

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า โปแทสเซียมคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกนอกฤดูได้ โดยการราดสารในขณะที่มีใบอ่อนติดอยู่นั้นออกดอกช้ากว่าการราดสารหลังจากตัดใบอ่อนทิ้ง และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกต่ำกว่า สอดคล้องกับรายงานของ พิทยาและคณะ (2546) ที่ศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับผลของการปลิดยอดอ่อนต่อการตอบสนองต่อสาร โปแทสเซียมคลอเรตของลำไย พบว่า ลำไยต้นที่ปลิดใบอ่อนทิ้งออกดอกมากกว่าต้นที่มีใบอ่อนติดอยู่ถึงสองเท่า แสดงให้เห็นว่าใบอ่อนทำให้การออกดอกของลำไยลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาในมะม่วง พบว่าในระยะใบอ่อน (อายุใบ 2 และ 4 สัปดาห์) ไม่สามารถชักนำการออกดอกได้ถึงแม้จะได้รับอุณหภูมิที่ที่เหมาะสมต่อการชักนำการออกดอกก็ตาม (Nunez-Elisea and Davenport, 1995) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานของสารโปแทสเซียมคลอเรตที่มีการแตกตัวเป็นคลอเรต ($\text{Chlorate} : \text{ClO}_3^-$) เมื่อเข้าสู่พืชแล้วเปลี่ยนไปเป็นคลอไรต์ ($\text{Chlorite} : \text{ClO}_2^-$) โดยการทำงานของเอนไซม์ในเตรีตริคเตส (Matsumoto *et al.*, 2007) ซึ่งการทำงานของเอนไซม์ในเตรีตริคเตสจำเป็นต้องใช้สารที่ให้อิเล็กตรอน คือ NADH ซึ่งเป็นสารให้พลังงานสูงที่พืชได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Dennis *et al.*, 1997) โดยการสังเคราะห์แสงจะพบในใบแก่มากกว่าในใบอ่อน ซึ่งจากการทดลองของ Klepper and Hageman (1968) ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในเตรีตริคเตสที่ราก, ลำต้นและก้านใบ ในสภาพที่มี NADH, FMNH₂ (reduced flavin mononucleotide) และ NADPH พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ในเตรีตริคเตสมีมากที่สุด ในสภาพที่มีปริมาณ NADH สูง และพบมากที่สุดที่ใบ ดังนั้นการชักนำการออกดอกในลำไยด้วยสารโปแทสเซียมคลอเรต ควรทำในระยะที่ใบแก่และได้รับแสงเพียงพอ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮอร์โมนหลังการราดสารโปแทสเซียมคลอเรตในระยะใบอ่อน พบว่าการตัดใบอ่อนทิ้งมีปริมาณ diffusible IAA ในยอดสูงกว่าการไม่ตัดใบอ่อนทิ้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยอดอ่อนต้องสร้าง IAA เพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการพัฒนาของยอด (Ljung *et al.*, 2001) ซึ่งโดยปกติออกซินจะถูกสร้างขึ้นมากบริเวณยอดอ่อนและใบอ่อน แล้วส่งออกจากใบและยอดลงมาราก (basipetal) (Woodward and Bartel, 2005) โดยผ่านเนื้อเยื่อบริเวณข้างท่อน้ำเลี้ยง หากส่วนใดมีการผลิตและการเคลื่อนที่ของ IAA มากกว่าก็อาจจะไปยับยั้งการผลิตและการเคลื่อนที่ของ IAA ของอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า auto inhibition (Bangerth *et al.*, 2000) ในทางตรงกันข้ามอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อมีปริมาณ IAA ในใบอ่อนน้อยลง การเคลื่อนที่ของ IAA ผ่านก้านใบออกมาก็มีน้อยลงไปด้วย ทำให้ IAA จากยอดอ่อน

