ข้าวสาลี มะเขือเทศ ส้มเกลี้ยง และส้มโอ (Skene and Kerridge, 1967; Carr, 1970; Sheppard, 1983; Bugbee and White, 1984; Liebig and Chapman, 1963; Tunsuwan et al, 1984)

อุณหภูมิรากมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของต้น โดยที่อุณหภูมิราก 20°C มีอัตราการเจริญเติบโตของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินมากที่สุด ซึ่งคล้ายกับในมะเขือเทศ และส้มเกลี้ยง (Trudel and Gosselin, 1982; Hurewitz and Janes, 1983; Khairi and Hall, 1976) ส่วนน้ำหนักแห้งของรากที่อุณหภูมิรากสภาพปกติจะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าที่ 15°C และ 20°C

อุณหภูมิรากที่เหมาะสมมีผลทำให้ผลผลิตมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำหรือสูง เพราะอุณหภูมิรากมีผลกระทบต่อ การดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร (Nielsen, 1974; Khairi and Hall, 1976) อุณหภูมิรากมีผลกระทบต่อกิจกรรมเมตาบอลิซึม (metabolic) ของราก (Hurewitz and Janes, 1983) อุณหภูมิรากต่ำจะลดการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ (sink) (Nielsen, 1974) ดังนั้น อุณหภูมิรากของต้นส้มโอที่ 15°C จะมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าที่ 20°C ส่วน อุณหภูมิรากสภาพปกติจะมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้มากที่สุด จึงอาจเป็นไปได้ว่าการนำคาร์บอนไดออกไซด์นี้มีผลต่อเนื้อทำให้น้ำหนักแห้งของรากที่อุณหภูมิ 15°C มีน้อยกว่าที่ 20°C และที่อุณหภูมิรากสภาพปกติ ตามลำดับ

น้ำหนักแห้งของใบและลำต้นที่อุณหภูมิราก 15 °ซ นั้นต่ำกว่าที่ 20 °ซ เพราะว่าที่อุณหภูมิ ราก 15 °ซ นั้น อุณหภูมิตำมีผลต่ออัตราการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตไปยังราก การเจริญ ของรากสามารถส่ง เสริมให้อัตราการสังเคราะห์แสงในใบส้ม ด้วยการกระตุ้นการเจริญเติบโต ของรากจากการเพิ่มอุณหภูมิราก ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ดังนั้น ที่อุณหภูมิราก 15 °ซ จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นส้มลดลง แต่ที่อุณหภูมิราก 20 °ซ นั้น จะส่งผลถึงการเพิ่มการสังเคราะห์แสง และมีการเคลื่อนย้ายของผลผลิตของการสังเคราะห์ แสงจากใบไปถึง ลำต้น และราก (Lenz, 1979) แต่เนื่องจากที่อุณหภูมิราก 20 °ซ อาจจะมีการเคลื่อนย้ายผลผลิตของการสังเคราะห์แสงช้ากว่า จึงเป็นไปได้ว่าจะมีการสะสมไว้ ที่ส่วนของกิ่งก้าน ลำต้น และใบมากกว่าที่อุณหภูมิสภาพปกติ ซึ่งจะเห็นได้จากอัตราการเจริญ เติบโตของ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่เพิ่มมากขึ้นระยะหลัง (ภาพที่ 13) น้ำหนักแห้งของกิ่งก้าน ลำต้น ใบ ที่อุณหภูมิราก 20 °ซ มีมากกว่าที่ 15 °ซ และสภาพปกติ ตามลำดับ

ต้นส้มโอ เมื่อได้รับสภาพอุณหภูมิรากต่ำจะมีสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินต่อราก (Shoot/ Root; S/R) สูงกว่าที่อุณหภูมิรากสภาพปกติ ซึ่งไม่ขึ้นต้นแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป มีทั้งให้ผล แตกต่างและไม่แตกต่างทางสถิติ (Barr and Pellett, 1972) เช่นเดียวกับกับส้มเกลี้ยง ที่ให้ผลคล้ายกัน (Ingram et al, 1986) ดังนั้นจะเห็นว่า ใบส้มโอ S/R ที่สภาพอุณหภูมิราก ปกติต่ำนั้น เนื่องจากน้ำหนักแห้งของรากสูง และส่วนเหนือดินต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 20 °ซ และ 15 °ซ (ตารางที่ 1)

