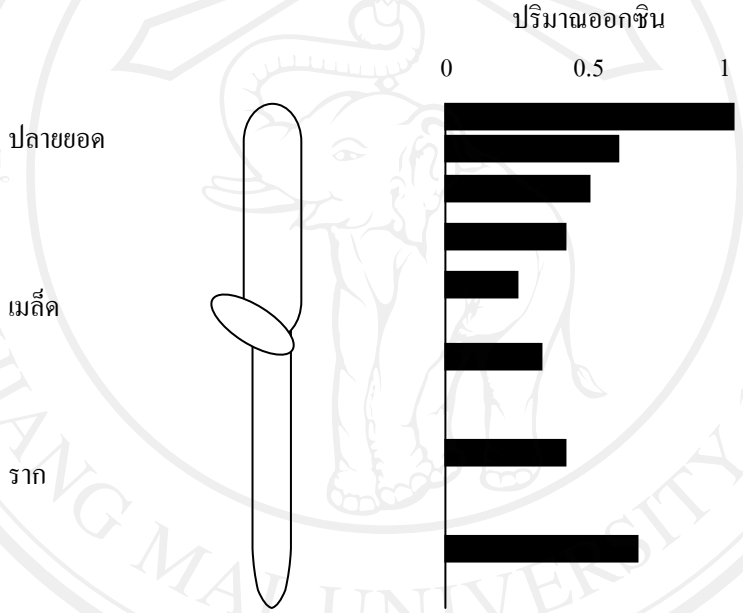
บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ออกซิน (auxins)

ออกซินเป็นฮอร์โมนพืชตัวแรกที่ถูกค้นพบ ซึ่งจะพบในทุกส่วนของพืช โดยเฉพาะในเนื้อเยื่อส่วนกำลังมีการเจริญเติบโต เช่นส่วนของปลายยอด ปลายราก ตายอด และเมล็ดที่กำลังงอก (ภาพที่ 1) แหล่งสังเคราะห์ออกซินมักเป็นส่วนที่อ่อน เช่น ใบอ่อน ช่อดอกที่กำลังพัฒนา และไข่ที่ได้รับการผสม



ภาพที่ 1 ปริมาณออกซินจากส่วนต่างๆ ในเมล็ดข้าวโอ๊ต (Hopkins and Huner, 2004)

การศึกษาเกี่ยวกับออกซิน เริ่มจากการทดลองของ Charles Darwin ในปี ค.ศ. 1880 พบว่าการเคลื่อนที่เข้าหาแสงของหญ้าชนิดหนึ่ง และการโค้งงอจะไม่เกิดขึ้นหากยอดอ่อนถูกเด็ดออกไป จึงสรุปว่าต้องมีสารอะไรบางอย่าง ได้รับการลำเลียงมาจากยอด จึงก่อให้เกิดการโค้งงอของต้นกล้า เมื่อต้นกล้านั้นได้รับแสง ต่อมาจึงมีการศึกษาวิจัยอีกมากมาย (ลิลลี่ และคณะ, 2549)

การสังเคราะห์ออกซินในเนื้อเยื่อพืช (Biosynthesis of auxin)

ออกซินมีลักษณะทางเคมีเป็นสาร Indole-3-acetic acid หรือที่เรียกย่อๆว่า IAA ซึ่งปัจจุบันเชื่อว่าออกซินส่วนใหญ่ที่พบในพืชและสภาพธรรมชาติ อยู่ในรูป Indole ทั้งสิ้น โดยที่

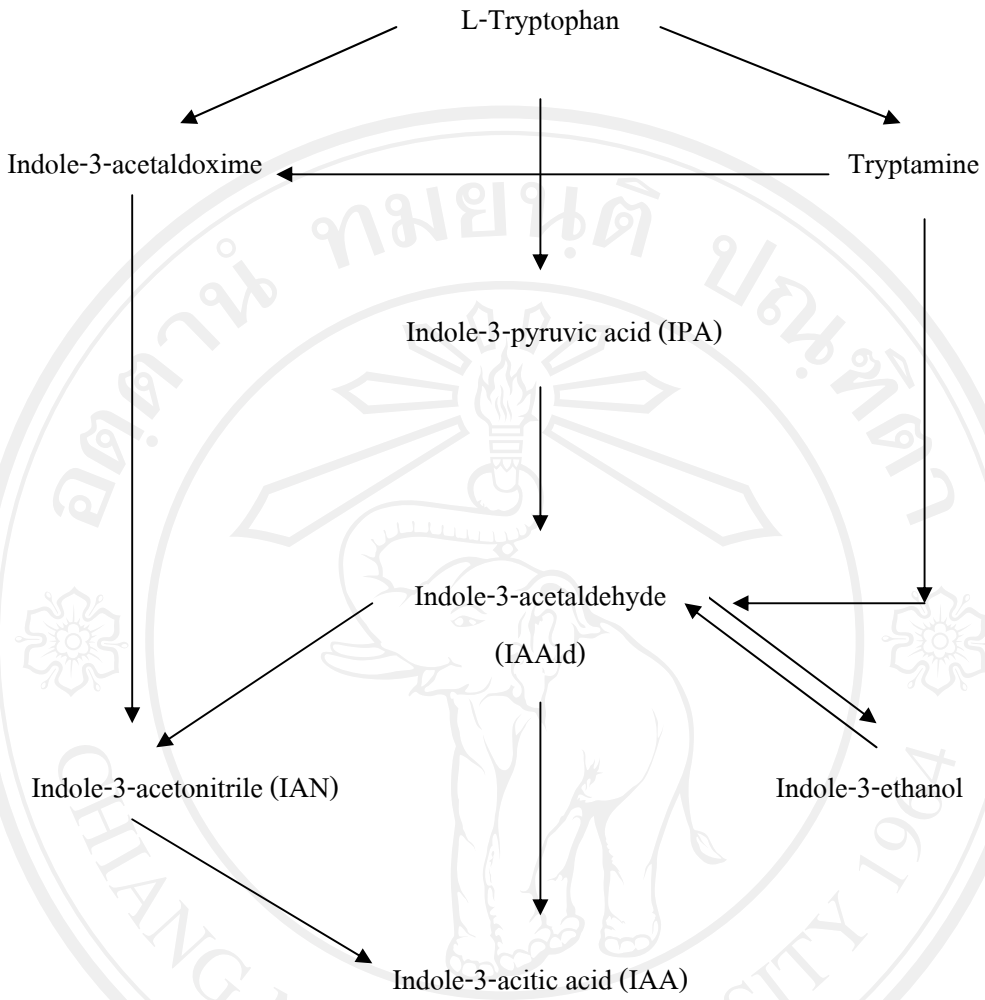
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

