บทที่ 2

การตรวจสอบวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

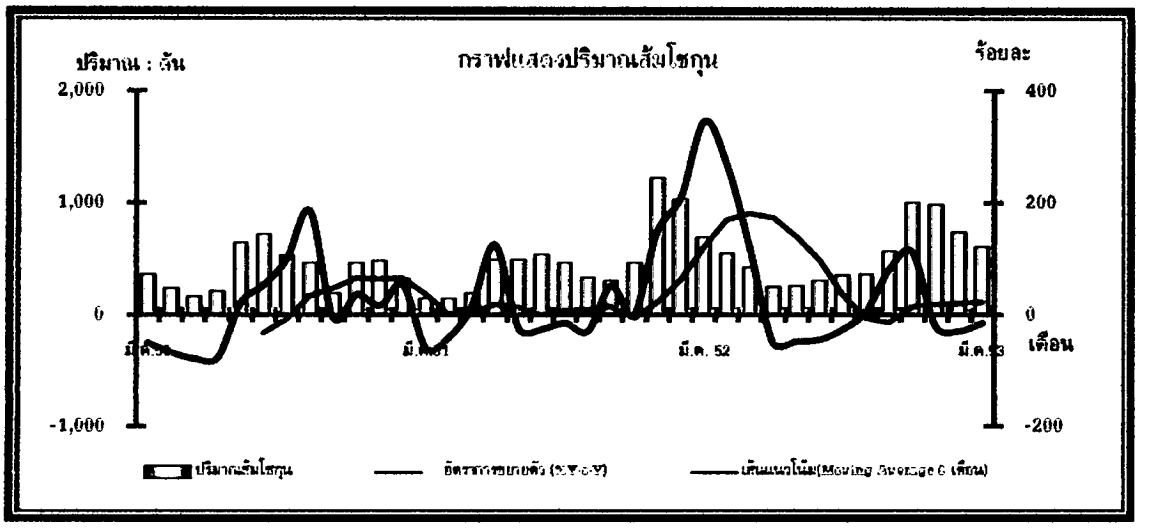
สถิติการผลิตส้มโชกุน

สำนักงานเกษตรยะลา (2553) รายงาน ปริมาณส้มโชกุนในเดือนมีนาคม 2553 ออกสู่ตลาดลดลง เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันของปีก่อนจาก 703.11 ตัน เป็น 610.55 ตัน หรือลดลง ร้อยละ 13.16 จากการลดพื้นที่ปลูกส้มที่ทรุดโทรม เพื่อหันไปปลูกยางพาราแทน ประกอบกับราคาส้มโชกุนปรับตัวลดลง เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันของปีก่อนจากราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 53.41 บาท เป็น 37.14 บาท หรือลดลงร้อยละ 30.46 พิจารณามูลค่าของส้มโชกุนลดลง เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันของปีก่อนจาก 37.55 ล้านบาท เป็น 22.68 ล้านบาท หรือลดลงร้อยละ 39.62 เนื่องจากปริมาณและราคาลดลง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณ ราคา และมูลค่าส้มโชกุนของจังหวัดยะลา

เครื่องชี้วัด	หน่วย	ปี 2552	ปี 2553		
		มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ปริมาณผลผลิต : ส้มโชกุน	ตัน	703.11	992.88	746.46	610.55
อัตราการขยายตัว (%Y-o-Y)	ร้อยละ	347.78	-19.30	-27.80	-13.16
ราคาผู้ผลิตพืช : ส้มโชกุน	บาท/กก.	53.41	38.33	40.00	37.14
อัตราการขยายตัว (%Y-o-Y)	ร้อยละ	44.35	49.03	55.28	-30.46
มูลค่าพืช : ส้มโชกุน	ล้านบาท	37.55	38.06	29.86	22.68
อัตราการขยายตัว (%Y-o-Y)	ร้อยละ	546.37	20.27	12.11	-39.62

