

## บทที่ 4

### บทวิจารณ์

#### การศึกษาระยะเวลาการเจริญและการบานของดอก

การเจริญของดอกเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญที่สร้างกิ่งและใบเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อสร้างส่วนสืบพันธุ์ ระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อนี้ขึ้นกับชนิดของพืช พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม (เทียมใจ คมกฤต, 2539) และสารฟลอริเจน (florigen) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืชเอง (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ไม่ขึ้นต้นในเขตร้อน โดยเฉพาะใกล้เขตเส้นศูนย์สูตรมักเกิดดอกได้เมื่อได้รับช่วงแสงและความชื้นในอากาศและในดินที่พอเหมาะ หากความชื้นมากเกินไปตาที่สร้างดอกก็จะสร้างกิ่งและใบแทน (วิจิตต์ วรรณชิต, พันธ์ แพชนะ และ พิทยา ศิริสงคราม, 2529) โดยทั่วไปพืชในสกุลส้มจะออกดอกเมื่อผ่านช่วงแล้งมาระยะหนึ่งและถ้าสภาพอากาศเย็นก็จะเร่งให้มีการออกดอกเร็วขึ้น เนื่องจากในช่วงแล้งนั้นการเจริญของกิ่งและใบจะถูกยับยั้งหรือลดลงมากแต่มีการสะสมอาหารที่บริเวณกิ่งแทน ซึ่งอาหารที่ถูกสะสมนี้จะเป็นปัจจัยหลักอันแสดงถึงความพร้อมของต้นก่อนที่จะออกดอก (พีรเดช ทองอำไพ, 2537)

การศึกษาในส่วนนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลในแปลงปลูกส้มโชกุน ตำบลคลองหอยโข่ง อำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นแปลงปลูกส้มที่เกษตรกรไม่ได้บังคับต้นส้มโชกุนเพื่อให้ออกดอกและเก็บผลผลิตได้เป็นจำนวนมากพร้อมกันทั้งหมด หลังจากที่เก็บผลผลิตแล้วก็จะทำการตัดกิ่งเพื่อให้กิ่งได้สะสมอาหารเพิ่มขึ้นและเมื่อต้นได้รับสภาพความแห้งแล้งช่วงสั้นๆ จะผลิใบอ่อนและออกดอกอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น ส้มโชกุนต้นที่สมบูรณ์ เมื่อได้รับฝนและความแห้งแล้งสลับกันจะสามารถออกดอกและให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ในสวนส้มนี้พบดอกก่อนข้างมากอยู่ในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมและเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ซึ่งช่วงเวลากการออกดอกของส้มโชกุนในแปลงนี้เหลือคล้ายกับรายงานของพานิชย์ ยศปัญญา (2542) ที่รายงานว่า ส้มโชกุนออกดอกในเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม สาเหตุดังกล่าวน่าจะเกิดจากความแตกต่างของปัจจัยหลัก เช่น ตำแหน่งที่ตั้งสภาพพื้นที่ ระบบการให้น้ำ (สุรพล มนต์เสรี, 2531) รวมถึงอายุของต้นและอาหารสะสมภายในกิ่งก่อนที่จะมีการออกดอก (พีรเดช ทองอำไพ, 2537)

จากการศึกษาพบว่า ดอกส้มโชกุนมีระยะเวลาเจริญจากที่เป็นตุ่มดอกถึงระยะติดผลแบ่งเป็น 9 ระยะและใช้เวลา 13 วัน ใกล้เคียงกับผลการศึกษาในส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ที่แบ่งการเจริญของ

ดอกออกเป็น 7 ระยะและใช้เวลา 8 วัน (ไมตรี แก้วทับทิม, 2539) จำนวนวันและช่วงเวลาการบานของดอกมีความสำคัญต่อกระบวนการถ่ายเรณูแบบผสมข้ามที่ต้องอาศัยชีวพาหะ (Fægri and van der Pijl, 1979) ดอกส้มโชกุนบานมากที่สุดที่เวลา 10.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาในดอกพุทธรักษาพันธุ์ Chico (Lyrene, 1983) มะนาวพันธุ์ Kagzi (Rohidas and Chakrawar, 1989) และดอกกะเทยของมะม่วงหิมพานต์ (วิจิตต์ วรรณชิต, 2535) ต่างเวลากับการบานของส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ (ไมตรี แก้วทับทิม, 2539) ผลของช่วงเวลาการบานของดอกที่แตกต่างกันนี้เป็นกลไกภายในดอกเองเพื่อเอื้อต่อการถ่ายเรณู เรียกว่า floral clock ซึ่งไม้ดอกแต่ละชนิดจะมีช่วงเวลาการบานที่แตกต่างกันไป (Nepi and Panici, 1993) ขึ้นกับสภาพแวดล้อม อุณหภูมิและความชื้นในดิน เช่น หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นก็จะเร่งให้มีจำนวนดอกบานพร้อมกันมากขึ้น (Fægri and van der Pijl, 1979; Roy and Goldschmidt, 1996; Petanidou, 2001) นอกจากนี้อุณหภูมิยังส่งผลต่อจำนวนดอกและการติดผล เช่น อุณหภูมิในช่วงกลางวันที่สูงกว่า 34 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิต่ำในช่วงกลางคืนประมาณ 28 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อการออกดอกและการติดผลของถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) (Vara-Prasad, Craufurd and Summerfield, 1999)

