บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลิ้นจี่อยู่ในตระกูล Sapindaceae ซึ่งมีประมาณ 2,000 ชนิด จาก 150 สกุล ไม้ผลที่สำคัญของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอยู่ในตระกูลนี้ เช่น ลำไย (*Dimocarpus longan*) และ เงาะ (*Nephelium lappaceum*) (Menzel and Simpson , 1994)

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) ประกอบด้วย 3 ชนิดย่อย (Menzel and Simpson , 1994) คือ

1. subsp. *chinesis* เป็นพันธุ์การค้าจากจีนตอนใต้
2. subsp. *philippenensis* เป็นพันธุ์ที่พัฒนามาจากฟิลิปปินส์ และ ปาปัวนิวกีนี
3. subsp. *javenesis* มาจากคาบสมุทรมาเลเซีย และ อินโดนีเซีย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

Menzel and Simpson (1994) บรรยายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่ ดังนี้

ลำต้น : เป็นไม้ยืนต้น ที่ต้นแก่จะมีความสูง 30 เมตรขึ้นไป บางพันธุ์กิ่งจะโค้ง(crooked) หรือ บิดงอ (twisting) ทรงพุ่มจะแผ่ออกมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง

ใบ : เป็นใบประกอบ(compound leaves) เรียงตัวแบบสลับ (alternate) มีใบย่อย 2-5 ใบ ใบเป็นรูปเรียวยาว (oblong) ยาว 5-15 ซม

ดอก : มีขนาดเล็ก สีเหลืองขาว ดอกลิ้นจี่มี 3 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกสมบูรณ์เพศ อย่างไรก็ตามถ้าแบ่งตามชนิดของดอกตามคุณสมบัติในการทำหน้าที่เป็นดอกที่ให้ละอองเกสรตัวผู้และดอกที่เกสรตัวเมียสามารถรับการผสมแล้ว ลิ้นจี่ก็จะมีดอกเพียง 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ และดอกตัวเมีย (ธนัท,2538) โดยดอกตัวผู้มีเกสรตัวผู้ที่ทำหน้าที่อยู่ 6-10 อัน และดอกตัวเมียจะประกอบด้วยเกสรตัวเมียที่ไม่ทำหน้าที่ 6-10 อัน และมีเกสรตัวเมียซึ่งสามารถรับการผสมได้

ผล : มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ คือ มีลักษณะกลม (round) รูปไข่ (ovoid) หรือรูปหัวใจ (heart-shaped) เส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 3.0 - 3.5 ซม ผลมีเปลือกบางและขรุขระ เปลือกจะมีสีแดงอมชมพู หรือแดงสดไปจนถึงแดงอมม่วง มีเนื้อผล 70-80% ของน้ำหนักผล เนื้อผลมีสีขาวใส ลักษณะเนื้อผลอาจฉ่ำมีน้ำมากหรือเนื้อแน่น มีรสชาติเปรี้ยวอมหวานสามารถใช้กลิ่น (flavor and aroma) จากเนื้อผลแยกพันธุ์ได้

เมล็ด : ผลประกอบด้วยเมล็ด 1 เมล็ด สีน้ำตาล โดยทั่วไปกว้าง 6-12 มม และยาว 10-23 มม

สรีรวิทยาการออกดอกของลิ้นจี่

1. รูปแบบการออกดอก (flowering pattern) ลิ้นจี่มีการพัฒนาด้าน reproductive หลายระยะ คือ panicle differentiation , panicle emergence , panicle growth , flowering , anthesis , anther dehiscence , pollination และ fruit maturity โดยใช้เวลา 5-7 เดือน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Menzel , 1984)

2. สภาพแวดล้อม

2.1 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิส่งเสริมให้ลิ้นจี่ออกดอกได้ดีที่สุดหลังจากที่ได้รับอุณหภูมิ 15 °ซ นาน 10 สัปดาห์ แต่ถ้าลิ้นจี่ได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 20°ซ นาน 8 ชั่วโมงหรือมากกว่าต่อวันจะเป็นอันตราย (Menzel และ Simpson ,1995) Chaikiatiyos *et al.*(1994) กล่าวว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 20°ซ จำเป็นสำหรับการออกดอกของลิ้นจี่ แต่จะทำให้เวลาที่ใช้สำหรับ anthesis นานขึ้น

2.2 ความเครียดจากการขาดน้ำ (water stress) มีผลกระตุ้นการออกดอกและยับยั้งการเจริญทางด้านกิ่งใบ (vegetative flushing) (Menzel *et al.* , 1989) โดยความเครียดจากการขาดน้ำในช่วงหลังจากการออกดอกมีผลต่อการพัฒนาด้านการสืบพันธุ์ (reproductive) และอัตราส่วนเพศของดอกในลิ้นจี่และหากลิ้นจี่ได้รับความเครียดจากการขาดน้ำในช่วงการออกดอกและการพัฒนาดอกจะทำให้การติดผลและผลผลิตลดลงอย่างมากเช่นกัน (Menzel and Simpson , 1991) นอกจากนี้ Chaikiatiyos *et al.* (1994) กล่าวว่า ความเครียดจากการขาดน้ำจะทำให้การออกดอกล่าช้า