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดยะลา, 2553



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณ อัตราขยายตัว และแนวโน้มการผลิตส้มโชกุน
ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดยะลา, 2553

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศกับการแสดงออกของพืช

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของพืชผิดปกติ ช่วงเวลาในการทำการเกษตรและระยะเก็บเกี่ยวน้อยลง ผลผลิตได้รับความเสียหายทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เพราะพืชสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้การทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ผิดปกติ เพิ่มความเสี่ยงจะทำให้เกิดความล้มเหลวของผลผลิตในการปลูกพืช สาเหตุมาจาก การเจริญเติบโต การแตกยอด และการชักนำการแตกยอดและดอกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าเวลาปกติเพื่อหลีกเลี่ยงฤดูกาลที่แห้งแล้ง (Wookey *et al.*, 1995 ; Molau and Shaver, 1997 ; Dunne *et al.*, 2003 ; Aerts *et al.*, 2004)

ช่วงเวลาการเยือนของชีวพาหะไม่มีความเหมาะกับการบานของดอก (David, 2009) ชีวพาหะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากพืชได้ ทำให้พืชและแมลงมีโอกาสการสูญพันธุ์ และส่งผลต่อกระบวนการถ่ายละอองเรณู การติดผล และผลผลิตน้อยลง (Hedhly *et al.*, 2004 ; Tomohisa Yano *et al.*, 2007) ซึ่งจากรายงานของ Remigijus Ozolincius และคณะ (2009) ได้ออกแบบเพื่อทดลองอิทธิพลของความชื้นดินต่อการติดผล พบว่า Scots pine ในชุดการทดลองที่ควบคุมความชื้นมีค่าการติดผลมากกว่าชุดการทดลองที่ดินอยู่ในสภาพแห้งแล้ง ทั้งนี้เพราะความแห้งแล้งไปทำให้อัตราความมีชีวิตและการงอกของหลอดละอองเรณูน้อยลง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมีส่วนทำให้เกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วอีกด้วย (Petzoldt and Seaman, 2001)

สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

อุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิที่พอเหมาะแก่การแตกยอดของส้มควรเป็นประมาณ 20 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 12 - 13 องศาเซลเซียส ส้มมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย และที่สูง 40 องศาเซลเซียส ส้มจะไม่มีการเจริญเติบโตเลย และในทางตรงกันข้าม ส้มจะทนต่อสภาพอากาศเย็นได้ต่ำสุด -2.2 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อต้นส้ม โดยเฉพาะในสภาพที่อุณหภูมิลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจะยิ่งเป็นอันตรายต่อต้นส้มมากขึ้นเพราะปรับตัวไม่ทัน ดังนั้นในประเทศแถบกึ่งร้อน เช่น แคลิฟอร์เนีย ฟลอริด้า ประเทศญี่ปุ่น และประเทศอิสราเอลบางตอนที่มีอากาศหนาวเย็นในฤดูหนาว จึงต้องเลือกปลูกส้มพันธุ์ที่ทนต่อสภาพอากาศเย็นได้ การป้องกันความเย็นในต่างประเทศอาจใช้กังหันลม (wind machine) ระบายอากาศ โดยอาศัยหลักความแตกต่างกันของอุณหภูมิตอนล่างกับอุณหภูมิตอนบนซึ่งแตกต่างกันเราว 4 - 5 องศาฟาเรนไฮ กังหันลมจะถูกควบคุมโดยสวิทช์อัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิต่ำถึงจุดที่ตั้งไว้กังหันลมจะเดินเครื่องทำงานทันที ความต้องการอุณหภูมิของส้มบางชนิดไม่เท่ากัน เช่น ลวีทออเรนช์เจริญเติบโตดีในช่วงอุณหภูมิ 23 - 29 องศาเซลเซียส ส้มเปรี้ยว 23 - 26 องศาเซลเซียส และเกรพฟรุ๊ท 20 - 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลทำให้ช่วงการสุกแก่ของผลส้มมีไม่เท่ากันด้วย เช่น ในเขตอบอุ่นผลส้มจะแก่ช้ากว่าส้มในเขตร้อนถึง 2 - 3 เดือน และอุณหภูมิก็มีผลต่อสีผิวของผลส้มด้วย เช่น ในเขตอบอุ่นผลส้มสามารถสร้างเม็ดสี และปริมาณกรดซิตริกสูงกว่าส้มที่ปลูกในเขตร้อน ส้มที่ปลูกในอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น สามารถให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี ผิวผลเรียบ เปลือกและทรงพุ่มต้นแผ่กว้าง แต่มีปัญหาเรื่องโรคและแมลง ในเขตร้อนชื้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ 80 - 90 ในสภาพอากาศร้อนมากๆ เช่น ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะทำให้ใบส้มมีลักษณะตายนึ่ง (Weis and Ferguson, 2007) สมบูรณ์ มั่นความดี (2535) กล่าวว่า ความชื้นในดินเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต (Limiting factor) และจำกัดการให้ผลผลิตของพืชที่ปลูก การควบคุมระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินในบริเวณที่มีรากพืชให้อยู่ในช่วง 50 - 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตลอดฤดูเพาะปลูก หากพบว่า ในขณะใดขณะหนึ่งระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินในบริเวณที่มีรากพืชน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้น ก็ควรจัดการทดน้ำให้แก่ดิน และถ้าระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินในบริเวณรากพืชเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุ ความชื้นของดินนั้น ก็ควรจัดการระบายน้ำบางส่วนออกจากดิน