### ลักษณะรูปพรรณสัณฐานและกายวิภาคของดอก

กลีบดอกของส้มโชกุนมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ดอกมีขนาดเล็ก สอดคล้องกับการศึกษาในพืชวงศ์ Rutaceae หลายชนิด เช่น ต่อมน้ำมันใน *Boronia megastigma* Nees ซึ่งพบในทุกรัฐของดอกยกเว้นที่ยอดเกสรเพศเมียและเกสรเพศผู้ (Bussell, Considine and Spadex, 1995; Mactavish and Menary, 1997) ต่อมน้ำมันเป็นโครงสร้างเก็บสารภายในพืช (internal secretory structure) มีลักษณะเป็นช่องว่างเก็บสารที่เกิดจากการสลายตัวของเซลล์ ภายในมีน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) (Fahn, 1982) ซึ่งถูกสะสมไปพร้อมๆ กับการเจริญของดอกและจะมีกลิ่นมากเมื่อดอกบานเต็มที่ (Mactavish and Menary, 1997) น้ำมันหอมระเหยนี้มีส่วนประกอบของสาร phenolic ที่มีผลกับการเกิดผิวเคลือบคิวทินที่กลีบดอก นอกจากนี้ภายในช่องว่างที่เกิดจากการสลายของเซลล์ยังมีสารอื่นๆ อีก ได้แก่ monoterpene, hydrocarbons,  $\alpha$  และ  $\beta$ -pinene และ limonene ซึ่งสาร limonene มีบทบาทต่อการพัฒนาผลของพืชสกุล *Citrus* (Bussell, Considine and Spadex, 1995) และเมื่อเปรียบเทียบกับกลิ่นระหว่างดอกกับใบพบว่ามีกลิ่นใกล้เคียงกัน (Bussell, Considine and Spadex, 1995) กลิ่นที่เกิดขึ้นภายในกลีบดอกนี้เป็นสิ่งที่พืชสร้างขึ้นเพื่อให้ชีวพาหะเข้ามาเยี่ยมชมดอกได้เฉพาะเจาะจง แต่การศึกษาทางด้านต่อมสร้างกลิ่นนี้ยังมีการศึกษากันน้อยมาก (Dobson, 1994)

ดอกส้มโชกุนมีก้านชูอับเรณูสีขาวติดกับอับเรณูสีเหลืองทางด้านหลัง (dorsifixed) ซึ่งพบโดยทั่วไปในไม้ดอก (Endress, 1994) ลักษณะการติดนี้มีผลต่อการเจริญของเรณูภายในอับเรณู การหุบและบานของกลีบดอก ล้วนมีผลต่อการเข้ามาของแมลงพาหะที่เฉพาะเจาะจง (Fægri and van der Pijl, 1979; ลาวัลย์ รักสัตย์, 2539) ส่วนสีอับเรณูของส้มโชกุนที่ใกล้เคียงกับยอดเกสรเพศเมียนั้น น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการมองเห็นของแมลงโดยเฉพาะสิ่งที่เข้ามาช่วยถ่ายเรณู (สุรไกร เพิ่มคำ, อนุชิต ชินาจริยวงศ์ และ สุระพงษ์ สายบุญ, 2528; Isham and Eisikowitch, 1998) เนื่องจากผึ้งสามารถจำและรู้จักสีได้ 4 สี คือ สีเหลือง สีฟ้าปนเขียว สีฟ้าหรือสีน้ำเงินและสีอัลตราไวโอเลต (ลาวัลย์ รักสัตย์, 2539)

อับเรณูของส้มโชกุนมีเนื้อเยื่อ 4 ชั้นและแตกตามยาว สอดคล้องกับการศึกษาของ Clarke และ Prakash (2002) ในส้มชนิด *Citrus australasica* F. Muell. และ *C. australis* (Mudie) Planchon จากการศึกษาของ Clement, Burrus และ Audran (1996) พบว่า ก่อนที่อับเรณูจะมีการแตกออกที่เซลล์ปาก (stomium) นั้น จะมีสารมาพอกที่บริเวณเอนโดทีเซียม (endothecium) คล้ายกับสารที่มีในแถบคาสพารีอัน (casparian stripe) โดยพอกที่ผนังเซลล์ด้านรัศมี (radial wall) และผนังด้านในที่ขนานกับด้านสัมผัส (inner tangential wall) ทำให้ผนังมีความหนามากขึ้นจนกลายเป็นผนังทุติยภูมิ (secondary wall) หรือเรียกว่าชั้น fibrous อับเรณูอาจมีการแตกออกก่อนหรือหลังจากที่ดอกบานก็ได้ ถ้าอับเรณูแตกก่อนที่ดอกบาน ปริมาณเรณูที่สร้างขึ้นภายในอับเรณูจะถูกจำกัดโดยโครงสร้างดอก แต่ถ้าเรณูแตกหลังจากที่ดอกบาน ปริมาณเรณูที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับลักษณะการแตกของอับเรณู (Nepi and Pacini, 1993)

ภายในอับเรณูของดอกส้มโชกุนจากระยะที่เป็นตุ่มดอกถึงระยะที่ดอกบานเต็มที่ มีการเจริญของเซลล์กำเนิดไมโครสปอร์ (microspore mother cells หรือ pollen mother cells หรือ meiocytes) ทั้งระยะ microsporogenesis ซึ่งเซลล์กำเนิดไมโครสปอร์มีการแบ่งตัวแบบไมโอซิสแล้วเปลี่ยนรูปร่างเป็นไมโครสปอร์เม็ดเดี่ยวๆ และระยะ microgametogenesis โดยไมโครสปอร์เปลี่ยนเป็นเรณูที่พร้อมทำหน้าที่ได้ (Cresti, Blackmore and van Went, 1992)

ในระยะ microsporogenesis อยู่ในดอกระยะที่ 1 ถึง 4 อับเรณูมีระยะการเจริญแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ระยะที่เนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สร้างสปอร์ (sporogenous tissue) เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์กำเนิดไมโครสปอร์ (จากผลการศึกษาเซลล์นี้อยู่ในโพर्फสระยะกลาง) แล้วเปลี่ยนแปลงเป็นกลุ่มไมโครสปอร์ที่มี 2 เซลล์ (dyad) และ 4 เซลล์ (tetrad) โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสขั้นที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นระยะ microsporogenesis ของดอกส้มโชกุนจึงสิ้นสุดลงที่ไมโครสปอร์ที่มี 4 เซลล์ ติดกันรูปร่างแบบพีระมิด (tetrahedral) ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาในส้มแมนดารินลูกผสม

พันธุ์ Lee [(*C. clementina* x (*C. paradisi* x *C. tangerina*)] ที่สิ้นสุดระยะด้วยไมโครสปอร์ที่มี 2 เซลล์ติดกัน (Cavalcante, Shifino-Wittmann and Dornelles, 2000)

