บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองให้พาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 7-8 ปี ณ แปลงทดลองโครงการบ้านโปงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มะม่วงจะตอบสนองต่อ การให้สารโดยสามารถออกดอกในปลายเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นการออกดอกก่อนมะม่วงในฤดู โดยทั่วไปมะม่วงในฤดูของภาคเหนือจะออกดอกในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ (พีรเดช, 2541) มะม่วงในกลุ่มราดสารใช้ระยะเวลาในออกดอกทั้งหมด 120 วัน ในขณะที่ต้นมะม่วงในกลุ่มควบคุมจะใช้ระยะเวลาในการออกดอกนานกว่าต้นที่ราดสาร 49 วัน ซึ่ง Tongumpai *et al*. (1991) รายงานว่าการให้สารพาโคล-บิวทราโซลในมะม่วงเขียวเสวย อัตรา 2-8 กรัม สารออกฤทธิ์ต่อต้นจะออกดอกเร็วกว่าต้นควบคุม 1 สัปดาห์ และหลังจากราดสารพาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงเขียวเสวย อัตรา 6 กรัมต่อต้นแล้ว 112 วัน ปรากฏว่าปลายยอดจะสามารถพัฒนาเป็นจุดกำเนิดดอกได้ทั้งหมด (Tongumpai *et al*., 1996)

นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การออกดอกของมะม่วงในกลุ่มราดสารจะสูงกว่าในกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ โชตนา (2544) ได้ให้สารชนิดนี้กับมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 5 ปี อัตรา 6.67 กรัม (a.i.) ต่อต้น ในปี 2540 มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงกว่ามะม่วงกลุ่มไม่ราดสาร และหากราดสารซ้ำในปีถัดไปจะมีผลในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกดอกเมื่อเทียบกับต้นควบคุม คือเท่ากับ 80-82 เปอร์เซ็นต์ แต่สารชนิดนี้มีผลต่อความยาวของช่อดอก มีรายงานว่าการราดสารพาโคลบิว ทราโซลทางดิน ในอัตรา 1-20 กรัม (a.i.) ต่อต้น ทำให้มะม่วงออกดอกเร็วขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ข้อปล้องของมะม่วงหดสั้นลง (Hasdiseve and Tongumpai, 1986) เนื่องจากพาโคลบิวทราโซลเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีฤทธิ์ไปยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ซึ่งส่งผลทำให้ข้อปล้องสั้นลง

จากการวิเคราะห์ปริมาณไอเอเอในยอดและใบ พบการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลแล้วปริมาณไอเอเอไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเดือนแรก หลังจากนั้นพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณไอเอเอในยอดและใบ ซึ่งจากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาควิทยาของปลายยอดในระยะนี้สังเกตเห็นว่าเนื้อเยื่อในชั้น tunica มีการขยายขนาดโดยจำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับปริมาณไอเอเอที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไอเอเอเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ อาจเป็นไปได้ว่าฮอร์โมนไอเอเอที่เพิ่มขึ้นเป็นสัญญาณเริ่มต้น(trigger signal) ที่ทำให้เซลล์เริ่มมีการตื่นตัว (cell evocation)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และพร้อมที่จะมีการแบ่งตัว (cell division) และเจริญเติบโตต่อไป ซึ่งในระยะที่ตาเริ่มตื่นตัวมีการแบ่งเซลยังไม่สามารถบอกได้ว่าตานั้นจะเจริญไปเป็นตายอด (vegetative bud) หรือ ตาดอก (reproductive bud) (Nunez-Elisea and Davenport, 1992) มีรายงานว่าไอเอเอกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ invertase ให้ทำงานเพิ่มมากขึ้นถึง 3 เท่า ในขณะเดียวกันก็พบว่าปริมาณน้ำตาล hexose เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน แต่น้ำตาล sucrose จะลดลง นั่นเพราะว่าน้ำตาลชนิดนี้จะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ invertase ไปเป็นน้ำตาล hexose ซึ่งบริเวณที่ให้ไอเอเอจะพบว่ามีการใช้น้ำตาล hexose เพิ่มมากขึ้น ซึ่งพืชจะนำน้ำตาลชนิดนี้ไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต (Morris and Arthur, 1987)

