บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลำไย (longan)

ลำไยจัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์อยู่หลายชื่อ *Euphoria longana* Lam.; *Euphoria longan* Streud.; *Nephelium longana* Camb. และ *Dimocarpus longan* Lour. (พาวิน, 2543)

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย

ลำไยเป็นไม้ผลเขตร้อน (นิพัฒน์, 2542) เป็นไม้พื้นเมืองของประเทศจีนตอนใต้ โดยปลูกกันอย่างแพร่หลายในมณฑลกวางตุ้ง (Kwangtund) ฟุดเกี่ยน (Fukien) กวางสี (Guangxi) (นิพัฒน์และเฉลิม, 2542) และมีการแพร่กระจายเข้าไปสู่อินเดีย ลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินดีสตะวันตกและมาดากัสกา และไทย แหล่งปลูกลำไยในประเทศไทยที่สำคัญคือ จังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน และพะเยา นอกจากนี้ก็มีปลูกในภาคกลาง เช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปัจจุบันลำไยได้แพร่กระจายไปในจังหวัดต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเลย หนองคาย นครพนม ภาคใต้ เช่น จังหวัดพัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช (พาวิน, 2543)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลำไยเป็นไม้ผลยืนต้นที่ทรงพุ่มแผ่กว้าง ขนาดของทรงพุ่มมีตั้งแต่ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ขึ้นอยู่กับพันธุ์ (นิพัฒน์, 2542) ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดจะมีลำต้นตรง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูง 12-15 เมตร หากเป็นต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอน กิ่งจะแตกกิ่งก้านใกล้ ๆ กับพื้น และถ้าไม่ได้รับการตัดแต่งในขณะที่ต้นยังเล็กมักแตกลำต้นหลายต้น ลำต้นที่เกิดขึ้นไม่ค่อยเหยียดตรงมักเอนหรือโค้งงอ (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) เนื้อไม้เปราะทำให้กิ่งหักง่าย เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลหรือสีเทา (พาวิน, 2543)

ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnately compound leaves) ปลายใบเป็นคู่ มีใบย่อย 3-5 คู่ ความยาวใบ 20-30 เซนติเมตร กว้าง 7-15 เซนติเมตร รูปร่างใบเป็นรูปรีหรือรูปหอก ส่วนปลายใบและฐานใบค่อนข้างป้าน ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มกว่า ด้านล่างสากเล็กน้อย ขอบใบเรียบไม่มีหยักใบเป็นคลื่นเล็กน้อย และเห็นเส้นแขนง (vein) แตกออกจากเส้นกลางใบชัดเจน และมีจำนวนมาก (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

ช่อดอก ช่อดอกย่อยเป็นแบบ compound dichasia ซึ่งมีการแตกก้านดอกออกเป็นแขนงจากก้านที่แตกและแต่ละก้านแขนงนั้นก็แตกแขนงอีกครั้ง (นิพัฒน์, 2542) ส่วนมากเกิดจากตาที่ปลายยอด (terminal bud) บางครั้งอาจเกิดจากตาข้างของกิ่ง ความยาวของช่อดอก 15-16 เซนติเมตร ช่อดอกขนาดกลาง (พาวิน, 2543) รูปทรงกรวย ก้านของช่อดอกอวบ แข็งแรง เหยียดตรง แตกสาขาออกไปโดยรอบ ก้านที่แตกออกไปเหล่านี้เป็นที่เกิดของดอกเล็ก ๆ มากมาย (เกียรติเกษตรและคณะ, 2530) แต่ละช่อมีดอกย่อยประมาณ 3,000 ดอก (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

ดอก ดอกลำไยสีขาวหรือสีขาวออกเหลือง ขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6-8 มิลลิเมตร (พาวิน, 2543) กลีบเลี้ยง (sepal) จำนวน 5 กลีบ มีสีเขียวปนน้ำตาลหนาและมีขนาดใหญ่กว่ากลีบดอกประมาณ 2-5 เท่า กลีบดอก (petal) สีหม่น จำนวน 5 กลีบ กลีบดอกเหล่านี้บางเรียบเล็ก และเรียงตัวเยื้องกัน (นิพัฒน์, 2542) ดอกมีกลิ่นหอม ช่อดอกหนึ่ง ๆ อาจมีดอก 3 ชนิด (polygamo-monoecious) คือ ดอกตัวผู้ (staminate flower) ดอกตัวเมีย (pistillate frower) และดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

1. ดอกตัวผู้ (staminate flower) มีเกสรตัวผู้ 6-8 อัน เรียงเป็นชั้นเดียวอยู่บนจานรอง (disc) ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนและมีลักษณะอุ้มน้ำ ก้านชูเกสรตัวผู้มีขน เกสรตัวเมียมีความยาวสม่ำเสมอ คือ ยาว 3-5 มิลลิเมตร อับเรณูมี 2 หยัก และแตกตามยาว (longitudinal dehiscence) (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) อับเรณูของเกสรตัวผู้จะไม่มีการแตกและไม่มีการงอก จะค่อย ๆ แห้งตายไปหลังดอกบาน (พาวิน, 2543)

2. ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีเกสรตัวเมีย ประกอบด้วยรังไข่ที่มี 2 พู (bicarpellate) ตั้งอยู่ตรงกลางจานรองเป็นแบบ superior ovary ด้านนอกของรังไข่มีขนปกคลุมอยู่ แต่ละพูมีเพียงหนึ่งช่อง (locule) เท่านั้นที่จะเจริญเติบโตและพัฒนาจนเป็นผล ส่วนอีกพูหนึ่งจะค่อย ๆ ฝ่อ ในบางกรณีอาจพบไข่ในพูทั้งสองเจริญจนเป็นผลได้ เกสรตัวเมียอยู่ตรงกลางระหว่างพู ก้านชูเกสรตัวเมีย ยาวประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ยอดเกสรแยกออกเป็น 2 แฉกเห็นได้ชัดเมื่อดอกบานเต็มที่ (พาวิน, 2543)

3. ดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ก้านชูอับละอองของดอกสมบูรณ์เพศมีความยาวไม่สม่ำเสมอกันคือมีความยาวระหว่าง 1.5-3.0 มิลลิเมตร รังไข่พองเป็นกระเปราะค่อนข้างกลม ขนาดเล็กกว่ารังไข่ของตัวเพศเมีย ยอดเกสรตัวเมียจะสั้นกว่าเพราะปลายตรงจะแยกเพียงเล็กน้อยเมื่อดอกบาน ดอกสมบูรณ์เพศสามารถติดผลได้ เช่นเดียวกับดอกตัวเมีย (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

ผล ผลทรงกลมหรือทรงเบี้ยว ลำไยพันธุ์กะโหลกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร ผลสุกมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอมแดง (พาวิน, 2543) ผิวเปลือก (pericarp) เจริญมาจากผนังรังไข่ (ovary wall) (จงรักษ์, 2544) มีลักษณะเรียบหรือเกือบเรียบ มีตุ่มแบน ๆ ปกคลุมที่ผิวเปลือกด้านนอก เปลือกบาง เนื้อ (aril) หนาเกิดจากส่วนที่เจริญขึ้นมาจากก้านไข่ (funiculus) ซึ่งเนื้อเยื่อส่วนนี้เป็นพวกเนื้อเยื่อฟองน้ำ และเป็นผิวหุ้มเมล็ดส่วนนอก (outer integument) เนื้อเยื่อนี้เป็นเนื้อเยื่อพาเรนไคมาซึ่งเจริญล้อมรอบเมล็ดและอยู่ระหว่างเปลือกกับเมล็ด มีสีขาวคล้ายวุ้น สีขาวขุ่น หรือสีชมพูเรื่อ ๆ (พาวิน, 2543) ลักษณะเนื้อที่แฉะ แห้ง กรอบ หรือเหนียว ตลอดจนรสชาติแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (นิพัฒน์, 2542)

เมล็ด มีลักษณะกลมถึงกลมแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีขาวแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน ส่วนของเมล็ดที่ติดกับขั้วผล (placenta) เป็นเนื้อเยื่อสีขาวๆ บนเมล็ด ซึ่งมีลักษณะคล้ายตามังกร (dragon's eye) เนื้อสีขาวนี้มีขนาดเล็กหรือใหญ่ต่างกันไปตามพันธุ์ (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

พันธุ์ลำไยที่ปลูกในประเทศไทย

พาวิน (2543) กล่าวถึงพันธุ์ลำไยที่ปลูกในประเทศไทยว่า พันธุ์ลำไยที่พบในปัจจุบันอาจแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะของผล เนื้อ เมล็ด และรสชาติ คือ

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

2. ลำไยต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ลำไยพื้นเมืองหรือลำไยกระดูก ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงต้นมกราคม เก็บเกี่ยวผลได้ประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ให้ผลดกผลมีขนาดเล็ก ขนาดของผลเฉลี่ยกว้าง 1.8 เซนติเมตร หนา 1.6 เซนติเมตร สูง 1.7 เซนติเมตร รูปร่างของผลค่อนข้างกลม ผิวสีน้ำตาล เปลือกหนา เนื้อบางสีขาวใส ปริมาณน้ำตาล 19 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดใหญ่

เปลือกลำต้นขรุขระมาก ต้นตั้งตรงสูงประมาณ 20-30 เมตร ใบขนาดเล็กกว่าลำไยกะโหลก มักพบตามป่าของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย มีอายุยืนมาก ปัจจุบันไม่นิยมปลูกเนื่องจากผลมีขนาดเล็ก

2.2 ลำไยกะโหลก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะผลใหญ่ เนื้อหนา และ มีรสหวาน ปริมาณน้ำตาลประมาณ 16-24 เปอร์เซ็นต์ มีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีคุณลักษณะพิเศษแตกต่างกัน พันธุ์ลำไยกะโหลกที่ปลูกในประเทศไทย ได้แก่

2.2.1 พันธุ์ดอหรืออีดอ เป็นลำไยพันธุ์เบา คือออกดอกและเก็บเกี่ยวผลได้ก่อนพันธุ์อื่น ชาวสวนนิยมปลูกกันมากที่สุดเพราะเก็บเกี่ยวได้ก่อน ทำให้ราคาดีตลาดต่างประเทศนิยม สามารถจำหน่ายทั้งผลสดและแปรรูป ทำลำไยกระป๋องและลำไยอบแห้ง เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีโดยเฉพาะในดินที่อุดมสมบูรณ์และมีน้ำพอเพียง ทนแล้งและทนน้ำท่วมขังได้ดีปานกลาง พันธุ์แบ่งตามสีของยอดอ่อนได้ 2 ชนิด คือ อีดอยอดแดง เจริญเติบโตดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีดอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่ฉีกหักง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบอ่อนมีสีแดง ปัจจุบันอีดอยอดแดงไม่ค่อยนิยมปลูกเนื่องจากออกดอกติดผลไม่ดีและเมื่อผลสุกถ้าเก็บไม่ทันผลร่วงเสียหายมาก และอีดอยอดเขียว ใบอ่อนมีสีเขียว ออกดอกติดผลง่ายแต่อาจไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ลำไยพันธุ์อีดอยังแบ่งตามลักษณะของก้านช่อผลได้อีก 2 ชนิด คือ อีดอก้านอ่อน ก้านช่อผลมีลักษณะอ่อน เปลือกผลบาง และอีดอก้านแข็ง ก้านช่อผลมีลักษณะแข็งเปลือกผลหนา ลำไยพันธุ์ดอให้ผลค่อนข้างใหญ่ ขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 2.7 เซนติเมตรหนา 2.4 เซนติเมตรสูง 2.5 เซนติเมตร ทรงผลกลมแป้นเบี้ยว ยกบ่าข้างเดียว ผิวสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่างสีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น ปริมาณน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย

2.2.2 พันธุ์ชมพูหรือสีชมพู เป็นลำไยพันธุ์กลาง จัดว่าเป็นพันธุ์ที่มีรสชาติดีนิยมรับประทานในประเทศ พุ่มต้นสูงโปร่ง กิ่งเปราะหักง่าย การเจริญเติบโตดีไม่ทนแล้ง เกิดดอกติดผลง่ายปานกลาง การติดผลไม่สม่ำเสมอ ช่อผลยาว ลำไยพันธุ์ชมพูให้ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ขนาดผลเฉลี่ย กว้าง 2.9 เซนติเมตร หนา 2.6 เซนติเมตร และสูง 2.7 เซนติเมตร ทรงผลค่อนข้างกลมเบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาลอมแดง ผิวเรียบ มีกระสีดล้ำตลอดผล เปลือกหนาแข็งและเปราะ เนื้อหนาปานกลางนิ่มและกรอบ สีชมพูเรื่อ ๆ ยิ่งผลแก่จัดสีของเนื้อยิ่งเข้ม เนื้อล่อน รสหวานกลิ่นหอม ปริมาณน้ำตาลประมาณ 21-22 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดค่อนข้างเล็ก

2.2.3 พันธุ์พวงทอง เป็นพันธุ์ที่มีช่อดอกขนาดใหญ่ กว้าง 18.6 เซนติเมตร ยาว 29.3 เซนติเมตร ขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 2.5 เซนติเมตร หนา 2.3 เซนติเมตร สูง 2.4 เซนติเมตร ผลทรงค่อนข้างกลมและเบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาลมีกระสีน้ำตาล เนื้อหนากรอบ สีขาวครีม รสหวาน ปริมาณน้ำตาลประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดขนาดปานกลางและแบน

2.2.4 พันธุ์ใบดำหรืออีดำหรือกะโหลกใบดำ เป็นลำไยพันธุ์เบา ลักษณะเด่น คือ ออกดอกติดผลสม่ำเสมอ เจริญเติบโตได้ดีมาก ทนแล้งและน้ำได้ดี แต่มีข้อเสียคือ ขณะที่ผลโตเต็มที่ผลเล็กกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทั้งนี้เพราะความดกมาก เมื่อผลแก่จัดมักมีเชื้อราติดที่เปลือก ปัจจุบันความนิยมพันธุ์นี้ลดลงอาจเนื่องมาจากคุณภาพที่ไม่ค่อยดีจึงจำหน่ายได้ในราคาต่ำ แต่น่าสนใจด้านการปรับปรุงพันธุ์เนื่องจากออกดอกติดผลดี ลำไยพันธุ์ใบดำให้ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ขนาดผลเฉลี่ย กว้าง 2.8 เซนติเมตร หนา 2.3 เซนติเมตร สูง 2.3 เซนติเมตร ทรงผลค่อนข้างกลมแบนและเบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาลขรุขระ เปลือกหนาและเหนียว ทนทานต่อการขนส่ง เนื้อหนาปานกลาง สีขาวครีม รสหวาน ปริมาณน้ำตาลประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างยาวและแบน

2.2.5 พันธุ์แดงหรืออีแดงกลม เป็นลำไยพันธุ์กลาง ลักษณะเฉพาะของพันธุ์นี้ คือ ผลกลม เนื้อมีกลิ่นคาวคล้ายกำมะถันทำให้คุณภาพของผลไม่ค่อยดี การเจริญเติบโตปานกลาง ไม่ทนแล้งและไม่ทนน้ำขัง มักยืนต้นตายเมื่อเกิดสภาพน้ำขังหรือปีที่ติดผลดก ลักษณะประจำพันธุ์อีกอย่างหนึ่งของพันธุ์นี้ คือ เมื่ออยู่ในระยะออกดอก ใบที่บริเวณใกล้ช่อดอกมักเหลืองและร่วงหล่น เกิดดอกและติดผลง่าย ติดผลค่อนข้างคงที่ ลำไยพันธุ์แดงให้ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 2.6 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร และสูง 2.5 เซนติเมตร ขนาดผลค่อนข้างสม่ำเสมอ ทรงผลกลม ผิวสีน้ำตาลอมแดง ผิวเรียบ เปลือกบาง เนื้อหนาปานกลาง สีขาวครีม เนื้อเหนียว มีน้ำมากจึงมักแฉะ ปริมาณน้ำตาลประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดรูปร่างป้อม จุกใหญ่

2.2.6 พันธุ์เหลืองหรืออีเหลือง มีทรงพุ่มค่อนข้างกลม ออกผลดก กิ่งเปราะจึงหักง่ายเมื่อมีผลดกมาก ๆ ผลค่อนข้างกลมขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 2.4 เซนติเมตร หนา 2.3 เซนติเมตร สูง 2.3 เซนติเมตร เนื้อสีขาวนวล มีปริมาณน้ำตาลประมาณ 20-21เปอร์เซ็นต์ เมล็ดกลม

2.2.7 พันธุ์แห้วหรืออีแห้ว เป็นลำไยพันธุ์หนัก ลำต้นไม่ค่อยแข็งแรง กิ่งเปราะหักง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดงและเขียว เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีมาก ทนแล้งได้ดี พันธุ์แห้วแบ่งได้ 2 ชนิด คือ แห้วยอดแดงและแห้วยอดเขียว ลักษณะที่แตกต่างกันที่สีของใบอ่อนหรือยอด แห้วยอดแดงมีใบอ่อนหรือยอดเป็นสีแดง แห้วยอดเขียวมีใบอ่อนหรือยอดเป็นสีเขียว เกิดดอกและติดผลค่อนข้างยากอาจให้ผลเว้นปี ช่อดอกสั้น ขนาดผลในช่อมักไม่สม่ำเสมอกัน ลำไยพันธุ์แห้วให้ผลขนาดใหญ่หรือปานกลาง ขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 2.8 เซนติเมตร หนา 2.6 เซนติเมตร สูง 2.6 เซนติเมตร กลมและเบี้ยว ฐานผลปุ่ม ผิวสีน้ำตาล มีกระสีคล้ำตลอดผล เมื่อจับรู้สึกสากมือ เปลือกหนามาก เนื้อหนาแน่น แห้งและกรอบ สีขาวขุ่น รสหวานแหลม กลิ่นหอม มีน้ำปานกลาง เมล็ดค่อนข้างเล็ก แห้วยอดแดงออกดอกง่ายกว่าแห้วยอดเขียว และมีเนื้อสีค่อนข้างขุ่นน้อยกว่า จึงนิยมปลูกกันมากกว่าแห้วยอดเขียว

2.2.8 พันธุ์ปู่มาตีนโค้ง ผลขนาดใหญ่สีเขียวให้ผลดก แต่คุณภาพและรสชาติไม่ดี มีกลิ่นคาว นอกจากนี้ยังเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคพุ่มไม้กวาด ปัจจุบันพันธุ์นี้ลดลงอย่างมากคงมีแต่สวนเก่า ๆ ซึ่งมีเพียงไม่กี่ต้นเท่านั้น

2.2.9 พันธุ์เบี้ยวเขียวหรืออีเบี้ยวเขียว เป็นลำไยพันธุ์หนักที่เก็บผลผลิตได้ช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ เจริญเติบโตได้ดี ทนแล้งได้ดี แต่มักอ่อนแอต่อโรคพุ่มไม้กวาด ออกดอกยาก มักเว้นปี ช่อผลหลวม สีของผลเมื่อมีขนาดเล็กสีเขียว พันธุ์เบี้ยวเขียวแบ่งได้ 2 ชนิด เบี้ยวเขียวก้านแข็ง หรือเบี้ยวเขียวป่าเส้า และเบี้ยวเขียวก้านอ่อน หรือเบี้ยวเขียวเชียงใหม่ เบี้ยวเขียวก้านแข็งให้ผลไม่ดกแต่ผลขนาดใหญ่มากติดผลน้อย อ่อนแอต่อโรคพุ่มไม้กวาด ไม่ค่อยนิยมปลูก ส่วนเบี้ยวเขียวก้านอ่อนให้ผลดกเป็นพวงใหญ่ ผลขนาดใหญ่ ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวให้ผลมีขนาดใหญ่ ขนาดผลเฉลี่ยกว้าง 3.0 เซนติเมตร หนา 2.6 เซนติเมตรและสูง 2.8 เซนติเมตร ทรงผลกลมแบนและเบี้ยวมากเห็นได้ชัดเจน ผิวสีเขียวอมน้ำตาล ผิวเรียบ เปลือกหนาและเหนียว เนื้อหนาแห้งกรอบ ล่อนง่าย สีขาว น้ำน้อย รสหวานแหลม กลิ่นหอม ปริมาณน้ำตาลประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดค่อนข้างเล็ก

2.2.10 พันธุ์เพชรสาครทะวาย จัดเป็นลำไยพันธุ์ทะวายคือ สามารถออกดอกมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี ลักษณะของลำไยพันธุ์นี้มีใบขนาดเล็ก เรียวแหลม ออกดอกและให้ผลผลิตปีละ 2 รุ่น คือ รุ่นแรกออกดอกราวเดือนธันวาคม-มกราคม และเก็บผลผลิตได้ประมาณเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน รุ่นที่สองออกดอกราวเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม เก็บเกี่ยวผลได้ในเดือนธันวาคม-มกราคม ผลกลม เปลือกบาง ขนาดผลกว้างเฉลี่ย 2.7 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร หนา 2.6 เซนติเมตร เนื้อมีสีขาว ปริมาณน้ำตาล 18-20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดกว้าง 1.3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร หนา 1.1 เซนติเมตร

2.2.11 พันธุ์ตลับนาก ผลใหญ่ค่อนข้างกลม ผิวเปลือกเรียบ เนื้อหนา สีขาวใส เมล็ดเล็ก รสไม่ค่อยหวานจัด

นอกจากพันธุ์ดังกล่าวข้างต้นยังมีลำไยอีกหลาย ๆ พันธุ์ที่มีการสำรวจพบ แต่ยังไม่ได้ปลูกแพร่หลาย ได้แก่ พันธุ์ใบหยก อีสร้อย บ้านโฮ่ง 60 ดอหลวง และ ดอแก้วยี่ เป็นต้น สำหรับพันธุ์ลำไยที่มีการส่งเสริมให้มีการปลูกกันมากในปัจจุบัน มีอยู่ 4 พันธุ์คือ พันธุ์ดอ แห้ว ชมพู และเบี้ยวเขียว

สรีรวิทยาการเจริญเติบโตของลำไย

การเจริญเติบโตของพืชเป็นปรากฏการณ์ที่สลับซับซ้อน เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ เป็นการควบคุมทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น และธาตุอาหารต่าง ๆ ส่วนปัจจัยภายในพืช ได้แก่ สารเคมีภายในพืช ฮอร์โมน และลักษณะทางพันธุกรรมของพืช เป็นตัวกำหนดแบบแผน ลักษณะการเจริญเติบโต และพัฒนาของพืช ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพืชนั้นพืชรับรู้สัญญาณของสิ่งแวดล้อม มีระบบการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ (สมบุญ, 2544) เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตในช่วงที่ไม่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ ไปได้ระยะหนึ่งจะมีความพร้อมในการออกดอก คือ เนื้อเยื่อเจริญ ซึ่งเดิมจะเจริญไปเป็นตาใบหรือตากิ่งจะเปลี่ยนเป็นเจริญไปเป็นตาดอก การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้แสดงว่า พืชเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตของส่วนที่ใช้สืบพันธุ์ (นิตย์, 2541) ในขณะที่พืชมีการเปลี่ยนแปลงจากการเติบโตทางด้านกิ่งใบ (vegetative growth) ไปเป็นการเติบโตทางด้านเจริญพันธุ์ (reproductive growth) พืชจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาหลายอย่าง (สมบุญ, 2544)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการติดดอกออกผลของลำไย

สรีรวิทยาการออกดอกของลำไยนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงจากตาใบ (vegetative bud) ไปเป็นตาดอก (flower bud) นั้นเกิดขึ้นในขณะที่กำลังมีการเจริญเติบโต (active) โดยการเกิดดอกของพืชควบคุมโดยปัจจัยต่าง ๆ ทั้งสภาพแวดล้อม และพันธุกรรมของพืช ซึ่ง รวี (2542ก) ได้ให้รายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังนี้

1. พันธุ์ พืชต่างพันธุ์กันมีความสามารถในการออกดอกไม่เท่ากัน (พีรเดช, 2537) ลำไยมีทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบา (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) แต่ละพันธุ์มีความยากง่ายของการออกดอกที่แตกต่างกัน เช่น ลำไยพันธุ์ใบดำ อีดอ มีนิสัยในการออกดอกค่อนข้างสม่ำเสมอ ส่วนพันธุ์เบี้ยวเขียวและแห้วมักออกดอกเว้นปี ลำไยบางพันธุ์มีนิสัยออกดอกง่ายและออกดอกมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี เช่น พันธุ์เพชรสาครทะวาย (พาวิน, 2543) ซึ่งชนิดและพันธุ์พืชที่ต่างกันแม้ในสภาพแวดล้อมเดียวกันมีความสามารถในการสร้างดอกต่างกัน (สมบุญ, 2544) พืชหลายชนิดหยุดการเจริญทางกิ่งก้านสาขาเมื่อมีการสร้างดอกและผล (ดนัย, 2539)

2. แสง แสงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการสร้างอาหารของพืช โดยทั่วไปในพืชส่วนใหญ่ต้องการความเข้มของแสงในปริมาณที่สูงในการออกดอกของพืช โดยมีผลต่อการสะสมปริมาณสารอาหารในพืช แสงกระตุ้นการสร้างตาดอก (สมบุญ, 2544) ลำไยเป็นพืชที่ต้องการแดดจัด มีแสงแดดส่องตลอดเวลา เพื่อการปรุงอาหารของใบอย่างเต็มที่ และเพื่อการติดผล ซึ่งเป็นการติดดอกออกผลในปลายกิ่ง (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

3. ความชื้นในดิน ปริมาณความชื้นในดินมีผลต่อการติดดอกของพืช ในสภาพที่พืชขาดน้ำหรือเกิดความเครียดในต้นพืชจะมีสารชักนำในการสร้างตาดอก แต่ในระยะการเจริญของตาดอกถ้าพืชเกิดการขาดน้ำมากเกินไปทำให้ตาดอกไม่สามารถเจริญต่อไปได้ กระบวนการสร้างตาดอกจะหยุดชะงักจนกว่าจะได้รับน้ำ (สมบุญ, 2544) ไม้ผลหลายชนิดต้องการช่วงแล้งก่อนการออกดอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับสภาพอากาศเย็นก็จะช่วยกระตุ้นให้ออกดอกได้มากขึ้น (พีรเดช, 2537) สำหรับแหล่งปลูกลำไยควรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,250 มิลลิเมตรต่อปี และควรมีการกระจายตัวประมาณ 100-150 วันต่อปี แต่อย่างไรก็ตามในช่วงก่อนการออกดอกควรงดการให้น้ำเพื่อลดการดูดธาตุไนโตรเจน ป้องกันการผลิใบอ่อนหรือดอกแซมใบ (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