ในการเปลี่ยนแปลงที่เซลล์บริเวณอับเรณู เนื้อเยื่อชั้นกลาง (middle layer) จะมีการลดขนาดลงจนไม่ปรากฏให้เห็นอีก ส่วนเซลล์ของทาพีตัมจะมีการขยายขนาดและมีโครงสร้างซับซ้อนขึ้น (Cresti, Blackmore and van Went, 1992) Blackmore และ Knox (1990) พบว่า ออร์แกนลล์ในไซโทพลาซึมระหว่างกลุ่มของไมโครสปอร์ก็มีการเพิ่มจำนวนและเริ่มสร้างผนังเรณูขึ้นในระยะที่เป็นไมโครสปอร์ที่มี 4 เซลล์ติดกัน (Fahn, 1982; Blackmore and Knox, 1990; Cresti, Blackmore and van Went, 1992) แต่มีข้อยกเว้นสำหรับพืชในสกุล *Najas* ที่ไม่มีการสร้างผนังเรณูในระยะนี้ (Cresti, Blackmore and van Went, 1992) ดังนั้นการสร้างผนังเรณูจึงขึ้นกับชนิดของพืชมากกว่าจะนำข้อสังเกตนี้มาเป็นหลักเกณฑ์ได้ (Fægri and van der Pijl, 1979) ไมโครสปอร์ของดอกส้มโชกุนเข้าสู่ระยะ microgametogenesis ดอกในระยะที่ 5 ถึง 8 โดยกลุ่มของไมโครสปอร์ที่มี 4 เซลล์ติดกันจะแยกตัวออกจากกันแล้วพัฒนาจนเป็นเรณูที่สมบูรณ์

ความมีชีวิตของเรณูในดอกที่บานเต็มที่ พบว่าสอดคล้องกับเวลาที่ดอกบานสูงสุดในรอบวัน เพราะในเวลาดังกล่าวเรณูมีค่าความมีชีวิตสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์และค่อยๆ ลดลงเป็นลำดับหลังจาก 10.00 นาฬิกา ซึ่งสอดคล้องกับความมีชีวิตของเรณูในดอกทุเรียน (ทรงพล สมศรี, 2530) และดอกส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ (ไมตรี แก้วทับทิม, 2539) ค่าความมีชีวิตของเรณูในพืชขึ้นกับอายุของอับเรณูที่นำมาทดสอบ ช่วงเวลาการทดสอบ ความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ ค่าความมีชีวิตของเรณูไม่เกี่ยวข้องหรือมีผลต่ออัตราการงอกของเรณูบนยอดเกสรเพศเมีย แต่มีความสำคัญต่อการถ่ายเรณูในพืชที่ผสมข้าม (Shivanna and Rangaswamy, 1992; Thomson *et al.*, 1994) ในการศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงพันธุ์พืช ควรมีข้อมูลเรื่องความมีชีวิตของเรณูควบคู่ไปกับความสามารถงอกของเรณูและอัตราการงอกของหลอดเรณูในช่อง stylar ของยอดเกสรเพศเมีย ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะสามารถนำมาปรับใช้ในการเลือกหาเวลาที่เหมาะสมที่ช่วยให้พืชไม้ผลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพภายในด้านการผลิตได้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด

เกสรเพศเมียของส้มโชกุนมียอดเป็นตุ่ม (capitate stigma) สีเหลือง เช่นเดียวกับส้มโอพันธุ์หอมหาคใหญ่ (ไมตรี แก้วทับทิม, 2539) และพืชในสกุล *Citrus* อื่นๆ (Davies and Albrigo, 1994; Roy and Goldsmidt, 1996; Cavalcante, Schifino-Wittmann and Dornelles, 2000; Clarke and Prakash, 2001) ผิวยอดเกสรเพศเมียมีปุ่มขนาดเล็กเรียงตัวเบียดชิดกัน ผนังปุ่มมีคิวทินหนา และยาวไม่สม่ำเสมอ ที่ผิวจะขับของเหลวออกมาเป็นสารพวก phenolic ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งหรือส่งเสริมการงอกของหลอดเรณูไปยังออดูด นอกจากนี้ยังมีสารพวก โปรตีนและไลพิดซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการระเหยของน้ำและน้ำตาล (Fahn, 1982; Cresti, Blackmore and van Went, 1992)

ลักษณะของยอดเกสรเพศเมียแบบนี้เรียก ยอดเกสรแบบแห้ง (dry stigma) ส่วนในพืชดอกอาจมียอดเกสรเพศเมียอีกแบบหนึ่งคือแบบเปียก (wet stigma) ซึ่งต่างจากยอดแบบแห้งตรงที่มีผิวเคลือบคิวทินบางกว่า ที่ผิวหน้าของปุ่มมีเยื่อบางปกคลุม เมื่อเซลล์ปุ่มเจริญเต็มที่เยื่อบางนี้จะแตกออก ทำให้ของเหลวภายในถูกขับออกมา (Cresti, Blackmore and van Went, 1992)

บริเวณยอดเกสรเพศเมียพบปุ่มซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าเรณู ขนาดของปุ่ม รูปร่างของยอดและก้านเกสรเพศเมียมีผลต่อการติดของเรณูมากน้อยต่างกัน ดังการศึกษาของ Ladd (1994) พบว่า หากแบ่งตามการดักจับและการนำเรณูเข้าสู่ช่อง stylar แล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบๆ แรกเรียกว่า active โดยยอดและก้านเกสรเพศเมียมีความสัมพันธ์กับการตกของเรณูในช่อง stylar เช่นพืชในวงศ์ Goodeniaceae และ Brunoniaceae มีการเก็บสะสมเรณูที่มากบริเวณยอดเกสรรูปถ้วยไว้ในปริมาณมาก เมื่อมีชีวพาหะเข้ามายังดอกและสัมผัสกับบริเวณยอดนี้ เนื้อเยื่อบริเวณยอดและก้านเกสรจะทำงานร่วมกันโดยเปิดช่อง stylar ให้กว้างขึ้นเพื่อให้เรณูจำนวนมากบนยอดเกสรรูปถ้วยตกลงในช่อง stylar ทั้งหมด และแบบที่สองเรียกว่า passive กลุ่มนี้มียอดเกสรเพศเมียที่มีปุ่มขนาดเล็กจำนวนมาก มีการขับของเหลวออกมาที่ปุ่มในปริมาณมากหรือมีสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกาวมาเคลือบที่ปุ่มเพื่อดักจับเรณู เช่นที่พบในพืชวงศ์ Myrtaceae Rutaceae Proteaceae และ Marantaceae เป็นต้น ปุ่มบนยอดเกสรเพศเมียจึงสัมพันธ์กับโครงสร้างผนังชั้นนอกของเรณูซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการถ่ายเรณูของพืช โดยมีความเกี่ยวข้องกับกลไกการผสมตัวเองไม่ติดของพืชเอง (Endress, 1994; Hermann *et al.*, 1999) Hermann และคณะ (1999) ยังให้ข้อเสนอแนะว่า หากจะทำการควบคุมพันธุกรรมพืชควรจะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความยาวก้านเกสรเพศเมีย เส้นผ่าศูนย์กลางของยอดเกสรเพศเมีย ความยาวของปุ่มบนยอดและขนาดของเรณูควบคู่กัน