IAA เป็นสารที่สำคัญที่สุด นอกจากนั้นยังพบในรูปของ indole-3-acetaldehyde (IAAld) หรือ indole-3-pyruvic acid (IPA), Indol-3-ethanol และ Indole-3-acetonitrile (IAN) ซึ่งสารทั้ง 3 ชนิดนี้สามารถเปลี่ยนเป็น IAA ได้โดยพืชจะสังเคราะห์ออกซินที่ใบอ่อน จุดกำเนิดของใบและเมล็ดซึ่งกำลังเจริญเติบโต (Hopkins and Huner, 2004)

ตั้งแต่ก่อน ปี 1990 เราทราบกันว่า การสังเคราะห์ออกซิน มีกรดอะมิโน L-tryptophan เป็นสารเริ่มต้น ซึ่ง L-tryptophan เป็นกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างของ Indole อยู่ แต่ในปัจจุบันพบว่า IAA สามารถสังเคราะห์ได้จากหลายทาง ซึ่งได้จากสารตั้งต้นที่แตกต่างกันในแต่ละพืช ซึ่งจริงๆแล้วในพืชชนิดเดียวกัน ในเนื้อเยื่อที่ต่างกันหรือสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน IAA ที่ได้จากการสังเคราะห์ อาจเป็นตัวควบคุมซึ่งกันและกัน เช่น การยับยั้งการเคลื่อนย้าย IAA จากใบโดย IAA ที่มาจากยอด ซึ่งปริมาณ IAA ที่เคลื่อนย้ายมาจากยอดในปริมาณที่สูงกว่าจะยับยั้งการเคลื่อนย้าย IAA จากใบ ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า “autoinhibition” (Bangerth *et al*., 2000)

การสังเคราะห์ออกซินเกิดจาก 3 ขั้นตอน คือ เริ่มจาก tryptophan เปลี่ยนไปเป็น indole-3-pyruvic acid (IPA) โดยการคะตะไลส์ของ tryptophanamino transferase ขั้นที่สองเป็นการเอาหมู่คาร์บอกซิลออก จาก IPA ได้เป็น IAAld ด้วยเอนไซม์ indol-3-pyruvate decarboxylase และสุดท้ายเป็นการออกซิไดซ์ไปเป็น IAA โดยเอนไซม์ indol-3-acetaldehyde oxygenase ในพืชบางชนิด เช่น ข้าวโอ๊ต ยาสูบ มะเขือเทศ ทานตะวัน และข้าวบาร์เลย์ พบว่า tryphophan สามารถเปลี่ยนไปเป็น tryptamine ได้ ในพืชตระกูลกะหล่ำ tryptamine อาจจะเปลี่ยนไปเป็น Indole-3-acetaldoxime แล้วเปลี่ยนไปเป็น indole-3-acetonitrile (IAN) แล้วจึงเปลี่ยนเป็น IAA (Hopkins and Huner, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 การสังเคราะห์ IAA

การสังเคราะห์ออกซินมักศึกษาจากเนื้อเยื่อปลายรากหรือปลายยอดและพบว่า IAA สังเคราะห์ได้ทั้งในส่วนไซโตซอล (cytosol) ไมโตคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ ในการศึกษาในปัจจุบันพบว่า phenylacetic acid หรือ PAA มีคุณสมบัติของออกซินด้วย และสามารถสังเคราะห์ได้จาก L-phenylalanine โดยพบในคลอโรพลาสต์ และไมโตคอนเดรียของทานตะวัน

การเคลื่อนที่ของออกซินในต้นพืช

ออกซินถูกสร้างขึ้นมากที่ส่วนของปลายยอด การเคลื่อนที่ของออกซินอาจเรียกได้ว่าเป็นตัวยับยั้งการสะสมออกซินที่ปลายยอด โดยการเคลื่อนที่ของออกซินจะควบคุมการเคลื่อนที่ของออกซินที่อวัยวะส่วนอื่นๆ เช่น ควบคุมการเคลื่อนที่ของออกซินจากใบอ่อน และจากใบที่เกิดใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Woodward and Bartel, 2005) อวัยวะที่มีการสังเคราะห์ ฮอร์โมนจะมีการเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนอื่นๆ และมีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อที่ได้รับฮอร์โมน การเคลื่อนที่จะถูกควบคุมอย่างดี การเคลื่อนที่ของออกซินจะเป็นแบบมีขั้ว (polarized) คือ เคลื่อนที่ไปตามยาวของลำต้นโดยไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศตรงกันข้าม ซึ่งการเคลื่อนที่แบบนี้จะเกี่ยวข้องกับการเจริญและการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของพืชทั้งต้น เช่น การยืดยาว (Estelle, 1998)

การเคลื่อนที่ของออกซินในส่วนที่อยู่เหนือดิน จะเป็นแบบเบสิพีตัล (basipetal) คือ จะเคลื่อนที่จากแหล่งผลิตที่ยอดไปสู่โคนต้น ด้วยความเร็วประมาณ 5-20 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ในยอดและเนื้อเยื่อที่หุ้มปลายยอด (coleoptiles) (Estelle, 1998) และยังเป็นตัวยับยั้งการเจริญของตาข้าง โดยคาดว่าน่าจะเกิดการเคลื่อนที่ในส่วนของ epidermis (Woodward and Bartel, 2005)

การเคลื่อนที่ของออกซินในรากก็มีลักษณะแบบมีขั้ว แต่เป็นแบบ อะโครพีตัล (acropetal) ซึ่งตรงข้ามกับกรณีของลำต้น ความเร็วของออกซินที่เคลื่อนที่ไปในรากพืชประมาณ 1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยคาดว่าเกิดในส่วนของแคมเบียมและท่ออาหารที่เกิดใหม่ (Woodward and Bartel, 2005)

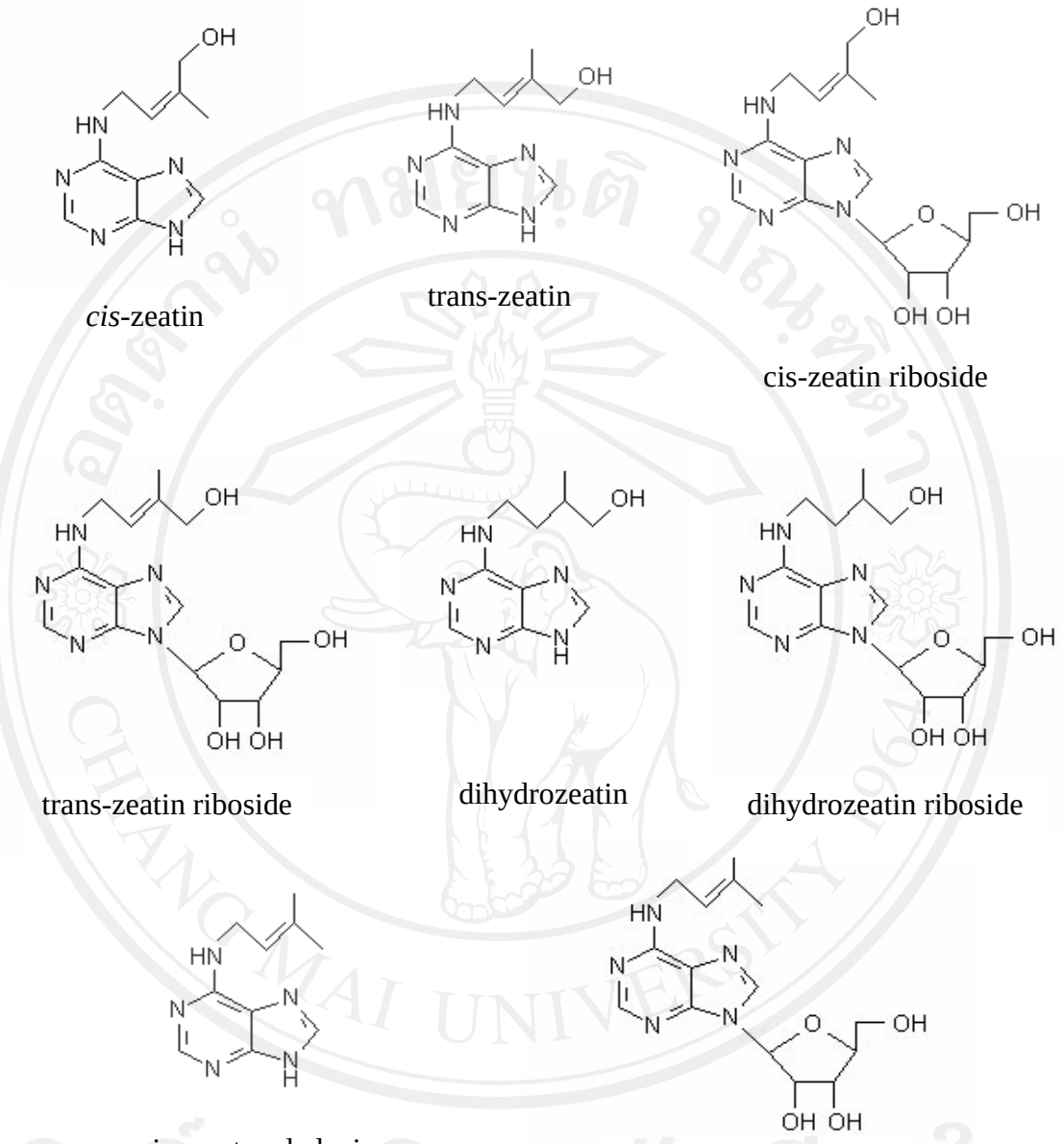
ไซโตไคนิน (Cytokinins)

การค้นพบฮอร์โมนกลุ่มนี้เริ่มจากการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยในปี ค.ศ. 1940-1950 ได้แสดงให้เห็นว่ามีสารชนิดหนึ่งเกิดอยู่ในเนื้อเยื่อพืชและกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพาร์เรนไคมาในหัวมันฝรั่งกลับกลายเป็นเนื้อเยื่อเจริญได้ ซึ่งแสดงว่าสารชนิดนี้สามารถกระตุ้นให้มีการแบ่งเซลล์ ต่อมามีการพบว่าน้ำมะพร้าวมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์เนื้อเยื่อของหัวแครอท (Srivastava, 2001)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น Skoog และ Steward ทำการทดลองในสหรัฐอเมริกา โดยการศึกษาความต้องการสิ่งที่ใช้ในการเจริญเติบโตของกลุ่มก้อนของเซลล์ (callus) ซึ่งเป็นเซลล์ที่แบ่งตัวอย่างรวดเร็ว แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับ pith ของยาสูบและรากของ แครอท จากผลการทดลองนี้ทำให้ได้รู้จักไซโตไคนิน (ในระยะปี ค.ศ. 1950) ต่อมาได้ค้นพบสารที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ของ pith ของยาสูบและเนื้อเยื่อพืชที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยได้จาก autoclaved DNA จึงให้ชื่อว่า ไคเนติน (kinetin) (Srivastava, 2001)

ไซโตไคนินที่พบส่วนมากในธรรมชาติคือ ซีเอติน (zeatin) ซึ่งซีเอตินและไซโตไคนินในธรรมชาติจะเกิดจาก ribosides หรือ ribotides ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของเนื้อเยื่อ ไซโตไคนินมักมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของยอดและรากในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเจริญเติบโตของคลอโรพลาสต์ (Hopkins and Huner, 2004) และการเสื่อมสภาพ (senescence) (Gen and Richard, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มไซโตไคนิน (Srivastava, 2001; Hopkins and Huner, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้างของไซโตไคนิน

ในธรรมชาติโดยทั่วไป ไซโตไคนินจะประกอบด้วย วงแหวนอะดีนีนมี side chain ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอมเกาะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 6 ของวงแหวนอะดีนีน ไซโตไคนินในธรรมชาตินอกจากซีเอตินแล้ว ยังสามารถสร้าง ไอโซเพนทีนิล อะดีนีน และการลดรูปของซีเอตินได้เป็น ไดไฮโดร-

ซีเอติน เนื่องจากส่วน side chain ของซีเอตินมีพันธะคู่ เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นไอโซเมอร์ ได้เป็น ซิส-ซีเอติน (*cis*-zeatin) และ ทราน-ซีเอติน (*trans*-zeatin) โครงสร้างของอะดีนีน หากมีน้ำตาลไรโบส (ribose) มาเกาะจะเป็นโครงสร้างของอะดีโนซีน และหากมีน้ำตาลไรโบสที่มีอนุพันธ์ของฟอสเฟสเกาะอยู่ ด้วย จะเป็นโครงสร้างของ อะดีโนซีน 5' ฟอสเฟส ซึ่งเป็นโครงสร้างปกติที่พบในพืช โดยไรโบสมักจะจับกับ N ตำแหน่งที่ 9 ของวงแหวนอะดีนีน ดังนั้นในธรรมชาติจะพบอนุพันธ์ของน้ำตาลคือ N^9 riboside และ ribotide (น้ำตาลที่มีกลุ่มของฟอสเฟส) โดยทั่วไปแล้วการเปลี่ยนสภาพของวงแหวนอะดีนีนจะเป็นผลให้เกิดการลดประสิทธิภาพของไซโตไคนิน ดังนั้นอนุพันธ์ที่เป็นไรโบไทด์หรือไรโบไซด์ (Ribotide หรือ Riboside) ของไซโตไคนินจึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่าไซโตไคนินอิสระ การมีสารอื่นไปเกาะโมเลกุลของอะดีนีนจะลดคุณสมบัติของไซโตไคนินลง (Srivastava, 2001)

การสังเคราะห์ไซโตไคนิน

แหล่งที่มีการสังเคราะห์ไซโตไคนินในพืชที่สำคัญ คือ ราก ปริมาณไซโตไคนินจะพบมากที่ราก โดยเฉพาะปลายราก และใน xylem sap ของราก พืชจะลำเลียงไซโตไคนินขึ้นไปด้านบนผ่านทางท่อน้ำ (xylem) จากการทดสอบโดยตัดใบจากพืชหลายชนิดไปเพาะในกระบะทรายเพื่อให้ใบเกิดรากฝอยออกมาที่ตรงส่วนของฐานใบ หากใบไม่เกิดรากหรือตัดรากทิ้งหลังจากงอกออกมาใบก็จะเกิดการแก่ชราอย่างรวดเร็ว การชะลอการแก่ชรานั้นของใบนั้นถูกกำหนดโดยไซโตไคนินซึ่งมีการสังเคราะห์ที่ราก และเคลื่อนย้ายไปยังใบโดยผ่านทางเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (Hopkins and Huner, 2004)

ในเมล็ดที่ยังไม่แก่และผลที่กำลังพัฒนาจะมีปริมาณไซโตไคนินสูง ซึ่งได้มีการศึกษาในเอ็นโดสเปิร์มของข้าวโพดและผลพลัมที่กำลังเจริญ พบว่าเมล็ดและผลสามารถสังเคราะห์ไซโตไคนินได้ แต่ในขณะที่ผลและเมล็ดมีการพัฒนา และเจริญเติบโตที่รวดเร็ว จะมีขบวนการเมตาบอลิซึมสูง จึงน่าจะมีการใช้ไซโตไคนินสูง จึงต้องใช้ไซโตไคนินที่ผลิตมาจากราก (Hopkins and Huner, 2004)

การสังเคราะห์ไซโตไคนินเกิดขึ้นจากการลดลงของ isopentenyl group และ amino group ของ adenosine monophosphate โดยการ hydroxylate ต่อมาพบว่ากลุ่มของไซโตไคนินเกิดขึ้นบน t-RNA ได้ และเมื่อใช้เมวาโลเนต (mevalonate หรือ MVA) ที่มีสารกัมมันตรังสี จะสามารถไปรวมกับกลุ่มอะดีนีนของ t-RNA เกิดเป็นไดเมทธิลอัลลิล (dimethylally side chain) เกาะด้านข้าง ในเชื้อรา Rhizopus นั้น dimethylallyl adenine สามารถเปลี่ยนไปเป็น zeatin ได้ จึงคาดกันว่า Zeatin อาจจะเกิดจากการออกซิไดซ์ dimethylallyl adenine (Hopkins and Huner, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Hwang and Sakakibara (2006) กล่าวว่าไซโตไคนินสามารถสังเคราะห์ได้ทั้งในพืช และ agrobacterium แต่สารตั้งต้นในการสังเคราะห์แตกต่างกัน

การเคลื่อนที่ของไซโตไคนิน

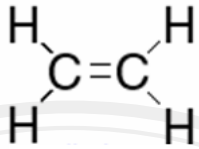
ยังไม่มีหลักฐานแน่ชัดเกี่ยวกับการเคลื่อนย้าย จากการทดลองพบว่าระบบรากเป็นส่วนสำคัญในการส่งไซโตไคนินไปยังใบ และช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของใบก่อนระยะอันสมควร เป็นหลักฐานที่สำคัญที่ชี้ให้เห็นว่า ไซโตไคนินมีการเคลื่อนที่ขึ้นสู่ยอด ยิ่งไปกว่านั้นยังพบไซโตไคนินในท่อน้ำ ซึ่งมาจากระบบรากด้วย ในทางตรงกันข้ามไซโตไคนินซึ่งพบที่ผลซึ่งกำลังเจริญเติบโตไม่เคลื่อนที่ไปส่วนอื่นเลย ในทำนองเดียวกันจากการศึกษาการใช้ไซโตไคนินจากภายนอก เช่นหากให้ไคเนติน พบว่าการเคลื่อนย้ายจะเกิดช้าหรือไม่เกิด แม้ว่าสารอื่นๆ จะเคลื่อนย้ายออกจากจุดนี้ก็ตาม (Neuman *et al*., 1990) มีหลักฐานจำนวนมากกล่าวว่าไซโตไคนินอาจจะเคลื่อนย้ายในรูปที่รวมกับสารอื่นๆ เช่น น้ำตาล (ribosides หรือ glucosides) ซึ่งไซโตไคนินในรูปที่รวมกับน้ำตาลนั้นพบเสมอในท่อน้ำท่ออาหาร (Hopkins and Huner, 2004)

เอทิลีน (Ethylene) (Hopkins and Huner, 2004)

เป็นสารที่อยู่ในรูปก๊าซ มีโครงสร้างโมเลกุลง่าย (ภาพที่ 4) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของพืชที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ถึงแม้ว่าจะมีผลต่อการเจริญพัฒนาของรากและยอดก็ตาม เอทิลีนจะถูกสร้างขึ้นมากเมื่อพืชเกิดสภาวะเครียด และอาจสร้างขึ้นในปริมาณที่สูง ขณะที่พืชเข้าสู่ระยะแก่ชรา หรือขณะผลไม้สุก เอทิลีนมักถูกสร้างขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชมีปริมาณออกซินสูง ซึ่งเอทิลีนจะอยู่ในรูปแก๊สที่อุณหภูมิปกติ จึงสามารถแพร่กระจายได้ดีผ่านเซลล์ พบว่าการให้เอทิลีนแก่ผลไม้ที่ยังไม่สุก จะเร่งให้มีการสุกเร็วขึ้น ดังนั้นปัจจุบันจึงถูกนำมาใช้ในเชิงการค้าอย่างแพร่หลาย

เอทิลีนพบได้ในทุกส่วนของอวัยวะของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ผล หัว เมล็ด และอื่นๆ แม้ว่าอัตราการสร้างเอทิลีนจะขึ้นอยู่ระยะพัฒนาของพืช หรืออวัยวะที่มีอายุต่างกัน แต่การสร้างเอทิลีน มักพบบริเวณรอบนอกของเนื้อเยื่อ เช่น ในเมล็ดพืช และอะโวกาโด เอทิลีนถูกสังเคราะห์ที่เปลือกหุ้มเมล็ด และมะเขือเทศเกิดที่ผล ถั่วเกิดที่ไฮโปคอทิล ซึ่งทั้งหมดเกิดขึ้นที่ส่วนของเอพิเดอมิส (epidermis)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Ethylene

ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของเอทิลีน

เอทิลีนเป็นก๊าซชนิดหนึ่งและจัดเป็นฮอร์โมนพืช เนื่องจากพืชสร้างได้เอง โดยมีผลในการควบคุมการแก่ชรา การสุก รวมทั้งการออกดอกของพืชบางชนิด และเกี่ยวข้องกับการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล การเหลืองของใบ การงอกของหัวพืช ตลอดจนเมล็ดพืชบางชนิด เอทิลีนจะสร้างมากในส่วนของพืชที่กำลังเข้าสู่ระยะชราภาพ (senescence) เช่น ในผลแก่หรือใบแก่ใกล้หลุดร่วง เนื่องจากเอทิลีนเป็นก๊าซดังนั้นจึงฟุ้งกระจายไปได้ทั่ว จึงไม่มีการเคลื่อนย้ายเหมือนกับฮอร์โมนในกลุ่มอื่น ๆ สารอินทรีย์บางชนิดมีคุณสมบัติคล้ายเอทิลีน เช่น อะเซทิลีน (acetylene) โปรปิลีน (propylene) ดังนั้นจึงอาจนำสารเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้เช่นกัน ยกตัวอย่างได้แก่ การใช้อะเซทิลีนในการบ่มผลไม้ และเร่งการออกดอกของสับปะรด เป็นต้น แต่แอทิลีนและสารที่กล่าวมานี้เป็นก๊าซ จึงมีความยุ่งยากในการใช้และไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นได้แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ในแปลงปลูกพืช ดังนั้นจึงได้มีการสังเคราะห์สารบางชนิด ซึ่งเป็นของเหลวแต่สามารถปลดปล่อยหรือสลายตัวได้ ก๊าซเอทิลีน ซึ่งได้แก่ เอทีฟอน (ethephon) เอตาเซลาซิล (etacelasil) สารเอทีฟอน จัดว่าเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดในโลกชนิดหนึ่ง และในปัจจุบันใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมสับปะรด (Bartholomew, 1977)

ประวัติการค้นพบ

จากรายงานของ Hopkins and Huner (2004) กล่าวว่า Cousins (1910) เป็นคนแรกที่เสนอว่าผลไม้มีการปลดปล่อยแก๊สซึ่งกระตุ้นการสุก โดย Gane (1934) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า พืชสามารถสร้างเอทิลีนได้ และเอทิลีนทำหน้าที่เร่งกระบวนการสุกและ Crocker *et al*. (1935) เสนอว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่ทำให้ผลไม้สุก และทำหน้าที่เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในต้นพืชอีกด้วย

การสังเคราะห์เอทิลีน (Hopkins and Huner, 2004 and Srivastava. 2001)

เอทิลีนเป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ติดไฟได้ง่าย เอทิลีนถูกสร้างขึ้นในพืชและในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด สารต้นกำเนิดของเอทิลีนในพืชคือ กรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยมีเอนไซม์ peroxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในพืชชั้นสูงทั้งหมดและเชื้อราบางชนิดสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้ โดยในพืชนั้นยอดอ่อนเป็นส่วนสำคัญที่สังเคราะห์เอทิลีน ทั้งนี้เพราะมีออกซิน อยู่ในปริมาณที่สูงซึ่งออกซินสามารถกระตุ้นให้เนื้อเยื่อสังเคราะห์เอทิลีนได้ รากสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้บ้าง แต่ในปริมาณไม่มากนักแต่หากให้ออกซินกับรากจะทำให้สังเคราะห์เอทิลีนได้มากขึ้น ในใบแก่และใบที่กำลังจะตายจะสร้างเอทิลีนได้มาก ส่วนดอกก็สร้างเอทิลีนได้และเอทิลีนจะมีผลทำให้ดอกไม้บางชนิดบาน หรือเหี่ยวและกลีบร่วง ผลไม้สุกสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้มากกว่าผลไม้ที่ไม่สุก การสังเคราะห์เอทิลีน(ภาพที่ 5) เกิดโดยที่เมทไธโอนีนจะเปลี่ยนไปเป็น S-adenosylmethionine (SAM) แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) แล้วจึงเปลี่ยนเป็นเอทิลีนโดยมีเอนไซม์ peroxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมี flavin mononucleotide และ อิออนของโลหะเป็น co-factor โดยที่คาร์บอนอะตอมที่ 3 และ 4 ของเมทไธโอนีน จะกลายเป็นคาร์บอนของเอทิลีน ในการสังเคราะห์นี้จะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาด้วย การสังเคราะห์เอทิลีนจะหยุดชะงักเมื่อบรรยากาศขาด O_2 นอกจากนั้นยังมีสารระงับการสังเคราะห์เอทิลีนชนิดอื่นๆ อีก เช่น aminoethoxy vinyl glycine (AVG)

เอทิลีนสามารถถูกทำลายให้เป็นเอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxide) ใน *Vicia faba* แต่กลไกในการทำลายนั้นยังไม่ทราบแน่ชัดนัก

ผลของเอทิลีนต่อพืช (ลิลลี่ และคณะ, 2549)

1.กระตุ้นให้ผลไม้สุก ดังนั้นอาจจะเรียกเอทิลีนว่า ripening hormone และใช้ในการบ่มผลไม้ในทางการค้า

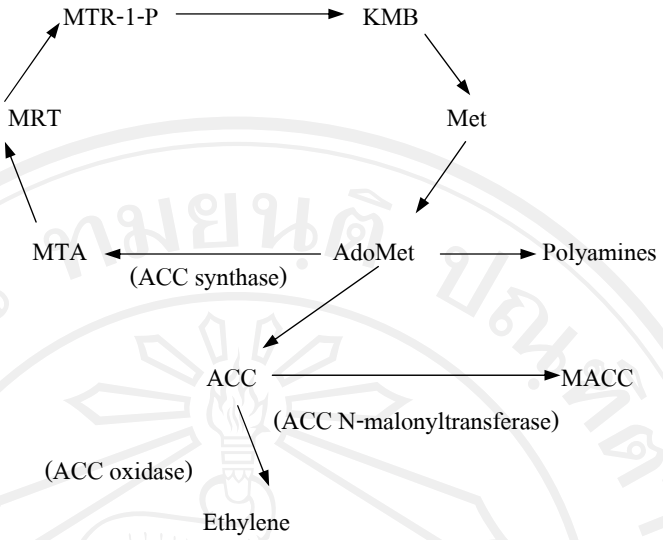
2.กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ เช่นการกระตุ้นให้เกิด abscission zone ขึ้น ทำให้กลีบดอกร่วงได้ กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของราก และลำต้น รวมทั้งกระตุ้นการออกดอกของพืช เช่น สับปะรด (Bartholomew, 1977)

3.การกระตุ้นให้พืชพ้นจากการพักตัว เช่น กรณีของมันฝรั่ง

4.กระตุ้นให้เกิดดอกเพศเมียมากขึ้นในพืช dioecious

5.กระตุ้นการออกดอก โดยส่วนใหญ่แล้วเอทิลีนยับยั้งการออกดอกของพืชหลายชนิด แต่ก็สามารถกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่ และสับปะรด โดยทำให้ออกดอกอย่างสม่ำเสมอ ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



Met = Methionine, AdoMet = adenosythionine, ACC = 1-aminocyclopropane-1 carboxylic acid, MTR = methylthioribose, MACC = malonyl ACC (inactive), MTR-1-P = methylthiorobose-1-phosphate, MTA = methylthioadenine, KMB = 2-keto-4-methylbutyrate

ภาพที่ 5 การสังเคราะห์เอทิลีน

การชักนำเอทิลีนโดยออกซิน (Induction of Ethylene by Auxins)

