วิจารณ์

จากผลการทดลองของการศึกษาผลของการพ่นสารเคมีที่มีต่อการแตกของผลในสภาพแปลงปลูก ซึ่งทำการทดลอง ณ สวนส้มโชกุนของเกษตรกร อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา จะสังเกตได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในแปลงทดลองตั้งแต่ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงมีนาคม (ภาพที่ 1) ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโตของผลส้มโชกุน (ภาพที่ 2) ทั้งนี้เป็นเพราะมีระบบการให้น้ำสม่ำเสมอในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง แสดงว่าพืชไม่ได้รับสภาวะเครียดรุนแรง เพราะถ้าหากต้นส้มได้รับสภาพเครียดน้ำรุนแรง จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผลได้ (Hung *et al.*, 2000) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากจะมีแนวโน้มการแตกของผลมากขึ้น ขณะเดียวกันเมื่อมีปริมาณน้ำฝนลดน้อยลง จำนวนผลแตกจะลดลงตามไปด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 4) ทั้งนี้เพราะในสภาพฝนตกจะทำให้ผลมีการดูดซึมน้ำเข้าสู่ผลทั้งทางรากและผิวผลอย่างรวดเร็วจนมีปริมาตรและมีแรงดันเต่งภายในผล (fruit turgidity) มาก ขณะที่ส่วนของเปลือกซึ่งมีความยืดหยุ่น (elasticity) ได้น้อยจึงไม่สามารถต้านต่อแรงดังกล่าวจนทำให้เกิดผลแตกมากขึ้นในช่วงที่มีฝนตก (Christensen, 1996) อย่างไรก็ตาม สามารถพบอาการผลแตกในระยะที่ 1 ได้ ตั้งแต่อายุ 3 เดือน ซึ่งยังเป็นระยะแบ่งตัวของเซลล์และมีเปลือกหนา ต่างจากระยะที่ 2 ที่มีการสร้างส่วนของ juice sacs ทำให้มีการขยายตัว มีการเจริญเติบโตของผลรวดเร็วและมีเปลือกบางลง (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996) จึงส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ผลแตกมากในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 นอกจากนี้ สภาพอากาศยังมีผลต่อสาเหตุการแตกของผลทั้ง 4 สาเหตุด้วย (ภาพที่ 5) โดยพบอาการผลแตกที่เกิดจากโรคสแค็บ ในช่วงเดือนตุลาคมและลดลงจนถึงเดือนมีนาคม ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกชุกในเดือนตุลาคมสูงถึง 424.90 มม. และลดลงเป็น 14.60 มม. ในเดือนมีนาคม ซึ่งโรคนี้มักระบาดรุนแรงในช่วงฤดูฝนและมีอากาศร้อนจัดในเวลากลางวัน ทำให้เชื้อ *Sphaceloma fawcettii* Jenkins เข้าทำลายบริเวณเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสและกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ผิดปกติอย่างรวดเร็ว (hyperplastic tissue) จนทำให้เนื้อเยื่อมีลักษณะนูนขึ้นคล้ายหูด (warty outgrowth) และเป็นแผล (กรรณิการ์, 2547) เมื่อผลขยายตัวจึงส่งผลให้เกิดการแตกของผลบริเวณรอยแผลดังกล่าว ขณะที่อาการแคดเผาเริ่มพบตั้งแต่ในช่วงเดือนธันวาคม ทั้งนี้พบว่า มักเกิดกับผลบริเวณชายพุ่มที่ได้รับแสงแดดที่มีความเข้มสูงติดต่อเป็นเวลานานจนเกิดรอยแผลไหม้รุนแรง (Arndt, 1992) สีผลจึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเกิดการยุบตัวของผนังเซลล์จนมีรูปทรงบิดเบี้ยวผิดปกติจากเดิม เนื่องจากเซลล์ที่ผิวผลถูกทำลายและแห้งตายไป