บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ลำไย

ลำไย (*Euphoria longana* Lam.) จัดอยู่ในตระกูล Sapindaceae ถิ่นกำเนิดของลำไยสันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศจีนตอนใต้ และแพร่กระจายเข้าไปสู่อินเดีย ลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินดีสตะวันออก เกาะมาดากัสกา และ ไทย แหล่งปลูกลำไยในประเทศไทยที่สำคัญ คือ จังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน และ พะเยา นอกจากนี้ก็มีปลูกในภาคกลาง เช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปัจจุบันลำไยได้แพร่กระจายไปในจังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเลย หนองคาย นครพนม ภาคใต้ เช่น จังหวัดพัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช (พาวิน, 2543)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ ถ้าเป็นลำต้นที่เกิดจากเมล็ดจะมีลักษณะตรง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 10-12 เมตร และถ้าเป็นลำต้นที่เกิดจากกิ่งตอนไม่ได้รับการตัดแต่งในขณะที่ต้นยังเล็กมักแตกลำต้นเทียมหลายต้น ต้นที่เกิดขึ้นไม่ค่อยเหยียดตรงมักเอนหรือโค้งงอ ลักษณะเปลือกลำต้นขรุขระไม่เรียบ มีสีเทาหรือสีเทาปนน้ำตาล แตกเป็นสะเก็ด (เกียรติเกษตร และ คณะ, 2530; พงษ์ศักดิ์ และ คณะ, 2542)

ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leaves) มีปลายใบเป็นคู่ มีใบย่อย 3-5 คู่ ความยาวใบ 20-30 เซนติเมตร ใบย่อยเรียงตัวสลับหรือเกือบตรงข้าม ใบย่อยกว้าง 3-6 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร รูปร่างใบเป็นรูปรีหรือรูปหอก ส่วนปลายใบและฐานใบค่อนข้างป้าน (พงษ์ศักดิ์ และ คณะ, 2542) ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมัน ด้านล่างสาก ใบอ่อนที่แตกออกมามีสีน้ำตาลแดง (Subhadrabandhu, 1990) ขอบใบเรียบไม่มีหยัก ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย และเห็นเส้นใบ (vein) แตกออกจากเส้นกลางใบชัดเจนและมีจำนวนมาก (พาวิน, 2543)

ดอก ออกเป็นช่อ (panicle) โดยมากออกตามปลายกิ่งทางด้านนอกของทรงพุ่ม ซึ่งเกิดเป็นช่อที่ซอกใบ ช่อดอกมีขนาดใหญ่ รูปทรงกรวย ก้านของช่อดอกอวบแข็งแรง เหยียดตรง แตกสาขาออกไปโดยรอบ ก้านที่แตกออกเหล่านี้เป็นที่เกิดของดอกเล็กๆ มากมาย มีสีขาวนวล (เกียรติเกษตร และ คณะ, 2530) ในช่อดอกหนึ่งๆ อาจมีดอก 3 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกสมบูรณ์เพศ (พงษ์ศักดิ์ และ คณะ, 2542)

ผล มีผลทรงกลมหรือเบี้ยว เปลือกสีน้ำตาลปนเหลืองหรือปนเขียว ผลสุกมีเปลือกสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอมแดง ผิวเปลือกเรียบหรือเกือบเรียบ มีตุ่มแบนๆ ปกคลุมที่ผิวเปลือกด้านนอก เนื้อลำไยเป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมาที่เจริญล้อมรอบเมล็ด และอยู่ระหว่างเปลือกกับเมล็ด สีขาวคล้ายวุ้น สีขาวขุ่น ใสหรือสีชมพูเรื่อๆ กลิ่นหอม รสหวานแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542)

เมล็ด มีลักษณะกลมจนถึงกลมแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีขาวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน ลักษณะคล้ายตามังกร (dragon's eye) ส่วนของเมล็ดที่ติดกับขั้วผล (placenta) เป็นเนื้อเยื่อสีขาวๆ บนเมล็ด เมล็ดมีขนาดเล็กหรือใหญ่ต่างกันไปตามพันธุ์ เมื่อผลแก่จัดถ้ายังไม่เก็บเกี่ยว placenta จะใหญ่ขึ้นเนื่องจาก placenta ดึงอาหารจากเนื้อผลเพื่อไปเลี้ยงเมล็ด ทำให้เนื้อผลมีรสชาติจืดลง (พงษ์ศักดิ์ และ คณะ, 2542)

พันธุ์ลำไยที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ลำไยที่พบในปัจจุบันอาจแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะของผล เนื้อ เมล็ด และ รสชาติ (พาวิน, 2543; พาวิน และ วินัย, 2543) คือ

1. ลำไยเครือหรือลำไยเถา ลำไยชนิดนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euphoria scandens* Winit Kerr. หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า *Dimocarpus longan* var. *obtusus* มีลำต้นเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ ทรงพุ่มต้นคล้ายต้นเฟื่องฟ้า ลำต้นไม่มีแก่น (pith) ใบขนาดเล็กและสั้น ผลเล็ก ผิวผลสีชมพูปนน้ำตาล เนื้อผลบาง มีกลิ่นคล้ายกำมะถัน เมล็ดโต ปลูกไว้เป็นไม้ประดับมากกว่าที่จะใช้รับประทานผล

2. ลำไยต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ลำไยพื้นเมืองหรือลำไยกระดูก ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงต้นมกราคม เก็บผลได้ประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ให้ผลดก ผลมีขนาดเล็ก ขนาดของผลเฉลี่ยกว้าง 1.8 เซนติเมตร หนา 1.6 เซนติเมตร สูง 1.7 เซนติเมตร รูปร่างของผลค่อนข้างกลม ผิวสีน้ำตาล เปลือกหนา เนื้อบาง สีขาวใส ปริมาณน้ำตาล 19% เมล็ดมีขนาดใหญ่ เปลือกลำต้นขรุขระมาก ต้นตั้งตรงสูงประมาณ 20-30 เมตร ใบขนาดเล็กกว่าลำไยกะโหลก มักพบตามป่าของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย มีอายุยืนมาก ปัจจุบันไม่นิยมปลูก เนื่องจากผลมีขนาดเล็ก

2.2 ลำไยกะโหลก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะให้ขนาดผลใหญ่ เนื้อหนาและ มีรสหวาน ปริมาณน้ำตาลประมาณ 16-24% มีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ดอ หรือ อีดอ พันธุ์ชมพู หรือ สีชมพู พันธุ์แห้ว หรือ อีแห้ว เป็นต้น

การออกดอกของลำไย

ลำไยที่ปลูกด้วยกิ่งตอนที่มีสภาพของต้นสมบูรณ์ จะเริ่มออกดอกในปีที่ 2 โดยการผลิช่อดอกส่วนใหญ่จะเกิดตรงส่วนยอด ภายในต้นเดียวกันอาจผลิดอกไม่พร้อมกันทั้งต้น โดยเริ่มแทงช่อดอก ประมาณปลายเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ พื้นที่ปลูก และสภาพแวดล้อมแต่ละปี การเกิดดอกของลำไยมักออกดอกไม่สม่ำเสมอ (irregular bearing) (พาวิน, 2543) ในปีที่ฤดูหนาวมีอากาศไม่หนาวหรือมีฤดูหนาวสั้นลำไยมักออกดอกน้อย หรือถ้ามีการแตกใบอ่อนขณะออกดอก หรือ ก่อนออกดอก ทำให้ลำไยออกดอกน้อยหรือไม่ออกดอกเลย (ธวัชชัย, 2531) ถึงแม้ว่าจะได้รับอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมต่อการชักนำการออกดอก (พาวิน, 2543)

จากปัญหาการออกดอกของลำไยจึงมีผู้สนใจทำการศึกษาการออกดอกของลำไยดังนี้คือ

Chen *et al.* (1985) ศึกษาการเพิ่มช่อดอกและการควบคุมใบประกอบ ที่โคนช่อดอกลำไยพันธุ์ Dongoi โดยพ่น 2,4-D ความเข้มข้น 5, 10 และ 20 สตล GA_3 ความเข้มข้น 50 และ 100 สตล และ Ethrel (Amchem, U.S.A.) 500, 1,000 และ 3,000 สตล ในช่วง inflorescence differentiation ผลการทดลองพบว่า GA_3 100 สตล ให้ผลดีที่สุดโดยทำให้ออกดอกเพิ่มขึ้น 94.5 เปอร์เซ็นต์ และ Ethrel 500 – 1,000 สตล ทำให้ออกดอกเพิ่มขึ้น 87.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ control มีการออกดอกน้อยที่สุดคือ 28.6 เปอร์เซ็นต์ โดยสารเคมีทุกชนิด เพิ่มขนาดของช่อดอก และจำนวนดอกตัวเมีย และการสร้างใบประกอบที่ผิดปกติที่โคนช่อดอกลดลง ต้นที่ได้รับสารจะมีช่วงการบานของดอกตัวเมียช้าไป 5 – 10 วัน

ครุณี (2533) ศึกษาอิทธิพลของ GA_3 (Kyowa) (Kyowa Hakko Kogyo Co, Ltd., Tokyo, Japan) ไทโอยูเรีย และปุ๋ยทางใบบางชนิดที่มีต่อการแตกใบอ่อน และการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอโดยการพ่นทางใบด้วยความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยใช้ GA_3 (Kyowa) ความเข้มข้น 20, 30 และ 40 สตล ไทโอยูเรีย 500, 1,000 และ 1,500 สตล ปุ๋ยทางใบสูตร 30-20-10 ความเข้มข้น 2,500, 3,000, 5,000 และ 6,000 สตล สูตร 0-52-34 ความเข้มข้น 2,500 และ 5,000 สตล ปุ๋ยเนอวาเนท (บริษัทไจแอนท์ จำกัด กรุงเทพฯ, ประเทศไทย) ความเข้มข้น 500 และ 1,000 สตล และ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ความเข้มข้น 10,000 และ 15,000 สตล จำนวน 1 – 2 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าสารเคมีทุกชนิดไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก และไม่มีสารเคมีชนิดใดที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนเพิ่มขึ้น

กิติโชติ (2537) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ และ สีชมพู ในปี 2534–2535 โดยการพ่นปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34; MPP) และปุ๋ยสูตร 7-13-34+12.5 Zn (NK) ที่ระดับความเข้มข้น 2,500, 5,000, และ 7;500 สตล เริ่มตั้งแต่ใบเพสลาด จำนวน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 7 วัน พบว่าปุ๋ย NK ทำให้ลำไยทั้ง

สองพันธุ์ตอบสนองดีกว่าปุ๋ย MPP ส่วนในการเพาะปลูก 2535-2536 ทำการพ่นปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้น 2,500, 5,000, 7,500, และ 10,000 สตล ทำเช่นเดียวกับปีแรก พบว่าการให้ปุ๋ยทุกระดับความเข้มข้นและ control ให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกไม่แตกต่างกันในลำไยทั้งสองพันธุ์

ธเนศ (2542) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol และ ethephon ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ วางแผนการทดลองแบบ Factorial (3X2) +1 in CRD ทำ 5 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ ความเข้มข้นของ paclobutrazol 3 ระดับ คือ 100, 500, และ 1,000 สตล และปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของ ethephon 2 ระดับ คือ 250 และ 500 สตล โดยพ่น paclobutrazol และ ethephon ทางใบ ผลการทดลองพบว่า ต้นลำไยที่ได้รับ paclobutrazol และ ethephon ที่ระดับความเข้มข้น 100 : 250 (paclobutrazol : ethephon) 100 : 500, 500 : 500 และ 1,000 : 500 สตล มีความยาวยอดยาวกว่า ต้นที่ไม่ได้รับสาร (control) ส่วนน้ำหนักสดของใบ ความยาวใบประกอบ ความยาวก้านใบประกอบ ความยาวใบย่อย และ ความกว้างใบย่อย ไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธีของการทดลอง และพบว่าต้นลำไยที่ไม่ได้รับสารมีแนวโน้มให้จำนวนต้นที่ออกดอกมากที่สุดคือ 80 % และมีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น 39 ช่อ และพบว่าผลของ paclobutrazol และ ethephon ในการทดลองนี้ไม่มี interaction กันในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา

ลิ้นจี่

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) อยู่ในตระกูล Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของประเทศจีน เพราะมีการเพาะปลูกลิ้นจี่ในประเทศจีนมาเป็นเวลานานกว่า 4,000 ปี ปัจจุบันมีปลูกมากแถบมณฑลกวางตุ้งและฟูเกียนของประเทศจีน และอาจมีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม ปัจจุบันมีเพาะปลูกเป็นสวนขนาดใหญ่และขนาดเล็กในภาคเหนือของอินเดีย ไทย ไต้หวัน ภาคใต้ของญี่ปุ่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของออสเตรเลีย อัฟริกาตะวันออก บราซิล และสหรัฐอเมริกาในมลรัฐฟลอริดา และ ฮาวาย และ เขตภูมิอากาศแบบกึ่งร้อนทั่วโลก (เกศิณี, 2528; Yaacob and Subhadrabandhu, 1995)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลิ้นจี่เป็นไม้ผลยืนต้น มีทรงพุ่มขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ความสูงของต้นประมาณ 10 เมตรหรือมากกว่า กิ่งโค้งหรือบิดงอ มีการแตกกิ่งก้านสาขามาก ทรงพุ่มแผ่ออกมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง (Yaacob and Subhadrabandhu, 1995) ทรงพุ่มค่อนข้างทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลอมเทา ผิวเปลือกไม่ขรุขระ มีการเจริญเติบโตช้า แต่ค่อนข้างเจริญเติบโตสม่ำเสมอ (เกียรติเกษตร และคณะ, 2530)

ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนก ประกอบด้วยใบย่อยยาว 7-10 เซนติเมตร ด้านบนใบเป็นสีเขียวเข้ม ด้านล่างของใบเป็นสีเขียวอมเทา ใบย่อยจัดเรียงตัวแบบตรงกันข้ามกันหรือเรียงตัวเฉียงกันตามลำดับของก้านใบ ใบย่อยที่เจริญเต็มที่ยาว 7.7-13.4 เซนติเมตร ใบย่อยเป็นรูปหอกหรือรีโคนใบค่อนข้างแหลม ลักษณะที่เป็นประโยชน์ในการใช้จำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ ได้แก่ ความยาวของก้านใบย่อยและก้านใบประกอบ การจัดเรียงตัวของใบย่อย จำนวนคู่ของใบย่อย รูปร่างของใบย่อย (Yaacob and Subhadrabandhu, 1995)

ดอก ลิ้นจี่มีดอกเป็นช่อแบบ panicle ความยาวของช่อดอกมีความยาวตั้งแต่ 10-40 เซนติเมตร ดอกมีสีขาวหรือสีเหลือง ดอกมีกลีบเลี้ยงสั้นๆ 4 หรือ 5 อัน แต่จะไม่มีกลีบดอก แต่ละดอกประกอบด้วยเกสรตัวผู้ 6-10 อัน ดอกลิ้นจี่มีทั้งดอกที่ทำหน้าที่เป็น unisexual และ bisexual โดยดอกที่ทำหน้าที่เป็น unisexual จะแบ่งเป็นดอกเพศผู้และเพศเมีย โดยทั้งสองเพศจะอยู่ในช่อดอกเดียวกัน แต่ระยะเวลาในการบานของดอกไม่พร้อมกัน โดยดอกเพศผู้จะบานก่อน ส่วนดอกที่ทำหน้าที่เป็น bisexual จะทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมีย ส่วนเกสรตัวผู้จะไม่แตกจึงไม่มีการปล่อยละอองเกสร(Yaacob and Subhadrabandhu, 1995)

ผล ลิ้นจี่ออกผลเป็นช่อ โดยแต่ละช่ออาจมีผลตั้งแต่ 2-30 ผล ผลมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ คือ มีลักษณะกลม รูปไข่ หรือรูปหัวใจ ผลมีเปลือกบาง สีแดงหรือสีแดงเข้มขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผิวเปลือกขรุขระเป็นหนามแหลม เมื่อผลแห้งเปลือกจะกลายเป็นสีน้ำตาล และ เปลือกผลเปราะ เส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 1-1.5 นิ้ว เนื้อผลจะพัฒนามาจากก้านของไข่อ่อน ซึ่งเรียกว่า aril และพัฒนาไปเป็นเนื้อผลจนกระทั่งเมล็ดพัฒนา เนื้อผลมีสีขาวใส รสชาติเปรี้ยวอมหวานซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของลิ้นจี่ (เกียรติเกษตร และ คณะ, 2530; Yaacob and Subhadrabandhu, 1995)

เมล็ด สีน้ำตาลดำ เป็นมัน ในลิ้นจี่ผลหนึ่งจะมีเพียงเมล็ดเดียว เมล็ดมีลักษณะรูปไข่ ยาว 10-23 มิลลิเมตร และกว้าง 6-12 มิลลิเมตร ในลิ้นจี่บางพันธุ์จะมีเมล็ดที่ลีบ (เกียรติเกษตร และ คณะ, 2530; Chapman, 1984)

พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ของลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม (Subhadrabandhu, 1990) คือ

1. พันธุ์ที่ไม่ต้องการช่วงอากาศหนาวเย็นหรือต้องการช่วงหนาวเย็นเล็กน้อยสำหรับการออกดอก บางครั้งจัดเป็นลิ้นจี่ที่ลุ่ม หรือ ลิ้นจี่เขตร้อน เนื่องจากมีการปลูกเป็นการค้าในภาคกลางของประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ค่อม พันธุ์กะโหลกใบยาว พันธุ์สาแหรกทอง พันธุ์สำเภาแก้ว และพันธุ์กระโถนท้องพระโรง เป็นต้น

2. พันธุ์ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นที่ยาวนานสำหรับการออกดอก พันธุ์นี้มีการปลูกเป็นการค้าทางภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบกึ่งร้อน แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และ บางพื้นที่ในจังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน และ แพร่ ลิ้นจี่กลุ่มนี้เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาในประเทศไทยหลังลิ้นจี่กลุ่มแรก ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย พันธุ์โฮเฮียะ พันธุ์กิมเจ็ง และพันธุ์จักรพรรดิ เป็นต้น

การออกดอกของลิ้นจี่

1. การเกิดช่อดอก (panicle differentiation)

ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ (10-20^{o}ซ) ในการชักนำให้ออกดอก (ธนัท, 2538) อุณหภูมิต่ำจะลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและกระตุ้นการออกดอก ในขณะที่อุณหภูมิสูงจะเพิ่มการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและยับยั้งการออกดอกของลิ้นจี่ (Menzel and Simpson, 1988)

2. การพัฒนาของช่อดอก (panicle development)

ลิ้นจี่ในภาคใต้ของรัฐควีนสแลนด์ประเทศออสเตรเลีย เส้นรุ้งที่ 27^{o} ใต้ เป็นลิ้นจี่พันธุ์เบามีการพัฒนาของช่อดอก (panicle development) หลายระดับด้วยกันดังตารางที่ 1.ได้แก่ระยะที่หนึ่ง คือ การเกิดช่อดอกเริ่มขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว 6-8 เดือน โดยใช้เวลาในการเกิดช่อดอก (panicle differentiation) 2-4 สัปดาห์ (ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน) ระยะที่สอง คือ การเจริญเติบโตของช่อดอกใช้เวลา 6 สัปดาห์ จนกระทั่งช่อดอกเจริญเต็มที่ ระยะที่สาม คือ การบานของดอก มีการแตกของอับเกสรและมีการถ่ายละอองเกสร และระยะที่สี่ คือ ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมเป็นช่วงของการติดผลไปจนถึงผลแก่ maximum growth ของผลเกิดขึ้นในช่วง 6 สัปดาห์สุดท้ายของการพัฒนาของผล (Menzel, 1984)

ตารางที่ 1. ระยะการพัฒนาตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่ของลิ้นจี่ (Menzel, 1984)

ระยะการเจริญเติบโต	ช่วงเวลาที่ใช้ (สัปดาห์)	เดือน
1. การเกิดช่อดอก (panicle differentiation)	2-4	พ.ค.-มิ.ย.
2. การเจริญเติบโตของช่อดอก (panicle growth)	5-8	ก.ค.-ส.ค.
3. การบานของดอก (anthesis and pollination)	3-6	ส.ค.-ก.ย.
4. การติดผล (fruitset-fruit maturity)		ต.ค.-ธ.ค.
4.1 การเจริญเติบโตของเปลือกหุ้มผล embryo และ เปลือกหุ้มเมล็ด	7-8	
4.2 การเจริญของใบเลี้ยงและเริ่มมีการเจริญเติบโตของ aril	2-3	
4.3 การเจริญและพัฒนาของ aril	5-6	

สำหรับประเทศไทย ศรีมูล (2529) แบ่งช่วงการเจริญเติบโตของลิ้นจี่เป็น 5 ช่วง คือ

1. การแตกใบอ่อนครั้งที่ 1 ใช้เวลา 60 วัน คือ ระหว่างเดือน มิถุนายนถึงต้นเดือนสิงหาคม
2. การแตกใบอ่อนครั้งที่ 2 ใช้เวลา 60 วัน คือ ระหว่างเดือน สิงหาคมถึงต้นเดือนตุลาคม
3. การแตกใบอ่อนครั้งที่ 3 ใช้เวลา 60 วัน คือ ระหว่างเดือน ตุลาคมถึงต้นเดือนธันวาคม
4. การแตกใบอ่อนครั้งที่ 4 ใช้เวลา 60 วัน คือ ระหว่างกลางเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์
5. การติดผลอ่อนจนถึงการเก็บเกี่ยว ใช้เวลา 90 วัน คือ ระหว่าง กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่ทั่วโลก คือ มีปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอ (Vallance, 1986) บางปีออกดอกติดผลน้อยหรือไม่ออกดอกเลย หรือมีการแตกใบอ่อนในขณะออกดอก ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเสมอ แต่อย่างไรก็ตามลิ้นจี่ออกดอกได้ดีเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำและมีฤดูหนาวที่ยาวนาน (ธนัท, 2538)

จากปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่จึงมีผู้สนใจทำการศึกษาปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่ หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยคาดว่าการออกดอกของลิ้นจี่น่าจะเกี่ยวข้องกับหลายๆ ปัจจัยโดยเฉพาะเกี่ยวกับสารฮอร์โมนชนิดต่างๆ การปฏิบัติดูแลรักษา และปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเครียดของน้ำ การใส่ปุ๋ย

ธวัชชัย และ เสกสรร (2527) ศึกษาอิทธิพลของ Alar ที่ความเข้มข้น 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 สตล ethephon ที่ความเข้มข้น 300, 500, และ 700 สตล ที่มีต่อการแตกใบอ่อน และการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยเริ่มพ่นสารเคมีตั้งแต่วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2526 และพ่นซ้ำทุก 7 วัน รวม 4 ครั้ง เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยน้ำกลั่น พบว่า Alar ทุกความเข้มข้นทำให้จำนวนใบย่อยที่แตกออกมาใหม่มีจำนวนน้อยกว่าการพ่นด้วยน้ำกลั่น แต่ไม่ทำให้จำนวนใบประกอบที่แตกออกมาใหม่และจำนวนช่อดอกต่อยอดต่างไปจากการพ่นด้วยน้ำกลั่น ในขณะที่ ethephon ทุกความเข้มข้น ทำให้จำนวนใบประกอบที่แตกออกมาใหม่ จำนวนใบย่อยที่แตกออกมาใหม่ และจำนวนช่อดอกต่อยอดน้อยกว่าการพ่นด้วยน้ำกลั่น และ Alar ที่ทุกความเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะในต้นที่ได้รับ ethephon พบว่า ความเข้มข้น 300 สตล ทำให้มีจำนวนช่อดอกต่อยอดมากกว่าที่ความเข้มข้น 500 และ 700 สตล แต่ ethephon ทุกความเข้มข้นให้ผลไม่ต่างกัน สำหรับใบประกอบที่แตกออกมาใหม่ และจำนวนใบย่อยที่แตกออกมาใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่าการร่วงของใบประกอบและอาการไหม้ของใบย่อย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารเคมีทั้งสองชนิด โดยที่ ethephon ทำให้ใบประกอบร่วง และใบย่อยแสดงอาการใบไหม้มากกว่า Alar การศึกษาลักษณะความยาวของช่อดอก ความยาวก้านช่อดอก จำนวนกิ่งในช่อ และจำนวนวันนับตั้งแต่เริ่มพ่นสารเคมีจนถึงดอกแรกบาน พบว่า Alar และ ethephon ทุกความเข้มข้นไม่ทำให้ลักษณะดังกล่าวแตกต่างไปจากการพ่นด้วยน้ำกลั่น