Chen (1987) พบว่าในระยะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบของมะม่วงปริมาณไอเอเอที่เคลื่อนที่ใน xylem sap จะเพิ่มสูงขึ้น และลดต่ำลงในระยะการสร้างตาดอก จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในระยะดอกบาน ในการทดลองนี้หลังจากปริมาณไอเอเอในยอดและใบเพิ่มขึ้นระยะหนึ่งจากนั้นปริมาณไอเอเอจะเริ่มลดลง ซึ่งในระยะนี้จะเริ่มมองเห็นตุ่มตาดอก (floral primordia) บริเวณด้านข้างของตายอด Ding *et al*.(1999) รายงานว่า ในกระบวนการสร้างตาดอกจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ free IAA และ conjugated IAA ที่ใบ ซึ่งในระยะนี้ปริมาณของ free IAA จะลดลงต่ำ ในขณะเดียวกันก็เริ่มสะสม conjugated IAA เพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีรายงานว่าการควั่นกิ่งส้มมีผลต่อปริมาณไอเอเอจากใบโดยพบว่าในช่วงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นระยะชักนำการสร้างตาดอก ปริมาณไอเอเอจากใบส้มจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการไม่ได้ควั่นกิ่ง และเมื่อเข้าสู่ระยะสร้างตาดอกในเดือนธันวาคม ปริมาณไอเอเอจากใบจะลดต่ำลง ในขณะที่ต้นที่ไม่ได้ควั่นกิ่งมีปริมาณไอเอเอจากใบเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน (Koshita *et al*., 1999) ส่วนการงดน้ำเพื่อชักนำให้ส้มออกดอก พบว่าในช่วงการชักนำการสร้างตาดอกของส้มปริมาณไอเอเอในใบจะเพิ่มขึ้นสูงเป็น 2 เท่า แต่หลังจากนั้นปริมาณไอเอเอจะลดต่ำลงจนเกิดการออกดอก (Koshita and Takahara, 2004) และการเคลื่อนย้ายไอเอเอจากยอดจะลดลงเช่นกันเมื่อโน้มกิ่งของต้นสาลี่ญี่ปุ่นเพื่อกระตุ้นการออกดอก (Japanese pear) (Ito *et al*., 2001) ในการทดลองนี้ต้นที่ไม่ได้ราดสารพาโคลบิวทราโซลพบปริมาณไอเอเอในยอดค่อนข้างสูงในขณะที่ต้นที่ราดสารปริมาณไอเอเอลดระดับลง ซึ่งต้นที่ไม่ได้ราดสารพาโคลบิวทราโซลมีการแตกใบอ่อนแทนการออกดอก อุมาวดี (2550) พบว่าในช่วงลำไยแตกใบอ่อนปริมาณ IAA shoot diffusates จะเพิ่มสูงขึ้น และลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น

อาจเป็นไปได้ว่าการที่เซลล์จะเปลี่ยนแปลงและเจริญไปเป็นดอกนั้น ปริมาณไอเอเอจะต้องอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ฮอร์โมนชนิดอื่นเช่นไซโตไคนินจะต้องมีปริมาณมาก ซึ่งจากศึกษาในไม้ผลที่ผ่านมาพบว่าปริมาณไซโตไคนินจะเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก เช่น Hegele *et al.* (2004b) ศึกษาฮอร์โมนในใบมะม่วงพบว่าการควั่นกิ่งร่วมกับสารยับยั้งการเคลื่อนย้ายออกซินทำให้ปริมาณออกซินในใบมะม่วงลดลง และไซโตไคนินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าปริมาณซีเอติน/ซีเอติน

ไรโบไซด์ใน leaf diffusates ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เพิ่มขึ้นหลังราดสารพาโคลบิวทราโซล (Naphrom, 2004) นอกจากไซโตไคนิน เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของพืช ในการทดลองนี้ปริมาณเอทิลีนมีแนวโน้มสูงขึ้นหลังจากเซลล์บริเวณตายอดเริ่มมีการตื่นตัว ช่วงสร้างตุ่มตาดอก และช่วงออกดอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีนจากใบจะเพิ่มขึ้นหลังจากปริมาณไอเอเอในใบเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไอเอเอน่าจะเหนี่ยวนำให้ใบมะม่วงสร้าง เอทิลีนเพิ่มขึ้น (นพดล, 2536) จากรายงานของ Davenport and Nunez-Elisea (1991) พบว่าในระยะออกดอกของมะม่วงปริมาณเอทิลีนจะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Saidha *et al.* (1983) พบว่าปริมาณเอทิลีนภายในยอดที่ดอกจะเพิ่มสูงขึ้น 3-5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับยอดที่ไม่ออกดอก นอกจากนี้ความเข้มข้นของเอทิลีนจะเพิ่มขึ้นก่อนที่ลำไยออกดอก 2 สัปดาห์ แสดงว่าเอทิลีนน่าจะมีอิทธิพลต่อการออกดอกของลำไย (วันทนา และ ธนะชัย, 2544) ในขณะเดียวกันความเข้มข้นของเอทิลีนที่มากเกินไปน่าจะมีผลต่อการเคลื่อนย้ายไอเอเอ ซึ่ง Ito *et al.* (2001) รายงานว่าการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นทำให้การเคลื่อนย้ายไอเอเอจากยอดลดต่ำลง นอกจากนี้มีรายงานว่าเอทิลีนจะกระตุ้นให้ใบส้มสะสม conjugated IAA มากขึ้น (Riov *et al.*, 1982) ซึ่งสอดคล้องกับ Sagee *et al.* (1990) พบว่าการให้เอทิลีนความเข้มข้นสูงมีผลทำให้เกิดการสะสมของ indole-3-carboxyl-fl-D-glucose (ICGlu) เพิ่มมากขึ้น ซึ่ง ICGlu เป็น conjugated IAA ที่สะสมอยู่ในใบส้ม