Peck and Kende (1995) พบว่า ออกซินกระตุ้นการสร้างเอทิลีน ถ้าให้ออกซินกับถั่วจะพบปริมาณของเอนไซม์ ACC synthase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทิลีนมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ให้ออกซิน แสดงให้เห็นว่าออกซินสามารถชักนำการสร้างเอทิลีนได้

ในปี 1964 Morgan and Hall ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในทางขนานกันของการตอบสนองต่อออกซินและเอทิลีนและพบความสามารถของออกซินในทางส่งเสริม การสังเคราะห์เอทิลีน ปัจจุบันยอมรับกันว่าออกซิน กระตุ้นการสร้างเอทิลีน และเชื่อว่าในเนื้อเยื่อพืชนั้นการสร้างเอทิลีนถูกควบคุมโดยระดับของออกซินที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อนั้นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ฮอร์โมนพืช และการเจริญเติบโตของพืช

1. การแตกใบอ่อนของพืช

ออกซิน

ขณะที่พืชมีแตกใบอ่อนพบการเปลี่ยนแปลงของออกซินในพืชเพื่อการพัฒนาของอวัยวะโดยในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ดังการศึกษาของ Koshita *et al.* (1999)

Bernier *et al*., (1993) ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของฮอร์โมนในใบ และตาดอกที่กำลังพัฒนาของส้ม พบว่าปริมาณ IAA จากใบเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่พืชมีใบอ่อน และจะลดลงในระยะที่มีการสร้างตาดอก และ Chen (1987) ยังพบอีกว่าปริมาณ IAA จากท่อลำเลียงน้ำของมะม่วงมีปริมาณสูงในระยะที่มะม่วงมีการแตกใบอ่อน

ไซโตนิน

ไซโตไคนินในระยะที่มีการแตกใบอ่อน พบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่าในระยะที่มีการสร้างตาดอก ดังจากการศึกษาของ Chen *et al*., 1997; Hegele *et al*., 2004 พบว่าปริมาณไซโตไนนินในยอดและใบของลำไยจะมีปริมาณสูงในระยะที่มีการชักนำการสร้างตาดอก และต่ำในช่วงที่พืชมีการแตกใบอ่อน

2. การออกดอกของพืช

การสร้างตาดอกเป็นระยะแรกในการเปลี่ยนการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ไปสู่การเจริญทางด้านสืบพันธุ์

การสร้างตาดอกของพืชสามารถชักนำได้จากหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความยาววัน หรือ แสง เป็นต้นซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลของฮอร์โมน ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตาดอก ดังนี้

ออกซิน ขณะที่พืชมีการเจริญเติบโตในส่วนของการสืบพันธุ์พบการเปลี่ยนแปลงของออกซิน จากการเป็นตัวกระตุ้นในระยะการพัฒนาทางลำต้นและใบ มาเป็นตัวยับยั้งการพัฒนาทางทางการสืบพันธุ์ โดยพบว่า ออกซินยับยั้งการเกิดตาดอก มีการศึกษาการให้ออกซินกับพืชวันสั้นในสภาพวันสั้นจะทำให้พืชไม่ออกดอก แสดงว่าออกซินที่ได้จากภายนอกเป็นตัวยับยั้งการสร้างตาดอก (Zeevaart, 1978)

แม้ว่าออกซินปริมาณสูงจะยับยั้งการเกิดตาดอกก็ตาม แต่ออกซินก็ยังจำเป็นต่อพัฒนาการของดอก ในระยะที่ดอกมีการเจริญพัฒนาหากพืชขาดออกซินจะทำให้อวัยวะในการสืบพันธุ์ของดอกไม่สมบูรณ์ เช่นการเกิดยอดเกสรตัวเมีย หรืออวัยวะของดอกเจริญไม่สมบูรณ์ โดยพบลักษณะดอกที่ผิดปกติ ในพืชที่เกิดความผิดปกติของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ออกซิน (Cheng and Zhoa, 2007) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Koshita *et al*.(1999) ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของฮอร์โมนในใบ และตาดอกที่กำลังพัฒนาของส้ม พบว่าในช่วงที่สร้างตาดอกปริมาณ IAA ลดลงต่ำกว่าในระยะที่มีการเจริญและพัฒนาตาดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไซโตไคนิน จากการศึกษาพบว่าไซโตไคนินจะมีปริมาณต่ำในระยะที่พืชมีการแตกใบอ่อนเมื่อเปรียบเทียบกับระยะดอก (Chen *et al*., 1997; Hegele *et al*., 2004) แต่ในระยะการพัฒนาทางด้านการสืบพันธุ์ สารในกลุ่มไซโตไคนินมีผลในการกระตุ้นการสร้างตาดอก (Bangerth and Gruber, 2000) ไซโตไคนินสามารถชักนำการเกิดตาดอก โดยทดแทนวันยาวให้กับพืช ในขณะที่อยู่ในช่วงวันสั้น โดยประสิทธิภาพของ 6-benzylaminopurine > zeatin > kinetin > 6-(3-methylbut-2-enylamino)purine > SD 8333 ซึ่งปริมาณที่ทำให้มีการออกดอกมากที่สุดคือการใช้ในปริมาณ 0.01-0.1 ppm. (Zeevaart, 1978)

Chen (1990), Chen *et al*., (1997) ทำการศึกษาปริมาณไซโตไคนินในยอดลำไยพบว่าปริมาณไซโตไคนินทั้ง ซีเอติน, ซีเอตินไรโบไซด์, ไอโซเพนทีนิล อะดีนีน และไอโซเพนทีนิล อะดีโนซีน เพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่ลำไยเริ่มมีการสร้างตาดอก ซึ่งมากกว่าในช่วงที่มีการแตกใบอ่อน และระยะที่ตาพักตัว โดยเฉพาะปริมาณ ซีเอติน และซีเอตินไรโบไซด์ (Bernier *et al*., 1993)

Chen (1987) พบปริมาณไซโตไคนินในท่อลำเลียงน้ำของมะม่วงสูง ในระยะที่ตาดอกเริ่มมีการพัฒนา ไปจนสูงที่สุดในระยะที่มีการบานของดอกทั้งหมด (full bloom)

ณัฐวดี (2545) พบปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก โดยยอดลำไยในกลุ่มที่ได้รับสารโพแทสเซียมคลอเรตมีปริมาณสารคล้ายไซโตไตนินสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกสัปดาห์ที่ทำการศึกษา

เอทิลีน

ผลของเอทิลีนต่อการออกดอกของพืชนั้น สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. กระตุ้นการออกดอก จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเอทิลีนสามารถกระตุ้นการสร้างตาดอกได้ในสับปะรด (Bartholomew, 1977)