สุจริต (2531) ศึกษาผลของ paclobutrazol ต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย อายุ 6-7 ปี ในเดือนพฤศจิกายน โดยวิธีการพ่นทางใบ ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 สตล และ โดยการรดลงดินอัตรา 10 และ 20 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อต้น พบว่าการให้สารโดยวิธีการพ่น 1,000 และ 2,000 สตล. ทำให้ความยาวของกิ่งลดลง 72.820-85.21 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ใบลดลง 20.99–48.05 เปอร์เซ็นต์ จำนวนใบประกอบต่อยอดลดลง 10.52–11.90 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลต่อจำนวนใบย่อยต่อใบประกอบ ในขณะที่เส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งเพิ่มขึ้น 29.86–34.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจำนวนช่อดอกต่อยอดเพิ่มขึ้น 36.23–82.93 เปอร์เซ็นต์ ทำให้จำนวนดอกต่อยอดเพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนดอกต่อช่อไม่แตกต่างกัน ความยาวช่อดอกลดลง 31.21–55.07 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาลักษณะช่อดอกพบว่า จำนวนดอกต่อยอดมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับความกว้างช่อดอก และจำนวนกิ่งแขนง แต่มีค่าสหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวของช่อดอก ภายหลังจากการให้สาร 60–75 วัน จึงมีการแทงช่อดอก ช่อดอกของต้นที่ได้รับสารจะมีช่อดอกที่มีใบผสมน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร นอกจากนี้พบว่า paclobutrazol ทุกระดับความเข้มข้นและทั้งสองวิธีการ เพิ่มการสะสม total-nonstructural carbohydrate (TNC) และ reducing

sugar (RS) แต่ปริมาณของไนโตรเจน total nitrogen (TN) ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียม ลดต่ำลงทั้งในกิ่งและใบ

มนตรี และ ประพันธ์ (2524) ศึกษาอิทธิพลของ gibberellin , Alar 85 และ Biotica ที่มีต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยใช้ gibberellin 4 ความเข้มข้น คือ 5, 10, 20, และ 40 สตล Alar 85 3 อัตรา คือ 40, 60, และ 80 กรัม / น้ำ 20 ลิตร (เทียบเท่า ความเข้มข้น 2,000, 3,000, และ 4,000 สตล) และ Biotica 2 อัตรา คือ 5 และ 10 มล / น้ำ 20 ลิตร (เทียบเท่า 250 และ 500 สตล) เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยน้ำเปล่า (check) โดยพ่นที่ใบของกิ่งแขนง มีช่อใบตั้งแต่ 5 – 10 ใบ ผลปรากฏว่า gibberellin ความเข้มข้น 5 สตล Alar 85 อัตรา 60 กรัม / น้ำ 20 ลิตร และ Biotica อัตรา 5 มล / น้ำ 20 ลิตรจะออกดอกได้ดี เท่า ๆกับ การพ่นด้วยน้ำเปล่า ส่วนวิธีการอื่นๆจะออกดอกน้อยกว่า

อรพิน (2532) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเครียดของน้ำ paclobutrazol และปุ๋ยทางใบที่มีต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ค่อม ที่ปลูกในแถบภาคกลางของประเทศไทย โดยให้สาร paclobutrazol ทางใบที่ความเข้มข้น 0, 500, 1,000, 1,500, และ 2,000 สตล และให้ทางดินในระดับ 0, 5, 10, 15, และ 20 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อต้น (ไม่ระบุอายุต้น) และ การให้ปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง สูตร 0-52-34 และ 15-30-15 โดยพ่นจำนวน 1, 2, และ 3 ครั้ง พบว่าลิ้นจี่เริ่มออกดอกเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดประจำวันเท่ากับ 19.0–22.0 องศาเซลเซียส ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ และความเครียดที่เกิดจาก shoot water potential ซึ่งมีความแปรปรวนระหว่างต้นน้อยมากคือลดลงจาก –0.15 - –0.12 Mpa เหลือ –0.54 - –0.54 Mpa ซึ่งเป็นช่วงต่ำสุด ซึ่งเป็นขณะที่ต้นลิ้นจี่เริ่มแทงช่อดอกชุดแรก ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดที่ลดลงนี้ มีค่าสหสัมพันธ์ในทางบวก กับ shoot water potential ($r = 0.77$; $p < 0.01$) นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มีความผันแปรในแนวทางเดียวกับอุณหภูมิต่ำที่ลดลง การใช้สาร paclobutrazol นั้นพบว่า การให้ทางดินได้ผลดีกว่าการพ่นทางใบ โดยที่ระดับความเข้มข้น 5 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อต้น ให้เปอร์เซ็นต์ช่อดอกต่อต้นสะสมสูงสุด (54.25 %) สำหรับปุ๋ยทางใบนั้นพบว่า ทั้งสองสูตรไม่มีผลต่อการออกดอกของลิ้นจี่

นพดล และ สัณห์ (2534) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol ที่มีต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยการพ่นทางใบ ที่ความเข้มข้น 700, 1,400, และ 2,800 สตล พ่น 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน โดยใช้ต้นลิ้นจี่อายุ 6 ปี ผลปรากฏว่า paclobutrazol 1,400 สตล ทำให้ต้นลิ้นจี่มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลง แต่ที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆไม่พบความแตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร การพ่นสาร paclobutrazol ที่ระดับความเข้มข้น 1,400 และ 2,800 สตล โดยพ่น 1 และ 2 ครั้ง ทำให้จำนวนดอกตัวเมียต่อช่อมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

Chaitrakulsup *et al.* (1992a) ศึกษาอิทธิพล paclobutrazol ที่มีต่อการเจริญทางกิ่งใบ การออกดอก การร่วงของผล คุณภาพผล และผลผลิต ของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยใช้ paclobutrazol ในอัตรา 2, 4, 8, และ 16 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อต้น อายุ 12 ปี โดยการราดดินที่โคนต้น เปรียบเทียบกับการพ่นที่ความเข้มข้น 125, 250, และ 500 สตล 1 ครั้ง และ control (ไม่ใช้สาร) โดยใช้ต้นลิ้นจี่ที่อายุ 12 ปี ทำการทดลองในเดือนกันยายน 2531 พบว่า การให้สาร paclobutrazol ทางดินโดยการราดที่โคนต้นในอัตราดังกล่าว ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ แต่การพ่นจะเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่ง มากกว่าการให้ทางดิน และ control การให้สารไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก ในขณะที่การให้ทางดิน ลดความยาวของช่อดอกทำให้สั้นกว่าการพ่น และ control ทุกวิธีการไม่มีอิทธิพลต่อการติดผล การร่วงของผล คุณภาพผล และผลผลิต

Chaitrakulsup *et al.* (1992b) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol ร่วมกับ ethephon ที่มีต่อการออกดอก และแตกใบอ่อนของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ทำการทดลองในเดือนกันยายน – ธันวาคม 2532 โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 พ่น paclobutrazol 1 ครั้ง ตามด้วย ethephon 2 ครั้ง ที่ความเข้มข้น 500 + 300 + 300, 750 + 400 + 400, และ 1,000 + 500 + 500 สตล ตามลำดับ ทดลองกับลิ้นจี่อายุ 8 ปี โดยพ่นสารเพียงครึ่งต้น (ด้านเดียว) เปรียบเทียบกับ อีกครึ่งต้นที่ไม่ได้รับสาร (check) พบว่าทุกวิธีการไม่มีผลต่อการออกดอก และแตกใบอ่อน โดยที่ไม่พบความแตกต่างหรือความสัมพันธ์กัน ระหว่างด้านที่พ่นสาร และด้านที่ไม่พ่นสารในต้นเดียวกัน การทดลองที่ 2 ทำในเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน โดยพ่น paclobutrazol 1 ครั้ง ตามด้วย ethephon 1 ครั้ง ความเข้มข้น 500 + 300, 750 + 400, และ 1,000 + 500 สตล ตามลำดับ โดยการทดลองนี้พ่นทั่วทั้งต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร พบว่า paclobutrazol : ethephon 1,000 : 500 สตล ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนลดลง ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ control ในขณะที่ทุกวิธีการไม่มีผลต่อการออกดอก

Chaitrakulsup *et al.* (1992c) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol และ ethephon ที่มีต่อการออกดอก และแตกใบอ่อนของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยทำทั้งหมด 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ใช้ paclobutrazol พ่นทางใบ ความเข้มข้น 500, 1,000, และ 1,500 สตล เปรียบเทียบกับให้ทางดิน 0.5, 1.0, และ 1.5 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อตารางเมตรราดดินรอบทรงพุ่ม ผลปรากฏว่าการให้ทางดินที่ความเข้มข้น 1.0 หรือ 1.5 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อตารางเมตร จะทำให้การแตกใบอ่อนลดลงในช่วงการออกดอกเมื่อเปรียบเทียบกับต้น control การทดลองที่ 2 ใช้ paclobutrazol พ่นทางใบ 1 ครั้ง ตามด้วย ethephon พ่น 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง โดยใช้ความเข้มข้น 300 + 100, 700 + 200, 1,100 + 300, 1,500 + 400, 300 + 100 + 100, 700 + 200 + 200, และ 1,100 + 300 + 300 สตล ตามลำดับ เปรียบเทียบกับต้น control (ไม่ได้รับสาร) ใช้ต้นลิ้นจี่อายุ 12 ปี ผลปรากฏว่าทุกวิธีการ

ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control การทดลองที่ 3 พ่นสาร paclobutrazol 1 ครั้ง ตามด้วยพ่น ethephon 2 ครั้ง ที่ความเข้มข้น 500 + 300 + 300, และ 1,500 + 500 + 500 สตล ตามลำดับ โดยให้สารกับต้นลิ้นจี่อายุ 15 ปี เพียงครึ่งต้น (ด้านเดียว) เปรียบเทียบกับ check (ด้านที่ไม่ได้พ่นสาร) หรือ 1,000 + 400 + 400 สตล ตามลำดับ อีกด้านหนึ่งของต้น และต้น control ซึ่งไม่ได้รับสาร (แยกต้นต่างหาก) พบว่าการใช้สารเคมีทุกวิธีการทำให้มีการออกดอกมากกว่า control ถึง 3 เท่า ซึ่งต้น control และ check มีช่อดอกยาวที่สุด ซึ่งยาวกว่าที่ความเข้มข้น 500 + 300 + 300, 1,000 + 400 + 400 และ 500 + 500 + 500 สตล ตามลำดับ ต้น control และ check มีจำนวนดอกต่อยอดน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ซึ่งไม่แตกต่างกัน ในช่วงของการออกดอก ต้น control แตกใบอ่อนมากกว่าที่ความเข้มข้น 500 + 300 + 300 สตล ในขณะที่การแตกใบอ่อนของวิธีการ 1,500 + 500 + 500 สตล จะมีเล็กน้อย