สามารถเคลื่อนที่ลงมาได้มากกว่า ซึ่งการตัดใบอ่อนทิ้งเท่ากับเป็นการทำลายแหล่งสร้างออกซินในใบ ทำให้ IAA ในยอดมีการสร้างและเคลื่อนที่ลงมามากขึ้น และเมื่อให้สารโพแทสเซียมคลอไรด์ หลังการตัดใบอ่อนทิ้ง พบว่าปริมาณ IAA ในยอดกลับลดลง แสดงว่าโพแทสเซียมคลอไรด์น่าจะมีผลยับยั้งการสร้าง IAA ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hegele *et al.* (2004) ที่พบว่าการราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์ทำให้ปริมาณ IAA ในยอดลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงของ diffusible IAA ในใบเมื่อราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์ มีแนวโน้มต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ราดสาร ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณ diffusible IAA จากยอด และเช่นเดียวกันเมื่อตัดใบอ่อนทิ้งปริมาณ diffusible IAA ในใบแก่ก็ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับใบจากยอดที่มีใบอ่อนอยู่ อาจเป็นไปได้ว่า $KClO_3$ ยับยั้งการสังเคราะห์ IAA ในใบอ่อน จากการทดลองจึงพบว่าการตัดใบอ่อนทิ้งนั้นให้ผลเช่นเดียวกันกับการราดสารในต้นที่ยังมีใบอ่อนติดอยู่ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณ IAA ที่สูงในใบอ่อนทำให้มีการพัฒนาของการสร้างตาดอกเกิดช้ากว่า เช่นเดียวกับการราดสารในระยะใบอ่อนจะพบการแทงช่อดอกช้ากว่าการราดสารหลังจากตัดใบอ่อนทิ้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลคลอไรด์ และการทำงานของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสไม่เหมาะสมในใบอ่อนด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Klepper and Hageman (1968) ที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสมีมากที่สุด ใบแก่ ดังนั้นปริมาณ IAA ในใบที่ลดลงอาจเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดสารกระตุ้นการสร้างตาดอก (Floral signal) ในไม้ผล และรายงานของ Nunez-Elise and Davenport (1995) ที่พบว่าสิ่งกระตุ้นการออกดอกถูกสร้างขึ้นที่ใบแก่ และถูกส่งไปที่ตาของมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีนในใบ พบว่าต้นลำไยที่มีใบอ่อนและตัดใบอ่อนทิ้งปริมาณเอทิลีนในใบลำไยค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการทดลอง แต่เมื่อมีการราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นทั้งสองกรรมวิธี ซึ่งอาจเกิดจากผลของความเป็นพิษของอนุมูลคลอไรด์ ที่ทำให้เนื้อเยื่อและเซลล์เกิดความเสียหายและกระตุ้นการสร้างเอทิลีนให้เพิ่มมากขึ้น (Borges *et al.*, 2004) โดยการราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์ในต้นที่มีใบอ่อนพบปริมาณเอทิลีนเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ตัดใบอ่อนทิ้ง ซึ่งอาจเนื่องมาจาก ใบอ่อนมีปริมาณออกซินสูง (Koshita *et al.*, 1999; Bernier, 1993) ซึ่งปริมาณออกซินสูงทำให้การสังเคราะห์เอทิลีนสูงไป จากรายงานของ Peck and Kende (1995) พบว่าออกซินสามารถกระตุ้นการสร้างเอทิลีนได้ โดยการให้ออกซินกับต้นถั่ว ทำให้ปริมาณของเอนไซม์ ACC synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินในยอด พบว่าการเปลี่ยนแปลงของต้นลำไยที่ราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นไปในทางเดียวกัน คือปริมาณไซโตไคนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วงการสร้างตาดอก โดยสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ตัดใบอ่อนทิ้ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง

ของ Chen (1990), Chen *et al.*, (1997) ที่ทำการศึกษาระดับปริมาณไซโตไคนินในยอดลำไยพบว่า ปริมาณไซโตไคนินทั้ง Z, ZR, iAde และ iAdo เพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่ลำไยเริ่มมีการสร้างตาดอก และ Chen (1987) พบปริมาณไซโตไคนินในท่อน้ำเลี้ยงน้ำของมะม่วงสูง ในระยะที่ตาดอกเริ่มมีการพัฒนา ไปจนสูงที่สุดในระยะที่มีการบานของดอกทั้งหมด Chen *et al.*, 1997; Hegele *et al.*, 2004 พบว่าปริมาณไซโตไคนินในยอดและใบของลำไยจะมีปริมาณสูงในระยะที่มีการชักนำการสร้างตาดอก และต่ำในช่วงที่พืชมีการแตกใบอ่อน เช่นเดียวกับกับ ฉัฐวดี (2545) พบปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก และ Zeevaart (1978) พบว่าไซโตไคนินสามารถชักนำการเกิดตาดอก โดยทดแทนความต้องการวันยาวให้กับพืช ขณะที่อยู่ในช่วงวันสั้นได้ จากการทดลองพบว่าต้นลำไยที่ไม่มีการราดสาร การตัดใบอ่อนทิ้งทำให้ปริมาณ ZR ในยอดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับยอดที่มีใบอ่อนติดอยู่ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการตัดใบอ่อนทิ้งเป็นการทำลายแหล่งสร้างออกซินและชลอการเคลื่อนลงสู่ราก ทำให้รากสร้างไซโตไคนินได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hegele *et al.*, 2004 ที่พบปริมาณไซโตไคนินในใบอ่อนน้อยกว่าใบแก่ ซึ่งไซโตไคนินสามารถเคลื่อนย้ายได้ทางท่อน้ำไปสู่ยอด (Neuman *et al.*, 1990) แต่จากการศึกษาของเสาวมาลย์ (2551) พบว่าการตัดรากลำไยแล้วจุ่มลงในสารละลายที่มีส่วนประกอบของคลอเรตกลับทำให้ลำไยออกดอกได้ อีกทั้งปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในใบและยอดของไม่มีความแตกต่างต่างกับชุดควบคุม ในการทดลองนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าการราดสาร โฟแทสเซียมคลอเรต มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ DHZR ลดลงต่ำในช่วงก่อนการออกดอก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Stern *et al.*, 2003 พบว่า ในสภาวะเครียดของลินจี่ปริมาณ ZR ในท่อน้ำเลี้ยงน้ำลดลง แต่ DHZR เพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ลินจี่ออกดอกปริมาณ ZR สูงขึ้น ขณะที่ DHZR ลดลง ซึ่ง Srivastava, 2001 กล่าวว่าปริมาณ DHZR ที่ลดลงขณะที่ปริมาณ ZR เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก DHZR เป็นสารที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยา reduction ของ ZR ปริมาณของสารทั้งสองจึงมักเกิดขึ้นตรงข้ามกัน ในขณะที่เดียวกัน DHZ ก็เกิดจากปฏิกิริยา reduction ของ Z (Srivastava, 2001) เช่นเดียวกัน ในการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณ DHZ ในกรรมวิธีต่างๆ

จากการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยในระยะใบอ่อนออกดอกได้ โดยมีผลทำให้ปริมาณออกซินในใบมีแนวโน้มลดลง ไซโตไคนินในยอดเพิ่มขึ้น และเอทิลีนในใบเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซินที่มีมากในระยะใบอ่อนอาจเป็นตัวยับยั้งการออกดอกของลำไยหรือไม่ผลชนิดอื่น ดังนั้นการลดปริมาณของออกซินในใบหรือเพิ่มปริมาณไซโตไคนินในยอดน่าจะเป็นแนวทางในการกระตุ้นการออกดอกในไม้ผล ใดๆก็ตามรูปแบบ

การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณฮอร์โมนดังกล่าวในการควบคุมการออกดอกจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาที่จำเพาะเจาะจง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

จากการศึกษาพบปัญหา คือการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และปริมาณฝน ซึ่งในช่วงการทดลองพบว่าการลดลงของอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนค่อนข้างมีความแตกต่างกันมาก (ตารางภาคผนวกที่ 1) ซึ่งอาจทำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนมีความแปรปรวน ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไปควรเลือกช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศน้อยที่สุด และอาจศึกษาฮอร์โมนตัวอื่นๆ ที่มีผลในการออกดอกเพิ่มเติม เช่น gibberellic acid (GA) และ Indole butyric acid (IBA) เพื่อประโยชน์ในการอธิบายสมดุลของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น