ทั้งความชื้นและอุณหภูมิส่งเสริมการแตกยอด การออกดอก และการผลิตผลที่ต่างกันไป วิจิตต์ วรรณชิต และไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่า ส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ทยอยการแตกยอดอ่อน และออกดอก จำนวนแตกต่างกันในแต่ละครั้งเกือบทุกเดือน แต่เกิดขึ้นสูงสุดในช่วงเดือนเมษายน การแตกยอดอ่อนและออกดอกปรากฏในเห็นพร้อมๆ กันหลังจากที่ต้นได้รับความแห้งแล้งไปแล้วระยะหนึ่ง และได้รับน้ำฝนในปริมาณที่เพียงพอในเวลาต่อมา ช่วงเวลาออกดอกจนกระทั่งดอกบานหมดต่อนข้างสั้นเฉลี่ยเพียง 21 วัน ดอกกลุ่มแรกเริ่มบานในวันที่ 7 หลังจากดอกเริ่มปรากฏให้เห็น และดอกจะบานสูงสุดในวันที่ 11 การติดผลเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 7 และเกิดขึ้นสูงสุดในวันที่ 11 หลังจากดอกเริ่มบาน การร่วงของผลอ่อน เกิดขึ้นหลังจากติดผลและเกิดขึ้นสูงสุดในวันที่ 15 หลังจากเริ่มติดผล การร่วงของผลอ่อนในระยะต่างๆ รวมกันสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของการติดตามผล หลังจากติดผลแล้วผลเจริญเติบโตจนกระทั่งแก่ใช้เวลาประมาณ 8 เดือน โดยช่วงผลแก่และเก็บเกี่ยวผลได้สูงสุดในเดือนธันวาคม Albrigo (2007) กล่าวว่า ผลของภาวะโลกร้อนที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงนั้น จะส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้นและปริมาณผลผลิต อุณหภูมิมีบทบาทต่อการชักนำและการพัฒนาการของยอด ดอก และผลส้ม โดยถ้าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ 2 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณการแตกยอดและการออกดอกลดลง และจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพผลส้มด้วย เช่น ปริมาณกรด และองค์ประกอบของน้ำตาล เป็นต้น Tubiello และคณะ (2000) ได้คาดการณ์และจำลองผลผลิตของส้มว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของส้มภายใต้การเปลี่ยนแปลงจากภาวะโลกร้อนนั้น พบว่า ในปี ค.ศ. 2090 จะมีผลผลิตลดลงจากเดิมในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานเพาะปลูก ความชื้น ความร้อน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง และนอกจากนี้ Goldscmidt และคณะ (1985) กล่าวว่า การขาดน้ำและความชื้นในดินมีผลให้รากหยุดชะงักการเจริญเติบโตซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Salter และ Goode (1967)

ชีววิทยาดอกและการถ่ายละอองเรณู

ชีววิทยาดอก เช่น ฤดูการออกดอก การบานดอก การปลดปล่อยละอองเรณู ความมีชีวิตของละอองเรณู การงอกของหลอดละอองเรณู ตลอดจนความพร้อมรับละอองเรณูของเกสรเพศเมีย มีความสำคัญต่อกระบวนการถ่ายละอองเรณูที่นำไปสู่การติดผล (Faegri and Pijl, 1979) และกำหนดคุณภาพของผลไม้ (Lyrene, 1983 ; Wunnachit *et al.*, 1992) และไม้ผลส่วนใหญ่ต้องอาศัยการถ่ายละอองเรณูจึงก่อให้เกิดการติดผลและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

ฤดูการออกดอกของไม้ผล

ฤดูการออกดอกของไม้ผลแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม สำหรับรายงาน การศึกษาในเขตร้อนปรากฏว่า ปริมาณน้ำฝนหรือความชื้นหรือความแห้งแล้งมีผลต่อช่วงการออกดอกของไม้ผลเป็นอย่างมาก (พรพันธ์ กิตินันท์ประกร และสุรนันต์ สุภัทรพันธุ์, 2530 ; สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, 2537 ; Monselise and Halevy, 1964) ไม้ผลเขตร้อนส่วนใหญ่ออกดอกหลังฤดูฝนจนถึงช่วงแล้ง นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2530) รายงานว่าเงาะ (*Nephelium lappaceum* L.) พันธุ์โรงเรียนในภาคใต้ของประเทศไทยออกดอกประมาณเดือนมีนาคมถึงเมษายนซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้ง สมนึก บุญเกิด และคณะ (2532) รายงานว่าทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) พันธุ์ชะนีที่ปลูกในจังหวัดจันทบุรีออกดอกในช่วงต้นฤดูแล้งที่มีความชื้นและอุณหภูมิต่อนข้างต่ำประมาณเดือนธันวาคม สาบัณห์ สดุดี (2533) รายงานว่ามังคุด (*Garcinia mangostana* L.) ในเขตจังหวัดสงขลา จะออกดอกช่วงหน้าแล้งประมาณเดือนมีนาคมถึงเมษายน วิจิตต์ วรรณชิต และคณะ (2535) รายงานว่ามะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) ที่ปลูกในภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทยออกดอกในเดือนกุมภาพันธ์หลังจากได้รับสภาพแห้งแล้งและระดับอุณหภูมิต่ำ ไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าส้มโอ (*Citrus grandis* L.Osbeck) พันธุ์หอมหาดใหญ่จะแตกยอดอ่อนและออกดอกเมื่อสภาพต้นมีใบแก่และผ่านความแห้งแล้งไปแล้วสักระยะหนึ่งแล้วได้รับน้ำฝนหรือการให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม การศึกษาฤดูการออกดอกของไม้ผลมีประโยชน์ต่อการวางแผนงานในการถ่ายละอองเรณูที่เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น เพื่อเพิ่มผลผลิตและเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่างๆ

ช่วงเวลาการบานของดอก

การบานของดอกมีความสำคัญต่อกระบวนการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามที่ต้องอาศัยชีวพาหะต่างๆ ของไม้ผลเป็นอย่างมาก ไม้ผลแต่ละชนิดมีช่วงเวลาการบานของดอกแตกต่างกันและมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาการออกหากินและทำหน้าที่ช่วยถ่ายละอองเรณูของชีวพาหะต่างๆ วิจิตต์ วรรณชิต และคณะ (2535) รายงานว่าดอกมะม่วงหิมพานต์ใช้เวลาในการบานประมาณ 60 วันนับจากดอกแรกที่บานจนถึงดอกสุดท้ายภายในต้น ดอกเพศผู้บานเต็มที่เวลา 7:00 ถึง 8:00 นาฬิกา ส่วนดอกกระเทยบานเต็มที่เวลา 10:00 ถึง 11:00 นาฬิกา ช่วงเวลาการถ่ายละอองเรณูสูงสุดเวลาประมาณ 10:00 นาฬิกา นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2531) รายงานว่าการบานของดอกทุเรียนใช้เวลาประมาณ 9 วัน เกสรเพศผู้เริ่มบานเวลา 18:00 ถึง 19:00 นาฬิกาและเกสรเพศเมียเริ่มบานเวลา 13:00 ถึง 14:00 นาฬิกา ส่วนพืชตระกูลส้มนั้น Rohidas และ Chakrawar (1989) ได้รายงานว่าดอกมะนาว (*Citrus aurantifolia* Swing.) จะบานสูงสุดที่เวลา 10:00 ถึง 12:00 นาฬิกา และไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าการเจริญของดอกส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ แบ่งได้เป็น 7 ระยะ โดยมีระยะเวลาตั้งแต่ดอกเจริญขึ้นมาให้

เห็นจนกระทั่งดอกเริ่มบานนาน 57 ชั่วโมงและจากดอกเริ่มบานถึงระยะติดผลนาน 67 ชั่วโมง และแต่ละต้นมีช่วงเวลาการบานเฉลี่ย 14 วันและดอกจะบานมากที่สุดในวันที่ 6 ช่วงการบานเต็มที่ของดอกในรอบวันเอยู่ที่เวลา 10:00 นาฬิกา

การปลดปล่อยและความมีชีวิตของละอองเรณู

การปลดปล่อยและความมีชีวิตของละอองเรณูในไม้ผลหลายชนิดแตกต่างกันตั้งแต่ดอกเริ่มบานจนถึงหลังจากดอกบานไปแล้วระยะหนึ่ง ละอองเรณูที่ปลดปล่อยออกมาใหม่ๆ มีค่าความมีชีวิตสูงแล้วจะค่อยๆ ลดลงหลังจากถูกปลดปล่อย Wunnachit และคณะ (1992) รายงานว่าละอองเรณูมะม่วงหิมพานต์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาใหม่ๆ มีค่าความมีชีวิตสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น ค่าความมีชีวิตจะค่อยๆ ลดลง ละอองเรณูที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องนาน 48 ชั่วโมง จะมีค่าความมีชีวิตเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ ทรงพล สมศรี (2530) รายงานว่าละอองเรณูทุเรียนที่ถูกปลดปล่อยออกมาใหม่ๆ มีค่าความมีชีวิต 90 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องนาน 20 ชั่วโมง จะมีค่าความมีชีวิตลดลงเหลือ 85 เปอร์เซ็นต์ ไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าดอกส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่จะปลดปล่อยละอองเรณูหลังจากดอกบานเต็มที่ ละอองเรณูที่ถูกปลดปล่อยออกมาใหม่ๆ มีค่าความมีชีวิตสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเก็บรักษาละอองเรณูไว้ที่อุณหภูมิห้อง ค่าความมีชีวิตจะค่อยๆ ลดลงเหลือเพียง 65.02 เปอร์เซ็นต์ที่ชั่วโมงที่ 48 ละอองเรณูที่มีค่าความมีชีวิตสูงทำให้การงอกของหลอดละอองเรณูที่จะนำไปสู่การปฏิสนธิกับออวุลก่อให้เกิดการติดผลดีขึ้น (Norton, 1966) ทั้งนี้ เนื่องจากละอองเรณูที่มีค่าความมีชีวิตสูงจะมีความแข็งแรงนำไปสู่การงอกเพื่อเข้าไปปฏิสนธิกับออวุลที่ดี