นอกจากนี้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลินหลังการให้สารพาโคลบิวทรา-โซลพบว่าพาโคลบิวทราโซลจะยับยั้งขบวนการสร้างจิบเบอเรลลิน ทำให้ปริมาณจิบเบอเรลลินลดลงหลังการราดสาร (Tongumpai *et al.*,1991) นอกจากนี้ปริมาณจิบเบอเรลลินในยอดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ลดลงเช่นกันหลังจากราดสารพาโคลบิวทราโซล (โชตนา, 2544) และมีรายงานว่าปริมาณออกซินที่ลดลงก็น่าจะมีผลต่อการสร้างจิบเบอเรลลินที่ลดลงด้วย หรือในทางกลับกันปริมาณจิบเบอ-เรลลินที่ลดลงมีผลทำให้การสร้างออกซินลดลงเช่นกัน (Barratt and Davies, 1997)

การศึกษาทางด้านกายวิภาควิทยาของตายอดพบว่า ในช่วงวันที่ 61-69 หลังทำการทดลอง บริเวณปลายยอดมีการขยายตัวของเซลล์ที่กว้างขึ้นทำให้ตายอดแบนลง และตายอดจะเริ่มพัฒนาเป็นตาดอกหลังจากราดสารพาโคลบิวทราโซลแล้ว 72 วันหลังทำการทดลอง ซึ่งเป็นวันที่สามารถสังเกตเห็นจุดกำเนิดดอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Tongumpai *et al.* (1996) รายงานว่าหลังราดสารพาโคลบิวทราโซลกับต้นมะม่วงเขียวเสวยแล้ว 91 วัน ตายอดมะม่วงพันธุ์นี้จึงเริ่มพัฒนาเป็นตาดอก นอกจากนี้ โชตนา (2544) พบว่าหลังราดสารพาโคลบิวทราโซลให้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แล้ว 73 วัน มะม่วงจะเริ่มก่อกำเนิดเป็นตาดอก และจากรายงานของอุมาวดี (2550) พบว่าปริมาณไอเอเอจากยอดลำไยจะลดต่ำลงในวันที่ 28 หลังราดสารโพแทสเซียมคลอเรต ซึ่งเป็นวันที่สังเกตเห็นตุ่มตาดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองและการศึกษาที่ผ่านมาข้างต้นจะเห็นว่ากระบวนการออกดอกของพืช เริ่มจากการที่พืชมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบเต็มที่ และเมื่อได้รับสภาวะชักนำในการออกดอกเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญบริเวณตายอดและตาข้างจะได้รับสัญญาณให้มีการแบ่งตัว (evocation signal) ซึ่งอาจจะเป็นปริมาณฮอร์โมนไอเอเอ จากนั้นเซลจะมีการเปลี่ยนแปลง (differentiation) ไปเป็นตาดอกหรือตาใบขึ้นอยู่กับสัญญาณที่กระตุ้นการออกดอกที่ได้รับ (floral signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะแตกต่างจากสัญญาณที่ได้รับในตอนที่เริ่มมีการแบ่งเซลล์ในครั้งแรก (Reece *et al*., 1949) และการเกิดตาดอกจะเริ่มเมื่อการแบ่งเซลล์ได้เริ่มขึ้นแล้วเท่านั้น และถ้ามีสมดุลฮอร์โมนที่เหมาะสมจะทำให้เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดเปลี่ยนเป็นตาดอก (วิจิตร, 2529)

อาจสรุปได้ว่าในขบวนการออกดอกของมะม่วงฮอร์โมนไอเอเอจำเป็นต่อการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ในระยะแรก หลังจากนั้นปริมาณไอเอเอที่ลดลง ประกอบกับปริมาณไซโตไคนินและเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น จะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของเซลให้เจริญไปเป็นตาดอก ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณไอเอเอยังคงสูง และ/หรือปริมาณไซโตไคนินและเอทิลีนไม่เพิ่มขึ้นจะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ให้เจริญไปเป็นตาใบ สมดุลของฮอร์โมนดังกล่าวจึงน่าจะเป็นตัวควบคุมการออกดอกของพืช การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงปริมาณและอัตราส่วนของฮอร์โมนแต่ละชนิดในช่วงที่มีการชักนำการออกดอก ทำให้เข้าใจถึงกลไกของการออกดอกของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มากขึ้น และนำไปสู่องค์ความรู้ทางด้านสรีรวิทยาการออกดอกของไม้ผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุมการออกดอกในไม้ผลชนิดอื่นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved