บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลิ้นจี่

เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบในตระกูล Sapindaceae: Soap berry มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Litchi chinensis* Sonn. เป็นพืชในตระกูลเดียวกับ เงาะ ลำไย และคลอเลน ลิ้นจี่มีชื่อสามัญเรียกได้หลายอย่าง ได้แก่ Litchi, Litchee, Liachi, Lici, Leechee และ Lychee (เกศิณี, 2528; วิจิตร, 2526; ศรีมูล, 2531; Subhadrabhandhu, 1990)

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย

ลิ้นจี่มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของประเทศจีนและบางส่วนทางตอนเหนือของเวียดนาม ลิ้นจี่ได้มีการปลูกในพื้นที่ส่วนใหญ่ของจีนมากกว่า 3,500 ปี และมีการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีได้จากการเพาะเมล็ด มีการนำเข้าสู่พม่า ไทย และอินเดีย ในปลายศตวรรษที่ 17 และแพร่เข้าสู่อินเดียตะวันออกในศตวรรษที่ 18 และในศตวรรษที่ 19 มีการนำเข้าไปปลูกในออสเตรเลีย แอฟริกา มาดากัสกา (Subhadrabhandhu, 1990)

ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกในไทยในหลายภูมิภาค ได้แก่ เขตจังหวัดสมุทรสาคร เขตจังหวัดทางภาคเหนือตอนบนและล่างและยังได้ขยายพื้นที่ปลูกไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสามารถปลูกและให้ผลผลิตได้ในบางพื้นที่ (ศูนย์วิจัยศรีสะเกษ, 2534; 2535)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลิ้นจี่เป็นไม้ยืนต้น มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ (คณะกรรมการสาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา, 2540) ความสูงของต้นประมาณ 10 เมตรหรือมากกว่านั้น กิ่งโค้งและบิดงอ มีการแตกสาขามาก ทรงพุ่มแผ่ออกมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง (Yaacob and Subhadrabhandhu, 1995) ทรงพุ่มกลมค่อนข้างทึบ

ลำต้น ลำต้นประธานเหยียดตรง ผิวขรุขระ เปลือกสีน้ำตาลอมเทา มีการเจริญเติบโตช้า แต่ค่อนข้างสม่ำเสมอ (เกียรติเกษตรและคณะ, 2530; เกศิณี, 2528)

ใบ เรียงตัวแบบสลับ มีก้านใบ เป็นใบแบบประกอบแบบขนนก ประกอบด้วยใบย่อย ที่ปลายใบเป็นคู่ จำนวน 2-4 คู่ ยาว 5-12 เซนติเมตร กว้าง 2.5-6 เซนติเมตร รูปร่างแบบโล่ ค่อนข้างยาวจนถึง

รูปหอก ปลายใบแหลมไม่มีขน ด้านบนใบเป็นสีเขียวเข้ม ด้านล่างใบเป็นสีเขียวอมเทา ใบอ่อนสีน้ำตาลแดงสวยงาม ลักษณะที่ใช้ประโยชน์ ในการใช้จำแนกพันธุ์ลิ้นจี่ ได้แก่ ความยาวของก้านใบย่อยและก้านใบประกอบการจัดเรียงตัวรูปร่างและจำนวนคู่ของใบย่อย (เกศิณี,2528 ;Yaacob and Subhadrabhandhu, 1995)

ดอก ลิ้นจี่มีดอกเป็นช่อแบบ panicle ความยาวช่อดอกตั้งแต่ 10-40 เซนติเมตร (เกศิณี, 2528; Yaacob and Subhadrabhandhu, 1995) ดอกมีสีขาวหรือเหลือง กลีบเลี้ยงสั้นซ้อนกันเป็นวง 4 หรือ 5 กลีบ แต่ไม่มีกลีบดอก มีแผ่นกลมแทรกอยู่ที่ดอก เกสรตัวผู้มี 6-10 อัน เกสรตัวเมียมีรังไข่แบบ Superior มี 2 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 1 อัน (Subhadrabhandhu, 1990) ก้านเกสรตัวผู้มีขนอ่อนปกคลุมอยู่ ดอกมี 3 ชนิดคือ ดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกสมบูรณ์เพศอยู่ในช่อเดียวกัน (เกศิณี, 2528) แต่ระยะการบานของดอกไม่พร้อมกัน โดยดอกตัวผู้บานก่อนส่วนดอกสมบูรณ์เพศทำหน้าที่เป็นดอกตัวเมีย