เมื่อผลขยายตัวจึงทำให้บริเวณแผลเกิดรอยปริและแตกขึ้น ส่วนอาการด่างเหลืองเป็นวง ผิวผลมีลักษณะเป็นจุดแผลสีเหลืองในช่วงแรก หลังจาก 1-2 สัปดาห์ จุดแผลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีรอยยุบตัวของผิว จากนั้นจะเกิดรอยปริที่ผิวและแตกในเวลาต่อมา โดยมักพบบริเวณผิวผลด้านที่ได้รับแสงแดด ซึ่ง รวี เสรฐภักดี (ติดต่อส่วนตัว) ได้อธิบายว่า ลักษณะอาการนี้เกิดจากการมีหยดน้ำหรือละอองน้ำบริเวณผิวผลได้รับแสงแดดจัด จนเกิดรอยไหม้เป็นจุด เพราะต่อมน้ำมัน (oil gland) บริเวณผิวผลส้มโชกุนมีจุดเดือดต่ำเพียง 70 องศาเซลเซียส จึงทำให้เกิดเป็นรอยจุดแผลไหม้ได้มากกว่าส้มพันธุ์

อื่น ๆ เช่นเดียวกับอาการ oleocellosis (Knight *et al.*, 2002) อาการ sun scald (Josan *et al.*, 1995) อาการ rind-oil spot (Chikaizumi, 2000) และอาการ rindstain (Maia *et al.*, 2004) ที่ถูกพบว่า เกิดจากการได้รับแสงเป็นเวลานาน จนทำให้ต่อมน้ำมันบริเวณเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสและพาเรนไคมาทำให้เกิดการยุบตัวของส่วน flavedo หรือเปลือกส้มชั้นนอก จนเกิดเป็นรอยแตกและทำให้เกิดอาการผลแตกเมื่อได้รับน้ำ ส่วนอาการผลแตกที่ไม่พบอาการที่ผิวเปลือกนั้นมีเปอร์เซ็นต์ผลแตกสูงกว่าสาเหตุอื่น ๆ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากแรงดันเต่งภายในผลช่วงที่ได้รับน้ำมาก และยังพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงที่ต้นส้มได้รับน้ำฝนในปริมาณมาก สลับกับมีแสงแดดจัดและอากาศร้อนจัดในเวลากลางวัน สอดคล้องกับปริมาณการระเหยน้ำที่มีค่าน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม คือ 76.82 มม. และมีค่าการระเหยน้ำสูงขึ้นและมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ คือ 121.94 มม. ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 34.89 องศาเซลเซียสในเดือนมีนาคม ทำให้ผลคายน้ำมากและเซลล์เสื่อมสภาพได้ง่าย (Medeira *et al.*, 1999) ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 30 องศาเซลเซียสจัดเป็นระดับที่สามารถทำลายผลได้ (Arndt, 1992) เพราะอุณหภูมิของผลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและลดลงช้ากว่าอุณหภูมิของสภาพอากาศ (Parchomchuk and Meheriuk, 1996) สภาพดังกล่าวศักย์ของน้ำในผลจะต่ำ น้ำจะไหลเข้าสู่ผลอย่างรวดเร็วและเกิดแรงดันภายในผลสูง ซึ่งมักเป็นสาเหตุการแตกของผลอย่างหนึ่ง (Milad and Shackel, 1992; Peet, 1992; Peet and Willits, 1995) นอกจากนี้อาจเกิดจากการแตกจากส่วนของเปลือก เช่น บริเวณ fruit stomata (Yamaguchi *et al.*, 2003) ช่องเปิดของสะดือ (navel) และรอยต่อของขั้วกับก้านผล (Garcia-Luis *et al.*, 1994; Garcia-Luis *et al.*, 2001) หรือแรงดันจากการขยายตัวของเนื้อผล (Opara, 1996a) เป็นต้น จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ไม่สามารถสังเกตอาการผลแตกได้โดยตรง หรือเรียกว่า cuticle microcracks (Webster and Cline, 1994) หรือ cuticular fracture (Sekse, 1995b) ที่มักทำให้เกิดผลแตกในระยะต่อมา (ภาพที่ 6) ขณะที่การแตกของผลที่พบในการทดลองนี้เกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ คือ แตกในแนวตั้ง แนวนอน แนวเฉียงและไม่มีรูปแบบแน่นอนหรือหลายทิศทาง (ภาพที่ 7) โดยการแตกในแนวตั้งและแนวเฉียงพบได้มากที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโตของผล แต่ในแนวนอนและหลายทิศทางพบได้ตั้งแต่ในระยะที่ 2 และ 3 จึงแสดงให้เห็นว่า ระยะพัฒนามีผลต่อรูปแบบการแตกของผล เพราะการแตกในแนวตั้งและแนวเฉียงสามารถเกิดขึ้นเมื่อผลมีการขยายตัวในทุกระยะการเติบโต เนื่องจากบริเวณขั้วและก้นผลมักมีความต่างศักย์ของน้ำต่ำ (Milad and Shackel, 1992) มีส่วนของเปลือกบาง (Chikaizumi *et al.*, 1984) และมีช่องที่เกิดจากรอยต่อของก้านกับขั้วผล รวมถึงการมีช่องเปิดของสะดือ (Garcia-Luis *et al.*, 1994; Garcia-Luis *et al.*, 2001) จึงทำให้ผลแตกในแนวดังกล่าวได้ง่าย ส่วนบริเวณกลางผลจะมีเปลือกหนาการแตกในแนวนอนจึงมักเกิดในระยะที่ผลเริ่มเปลี่ยนสีผลและระยะผลสุก (Qian, 1997) ขณะที่การแตกหลายทิศทางน่าจะเกิดจากการขยายตัวของเปลือกตามแรงดันของท่อลำเลียงน้ำ ท่ออาหารรอบผล (Josan *et al.*, 1995) และตามการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของผล (Goa, 1995; Opara and Tadesse, 2000) ส่วนตำแหน่งการแตกบริเวณผลน่าจะขึ้นอยู่กับรอยแผลหรือช่องเปิดของเปลือก

(skin fracture) และทิศทางการขยายตัวจากภายในเนื้อผล (flesh fracture) ในช่วงการเจริญเติบโตของผล (Opara, 1996a; Opara, 1996b)

นอกจากนี้การพ่นสารแคลเซียมคลอไรด์และโบรอนสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพผลส้มได้ดีกว่าการไม่พ่นสาร โดยทำให้มีเปอร์เซ็นต์ผลแตกลดลง (ตารางที่ 1) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลจากสารแคลเซียมคลอไรด์และโบรอนซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ ทำให้มีความแน่นเนื้อและเพิ่มค่า TSS และ TA ของผลให้สูงขึ้นด้วย (Raese and Drake, 2002) เช่นเดียวกับ Gao (1995) ที่พบว่า เมื่อเปลือกผลมีความแน่นเนื้อสูงจะช่วยลดอาการผลแตกได้ เพราะในเปลือกมีสารเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble pectin) สูง ซึ่งช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผิวผลได้ และหากมีปริมาณธาตุแคลเซียมในเปลือกต่ำจะมีเปอร์เซ็นต์การแตกของผลมากขึ้น (Opara and Tadesse, 2000) และยังช่วยลดการซึมผ่านของน้ำทางผิวผลได้ เพราะสารละลายซึ่งมีความเข้มข้นสูงเกาะอยู่รอบผลจะช่วยปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายภายในและภายนอกผลให้ใกล้เคียงกันจึงเป็นการชะลอการดูดซึมน้ำเข้าสู่ผลระหว่างที่มีฝนตกได้ (Lang *et al.*, 1997) ดังนั้นประเด็นการศึกษาถึงการซึมผ่านของสารละลายธาตุแคลเซียมและโบรอนทางผิวผล น่าจะมีการค้นคว้าวิจัยต่อไป เพื่อให้เข้าใจถึงบทบาทของธาตุทั้งสองที่มีต่อลักษณะกายภาพของเปลือกส้ม เนื่องจากเป็นสารที่เคลื่อนที่ได้ช้าและมักมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการในการพัฒนาผลเมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2-3 (Storey and Treeby, 2002) ขณะเดียวกันสารทั้ง 2 ยังช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ได้ดีขึ้นด้วย (Peryea *et al.*, 2003; Teasdale and Richards, 1990)

ส่วนการศึกษาผลจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินที่มีต่อการแตกของผล โดยทำการควบคุมการให้น้ำ 3 ระดับ และศึกษาทางสรีรวิทยาจากการได้รับแสงต่ออุณหภูมิของผล โดยใช้แสงจากหลอดไฟเป็นแหล่งให้ความร้อนในระดับความเข้มแสงต่างกัน ซึ่งใช้ต้นส้มที่ปลูกในกระถางขนาด 25 นิ้ว ภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติกนั้น เป็นการศึกษาเพื่อพิสูจน์และเปรียบเทียบถึงอิทธิพลของทั้ง 2 ปัจจัย คือ ระหว่างน้ำและแสง ที่จะส่งผลต่อการตอบสนองของต้นและผลของต้นส้มโชกุน จากการศึกษาจะพบว่า การขาดน้ำที่รุนแรง (6 วัน/ครั้ง) มีผลเพียงทำให้ศักย์ของน้ำในใบและในผล คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ การชักนำปากใบลดลง (ภาพที่ 9) และต้นแสดงอาการเหี่ยว อย่างรุนแรง โดยมีลักษณะใบห่อ เหี่ยว และแห้ง (ภาพที่ 10) แต่หลังจากมีการให้น้ำในอีก 1 วันถัดไปกลับพบว่าสภาพต้นเกิดอาการฟื้น โดยมีลักษณะใบที่ปกติ และมีการร่วงของใบ นอกจากนั้นตลอดการทดลองก็มีการร่วงของผลเกิดขึ้น แต่ไม่ปรากฏอาการที่จะเกิดการแตกของผล ส่วนต้นที่การให้น้ำสม่ำเสมอ (2 วัน/ครั้ง) และขาดน้ำปานกลาง (4 วัน/ครั้ง) ตลอดการทดลองสภาพต้นไม่แสดงอาการใดๆ แต่ก็เกิดการร่วงของผลเช่นกัน และยังพบอีกว่าการขาดน้ำที่รุนแรงและขาดน้ำปานกลาง มีผลทำให้ความหนาของเปลือกส้ม และความห่างระหว่างต่อมน้ำมันกับ Cuticle ลดลง เมื่อเทียบกับการให้น้ำสม่ำเสมอ นอกจากนั้นแล้วยังมีผลทำให้ต่อมน้ำมันมีลักษณะผิดปกติ (ภาพที่ 11) สำหรับการศึกษาทางสรีรวิทยาจากการได้รับแสงต่ออุณหภูมิของผล ในการทดลองที่ศึกษาการให้แสงที่ผิวผลในระดับความเข้มแสงต่างกัน จะพบว่า ผลส้มที่ให้แสงที่ผิวผลทุกระดับความเข้มแสงหลังจากให้แสงทำให้

มีกลิ่นส้มเกิดขึ้น อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้น และทำให้ขนาดของผลลดลง โดยผลส้มที่ให้แสงที่ผิวผลในระดับความเข้มแสง 40 และ 60 วัตต์ ไม่ปรากฏวงกลมสีน้ำตาล แต่ผลส้มที่ให้แสงที่ผิวผลในระดับความเข้มแสง 100 วัตต์ หลังจากให้แสงทำให้เกิดวงกลมสีน้ำตาล ผิวผลนุ่ม และยังมีผลทำให้เซลล์ของเปลือกส้มผิดปกติ (ภาพที่ 12) และการศึกษาการให้แสงที่ผิวผลในระดับความเข้มแสง 100 วัตต์ ในรูปแบบต่างกัน ก็พบว่า ผลส้มที่ให้แสง 2 ด้านพร้อมกัน นาน 30 นาที ทำให้เกิดวงกลมสีน้ำตาล และเกิดการแตกของผล ส่วนในรูปแบบอื่นๆ ทำให้เกิดวงกลมสีน้ำตาลเช่นเดียวกัน แต่ไม่ปรากฏอาการที่จะเกิดการแตกของผล (ภาพที่ 14) แสดงให้เห็นว่าแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเปลือกส้มด้านนอก จนเป็นสาเหตุที่มาของการแตกของผลส้ม ถ้าหากต้นส้มได้รับน้ำมากทันที ความเต่งของผลจะดันให้เปลือกผลปริได้ในสภาพที่ผิวผลบาง ดังนั้นที่เป็นอยู่ในปัจจุบันจึงทำให้เกษตรกรบางรายใช้วิธีการพ่นน้ำเหนือทรงพุ่มในช่วงฤดูร้อน เพื่อลดอุณหภูมิภายใต้สภาพแสงแดดจัด