Menzel and Simpson (1990) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol ที่มีต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกในลิ้นจี่ 3 พันธุ์ คือ Bengal, Kwai May Pink, และ Taiso ทำการทดลองใน 8 พื้นที่ พ่น paclobutrazol ทางใบ อัตรา 1,000, 2,000, และ 4,000 สตล โดยพ่นให้ถึงจุด run off และรดทางดินอัตรา 0.25, 0.5, และ 1 กรัมต่อตารางเมตร ใต้ทรงพุ่ม โดยรดบริเวณโคนต้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร ผลการทดลองพบว่า paclobutrazol ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนก่อนการออกดอกลดลง และทำให้มีการออกดอกมากขึ้น ในพันธุ์ Taiso พบว่า paclobutrazol ทำให้การแตกใบอ่อนเกิดช้า ส่วนในพันธุ์ Bengal และ Kwai May Pink พบว่าการออกดอกลดลง ซึ่งแตกต่างกับการทดลองในปี 1988 ที่พบว่าการให้ paclobutrazol ทางดิน ทำให้การออกดอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับพันธุ์ Taiso พบว่ามีการออกดอกลดลงทั้งการให้สารทางดิน และพ่นทางใบ ลดความยาวของช่อดอก แต่มีการแตกตาข้างมากขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งของช่อดอกไม่แตกต่างกัน สำหรับการออกดอกนั้น ต้นลิ้นจี่พันธุ์ Taiso ที่ได้รับ paclobutrazol จะมีการออกดอกเพิ่มมากที่สุด เมื่อต้น control มีการออกดอก 40-60% paclobutrazol จะเพิ่มการออกดอกได้เล็กน้อย เมื่อต้น control ออกดอกน้อยกว่า 30 % และไม่มีผลต่อการออกดอก เมื่อต้น control ออกดอก 70-100% นอกจากนี้ยังพบว่า paclobutrazol มีผลเล็กน้อยต่อการพัฒนาช่อดอก การติดผล และคุณภาพของผล อย่างไรก็ตามสรุปได้ว่า paclobutrazol ยังไม่สามารถนำมาใช้เพิ่มการออกดอกของลิ้นจี่ได้ เพราะได้ผลไม่แน่นอน

มะปราง

มะปราง เป็นไม้ผลเมืองร้อน ในตระกูล Anacardiaceae มีชื่อสามัญว่า marian plum มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bouea burmanica* Griff มีถิ่นกำเนิดทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ พม่า ไทย ลาว และมาเลเซีย (นรินทร์, 2537)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ (สุรชัย, 2541) มีทรงต้นค่อนข้างแหลมถึงทรงกระบอก มีกิ่งก้านสาขาค่อนข้างทึบ สูงประมาณ 15-30 เมตร (นรินทร์, 2537) เนื้อไม้จัดอยู่ในประเภทไม้เนื้อแข็ง เปลือกไม้มียางสีขาว (สรัสวดี และ ปฐพีชล, 2531)

ใบ มะปรางเป็นไม้ผลที่มีใบมาก แน่นทึบ ใบคล้ายใบมะม่วง แต่มีขนาดเล็กกว่า ใบเรียวยาว ขนาดใบโดยเฉลี่ยกว้าง 3.5 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตร ใบจะเกิดเป็นคู่อยู่ตรงกันข้ามกัน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเหนียว ใบอ่อนที่แตกออกมาใหม่ๆ จะมีสีม่วงแดง มีเส้นใบเด่นชัด จากนั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเขียวเป็นมัน ปีหนึ่งมะปรางจะแตกใบอ่อน 1-3 ครั้ง (นรินทร์, 2537)

ดอก ดอกมะปรางมีลักษณะเป็นช่อเกิดบริเวณปลายกิ่งแขนงที่อยู่ภายในทรงพุ่มและนอกทรงพุ่ม ช่อดอกยาว 8-15 เซนติเมตร (นรินทร์, 2537) ดอกประกอบด้วยเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ดอกออกประมาณเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม (สรัสวดี และ ปฐพีชล, 2531)

ผล เป็นชนิด drupe มีขนาดตั้งแต่ 3-10 เซนติเมตร (สุรชัย, 2541) ผลมีลักษณะทรงกลมรูปไข่ปลายผลค่อนข้างเรียวแหลมรูปร่างและขนาดของผลมะปรางจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ (นรินทร์, 2537) ผลเมื่อยังไม่สุกมีสีเขียวอ่อน-เขียวเข้มตามแต่อายุของผล เมื่อสุกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-ส้ม เปลือกผลนิ่ม เนื้อสีเหลืองแดงแล้วแต่ชนิดพันธุ์ รสชาติหวานถึงอมหวานอมเปรี้ยวหรือเปรี้ยวถึงเปรี้ยวจัด (สรัสวดี และ ปฐพีชล, 2531)

เมล็ด ในผลหนึ่งมีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว รูปร่างเมล็ดค่อนข้างแบนยาวรี คัพภะมีขนาดใหญ่ มีใบเลี้ยง 2 ใบ เปลือกหุ้มเมล็ดเป็นเส้นใยค่อนข้างแห้ง มีสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อของใบเลี้ยงมีสีม่วง รสขมและฝาด ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ โดยเฉลี่ยเมล็ดจะมีขนาด 2-6 เซนติเมตร และบางพันธุ์เมล็ดอาจลีบ (สุรชัย, 2541) ใน 1 เมล็ดสามารถเพาะกล้าเป็นต้นมะปรางได้ 1 ต้น (นรินทร์, 2537)

พันธุ์มะปรางที่ปลูกในประเทศไทย

มะปราง แบ่งตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ได้ 3 ชนิด (สรัสวดี และ ปฐพีชล, 2531) คือ

1. *Bouea microphylla* Griff. คือ มะปรางที่มีใบเล็ก เช่น มะปรางป่าหรือมะปริง มีรสเปรี้ยว ผลเล็ก พบขึ้นอยู่ทั่วไป แต่หนาแน่นทางภาคใต้
2. *Bouea macrophylla* Griff. คือ มะปรางใบใหญ่ขนาดใบเกือบเท่าใบมะม่วง เป็นพันธุ์ต่างประเทศ มีปลูกบริเวณแหลมมลายูเท่านั้น
3. *Bouea burmanica* Griff. คือ มะปรางที่ปลูกโดยทั่วไป เป็นมะปรางที่มีความสำคัญทางไม้ผลเศรษฐกิจ แบ่งออกตามรสชาติที่แตกต่างกันได้ 3 พวก (นรินทร์, 2537) คือ
   - 3.1 มะปรางเปรี้ยว เป็นมะปรางที่มีรสเปรี้ยวทั้งผลดิบและผลสุก มีทั้งผลขนาดเล็กและขนาดใหญ่
   - 3.2 มะปรางหวาน เป็นมะปรางที่มีรสหวานทั้งผลดิบและผลสุก ผลมีขนาดเล็กและขนาดใหญ่
   - 3.3 มะยง เป็นมะปรางที่มีรสชาติหวานและเปรี้ยวอยู่ในผลเดียวกัน (หวานอมเปรี้ยว) มีทั้งชนิดผลเล็กและผลใหญ่ ซึ่งจะหวานมากกว่าเปรี้ยวหรือเปรี้ยวมากกว่าหวานแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ถ้าหวานมากกว่าเปรี้ยวเรียกว่า "มะยงชิด" ถ้าเปรี้ยวมากกว่าหวานเรียกว่า "มะยงห่าง"

การออกดอกของมะปราง

การออกดอกของมะปรางต้องการอากาศหนาวระยะหนึ่งจึงออกดอก (สุรชัย, 2541) ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกมะปรางพบว่าในบางปีที่มีฤดูหนาวอากาศไม่หนาวมากจะออกดอกน้อย แหล่งปลูกมะปรางที่ดีควรมีฤดูหนาวและร้อนที่เด่นชัด เพราะช่วงอากาศเย็นมีความสำคัญต่อการออกดอกของมะปราง (นรินทร์, 2537) อุณหภูมิต่ำจะยับยั้งการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของมะปรางทำให้มีอาหารสะสมมาก และอุณหภูมิต่ำมีผลต่อการปรับระดับของฮอร์โมนภายในต้นให้อยู่ในสภาวะที่ส่งเสริมการออกดอก ถ้ามะปรางได้รับอุณหภูมิต่ำและระยะเวลายาวนานก็จะออกดอกมากขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิต้องไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปทำให้การเจริญเติบโตของต้นลดลง และถ้ามีอุณหภูมิต่ำในระยะออกดอกอาจมีผลทำให้ดอกไหม้และร่วงได้ (สุรชัย, 2541)

มีการทดลองใช้สารเคมีเพื่อบังคับการออกดอกของมะปราง ทวีศักดิ์ (2539) รายงานว่า ในปี 2534 ทดลองใช้ paclobutrazol ในวิธีการและอัตราการใช้สารในอัตราเดียวกับที่ให้ในมะม่วง โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่มต้นมะปราง 1 เมตร ใช้ paclobutrazol อัตรา 10 กรัม หรือ 10 มล

เช่น ต้นมะปรางมีทรงพุ่ม 5 เมตร ใช้ paclobutrazol อัตรา 50 กรัม หรือ 50 มล และราดบริเวณโคนต้น ผลปรากฏว่าหลังจากราดไปได้ 2-3 เดือน ไม่พบต้นมะปรางออกดอกนอกฤดู เมื่อถึงฤดูกาลของการออกดอกตามธรรมชาติ ต้นมะปรางที่ได้ราดสารจะออกดอกตามปกติเหมือนกับต้นที่ไม่ได้ราดสาร แสดงว่า paclobutrazol ที่ราดให้กับต้นมะปรางไม่มีผลบังคับให้มะปรางออกดอกนอกฤดู

ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ได้มีการนำสารที่รวบรวมเอาแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชมีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและสาหร่ายสกัด เช่น สารในกลุ่มของฟลาวเวอร์-ฟรุต พ่นให้กับต้นมะปรางที่ให้ผลผลิตแล้ว โดยฉีดสารในอัตรา 50 มล ต่อน้ำ 20 ลิตร พบว่าหลังจากพ่นไปนาน 1 สัปดาห์ เริ่มเห็นตาดอกของมะปรางทยอยออกดอกต่อมาในช่วงปลายเดือนตุลาคม และออกดอกในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน ในขณะที่มะปรางต้นที่ไม่ได้รับสารไม่พบการออกดอก (ทวีศักดิ์, 2539)

สรีรวิทยาการออกดอกของพืช

การออกดอกของพืช คือ การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขา (vegetative growth) สู่การเจริญทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth) เพราะดอก คือ อวัยวะสืบพันธุ์ของพืชหลังจากที่พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านสาขาจนถึงอายุที่มีความพร้อมที่จะออกดอก (ripeness-to-flower) ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ (ดนัย, 2537) การเกิดดอกของพืช ต้องอาศัยกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยาที่สลับซับซ้อน โดยมีปัจจัยทั้งทางด้านสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ แสง อุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหาร และสารเคมี ตลอดจนสภาพแวดล้อมภายในพืชเอง ได้แก่ ปริมาณอาหารในพืช พันธุกรรม และฮอร์โมนภายในพืช (สมบุญ, 2536)

เคยมีผู้เสนอว่าการออกดอกของพืชควบคุมโดยฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่พืชสร้างขึ้นซึ่งเรียกว่าฟลอริเจน (Florigen) แต่จนกระทั่งปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดสกัดฟลอริเจนได้เลย และไม่สามารถให้ความกระจ่างได้ว่าฟลอริเจนมีจริงหรือไม่ (พีรเดช, 2537) ส่วน Kinet *et al.*, (1985) เชื่อว่ากระบวนการออกดอกควบคุมโดยสมดุลของฮอร์โมนพืช แต่ก็ยังไม่มีใครพิสูจน์สมดุลดังกล่าวเป็นอย่างไร