เกสรเพศเมียของดอก

Faegri และ Pijl (1979) รายงานว่าเกสรเพศเมียประกอบด้วย ปลายยอดเกสรเพศเมีย ก้านเกสรเพศเมีย และรังไข่ ปลายยอดเกสรเพศเมียจัดเป็นโครงสร้างที่สำคัญในการทำหน้าที่รับการถ่ายละอองเรณู ซึ่งปลายยอดเกสรเพศเมียจะมีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกันในพืชแต่ละกลุ่ม วิจิตต์ วรรณชิต และไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าปลายยอดเกสรเพศเมียดอกส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ที่บานเต็มที่จะแผ่แบนออกเป็นแปลายยอดเกสรเพศเมียขนาดใหญ่ ตรงกลางปลายยอดมีร่องบุ๋มเล็กน้อยและขับสารเหนียวออกมาปกคลุมผิวหน้า Tandon และคณะ (2001) ศึกษาลักษณะปลายยอดเกสรเพศเมียของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* L.) ในช่วงพร้อมรับการถ่ายละอองเรณู พบว่า ปลายยอดเกสรเพศเมียมีการแยกออกเป็น 3 แฉกจนกลายเป็นร่องบุ๋ม ปลายยอดเกสรเพศเมียไม่ราบเรียบ มีเนื้อเยื่อยื่นออก (papillae) และขับสารเหนียวออกมาเพื่อทำหน้าที่ดักจับละอองเรณู นอกจากนี้ภายในเนื้อเยื่อเกสรเพศเมียพบช่องว่าง

ที่เรียกว่า stylar canals ยาวตลอดจนถึงรังไข่เพื่อเป็นช่องสำหรับการแทงของหลอดละอองเรณู เข้าไปในรังไข่ (Shivanna, 2003) เกสรเพศเมียจึงมีความสำคัญทางด้านการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชควบคู่ไปกับส่วนของเกสรเพศผู้

รูปแบบการถ่ายละอองเรณูกับการติดผล

การถ่ายละอองเรณู (pollination) เป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผสมพันธุ์ของพืชดอก เริ่มจากมีการปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายละอองเรณูไปตก ติด และงอกบนปลายยอดเกสรเพศเมียจนนำไปสู่การปฏิสนธิในที่สุด (Faegri and Pijl, 1979) การถ่ายละอองเรณูสามารถแบ่งออกตามลักษณะเพศของดอกเป็น 2 แบบ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2525) คือ

1. การถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเอง (self pollination) เป็นกระบวนการถ่ายละอองเรณูที่เกิดขึ้นในดอกเดียวกัน ต่างดอกในต้นเดียวกัน จนเกิดการผสมพันธุ์และให้ผลผลิตเป็นพืชต้นใหม่ที่มียีโนไทป์เหมือนกันหมด พืชผสมตัวเองหลายชนิดมีกลไกการบานของดอกที่ควบคุมให้เกิดการผสมตัวเองเท่านั้น เช่น ดอกไม่บานเลยแม้การผสมพันธุ์เรียบร้อยแล้ว (cleitogamy) ดอกบานเมื่อมีการผสมพันธุ์เรียบร้อยแล้ว (chasmogamy) และลักษณะดอกที่มีเกสรเพศเมียอยู่ลึกและถูกปิดล้อมด้วยเกสรเพศผู้อย่างมิดชิดทำให้โอกาสผสมข้ามเกิดขึ้นไม่ได้หรือเกิดขึ้นได้น้อยมาก