2.3 ธาตุอาหาร(nutrition) มีผู้รายงานว่าการออกดอกของพืชควบคุมโดยปริมาณธาตุอาหารในพืช สำหรับในไม้ผลปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญ(limiting factor)ในการออกดอก (Goldshmidt *et al.* , 1985) และ Menzel *et al.* (1995) พบว่าลิ้นจี่เริ่มออกดอกในขณะที่มีปริมาณแป้งต่ำ ส่วน Chaitrakulsup (1981) ได้ทำการศึกษา Total Nonstructural Carbohydrate (TNC)ในลิ้นจี่ พบว่าปริมาณ TNC จะเพิ่มขึ้นในใบ หรือที่ปลายกิ่ง (stem apex) ในช่วงก่อนการออกดอก หรือ แตกใบอ่อนในขณะที่ระดับของ N (Total Nitrogen) ไม่ได้ลดลงหรือเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่า ธาตุอาหารไม่ได้เป็นตัวควบคุมการออกดอกเป็นเพียงส่วนสนับสนุนการออกดอกเท่านั้น (Bernier *et al* . , 1985)

3. การแตกใบอ่อนและการพักตัวในระยะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (leaf flushing and vegetative dormancy) ความแตกต่างของการแตกใบอ่อนและการเจริญทางด้าน reproductive ใน

แต่ละต้นนั้น อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของภูมิอากาศรอบต้น ระดับธาตุอาหารในดิน (โดยเฉพาะ N) และการเข้าทำลายของแมลงในสวนซึ่งมีผลต่อระบบภายในต้นลิ้นจี่แต่ละต้น (Menzel and Simpson , 1992) และเชื่อกันโดยทั่วไปว่าลิ้นจี่นั้นต้องการระยะเวลาในการพักตัวทางด้าน vegetative เพื่อที่จะสร้างตาดอก (Menzel , 1983)

แนวทางการแก้ปัญหาลิ้นจี่ออกดอกไม่สม่ำเสมอ

1. Culturul practices

1.1 การคว่ันกิ่งหรือการรัดกิ่ง (cinctuning / girdling) สามารถชักนำให้เกิดได้โดยเทคนิค เช่น การรัดกิ่งซึ่งสามารถทำให้เกิดการพักตัวในลิ้นจี่การออกดอกได้แต่ยังให้ผลไม่ค่อยแน่นอน (Menzel and Paxton , 1986) นอกจากนี้ Menzel *et al.* (1995) พบว่า ถ้าทำการรัดกิ่งต้นลิ้นจี่ จะยับยั้งการแตกใบอ่อนในเดือน พฤษภาคม และกระตุ้นให้ออกดอกในเดือนกรกฎาคม เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณแป้งในใบและลำต้นบริเวณเหนือรอยรัด

1.2 การตัดแต่งกิ่ง (prunning) การตัดแต่งกิ่งมีความจำเป็นต่อต้นลิ้นจี่ในปีแรกเพื่อให้ได้รูปทรงและโครงสร้างของต้นที่ต้องการ ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยเป็นพันธุ์ที่มีกิ่งก้านยาวโดยไม่แตกกิ่งสาขามากนัก จึงควรมีการตัดแต่งเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตให้มีการแตกกิ่งก้านสาขามากขึ้น กิ่งหลัก ๆ จะถูกตัดทิ้งหลังจากเก็บเกี่ยวทุก ๆ 2-3 ปี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง (Subhadrabandhu , 1990) โดย Menzel *et al.* (1996) พบว่า การตัดแต่งกิ่งในฤดูหนาวจะทำให้ลิ้นจี่ออกดอกดีพอ ๆ กับการตัดแต่งในฤดูร้อน ในประเทศไทยการตัดแต่งกิ่งทำเป็นประจำทุกปีในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยตัดกิ่งกระโดงและกิ่งที่เกิดภายในทรงพุ่ม แต่ต้องระวังการตัดแต่งกิ่งถ้าตัดมากเกินไปจะทำให้ผลผลิตในฤดูต่อไปลดลง (Subhadrabandhu , 1990)

1.3 การให้น้ำ (irrigation control) การจัดการเกี่ยวกับการให้น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตด้านกิ่งใบและการชักนำให้เกิดการพักตัวของลิ้นจี่ การจัดระบบการให้น้ำนั้นควรจะหยุดการให้น้ำเพื่อหยุดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและให้น้ำอีกครั้งหลังจากการออกดอก (Subhadrabandhu , 1990) อย่างไรก็ตามการออกดอกเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำนั้นไม่เกี่ยวข้องกับการขาดน้ำ (Chaikiatiyos *et al.*, 1994)

1.4 การให้ปุ๋ย (fertilization) การจัดการเกี่ยวกับปุ๋ยควรจะให้โดยตรงในช่วงที่ต้นพักตัวประมาณ 3 เดือน ก่อนการออกดอก (Menzel , 1983) ผู้ปลูกลิ้นจี่ในประเทศจีนและแอฟริกาได้กล่าวว่า การให้ปุ๋ยก่อนการออกดอกและหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งจำเป็น และผู้ปลูกใน