ผล ลิ้นจี่ออกผลเป็นช่อโดยแต่ละช่ออาจมีตั้งแต่ 1-30 ผล หรือมากกว่า ผลมีลักษณะแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์ เปลือกบาง สีแดง หรือแดงเข้ม เปลือกขรุขระเป็นหนามแหลม เมื่อผลแห้งเปลือกจะกลายเป็นสีน้ำตาลและเปลือกเปราะ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1.5 นิ้ว เนื้อผลจะพัฒนามาจากก้านไข่อ่อน ซึ่งเรียกว่า aril เนื้อผลจะมีสีขาวใส รสชาติเปรี้ยวอมหวาน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของลิ้นจี่ (เกียรติเกษตรและคณะ, 2530)

เมล็ด ขนาดใหญ่ เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลเข้ม ผิวเป็นมัน รูปโล่ค่อนข้างยาว เมล็ดล่อน (เกศิณี, 2528)

พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม (Subhadrabhandhu, 1990) คือ

พันธุ์ที่ไม่ต้องการช่วงอากาศหนาวเย็นหรือต้องการช่วงหนาวเย็นเล็กน้อยสำหรับการออกดอก บางครั้งจัดเป็นลิ้นจี่ที่ลุ่มหรือลิ้นจี่เขตร้อน เนื่องจากมีการปลูกเป็นการค้าในภาคกลางของประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ค่อม กะโหลกใบยาว สาแหรกทอง สำเภาแก้ว และกระโถนท้องพระโรง เป็นต้น

พันธุ์ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นที่ยาวนานสำหรับการออกดอก พันธุ์นี้มีการปลูกเป็นการค้าทางภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีภูมิอากาศแบบกึ่งร้อน แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำพูน และบางพื้นที่ในจังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน และ แพร่ ลิ้นจี่กลุ่มนี้เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาในประเทศหลังจากลิ้นจี่กลุ่มแรกได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย โอเฮี๊ยะ กิมเจ็ง และ จักรพรรดิ เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของลิ้นจี่

อุณหภูมิ การชักนำการออกดอกของไม้ผลเขตกึ่งร้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างฤดูหนาว ช่วงเวลาของอากาศเย็นและบทบาทของอุณหภูมิในช่วงการชักนำ คาดว่าเป็นผลส่งเสริมการออกดอกที่ตามมา อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยชักนำการออกดอกของลิ้นจี่ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน และตอนเหนือของเวียดนาม ลิ้นจี่ออกดอกได้เมื่ออุณหภูมิต่ำติดต่อกันไม่ต่ำกว่า 4 สัปดาห์ และช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสในรอบ 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสจะมีผลทำให้การออกดอกลดลง (Menzel and Simpson, 1995) จากรายงานของ Batten and McConchre (1996) พบว่าช่วงเวลาที่ได้รับอุณภูมิต่ำมีผลต่อการออกดอกของมะม่วงและลิ้นจี่ ซึ่งระยะเวลาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชักนำให้มะม่วงออกดอกได้คือ 30 วัน ลิ้นจี่คือ 39 วัน และพบว่าตาที่กำลังเจริญจะเปลี่ยนเป็นตาใบมากกว่าตาที่กำลังพักตัว และตามีขนาดเล็กกว่าจะถูกชักนำไปเป็นตาดอก ส่วนตาที่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อยจะเป็นตาที่เจริญไปเป็นช่อดอกปนใบ และตาที่มีขนาดใหญ่จะเจริญไปเป็นช่อดอก Campbell and Knight (1990) กล่าวว่า ในช่วงออกดอกติดผลถ้ามีอุณหภูมิต่ำจะเป็นสาเหตุให้เกิดการร่วงของผลอ่อน หรือเกิดการแห้งของคัพภะ ซึ่งทำให้เกิดผลที่ไม่มีเมล็ดและผลมีขนาดเล็ก