4. อายุของพืช โดยทั่วไปพืชต้องมีการเจริญเติบโตของส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ไปช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนจึงจะสามารถกระตุ้นให้ออกดอกได้ ทั้งนี้เพราะอายุนั้นเป็นปัจจัยที่ตัดสินว่าพืชมีอาหารสะสมเพียงพอที่นำไปใช้ในการเจริญเติบโตของส่วนที่สืบพันธุ์หรือไม่ พืชอยู่ในสภาพที่พร้อมสังเคราะห์ฮอร์โมนหรือสารกระตุ้นการออกดอก และเนื้อเยื่อเจริญที่ส่วนปลายยอดหรือปลายกิ่งสามารถตอบสนองต่อสารกระตุ้นที่ส่งมาควบคุมมากน้อยเพียงใด (นิตย์, 2541) โดยทั่วไปลำไยต้องมีการแตกใบอ่อน 2-3 รุ่น หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งทำให้มีโอกาสสะสมอาหารภายในต้นเพื่อติดดอกออกผลในปีต่อไป (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) แต่จังหวะของการผลิใบอ่อนครั้งสุดท้ายนั้นใบและยอดของลำไยจะต้องแก่ทันก่อนที่อากาศ หนาวเย็นจะมากระทบ (พาวิน, 2543) อเนก (2539) รายงานว่าต้นลำไยที่ผลิใบอ่อนในช่วงฤดูหนาว ซึ่งเป็นระยะที่ใกล้ช่วงเวลาของการออกดอกจะออกดอกได้น้อยและช้ากว่าต้นที่ไม่ผลิใบในช่วงเวลาดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะได้รับอุณหภูมิต่ำก็ตาม

5. อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ผันแปรไปตามฤดูกาลและภูมิประเทศ และมีอิทธิพลอย่างมากต่อการออกดอกของพืชส่วนใหญ่ (นิตย์, 2541) ไม้ผลหลายชนิดต้องการอากาศเย็นช่วงหนึ่งก่อนการออกดอก เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนภายในพืชและทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตทางกิ่งใบจึงมีผลกระตุ้นการออกดอก (พีรเดช, 2537) อุณหภูมิต่ำจะช่วยสนับสนุนในการสร้างดอกของลิ้นจี่ (Menzel, 1983) โดยอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสง (ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณแป้ง) การดูดน้ำและธาตุอาหาร และการสังเคราะห์และลำเลียงฮอร์โมนพืช (Jackson and Sweet, 1972) โดยทั่วไปลำไยต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโต 20-25 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงก่อนการออกดอกลำไยต้องการอุณหภูมิต่ำ 10-15 องศาเซลเซียสระยะเวลาหนึ่งเพื่อกระตุ้นให้มีการพัฒนาตาดอก (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

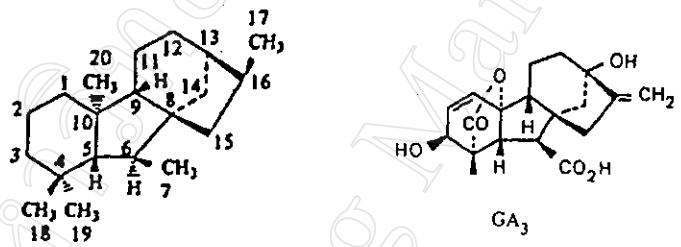
6. ปริมาณธาตุอาหารในพืช การออกดอกของพืชขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตในต้นพืช ถ้าปริมาณไนโตรเจนสูงจะส่งเสริมการสร้างใบและกิ่งหรือการเจริญด้านวัฒภาค ทำให้การสร้างดอกของพืชเกิดยากหรือช้า ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือสารประกอบคาร์บอนในพืชซึ่งสูงหรือในสภาพที่พืชได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงจะกระตุ้นการสร้างดอกของพืช (สมบุญ, 2544) เช่นเดียวกับ ชิติ และคณะ (2542) รายงานว่าการเพิ่มธาตุอาหารบางธาตุ เช่น โพแทสเซียมให้กับลำไยในช่วงก่อนการออกดอกทำให้การออกดอกเพิ่มขึ้น และสัดส่วนของธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะสัดส่วน C/N ratio ถ้าสูงพืชส่วนใหญ่ก็จะออกดอก (นิตย์, 2541) แต่อย่างไรก็ตาม กิติโชติ (2537) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ และพันธุ์สีชมพู โดยการพ่นปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34; MPP) และปุ๋ยสูตร 7-13-34+12.5 Zn (NK) ที่ระดับความเข้มข้น 2,500, 5,000 และ 7,500 สตล พบว่าการให้ปุ๋ยทุกระดับความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันในลำไยทั้งสองพันธุ์ในด้านการออกดอกของลำไย

7. ฮอร์โมนพืช ฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งภายในและภายนอกของต้นพืช เพราะปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อระดับฮอร์โมนและการสร้างฮอร์โมนของพืช (สมบุญ, 2544) การออกดอกของไม้ผลยืนต้นหลายชนิดควบคุมโดยปริมาณจิบเบอเรลลินและเอทธิลีนที่พืชสร้างขึ้นในช่วงที่มีการออกดอก พบว่า ปริมาณจิบเบอเรลลินลดลงและมีการสร้างเอทธิลีนมากขึ้น ส่วนฮอร์โมนชนิดอื่น เช่น ออกซิน และไซโตไคนิน อาจเกี่ยวกับการออกดอกเช่นกัน โดยที่ฮอร์โมนทั้งสองกลุ่มมักมีผลชะลอการออกดอก (พีรเดช, 2537) มีรายงานถึงการศึกษาฮอร์โมนที่คาดว่าเกี่ยวข้องกับการออกดอกของลำไย โดย Huang (1996) พบว่าระดับฮอร์โมนภายในต้นลำไยที่เอื้อต่อการชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก คือ มีระดับของไซโตไคนิน (isopentenyladenosine) สูง แต่ระดับของจิบเบอเรลลิน (GA_3) กรดแอบซิสสิก (ABA) ต่ำ นอกจากนี้ Chen *et al.* (1997) ได้วิเคราะห์ปริมาณไซโตไคนินในยอดลำไยในระยะต่าง ๆ พบว่าปริมาณไซโตไคนินทั้งหมดต่ำในระยะที่ลำไยผลิใบอ่อน แต่จะสูงในระยะสร้างตาดอก นพพร (2539) ได้ศึกษาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในยอดลำไยก่อนการออกดอก พบว่าในช่วงก่อนการออกดอกปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินลดลงและลดต่ำสุดจนไม่สามารถตรวจพบในสัปดาห์ที่มีการออกดอก อย่างไรก็ตามเคยมีผู้ทดลองใช้สารพาโคลบิวทราโซลซึ่งเป็นตัวยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินกลับไม่สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ (ณัฐวดี, 2542) แสดงให้เห็นว่าการลดระดับของจิบเบอเรลลินเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการออกดอกของลำไยอาจควบคุมด้วยสมดุลย์ของฮอร์โมนหลายชนิด (พาวิน, 2543)

จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

จิบเบอเรลลินพบครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น ในการศึกษาโรคของข้าวที่เจริญเป็นต้นที่สูงมาก ในตอนต้นปี ค.ศ.1890 ญี่ปุ่นเรียกโรคนี้ว่า bakanae disease (foolish seedling disease) เนื่องจากเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* เป็นระยะสมบูรณ์เพศของเชื้อ *Fusarium moniliforme* (นพดล, 2537) ต่อมาในปี 1954 ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีของจิบเบอเรลลินโดยนักเคมีชาวอังกฤษ ซึ่งสามารถแยกสารบริสุทธิ์จากอาหารเลี้ยงเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* และเรียกสารนี้ว่า กรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid) (ดนัย, 2539)

ปัจจุบันพบจิบเบอเรลลินมากกว่า 90 ชนิด แต่ละชนิดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยตรงจำนวนและตำแหน่งของพันธะคู่ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) จิบเบอเรลลินแต่ละตัวมีชื่อเรียกโดยมีสัญลักษณ์ของตัวเอง เช่น GA_1, GA_2, GA_3, GA_4,... เป็นต้น สำหรับสารที่สกัดจากเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* คือ กรดจิบเบอเรลลิก ใช้ชื่อ GA_3 จิบเบอเรลลินจัดเป็นสารพวกไดเทอร์พรีนอยด์ (diterprenoid) ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีโครงสร้าง แบบ ent giberellane skeleton (สมบุญ, 2544) (ภาพที่1)



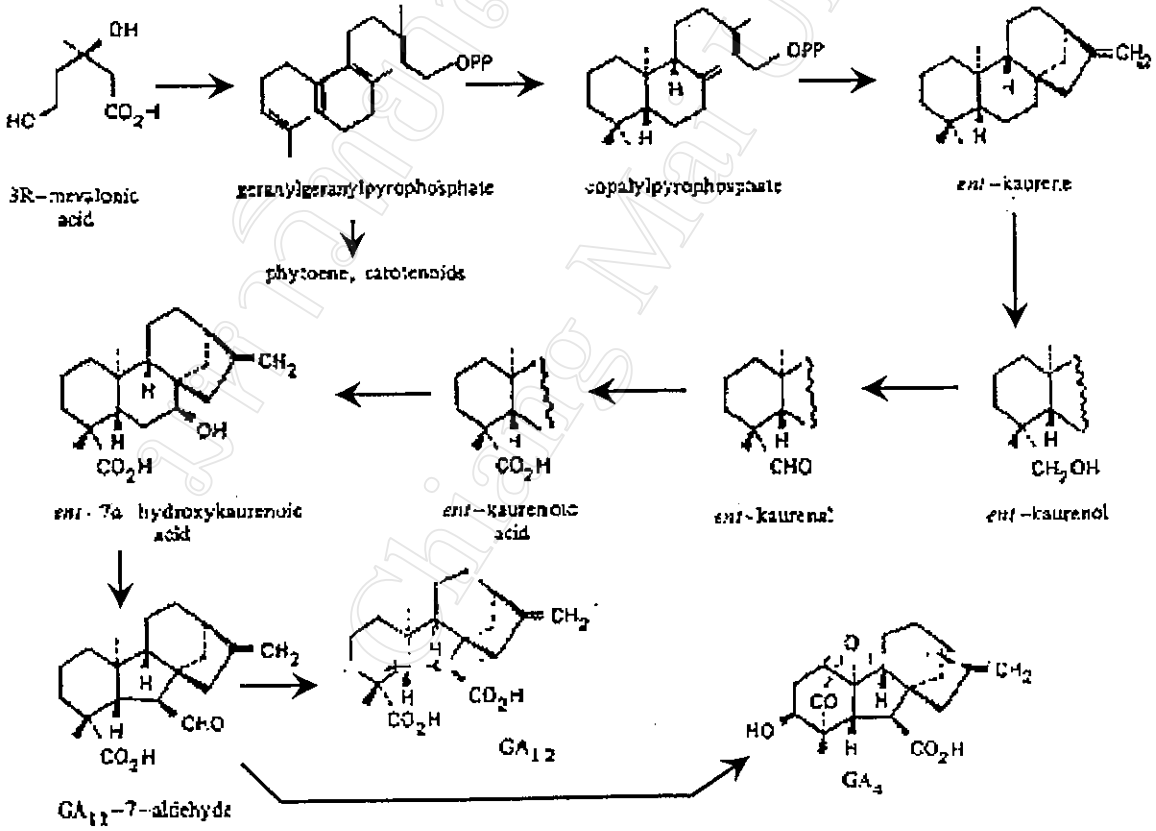
ภาพที่ 1 โครงสร้างของจิบเบอเรลลิน

แหล่งสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในพืช

ในพืชชั้นสูงพบว่าแหล่งสังเคราะห์จิบเบอเรลลินที่สำคัญคือ บริเวณใบอ่อน ผลอ่อน และต้นอ่อน รากพืชอาจสามารถสร้างจิบเบอเรลลินได้บ้าง แต่จิบเบอเรลลินมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากน้อยมาก และอาจระงับการสร้างรากแขนง (lateral root) ด้วย (ดนัย, 2539) ซึ่งการเคลื่อนย้ายของจิบเบอเรลลินในพืชเป็นแบบไม่มีทิศทางที่แน่นอน (nonpolar transport) โดยเคลื่อนที่จากส่วนข้อของใบเลี้ยงไปสู่ส่วนยอดและส่วนรากในเวลาเดียวกัน สามารถเคลื่อนที่ในท่อน้ำและท่ออาหาร รวมทั้งเคลื่อนที่กลับไปมาในท่ออาหารได้อีกด้วย (สมบุญ, 2544)

การสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน

จิบเบอเรลลินมีกิจกรรมทางสรีรวิทยาอยู่ได้เป็นเวลานานในเนื้อเยื่อพืช แต่จิบเบอเรลลินสามารถเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปเป็นจิบเบอเรลลินอีกชนิดหนึ่งได้ในเนื้อเยื่อพืช ยิ่งไปกว่านั้นในเนื้อเยื่อพืชยังมีจิบเบอเรลลินในรูปของ glycosides ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการทำให้จิบเบอเรลลินไม่สามารถแสดงคุณสมบัติออกมา กรดจิบเบอเรลลิกซึ่งอยู่ในสภาพสารละลายสลายตัวได้โดยใช้ acid hydrolysis ที่อุณหภูมิสูงและได้ผลิตภัณฑ์ คือ กรดจิบเบอเรลลีนิก (gibberellenic acid) และกรดจิบเบอริก (gibberic acid) (ดนัย, 2539) โดยจิบเบอเรลลินสังเคราะห์ได้จากกรดเมวาโลนิก (mavalonic acid) ซึ่งได้จากการรวมตัวของอะเซทิลโคเอ 2 โมเลกุล ผ่าน isoprenoid pathway เกิดสารตัวกลางหลายชนิดจนได้เคียวรีน (keurene) และมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปเรื่อยๆ จนในที่สุดจะเปลี่ยนเป็น GA_{12} และ GA_4 ซึ่งจะมีการเปลี่ยนต่อไปเป็น GA รูปอื่น ๆ รวมทั้ง GA_3 (สมบุญ, 2544) (ภาพที่2)



ภาพที่ 2 วิถีการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน

ผลของจิบเบอเรลลินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

จิบเบอเรลลินมีผลต่อการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่

1. กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช พืชตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินโดยการยืดตัวของเซลล์และลำต้น (สมบุญ, 2544) จิบเบอเรลลินทำให้ลำต้นสูงขึ้นโดยเพิ่มการยืดตัวของปล้องแต่ไม่ได้เพิ่มจำนวนปล้อง การยืดตัวของปล้องเกิดจากการแบ่งตัวและการยืดตัวของเซลล์ แต่ส่วนใหญ่เกิดจากการยืดตัว ซึ่งพืชต่างชนิดกันตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินที่ต่างกัน (นิตย์, 2541)

2. การติดผลและการเจริญของผล จิบเบอเรลลินช่วยทำให้พืชบางชนิดมีการติดผลเพิ่มขึ้น เช่น องุ่น ส้ม มะนาว และฝรั่ง สำหรับมะเขือเทศจิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการเกิดผลโดยไม่ต้องมีการผสม (กฤษณ์และอมรา, 2540) สำหรับส้มได้ทำการทดลองกับส้มเกลี้ยงพันธุ์ Nova และ Niva พบว่าเมื่อพ่นสารจิบเบอเรลลินเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับการควั่นกิ่งเพิ่มการติดผลได้ 2 หรือ 3 เท่า (Goren *et al.*, 1995) นอกจากนี้ El-Otmani *et al.* (1995) รายงานว่าส้มพันธุ์ Mandarin ที่มีการให้สารจิบเบอเรลลินที่มีความเข้มข้น 100 สตล สามารถเพิ่มผลผลิตได้เป็น 2 เท่าเช่นกัน นอกจากนี้ กมลวรรณ (2544) ได้ศึกษาอิทธิพลของ NAA และ GA_3 ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผลลำไยพันธุ์ดอที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 สตล พ่นให้กับลำไยพันธุ์ดอโดยเริ่มเมื่อสัปดาห์ที่ 6 หลังติดผลจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 วัน พบว่าลำไยพันธุ์ดอที่ได้รับ GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 สตล สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของผลได้มากกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งทำให้ผลมีขนาดใหญ่มากขึ้นทั้งทางด้านกว้างและด้านยาว นอกจากนี้ยังเพิ่มน้ำหนักผลและน้ำหนักเนื้อผลสด

3. การงอกของเมล็ดและการทำลายการพักตัวของตา เมล็ดหรือตาของพืชบางชนิดมีการพักตัวทำให้ไม่สามารถงอกได้ในสภาพปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาว (พีรเดช, 2537) การพักตัวของเมล็ดและตาอันเนื่องมาจากต้องการอุณหภูมิต่ำ วันยาว และต้องการแสงสีแดงจะหมดไปเมื่อได้รับจิบเบอเรลลิน (ดนัย, 2539) ซึ่งจิบเบอเรลลินสามารถทำหน้าที่แทนอุณหภูมิต่ำ วันยาว และแสงสีแดงได้ในเมล็ดจิบเบอเรลลินช่วยให้เซลล์ยืดตัวทำให้รากสามารถดันผ่านเปลือกหรืออาหารสะสมออกมาได้ (นิตย์, 2541) เช่น เมล็ดของ *Cercis canadensis* var. *canadensis* L. ที่แช่ใน GA_3 เข้มข้น 50 µM นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง กระตุ้นการงอกของเมล็ด (Geneve, 1991)

4. การแสดงออกของเพศดอก พืชที่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินได้ดีในกรณีนี้ คือ พืชตระกูลแตง เช่น แตงกวา สควอช โดยมีผลทำให้เกิดดอกตัวผู้มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช และการผลิตเมล็ดพันธุ์ (พีรเดช, 2537)

5. การกระตุ้นการลำเลียงอาหารและแร่ธาตุในเซลล์สะสมอาหาร จิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอาหารในเซลล์สะสมอาหารหลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว เพราะรากและยอดที่ยังอ่อนตัวเริ่มใช้อาหาร เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีนจากเซลล์สะสมอาหาร จิบเบอเรลลินกระตุ้นให้มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็ก เช่น ซูโครส และกรดอะมีโน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอนไซม์หลายชนิด (ดนัย, 2539) การสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็กนั้น เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถลำเลียงได้ ซึ่งจิบเบอเรลลินมีอิทธิพลกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงรูปของสารต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อให้มีการเคลื่อนย้าย (นพดล, 2537)

6. การเร่งการออกดอก จิบเบอเรลลินสามารถทดแทนความต้องการวันยาวในพืชบางชนิดได้ (นิตย์, 2541) นอกจากนี้จิบเบอเรลลินยังแสดงปฏิกิริยาร่วมกับแสง อีกทั้งจิบเบอเรลลินยังสามารถทดแทนความต้องการความหนาวเย็นในการกระตุ้นการออกดอก (vernalization) ในพืชบางชนิดอีกด้วย (นพดล, 2537) ซึ่งภายหลังการให้สารจิบเบอเรลลินโดยเฉพาะพืชวันยาวที่มีลักษณะทรงพุ่มและใบเป็นกระจุก (rosette) และในไม้ดอกบางชนิดซึ่งต้องการอุณหภูมิต่ำชักนำการออกดอกในสภาพอากาศที่เย็นไม่เพียงพอ ซึ่งจิบเบอเรลลินมีผลช่วยกระตุ้นการออกดอกของพืชได้ เช่น พืชตระกูลกะหล่ำ (สมบุญ, 2544) โดยถ้าพิจารณาถึงธรรมชาติการเกิดดอกของลำไยและการศึกษาภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่าลำไยต้องผ่านความหนาวเย็นช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนจึงจะออกดอกได้ (บุญแถม, 2535; รวี, 2540; Jarassamrit, 1999) นอกจากนี้ Chen *et al.* (1985) ศึกษาการเพิ่มช่อดอกและการควบคุมใบประกอบ ที่โคนช่อดอกลำไยพันธุ์ Dongoi โดยพ่น GA_3 เข้มข้น 50 และ 100 สตล พบว่า GA_3 ที่ 100 สตล ให้ผลดีที่สุดโดยทำให้ออกดอกเพิ่มขึ้น 95 % แต่อย่างไรก็ตาม จงรักษ์ (2544) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนและออกดอกในยอดลำไยพันธุ์ดอ พบว่าในช่วงก่อนการออกดอกมีปริมาณจิบเบอเรลลินลดต่ำลง

ไซโตไคนิน (Cytokinins)

ไซโตไคนินเป็นฮอร์โมนพืชที่ค้นพบครั้งแรกจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยวิธีปลอดเชื้อ ในปี ค.ศ. 1913 Haberlandt ได้ทดลองใช้น้ำจากท่ออาหารของพืช สามารถกระตุ้นการเจริญและแบ่งเซลล์ในชิ้นมันฝรั่งได้ ต่อมา Van Overbeek ในปี ค.ศ. 1940 ได้เลี้ยงเอมบริโอของต้นลำโพง (*Datura*) ในอาหารที่มีน้ำมะพร้าวเป็นหลัก พบว่ามีส่วนของเอมบริโอสามารถแบ่งเซลล์และเจริญได้ ซึ่งต่อมา F.C. Steward ได้สกัดสารที่มีอยู่ในน้ำมะพร้าวพบว่า เป็นสารไมโอ-อินนอซิทอล (myo-inositol) 1,3-ไดฟีนิลยูเรีย (1,3-diphenyl urea) และเลียวโคแอนโธไซยานิน (leuco anthocyanin) สารต่าง ๆ เหล่านี้มีความสามารถในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (สมบุญ, 2544) โดยไซโคนินที่พืชสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ คือ สารซีอาติน (Zeatin) ซึ่งสามารถสกัดได้จากเมล็ดข้าวโพด จัดเป็นสารไซโตไคนินธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูง และในปี 1995 Miller ได้สกัดสารจาก DNA ของสเปิร์มจากปลาแฮร์ริง สารชนิดนี้คือ 6-(furfuryl-amino) purine เนื่องจากสารชนิดนี้สามารถกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ได้ จึงได้เรียกสารนี้ว่า ไคเนติน (kinetin) (ดนัย, 2539)

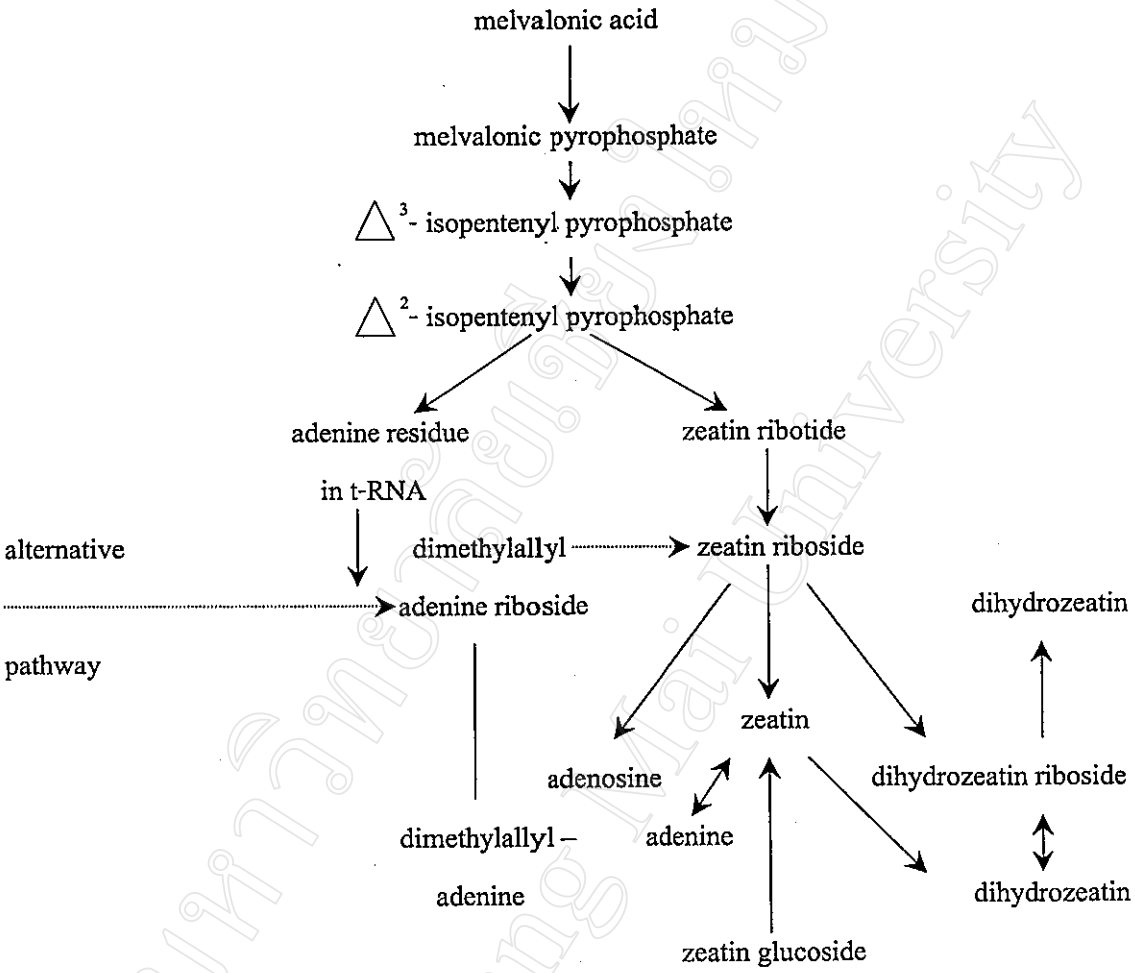
แหล่งสังเคราะห์ไซโตไคนินในพืช

บริเวณที่มีไซโตไคนินอยู่เป็นปริมาณมาก และมีระดับสูงสุดคือ บริเวณอวัยวะที่มีอายุน้อย เช่น เมล็ด ผล ใบอ่อน และบริเวณปลายราก (root tips) ทำให้เชื่อว่าไซโตไคนินได้รับการสังเคราะห์ขึ้นในบริเวณอวัยวะดังกล่าว แต่ก็อาจเป็นไปได้ที่มีการสะสม เนื่องจากลำเลียงมาจากส่วนอื่นแต่การลำเลียงภายในลำต้นนั้นเกิดขึ้นอย่างจำกัด (นพดล, 2537) สำหรับแหล่งไซโตไคนินในพืชพบมากในบริเวณปลายรากและสามารถเคลื่อนย้ายไปในส่วนของใบ ลำต้น และส่วนต่างๆ ของพืชโดยผ่านท่อน้ำ (สมบุญ, 2544) อย่างไรตามไซโตไคนินจากส่วนอื่น ๆ มักไม่ค่อยเคลื่อนย้าย (นิตย์, 2541)

การสังเคราะห์ไซโตไคนิน

การสังเคราะห์ไซโตไคนินในต้นพืชเกิดโดยการแทนที่ (substitution) ของ side chain บนคาร์บอนอะตอมที่ 6 ของอะดีนีน ซึ่ง side chain ของไซโตไคนินในสภาพธรรมชาติ ประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม จึงเป็นการชี้ให้เห็นว่าเกิดมาจากวิถีการสังเคราะห์ไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) ต่อมาพบว่ากลุ่มไซโตไคนิน เกิดขึ้นบน t-RNA ได้ และเมื่อใช้ เมวาโลเนต (mavalonate หรือ MVA) ที่มีสารกัมมันตรังสีสามารถไปรวมกับกลุ่มอะดีนีนของ t-RNA เกิดไดเมทธิลอัลลิล (dimethylallyl side chain) เกาะด้านข้างในเชื้อรา rhizopus นั้น dimethylallyl adenine สามารถ

เปลี่ยนไปเป็น zeatin ได้ (ดนัย, 2539) ดังนั้น สมบุญ (2544) จึงได้เสนอวิถีการสังเคราะห์ไซโตไคนินในพืช (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 วิถีการสังเคราะห์ไซโตไคนินในพืช

ไซโตไคนินสามารถถูกทำลายโดยการออกซิเดชัน ทำให้ side chain หลุดจากกลุ่มอะดีนีน ติดตามด้วยการทำงานของเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase) ซึ่งสามารถออกซิไดซ์พิวรีน เกิดเป็นกรดยูริก (uric acid) และกลายเป็นกรดยูเรียไปในที่สุด (ดนัย, 2539) อย่างไรก็ตาม ไซโตไคนินอาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ออกฤทธิ์ โดยรวมตัวกับโมเลกุลของสารประกอบอื่น อาจเป็นน้ำตาลกูลโคส หรือกรดอะมิโนอะลานีนเป็นต้น (นิตย์, 2541)

ผลของไซโตไคนินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ หน้าที่หลักของไซโตไคนิน คือ ช่วยให้ไซโตพลาสซึมของเซลล์ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น และราก เกิดการแบ่งตัว (นิตย์, 2541) จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไซโตไคนิน พบว่าเนื้อเยื่อนั้นจะถูกชักนำให้เกิดการแบ่งเซลล์และสร้างแคลลัสขึ้นอย่างรวดเร็ว (สมบุญ, 2544) Maggon and Singh (1995) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของส้มเกลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 2 มก/ล พบว่ามีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น หากให้ฮอร์โมนไซโตไคนินมากกว่าออกซินทำให้เนื้อเยื่อนั้นเจริญเป็นตาใบและลำต้น แต่ถ้าหากสัดส่วนของออกซินมากขึ้นกว่าไซโตไคนินทำให้เนื้อเยื่อนั้นสร้างรากขึ้นมา (ดนัย, 2539)

2. เร่งการขยายตัวของเซลล์ จากการศึกษาการเลี้ยงเนื้อเยื่อของไส้ (pith) ยาสูบพบว่าไซโตไคนินสามารถขยายขนาดของแวคิลโอลในเซลล์ทำให้เซลล์ขยายใหญ่ขึ้นได้ และพบว่าในเซลล์ที่เจริญเต็มที่ของแผ่นใบและใบเลี้ยงซึ่งปกติจะไม่มีการขยายตัว ไซโตไคนินสามารถส่งเสริมการขยายตัวของเซลล์ในส่วนที่ตัดจากแผ่นใบและใบเลี้ยงได้ (สมบุญ, 2544) ซึ่งหากใบเลี้ยงได้รับไซโตไคนินจะมีการเจริญเติบโตเป็นประมาณสองเท่าเมื่อเทียบกับใบเลี้ยงที่ไม่ได้รับฮอร์โมนนี้ไม่ว่าจะอยู่ในที่มืดหรือสว่าง การเจริญเติบโตเกิดขึ้นเนื่องจากการดูดน้ำแล้วก่อให้เกิดการขยายตัวของเซลล์เพราะน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อน้ำไม่มีการเพิ่มขึ้น (นพดล, 2537) จากการศึกษาของ Nachtigal *et al.* (1997) พบว่าเมื่อฉีดพ่น BA เข้มข้น 1.5 มก/ล ในกีวีฟรุต (Kiwi fruit) ทำให้ความยาวยอดและจำนวนยอดเพิ่มขึ้น

3. ชะลอการเสื่อมสภาพ กรณีของใบที่ถูกตัดออกจากต้น การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ RNA โปรตีน และไขมันจะเร็วกว่าใบที่ติดอยู่กับต้น แม้จะให้เกลือแร่และน้ำแก่ใบเหล่านี้ผ่านทางรอยตัดก็ตาม (นิตย์, 2541) เมื่อมีการแก่ชราเกิดขึ้นการให้ไซโตไคนินเพิ่มเข้าไปจะทำให้กระบวนการแก่ชราเกิดขึ้นช้าลงได้ (นพดล, 2537) โดยเฉพาะ BA (benzyladenine) สามารถชะลอการเสื่อมสลายตัวของคลอโรฟิลล์ทำให้พืชมีอายุยาวขึ้น (สมบุญ, 2544)

4. ส่งเสริมการพัฒนาของคลอโรพลาสต์และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ส่วนของพืชที่มีไซโตไคนินจะสามารถดึงเอาอาหารมาจากส่วนอื่นๆได้ และยังช่วยให้ใบที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองสามารถสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ขึ้นได้อีก ทำให้ส่วนของพืชที่ได้รับสารไซโตไคนินมีอายุได้นาน (สมบุญ, 2544) ซึ่งเห็นได้จากต้นกล้าที่งอกในที่มืดจะไม่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และโพรพลาสติดก็ไม่พัฒนาไปเป็นคลอโรพลาสต์ แต่ถ้าให้ไซโตไคนินแก่ใบและใบเลี้ยงก่อนแล้วให้แสงตามจะทำให้มีคลอโรพลาสต์มากขึ้นและอัตราการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์จะเร็วขึ้น (นิตย์, 2541)

5. ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ ในพืชทั่วไปปากใบจะเปิดในที่มีแสงและปิดในที่มืด ไซโตไคนินมีผลทำให้ปากใบเปิดในที่มืดได้ (สมบุญ, 2544)

6. ส่งเสริมการสร้างและเจริญตาข้าง การเพิ่มไซโตไคนินให้กับตาข้าง (lateral buds) ทำให้แตกออกมาเป็นใบได้ ทั้งนี้เพราะตาข้างจะดึงอาหารมาจากส่วนอื่น (ดนัย, 2539) หากใช้ไซโตไคนินกับตาข้างที่ยังไม่เจริญและถูกยับยั้งโดยตายอด ตาข้างนั้นมักจะเจริญออกมาได้ (นพดล, 2537) ซึ่งไซโตไคนินสามารถลบล้างอำนาจของออกซินในด้านการข่มตายอด (apical dominance) ในขณะที่ไซโตไคนินช่วยส่งเสริมการเจริญของตาข้าง (สมบุญ, 2544) ซึ่ง Wertheim and Groene (1996) พบว่าเมื่อฉีดพ่น BA ให้กับแอปเปิลทำให้มีการชักนำให้มีการเพิ่มกิ่งแขนง มากขึ้น

7. ชักนำการสร้างตาดอกและพัฒนาตาดอก จากที่เคยเชื่อกันว่าไซโตไคนินไม่ใช่สารสำคัญที่มีบทบาทควบคุมการออกดอก แต่จากงานทดลองที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน พบว่าไซโตไคนินมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าออกซินและจิบเบอเรลลิน (Bernier *et al.*, 1985) โดยมีรายงานจาก Robert *et al.* (1991) พบว่าระดับของ zeatin และ dihydrozeatin ที่สร้างขึ้นในพืชเพิ่มขึ้นในช่วงการสร้างตาดอกของ *Boronia megastigma* Nees. ซึ่งสอดคล้องกับ Chen (1987) ที่ศึกษาใน xylem sap ของมะม่วง พบว่า ในระยะที่ตามีการเปลี่ยนเป็นตาดอก ช่วงที่เกิดการสร้างตาดอกและดอกบานมีความสามารถในการทำงานของสารคล้ายไซโตไคนินมากกว่าในระยะการแตกใบอ่อนและระยะใบแก่ หลังจากนั้น Chen (1990) ยังพบว่าไซโตไคนินภายในยอดลิ้นจี่มีระดับเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการสร้างตาดอกและดอกบาน นอกจากนี้ Chen (1991) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินช่วงก่อนและระยะการเกิดตาดอกของลิ้นจี่ พบว่าไซโตไคนินมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงการเกิดตาดอก และการพ่นไคเนตินจะช่วยให้เกิดการสร้างตาดอกมากขึ้น

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของสารประกอบที่จำเป็นหลายชนิด เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ ไซโทโครม ไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก ซึ่งเป็นธาตุที่ดินมักจะขาดแคลน (นิตย์, 2541) ไนโตรเจนในพืชประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในคลอโรพลาสต์ ในดินไนโตรเจนจะสูญเสียง่ายโดยการถูกชะล้าง (leaching) ในรูปเกลือไนเทรต หรือเกิดระเหย (volatilization) ในรูปแอมโมเนีย เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก เมื่อพืชขาดไนโตรเจนจะเกิดอาการ คลอโรซิส (chlorosis) คือ ใบมีสีเหลือง เนื่องจากการขาดคลอโรฟิลล์ ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในท่ออาหารได้ดี ใบอ่อนในระยะแรกจะยังคงมีธาตุนี้อยู่ โดยได้รับจากใบแก่ที่อยู่ด้านล่าง ถ้าไนโตรเจนมีอยู่น้อยมากใบด้านล่างที่เหลืองจะหลุดร่วงจากต้น และค่อย ๆ ลุกลามไปยังใบอ่อนที่อยู่ด้านบน สำหรับพืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปพืชจะมีการเจริญทางวัฒนภาค (vegetative growth) มากใบจะมีสีเขียวเข้ม มีการขยายเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณของใบมากการออกดอกและผลจะช้าลง (สมบุญ, 2544)

ความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุของพืช และฤดูกาล นอกจากนี้เนื้อเยื่อแต่ละส่วนก็ต้องการปริมาณธาตุไนโตรเจนต่างกัน ไนโตรเจนที่พืชดูดไปใช้ส่วนใหญ่เป็นรูปไนเทรต ซึ่งเป็นอนินทรีย์รูปเดียวที่อาจสะสมในพืชโดยไม่เกิดผลเสียหายแก่พืช พืชจะต้องรีดิวซ์ไนเทรตไปเป็นแอมโมเนียก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และส่วนใหญ่อยู่ในรูปโปรตีนที่ต่อกันด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน กรดอะมิโนได้จากสารคาร์โบไฮเดรตที่ถูกออกซิไดซ์มาเป็นกรดอินทรีย์ เมื่อทำปฏิกิริยารวมกับแอมโมเนียมอิออน ในเซลล์พืชได้เป็นกรดอะมิโนซึ่งถูกลำเลียงไปใช้สังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม (นพดล, 2538) ซึ่งโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรโตพลาสซึม โปรตีนหลายชนิดเป็นเอนไซม์บางชนิดอยู่ในรูปนิวคลีโอโปรตีน บางส่วนของนิวคลีโอโปรตีนอยู่ในโครโมโซม ในนิวคลีโอโปรตีนไนโตรเจนอยู่ในรูปโปรตีนและกรดนิวคลีอิก ดังนั้นโปรตีนจึงทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นและตัวนำในขบวนการเมตาบอลิซึม นอกจากไนโตรเจนจะมีบทบาทในโปรตีนแล้วยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เป็นธาตุที่พบในฮอร์โมน และเป็นส่วนประกอบของสารพาพลังงานในกระบวนการหายใจที่มีชื่อว่า adenosinetriphosphate (ATP) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักของสารหลาย ๆ อย่างในกระบวนการเมตาบอลิซึม ความต้องการไนโตรเจนในพืชจึงขึ้นกับการเจริญเติบโตของพืช ขั้นแรกของการรับเอาไนเทรตของพืชนั้น พืชจะต้องรีดิวซ์ไปเป็นแอมโมเนียม ในพืชหลาย ๆ ชนิดเกิดขึ้นในใบโดยอาศัยเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส (nitrate reductase) (อำนาจ, 2525)

หน้าที่ของไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนที่พบในเนื้อเยื่อของพืชมีทั้งที่เพิ่งดูดเข้าไปและยังไม่เปลี่ยนแปลงกับอินทรีย์สารซึ่งมีการสังเคราะห์ขึ้นใหม่จากไนเทรต แอมโมเนียม และยูเรียที่พืชดูดได้ Hewitt (1984) ได้กล่าวถึง อินทรีย์สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอาจแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม คือ

1. โปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ต่อเรียงกันอย่างมีแบบแผนตั้งแต่ 50-100 หน่วย โดยกรดอะมิโนเหล่านั้นเชื่อมกันด้วยพันธะเพ็บไทด์ (peptide bond) โปรตีนมีหน้าที่สำคัญมากในเซลล์โดยเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของออร์แกเนลล์ใน ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) เยื่อ (membrenes) (เป็นทั้งโครงสร้างและพาหะในการเคลื่อนย้ายสารผ่านเยื่อ) และเอนไซม์ (enzymes) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาชีวเคมีจึงมีบทบาทเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมอย่างกว้างขวาง

2. กรดอะมิโน มีไนโตรเจนอยู่ที่หมู่อะมิโน กรดอะมิโนเป็นหน่วยในโครงสร้าง (building blocks) ของโปรตีนโดยต่อเรียงกันอย่างมีแบบแผน นอกเหนือจากกรดอะมิโนที่เป็นโครงสร้างของโปรตีนแล้วยังมีอีกมากที่อยู่อย่างอิสระในเซลล์ สัดส่วนของกรดอะมิโนแต่ละอย่างกรดอะมิโนอิสระกับกรดอะมิโนในโครงสร้างของสารต่าง ๆ เป็นลักษณะเฉพาะของพืชแต่ละชนิด

3. ฮอร์โมนพืช ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ขึ้นเองและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คือ ออกซินกับไซโตไคนิน

4. สารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต โคเอนไซม์ (co-enzymes) เช่น NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) และ NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)

5. กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) มีอยู่ 2 ชนิดคือ ribonucleic acid (RNA) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และ deoxyribonucleic acids (DNA) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม กรดนิวคลีอิกเป็นอินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ นิวคลีโอไทด์ (nucleotides) จำนวนมาก สำหรับนิวคลีโอไทด์มีอยู่ 3 ส่วนคือ 1) เพนโทส (pentoses) โดยมี ribose สำหรับ RNA และ deoxyribose สำหรับ DNA 2) พิวรีน หรือ ไพริมิดีน (purine or pyrimidine) 3) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) โดยนิวคลีโอไทด์เชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยมีชูการ์-ฟอสเฟตช่วยประสาน (sugar -phosphate linkage)

6. สารประกอบไนโตรเจนที่พืชสะสมไว้ (reserves) หรือทำหน้าที่ป้องกัน (protective compounds) เช่น แอลคาลอยด์ (alkaloids) ตัวอย่างของแอลคาลอยด์ที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง คือ นิโคติน (nicotine) จากใบยาสูบ และมอร์ฟีน (morphine) จากฝิ่น

กระบวนการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่พืชได้รับ

ไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ซึ่งพืชดูดไปใช้ได้มีอยู่ 3 อย่างคือ ไนเทรตไอออน (NO_3^-) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และยูเรีย [$CO(NH_2)_2$] ในดินที่มีการระบายอากาศดีไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปไนเทรต ซึ่งพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้จะได้รับเฉพาะรูปไนเทรตเพียงอย่างเดียว เมื่อไนเทรตเข้าสู่พืชจะถูกรีดิวซ์จนได้แอมโมเนียมแล้วจึงเข้ารวมกับอินทรีย์สารบางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน (amino acid) และเอไมด์ (amide) หากพืชดูดแอมโมเนียมเข้าไปในเซลล์ก็นำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์ได้ทันที ดังนั้นเมื่อพืชดูดแอมโมเนียมเข้าไปใช้มาก ๆ ก็ต้องใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อการนี้มากในเวลาอันรวดเร็วด้วย ถ้าอัตราการสังเคราะห์แสงขณะนั้นไม่สูงพอพืชอาจขาดแคลนคาร์โบไฮเดรต แต่ในกรณีที่พืชดูดไนตรทเข้าไปจะยังไม่มีความจำเป็นต้องใช้คาร์โบไฮเรตในทันที เนื่องจากไนเทรตต้องผ่านกระบวนการรีดักชันเป็นแอมโมเนียเสียก่อน จึงจะเข้าสู่เมตาบอลิซึมขั้นต่อไป (ยงยุทธ, 2543) ฉะนั้นกระบวนการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่พืชได้รับมีดังนี้

1. กระบวนการรีดิวซ์ไนเทรตเป็นไนไทรต์

ขั้นแรกของการใช้ประโยชน์ไนเทรตของพืชชั้นสูงคือ การรีดิวซ์ให้เป็นไนไทรต์โดยมีเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส (nitrate reductase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังสมการ

$$NO_3^- + NAD(P)H + H^+ \xrightleftharpoons{2e^-} NO_2^- + NAD(P)^+ + H_2O$$

เอนไซม์นี้มีโมลิบดีนัมเป็นองค์ประกอบสำคัญการรีดิวซ์ไนเทรตให้เป็นไนไทรต์เป็นปฏิกิริยาที่มีความซับซ้อนและประกอบด้วยหลายขั้นตอน ซึ่งพบเอนไซม์นี้ทั้งในรากและส่วนเหนือดินของพืช สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ในรากขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ (Beevers and Hageman, 1980)

2. กระบวนการรีดิวซ์ไนไทรต์ให้เป็นแอมโมเนียม

เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยารีดักชันของไนไทรต์ให้เป็นแอมโมเนียมในเซลล์ที่มีการสังเคราะห์แสงคือ เฟอร์รีดอกซิน-ไนไทรต์รีดักเตส (เฟอร์รีดอกซินมีไนโตรเจนและเหล็กเป็นองค์ประกอบ) เกิดปฏิกิริยาดังสมการ

$$NO_2^- + Fd_{red} + 8H^+ \xrightleftharpoons{6e^-} NH_4^+ + Fd_{ox} + 2H_2O$$

สำหรับ Fd_{red} และ Fd_{ox} คือ เฟอร์รีดอกซินซึ่งมีภาวะรีดักชันและออกซิเดชันตามลำดับ เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยานี้มีในคลอโรพลาสต์ของเซลล์ใบและพลาสติด (plastids) ของเซลล์ราก (Haynes, 1986)

3. กระบวนการไฮดรอไลส์ยูเรีย

นอกเหนือจากที่พืชได้รับยูเรียจากปุ๋ยแล้วพืชยังสังเคราะห์ยูเรียได้จากการไฮดรอไลส์อาร์จินีนด้วยเอนไซม์อาจิเนส (arginase) ดังสมการ

$$\text{arginine}+H_2O \xrightarrow[\text{arginase}]{} \text{ornithine}+\text{urea}$$

ยูเรียที่พืชดูดได้เมื่อมีการใช้ปุ๋ยหรือที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองตามสมการข้างต้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงในเนื้อเยื่อพืชด้วยกระบวนการไฮดรอไลซิสโดยมีเอนไซม์ยูเรียเอส (urease) เร่งปฏิกิริยาได้ CO_2 กับ NH_3 ดังนี้

$$CO(NH_2)_2+H_2O \xrightarrow[Ni]{\text{urease}} CO_2+2NH_3$$

เอนไซม์ยูเรียเอสต้องการนิเกิล (Ni) เป็นตัวกระตุ้น (activator) เพื่อให้สามารถเร่งปฏิกิริยาได้เอนไซม์นี้มีในใบ ราก และเปลือกของพืชมากมายหลายชนิด โดยเนื้อเยื่ออ่อนจะมีมากกว่าเนื้อเยื่อแก่ที่ใกล้จะหมดอายุแล้ว เมื่อยูเรียเข้าไปในเซลล์จะกระตุ้นให้มีกิจกรรมของยูเรียเอสเนื่องจากเอนไซม์นี้ถูกสารตั้งต้นกระตุ้นได้ (substrate-inducible enzyme) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยยูเรียไม่ว่าทางดินหรือทางใบจึงเป็นประโยชน์ต่อพืช (Thompson, 1980)

การใช้ประโยชน์แอมโมเนียมในกรณีที่พืชดูดไนเทรตได้มากก็นำไปสะสมไว้ในแวคิวโอลโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ ส่วนแอมโมเนียมและแอมโมเนียซึ่งอยู่ในภาวะสมดุลซึ่งกันและกัน หากมีในไซโตพลาสซึมเพียงความเข้มข้นต่ำก็อาจเป็นพิษได้ดังสมการ

$$\underset{\text{(ละลายในน้ำ)}}{NH_3+H_2O} \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

ดังนั้นการนำแอมโมเนียมที่รากพืชดูดได้หรือแอมโมเนียจากกระบวนการต่าง ๆ มาสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนหรือเอไมด์จึงเป็นวิธีการป้องกันมิให้เป็นพิษต่อเซลล์พืช โดยปกติแอมโมเนียมในไซโตพลาสซึมมีน้อยกว่า 15 ไมโครโมลาร์ และแอมโมเนียมส่วนหนึ่งถูกสะสมใน

แวคิวโอล การที่ pH ในแวคิวโอลเป็นกรดจะช่วยป้องกันมิให้แอมโมเนียมแตกตัวเป็นแอมโมเนีย ซึ่งการใช้ประโยชน์จากแอมโมเนียม (ammonium assimilation) เป็นกระบวนการหลักสำหรับเมตาบอลิซึมของไนโตรเจน (Miflin and Lea, 1980)

ไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณไนโตรเจนในพืชแม้จะแตกต่างกันตามชนิดของพืช อวัยวะ และระยะการเจริญเติบโต แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 2-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชได้รับธาตุนี้ต่ำกว่าระดับปกติย่อมมีการเจริญเติบโตน้อยลง แต่หากให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงจะช่วยยืดอายุใบแก่และยังกระตุ้นให้พืชเติบโตต่อไปอีก นอกจากนี้อาจพบการเปลี่ยนแปลงด้านสัณฐานของพืชด้วย กล่าวคือ พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากตั้งแต่ระยะแรกนั้นส่วนเหนือดินจะเจริญเร็วแต่รากเจริญช้า ดังนั้นในช่วงเวลาต่อมารากย่อมดูดน้ำและธาตุอาหารได้น้อยกว่าที่พืชต้องการ ตัวอย่างของผลกระทบต่อสัณฐานลักษณะของพืชเมื่อได้รับไนโตรเจนมาก เช่น ใบข้าวยาวและกว้างกว่าปกติแต่ใบบางลง ใบจึงอ่อนและโค้งเป็นเหตุให้ใบบนบังแสงใบล่าง และลำต้นธัญพืชมักยืดตัวมากจึงไม่แข็งแรงและล้มง่ายผลผลิตจึงลดลง (Yoshida *et al.*, 1969) จากการศึกษาปริมาณ total nitrogen (TN) ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยของ Chaitrakulsup (1981) พบว่าปริมาณ TN ในใบมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 9 ก่อนการแตกใบอ่อนหลังจากนั้นลดลง ในขณะที่ กิติโชติ (2537) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารของการออกดอกของลำไย พบว่าปุ๋ย N และ K ไม่มีผลต่อการออกดอกของลำไย แต่อย่างไรก็ตาม Menzel and Simpson (1994) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์กับการแตกใบอ่อนและการออกดอกของลิ้นจี่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Menzel *et al.* (1998) ที่รายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบลิ้นจี่ลดลงระหว่างที่ออกดอกและติดผล แม้ว่าจะมีการให้ปุ๋ยในช่วงนี้ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่ง N ที่พืชมีอยู่นั้นมีผลต่อเมตาบอลิซึม และการเคลื่อนย้ายสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืช ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาดอกและการแสดงออกของเพศดอก จากเหตุผลนี้จึงทำให้มีผู้เข้าใจผิดว่าการออกดอกเกี่ยวข้องกับ C/N (Kinet *et al.*, 1985)

จะเห็นว่าหากเพิ่มไนโตรเจนจนถึงระดับเพียงพอ การใช้ประโยชน์แอมโมเนียมีอัตราสูงขึ้นจึงเพิ่มปริมาณโปรตีน การเจริญทางใบ ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) และการสังเคราะห์แสงสุทธิ นอกจากนี้การเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบยังสอดคล้องกับการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เพิ่มขึ้น การนำคาร์บอนมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์จะไม่ไปลดวิถีเมตาบอลิซึมอื่นที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต (เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส) การสะสมไขมันหรือน้ำมัน การให้ไนโตรเจนเพียงระดับนี้จะไม่ทำให้องค์ประกอบของพืชเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนผลผลิตรวมต่อไร่จะเพิ่มขึ้น

แต่หากเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนต่อไป ก็จะมีการดึงเอาคาร์บอนมาสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์ก็มีมากขึ้นตามไปด้วย โดยการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจึงต้องดึงเอาคาร์โบไฮเดรตที่ควรจะนำไปใช้ในวิถีเมตาบอลิซึมอื่น ๆ มาใช้จึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีของพืชเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมตามชนิด อัตรา และเวลาที่ใส่จะช่วยให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี แต่ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องจะมีผลเสียตามมา (ยงยุทธ, 2543)

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารชีวโมเลกุลที่เป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกอัลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) หลายหมู่ในโมเลกุล ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน สูตรทั่วไปคือ $(CH_2O)_n$ คาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิดทั่วไปในธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของพืช เช่น แป้ง น้ำตาล และเซลลูโลส ทำหน้าที่เหมือนเป็นเสบียงเก็บไว้ในยามต้องการ คาร์โบไฮเดรตบางชนิดทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์พืช บางชนิดรวมอยู่กับชีวโมเลกุลอื่น ๆ เช่น โปรตีน และไขมัน ได้แก่ ไกลโคโปรตีน ไกลโคลิปิด เป็นต้น (พนม, 2531)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของพืชมีการเพิ่มขึ้นตามอายุ ดังนั้นผลต่างระหว่างการสังเคราะห์แสง กับการหายใจ เป็นตัวกำหนดปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสะสมไว้ การสังเคราะห์แสงหรือนัยหนึ่งก็คือ การสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการสังเคราะห์โปรตีนทำให้มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในขณะที่พืชมีการสังเคราะห์โปรตีนพบว่า มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตลดลง (สุรนันต์, 2526) นอกจากนี้ยังมีสมมติฐานเกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ต่อสารประกอบไนโตรเจนเป็นสัดส่วนที่บ่งบอกถึงปริมาณสารอาหารที่สะสมอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต และปริมาณสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสมต่อการออกดอก (จำนงค์, 2542) ซึ่งจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต (TNC) ในใบ และยอดของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในรอบปี พบว่ามีการสะสมปริมาณ TNC ในใบ หรือในยอดในช่วงก่อนการออกดอก หรือแตกใบอ่อนในลิ้นจี่ และปริมาณลดต่ำลงเมื่อมีการออกดอก หรือแตกใบอ่อน (Chaitrakulsup, 1981) ในส้มจีน (*Citrus reticulata* Blanco) พันธุ์ Yoshida พบว่าถ้ามีปริมาณ TNC ในใบมาก การเจริญทางด้านกิ่งใบจะน้อยแต่การติดดอกจะมากขึ้น (Maata and Tominaga, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริเพ็ญ (2544) ที่ได้ศึกษาปริมาณ TNC ในยอดลำไย พบว่ามีความเข้มข้นคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8-4 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน นอกจากนี้ วันทนา (2543) รายงานว่าปริมาณ TNC ในยอดลำไยต่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่ 8 และ 6 ก่อนการ ออกดอก และเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการออกดอก หลังจากนั้นจะลดลงใน

สัปดาห์ที่ 2 ก่อนการออกดอก ซึ่งเห็นได้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่ได้เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ Bernier *et al.* (1985) ได้กล่าวเน้นว่าธาตุอาหารเป็นเพียงส่วนสนับสนุนการออกดอกเท่านั้นไม่ได้เป็นตัวควบคุมการออกดอก เนื่องจากการสร้างดอกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัยด้วยกัน

โพแทสเซียมคลอเรต (Potassium chlorate ; $KClO_3$)

โพแทสเซียมคลอเรต 1 โมเลกุล ประกอบด้วยโพแทสเซียม (K) 1 อะตอม ธาตุคลอรีน (Cl) 1 อะตอม และธาตุออกซิเจน (O) 3 อะตอม และโมเลกุลของโพแทสเซียมคลอเรตจะแตกตัวให้ก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส โพแทสเซียมคลอเรตมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่าโซเดียมคลอเรต โดยสามารถละลายได้ 73 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โพแทสเซียมคลอเรตเมื่อละลายน้ำแล้วก็จะได้อนุมูลโพแทสเซียมอิออน (K^+) และอนุมูลคลอเรตอิออน (ClO_3^-) โดยมีสัดส่วนโพแทสเซียมอิออน 31.8 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักและอนุมูลคลอเรตอิออน 68.2 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก (ธนะชัย, 2542) สารชนิดนี้เป็นผลึกไม่มีสี สะท้องแสงได้ หรือ เม็ดสีขาว หรือ เป็นผงสีขาว มีคุณสมบัติในการระเบิดเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน เป็นอันตรายต่อลำไส้และไตทำให้เม็ดเลือดแดงแตก รวมทั้งเกิดอาการขาดออกซิเจนได้หากได้รับในปริมาณเพียง 5 กรัมก็สามารถก่อให้เกิดอาการเป็นพิษได้ (รวี, 2542ข)

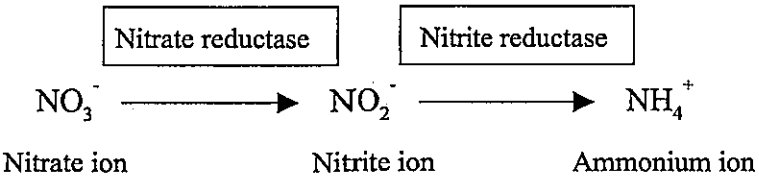
ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่าสารเคมีที่ใช้บังคับลำไยออกดอกนอกฤดูได้ คือสารโพแทสเซียมคลอเรต โซเดียมคลอเรต และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (พาวิน, 2543) ซึ่งเมื่อนำไปใช้ในดินในรูปแบบของการผสมน้ำราดหรือโรยรอบโคนต้นลำไย รากลำไยจะดูดสารเข้าสู่ลำต้นโดยระบบของการส่งอาหารจากรากไปสู่ใบ โพแทสเซียมคลอเรตเป็นออกซิไดซ์ซิงเอเจนท์ (oxidizing agent) อย่างแรงจะทำปฏิกิริยากับสารภายในรากและลำต้น (ท่อน้ำ) ของลำไยคือ รีดิวซ์ซิ่งเอเจนท์ (reducing agent) โดยจะทำลายการทำงานของเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสเป็นการหยุดการทำงานของไนโตรเจนเมตาบอลิซึม ทำให้ไนโตรเจนซึ่งเป็นสารสร้างความเจริญเติบโตในด้านสรีระของลำไยหยุดการทำงานลงอย่างฉับพลัน แต่พืชยังสามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตได้ตามปกติ ทำให้ลำไยมีอัตราส่วน C/N ห่างกันอย่างรวดเร็วเป็นผลให้เกิดการเร่งและกระตุ้นสร้างผลผลิตคือการออกดอกลำไย (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) เนื่องจากสารโพแทสเซียมคลอเรตเป็นตัวออกซิไดส์หรือตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงถ้านำไปเผาจะกลายเป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และออกซิเจน (O_2) (พงศ์พันธุ์, 2542) ดังสมการ

$$2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2\uparrow$$

การนำโพแทสเซียมคลอเรตไปใช้กับพืชเพื่อบังคับการออกดอก เช่น ลำไยนั้นยังไม่มีข้อมูลจากการทดลองยืนยัน จึงไม่สามารถบอกได้ว่าในระยะยาวพืชจะเป็นอันตรายหรือไม่ แต่หากพิจารณาจากสูตรและการสลายตัวอย่างเป็นขั้นตอนแล้ว $KClO_3$ จะเปลี่ยนเป็น $KClO_2$, KClO, KCl ในที่สุด ซึ่งKCl ก็คือปุ๋ย 0-0-60 นั่นเอง จึงไม่น่าเป็นอันตรายเนื่องจากสารตกค้างของสารดังกล่าว

ดังนั้นการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตในปริมาณมากเกินไปจนพืชปรับตัวไม่ทันหรือบังคับการออกดอกบ่อยครั้งโดยไม่มีการบำรุงธาตุอาหารอย่างเพียงพอก็อาจทำให้พืชทรุดโทรมหรือตายได้ (พงศ์พันธุ์, 2542) จะเห็นได้จากเมื่อโพแทสเซียมคลอเรตถูกดึงออกซิเจนทั้งหมดออกไปแล้วก็จะเหลือเพียงโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ส่วนโพแทสเซียม (K) ก็เป็นปุ๋ยอาหารหลักของพืชที่จะไปเสริมสร้างความแข็งแรงของกิ่งก้าน ลำต้น และช่วยกระบวนการเจริญเติบโตหรือเมตาโบลิซึม (ประยงค์, 2542) ซึ่งเชื่อกันว่าตัวที่กระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้นั้นน่าจะเกิดจากส่วนของอนุมูลคลอเรต (ClO_3^-) มิใช่ส่วนของโพแทสเซียม ดังนั้นสารประกอบคลอเรตชนิดอื่น ๆ จึงน่าจะให้ผลเช่นเดียวกัน (พาวิน, 2543) สำหรับปฏิกิริยาของคลอเรตที่มีผลอย่างไรต่อต้นไม้นั้นได้มีการศึกษามาค่อนข้างมากในระยะหลังนี้ ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้ คลอเรต (ClO_3^-) มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับโครงสร้างของไนเทรต (NO_3^-) ต้นไม้ที่ได้รับสารนี้แสดงอาการต่าง ๆ กัน คือ การเจริญเติบโตของรากหยุดชะงักอย่างรุนแรง ใบเหลืองและเหี่ยวเฉาตาย สารคลอเรตนี้ไม่ได้เป็นพิษต่อพืชด้วยตัวเอง แต่สารนี้เมื่อเข้าไปในพืชแล้วสลายได้เป็นคลอไรท์ (ClO_2^-) และไฮโปคลอไรท์ (ClO^-) ซึ่งแสดงความเป็นพิษต่อทุกเซลล์ในส่วนรากและใบพืช (รวี, 2542ข)

สำหรับในพืชนั้น อนุมูลคลอเรตเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการเป็นคู่แข่งกับอนุมูลไนเทรตในการทำปฏิกิริยารีดักชั่น โดยมีเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส (nitrate reductase) เป็นตัวกระตุ้น โดยอนุมูลคลอเรตมีความสามารถในการเกาะจับเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสได้ดีกว่าอนุมูลไนเทรต (LaBrie *et al.*, 1991) สำหรับเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสนี้พืชมีเอาไว้ช่วยให้อนุมูลไนเทรตเกิดการรีดิวซ์ไปเป็นอนุมูลไนไทรต์ (NO_2^-) ก่อนที่เอนไซม์ไนไทรต์รีดักเตส (nitrite reductase) จะมาช่วยให้เกิดการรีดิวซ์ต่อไป เป็นอนุมูลแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งเป็นรูปของไนโตรเจน (N) ที่ถูกนำไปใช้โดยเซลล์พืช (ธนะชัย, 2542) ดังสมการ



พืชสามารถดูดซึมอนุมูลคลอเรตได้ทั้งทางใบ และราก (Audus, 1976) ดังนั้นการใช้สารคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยออกดอกจึงสามารถกระทำได้ทั้งโดยการให้ทางดินและทางใบ โดยเชื่อกันว่าอนุมูลคลอเรตจะเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช โดยผ่านทางระบบท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ภายในต้นพืช ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงที่ไม่มีชีวิต เมื่ออนุมูลคลอเรตถูกลำเลียงไปยังเซลล์ที่มีชีวิต อนุมูลคลอเรตจะเกาะกับเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส แล้วเกิดการปลดปล่อยออกซิเจนออกไป 1 อะตอมเกิดเป็นอนุมูลคลอไรท์ (ClO_2) ซึ่งอนุมูลคลอไรท์นี้จะไปมีผลทำให้เอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก ดังนั้นอัตราการทำงานรวมของเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส ภายในต้นพืชจึงลดลงภายหลังการได้รับสารประกอบคลอเรต เนื่องจากเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส จัดเป็นพวกเอนไซม์ที่สร้างขึ้นโดยการกระตุ้นของสารตั้งต้น (substrate inducible enzyme)

ดังนั้นอนุมูลคลอเรตจึงมีส่วนกระตุ้นการสร้าง mRNA ของไนเทรตรีดักเตส (nitrate reductase mRNA) ด้วย ซึ่งเป็นรหัสทางพันธุกรรมในการสร้างเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสด้วย เมื่อวัดปริมาณของ nitrate reductase mRNA จึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อวัดปริมาณของเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสก็จะพบว่ามีน้อยลง (LaBrie *et al.*, 1991) ส่วนพืชที่ได้รับสารประกอบคลอเรตในปริมาณมากอาจแสดงอาการความเป็นพิษของคลอเรตได้ในลักษณะต่าง ๆ กัน ตามวิธีการที่ได้รับสารและความเข้มข้นของสารที่ได้รับ อาการเริ่มต้นภายหลังจากการได้รับสารประกอบคลอเรต คือ อาการทางราก ได้แก่ รากจะถูกทำลาย แห้ง กรอบ ผิวร่อนเป็นแผ่น อาการทางใบ ได้แก่ ใบเหลือง ใบไหม้ ใบมีสีน้ำตาล ใบเหี่ยว และใบร่วง อาการที่ตา ได้แก่ ตาจะแห้งตาย ถ้าต้นพืชได้รับสารประกอบคลอเรตในปริมาณที่สูงมากต้นจะยืนตาย โดยใบจะยังไม่ร่วงเนื่องจากเซลล์เนื้อเยื่อพืชตายก่อนที่จะสร้างชั้นของเซลล์ที่ทำให้เกิดการร่วงของใบขึ้น ซึ่งเรียกชั้นของเซลล์นี้ว่า ชั้นแอบซิสชั่น (abscission layer) ดังนั้นใบจึงไม่ร่วงจากต้น เมื่อทำการผ่าลำต้นสำหรับต้นที่ตายแล้วพบว่า ลำต้นในส่วนของท่อน้ำจะมีอาการเป็นรอยไหม้สีน้ำตาลในดำ (ธนะชัย, 2542) หากไม่ได้ให้น้ำหรือตาอยู่ในระยะพักตัว การเปลี่ยนแปลงจึงไม่เกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลส่วนหนึ่งที่พบว่าภายหลังจากการได้รับสารคลอเรตแล้วต้นไม้ไม่ออกดอกหรือตายไป ดังนั้นการให้น้ำภายหลังการให้สารจะช่วยให้ปริมาณของสารคลอเรตนี้ลดไปได้ทางหนึ่ง นอกจากนี้การให้ปุ๋ยในรูปของไนเทรตภายหลังต้นออกดอกแล้วอาจเป็นช่องทางหนึ่งของการฟื้นฟูสภาพต้นได้ เนื่องจากต้นได้ถูกยับยั้งการใช้ธาตุไนโตรเจนไปอย่างรุนแรง (รวี, 2542ข)

ผลทางสรีรวิทยาของสารประกอบคลอเรตที่มีต่อต้นพืช

ผลทางสรีรวิทยาของสารประกอบคลอเรตที่มีผลต่อต้นพืช จากการรายงานของ ธนะชัย (2542); Audus (1976); LaBrie *et al.* (1991) และ Harper (1981) พอสรุปได้ดังนี้

1. คลอเรตทำให้การไหลเวียนของโปรโตพลาสซึมช้าลง เมื่อการไหลเวียนของโปรโตพลาสซึมลดลงการเคลื่อนย้ายของสารบางชนิดภายในพืชที่เคลื่อนที่ผ่านทางโปรโตพลาสซึมย่อมลดลงด้วย

2. คลอเรตมีผลในการลดอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากต้นพืชที่มีการใช้อาหารเพิ่มขึ้นจากอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นแล้ว การสังเคราะห์อาหารจากการสังเคราะห์แสงก็จะลดลงอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารสะสมในพืชลดลงภายหลังจากที่ได้รับสารคลอเรต

3. คลอเรตกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไย เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าคลอเรตสามารถกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไยได้อย่างแน่นอน สำหรับกลไกการทำงานของคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยออกดอกนั้นขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างการทำการศึกษาเพื่อหาข้อสรุป

4. คลอเรตมีผลในการลดการทำงานของเอนไซม์แคตตาเลส (catalase) สำหรับในพืชที่อ่อนแอต่อการเกิดพิษของสารประกอบคลอเรต การทำงานของเอนไซม์แคตตาเลสอาจลดลงถึงครึ่งหนึ่ง จึงทำให้มีการสะสมของสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ซึ่งสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จัดว่าเป็นสารพิษภายในเซลล์

5. คลอเรตแม้ความเข้มข้นต่ำๆเพียง 0.01 M (โมล่าร์) ถ้าคิดเป็นน้ำหนักของโซเดียมคลอเรตเพียง 1.06 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร หรือถ้าคิดเป็นน้ำหนักของโปรแตสเซียมคลอเรตก็เพียง 1.23 กรัมในน้ำ 1 ลิตร ก็สามารถทำให้เซลล์พืชฝ่อได้ เนื่องจากการสูญเสียน้ำ (plasmolysis)

6. คลอเรตกระตุ้นให้มีการผลิตโปรตีนที่มีความจำเป็นในการสร้างเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส (nitrate reductase mRNA) เช่นเดียวกับไนเทรต

7. คลอเรตอิออน (ClO_3^-) จัดเป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับไนเทรตอิออน (NO_3^-) ดังนั้นคลอเรตอิออนจึงเป็นคู่แข่ง (competitive inhibitor) ของไนเทรตอิออนในการเกาะจับกับเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตส อีกทั้งคลอเรตยังอาจมีผลในการยับยั้งกลไกการทำงานของเอนไซม์ไนเทรตรีดักเตสด้วย แม้ว่าคลอเรตจะไปมีผลต่อกลไกการใช้ไนโตรเจนของพืชแต่ก็ไม่พบอาการขาดธาตุไนโตรเจนในต้นพืชที่ได้รับสารประกอบคลอเรต ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใช้สารประกอบคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยออกดอก ซึ่งพบว่าต้นลำไยที่ได้รับสารประกอบคลอเรตไม่ได้แสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนให้สังเกตเห็นได้ ในทางตรงข้ามต้นลำไยที่ได้รับสารประกอบคลอเรตกลับมีใบสีเขียวเข้มมากขึ้น

8. คลอเรตเร่งอัตราการหายใจของพืชชั่วคราว พืชที่ได้รับสารคลอเรตจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นชั่วคราว จากนั้นอัตราการหายใจก็จะลดลงสู่ระดับปกติ

9. คลอเรตมีผลในการลดอาหารสำรองในต้นพืช เมื่อพืชมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้อาหารสะสมภายในต้นพืชมากขึ้น ดังนั้นอาหารสำรองในต้นพืชจึงลดลง

10. คลอเรตทำให้พืชอ่อนแอต่อการเกิดความเสียหาย จากน้ำค้างแข็ง (frost) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นที่ได้รับสารคลอเรตอยู่ในสภาพที่อ่อนแอมากกว่าปกติจึงทำให้อ่อนแอต่อความเย็นเพิ่มขึ้น

11. คลอเรตกระตุ้นให้มีการสร้างเอทธิลีน ซึ่งจัดเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่มีผลในการเร่งกระบวนการเสื่อมสลาย (senescence) ของเนื้อเยื่อพืช เร่งการสุกของผลไม้ และเร่งการออกดอก

สมมติฐานของกลไกการทำงานของสารคลอเรต

สมมติฐานของกลไกการทำงานของสารคลอเรตนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สมมติฐาน (ธนะชัย, 2542) ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 คลอเรตไปเพิ่มอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของต้นลำไย สมมติฐานนี้เชื่อว่า ขณะที่พืชมีการสร้างตาดอก อัตราส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรต (C) ต่อไนโตรเจน (N) จะเพิ่มขึ้น โดยคลอเรตเป็นคู่แข่ง (competitive inhibitor) ของไนเทรตในการเกาะจับกับเอนไซม์ไนตรทรีดักเตสทำให้การใช้ไนเทรตของพืชลดลง

สมมติฐานที่ 2 คลอเรตไปรบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม (deoxyribonucleic acid, DNA) โดยอาจทำให้มีการสร้างโปรตีนชนิดใหม่ที่มีผลต่อการออกดอก หรือทำให้การสร้างสารยับยั้งการออกดอกลดลง

สมมติฐานที่ 3 คลอเรตไปเปลี่ยนสมดุลฮอร์โมนภายในต้นพืช (hormonal balance) สมมติฐานนี้นับเป็นสมมติฐานที่น่าจะได้รับความเชื่อถือมากที่สุดในหมู่ของนักสรีรวิทยาทางพืชในปัจจุบันที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกดอกของพืช

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของสารประกอบคลอเรตในพืช

1. ชนิดและพันธุ์พืช พันธุ์ลำไยแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อสารแตกต่างกัน พันธุ์ที่ตอบสนองได้ดีที่สุดคือ พันธุ์สีชมพู ส่วนพันธุ์อื่น ๆ เช่น แห้ว ใบดำ ก็ตอบสนองได้ดีเช่นกันจากการให้สารแก่ลำไยพันธุ์แห้วและใบดำในเดือนพฤศจิกายน อัตรา 2 และ 4 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าสามารถชักนำให้ออกดอกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (พาวิน, 2543) สารประกอบคลอเรตสามารถกระตุ้นการออกดอกของลำไยได้ แต่ไม่สามารถกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่และมะม่วงได้ นอกจากนั้นในพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์กันก็มีความสามารถในการตอบสนองต่อสารประกอบคลอเรตได้ไม่เท่ากัน ในลำไยพบว่า พันธุ์ดอ แห้ว และสีชมพู มีความไวต่อการตอบสนองต่อสารประกอบคลอเรตเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ธนะชัย, 2542)

2. ช่วงเวลาในการให้สารประกอบคลอเรต ฤดูกาลมีผลต่อการกำหนดถึงปริมาณของสารที่ใช้ พบว่าช่วงเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น ต้นลำไยจะตอบสนองต่อสารได้ดีคือใช้สารในปริมาณน้อยก็สามารถออกดอกได้ (ประมาณ 100 ถึง 300 กรัมต่อต้น) แต่ในช่วงฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน ต้นลำไยที่ได้รับสารในอัตรา 8 กรัมต่อตารางเมตร ออกดอกได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ หรือบางเดือนน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเดือนกันยายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดจะออกดอกได้น้อยกว่าเดือนอื่น ๆ (พาวิน, 2543)

3. ช่วงของการเจริญเติบโตของต้นพืช การให้สารประกอบคลอเรตต่อต้นลำไยในระยะแตกใบอ่อน ต้นลำไยจะออกดอกน้อยกว่าการให้สารประกอบคลอเรตในระยะใบแก่ เช่นเดียวกันกับการให้สารประกอบคลอเรตแก่ต้นกล้าลำไยอายุ 1 ปี หลังจากงอกจากเมล็ด พบว่าไม่สามารถกระตุ้นให้ต้นกล้าออกดอกได้ แต่เมื่อให้สารประกอบคลอเรตในประมาณเท่ากันแก่ต้นกิ่งตอนอายุ 1 ปี พบว่าสามารถกระตุ้นให้กิ่งตอนออกดอกได้ (ธนะชัย, 2542) จากการทดลองให้สารโพแทสเซียมคลอเรตกับต้นลำไยในระยะใบที่มีอายุต่าง ๆ กันคือ ระยะใบอ่อน (ใบอายุน้อยกว่า 10 วัน) ระยะใบเพสลาด (ใบอายุ 20-25 วัน) และระยะใบแก่ (ใบอายุประมาณ 45 วัน) โดยให้สารในอัตราที่เท่ากันคือ 8 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าระยะใบแก่จะออกดอกได้ดีที่สุด รองลงมาคือระยะใบเพสลาด ส่วนระยะใบอ่อนออกดอกได้น้อยมาก จึงพอสรุปได้ว่าระยะใบที่ตอบสนองต่อสารได้ดีคือระยะใบแก่ (พาวินและคณะ, 2542)

4. จุลินทรีย์ในดิน จุลินทรีย์ในดินบางชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายสารประกอบคลอเรตในดิน นอกจากนั้นถ้าอุณหภูมิของดินสูงก็จะส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในดินด้วย (Craft and Robbins, 1962)

5. ความสมบูรณ์ของพืช การให้สารประกอบคลอเรตแก่ต้นลำไยที่มีสภาพสมบูรณ์จะสามารถชักนำให้ออกดอกได้มากกว่าต้นลำไยที่ไม่สมบูรณ์ ในสภาพที่พืชขาดน้ำหากมีการให้สารประกอบคลอเรตทางใบ สารประกอบคลอเรตจะถูกลำเลียงสู่ส่วนอื่น ๆ ของพืช ได้ดีกว่าต้นพืชที่ไม่ขาดน้ำ (Audus, 1976) โดยทั่วไปลำไยจะต้องมีการแตกใบอ่อนประมาณ 2-3 รุ่นหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งจะทำให้มีโอกาสสร้างตัวและสะสมอาหารภายในต้นเพื่อที่จะติดดอกออกผลในปีต่อไป ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เกษตรกรควรทำการบำรุงรักษาต้นลำไยให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยการให้ปุ๋ยที่ถูกต้องกับระยะเวลาที่ต้นลำไยต้องการโดยเฉพาะควรเน้นปุ๋ยไนโตรเจนสูง เพื่อสร้างใบให้แก่ต้นลำไย (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542)

6. ชนิดของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ชนิดของดินมีผลอย่างมากในการชะล้างของสารประกอบคลอเรตและระยะเวลาที่สารตกค้างในดิน โดยพื้นที่ที่มีฝนตกชุกโซเดียมคลอเรตสามารถตกค้างในดินเหนียวได้นานประมาณ 12 เดือน และในดินทรายตกค้างนานประมาณ 6 เดือน (เมื่อใช้ในอัตรา 54-215 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นอัตราที่ใช้โซเดียมคลอเรตเป็นสารกำจัดวัชพืช) โดยสารประกอบคลอเรตจะตกค้างอยู่มากในดินที่ความลึกประมาณ 10-20 เซนติเมตรจากผิวดิน (Crafts and Robbins, 1962) การทำงานของสารประกอบคลอเรตจะเพิ่มขึ้นในดินที่เป็นกรด ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุและสารประกอบไนเทรตสูงจะทำให้การดูดซึมสารประกอบคลอเรตของรากพืชลดลง โดยสารประกอบคลอเรตส่วนหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับอินทรีย์วัตถุในดิน และไนเทรตอิออนจัดเป็นคู่แข่งในการดูดซึมคลอเรตอิออนของราก (ธนะชัย, 2542)

7. ปริมาณน้ำฝน แหล่งปลูกลำไยควรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,250 มิลลิเมตรต่อปีและควรมีการกระจายตัวประมาณ 100-150 วันต่อปี แต่อย่างไรก็ตามในช่วงก่อนออกดอกควรงดการให้น้ำ เพื่อลดการดูดธาตุไนโตรเจนป้องกันการผลิใบอ่อนหรือดอกแซมใบ (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) การให้น้ำแก่ต้นพืชหรือปริมาณน้ำฝนมีผลอย่างมากต่อการชะล้างสารประกอบคลอเรตในดิน ดังนั้นการให้สารประกอบคลอเรตแก่ต้นลำไยเพื่อกระตุ้นการออกดอก หากต้นลำไยเกิดสภาพการขาดน้ำภายหลังการให้สารประกอบคลอเรตไม่นาน ต้นลำไยจะแสดงอาการขาดน้ำได้ง่ายกว่าต้นลำไยที่ไม่ได้รับสารประกอบคลอเรต นอกจากนี้ต้นลำไยที่ได้รับสารประกอบคลอเรตได้ไม่นานจะอ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขังมากขึ้นกว่าปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่รากเก่าถูกทำลายไปและยังไม่สามารถสร้างรากใหม่ขึ้นมาทดแทน (ธนะชัย, 2542)

8. ปริมาณและความเข้มของแสง ลำไยเป็นพืชที่ต้องการแดดจัด มีแสงแดดส่องตลอดเวลาเพื่อการปรุงอาหารของใบอย่างเต็มที่และเพื่อการติดผล ซึ่งเป็นการติดดอกออกผลในปลายกิ่ง (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการทำงานของสารประกอบคลอเรตภายในต้นพืช ดังนั้นการได้รับแสงที่มีความเข้มสูงและเป็นเวลานานจะช่วยในการทำงานของสารประกอบคลอเรตในต้นพืช (Harper, 1981)

9. วิธีการให้สารประกอบคลอเรตแก่ต้นพืช สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การให้ทางดิน การให้ทางใบ และการฉีดเข้าลำต้น สำหรับการให้ทางดินโดยผสมน้ำราดมีข้อดี คือ มีการกระจายตัวของสารอย่างสม่ำเสมอเหมาะสำหรับช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตก แต่จากการสังเกตวิธีการนี้ในช่วงฝนหนักมักจะไม่ค่อยได้ผล การให้ทางใบวิธีนี้มีข้อดี คือ ใช้สารในประมาณที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ทางดิน แต่มีข้อจำกัดคือ ใบลำไยบางส่วนจะร่วง (พาวิน, 2543) ส่วนการฉีดเข้าที่ลำต้น พบว่าสารประกอบคลอเรตกระตุ้นการออกดอกเฉพาะกิ่งที่ได้รับการฉีดสารประกอบคลอเรตเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะสารประกอบคลอเรตไม่เคลื่อนย้ายไปสู่กิ่งอื่น การให้สารประกอบคลอเรตทางดินจะสามารถกระตุ้นการออกดอกของต้นลำไยได้ทั้งต้นแม้ว่าจะใส่สารเพียงด้านเดียวของต้นพืช (ธนะชัย, 2542)