ส่วนก้านเกสรเพศเมียของส้ม โขกุนมีการคอดเว้าเพียงเล็กน้อย โดยบริเวณส่วนที่ติดกับยอดเกสรเพศเมียและบริเวณที่ติดกับรังไข่จะกว้างกว่าบริเวณตอนกลางของก้านเกสรซึ่ง วิจิตต์ วรรณชิต (2535) ให้แนวคิดว่า ลักษณะที่คอดเว้านี้อาจเกี่ยวข้องกับจำนวนหลอดเรณูที่แทงเข้าสู่ออวุลในรังไข่ และจากการสังเกตดอกหลังระยะติดผลพบว่า ก้านเกสรเพศเมียคือบริเวณสุดท้ายที่จะมีการเสื่อม (senescence) ก่อนที่รังไข่จะเจริญเป็นผล ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในพืชสกุลนี้ (Davies and Albrigo, 1994; Roy and Goldsmidt, 1996; Cavalcante, Schifino-Wittmann and Dornelles, 2000; Clarke and Prakash, 2001) และสอดคล้องกับผลการศึกษาใน *Boronia megastigma* Nees ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Rutaceae เช่นกัน (Bussel, Considine and Spadek, 1995)

บริเวณใจกลางก้านเกสรเพศเมียของส้ม โขกุนมีช่อง stylar ก่อนข้างกลมและมีช่องรีล้อมรอบช่องกลมนั้น โดยทุกช่องมีความยาวไปถึงรังไข่ ที่ผิวของช่อง stylar พบว่ามีเนื้อเยื่อ transmitting

บุอยู่โดยรอบ ลักษณะของเซลล์ที่บุค่อนข้างเป็นที่เหลี่ยมและมีนิวเคลียสปรากฏชัดเจน Cresti, Blackmore และ van Went (1992) ได้แบ่งความแตกต่างนี้ออกเป็น 2 ลักษณะ ลักษณะแรกคือ ก้านเกสรเพศเมียที่มีช่อง (open style หรือ hollow style) โดยช่อง stilar จะยาวไปตลอดถึงรังไข่ ทำให้หลอดเรณูสามารถแทงผ่านช่องนี้เข้าไปที่อวุลได้ ลักษณะที่สองคือ ก้านเกสรเพศเมียที่ไม่มีช่อง (solid style หรือ solid core) โดยเนื้อเยื่อตรงกลางก้านเกสรเพศเมียเป็นเนื้อเยื่อพื้นที่ไม่เปิดเป็นช่องไว้ตรงกลาง ดังนั้นหลอดเรณูจึงต้องแทงผ่านเนื้อเยื่อบริเวณนี้เข้าไปยังอวุล และพบว่าเนื้อเยื่อ transmitting ในพืชแต่ละชนิดก็มีลักษณะเซลล์ที่แตกต่างกัน คือเป็นเซลล์รูปร่างค่อนข้างยาว มีผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary wall) หนาหรือหนาเฉพาะบริเวณที่เป็น middle lamella หรือมีช่องว่างระหว่างเซลล์ก็ได้ ภายในช่อง stilar มีของเหลวที่เนื้อเยื่อ transmitting ผลิตออกมาในระยะที่ดอกเจริญเต็มที่ ซึ่งของเหลวเหล่านี้จะมีผลในการส่งเสริมหรือยับยั้งการงอกของหลอดเรณูขึ้นกับกลไกการผสมพันธุ์ของพืชเอง

บริเวณรังไข่ของส้ม โขกุนพบว่า มีกลุ่มท่อลำเลียงจำนวนมาก ท่อลำเลียงเหล่านี้เกิดจากท่อลำเลียงที่เจริญออกทางด้านข้าง (sympodial bundle) ของกิ่งที่แยกออกมาถึงจุดที่ต้องเบนเข้าสู่ดอก แต่เนื่องจากส่วนของดอกมีปล้องสั้นๆ และมีส่วนต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงพิเศษไปจากกิ่งธรรมดา มาก กลุ่มท่อลำเลียงจึงแตกสาขาไปรวมกันเป็นแบบต่างๆ เป็นสาย (trace) จำนวนของท่อลำเลียงจึงขึ้นกับบริเวณที่รวมเป็นสายและขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (Fahn, 1982; เทียมใจ คมกฤต, 2539) ในแต่ละช่อง (locules) มีมากกว่า 1 อวุล เกาะกับพลาเซนตาในลักษณะคว่ำ (anatropous) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในพืชสกุล *Citrus* และพบว่าอวุลที่ไม่ถูกผสมจากเรณูหรืออาจยังไม่พร้อมผสมอยู่ (Clarke and Prakash, 2001) เนื่องจากผนังอวุลชั้นนอกและชั้นใน ไม่ได้ปิดบริเวณที่เป็นนิวเคลียส (Cresti, Blackmore and van Went, 1992)