ความชื้น ลิ้นจี่ต้องการสภาพแล้งเพื่อส่งเสริมการพักตัวทางด้านกิ่งใบ และควรมีปริมาณน้ำฝน ไม่เกิน 60-80 มิลลิเมตรในฤดูหนาว (Subhadrabhandhu, 1990) ในดินที่มีความชื้นสูงก่อนระยะการเกิดตาดอกจะส่งเสริมการเจริญทางกิ่งใบและจะทำให้มีการออกดอกลดลง ในขณะที่ดินมีความชื้นต่ำจะลดการเจริญทางกิ่งใบและจะส่งเสริมการออกดอก (Menzel, 1983)

ธาตุอาหาร การศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารของลิ้นจี่ที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและการออกดอก Menzel (1983) กล่าวว่าควรงดการให้ปุ๋ยในช่วงระหว่างฤดูใบไม้ร่วงถึงฤดูหนาวเพื่อการพักตัว และมีการให้ปุ๋ย 2-6 ครั้งระหว่างการออกดอก การเจริญเติบโตของผลและการผลิใบครั้งแรก ลิ้นจี่ต้องการปุ๋ยทั้งในด้านการเจริญเติบโตและช่วยในการออกดอกติดผล ซึ่งลิ้นจี่ต้องการปุ๋ย 2 ช่วงคือก่อนฤดูฝนเพื่อช่วยส่งเสริมการแตก ใบอ่อน และทดแทนกิ่งและผลที่เก็บเกี่ยวไป อีกช่วงหนึ่งคือหลังการออกดอก ตั้งแต่ขณะที่ติดเป็นผลเล็กเพื่อใช้ในการเลี้ยงผล (เกียรติเกษตร และ คณะ, 2530)

การออกดอกของลิ้นจี่

1. การเกิดช่อดอก (panicle differentiation) ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ 10-20 องศาเซลเซียส ในการชักนำให้ออกดอก (ธนัท, 2538) อุณหภูมิต่ำจะลดการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และกระตุ้นการออกดอก ในขณะที่อุณหภูมิสูงจะเพิ่มการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและยับยั้งการออกดอกของลิ้นจี่ (Menzel and Simpson, 1988)

2. การพัฒนาของช่อดอก (panicle development) ลิ้นจี่ในภาคใต้ของรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย เส้นรุ้งที่ 27 องศาใต้เป็นลิ้นจี่พันธุ์เบาที่มีการพัฒนาของช่อดอกหลายระดับด้วยกัน ดังนี้คือ ระยะที่ 1 การเกิดช่อดอกเริ่มขึ้นหลังจากเก็บเกี่ยว 6-8 เดือน โดยใช้เวลาในการเกิดช่อดอก 2-4 สัปดาห์ ช่วงเดือน พ.ค – มิ.ย. ระยะที่ 2 คือ การเจริญเติบโตของช่อดอกใช้เวลา 6 สัปดาห์ จนกระทั่งช่อดอกเจริญเต็มที่ ระยะที่ 3 คือ การบานของดอก มีการแตกของอับเกสรและมีการถ่ายละอองเกสร ระยะที่ 4 คือ ช่วงเดือน ต.ค. ถึง เดือน ธ.ค. เป็นช่วงของการติดผลไปจนถึงผลแก่ของผล เกิดขึ้นในช่วง 6 สัปดาห์สุดท้ายของการพัฒนาของผล (Menzel, 1984)

การออกดอกของพืช คือการเปลี่ยนแปลงการเจริญทางด้านกิ่งก้าน (vegetative growth) สู่การเจริญทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth) เพราะดอกคืออวัยวะสืบพันธุ์ของพืช หลังจากพืชมีการเจริญทางกิ่งก้านสาขาจนถึงอายุที่มีความพร้อมที่จะออกดอก (ripeness-to-flower) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการออกดอกได้ (ดนัย, 2537)

ไม้ผลแต่ละชนิดมีอุปนิสัยในการออกดอกแตกต่างกัน ในการควบคุมการออกดอกของไม้ผล จึงควรศึกษาอุปนิสัยของการออกดอกของไม้ผลชนิดนั้นๆ เช่น ไม้ผลบางชนิดมีอุปนิสัยการออกดอกที่ปลายกิ่ง บางชนิดออกดอกที่กิ่งใหญ่หรือลำต้น การศึกษาดังกล่าวจะช่วยให้การปฏิบัติดูแล ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ธนัท, 2538)

ปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่ คือ ปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอ (Vallance, 1986) บางปีออกดอกติดผลน้อยหรือไม่ออกดอกเลย หรือมีการแตกใบอ่อนในขณะออกดอก ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเสมอ แต่อย่างไรก็ตามลิ้นจี่ออกดอกได้ดีเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำและมีฤดูหนาวที่ยาวนาน (ธนัท, 2538)

จากปัญหาการออกดอกของลิ้นจี่จึงมีผู้สนใจทำการศึกษาการออกดอกของลิ้นจี่หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยคาดว่าการออกดอกของลิ้นจี่น่าจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายๆอย่าง โดยเฉพาะเกี่ยวข้องกับสารฮอร์โมนชนิดต่างๆ การปฏิบัติดูแลรักษา และปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเครียดน้ำ การใส่ปุ๋ย สรีรวิทยาการออกดอกของพืช

ไซโตไคนิน

ไซโตไคนิน (cytokinin) เป็นฮอร์โมนที่มีหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ การแตกแขนง (พีรเดช, 2537) ซึ่งพบมากในผลอ่อน เมล็ด ใบอ่อน และ ปลายราก (ดนัย, 2537) โดยค้นพบฮอร์โมนพืชในกลุ่มนี้จากการศึกษาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดย Haberlandt พบว่ามีสารชนิดหนึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อพืชซึ่งสามารถกระตุ้นให้เซลล์พาเรนไคมาในหัวมันฝรั่งกลายเป็นเนื้อเยื่อเจริญกล่าวคือสารชนิดนี้สามารถชักนำให้เกิดการแบ่งเซลล์ (Wareing and Phillips, 1978) สำหรับในพืช Letham (1971) ได้สกัดสารจากฝักอ่อนข้าวโพดและให้ชื่อว่า ซีอะติน (zeatin) ซึ่งต่อมา Skoog และคณะ ได้เสนอ

ชื่อไซโตไคนินแทนซีอะติน และเรียกชื่อสารที่มีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของพืชว่าไคเนติน (สมบุญ, 2536) ซึ่งใช้กันมากในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกระตุ้นการเจริญของก้อนแคลลัส (callus) (พีรเดช, 2537) ซึ่ง Bernier *et al.* (1985) รายงานว่าการสร้างไซโตไคนินที่ระบบราก และส่งต่อไปยังบริเวณปลายยอด ดังนั้นรากจึงเป็นส่วนสำคัญในการส่งไซโตไคนินไปยังใบและป้องกันการเสื่อมสลายของใบและเป็นหลักฐานสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่าไซโตไคนินมีการเคลื่อนที่สู่ยอด ยิ่งไปกว่านั้นยังพบไซโตไคนินในท่อน้ำซึ่งมาจากระบบราก

Robert *et al.* (1991) พบว่าระดับของ zeatin และ dihydrozeatin ที่สร้างขึ้นในพืชเพิ่มขึ้นในช่วงการสร้างตาดอกของ *Boronia megastigma* และ Chen (1983) ที่พบว่าไซโตไคนินในช่อดอกมะม่วงมีสูงสุดในระยะ 5 ถึง 10 วันหลังจากดอกบาน และ Chen (1991) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินช่วงก่อนและระยะการเกิดตาดอกของลิ้นจี่พบว่า ไซโตไคนินมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงการเกิดตาดอกและการพ่นไคเนตินช่วยให้เกิดการสร้างตาดอกมากขึ้น ดังนั้นไซโตไคนินจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เป็นฮอร์โมนในการชักนำการสร้างตาดอกและการพัฒนาตาดอกในไม้ผล เช่น ลิ้นจี่ ซึ่ง Chen (1991) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนิน ในช่วงก่อนการเกิดตาดอกและในขณะที่เกิดตาดอกในยอดลิ้นจี่พันธุ์ Hen Yen พบว่าปริมาณไซโตไคนินเพิ่มขึ้นเมื่อตาใบมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นตาดอก ส่วนตาใบที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะมีปริมาณไซโตไคนินคงที่และมีปริมาณต่ำ ไซโตไคนินที่พบคือ zeatin, zeatin riboside, 2ip และ 2ipa

นอกจากนี้ ดรุณี (2539) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการออกดอกและแตกใบอ่อนของยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย พบว่า ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนการออกดอกและแตกใบอ่อน โดยมีปริมาณต่ำในสัปดาห์ที่ 9 ก่อนการออกดอกและแตกใบอ่อนและเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ในขณะที่ปริมาณคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 5 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3 ก่อนการออกดอก จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าไซโตไคนินที่เพิ่มขึ้นในช่วงก่อนการออกดอกอาจเกี่ยวข้องกับการออกดอกของลิ้นจี่

คาร์โบไฮเดรต

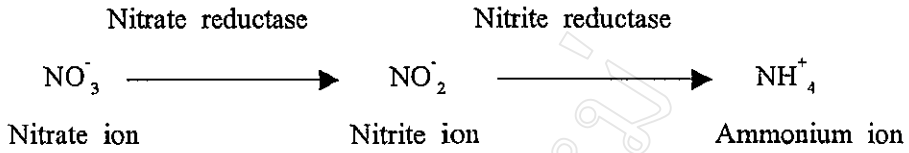
คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบชีวโมเลกุลที่เป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกอัลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) หลายหมู่ในโมเลกุล ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ คาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิดทั่วไปในธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของพืช เช่น แป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสทำหน้าที่เก็บไว้เป็นเสบียงในยามต้องการ คาร์โบไฮเดรตบางชนิดทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์พืช

บางชนิดรวมอยู่กับชีวโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน และไขมัน ได้แก่ ไกลโคโปรตีน ไกลโคลิปิด เป็นต้น (พนม, 2531)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของพืชมีการเพิ่มขึ้นตามอายุ ซึ่งทำให้ผลต่างระหว่างการสังเคราะห์แสงกับการหายใจ โดยที่เป็นตัวกำหนดปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสะสมไว้ (สุรนันต์, 2526) ซึ่งมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ในใบและยอดของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยพบว่ามีการสะสมปริมาณ TNC ในใบและยอดมีปริมาณลดต่ำลงช่วงการออกดอกและแตกใบอ่อน (Chaitrakulsup, 1981) ในลำไยพบว่ามีปริมาณ TNC คงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 8-4 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน (ศิริเพ็ญ, 2544) การทดลองในส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco) พันธุ์ Yoshida พบว่ามีปริมาณ TNC ในใบมากการเจริญทางด้านกิ่งใบน้อยแต่การติดดอกมากขึ้น (Maata and Tominaga, 1998)