เป็นไปได้ว่า ที่อุณหภูมิราก 20 °ซ นั้น จะมีขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ เกิดขึ้นได้ดีกว่าที่อุณหภูมิราก 15 °ซ และสภาพปกติ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ขบวนการ สังเคราะห์แสงและการหายใจเกิดขึ้นได้ดี (เซวาน์และพรณี 2522) ทำให้มีผลต่อการเจริญ เติบโตของส้มโอที่ดีที่สุดทั้งด้านน้ำหนักแห้งรวมทั้งหมด ใบ ลำต้น และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

5.2 ผลของอุณหภูมิรากที่มีต่อการเจริญเติบโตของช่อในระยะแรก

อุณหภูมิของรากที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาการผลิข้อ และจำนวนของช่อที่ผลิออกมาของ ต้นส้มโอ คือ อุณหภูมิตำจะชะลอการผลิข้อและจำนวนของช่อที่ผลิน้อยกว่าที่อุณหภูมิรากสภาพปกติ

ตั้งเช่นในสั้มเกลี้ยงที่ติดตามสั้มสามใบ ที่อุณหภูมิ 25° ซ ทั้งในสภาพอุณหภูมิอากาศ 35° ซ และ 25° ซ (Khairi and Hall, 1976) นั่นคือ อุณหภูมิมีผลต่อจำนวนการผลิ้อ และอุณหภูมิอากาศมีผลเพียงเล็กน้อย (Hall et al, 1977)

เมื่อเครื่องขัดข้องทำให้อุณหภูมิรากลากจาก 15° ซ และ 20° ซ สูงขึ้นจนถึงระดับเดียวกับที่อุณหภูมิรากสภาพปกติ (29° ซ) ทำให้มีการผลิ้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในเขตร้อนชื้น ความแห้งแล้งอาจเป็นผลทำให้มีการพักตัวของตาพวกสกุลสั้ม และผลิ้อออกมาเมื่อฝนตก แต่ในสภาพเขตนหนาว ตาจะมีการพักตัวในฤดูหนาว จากนั้นตาจะผลิในฤดูใบไม้ผลิ อาจเป็นผลจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Hall et al, 1977) ซึ่งพอจะสันนิษฐานได้ว่า อุณหภูมิรากลากมีผลต่อการผลิ้อ โดยมีผลกระทบต่อความสมดุลย์ของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่บริเวณยอด อุณหภูมิรากลากอาจมีผลกระทบต่อสารสังเคราะห์ และหรือการเคลื่อนย้ายของสารควบคุมการเจริญเติบโต จากรากไปยังส่วนยอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารในกลุ่มของไซโตไคนิน (Belding and Young, 1989) Khairi and Hall (1976) ได้อ้างถึง Douglas-fir ที่เสนอว่าการเจริญของช่อในฤดูใบไม้ผลิ อาจจะเริ่มต้นโดยจิบเบอเรลลินส่งออกมาจากรากที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีการเคลื่อนย้ายของไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้น แต่ลดการเคลื่อนย้ายของสารยับยั้งการเจริญเติบโตพืชจากรากไปยังยอด ในกรณีของสั้มโอที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสมดุลย์ของสารควบคุมการเจริญเติบโตเนื่องจากอุณหภูมิรากลากที่เปลี่ยนไป น่าจะมีผลอย่างสำคัญต่อพัฒนาการของตาดอกและตายอดด้วย การผลิ้อของต้นสั้มโอที่เคยได้อุณหภูมิรากลาก 15° ซ จะช้ากว่าที่เคยได้ 20° ซ เป็นเวลา 7 วัน เพราะว่าอุณหภูมิรากลากที่ 15° ซ ใช้เวลาในการเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับสภาพปกติ (29° ซ) ได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิรากลาก 20° ซ (ภาพที่ 14) ในจำนวนที่ช่อผลิออกมาใหม่นั้น ที่อุณหภูมิรากลาก 15° ซ และ 20° ซ จะมีช่อดอกด้วย ในขณะที่ต้นสั้มโอที่อุณหภูมิรากลากสภาพปกติไม่มีช่อดอก ดังนั้นอุณหภูมิรากลากอาจจะมีผลต่อการออกดอกของสั้มโอ เช่น ในสั้มเกลี้ยง การออกดอกไม่ได้ถูกควบคุมโดยช่วงแสง แต่การออกดอกจะตอบสนองต่อระยะเวลาของการได้รับอุณหภูมิต่ำ (Moss, 1969)