อย่างไรก็ตามมีนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาฮอร์โมนบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก เช่น Chen (1987) ศึกษา endogenous substances ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของยอด และการพัฒนาของดอกมะม่วง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินในช่วงการเกิดใบ ช่วงใบแก่ ช่วงเริ่มเกิดตาดอก และช่วงดอกบาน ของมะม่วงอายุ 3 ปี พบว่า ปริมาณจิบเบอเรลลินมีมากใน xylem sap ในช่วงการเกิดใบ และในช่วงเริ่มเกิดตาดอก total cytokinin-like activity จะเพิ่มขึ้นใน xylem sap และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงดอกบาน พีรเดช (2537) กล่าวว่า การออกดอกของไม้ผล

หลายชนิดถูกควบคุมโดยปริมาณจิบเบอเรลลินและเอทธิลีนที่พืชสร้างขึ้น ในช่วงที่มีการออกดอก พบว่าปริมาณจิบเบอเรลรินจะลดระดับลงและมีการสร้างเอทธิลีนมากขึ้น

นอกจากนี้ Chen (1990) ได้รายงานการศึกษาใน xylem sap และปลายยอดของลิ้นจี่ พบว่า ในช่วงแตกใบอ่อนมีปริมาณจิบเบอเรลลินมาก และปริมาณจะลดลงในช่วงสร้างตาดอก ในขณะที่ปริมาณไซโตไคนินในช่วงแตกใบอ่อนมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงสร้างตาดอก ส่วนปริมาณ abscisic acid (ABA) ในปลายยอดในช่วงแตกใบอ่อนมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงออกดอก ดรุณี (2539)รายงานว่าในช่วงก่อนการออกดอกและแตกใบอ่อนของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยจะมีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินเพิ่มขึ้น สำหรับในยอดมะปราง ภาวินี (2542) รายงานว่าปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินจะเพิ่มขึ้นในช่วงแตกใบอ่อนและก่อนการออกดอก ส่วนการศึกษาปริมาณจิบเบอเรลลิน คณพล (2532) พบว่าในช่วงก่อนการออกดอกของยอดมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะลดลงต่ำสุดในสัปดาห์ที่ออกดอก และ นพพร (2539) ศึกษาในยอดลำไยพันธุ์ดอพบว่าปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะลดลงต่ำสุดในสัปดาห์ที่ออกดอก

สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของพืชอีกสมมติฐาน คือ การออกดอกของพืชถูกควบคุมโดยปริมาณธาตุอาหารในพืช โดยเชื่อว่าอัตราส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนสูง (high C/N ratio) เป็นปัจจัยสำคัญในการออกดอก แต่สมมติฐานนี้ ไม่ได้รับการยอมรับเนื่องจากในการวัดปริมาณ C/N ratio ได้วัดรวมทั้งคาร์บอนส่วนที่เป็นวัตถุดิบ พลังงาน และคาร์บอนในส่วนที่เป็นโครงสร้างด้วย และมีรายงานทดลองคัดค้านสมมติฐานนี้มากมาย ตัวอย่างเช่น ในถั่วเหลือง (Biloxi soybean) พบว่าในช่วงชักนำให้เกิดดอกจะมีปริมาณ C/N ratio ต่ำกว่าในสภาพที่มีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ นอกจากนี้ยังพบว่าพืชที่ไม่ต้องการอุณหภูมิต่ำในการออกดอก (nonvernalized plant) สามารถกระตุ้นการออกดอกได้เมื่อให้ไนโตรเจนปริมาณสูง (Bernier *et al.*, 1981)

สำหรับในไม้ผล Goldschmidt *et al.* (1985) ศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรตและการออกดอกในส้ม พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่ได้เป็น limiting factor ในการออกดอกของส้ม เช่นเดียวกับ Luis *et al.*(1995) รายงานว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่ได้เป็นตัวกำหนดการออกดอกในส้ม สำหรับในลิ้นจี่ Menzel *et al.* (1995) พบว่าการเกิด floral initiation ในลิ้นจี่ไม่ต้องการปริมาณคาร์โบไฮเดรตในระดับที่สูง Menzel *et al.* (1995) รายงานว่าในต้นลิ้นจี่ที่ออกดอกซึ่งเป็นตาดอกแล้วจะมีปริมาณแป้งในทุกส่วนของต้นสูงกว่าต้นที่กำลังเริ่มแตกใบอ่อนเช่นเดียวกับ Chaitrakulsup (1981) รายงานว่าปริมาณ TNC ของลิ้นจี่จะเพิ่มขึ้นในใบหรือในยอด (stem apex) ในช่วงก่อนการออกดอกหรือแตกใบอ่อน ในขณะที่ระดับของไนโตรเจน (total nitrogen) ไม่ได้ลดลงหรือเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Scholefield *et al.* (1984) พบว่าในอะโวกาโดจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต

(แป้ง) สูงในช่วงที่มีการพัฒนาดอกแต่จะมีปริมาณต่ำในช่วงแตกใบอ่อน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าธาตุอาหารก็มีส่วนสนับสนุนการออกดอก แม้จะไม่ได้เป็นตัวควบคุมการออกดอก (Bernier *et al.*, 1985)

จากสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกและแตกใบอ่อน สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในการทดลองสารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant Growth Regulator, PGR) เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการออกดอก โดย PGR จะเข้าไปเปลี่ยนแปลงสมดุลของฮอร์โมนภายในพืชเพื่อให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมีอันอาจจะเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นหรือยับยั้งการออกดอก เช่นงานทดลองของ Menzel and Simpson (1990) ศึกษาอิทธิพลของการใช้สาร paclobutrazol ทั้งพ่นทางใบและทางดินในระหว่างฤดูใบไม้ร่วงกับลิ้นจี่พันธุ์ Bengal , Kwai May Pink และ Tai So พบว่า paclobutrazol สามารถลดการแตกใบอ่อนและเพิ่มการออกดอก เช่นเดียวกับงานทดลองของ Thongumpai *et al.* (1997) ที่ศึกษาการให้ paclobutrazol ทางดินกับมะม่วงเขียวเสวย พบว่า paclobutrazol จะเพิ่มการออกดอก และเมื่อมะม่วงออกดอกปริมาณจิบเบอเรลลินในยอดจะลดลงไปจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจพบได้ นอกจากนี้ Subhadrabandhu *et al.* (1997) ศึกษาอิทธิพลของ paclobutrazol ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC และ reducing sugar ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย โดยให้ paclobutrazol 2, 4, และ 8 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อต้น พบว่าปริมาณ TNC มีค่าสูงสุดเมื่อ 103, 96 และ 76 วัน หลังจากได้รับสาร ตามลำดับโดยปริมาณ reducing sugar ในยอดและใบจะเพิ่มขึ้นหลังจากให้สารจนกระทั่งออกดอก

กระบวนการเกิดและพัฒนาของดอกแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้คือ

1. ระยะการเจริญเต็มวัย (Maturation Stage) พืชทั่วไปเมื่อมีการเจริญเต็มวัย (mature) นั่นคือความพร้อมของอายุ นอกเหนือจากอาหารสะสมและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม พืชจึงตอบสนองต่อปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดดอกได้ (สมบุญ, 2536) ส่วนพืชที่อยู่ในวัยยังไม่เจริญเต็มที่ (juvenile stage) ยังไม่สามารถชักนำให้เกิดการเจริญในด้านการสืบพันธุ์ได้ จนกว่าจะเจริญเต็มที่จึงตอบสนองต่อปัจจัยที่กระตุ้นทำให้เกิดดอก (จินดา, 2524) ระยะที่พืชโตเต็มวัยจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พันธุ์พืช ฤดูกาล และ สภาพแวดล้อม ในพืชล้มลุก ไม้ดอกหรือพืชผัก มีช่วงอายุก่อนการออกดอกค่อนข้างคงที่ในระยะเวลาสั้น เช่น ถั่วเขียวออกดอกเมื่อมีอายุ 5 สัปดาห์ ส่วนไม้ยืนต้นซึ่งมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบสลับกับการออกดอก มักมีระยะเวลานานก่อนออกดอก เช่น มะม่วงออกดอกหลังจากปลูกด้วยเมล็ดเป็นเวลา 3 – 5 ปี (สมบุญ, 2536)

2. ระยะชักนำ (Induction Stage) เป็นการเปลี่ยนแปลงขั้นแรกในการเกิดดอก (สมบุญ, 2536) พืชจะเปลี่ยนจาก vegetative phase เป็น reproductive phase (จินดา, 2524) โดย apical dome

จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากที่มีลักษณะโค้งนูนเป็นลักษณะที่ขยายกว้างและแบน (Ison, 1984) ปัจจัยที่พืชเริ่มมีการตอบสนองต่อการกระตุ้นหรือชักนำการเกิดดอก เช่น แสง อุณหภูมิ อายุ ความสมบูรณ์ของต้น เป็นระยะที่พืชมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการสร้างสารเมทาบอไลท์ต่างๆภายในเซลล์ เพื่อสังเคราะห์ฮอร์โมนที่กระตุ้นการออกดอก และลำเลียงฮอร์โมนนี้ไปยังส่วนเนื้อเยื่อที่ตาหรือยอด เพื่อเปลี่ยนเป็นตาดอก (จินดา, 2524; สมบุญ, 2536)

3. ระยะเริ่มเกิดตาดอก (Initiation of Floral Primordia) เป็นระยะที่เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงของตาที่เจริญเป็นดอก (floral primordia) โดยเซลล์เนื้อเยื่อเริ่มขยายตัวทำให้มีการพองตัวของตาดอก (floral bud) (สมบุญ, 2536) เป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งสรีรวิทยา ชีวเคมี และโครงสร้างเพื่อเป็นตาดอก (จินดา, 2524)

4. ระยะการพัฒนาของดอก (Floral Development หรือ Organogenesis) เป็นระยะที่มีการเกิดส่วนอื่นๆที่ประกอบขึ้นเป็นดอก โดยตาดอกจะสร้างกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย และฐานรองดอก โดยทั่วไปชั้นของกลีบเลี้ยง (calyx) จะเจริญขึ้นมาก่อนส่วนอื่น ตามด้วยชั้นของกลีบดอก (corolla) ชั้นเกสรตัวผู้ (androecium) และชั้นเกสรตัวเมีย (gynoecium) ส่วนประกอบต่างๆของดอกจะมีการเจริญและพัฒนาขึ้นมาจนถึงระยะดอกบาน ระยะการพัฒนาของดอกจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิด และสภาพแวดล้อมอื่นๆ (สมบุญ, 2536)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก

การออกดอกของพืชถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ ทั้งสภาพแวดล้อมและชนิดของพืชดังนี้

1. พันธุ์ พืชต่างพันธุ์กันมีความสามารถในการออกดอกไม่เท่ากัน เช่น ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยจะออกดอกได้ยากกว่าลิ้นจี่พันธุ์ค่อมเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมเช่นภาคกลาง (พีรเดช, 2537) และการคัดเลือกพันธุ์จะเปิดโอกาสให้ลิ้นจี่ออกดอกดีขึ้น (Menzel, 1983) ลิ้นจี่ต้องการสภาพทางนิเวศวิทยาที่จำเพาะมากกว่าพืชชนิดอื่น การคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพจึงมีความสำคัญ (Yaacob and Subhadarbandhu, 1995) ในทำนองเดียวกันลำไยแต่ละพันธุ์มีความยากง่ายในการออกดอกที่แตกต่างกัน เช่น พันธุ์ใบดำ อีดอ มีนิสัยการออกดอกค่อนข้างสม่ำเสมอ ส่วนพันธุ์เบี้ยวเขียว และแห้ว มักออกดอกเว้นปี ลำไยบางพันธุ์มีนิสัยออกดอกง่ายและออกดอกมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี เช่น พันธุ์เพชรสาครทะวาย (พาวิน, 2543)

2. อายุของพืช เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่กำหนดการออกดอกของพืช พืชต้องมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ ในช่วงแรกก่อนจนกระทั่งถึงอายุเหมาะสมจึงจะออกดอกได้ เช่น สับปะรดออกดอกได้เมื่อมีอายุไม่น้อยกว่า 8 เดือน ภายหลังจากปลูกด้วยหน่อ ลิ้นจี่ที่ปลูกด้วยเมล็ดจะเริ่มออกดอกใช้เวลานาน 4 – 25 ปี นับจากหลังปลูก (Menzel, 1983) ส่วนกิ่งตอนใช้เวลาเพียง 1 – 2 ปี