เนื้อเยื่อบริเวณเกสรเพศเมียโดยทั่วไปมักพบผลิกรูปดาวแทรกตัวอยู่ในเนื้อเยื่อพื้นและพบมากกว่าโครงสร้างอื่นของดอก โดยเกาะเป็นกลุ่มหรือเป็นผลึกเดี่ยวๆ ตามบริเวณต่างๆ จากการศึกษากของ Ilarslan, Palmer และ Horner (2001) พบว่า ผลึกเหล่านี้คือเกลือแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate: CaOx) ที่ไม่ละลายน้ำ พบทั้งในโครงสร้างของราก ลำต้น ใบ ดอกและผล ทั้งในจิมโนสเปิร์ม (gymnosperm) และพืชดอก สารประกอบทางเคมีของผลึกจะแตกต่างกันตามรูปร่างและบริเวณที่มีผลึก และรูปร่างของผลึกขึ้นกับช่องว่างภายในเซลล์ที่มีผลึกนั้นอยู่ แต่ก็ยังคงเป็นเพียงข้อสันนิษฐานเท่านั้น เนื่องจากการศึกษาในเรื่องของผลึกยังมีข้อมูลน้อยมากแต่ก็ได้มีการศึกษามาย่างในพืช *Psychotria* sp., *Lemna* sp., *Vitis* sp., *Canavalis* sp. และ *Capsicum* sp. จึงทำให้ทราบว่าผลึกเหล่านี้ น่าจะมีบทบาทในการป้องกันแมลงหรือสัตว์ที่เข้ามากินพืช ควบคุมระดับ

แคลเซียมในพืช ช่วยรวบรวมแสงและสะท้อนแสง ควบคุมความเค็มในพืช และมีบทบาทในการแลกเปลี่ยนประจุ (pumping-ions) ในการเคลื่อนย้ายสารผ่านผนังเซลล์ (apoplastic transfer)

ต่อมน้ำหวานเป็น โครงสร้างเก็บสารภายนอก (extra secretory structure) ต่างจากต่อมน้ำมัน และผลึกซึ่งเป็น โครงสร้างเก็บสารภายใน (Fahn, 1982) มีรายงานว่าต่อมน้ำหวานของพืชสกุล *Citrus* อยู่ที่จานฐานดอกเพียงบริเวณเดียว (มงคล แซ่หลิม, 2535; Davies and Albrigo, 1994; Roy and Goldschmidt, 1996) แต่ในดอกส้มโชนุ่นนี้ได้ทำการศึกษาคำแหน่งของต่อมน้ำหวาน 3 บริเวณ คือ ก้านเกสรเพศเมีย รังไข่และจานฐานดอก โดยก้านเกสรเพศเมียนั้นมีสีขาวยิ่งสีเขียวอ่อน บริเวณ รังไข่มีสีเขียวและจานฐานดอกมีสีเหลืองอมเขียว ซึ่งเป็นลักษณะที่พบทั่วไปในดอกส้ม (Clarke and Prakash, 2001) Fægri และ van der Pijl (1979) และ Roubik (1995) ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่า การแสดงออกของพืชด้วยการใช้สี โดยเฉพาะที่ส่วนที่เป็นแหล่งอาหารของดอก เป็นการเอื้อประโยชน์ต่อชีวพาหะในการมองหาตำแหน่งของแหล่งอาหารได้ง่ายขึ้น อีกทั้งแหล่งอาหารสำคัญภายในดอกคือต่อมน้ำหวาน มักมีรูปร่างที่แน่นอนตามชนิดของพืช และยังจำเพาะต่อชีวพาหะอีกด้วย (Fægri and van der Pijl, 1979; Southwick, Loper and Sadwick, 1981; Endress, 1994; Roubik, 1995; Freitas *et al.*, 2001) จากการศึกษาของ Freitas และคณะ (2001) ในพืชวงศ์ Euphobiaceae ชนิด *Croton sarcopetalus* พบว่ามีต่อมน้ำหวาน 3 ชนิดอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ได้แก่ ต่อมน้ำหวานที่อยู่บน ส่วนของดอก (floral nectary) ต่อมน้ำหวานที่อยู่บนส่วนที่ไม่ใช่ดอก (extrafloral nectary) และต่อมน้ำหวานที่ขั้วน้ำหวานหลังจากที่ดอกบานหรือขณะที่ผลกำลังเจริญ (post-floral nectary) เนื่องจากใน ส้ม โชนุ่น มีการศึกษาต่อมน้ำ หวานเพียงใน ส่วนของดอกเท่านั้น จึงควรจะได้มีการศึกษาข้อมูลในต่อมน้ำหวานอีก 2 ชนิดเพิ่มเติม เพราะดอกที่มีต่อมน้ำหวานครบ ทั้ง 3 ชนิดอยู่ในช่อดอกเดียวกันมักมีความสามารถในการดึงดูดแมลงได้จำนวนมากซึ่งจะส่งผลให้เกิดการผสมข้ามได้ดีขึ้น (Gaffal, Heimler and El, 1998; Freitas *et al.*, 2001)

บริเวณต่อมน้ำหวานพบ modified stomata ชนิด 1 ช่อกกระจายอยู่ทั่วไปที่ก้านเกสรเพศเมีย และรังไข่ ส่วนที่จานฐานดอกพบ modified stomata ชนิด 2 ช่อก modified stomata เหล่านี้เป็นชนิดที่เปลี่ยนแปลงไปจากปากใบ (stomata) ทั่วไปที่พบบริเวณผิวใบ (Roubik, 1995; Willmer and Fricker, 1996) โดยจะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสารละลายน้ำตาลที่ต่อมน้ำหวานขับออกมา (Zer and Fahn, 1992; Bernardello, Galetto and Rodriguez, 1994; Roubik, 1995; Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996; Gaffal, Heimler and El, 1998; Fahn and Shimony, 2001) modified stomata เหล่านี้เป็นแบบ aquiferous ซึ่งมีรูปร่างและการทำหน้าที่ที่เปลี่ยนแปลงไป ก็จะเปิดอยู่ตลอดเวลา ไม่สามารถปิดและเปิดได้เช่นที่ผิวใบ (Zer and Fahn, 1992; Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996) ถ้า modified stomata ที่บริเวณผิวหน้าของต่อมน้ำหวานไม่มีความสามารถปิดเปิดได้ จะควบคุมน้ำ

หวานได้อย่างไร พืชจะเริ่มสร้าง modified stomata ที่ผิวหน้าของต่อมน้ำหวานเมื่อใดและการเริ่มขับน้ำหวานจะเกิดไปพร้อมๆ กับการสร้าง modified stomata หรือไม่ ซึ่งเป็นข้อสังเกตที่น่าจะได้นำไปศึกษาต่อไป