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปแตสเซียมคลอเรต

โปแตสเซียมคลอเรต (potassium chlorate, $KClO_3^-$) เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว (พิทักษ์, 2542) คล้ายแป้งแต่ไม่มีมันวาว ไม่ดูดซับความชื้นในบรรยากาศ โปแตสเซียมคลอเรต 1 โมเลกุลประกอบด้วยธาตุโปแตสเซียม (K) 1 อะตอม ธาตุคลอรีน (Cl) 1 อะตอม และธาตุออกซิเจน (O) 3 อะตอม มีมวลโมเลกุล 122.55 มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 356 องศาเซลเซียส โมเลกุลของโปแตสเซียมคลอเรตจะแตกตัวให้ก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส สารประกอบคลอเรตมีสมบัติในการปลดปล่อยอะตอมของออกซิเจนได้ง่าย จึงจัดเป็นสารที่มีสมบัติในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูง (high oxidizing agent) สามารถระเบิดได้เมื่อทำปฏิกิริยากับกำมะถัน จึงต้องระมัดระวังในการใช้สารโปแตสเซียมคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยการออกดอกนั้นคลอเรตอิออน (ClO_3^-) เป็นตัวไปกระตุ้นมิใช่ส่วนของโปแตสเซียมอิออน (K^+) (ธนะชัย, 2542) ในพืชคลอเรตอิออนเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเป็นคู่แข่ง (competitive inhibitor) กับไนเตรทอิออน (nitrate, NO_3^-) ในปฏิกิริยารีดักชั่น โดยมีเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) เป็นตัวกระตุ้น โดยคลอเรตอิออนที่มีความสามารถในการเกาะจับกับเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสได้ดีกว่าไนเตรทอิออน (LaBrie *et al.* 1991) สำหรับเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตสนี้พืชมีไว้ช่วยให้อนุมูลไนเตรทเกิดการรีดิวซ์ไปเป็นไนไตรท์อิออน (nitrite,NO_2^-) ก่อนที่เอ็นไซม์ไนไตรท์รีดักเตสจะมาช่วยให้เกิดการรีดิวซ์ต่อไปเป็นแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นรูปของไนโตรเจน (N) ที่จะถูกนำไปใช้โดยเซลล์ของพืช ดังภาพ 1



ภาพ 1 การแตกตัวของไนเตรทอิออน และไนไตรท์ในพืช

พืชสามารถดูดซึมคลอเรตอิออนได้ทั้งทางใบและราก (Audus, 1976) ดังนั้นการใช้สารคลอเรตในการกระตุ้นการออกดอกจึงสามารถกระทำได้ทั้งโดยการให้ทางดินและทางใบ โดยเชื่อกันว่าคลอเรตอิออนจะเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆของต้นพืชโดยผ่านระบบท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ภายในต้นพืชซึ่งประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงที่ไม่มีชีวิตเมื่อคลอเรตอิออนถูกลำเลียงไปยังเซลล์ที่มีชีวิต คลอเรตอิออนจะเกาะจับกับเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตส แล้วเกิดการปลดปล่อยออกซิเจนออกไป 1 อะตอม เกิดเป็นอนุมูลคลอไรท์ซึ่งอนุมูลคลอไรท์นี้จะไปมีผลทำให้เอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตสไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก ดังนั้นอัตราการทำงานรวมของเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตส ภายในต้นพืชจึงลดลงภายหลังการได้รับสารประกอบคลอเรต (LaBrie *et al.*, 1991)

พืชที่ได้รับสารประกอบคลอเรตในปริมาณมากอาจแสดงอาการความเป็นพิษของคลอเรตได้ในลักษณะต่างๆกัน ตามวิธีการที่ได้รับสารและความเข้มข้นของสารที่ได้รับ อาการเริ่มต้นภายหลังจากการได้รับสารประกอบคลอเรตคืออาการทางราก พบว่ารากถูกทำลาย แห้ง กรอบ ผิวร่อน เป็นแผ่น อาการทางใบได้แก่ ใบเหลือง ใบไหม้ ใบมีสีน้ำตาล ใบเหี่ยว และ ใบร่วง และอาการที่ตา พบว่า ตาจะแห้งตาย ถ้าต้นพืชได้รับสารประกอบคลอเรตในปริมาณที่สูงมาก ต้นจะยืนต้นตาย โดยใบจะยังไม่ร่วงเนื่องจากเซลล์เนื้อเยื่อพืชตายก่อนที่จะสร้างชั้นของเซลล์ที่ทำให้เกิดการร่วงของใบขึ้น ซึ่งเรียกชั้นของเซลล์นี้ว่าชั้นแอบซิสชัน (abscission layer) ดังนั้นใบจึงไม่ร่วงจากต้นเมื่อทำการผ่าลำต้นที่ตายแล้ว พบว่าส่วนของท่อน้ำจะมีอาการเป็นรอยไหม้สีน้ำตาลดำ (ธนะชัย, 2542)