ประเทศออสเตรเลียพบว่าในต้นที่แข็งแรงนั้นไม่ควรให้ปุ๋ยในขณะที่ออกดอกหรือช่วงฤดูใบไม้ผลิ (Chapman , 1984)

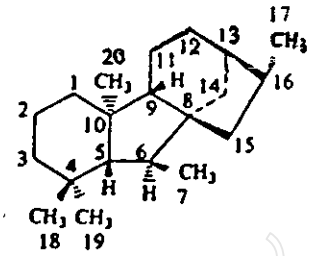
1.5 สารควบคุมการเจริญเติบโต(plant growth regulator ; PGR) การออกดอกของไม้ผลยืนต้นหลายชนิดถูกควบคุมโดยปริมาณจิบเบอเรลลินและเอทธิลีนที่พืชสร้างขึ้น ในช่วงที่มีการออกดอกพบว่า ปริมาณจิบเบอเรลลินจะลดระดับลงและมีการสร้างเอทธิลีนมากขึ้น (พีรเดช , 2537) นอกจากนี้ นพพร(2539) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในยอดลำไยพันธุ์ดอในช่วงก่อนการออกดอก พบว่า ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะมีปริมาณสูงในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนการออกดอก และจะคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นปริมาณจะลดลงต่ำมากจนไม่อาจตรวจพบได้ในสัปดาห์ที่มีการออกดอก และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองในลิ้นจี่จะได้ผลคล้ายคลึงกัน คือ จะมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินสูงในสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการแทงช่อดอกและลดปริมาณลงในสัปดาห์ที่ 3 ในขณะที่ปริมาณจะคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 2 และปริมาณลดลงอีกครั้งจนไม่สามารถวัดได้ในสัปดาห์ที่ 1 และในสัปดาห์ที่เริ่มแทงช่อดอก (สุวลี , 2540) ส่วน Chen (1991) พบว่า ปริมาณของไซโตไคนินจะเพิ่มขึ้นเมื่อตาใบมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นตาดอก ส่วนตาใบที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะมีปริมาณไซโตไคนินคงที่และมีปริมาณต่ำ

จิบเบอเรลลิน

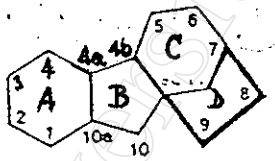
สารกลุ่มจิบเบอเรลลินในพืชสร้างขึ้นได้ที่ส่วนของยอด เกสรตัวผู้ ใบอ่อน ราก และเมล็ดอ่อน รวมทั้งเมล็ดที่กำลังงอก (จำนงค์ , 2537) เริ่มมีการค้นพบจิบเบอเรลลินตั้งแต่ปี ค.ศ. 1890 โดยชาวนาญี่ปุ่นได้สังเกตเห็นต้นกล้าของข้าวมีลักษณะสูงชะลูดผิดปกติ อ่อนแอ มักไม่ออกดอกและตายก่อนที่พืชจะเจริญเติบโตเต็มที่ เรียกโรคข้าวนี้ว่า " Bakanae " ต่อมาในปี ค.ศ. 1926 Kurosowa นักพฤกษศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ค้นพบว่าโรคข้าวชนิดนี้เกิดจากเชื้อราชื่อ *Gibberella fujikuroi* (สมบุญ , 2536) หรือ *Fusarium moniliforme* จึงมีการศึกษาและพบว่าเชื้อราชนิดนี้สามารถสร้างสารบางชนิดขึ้นในต้นพืช (หรือในอาหารเลี้ยงเชื้อ) ซึ่งกระตุ้นให้ต้นข้าวสูงผิดปกติได้ ในปี 1939 ได้มีผู้ตั้งชื่อสารนี้ว่า จิบเบอเรลลิน ต่อมาในปี 1954 นักเคมีชาวอังกฤษสามารถแยกสารบริสุทธิ์จากอาหารเลี้ยงเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* และเรียกสารนี้ว่า gibberellic acid (กรดจิบเบอเรลลิก) (ดนัย , 2539)

จิบเบอเรลลินจัดเป็นสารพวกไดเทอร์พรีนอยด์ (diterprenoid) (สมบุญ , 2536) มีโครงสร้างหลักที่เหมือนกัน คือ gibbane ring หรือ gibberellane ring system (รูปที่ 1) โดย gibberellane ring system ประกอบด้วย ring A , B , C และ D (รูปที่ 1) โดยแต่ละ ring จะมี group ต่างๆมาเกาะตาม

ตำแหน่งต่างๆของคาร์บอน ในแง่ของการกระตุ้นการเจริญนั้น การมี ring ทั้ง 4 สำคัญมาก และที่ตำแหน่ง C-7 ต้องมี carboxyl group (-COOH) มาเกาะจึงจะแสดงฤทธิ์ของสาร โดย GA_3 ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันจะมี lactone ring เกาะอยู่ที่ ring A (รูปที่ 2) (จำนงค์ , 2537) ปัจจุบันพบจิบเบอเรลลินมากกว่า 70 ชนิด (สมบุญ ,2536)

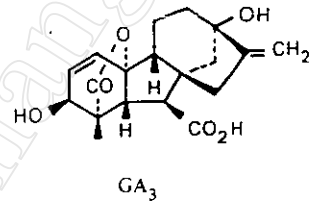


ent-gibberellane



gibbane ring

รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างของ ent-gibberellane และโครงสร้างหลักของสารกลุ่มจิบเบอเรลลิน



GA_3

รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างของสาร GA_3

การหาปริมาณจิบเบอเรลลิน

ดนัย (2539) ได้กล่าวถึงการหาปริมาณจิบเบอเรลลิน 2 วิธี คือ

1. ใช้วิธีโครมาโตกราฟ เช่น GC หรือ Gas Chromatograph และ Paper Chromatograph
2. ใช้วิธี Bioassay โดยการที่จิบเบอเรลลินสามารถทำให้พืชต้นแคระ(ข้าวโพดและถั่ว) เจริญเป็นต้นปกติได้

มีรายงานการทดลองเกี่ยวกับวิธีการหาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน (ตารางที่ 1) และรายงานการทดลองเกี่ยวกับการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการแก้ปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่ (ตารางที่ 2) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินด้วยวิธี Bioassay

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
Nishijima and Katsura (1989) ญี่ปุ่น	ข้าวพันธุ์ Tan-gibozu และ Waito-C	วัดได้ต่ำสุด $3x10^{-9}$ สตล (ไม่ระบุช่วง linear)	1) นำเมล็ดข้าวไปฆ่าเชื้อด้วย benlate [0.1% (w/v)] และแช่ในน้ำที่มี S-3307 (uniconazol) ทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำ 2) นำมาเพาะในน้ำภายใต้สภาพเดิม เมื่อ coleoptile ยาว 4 มม นำไปใส่ในหลอดแก้วขนาด 28 x 58 มม ซึ่งมีวุ้น 0.8% (w/v) โดยใช้ต้นกล้า 7 ต้น ต่อหลอด แล้วนำไปบ่มนาน 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °ซ ภายใต้แสงไฟจาก methal halide 3) หยด GA_3 ที่ละลายใน 50% (v/v) acetone 1 µl โดยใช้ microsyringe หยดเข้าไประหว่าง coleoptile และใบแรกของต้นกล้า 4) หลังจากนั้น 3 วัน วัดความยาวของ secondary leaf sheath

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
Nishijima *et al.* (1992) ญี่ปุ่น	ข้าวพันธุ์ Tan-ginbozu, Ginbozu, Koshihikari, Bombal, CP 231, Lemont และ IR26 Raffaeo	วัดได้ต่ำสุด 10^{-8} สตล (ไม่ระบุช่วง linear)	วิธีการส่วนใหญ่เหมือน Nishijima and Katsura (1989) แต่มีข้อแตกต่าง คือ 1) เพิ่มเวลาการแช่ของ uniconazole จาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง 2) ฆ่าเชื้อเมล็ดด้วย sodium hypochlorite solution นาน 15 นาที 3) เลือกต้นกล้าที่มีความยาว coleoptile 2-5 มม หลังจากบ่ม 2 วัน 4) ใช้วุ้นปริมาณ 30 มล 5) นำไปไว้ภายใต้แสงไฟจากหลอด fluorescent
Nishijima *et al.* (1993) ญี่ปุ่น	ข้าวพันธุ์ Waito-C, Tan-ginbozu และ Koshihikari	วัดได้ต่ำสุด $3x10^{-10}$ สตล (ไม่ได้ระบุช่วง linear)	วิธีเหมือน Nishijima *et al.* (1992) ยกเว้นการแช่เมล็ดข้าวด้วย prohexadione calcium (BX-112) ร่วมกับ uniconazol (S-3307)
ชวนพิศ และคณะ (2537) ไทย	ข้าวพันธุ์ Tan-ginbozu	ไม่ระบุ	วิธีการเหมือน Nishijima and Katsura (1989)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
คณพล (2532) ไทย	ข้าวพันธุ์ IR36	วัดได้ต่ำสุด 10^{-5} สตล (ไม่ระบุช่วง linear)	1) นำเมล็ดข้าวมาแช่ในสารละลายsodium hypochlorite : น้ำ ในอัตราส่วน 1:10เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 2) นำไปเพาะในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25-30°ซ นาน 72 ชั่วโมง 3) นำต้นกล้าที่มี coleotile ยาว 5 มม วางใน petri dish ที่มีสารละลายที่ใช้ทดสอบ 5 มล 4) ใช้ต้นกล้าข้าว 10 ต้นต่อจาน 5) นำไปไว้ใน growth chamber ที่อุณหภูมิ 28° ซ แสง 3,000 lux เป็นเวลา 7 วัน 6) วัดความยาว secondary leaf sheath
นาถฤดี (2533) ไทย	ข้าวพันธุ์ Tan-Shung	ไม่ระบุ	วิธีการเหมือน คณพล (2532) ที่แตกต่างคือ เลือกเอาต้นกล้าข้าวที่มี coleoptile ยาว 2-3 มม
นพพร (2539) ไทย	ข้าวพันธุ์ IR36 และ IR29	$1x10^{-5}$ ถึง $1x10^{-1}$ สตล	วิธีการเหมือน คณพล (2532) ที่แตกต่าง คือ 1) การเพาะเมล็ด โดยเพาะบนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่วางอยู่ในกล่องพลาสติกขนาด 15x30x10 ซมและนำไปไว้ในที่มืด ใน growth chamber ที่อุณหภูมิ 28 ± 2° ซ เป็นเวลา 3 วัน 2) นำเมล็ดข้าวที่มี secondary leaf sheath ยาวประมาณ 1.0 ซม วางในกล่องพลาสติกขนาด 6x8.5x3.5 ซม ที่ใส่ GA ที่ต้องการทดสอบ ปริมาตร 5 มล โดยใส่กล่องละ 10 ต้น

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
Frankland and Wareing (1960) อังกฤษ	ผักกาดหอม พันธุ์ Grand Rapid	0.1 – 100 สตล	1) เพาะเมล็ดผักกาดในที่มืดอุณหภูมิ 25°ซ นาน 2 วัน 2) เลือกต้นกล้าที่มี radicles ยาวประมาณ 6-8 มม แล้วเพาะใน petri dishes ขนาด 4 นิ้ว ซึ่งมีกระดาษเพาะรองอยู่ และมีจิบเบอเรลลินที่ใช้ทดสอบปริมาตร 6 มล 3) ใช้ต้นผักกาดหอม 10 ต้นต่อจาน 4) นำไปวางใต้แสง daylight จากหลอด fluorescent ที่มีกำลัง 80 วัตต์ 2 หลอด โดยวางห่างจากหลอดไฟ 15 ซม ที่อุณหภูมิประมาณ 28°ซ นาน 5 วัน 5) วัดความยาว hypocotyl ในหน่วย มม
เพื่อนแก้ว (2530) ไทย	ผักกาดหอม พันธุ์ Symson Black Seed	ไม่ระบุ	วิธีการเหมือน Frankland and Wareing (1960) แต่มีข้อแตกต่าง คือ 1) เลือกต้นกล้าผักกาดหอมที่มี hypocotyl ยาวประมาณ 6-8 มม ไปทดสอบ 2) ใช้ต้นกล้าผักกาดหอม 20 ต้นต่อ petri dish 3) อุณหภูมิที่ใช้เพาะเมล็ดกับอุณหภูมิที่นำต้นกล้าไปวางใต้แสงไฟอยู่ในช่วง 20-25°ซ 4) นำต้นกล้าไปวางใต้แสงไฟนาน 3 วัน
นาฉฤดี (2533) ไทย	ผักกาดหอม พันธุ์ Grand Rapid	ไม่ระบุ	วิธีการเหมือนเพื่อนแก้ว (2530) แต่มีข้อแตกต่าง คือ การเลือกต้นกล้าผักกาดหอมที่มี hypocotyl ยาว 3-4 มม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
Brian *et al.* (1964) อังกฤษ	ผักกาดหอม พันธุ์ Arctic King	$10 - 10^{-4}$ สตล	1) นำเมล็ดผักกาดหอมมาเพาะในกระดาษที่ชุ่มไปด้วยน้ำกลั่นในจานแก้ว ที่อุณหภูมิ 24° ซ ในที่มืด เป็นเวลา 36 ชั่วโมง 2) เลือกต้นกล้าที่มีความยาวสม่ำเสมอวางใน petri dishes ขนาด 2-5 นิ้ว ซึ่งมีกระดาษเพาะที่ชุ่มด้วยจิบเบอเรลลินซึ่งใช้ทดสอบ 3 มล วาง 10 ต้นต่อจาน 3) นำไปบ่มนาน 48 ชั่วโมง ใน white light 4,600 lux หลังจากนั้นวัดความยาวของ hypocotyl ในหน่วย มม
Hammer *et al.* (1995) U.S.A.	ผักกาดหอม พันธุ์ Grand Rapid	ไม่ระบุ	วิธีการโดยทั่วไปเหมือน Frankland and Wareing (1960) และ Brian *et al.* (1964) ที่แตกต่าง คือ 1) นำไปเพาะในที่มืดที่ 23 ± 1°ซ นาน 30 ชั่วโมง 2) เลือกต้นกล้าที่มี radicles ยาว 2-8 มม แล้วนำไปวางในบีกเกอร์ซึ่งบรรจุกระดาษกรองและจิบเบอเรลลินที่ต้องการทดสอบ 2 มล ปิดปากบีกเกอร์แล้วนำไปไว้ใต้แสง cool white fluorescent นาน 30 ชั่วโมง จึงวัดความยาว hypocotyl