จากการที่มีจำนวนช่องของ modified stomata แตกต่างกันและมีการยกตัวของเนื้อเยื่อที่ขอบของ modified stomata ขึ้นสูงนั้น Gaffal, Heimler และ El (1998) ได้อธิบายว่า การยกขอบของ modified stomata เกิดขึ้นก่อนที่ modified stomata จะพร้อมทำหน้าที่เป็นทางผ่านของน้ำหวานและรอบๆ modified stomata ยังมีการพอกของสารคิวทินเพิ่มขึ้นอีกด้วย น้ำหวานที่ถูกขับออกมาจะไม่ผ่านทางช่องของ modified stomata พร้อมกันทุกช่อง ช่องใดที่มีน้ำหวานผ่านออกมาแล้วก็จะมีการยุบตัวจมลง (sunken) หรือถูกเบียดเข้ามาจนประกบเกิดเป็นช่องคู่ นอกจากนี้น้ำหวานจะถูกขับผ่านทางช่อง modified stomata แล้ว ยังสามารถผ่านทางผิวเคลือบคิวทินที่มีผนังบางตรงส่วนที่ไม่ใช่ปากใบได้ กรณีนี้พบเมื่อพืชมีการผลิตน้ำหวานออกมาในปริมาณมาก ทำให้ผิวเคลือบคิวทินถูกดันจากภายใน จนทำให้ผิวนี้แตกออกและปล่อยน้ำหวานออกมาได้ (Fahn, 1982; Roubik, 1995; Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996; Gaffal, Heimler and El, 1998)

ลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อผลิตน้ำหวานบริเวณฐานดอกของดอกส้มโชกุนนั้น เป็นเนื้อเยื่อพาราคีมา ซึ่งภายในเซลล์มีไซโทพลาซึมติดสีเข้ม (ประมาณ 7-8 ชั้น) และถัดลงมามีไซโทพลาซึมติดสีอ่อนกว่า ทำให้แยกเนื้อเยื่อพาราคีมาที่ติดกันนี้ได้เป็น 2 กลุ่ม ถัดจากเนื้อเยื่อพาราคีมากลุ่มที่ 2 ลงมาคือแนวมัดท่อลำเลียงที่ประกอบด้วยไซเล็มและโฟลเอ็ม จากลักษณะดังกล่าวทำให้แน่ใจว่าเนื้อเยื่อในบริเวณนี้น่าจะเป็นต่อมน้ำหวานเนื่องจากผลการศึกษาสอดคล้องกับ Bernardello, Galetto และ Rodriguez (1994), Endress (1994), Nepi, Ciampolini และ Pacini (1996) และ Freitas และคณะ (2001) ซึ่งจำนวนชั้นของเนื้อเยื่อพาราคีมาก็มีความแตกต่างกันตามปริมาณการผลิตน้ำหวานของพืช หากมีปริมาณการผลิตมากจำนวนชั้นก็จะเพิ่มขึ้น (Free, 1976)

โดยทั่วไปลักษณะของท่อลำเลียงในต่อมน้ำหวาน มักไม่มีการแทรกตัวเข้าไปที่เนื้อเยื่อผลิตน้ำหวาน (Free, 1976; Zer and Fahn, 1992; Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996; Freitas *et al.*, 2001) และการที่มีไซเล็มหรือโฟลเอ็มเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือมีทั้งสองอยู่ในมัดท่อลำเลียงก็มีความสำคัญต่อความเข้มข้นของน้ำหวานที่ผลิตออกมาด้วย หากมีเพียงแต่โฟลเอ็มน้ำหวานที่ขับออกมามีความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลสูงกว่าพืชที่มีทั้งไซเล็มและโฟลเอ็มอยู่รวมกัน (Zer and Fahn, 1992) และจากการศึกษาของ Gaffal, Heimler และ El (1998) พบว่า พืชใบเลี้ยงคู่ 160 ชนิดที่นำมาศึกษา ในจำนวนนี้ 90 ชนิดมีเพียงโฟลเอ็มเท่านั้น

ที่ก้านเกสรเพศเมียและรังไข่ ไม่ปรากฏว่ามีการแบ่งกลุ่มของเนื้อเยื่อชัดเจนนักเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่พบในฐานดอก แต่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิวของก้านเกสรเพศเมียและรังไข่ก็พบ



ปากใบในลักษณะเช่นเดียวกับที่พบในงานฐานดอก จึงไม่อาจปฏิเสธได้ว่าทั้งสองบริเวณนี้น่าจะเป็นบริเวณที่ผลิตน้ำหวานได้ ซึ่งคงต้องทำการศึกษาดังการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเม็ดแป้งภายในเนื้อเยื่อและออร์แกเนลล์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำหวานต่อไป ข้อมูลในส่วนนี้ได้มีการศึกษาในพืชอื่นๆ มาบ้างแล้ว เช่นการศึกษา ultrastructure และพบว่าปริมาณของไรโบโซม (ribosomes) ไมโทคอนเดรีย (mitochondrias) และแอมิโลพลาสต์ (amyloplasts) จำนวนมาก แต่จำนวนร่างแหเอนโดพลาซิม (endoplasmic reticulums) และดิกทิโอโซม (dictyosome) มีน้อย ซึ่งแอมิโลพลาสต์จะถูกสร้างขึ้นมากในระยะก่อนดอกบานแต่เมื่อมีการขับน้ำหวานเกิดขึ้นจำนวนแอมิโลพลาสต์เหล่านี้จะมีปริมาณลดลง (Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996) พืชสกุล *Vinca*, *Citrus* และ *Musa* มักมีแอมิโลพลาสต์น้อย ส่งผลต่อปริมาณน้ำหวานภายในดอกที่ถูกสร้างขึ้นน้อยตามไปด้วย (Zer and Fahn, 1992)

ปริมาณน้ำหวานที่วัดได้จากดอกส้มโชกุนนั้น วัดได้สูงสุดที่เวลา 8.00 นาฬิกา ซึ่งเป็นเวลาที่ดอกเริ่มบาน วัดได้เฉลี่ย 2.57 ไมโครลิตร ( $\pm 0.01$ ) มีความเข้มข้น 18.5 % Brix. ที่เวลา 12.00 นาฬิกา แม้จะวัดปริมาตรได้ต่ำสุดคือ 0.24 ไมโครลิตร ( $\pm 0.02$ ) แต่มีความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมากที่สุด วัดได้ 31.0% Brix. ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Roubik (1995) ที่พบว่าน้ำหวานจะถูกขับออกมาในปริมาณมากเมื่อดอกเริ่มเปิด นอกจากปริมาตรน้ำหวานจะขึ้นอยู่กับอายุของดอก (Bernardello, Galetto and Rodriguez, 1994) การศึกษาของ Free (1976) ในพืชสกุล *Citrus* 11 ชนิด ยังชี้ว่า ปริมาตรของน้ำหวานขึ้นกับขนาดของเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำหวานอีกด้วย

ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลในดอกส้มโชกุนใกล้เคียงกับการศึกษาของ Free (1976) ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลในดอกส้มอยู่ในช่วง 13-17 เปอร์เซ็นต์ แต่ในดอกที่มีอายุมากขึ้นจะมีความเข้มข้นสูงถึง 31 เปอร์เซ็นต์ และใน *C. reticulata* Blanco วัดความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลได้ 22 เปอร์เซ็นต์

ส่วนสาเหตุที่ปริมาตรและความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงในรอบวันนั้น Southwick, Loper และ Sadwick (1981) ได้อธิบายว่า การบานเต็มที่ของดอกที่มีกลีบดอกไม่เป็นรูปหลอด ทำให้ผิวหน้าของต่อมน้ำหวานสัมผัสกับอุณหภูมิ แสงและความชื้นได้โดยตรง หากค่าความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ต่ำในช่วงวันที่มีอากาศร้อน จะทำให้สารละลายน้ำตาลระเหยได้อย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำหวานมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลสูงขึ้นแต่ปริมาตรจะลดลง ส่งผลต่อการมาเยือนดอกของชีวพาหะ (Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996) เนื่องจากในน้ำหวานมีองค์ประกอบของน้ำตาลหลายชนิดเช่นซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส นอกจากนี้ยังมีน้ำ กรดอะมิโน และสารพวกไลพิด ฟีนอลิก และแอลคาลอยด์ปนอยู่ อัตราส่วนของน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเป็นตัวบ่งชี้ชีวพาหะได้ เช่น ถ้าอัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสสูงกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ ผึ้งจะเข้ามา

เขื่อนดอกมาก ซึ่งตรงข้ามกับแมลงในอันดับ Lepidoptera ที่ต้องการระดับน้ำตาลซูโครสต่ำกว่า เนื่องจากแมลงในอันดับนี้มีปากแบบดูดกิน (siphoning type) จึงต้องการน้ำหวานที่มีความหนืดต่ำ เพื่อให้ดูดกินง่าย (Loper, Waller and Berdel, 1976)

หลังจากที่มีการขับน้ำหวานออกมาแล้วพืชบางชนิด เช่น *Cucurbita pepo* L. cv. Greyzini (Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996) และ *Combretum fruticosum* (Bernardello, Galetto and Rodriguez, 1994) จะมีการดูดกลับของน้ำหวานเข้าสู่เซลล์ (resorption) การดูดกลับเกิดขึ้นเมื่อพืชมีการขับน้ำหวานออกมาปริมาณมากแต่สภาพอากาศไม่เอื้อต่อการออกหากินของชีวพาหะ ดังนั้น ปริมาณน้ำหวานที่ขับออกมาจึงมีมากกว่าการถูกนำไปใช้โดยชีวพาหะ พืชจึงมีกลไกในการรักษาสมดุลเพื่อชดเชยพลังงานที่เสียไปกับการผลิตน้ำหวานด้วยการดูดน้ำหวานกลับเข้าสู่เอมิโพลาสต์ แล้วเอมิโพลาสต์จะเปลี่ยนรูปเป็นโพรพลาสทิด (proplastids) ซึ่งเป็นกลไกในพืชที่เรียกว่า plastid dynamics (Nepi, Ciampolini and Pacini, 1996)

อย่างไรก็ตามการศึกษาในส่วนของต่อมน้ำหวานในดอกส้มโชกุนนี้ ก็ยังไม่ครอบคลุมถึงองค์ประกอบของน้ำตาลในน้ำหวานซึ่งมีบทบาทในการเลือกเข้ามายังดอกของชีวพาหะ อีกทั้งกลไกการดูดน้ำหวานกลับเข้าสู่เซลล์ก็เป็นหัวข้อที่น่าสนใจและน่าจะได้ทำการศึกษาต่อไป

## แมลงที่เข้ามาเยี่ยมดอกส้มโชกุน

การเข้ามาเยี่ยมดอกของแมลงต่างๆ ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์และกระบวนการปรับตัวร่วมกันระหว่างพืชและสัตว์ (Corbet, 1978) สำหรับพืชที่มีการถ่ายเรณูแบบผสมข้าม มักมีแมลงที่มีรูปลักษณ์เฉพาะเจาะจงกับดอก (Fægri and van der Pijl, 1979) ดอกไม้เหล่านี้มักมีกลิ่น สี แหล่งอาหารและรูปร่างของดอกเป็นสิ่งล่อให้แมลงเข้ามาที่ดอก (Endress, 1994) ลักษณะที่เป็นสิ่งล่อในพืชสกุล *Citrus* คือ กลิ่นและแหล่งอาหารภายในดอก (Isham and Eisikowitch, 1998) ซึ่งแมลงที่เข้ามาในดอกของพืชสกุลนี้นั้นมักเป็นแมลงในอันดับ Hymenoptera (Free, 1976)

แมลงที่เข้ามาเยี่ยมดอกส้มโชกุนมีจำนวน 6 ชนิดและจัดอยู่ใน 4 อันดับ ได้แก่ แมลงค่อมทอง ผีโพรง ผีเสื้อหางติ่งธรรมดา ผีเสื้อหนอนมะนาว แมลงวันผลไม้และมดมีหนาม แมลงที่พบทั้ง 4 อันดับนี้สอดคล้องกับอันดับแมลงที่มีรายงานในดอกส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ (วิจิตต์ วรรณชิต, 2538) แต่ชนิดแมลงที่พบในการศึกษารั้งนี้ล้วนต่างจากในรายงานดังกล่าว ปัจจัยที่ทำให้มีความต่างของชนิดแมลงน่าจะมี ความเกี่ยวข้องกับช่วงแสง อุณหภูมิและพื้นที่ๆ ทำการศึกษา (Cresswell, 1988; Isham and Eisikowitch, 1998; Abe, 2001) หากพิจารณาถึงระยะเวลาของการเข้ามาเยี่ยมดอก พบว่า มดมีหนามใช้เวลานานสำหรับการอยู่ที่ดอกบริเวณซอกระหว่างกลีบดอก