ผลทางสรีรวิทยาของสารประกอบคลอเรตที่มีต่อพืช (ธนะชัย, 2542)

1. คลอเรตอิออน (ClO_3^-) จัดเป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับไนเตรทอิออน (NO_3^-) ดังนั้นคลอเรตอิออนจึงเป็นคู่แข่ง (competitive inhibitor) ของไนเตรทอิออน ในการเกาะจับกับเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตสอีกทั้งคลอเรตยังมีผลในการยับยั้งกลไกการทำงานของเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตสด้วย แม้ว่า

คลอเรตจะไปมีผลต่อกลไกการใช้ไนโตรเจนของพืชแต่ก็ไม่พบอาการขาดธาตุไนโตรเจนในต้นพืชที่ได้รับสารประกอบคลอเรต

2. สารประกอบคลอเรตกระตุ้นให้มีการผลิตโปรตีนที่มีความจำเป็นในการสร้างเอ็นไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase mRNA) เช่นเดียวกับสารประกอบไนเตรท

3. คลอเรตทำให้การไหลเวียนของโปรโตพลาสซึมช้าลง เมื่อการไหลเวียนของโปรโตพลาสซึมลดลง การเคลื่อนย้ายของสารบางชนิดภายในพืชที่เคลื่อนที่ผ่านทางโปรโตพลาสซึมย่อมลดลงด้วย

4. สารประกอบคลอเรตมีผลในการลดการทำงานของเอ็นไซม์แคตตาเลส (catalase) สำหรับในพืชที่อ่อนแอต่อการเกิดพิษของสารประกอบคลอเรต การทำงานของเอ็นไซม์แคตตาเลสอาจลดลงถึงครึ่งหนึ่งจึงทำให้มีการสะสมของสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ภายในเซลล์เพิ่มขึ้นซึ่งสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จัดว่าเป็นสารพิษภายในเซลล์

5. คลอเรตมีผลในการลดอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากต้นพืชมีการใช้อาหารเพิ่มขึ้นจากอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นแล้ว การสังเคราะห์อาหารจากการสังเคราะห์แสงยังลดลงอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารสะสมในพืชลดลงภายหลังจากที่ได้รับสารคลอเรต

6. คลอเรตเร่งอัตราการหายใจพืชชั่วคราว พืชที่ได้รับสารคลอเรตจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นชั่วคราว จากนั้นอัตราการหายใจจะลดลงสู่ระดับปกติ

7. คลอเรตมีผลในการลดอาหารสำรองภายในต้นพืช เมื่อพืชมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้อาหารสะสมภายในต้นพืชมากขึ้น ดังนั้นอาหารสำรองในต้นพืชจึงลดลง

8. คลอเรตแม้ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.01 M (โมล่าร์) ถ้าคิดเป็นน้ำหนักของโซเดียมคลอเรตเพียง 1.06 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร หรือถ้าคิดเป็นน้ำหนักของโปแตสเซียมคลอเรตเพียง 1.23 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร สามารถทำให้เซลล์พืชฝ่อได้ เนื่องจากสูญเสียน้ำ (plasmolysis)

9. คลอเรตกระตุ้นให้มีการสร้างเอทธิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่ง มีผลในการการเร่งกระบวนการเสื่อมสลาย (Senescence) ของเนื้อเยื่อพืช เร่งการสุกของผลไม้ เร่งการออกดอก

10. คลอเรตทำให้พืชอ่อนแอต่อการเกิดความเสียหายจากน้ำค้างแข็ง (frost) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นที่ได้รับสารคลอเรตอยู่ในสภาพที่อ่อนแอมากกว่าปกติ จึงทำให้อ่อนแอต่อความเย็นเพิ่มขึ้น

11. คลอเรตกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไย เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าคลอเรตสามารถกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไย สำหรับกลไกการทำงานของคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยออกดอกนั้น ยังอยู่ในระหว่างทำการศึกษาเพื่อหาข้อสรุปของกลไกการทำงาน