ก็สามารถออกดอกได้ เนื่องจากกิ่งตอนได้ผ่านระยะเยาว์มาแล้ว (พาวิน และ นพดล, 2543) ในไม้ผลยืนต้นมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบสลับกับการออกดอกนั้น การควบคุมการออกดอกทำได้ยากกว่า เนื่องจากช่วงอายุระหว่างการเติบโตทางกิ่งใบและการออกดอกไม่มีกำหนดตายตัวที่แน่นอน การออกดอกของพืชเหล่านี้จึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอื่นๆเป็นสำคัญ (พีรเดช, 2537)

3. แสง เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการสร้างอาหารของพืช โดยทั่วไปในพืชส่วนใหญ่ต้องการความเข้มของแสงในปริมาณที่สูงในการออกดอกของพืช โดยมีผลต่อการสะสมปริมาณสารอาหารในพืชและกระตุ้นการสร้างตาดอก (สมบุญ, 2536) แสงมีผลต่อการออกดอกทั้งในแง่ของช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) คุณภาพแสง (wave length) และปริมาณพลังงานแสง (radiant energy) โดยแสงทั้งสามส่วนมักมีผลกระทบต่อการออกดอกอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) (ดนัย, 2537) และพืชแต่ละชนิดต้องการความยาวของช่วงแสงแตกต่างกันไป ทำให้สามารถแบ่งพืชตามการตอบสนองต่อช่วงแสงซึ่งมีผลในการออกดอกของพืช เป็น พืชวันสั้น พืชวันยาว และ พืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (สมบุญ, 2336)

4. อุณหภูมิ ไม้ผลหลายชนิดต้องการอากาศเย็นช่วงหนึ่งก่อนการออกดอก โดยอุณหภูมิต่ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนภายในพืช และทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตทางกิ่งใบจึงมีผลกระตุ้นการออกดอกได้ เช่น มะม่วง ลิ้นจี่ ลำไย และ เงาะ ความต้องการอากาศเย็นของแต่ละพืชในแต่ละพันธุ์แตกต่างกันไป (พีรเดช, 2537) Chaikiatiyos *et al.* (1994) กล่าวว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จำเป็นสำหรับการออกดอกของลิ้นจี่ โดยลิ้นจี่จะออกดอกได้ดีที่สุดหลังจากที่ได้รับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 10 สัปดาห์ (Menzel and Simpson, 1995) พาวิน (2543) รายงานว่า ในลำไยพันธุ์แห้ว ถ้าได้รับอุณหภูมิกลางวัน / กลางคืน 15 / 15 องศาเซลเซียส หรือ 20 / 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ ทำให้ลำไยสามารถสร้างตาดอกได้

5. ความชื้นในดิน ไม้ผลหลายชนิด ต้องการช่วงแล้งก่อนการออกดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประกอบกับสภาพอากาศเย็น ก็จะช่วยกระตุ้นให้ออกดอกได้มากขึ้น ในสภาพแล้งดังกล่าวต้นพืชจะชะงักการเติบโตทางกิ่งใบและเกิดการสะสมอาหารมากขึ้น ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการออกดอก (พีรเดช, 2537) แต่ในระยะการเจริญของตาดอกถ้าพืชเกิดการขาดน้ำมากเกินไปทำให้ตาดอกไม่สามารถเจริญต่อไปได้กระบวนการสร้างตาดอกจะหยุดชะงักจนกว่าได้รับน้ำ การรดน้ำให้แก่ต้นพืชที่อยู่ในระยะการสร้างตาดอกอาจมีผลทำให้การสร้างตาดอกช้าลงได้เช่นกัน (สมบุญ, 2536)

6. การตัดแต่งกิ่ง เป็นการบังคับการออกดอกของไม้ผลบางชนิด เช่น น้อยหน่า ส้ม และองุ่น เป็นวิธีการลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและยังมีผลทำให้ต้นพืชสร้างอาหารได้ดีขึ้น โดยมีการแตกใบใหม่ออกมา ซึ่งใบใหม่เหล่านี้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูงกว่าใบแก่ นอก

จากนี้การตัดแต่งกิ่งที่ถูกต้องจะเป็นการลดการแก่งแย่งอาหารระหว่างกิ่งพืช จึงทำให้มีอาหารสะสมสำหรับการออกดอกมากขึ้น (พีรเดช, 2537)

7. ฮอร์โมน เป็นปัจจัยที่อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลสรุปของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการออกดอก เนื่องจากปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นเกือบทุกปัจจัยล้วนแล้วแต่มีผลกระทบถึงระดับฮอร์โมนภายในพืชทั้งสิ้น การออกดอกของไม้ผลยืนต้นหลายชนิดถูกควบคุมโดยปริมาณจิบเบอเรลลิน และเอทธิลีนที่พืชสร้างขึ้น ในช่วงที่มีการออกดอกพบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินจะลดระดับลง และมีการสร้างเอทธิลีนมากขึ้น ส่วนออกซินและไซโตไคนินอาจเกี่ยวข้องกับการออกดอกเช่นกัน ดังนั้นการออกดอกอาจควบคุมโดยระดับความสมดุลระหว่างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตและสารยับยั้งการเจริญเติบโต แต่แนวความคิดนี้มีความเป็นไปได้หรือไม่นั้นยังไม่มีใครให้คำตอบได้ (พีรเดช, 2537)

เอทธิลีน

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่อยู่ในรูปก๊าซ (พีรเดช, 2537) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมาก เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ฯลฯ จากควันท่อไอเสียรถยนต์ จากโรงงานอุตสาหกรรม (สมบุญ, 2536) หรือในควันไฟก็มีเอทธิลีนเช่นกัน (พีรเดช, 2537) แบคทีเรีย และเชื้อราบางชนิดก็สามารถสังเคราะห์เอทธิลีนได้ (ดนัย, 2537) ส่วนต่างๆของพืชที่สร้างเอทธิลีนได้แก่ เมล็ดกำลังงอก ปลายราก ปลายยอด กิ่งที่ถูกโค้งงอ ใบพืชที่กำลังร่วง (สมบุญ, 2536)

ผลของเอทธิลีนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

เอทธิลีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (พีรเดช, 2537) เช่น การพัฒนา การเสื่อมสลาย ขึ้นอยู่กับเวลาและสถานที่ซึ่งเกิดเอทธิลีนขึ้นมา (ดนัย, 2537) พืชสามารถตอบสนองต่อเอทธิลีนที่ความเข้มข้นต่ำมากคือ 0.01 – 10 สตล (Abeles, 1973) เอทธิลีนมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชดังต่อไปนี้

1. Etiolation พืชที่ปลูกในที่มืดจะมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากพืชที่ปลูกในสภาพที่มีแสง พืชที่ปลูกในที่มืดจะมีลำต้นยาว ใบไม่ขยายตัว บริเวณยอดจะโค้งงอคล้ายตะขอ (apical hook) ลำต้นทั้งหมดจะมีสีขาวซีด เนื่องจากปราศจากคลอโรฟิลล์ (สัมพันธ์, 2529) ทั้งนี้เพราะปลายยอดของต้นกล้ามีการสร้างสารเอทธิลีนขึ้นมา การลดปริมาณของเอทธิลีนจะทำให้ปลายยอดเหยียดตรง หรือถ้าเมล็ดงอกในที่มีแสงสีแดงปลายยอดของต้นกล้าจะเหยียดตรง เพราะแสงสีแดงทำให้การสร้างสารเอทธิลีนที่ปลายยอดลดลง (สมบุญ, 2536)

2. กระตุ้นการเกิดราก เอทธิลีนสามารถกระตุ้นให้เกิดรากได้ เช่น กระตุ้นการเกิดรากที่ใบ กิ่ง ก้าน ช่อดอก แต่การตอบสนองนี้จะต้องใช้เอทธิลีนในความเข้มข้นสูงถึง 10 μ l / l (Taiz and Zeiger, 1991)

3. กระตุ้นการเจริญทางด้านข้าง เอทธิลีนยับยั้งการยืดตัวออกทางด้านยาวของลำต้น แต่มีผลในการกระตุ้นให้เซลล์ขยายออกทางรัศมี ลำต้นจึงมีอาการบวมพอง และทำให้เจริญตรงข้ามกับสภาพที่ตอบสนองต่อสูนย์ถ่วงของโลก (สมบุญ, 2536)

4. กระตุ้นการสร้างตาดอก เอทธิลีนสามารถเร่งการเกิดดอกของพืชบางชนิดได้ โดยมีการใช้ถ่านแก๊สหรือ ethephon เร่งการเกิดดอกของสับปะรด ส่วนในพืชอื่น เช่น มะม่วง เงาะ และ ลิ้นจี่ ก็เคยมีรายงานการทดลองใช้ ethephon กับพืชเหล่านี้ อย่างไรก็ตามการใช้สารดังกล่าวให้ได้ผลนั้น จะต้องดูความสมบูรณ์ของต้น (พีรเดช, 2537) และการกระตุ้นการออกดอกโดยใช้ ethephon เกิดขึ้นในพืชบางชนิดเท่านั้น (สมบุญ, 2536)

5. เร่งการสุกของผลไม้ ผลไม้เมื่อแก่จัดและเข้าสู่ระยะการสุก จะมีการผลิตเอทธิลีนขึ้นมา ซึ่งเอทธิลีนที่ผลไม้สร้างขึ้นนั้นเป็นตัวการสำคัญในการกระตุ้นให้ผลไม้สุก (พีรเดช, 2537) อาจเรียกเอทธิลีนว่า 'ripening hormone' (ดนัย, 2537) การบ่มผลไม้โดยใช้เอทธิลีนโดยตรงทำได้ยาก ในประเทศไทยนิยมใช้ถ่านก๊าซ (calcium carbide) เมื่อผลไม้คายน้ำไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับถ่านก๊าซ เกิดก๊าซอะเซทิลีน (acetylene) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติคล้ายก๊าซเอทธิลีน จึงเร่งการสุกของผลไม้ได้ นอกจากนี้เอทธิลีนมีผลเร่งการแก่ของผลไม้บนต้น เมื่อใช้ ethephon กับมะเขือเทศ องุ่น และ เงาะ ในระยะที่ผลแก่จัดแต่ยังไม่เปลี่ยนสี ทำให้ผลเปลี่ยนสีได้เร็วขึ้น และสม่ำเสมอ ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน (สมบุญ, 2536)

6. เร่งให้เกิดการร่วงของใบ ดอก ผล ฯลฯ โดยกระตุ้นให้เกิด abscission zone ขึ้น (ดนัย, 2537) พืชที่ได้รับเอทธิลีนในปริมาณมาก เช่น ถูกรมด้วยควันไฟเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ใบร่วงได้ เนื่องจากในควันไฟมีเอทธิลีนเป็นองค์ประกอบ ในบางครั้งพืชอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น น้ำท่วม แล้งจัด ถูกแมลงและโรคพืช หรือเกิดจากบาดแผล สภาพเหล่านี้ส่งเสริมให้พืชสร้างเอทธิลีนขึ้นมากผิดปกติ มีผลทำให้ใบร่วงได้ เอทธิลีนมีผลต่อการหลุดร่วงของ ใบ ดอก และผล ดังนั้นอาจใช้ประโยชน์ข้อนี้ในการปลิดผลไม้บางชนิดในกรณีที่ติดผลมากเกินไป โดยใช้ ethephon พ่นไปยังต้นขณะผลยังอ่อนอยู่ แต่อาจเกิดผลเสียทำให้ผลที่ต้องการหลุดร่วงได้เช่นกัน นอกจากนี้เอทธิลีนยังมีผลลดความเหนียวของขั้วผลในพืชพวกส้ม เชอรี่ และ แอปเปิล ทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่ายขึ้น ส่วนการใช้พ่น ethephon กับเงาะสีชมพูในระยะที่แก่จัดจะทำให้ผลร่วงในระยะเวลา 2 – 3 วัน หลังการให้สาร เป็นการช่วยในการเก็บเกี่ยวได้ง่ายขึ้น (สมบุญ, 2536)