อุณหภูมิรากลากมีผลต่อความยาวของกิ่งช่อที่ผลิออกมาใหม่ เมื่อมีอุณหภูมิรากลากต่ำจะมีความยาวของกิ่งช่อสั้นกว่า เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิรากลากสภาพปกติ เช่นเดียวกับในสั้มเกลี้ยงที่มีความยาวของช่อมากกว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ต่ำ (Khairi and Hall, 1976)

5.3 ผลของอุณหภูมิรากในระยะหลังต่อการเจริญเติบโตของข้อ

5.3.1 จำนวนและชนิดของข้อที่ผลิตในแต่ละช่วง เดือน

ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน และตุลาคมถึงพฤศจิกายน มีอุณหภูมิอากาศสูง ที่อุณหภูมิรากต่ำจะมีการผลิข้อน้อยกว่า และมีโอกาสเป็นข้อดอกมากกว่าข้อใบ ในขณะที่อุณหภูมิรากสภาพปกติจะให้ข้อใบมาก จำนวนข้อใบและข้อดอกจะมีปริมาณที่แตกต่างกันโดยเฉพาะในช่วงระหว่างเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เช่นเดียวกับในอโวกาโด (Yusof et al, 1969) และสัมพันธ์ที่ชี้ต้นต่อสัมพันธ์ที่อุณหภูมิดิน 25°C มีจำนวนการผลิข้อใหม่มากกว่าเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิดิน 15°C ทั้งในสภาพอากาศ 30°C และ 25°C (Khairi and Hall, 1976) นั่นคืออุณหภูมิดินมีผลต่อจำนวนการผลิข้อและอุณหภูมิอากาศมีผลเพียงเล็กน้อย (Hall et al, 1977)

ช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ ต้นส้มโอที่อุณหภูมิรากทั้ง 3 ระดับนั้น มีการผลิข้อมากกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ เมื่อต้นส้มโอได้ผ่านสภาพอุณหภูมิอากาศต่ำในช่วงเดือนธันวาคมเฉลี่ยประมาณ 19.4°C จะหยุดการผลิข้อและพัฒนาตาจนถึงเดือนมกราคม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงเริ่มมีการผลิข้อมากขึ้น (ภาพที่ 18) จำนวนและชนิดของข้อที่ผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ที่อุณหภูมิรากทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่าง เป็นนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) และแบบของ ข้อดอกในช่วงนี้มีลักษณะ คล้ายกัน ต้นส้มโอที่ทดลองในอุณหภูมิรากสภาพปกติในเดือนธันวาคมมกราคมและกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิเท่ากับ 25.6°C 23.8°C และ 25.6°C ตามลำดับ จึงทำให้จำนวนและชนิดของข้อที่ผลิตไม่แตกต่างกัน ประกอบในช่วงนี้มีอุณหภูมิอากาศต่ำ และมีความแตกต่าง ของอุณหภูมิกกลางวันและกลางคืนที่กว้าง (ภาพที่ 18)

ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ช่วงนี้มีการผลิข้อน้อยกว่าทุกช่วง อาจเป็นเพราะว่าก่อนหน้านี้นี้มีการผลิข้อ เป็นจำนวนมาก จึงทำให้อาหารสะสมที่จะ เพิ่มการผลิข้อลดลง ประกอบกับช่วงนี้ อุณหภูมิอากาศสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ภาพที่ 9) จำนวนข้อที่ผลิตนั้นไม่มีความแตกต่างอย่าง เป็นนัยสำคัญทางสถิติ แต่อยู่ที่อุณหภูมิรากต่ำจะมีข้อดอก ส่วนที่อุณหภูมิรากสภาพปกติไม่พบข้อดอก

5.3.2 จำนวนและชนิดของข้อที่ผลิรวมทั้งหมด

อุณหภูมिरากมีแนวโน้มว่าจะมีผลต่อจำนวนและชนิดของข้อที่ผลิรวมทั้งหมด (ตารางที่ 7) อุณหภูมिरากที่ 15 °ซ มีแนวโน้มว่าจำนวนข้อที่ผลิเฉลี่ยต่อดันน้อยกว่าอุณหภูมिरากสภาพปกติ ส่วนชนิดของข้อที่ผลินั้นเป็นข้อดอกมากกว่าที่อุณหภูมिरากสภาพปกติ ค่าจำนวนที่วัดได้นี้ไม่มีความแตกต่างอย่าง เป็นนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่าอุณหภูมिरากสภาพปกติ นั้น มีอุณหภูมิลดต่ำลง บางช่วง เวลาในฤดูหนาว (พฤศจิกายนถึงธันวาคม)

5.3.3 การเจริญเติบโตของข้อ

อุณหภูมिरากมีแนวโน้มว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของข้อนี้คืออุณหภูมिरากที่ 20 °ซ มีแนวโน้มว่าขนาดของใบที่ผลิใหม่มีพื้นที่มากกว่าที่อุณหภูมिरาก 15 °ซ และอุณหภูมिरากปกติ อุณหภูมิอากาศมีผลต่อการเจริญและขยายตัวของใบ รูปร่างใบ (Reuther et al, 1979) ส่วนอุณหภูมिरากก็มีผลต่อรูปร่างของใบในพืชตระกูลส้มเช่นกัน (Cooper, 1973) อุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้ขนาดของใบเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากอุณหภูมिरาก เนื่องจากการยืดขยายของเซลล์ ส่วนจำนวนเซลล์นั้นยังมีเท่ากัน ขนาดของเซลล์พาลิเสด (Palisade) และพาเรโนไคมาของมีโซฟิลล์ (mesophyll parenchyma) มีการเพิ่มขนาดขึ้นเมื่อมีอุณหภูมिरากที่เหมาะสม เป็นเหตุทำให้ใบหนาขึ้น (Nielsen, 1974)

อุณหภูมिरากระดับต่างกัน มีผลต่อความยาวของกิ่งข้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8) ที่อุณหภูมिरาก 20 °ซ มีความยาวกิ่งข้อใบมากกว่าที่อุณหภูมिरาก 15 °ซ และอุณหภูมिरากปกติ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งข้อที่อุณหภูมिरาก 20 °ซ น้อยกว่าที่อุณหภูมिरาก 15 °ซ และอุณหภูมिरากปกติ ในขณะที่อุณหภูมिरาก 30 °ซ จะมีความยาวของกิ่งข้อ และการเพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้งของข้อมากกว่าที่ 20 °ซ (Skene and Kerridge, 1967)