2. ยับยั้งการสร้างตาดอก ความแตกต่างที่เห็นได้ชัด ในการชักนำการออกดอกใน *Plumbago auriculata* Lam. ว่าการใช้เอทิลีนที่ความเข้มข้นสูง จะยับยั้งการสร้างตาดอก อีกทั้งการให้เอทิลีนในช่วงที่มืดยังมีผลในการยังยั้งการสร้างตาดอกได้มากว่าการให้ในขณะที่มีแสง (Zeevaart, 1987)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของ $KClO_3$ ที่มีต่อพืช

สารโพแทสเซียมคลอเรต (Potassium chlorate : $KClO_3$) มีคุณสมบัติเป็นของแข็ง ถ้าอยู่ในรูปผลึกจะใสและไม่มีสี เมื่อนำมาบดเป็นผงจะมีสีขาว ละลายน้ำได้น้อย โดยสาร 1 กรัม ต้องใช้น้ำในการละลาย 16.5 มิลลิลิตร แต่ละลายได้ดีในน้ำเดือด โดยใช้น้ำเพียง 1.8 มิลลิลิตร สารนี้มี

คุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง คือเป็นสารที่ให้ออกซิเจนในปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จึงมีการนำสารนี้มาทำพลุ ดอกไม้ไฟ ทำไม้ขีดไฟ ชนวนจุดระเบิด สีย้อม การฟอกหนัง ตลอดจนสารฆ่าเชื้อโรค สารนี้มีค่าจุดเดือดที่ 400 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 368 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุล 122.55 และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.32 (ธนะชัย, 2542)

กลไกการทำงานในพืช

1. ผลต่อการออกดอก เป็นที่ทราบว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตมีผลในการกระตุ้นการออกดอกนอกฤดูของลำไย (Manochai *et al*., 2005) และยังมีผลกับพืชชนิดอื่นๆด้วย เช่น การช่วยกระตุ้นการเกิดดอกในกล้วยไม้ *Phalaenopsis* โดยการฉีดพ่น (Duan *et al*., 2006)

2. ความเป็นพิษในพืช Borges *et al*., (2004) พบว่าอนุมูลของคลอเรตทำให้เกิดความเป็นพิษต่อต้นกล้าของข้าว โดยทำให้เกิดความเสียหายต่อ เนื้อเยื่อชั้นนอก(exodermis), เนื้อเยื่อชั้นใน(endodermis), กลุ่มเซลล์ของคอร์เทกซ์, และ ขนราก อีกทั้งทำให้เกิดอาการใบเหลือง (Chlorosis) ในถั่วเหลือง (Harper, 1981)

3. ผลต่อการทำงานของเอนไซม์ เอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (Nitrate reductase : NR) ซึ่ง NR เป็นเอนไซม์ที่พืชมีไว้ช่วยให้อนุมูลไนเตรท (Nitrate : NO_3^-) เกิดการรีดิวซ์ไปเป็นอนุมูลไนไตร์ (NO_2^-) ก่อนที่เอนไซม์ไนไตรท์รีดักเตส (Nitrite reductase : NiR) จะมาช่วยการรีดิวซ์ ต่อไปเป็นอนุมูลแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่พืชนำไปใช้ได้ (Dennis *et al*., 1997) โดยการทำงานของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสต้องอาศัยสารให้อิเล็กตรอน (NADH หรือ NADPH) ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช (Dennis *et al*., 1997) ในพืชนั้นอนุมูลของคลอเรตเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นคู่แข่งกับอนุมูลไนเตรท (Nitrate, NO^-_3) ในการทำปฏิกิริยารีดักชั่น (ธนะชัย, 2542) เปลี่ยนคลอเรต (Chlorate : ClO_3^-) ไปเป็นคลอไรท์ (Chlorite : ClO_2^-) ที่จะทำให้เกิดความเป็นพิษในใบถั่วเหลือง (Harper,1981) ใบของต้นกล้าข้าว (Borges *et al*., 2004) และ สาหร่ายสีเขียว (*Chlorella vulgaris* Beijerinck)(Solomonson and Vennesland, 1972)

เมื่ออนุมูลคลอเรตถูกลำเลียง จะไปเกาะกับเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส แล้วเกิดเป็นอนุมูลคลอไรท์ ซึ่งจะมีผลทำให้เอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก ดังนั้นประสิทธิภาพการทำงานรวมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสภายในต้นพืชจึงลดลงภายหลังการได้รับสารประกอบคลอเรต เนื่องจากเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส เป็นเอนไซม์ที่สร้างขึ้นโดยการกระตุ้นของสารตั้งต้น ดังนั้น อนุมูลคลอเรตจึงมีส่วนกระตุ้นการสร้างไนเตรทรีดักเตส เอ็มอาร์เอ็นเอด้วย (Nitrate reductase mRNA) ซึ่งเป็นรหัสทางพันธุกรรมในการสร้างเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตสด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อวัดปริมาณของ Nitrate reductase mRNA จึงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อวัดปริมาณของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส ก็จะพบว่ามีน้อยลง (Matsumoto *et al*., 2007)

เนื่องจากการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตในการชักนำให้ลำไยออกดอกนอกฤดูนั้น เริ่มต้นจากความบังเอิญของชาวสวน หลังจากนั้นจึงมีการทดลอง และพบปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรต ดังนี้ (พาวิน และคณะ, 2547)

1. ระยะการพัฒนาของใบ การใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตกับใบลำไย 3 ระยะ คือ ระยะใบอ่อน (ใบอายุน้อยกว่า 10 วัน) ระยะใบเพสลาด (ใบอายุ 20-25 วัน) ระยะใบแก่ (ใบอายุประมาณ 45 วัน) ในอัตราที่เท่ากัน คือ 8 กรัมต่อตารางเมตร พบว่า ใบอายุ 45 วัน ออกดอกได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ใบอายุ 20-25 วัน ส่วนใบอ่อนอายุน้อยกว่า 10 วัน ออกดอกได้น้อยที่สุด (พิทยา และคณะ, 2547) ดังตารางที่ 1 แสดงว่า ต้นลำไยตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรตได้ดีในระยะใบแก่ สาเหตุที่ต้นลำไยที่อยู่ในระยะใบอ่อนตอบสนองต่อสารโพแทสเซียมคลอเรตได้ไม่ดี คาดว่าใบอ่อนมีสารยับยั้งการออกดอก ถ้าปลิดใบอ่อนออกและให้สารโพแทสเซียมคลอเรต พบว่า ลำไยสามารถออกดอกได้ดีเท่ากับใบแก่ (พาวิน และคณะ, 2547)

ตารางที่ 1 ผลของการให้สารโพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 8 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่มกับต้นลำไยในระยะใบอ่อน ใบเพสลาด และใบแก่ต่อการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ

ระยะใบ	เปอร์เซ็นต์การออกดอกหลังการให้สาร (เปอร์เซ็นต์)	
ไม่ให้สาร	45	60
ระยะใบอ่อน	5.0	6.7
ระยะใบเพสลาด	30.0	61.7
ระยะใบแก่	85.0	100.0

ที่มา : พาวิน และคณะ, (2547)