และก้านเกสรเพศผู้ ซึ่งน่าจะมียบทบาทในการช่วยถ่ายเรณูให้กับดอกได้บ้าง แต่เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการเก็บเรณูและการมีเรณูติดไปตามตัวได้จำนวนมากนั้น ผึ้งโพรงน่าจะเป็นแมลงที่มีพฤติกรรมดังกล่าวเด่นกว่าแมลงชนิดอื่น เนื่องจากบริเวณอกของผึ้งโพรงมีขนและที่ขาหลังมีกระเปาะเก็บเรณู (pollen baskets หรือ corbiculae) ทำให้เก็บเรณูได้มาก (Akratanakul, 1976) และจากการศึกษาของ Free (1976) สรุปไว้ว่า ผึ้งน้ำหวาน (honey bees) สกุล *Apis* มีบทบาทสำคัญในการถ่ายเรณูให้กับไม้ผลหลายชนิดรวมถึงพืชสกุล *Citrus* ทำให้ไม้ผลเหล่านี้มีการติดผลสูงขึ้น และคุณภาพของผลในเรื่องของขนาดและเปอร์เซ็นต์น้ำส้มยังสูงขึ้นอีกด้วย ในส่วนของแมลงค่อมทอง ผีเสื้อหางติ่งธรรมดา ผีเสื้อหนอนมะนาวและแมลงวันผลไม้ นั้น จากรายงานของสุรไกร (2541) และวิสุทธิและคณะ (2538) ได้จัดแมลงเหล่านี้เป็นแมลงศัตรูของส้มในประเทศไทย โดยเฉพาะส้มเขียวหวานและส้มโอ

เนื่องจากการศึกษาชนิดของแมลงที่เข้ามาเยี่ยมดอกส้มโชกุนเป็นเพียงการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษาถึงแมลงที่เป็นพาหะถ่ายเรณูให้กับดอกส้มโชกุนและทำให้ค่าการติดผลสูง ข้อมูลในเบื้องต้นเพียงชี้ว่าการเข้ามาเยี่ยมดอกส้มโชกุนของแมลงแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันในช่วงเวลา ซึ่งช่วงเวลาที่พบชนิดแมลงมากที่สุดอยู่ระหว่าง 9.00-11.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ดอกบานสูงสุดในรอบวันและเรณูมีค่าความมีชีวิตสูงสุด ซึ่งหากได้มีการศึกษาต่อไปในเรื่องการถ่ายเรณูด้วยแมลงในส้มโชกุนควรเลือกทำการถ่ายเรณูในช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากเป็นเวลาเกสรเพศผู้ของดอกส้มโชกุนมีความพร้อมในการทำหน้าที่สูงและเป็นเวลาเดียวกันกับการออกหาอาหารของแมลง แต่อย่างไรก็ตามการที่จะเลือกแมลงชนิดใดเพื่อให้มีบทบาทหลักในการถ่ายเรณูให้กับดอกส้มโชกุน จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของจำนวนและความถี่ที่เข้ามาเยือนรวมทั้งพฤติกรรมของแมลงที่เข้ามายังดอกและความเหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ด้วย

การผลิตไม้ผลเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสูงนั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายๆ ด้าน ปัจจัยหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องนั้นคือ กระบวนการสืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืช โดยเฉพาะพืชที่ถูกรักษาด้วยกลไกการผสมตัวเองไม่ติด ซึ่งเป็นกลไกธรรมชาติที่ทำให้พืชมีการปรับตัวเพื่อควบคุมระบบการสืบพันธุ์ในช่วงเวลาที่มีความพร้อมในการผสมทั้งในเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียแตกต่างกันหรือเหลื่อมล้ำกันทำให้เกิดการผสมข้ามขึ้น ดังที่พบในไม้ผลหลายชนิดรวมถึงไม้ผลในตระกูลส้มด้วย ปัจจุบันมีการนำกลไกการผสมตัวเองไม่ติดของไม้ผลมาใช้ในการผสมพันธุ์เพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชและการผลิตพันธุ์ลูกผสม เนื่องจากไม้ผลที่มีกลไกการผสมตัวเองไม่ติดมักมีผลผลิตในปริมาณน้อย วิธีการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตคือการปรับปรุงพันธุ์แล้วทำการปลูกแบบไม่ใช้เพศเพื่อให้ได้ลักษณะต้นที่เหมือนกันสำหรับนำไปปลูกในพื้นที่ใหญ่ๆ อีกทั้งสะดวกต่อการดูแลและมีความสม่ำเสมอของการเก็บโต ด้วยเหตุนี้ปัญหาของการผสมตัวเองไม่ติดจึงเพิ่มขึ้นและยังไม่ได้รับ

การแก้ไข เพื่อป้องกันปัญหานี้ควรหาพันธุ์ที่ผสมเข้ากันได้มาปลูกรวมกันและจัดระบบให้มีการถ่ายเรณูด้วยแมลงจะทำให้มีประสิทธิภาพในการผสมข้ามได้สูงสุด

การศึกษาปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการถ่ายเรณูจากส่วนสืบพันธุ์ทั้ง 2 เพศ ทำให้ทราบถึงความพร้อมสูงสุดในการทำหน้าที่ และปัจจัยรองที่ทำให้การถ่ายเรณูมีประสิทธิภาพมากขึ้นอันได้แก่ ระยะเวลาเจริญและการบานของดอก สิ่งดึงดูดชีวพาหะให้เข้ามายังดอกและชนิดของชีวพาหะที่คาดว่าจะมีส่วนช่วยในการถ่ายเรณูให้กับดอกนั้น น่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำข้อมูลเหล่านี้ไปหาช่วงเวลาการถ่ายเรณูที่มีประสิทธิภาพ (Effective Pollination Period: EPP) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาแนวทางสู่การพัฒนาทางด้านผลผลิตทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของไม้ผลท้องถิ่นชนิดนี้ต่อไปในอนาคต