5.4 ผลของอุณหภูมิรากต่อผลผลิตของส้มโอ

5.4.1 เบอร์เซนต์การติดผล

ที่อุณหภูมิราก 15°C และ 20°C มีเบอร์เซนต์การติดผลดีกว่าที่อุณหภูมิสภาพปกติ ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน และมกราคมถึงกุมภาพันธ์ (ตารางที่ 9) ในส้มแม้ว่าจะมีการออกดอกเป็นจำนวนมากแต่เจริญไปจนเป็นผลส้มได้จำนวนน้อย (Reuther et al, 1968) ช่อดอกของส้มที่มีใบ (แบบ ก ค จ) จะมีแนวโน้มที่สามารถติดผลดีกว่าช่อดอกที่ไม่มีใบ (แบบ ข และ ง) (Moss, 1969) ชนิดของช่อดอกที่อุณหภูมิรากทุกระดับ มีลักษณะคล้ายกันมาก ดังนั้นการติดผลที่ต่างกัน อุณหภูมิของรากน่าจะ มีบทบาทที่สำคัญ เนื่องจากที่อุณหภูมิรากต่ำมีการเจริญของข้อซ้าหรือลดลง ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการแข่งขันระหว่างการพัฒนาใบและผลน้อยลง หรืออาจเป็นเพราะว่า ที่อุณหภูมิรากต่ำรากจะมีการสร้างไซโตไคนินส่งไปยังส่วนบนมากขึ้น (Skene and Kerridge, 1967) อันมีผลต่อการติดผล (Possingham, 1970; Matthyse and Scott, 1984)

5.4.2 ขนาดและน้ำหนักผล

ระดับของอุณหภูมิรากต่ำมีผลทำให้ขนาดและน้ำหนักของผลส้มโอเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับผลส้มโอในสภาพอุณหภูมิรากปกติ (ตารางที่ 10) อาจเป็นเพราะว่า ที่อุณหภูมิราก 20°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตจึงมีผลขนาดใหญ่กว่า ดังจะเห็นได้จากที่อุณหภูมิราก 20°C มีสัดส่วนของส่วนเนื้อติดต่อราก น้ำหนักแห้งของกิ่ง ลำต้น และใบสูงสุด (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังมีความยาวข้อ และพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดด้วย (ตารางที่ 8) ขนาดของผลจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนใบมากขึ้น (รวี 2523) และเป็นที่น่าสังเกตว่า ที่อุณหภูมิรากต่ำผิวของผลมีสีเขียวอมเหลือง ขณะที่อุณหภูมิรากสภาพปกติผิวของผลมีสีเขียว (ภาพที่ 25) นอกจากอุณหภูมิของอากาศแล้ว อุณหภูมิดินก็มีผลต่อสีผิวของผลส้มเกลี้ยง ที่อุณหภูมิดินต่ำคลอโรฟิลล์ของผิวผลจะลดลง ในขณะที่มีการเพิ่มของแคโรทีนอยด์ (Reuther et al, 1968)

5.4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผล

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และกรดรวม ในอุณหภูมิลูกทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แต่สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อกรดรวม มีแนวโน้มว่าในสภาพอุณหภูมิลูกทุกระดับจะสูงกว่าที่อุณหภูมิลูกต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิลูกสภาพปกติ (ประมาณ 28.2°C) อาจมีบทบาทต่อการสร้างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าที่อุณหภูมิลูกต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิลูกสภาพปกติอาจมีผลให้พลังงานรวมที่ได้รับต่อวันสูงกว่าที่อุณหภูมิลูกต่ำ พลังงานรวมที่ได้รับต่อวันสูง จะทำให้มีปริมาณของน้ำตาลมาก (รวี 2523) และอุณหภูมิลูกอาจมีผลต่อการสร้างปริมาณวิตามินซี โดยพบว่าที่อุณหภูมิลูกสภาพปกติมีปริมาณค่อนข้างมากกว่าที่อุณหภูมิลูกต่ำ

ถึงอย่างไรก็ตาม ที่อุณหภูมิลูกต่ำ มีการติดผลก่อนที่อุณหภูมิลูกสภาพปกติ เมื่อเก็บเกี่ยวผลในเวลาเดียวกัน ทำให้อายุผลสั้นไวต่างกันประมาณ 1-2 สัปดาห์ ซึ่งอายุผลที่ต่างกันนี้อาจมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในผล (มนตรี 2527) นอกจากนี้ จำนวนผลที่ได้จากการศึกษามีจำนวนน้อย ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อน จึงยังไม่อาจบ่งชี้ได้อย่างแน่ชัดให้เห็นถึงบทบาทของอุณหภูมิลูกที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลส้มโอบในการทดลองครั้งนี้