7. ทำลายการพักตัวของพืช พืชหัวบางชนิด เช่น มันฝรั่ง และ แกลดิโอลัส มีระยะพักตัวในการงอก โดยปกติจะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำระยะหนึ่งก่อนนำไปปลูกจึงงอกได้ เอทธิลีนสามารถกระตุ้นการงอกและช่วยย่นระยะเวลาทำให้สามารถนำพืชหัวไปปลูกต่อให้ได้ผลผลิตเร็วขึ้น (สมบุญ, 2536)

8. ช่วยเร่งการเกิดยางในต้นยางพาราที่มีอายุสูง เร่งการไหลของน้ำยางพารา และยางมะละกอในการผลิตปาเปน (papain) (สมบุญ, 2536; พีรเดช, 2537) เช่น มีการใช้ ethephon ในอัตรา 20 มก / ต้น โดยทาบางๆ เป็นแนวใต้รอยกรีดจะเร่งการไหลของน้ำยางได้ (พีรเดช, 2537)

9. ช่วยในการสร้างหัว การฉีดพ่นเอทธิลีนกับต้นหอมในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะทำให้ต้นหอมสร้างหัว (bulb) ได้เร็วขึ้น (สมบุญ, 2536)

10. เอทธิลีนยับยั้งการเคลื่อนย้ายของออกซิน คือ การเคลื่อนย้ายของออกซินจากปลายยอดสู่โคนต้นด้านล่างและทางด้านข้างจะชะงัก (สมบุญ, 2536)

11. กระตุ้นให้เกิดดอกตัวเมียมากขึ้นในพืช dioecious (ดนัย, 2537) เช่น ethephon สามารถเปลี่ยนเพศดอกของลำไย โดยทำให้ดอกตัวเมียมากขึ้น นอกจากนี้ การใช้ ethephon กับดอกลิ้นจี่ในช่วงก่อนการออกดอกจะทำให้มีดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกตัวเมียเพิ่มมากขึ้น และยับยั้งการเกิดดอกตัวผู้ (พีรเดช, 2537)

การหาปริมาณเอทธิลีนในต้นพืช

วิธีการหาปริมาณเอทธิลีนในต้นพืชมีหลายแบบดังนี้

1. Bioassay วิธีนี้ใช้การตอบสนองของต้นถั่วลันเตาที่งอกในที่มืด (etiolated pea seedling) จะแสดงอาการตอบสนองต่อเอทธิลีน โดยเนื้อเยื่อใต้ยอดบวมออก และรากจะสูญเสียสภาพการตอบสนองต่อแรงดึงดูดของโลก ถ้าหากได้รับเอทธิลีนมากก็จะแสดงอาการมาก แต่อาการดังกล่าวอาจเกิดการตอบสนองต่อการก๊าซ propylene หรือ acetylene ก็ได้ (ดนัย, 2537) Pea Seedling Bioassay เป็นการวัดอย่างหยาบและให้ผลไม่แน่นอน เนื่องจากมีก๊าซอื่นๆ ที่สามารถกระตุ้นให้เกิดอาการอย่างเดียวกัน (สัมพันธ์, 2529)

2. Chemical Measurement โดยใช้การทำปฏิกิริยาระหว่างเอทธิลีนและโบรมีนและวัดจำนวนโบรมีนที่ถูกใช้ไปตามสมการ (ดนัย, 2537)

$$Br_2 + C_2H_4 \longrightarrow Br-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-Br$$

ปริมาณโบรมีนที่ถูกใช้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณเอทธิลีนได้ การวัดโดยวิธีนี้สามารถวัดเอทธิลีนได้ต่ำถึง 0.5 สตล (Abeles, 1973)

3. Physical Measurement โดยใช้ gas chromatography (GC) เป็นวิธีการที่ง่าย แน่นอน และมีความละเอียดสูงในการวัดปริมาณเอทธิลีน เครื่อง GC มาตรฐานจะสามารถวัดเอทธิลีนได้ต่ำถึง 5 ppb จากตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไปประมาณ 1 นาที sensitivity ของวิธีการนี้เพียงพอต่อการวัดปริมาณเอทธิลีนในตัวอย่างก๊าซทั่ว ๆ ไป ในกรณีที่ต้องการ sensitivity สูงกว่านี้ตัวอย่างของก๊าซควรผ่าน silica gel ที่อุณหภูมิน้ำแข็งแห้งเพื่อใช้ดูดซับเอทธิลีน และขจัดก๊าซอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำออกโดยการใช้ ascarite และ cold traps เอทธิลีนจะถูกปล่อยออกมาจาก silica gel โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 ^{0}ซ หลังจากนั้นจึงนำก๊าซเอทธิลีนฉีดเข้าเครื่อง GC ต่อไป (Abeles, 1973)

การสกัดก๊าซจากตัวอย่างพืชเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่อยู่ในรูปก๊าซ (สมบุญ, 2536) ดังนั้นในการวัดปริมาณเอทธิลีนส่วนใหญ่จะต้องทำในภาชนะที่ปิดสนิท ที่มี septum และสกัดเอาก๊าซที่อยู่ภายในช่องระหว่างเซลล์ (intercellular gas) (Abeles, 1973) ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เข็มฉีดยาดูดเอาก๊าซที่อยู่ภายในตัวอย่างพืชออกมา หรืออาจสกัดด้วยวิธี vacuum (Blanpied, 1971) และวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีนโดยนำก๊าซที่ได้ไปฉีดเข้าเครื่อง gas chromatograph ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถใช้วัดหาอัตราการผลิตเอทธิลีนของพืช (Abeles, 1973)

การสกัดโดยใช้เข็มฉีดยาจะทำได้กับผลไม้ที่มีช่องว่างภายใน เช่น แคนตาลูป และแอปเปิลโดยแทงเข็มฉีดยาแบบ hollow hypodermic เข้าไปในช่องว่างของผลไม้ และดูดเอาก๊าซออกมา สภาพสูญญากาศจะทำให้ก๊าซซึมออกจากเนื้อเยื่อผลไม้เข้าไปในกระบอกฉีดยา อาจดูดก๊าซในขณะที่เนื้อเยื่ออยู่ในอากาศหรืออยู่ภายใต้สารละลายเข้มข้น แต่สภาพที่เนื้อเยื่ออยู่ในอากาศนั้น จะทำให้อากาศจากภายนอกปนเข้าไปในกระบอกฉีดยาได้ซึ่งป้องกันได้โดยใช้ขี้ผึ้งอุดรอบๆ รอยแทงเข็ม (Saltveit, 1982)

สำหรับผล เนื้อเยื่อผล กิ่ง ใบ หรือยอด ไม่สามารถนำเอาก๊าซภายในเนื้อเยื่อออกมาได้ด้วยวิธีการใช้เข็มฉีดยา แต่สามารถสกัดได้โดยวิธี vacuum ตามวิธีการของ Beyer and Morgan (1970) และ Saltveit (1982) ซึ่งวิธีการสกัดแสดงในตารางที่ 2 การสกัดโดยวิธี vacuum นี้ทำให้ก๊าซในตัวอย่างพืชขยายตัว และออกมาตามรูต่างๆ คือ lenticel, stomata และรูต่างๆ เป็นต้น (Saltveit, 1982)

การสกัดด้วยวิธี vacuum ต้องให้ตัวอย่างพืชอยู่ใต้ของเหลว ทำให้ก๊าซขยายตัวและซึมออกมานอกเซลล์ ไปสะสมที่บริเวณเหนือของเหลวในภาชนะที่ปิดสนิท (Beyer and Morgan, 1970) ของเหลวที่ใช้ เป็นสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ แอมโมเนียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต (Saltveit, 1982) โดยสารละลายเกลือจะใช้ได้ดีกว่าน้ำซึ่งช่วยลดปัญหาการละลายน้ำของเอทธิลีน (Beyer and Morgan, 1970)

ตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดก๊าซจะต้องจุ่มใน surfactant (0.01%) เช่น Tween 20 ก่อนที่จะนำไปแช่อยู่ใต้สารละลายเกลือที่อิ่มตัว เพื่อป้องกันฟองอากาศมาเกาะอยู่ตรงบริเวณเนื้อเยื่อพืชในขณะที่เปิดเครื่อง vacuum แรงดูดของ vacuum และเวลาที่ใช้ในการ vacuum มีความสำคัญต่อการทำ vacuum กับเนื้อเยื่อ ซึ่งพบว่าการใช้ vacuum (ที่ต่ำ) 100 มิลลิเมตรปรอทจะทำให้ใช้เวลานานขึ้น การลดแรง vacuum ลงจะทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเอทธิลีน จากส่วนที่ละลายอยู่หรือส่วนของ bound เอทธิลีน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ vacuum ที่ต่ำกว่า 100 มิลลิเมตรปรอท (Beyer and Morgan, 1970)

การนำก๊าซเอทธิลีนออกมาจากผลไม้โดยการสกัดด้วยวิธีการใช้เข็มฉีดยา จะมีปริมาณเอทธิลีนน้อยกว่าที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี vacuum เช่น การสกัดก๊าซออกจากผลแอปเปิล และแคนตาลูป พบว่าการสกัดด้วยวิธี vacuum จะมีระดับเอทธิลีนสูงกว่าการสกัดด้วยวิธีใช้เข็มฉีดยา คือ ได้ก๊าซปริมาณ 20 และ 38% ตามลำดับ

ผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการสกัดก๊าซออกจากตัวอย่างพืชแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสกัดเอทธิลีนออกจากตัวอย่างพืช และวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน

ผู้ทดลอง (ปี)	พืช , พันธุ์	วิธีการสกัดเอทธิลีนจากตัวอย่างพืช	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน
Beyer and Morgan (1970)	ฝ้าย (*Gossypium hirsutum* L. cv. 'Stoneville 213') ถั่วแดง (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Red Kidney') ฤาษีผสม (*Coleus blumei* Benth)	เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ มีส่วนประกอบดังภาพที่ 1. ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น evacuation chamber ที่ทำจากโถแก้ว desiccator ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร และ collection flask ประกอบด้วยบิกเกอร์ขนาด 2 ลิตร โดยก้นของบิกเกอร์มีรูปร่างเป็นกรวย ปลายกรวยมีฝาปิดที่ทำมาจากจุกยางวัดซีนขนาด 6 มิลลิลิตร วิธีการสกัดก๊าซมีดังต่อไปนี้ 1 ต่อ evacuation chamber เข้ากับเครื่องวัดความดัน Matheson No. 49 vacuum 2 เติมสารละลายอิ่มตัวของ $(NH_4)_2SO_4$ ลงใน evacuation chamber จนเกือบเต็ม จัดให้ collection flask จมอยู่ในสารละลาย และกำจัดฟองอากาศที่เกาะอยู่ด้านข้างใน flask และที่จุกยางออกให้หมด 3 collection flask และใช้นิ้วเขี่ยเนื้อเยื่อให้ฟองอากาศที่ติดมาหลุดออกและใช้เข็มฉีดยาดูดทิ้งไป จัดให้ของเหลวมีระดับสูงเหนือ collection flask ประมาณ 1 นิ้ว และอุดรอยรั่วของ	Gas chromatograph Model 810 F&M detector แบบ flame deionization detector column แบบ activated alumina ใช้ helium เป็น carrier gas