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของสารประกอบคลอเรตในพืช

1. ชนิดและพันธุ์พืช พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารประกอบคลอเรตต่างกันและพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์กันมีความสามารถในการตอบสนองต่อสารประกอบคลอเรตไม่เท่ากัน

2. ช่วงการเจริญของพืช การให้สารประกอบคลอเรตต่อต้นลำไยช่วงแตกใบอ่อนจะออกดอกน้อยกว่าการให้สารประกอบคลอเรตในช่วงใบแก่ เช่นเดียวกันในการให้สารประกอบคลอเรตแก่ต้นกล้าลำไยอายุ 1 ปี หลังงอกจากเมล็ดพบว่าไม่สามารถกระตุ้นให้ต้นกล้าออกดอกได้แต่เมื่อให้กับต้นกิ่งตอนอายุ 1 ปี พบว่าสามารถกระตุ้นการออกดอกได้ (ธนะชัย, 2542)

3. ความสมบูรณ์ของต้น การให้สารประกอบคลอเรตกับต้นที่มีความสมบูรณ์ จะชักนำให้ออกดอกได้มากกว่าต้นที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งในสภาพที่ต้นพืชขาดน้ำหากมีการให้สารประกอบคลอเรตทางใบสารประกอบคลอเรตจะถูกลำเลียงสู่ส่วนอื่น ๆ ของพืชได้ดีกว่าต้นพืชที่ไม่ขาดน้ำ (Audus, 1976)

4. ปริมาณความเข้มของแสง ความเข้มแสงสูงและเป็นเวลานานจะช่วยส่งเสริมการทำงานของสารประกอบคลอเรตในต้นพืช (Harper, 1981)

5. ชนิดของดิน ชนิดของดินมีผลอย่างมากในแง่ของการชะล้างของสารประกอบคลอเรตและระยะเวลาที่สารตกค้างในดิน (Crafts and Robbins, 1962)

6. ความสมบูรณ์ของดิน การทำงานของสารประกอบคลอเรตจะเพิ่มขึ้นในดินที่เป็นกรด ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุและสารประกอบไนเตรทสูงจะทำให้การดูดซึมของสารประกอบคลอเรตของรากพืชลดลง

7. ปริมาณน้ำฝนและการให้น้ำแก่ต้นพืช ปริมาณน้ำฝนมีผลอย่างมากต่อการชะล้างสารประกอบคลอเรตในดิน (ธนะชัย, 2542)

Kosola and Bloom (1996) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายคลอเรตอิออนเทียบกับการดูดซับไนเตรทอิออน (NO^-_3) ในรากมะเขือเทศ พบว่าไนเตรทอิออนเป็นตัวยับยั้ง ClO^-_3 influx และ ClO^-_3 ก็ยับยั้ง NO^-_3 influx ได้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเป็นพิษของคลอเรต แม้ว่าคลอเรตจะไปมีผลต่อการใช้ไนเตรทของต้นพืชแต่ ไม่พบอาการขาดไนโตรเจนในพืชที่ได้รับสารคลอเรต

พาวิน และคณะ (2542) ทำการศึกษาในลำไยพันธุ์ดอ อายุ 9 ปี โดยหว่านสารโปแตสเซียมคลอเรตรอบทรงพุ่มและให้น้ำตามปริมาณสาร 0 (ตัวเปรียบเทียบ), 10, 20, และ 40 กรัม ต่อพื้นที่ทรงพุ่ม 1 ตร.ม. ส่วนอีกแปลงหนึ่งใช้สารโปแตสเซียมคลอเรต อัตรา 0, 4, 8, และ 12 กรัมต่อ ตร.ม. พบว่าสารทุกความเข้มข้นสามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ภายใน 20-30 วัน ทั้ง 2 แปลงทดลองการใช้ความเข้มข้นต่ำ (4 กรัมต่อตร.ม.) จะออกดอกช้ากว่าความเข้มข้นที่สูงกว่า