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
สุวลี (2540) ไทย	ผักกาดหอม พันธุ์ Desser	$1x10^{-3}$ ถึง 1 สตล	วิธีการเหมือนนาฉฤดี (2533) ที่แตกต่าง คือ 1) นำเมล็ดผักกาดหอมที่มี hypocotyl ยาวประมาณ 3 มม วางในกล่องพลาสติกที่มีจิบเบอเรลลินที่ต้องการทดสอบ ปริมาณ 2 มล ใช้ต้นกล้าผักกาดหอม 10 ต้น / ช่อง 2) อุณหภูมิที่นำไปไว้ได้แสงไฟ 28 ± 2° ซ นาน 3 วัน
Brian *et al*. (1964) อังกฤษ	แตงกวาพันธุ์ Perfection Ridge	0.1 –10 สตล	1) นำเมล็ดแตงกวามาเพาะบนกระดาษกรองที่ชื้นด้วยน้ำกลั่นในจานแก้ว ที่อุณหภูมิ 25°ซ ในที่มืด นาน 48 ชั่วโมง 2) นำเมล็ดที่งอกแล้ว 10 เมล็ดย้ายปลูกที่ cylindrical perspex dishes เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว และลึก 1.5 นิ้ว ซึ่งมี 1% water agar บรรจุอยู่ แล้วครอบด้วยบีกเกอร์ชนิดสูงแบบ Inverted 400 มล 3) นำไปเพาะในอุณหภูมิ 25°ซ นาน 24 ชั่วโมง ภายใต้แสงไฟจาก white light ซึ่งในช่วงนี้ seed coats จะหลุดออก ให้หยดสารละลายจิบเบอเรลลินที่ยอดอ่อนปริมาตร 2 µl โดยใช้ Agla micrometer syringe 4) นำไปบ่มใต้แสงไฟเดิมที่อุณหภูมิ 25°ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดความยาว hypocotyl

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	ช่วงที่วัดได้เป็นสมการเส้นตรง	วิธีการ (Bioassay)
Nakayama *et al.* (1991) ญี่ปุ่น	แตงกวาพันธุ์ Yomaki	ไม่ระบุ	1) เพาะเมล็ดพันธุ์แตงกวาในกระดาษกรอง 2 ชั้นที่ชุ่มไปด้วยน้ำใน petri dish ที่อุณหภูมิ 25°ซ นาน 2 วัน 2) นำต้นกล้ามาไว้ที่อุณหภูมิ 25°ซ ภายใต้แสง white light ทิ้งไว้ 5 วัน 3) ทำเครื่องหมายบน hypocotyls ด้วยน้ำหมึกที่ตำแหน่งต่ำกว่า cotyledonary nodes 20 มม (เรียกว่า hypocotyl unit) 4) นำสารละลาย acetone 50% ของ prohexadione หรือ GA_3 หยดลงบนยอดของต้นกล้า 10 µl ต่อ 1 ต้น 5) 6 วันหลังจากนั้นนำมาวัดความยาวของ hypocotyl unit
Brian *et al.* (1964) อังกฤษ	ถั่วแขกพันธุ์แคระ (*Phaseolus vulgaris*)	ไม่ระบุ	1) ใช้สารละลายจิบเบอเรลลินที่ละลายอยู่ใน ethanol ปริมาตร 2 µl ทดสอบที่ยอดของต้นอ่อนหลังจากที่ใบแรกคลี่ออก 2) นำไปเลี้ยงที่เรือนกระจกที่ควบคุมอุณหภูมิ (ไม่ระบุอุณหภูมิ) นาน 14 วัน 3) วัดความยาวลำต้นที่ยืดขึ้นเหนือใบเลี้ยง

บทบาทของจิบเบอเรลลินที่มีต่อการออกดอก

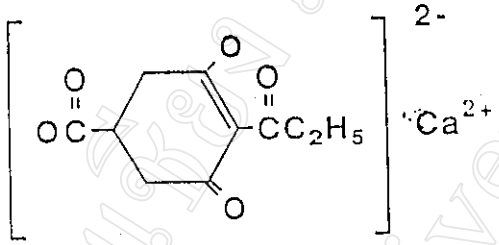
การออกดอกของพืชควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ ทั้งสภาพแวดล้อมและชนิดของพืช (พีรเดช, 2537) พืชหลายชนิดชักนำให้เกิดดอกโดยการให้สารจิบเบอเรลลิน โดยเฉพาะพวกพืชวันยาวที่มีลักษณะ rosette เช่นกะหล่ำปลี ผักกาดปลี ผักกาดหอม จิบเบอเรลลินทำให้ลำต้นยืดยาวสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดก่อนที่พืชจะสร้างดาดอก (สมบุญ , 2536) ดังนั้นการใช้สารจิบเบอเรลลินกับพืชเหล่านั้นในช่วงที่ยังมีแต่การเจริญเติบโตทางกิ่งใบจึงอาจบังคับให้ต้นยืดตัวและออกดอกได้ และในทางตรงกันข้ามถ้าใช้สารชะลอการเจริญเติบโตซึ่งมีผลยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน ก็มีผลในการส่งเสริมการเติบโตทางกิ่งใบและยับยั้งการออกดอกได้ เช่น การใช้ daminozide กับผักกาดหอมจะช่วยชะลอการเกิดดอก (พีรเดช , 2537) ในพืชพวกกะหล่ำปลีและแครอท จิบเบอเรลลินสามารถแทนความต้องการอุณหภูมิต่ำ (vernalization) หรือแทนความยาววันในพืชบางชนิดได้ (ดนัย , 2539) ไม้ดอกบางชนิดซึ่งต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อชักนำการออกดอก จิบเบอเรลลินก็มีผลช่วยกระตุ้นการออกดอกของพืชกลุ่มนี้ได้ถ้าอากาศเย็นไม่พอ (สมบุญ , 2536) แต่ในไม้ผลหลายชนิด เช่น มะม่วง ส้ม สตรอเบอรี่ ท้อ แอปเปิ้ล เชอรี่ อัลมอนด์ จะมีการออกดอกได้ก็ต่อเมื่อปริมาณจิบเบอเรลลินในต้นมีน้อยลง เนื่องจากจิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเติบโตทางกิ่งใบ ดังนั้นวิธีการใดก็ตามที่มีผลทำให้ปริมาณจิบเบอเรลลินลดต่ำลง ก็ย่อมจะกระตุ้นให้พืชเหล่านี้ออกดอกมากขึ้น วิธีหนึ่งที่จะลดปริมาณจิบเบอเรลลินภายในต้นพืช คือ ให้สารชะลอการเจริญเติบโตบางชนิดกับพืช (พีรเดช , 2537)

สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth retardant)

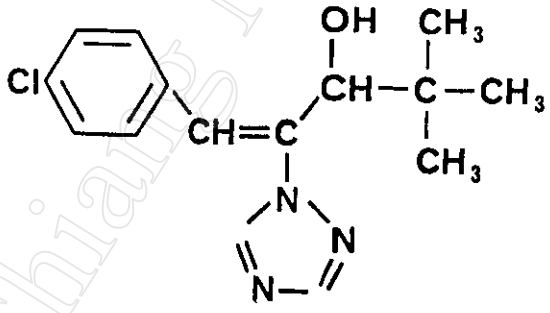
จัดเป็น PGR ที่พืชไม่สามารถสร้างเองได้ สารในกลุ่มนี้ทั้งหมดเป็นสารอินทรีย์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเกษตร คุณสมบัติหลักของสารในกลุ่มนี้ คือ ชะลอการแบ่งเซลล์ในบริเวณใต้ปลายยอดของกิ่งพืช ซึ่งประโยชน์ของสารเหล่านี้ได้แก่ ลดความสูงของต้นพืช เพิ่มการออกดอก เพิ่มการติดผลและคุณภาพผล และเพิ่มผลผลิตผัก สารในกลุ่มนี้ได้แก่ chlormequat , daminozide , ancymidol , mepiquat chloride และ paclobutrazol (พีรเดช , 2537) ปัจจุบันพบอีก 2 ชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ

1. prohexadione calcium (BX-112) (รูปที่ 3) อนุพันธ์ของสารนี้มีผลต่อการลดความยืดยาวของพืช แสดงฤทธิ์ได้รวดเร็วเมื่อให้ทางใบ และไม่มีพิษตกค้างกับพืช (Nakayama *et al.* ,1990)

2. uniconazole (S-3307) (รูปที่ 4) มี activity ที่สูงมากโดยมีผลชะลอความสูงของพืช Hiromichi and Kazuo (1986) รายงานว่า S-3307 จะไปลดปริมาณจิบเบอเรลลินให้อยู่ในระดับที่ชะลอการเจริญเติบโตของต้นข้าว สารนี้มีการเคลื่อนที่แบบ acropetal



รูปที่ 3 โครงสร้างของสาร prohexadione calcium (BX-112)



รูปที่ 4 โครงสร้างของสาร uniconazole (S-3307)

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการแก้ปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	สารเคมี	วิธีการ	ผลการทดลอง
Menzel and Simpson (1990) Australia	Lychee cv. Bengal,Kai May Pink and Tai So	Paclobutrazol (PBZ)	พ่นทางใบ (1.00-4.00 g/l) และให้ทางดิน (0.25-1.00 g/m^2 รอบโคนต้น)	PBZ ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนก่อนการออกดอกลดลง และทำให้มีการออกดอกมากขึ้นในพันธุ์ Tai So การพ่นทางใบทำให้การแตกใบอ่อนเกิดช้า และลดการออกดอกในพันธุ์ Bengal และ Kai May Pink ในปี 1988 ในขณะที่การให้ทางดินทำให้การออกดอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนในพันธุ์ Tai So จะมีการออกดอกลดลงทั้งการให้สารทางดินและพ่นทางใบ
Chaitrakulsup *et al.* (1992a) Thailand	ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย	Paclobutrazol (PBZ)	ให้ทางดิน 2, 4, 8 และ 16 gm ai./ต้น และการพ่น 125, 250, 500 ppm และ control	การให้สารโดยการพ่นไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก ในขณะที่การให้ทางดินลดความยาวช่อดอกทำให้สั้นกว่าการพ่นและใน control

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	สารเคมี	วิธีการ	ผลการทดลอง
Chaitrakulsup *et al.* (1992b) Thailand	ลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวย	Paclobutrazol (PBZ), Ethephon (ETP)	พ่น PBZ 1 ครั้ง ตามด้วย ETP 2 ครั้ง ความเข้มข้น 500: (300:300), 750: (400:400) และ 1,000: (500:500) สตล เป็นการทดลองที่ 1 พ่น PBZ 1 ครั้ง ตามด้วย ETP 1 ครั้ง ความเข้มข้น 500:300, 700:400 และ 1,000:500 สตล เป็นการทดลองที่ 2	<u>การทดลองที่ 1</u> ทุกวิธีการไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกและแตกใบอ่อน <u>การทดลองที่ 2</u> PBZ :ETP 1,000:500 สตล ทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนลดลงประมาณ 10% เมื่อเปรียบเทียบกับ control ในขณะที่ทุกวิธีการไม่มีผลต่อการออกดอก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	สารเคมี	วิธีการ	ผลการทดลอง
Chaitrakulsup *et al.* (1992c) Thailand	ลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวย	Paclobutrazol (PBZ), Ethephon (ETP)	พ่น PBZ ทางใบ ความเข้มข้น 500 1,000 และ 1,500 สตล เทียบกับให้ทางดิน 0.5, 1.0 และ 1.5 g (ai.)/m^2 เป็นการทดลองที่ 1 พ่น PBZ ทางใบ 1 ครั้ง ตามด้วย ETP 1 หรือ 2 ครั้ง ความเข้มข้น 300:100, 700:200, 1,100:300, 1,500:400, 300: (100:100), 700: (200:200) และ 1,100: (300:300) สตล เป็นการ	<u>การทดลองที่ 1</u> ทุกวิธีการไม่มีผลต่อการเพิ่มการออกดอก แต่การให้ทางดินที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 g(ai.)/m^2 ทำให้การแตกใบอ่อนลดลง มีเพียง 36% เท่านั้นเมื่อเทียบกับ control ที่แตกใบอ่อน 68% <u>การทดลองที่ 2</u> ทุกวิธีการไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก และไม่เกิดการแตกใบอ่อน <u>การทดลองที่ 3</u> การใช้สารเคมีทุกวิธีการทำให้มีการออกดอกมากกว่า control ถึง 3 เท่า ซึ่งต้น control และ check จะมีช่อดอกยาวที่สุด ซึ่งยาวกว่าที่ความเข้มข้น 500: (300:300) และ 1,000: (400:400) สตล ในขณะที่ 1,500: (500:500) จะมีช่อดอกสั้นที่สุด ต้น control และ check มีจำนวนดอกต่อยอดน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆซึ่งไม่แตกต่างกันในช่วงของการออกดอก ต้น control จะแตกใบอ่อนมากกว่า ที่ความเข้มข้น 500: (300:300) สตล ในขณะที่

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผู้ทดลอง (ปี) ประเทศ	พืช พันธุ์	สารเคมี	วิธีการ	ผลการทดลอง
			ทดลองที่ 2 และ พ่นสาร PBZ 1 ครั้ง ตามด้วยพ่น ETP 2ครั้ง ความเข้มข้น 500: (30:300) , 1,000: (400:400) และ 1,500: (500:500) สตล เป็นการทดลองที่ 3	การแตกใบอ่อนของวิธีการ 1,500: (500:500) สตล จะมีเล็กน้อย
สุจริต (2531) ไทย	ลิ้นจี่พันธุ์ ฮงฮวย	Paclobutrazol (PBZ)	พ่นทางใบ ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 สตล รดลงดิน 10 g(ai) และ 20 g(ai.)	การให้สารโดยวิธีการพ่น 1,000 และ 2,000 สตล มีผลในการเพิ่มการออกดอก โดยเพิ่มจำนวนช่อดอก 40.53% และ 43.33% ตามลำดับ และจำนวนช่อดอกต่อยอดเพิ่มขึ้น 36.23% ถึง 82.93% ทำให้จำนวนดอกต่อยอดเพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนดอกต่อช่อไม่แตกต่างกันความยาวของช่อดอกลดลง 31.21% ถึง 55.07% ส่วนความกว้างและจำนวนแขนงของช่อดอกมีแนวโน้มเพิ่มสูงมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าความพยายามในการศึกษาปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตมีหลายวิธี แต่ยังมีผลไม่แน่นอนไม่สามารถใช้แก้ปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอของลิ้นจี่ที่ได้ จึงได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนตามแนวสมมติฐานสมดุลย์ฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับการออกดอก เช่น Chen (1990) ได้รายงานการศึกษาความสมดุลย์ของฮอร์โมนใน xylem sap และปลายยอดของลิ้นจี่ พบว่าช่วงแตกใบอ่อนมีปริมาณไซโตไคนินน้อยกว่าในช่วงสร้างตาดอก ในขณะที่ปริมาณจิบเบอเรลลินมีปริมาณมากช่วงแตกใบอ่อนและปริมาณจะลดลงในช่วงสร้างตาดอก ส่วนในปลายยอด พบว่าปริมาณ ABA ในช่วงแตกใบอ่อนจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงออกดอก แต่ปริมาณ IAA มีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งในช่วงแตกใบอ่อนและออกดอก

การทดลองนี้จึงศึกษาวิธีการวิเคราะห์และการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในช่วงก่อนการออกดอกในยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาความสมดุลย์ของฮอร์โมน หากทราบว่าระดับฮอร์โมนจิบเบอเรลลินต้องลดลงถึงจุดใด และมีสัดส่วนของฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ เป็นอย่างไรก็จะนำไปสู่การทดลองหาชนิดสารชะลอการเจริญเติบโตและวิธีใช้ที่เหมาะสม ที่จะทำให้ระดับของจิบเบอเรลลินลดลงถึงระดับที่ต้องการ ที่จะเกิดสมดุลย์ของฮอร์โมนตัวอื่น ๆ ซึ่งอาจจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการที่ลิ้นจี่ออกดอกไม่สม่ำเสมอได้