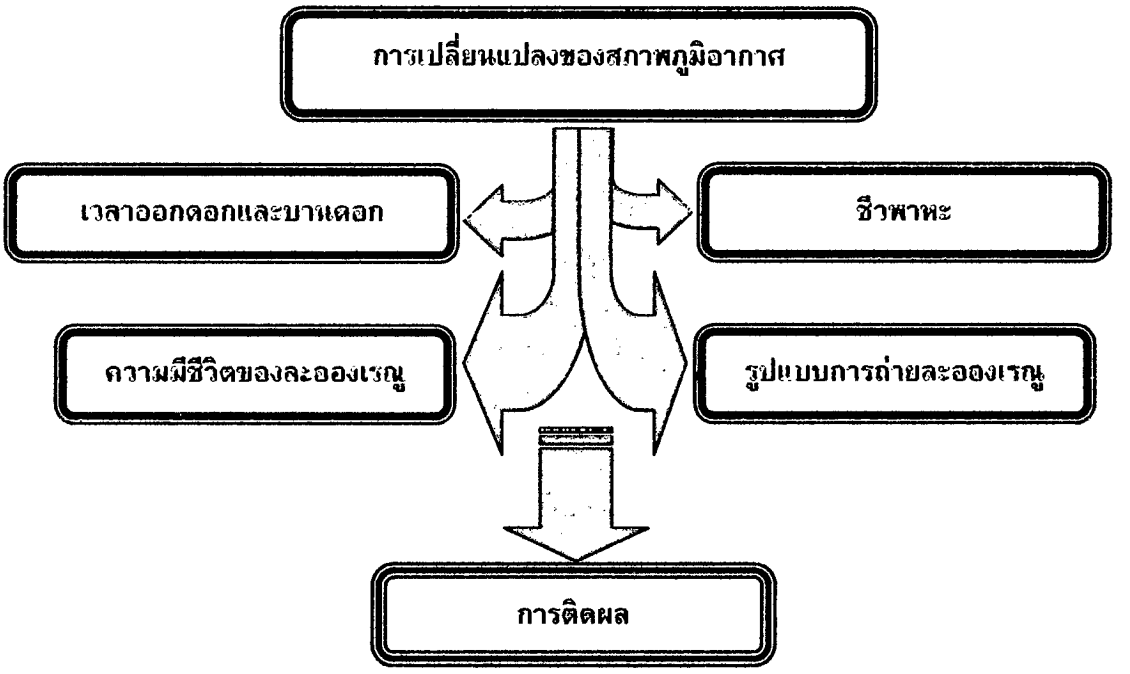
2. การถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้าม (cross pollination) เป็นกระบวนการถ่ายละอองเรณูที่เกิดขึ้นระหว่างต้นจนเกิดการผสมพันธุ์เป็นพืชต้นใหม่ ลักษณะของพืชผสมข้ามโดยทั่วไปหากได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเองให้ค่าการติดผลต่ำ ไม้ผลยืนต้นส่วนใหญ่เป็นพืชผสมข้าม เช่น ทุเรียน มะเฟือง ลิ้นจี่ ส้มชนิดและพันธุ์ต่างๆ เป็นต้น พืชผสมข้ามมีลักษณะทางชีววิทยาของดอกหลายอย่างที่ควบคุมหรือส่งเสริมให้เกิดการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้าม เช่น การแยกตำแหน่งของดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่คนละต้น (dioecy) หรือคนละดอกในต้นเดียวกัน (monoecy) แต่ความพร้อมรับการผสมระหว่างละอองเรณูและเกสรเพศเมียไม่พร้อมกัน (dichogamy) การผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) และการเป็นหมันของละอองเรณู (male sterile)

ไม้ผลยืนต้นส่วนใหญ่รวมทั้งพืชตระกูลส้มหลายชนิดต้องอาศัยกระบวนการถ่ายละอองเรณูเพื่อการติดผล (Faegri and Pijl, 1979) สุวรรณพงศ์ ทองปลิว (2534) รายงานว่าส้มโอพันธุ์ทองดีที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามสามารถติดผลเฉลี่ย 24 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเองให้ค่าการติดผลเฉลี่ย 2.8 เปอร์เซ็นต์ Garcia-Papi และ Garcia-Martinez (1984) รายงานว่าส้มแมนดารินพันธุ์ Fino ที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามกับส้มแมนดารินพันธุ์ Sanquino ติดผล 39 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเองติดผล 8 เปอร์เซ็นต์ Lupo และคณะ (1991) พบว่าส้มแมนดารินพันธุ์

Murcott ที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบเปิดตามธรรมชาติติดผลสูงกว่าการถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเอง สำหรับการศึกษาการถ่ายละอองเรณูในส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่โดยไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่ที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามก่อให้เกิดการติดผลได้ดีกว่าการผสมตัวเอง นอกจากนี้รายงานการศึกษาการถ่ายละอองเรณูต่อการติดผลในไม้ผลอื่นๆ เช่น ทรงพล สมศรี (2530) รายงานว่าทุเรียนพันธุ์ชะนีที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามกับพันธุ์ก้านยาวติดผล 27 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเองที่ติดผลเพียง 0.51 เปอร์เซ็นต์ Knight (1982) รายงานว่ามะเฟือง(*Averrhoa carambola* L.) พันธุ์ Golden Star ที่ได้รับการถ่ายละอองเรณูแบบผสมข้ามสามารถติดผล 13 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการถ่ายละอองเรณูแบบผสมตัวเองที่มีค่าการติดผลเพียง 2 เปอร์เซ็นต์

ชนิดและพฤติกรรมของแมลงในการถ่ายละอองเรณู

แมลงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการถ่ายละอองเรณูของพืชที่จะนำไปสู่การติดผล ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์และกระบวนการปรับตัวร่วมกันระหว่างพืชและสัตว์ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสง ช่วงวัน ความเร็วลม เป็นต้น (Corbet, 1978) Free (1976) รายงานว่า แมลงมักเข้ามาเยี่ยมดอกตรงตำแหน่งอับละอองเรณูและต่อมน้ำหวานมีพฤติกรรมบินไปมาระหว่างต้นทำให้เกิดการผสมข้าม โดยแมลงจะเข้ามาเยือนดอกในช่วงเวลา 9:00 ถึง 15:00 นาฬิกา โดยใช้เวลาในการเข้ามาที่ตำแหน่งอับละอองเรณูนาน 5 ถึง 8 วินาทีต่อดอก และจะเข้ามาที่ตำแหน่งต่อมน้ำหวานนาน 15 ถึง 20 วินาทีต่อดอก ไมตรี แก้วทับทิม (2538) รายงานว่าแมลงที่ช่วยในการถ่ายละอองเรณูให้กับดอกส้มโอพันธุ์หอมหาดใหญ่มี 4 ชนิดได้แก่ ชันโรง (*Trigona* sp.) มดดำ (*Camponotus* sp.) แมลงวันผลไม้ (*Bactrocer dorsolis* Hendel) และ ด้วงงวง (weevil) นอกจากนี้ ยังพบเพลี้ยไฟ (*Scirtothrips dorsalis* Hood) จำนวนมากอยู่ภายในดอกแต่ไม่ได้ช่วยในการถ่ายละอองเรณู แมลงที่ช่วยในการถ่ายละอองเรณูสูงสุดคือ ชันโรง รองลงมาคือ แมลงวันผลไม้ วิสุทธ์ ใบไม้ และคณะ (2538) รายงานว่าพืชอาหารของแมลงวันผลไม้มี 159 ชนิด 39 วงศ์ ในจำนวนนี้เป็นพืชวงศ์ส้ม ได้แก่ มะตูม (*Aegle marmelos* Corr.) มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swing.) ส้มโอ (*Citrus grandis* L. Osbeck) ส้มมะงั่ว (*Citrus medica* L.) ส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) ส้มเกลี้ยง (*Citrus sinensis* Osb.) และส้มจี๊ด (*Citrus japonica* Thunb) นอกจากนี้ยังพบว่า พืชวงศ์ส้มมีแมลงวันผลไม้หลายชนิดที่เข้ามาเยือนดอก



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศกับชีววิทยาดอก ชีวพาหะ การถ่ายละอองเรณูและการติดผล