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี)	พืช , พันธุ์	วิธีการสกัดเอทธิลีนจากตัวอย่างพืช	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน
		evacuation chamber 4 เปิดเครื่อง vacuum ด้วยแรงสม่ำเสมอที่ 100 มิลลิเมตรปรอท นาน 2 นาที 5 ใช้เข็มฉีดยาดูดเอาตัวอย่างก๊าซออกมาจาก collection flask แล้วนำไปวัดปริมาณเอทธิลีน	
Blanpied and Samaan (1982)	แอปเปิล cv. 'McIntosh'	<u>การทดลองที่ 1</u> 1 นำผลแอปเปิลใส่ใน respiratometer jar ที่มีอัตราการไหลของก๊าซ 50-100 ml/min มี CO_2 0.1%, C_2H_2 < 1 ppm และ O_2 3-21% ที่อุณหภูมิ 19°C 2 นำผลแอปเปิลออกมา (ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง) 3 วัดการเปลี่ยนแปลงของเอทธิลีนจากก๊าซที่ไหลออกมาจาก respiratometer jar และวัดปริมาณเอทธิลีนภายในผลแอปเปิลโดยแทงเข็ม syringe เข้าไปตรงส่วนแกนกลางของแอปเปิล แล้วนำก๊าซไปวิเคราะห์ <u>การทดลองที่ 2</u> 1 แทงเข็ม syringe เบอร์ 18 ขนาด 3.8 cm. เข้าไปในช่องว่างแกนกลางของผลแอปเปิลที่ติดอยู่บนต้น แล้วดูดตัวอย่างก๊าซออกมา 1 ml. 2 นำก๊าซที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ	Gas chromatograph ประกอบด้วย detector แบบ hydrogen flame detector และ column แบบ activated alumina ใช้วิธีเดียวกับการทดลองที่ 1

ตารางที่ 2 (ต่อ)

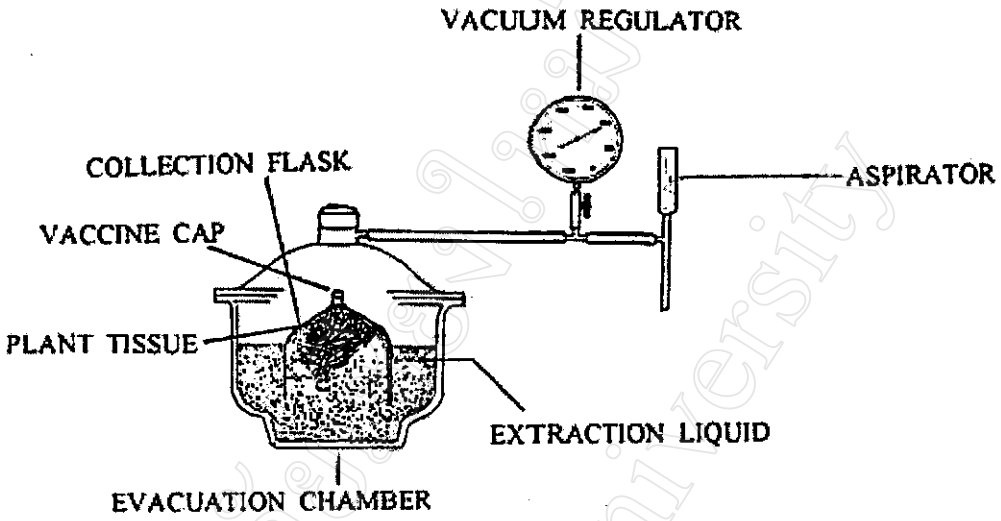
ผู้ทดลอง (ปี)	พืช , พันธุ์	วิธีการสกัดเอทธิลีนจากตัวอย่างพืช	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน
		เอทธิลีน	
Saltveit (1982)	แตง แอปเปิล	อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาตรก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ มีส่วนประกอบดังภาพที่ 2.โดย 1 ต่อโถ desiccator เข้ากับเครื่อง vacuum pump 2 เติมสารละลายที่อิ่มตัวของ NaCl หรือ $(NH_4)_2SO_4$ หรือ $MgSO_4$ 3 นำเนื้อเยื่อที่ต้องการวัดปริมาณเอทธิลีนใส่ลงใน container 4ใช้เครื่อง vacuum pump ดูดก๊าซออกด้วยแรงดูด 100 มิลลิเมตรปรอท 5ใช้เข็มฉีดยาดูดก๊าซแล้วนำไปวัดปริมาณเอทธิลีน	Gas chromatograph ประกอบด้วย detector แบบ flame ionization detector (FID) column แบบ activated alumina
Calbo and Sommer (1987)	แอปเปิล (*Malus domestica*, Borkh. cv. 'Gravenstein') สาลี่ (*Pyrus communis* L. cv. 'Barlett')	อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาตรที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ มีส่วนประกอบดังภาพที่ 3 โดย 1 ต่อเครื่อง vacuum เข้ากับระบบ ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ภายใน desiccator และ commodity chamber 2ใส่ชิ้นส่วนพืชลงใน commodity chamber 3 ต่อฝาปิดที่ไม่มี rubber stopper เข้ากับcommodity chamber ที่มีลูกบิด	งานทดลองนี้ทำเฉพาะการสกัดก๊าซออกจากตัวอย่าง

ตารางที่ 2 (ต่อ)

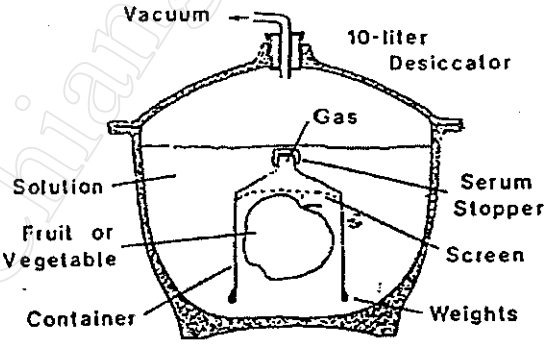
ผู้ทดลอง (ปี)	พืช , พันธุ์	วิธีการสกัดเอทธิลีนจากตัวอย่างพืช	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน
	กีวีฟรุต (*Actinidia chinensis,* Planchon cv. 'Hayward') ท้อ (*Prunus persica* L. Batsh cv. 'Independence') มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L. cv. 'Russet')	4 เติมน้ำกลั่นลงไปโดยใช้ปากดูดตรง measuring pipette หลังจากที่ดึงท่อพลาสติกออกจากส่วนบนสุดของ pipette มาเชื่อมต่อกับส่วนปลายของ pipette จากนั้นปิดด้วย clamp 5 ตรวจสอบท่อพลาสติกที่ต่อเข้ากับ commodity chamber และ measuring pipette เพื่อกันไม่ให้รั่ว 6 ต่อท่อพลาสติกกลับไปยังส่วนบนสุดของ pipette และcommodity chamber เติมน้ำและปิดฝา (ฝาที่ไม่มี rubber stopper) 7 ใส่ rubber stopper เข้าไปยังฝาที่ปิดโดยใช้เข็ม hypodermicเพื่อระบายเอาน้ำที่เหลือออกไปโดยไม่ให้ความดันเพิ่มขึ้น จากนั้นนำเข็มและ clamp จากส่วนล่างของ pipette ออกมา 8 ปิดฝา desiccator (โดยที่ rubber stopper ต้องปิดสนิทพอดี) 9 เปิดเครื่อง vacuum pump โดยใช้ความดันต่ำปรับการไหลให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยใช้ needle valve #1 10 เปิด solenoid valve เพื่อทำให้เครื่อง vacuum เป็นที่ดูดเอาอากาศ ซึ่งใช้แรงดันต่ำดูดอากาศออกจาก desiccator และ commodity chamber	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

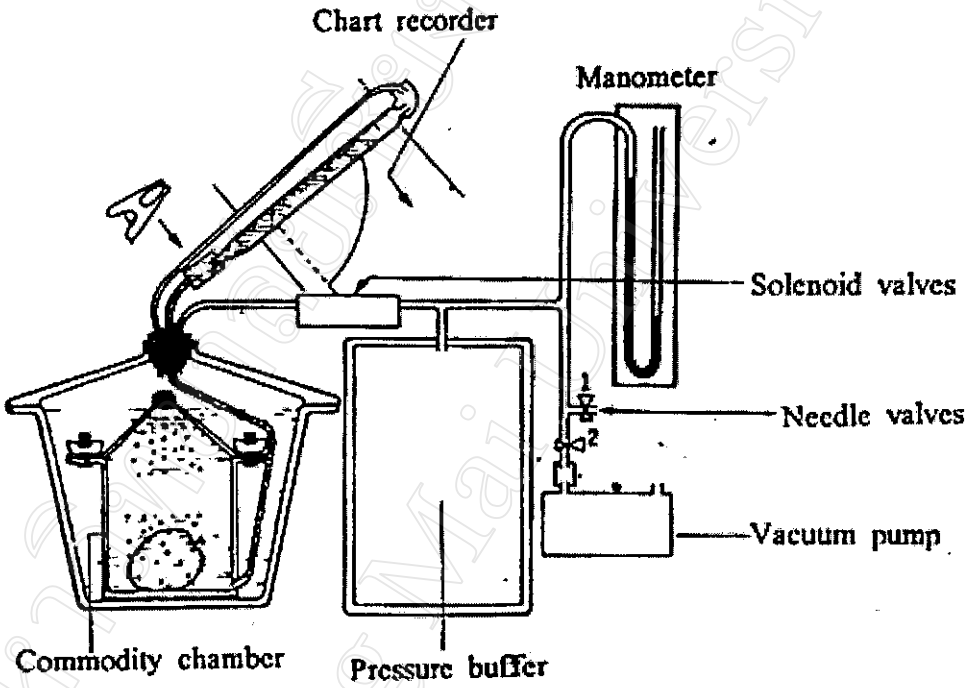
ผู้ทดลอง (ปี)	พืช , พันธุ์	วิธีการสกัดเอทธิลีนจากตัวอย่างพืช	วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเอทธิลีน
Chu (1988)	แอปเปิล cv. 'McIntosh' 'Northern Spy' 'Empire' 'Mutsu' 'Idared'	สกัดก๊าซจากช่องว่างตรงแกนกลางของแต่ละผล ดังนี้ 1 แทงหลอดฉีดยา stainless steel wire plunger ที่มี syringe ยาว 38 mm. เบอร์ 18 2 แทงเข็มและ plunger ผ่านส่วนท้ายของ calyx เข้าไปในแกนกลางที่เป็นช่องว่างในแต่ละผล 3 ผนึกส่วนท้ายของ calyx ด้วยน้ำยาเชื่อมช่องปิดที่เรียกว่า "Crack Seal" ซึ่งจะเชื่อมติดกันอย่างถาวรกับฐานของเข็ม (ปริมาณเอทธิลีนที่ถูกสร้างขึ้นเพราะน้ำยาเชื่อมนั้นจะไม่สามารถตรวจวัดได้จากขั้นตอนนี้) 4 ดึงเอา wire plunger ออกมา 5 ส่วนของ disposable syringe ที่เป็นแก้วจะติดอยู่กับเข็ม 6 ดูดตัวอย่างก๊าซออกจากผล 3 ml.ใช้เข็มยาว 25 mm. เบอร์ 23 แทนเข็มเบอร์ 18 เพื่อความสะดวกในการฉีดตัวอย่างเข้าไปใน injector 7 อุดปลายเปิดของ syringe ไว้ชั่วคราวโดยแทงเข็มไว้ที่ rubber stopper จนกว่าจะพร้อมฉีดเข้าไปในเครื่อง gas chromatograph	ใช้ gas chromatograph Hewlett Packard HP5880A โดยมี detector แบบ flame ionization detector (FID) และมี pneumatic injector 2 อัน แต่ละอันมี loop ตัวอย่างขนาด 1 ml. 1 อัน column เป็น o.d. stainless steel ขนาด 220 x 0.64 cm. ที่บรรจุ Porapak Q 80 / 100 mesh ระดับต่ำสุดของเอทธิลีนที่สามารถวัดได้คือ 0.01 µl/l



ภาพที่ 1. อุปกรณ์สำหรับสกัดก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์จากเนื้อเยื่อพืชของ Beyer and Morgan (1970)



ภาพที่ 2. อุปกรณ์สำหรับสกัดก๊าซที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์จากเนื้อเยื่อพืชของ Saltveit (1982)



ภาพที่ 3. อุปกรณ์สำหรับสกัดก๊าซออกจากตัวอย่างพืชของ Calbo and Sommer (1987)