2. ความเข้มข้นสาร ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตในปริมาณที่สูง ทั้งนี้เนื่องจากการไม่ได้รับคำแนะนำที่ถูกต้อง หรือเกิดจากความไม่มั่นใจว่าการใช้สารปริมาณน้อยจะสามารถชักนำการออกดอกได้ จากการศึกษาที่ผ่าน มาในหลายแห่ง พบว่าการให้สารในปริมาณที่น้อยก็สามารถชักนำให้ลำไยสามารถออกดอกได้ จากรายงานการทดลองของ พาวิน และคณะ (2547) พบว่าการให้สารกับต้นลำไยพันธุ์ดอในเดือนพฤศจิกายนในอัตรา 8 กรัมต่อตารางเมตร สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ 100 % ส่วนในอัตราที่ต่ำกว่านี้ คือ 4 กรัมต่อตารางเมตรออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกได้ 88 % ส่วนลำไยพันธุ์สีชมพูใช้สารเพียง 1 กรัมต่อตารางเมตรสามารถชักนำให้ต้นลำไยออกดอกได้ 100% แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในปีแรกต้นลำไยมีความสมบูรณ์จึงตอบสนองต่อสารได้ดี

3. ฤดูกาล ฤดูกาลมีผลต่อการตอบสนองต่อสารที่ให้ ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น ต้นลำไยสามารถตอบสนองต่อสารได้ดีแม้ใช้ในปริมาณน้อย แต่ในช่วงฤดูฝนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเดือนกันยายนซึ่งเป็นเดือนที่ฝนตกชุกมากที่สุด จะออกดอกได้น้อยกว่าเดือนอื่นๆ ที่ใช้สารในอัตราที่เท่ากัน การใช้สารในฤดูฝนลำไยออกดอกได้น้อย สาเหตุหนึ่งเกิดจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างสารบางส่วนไหลซึมเลยเขตรากทำให้ความเข้มข้นของสารลดลง ทำให้การออกดอกน้อยลง จากการศึกษาพบว่า ภายหลังจากการใช้สาร โพแทสเซียมคลอเรต ถ้าให้น้ำปริมาณที่มากเกินไป ต้นลำไยจะออกดอกได้น้อยกว่าต้นลำไยที่ให้น้ำพอดี (พาวิน และคณะ, 2547)

4. ความเข้มแสง ผลของการพรางแสง 0, 50 และ 90% กับต้นลำไยที่ปลูกในกระถางแล้วให้สาร โพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 1 กรัมต่อกระถาง พบว่าเปอร์เซ็นต์การออกดอกของลำไยลดลงตามระดับการพรางแสงที่เพิ่มขึ้น ความรู้ดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ คือ ควรทำการตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้ทรงพุ่มโปร่งแสงแดดสามารถส่องผ่านเข้าไปในทรงพุ่มได้ และถ้าต้นลำไยที่มีทรงพุ่มทึบมักออกดอกได้น้อย จึงควรหลีกเลี่ยงการให้สาร โพแทสเซียมคลอเรตกับลำไยเพราะมีผลทำให้อัตราสังเคราะห์ลดลง อีกทั้งการตัดแต่งกิ่งจะทำให้ต้นลำไยตอบสนองต่อสารได้ดีกว่า (ชิติ และคณะ, 2545 และ สุภาวดี, 2545)

5. พันธุ์ลำไย ลำไยแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อสารต่างกัน พันธุ์ที่ตอบสนองได้ดีคือ พันธุ์สีชมพู แต่พันธ์ที่นิยมในภาคเหนือคือพันธุ์อีดอ ส่วนพันธุ์อื่นๆ เช่น แห้ว พวงทอง เบี้ยวเขียว ตลับนาก ใบดำ และพื้นเมืองมีการตอบสนองได้ดีเช่นเดียวกัน (พาวิน และคณะ, 2547)

6. วิธีการให้สาร การให้สาร โพแทสเซียมคลอเรตสามารถ ทำได้ 3 วิธี (พาวินและคณะ, 2547) คือ

การให้ทางดิน เป็นการผสมสารกับน้ำราดและการให้แบบหว่านบริเวณทรงพุ่ม การผสมน้ำราดมีข้อดี คือ มีการกระจายตัวของสารอย่างสม่ำเสมอเหมาะสำหรับช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตก ในทางตรงข้าม ในช่วงที่มีฝนตกการให้สารแบบหว่านกลับให้ผลดีกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการหว่าน สารจะค่อยๆ ละลายออกมาไม่ถูกชะล้างไปกับน้ำ ในลักษณะเดียวกันหากปริมาณน้ำมีมากเกินไปจะมีผลทำให้สารถูกล้างเลยรากพืช จนไม่สามารถดูดสาร โพแทสเซียมคลอเรตที่ละลายกับน้ำได้ ในทางปฏิบัติก่อนการให้สารควรทำความสะอาดบริเวณทรงพุ่ม แล้วให้น้ำตามพอชุ่ม เพื่อให้รากดูดสารเข้าสู่ต้นให้มากที่สุด ในช่วง 15 วันแรกของการให้สารควรรักษาความชุ่มชื้นโดยการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการให้ทางดินเป็นวิธีที่นิยมทำกันมาก และทำให้ต้นลำไยออกดอกได้ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การให้ทางใบ การให้สารโพแทสเซียมคลอเรตทางใบสามารถทำให้ลำไยออกดอกได้ แต่ต้องใช้ในความเข้มข้นที่ต่ำ การใช้สารความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออัตรา 400 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร สามารถชักนำการออกดอกได้ การให้สารวิธีนี้มีข้อจำกัด คือ ใบลำไยจะไหม้และมีบางส่วนร่วง การลดการร่วงของใบสามารถทำได้โดยการลดความเข้มข้นเหลือ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออัตรา 200 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร พ่น 2 ครั้งห่างกัน 7 วัน และควรพ่นให้โดนส่วนปลายยอด ไม่ควรพ่นใบแก่ในทรงพุ่ม หากใช้ความเข้มข้นที่มากเกินไปใบจะร่วง การฉีดพ่นในขณะที่แสงแดดจัด ใบก็จะร่วงเช่นกัน ดังนั้นจึงควรพ่นในช่วงที่อากาศเย็น เช่น เช้าหรือเย็น นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตว่าการฉีดพ่นสารกับต้นลำไยที่ขาดน้ำมากๆ จะทำให้ใบร่วง

ข้อควรระวังในการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตพ่นทางใบ ได้แก่

- ไม่ควรใช้สารในปริมาณที่สูงกว่าคำแนะนำ เพราะจะทำให้ใบไหม้และร่วงได้
- ควรพ่นในระยะใบเพสลาดถึงใบแก่ (ใบอายุ 45-60 วัน)
- ควรพ่นในตอนเช้าหรือเย็นในขณะที่อากาศไม่ร้อน
- ควรสวมชุดปกปิดร่างกาย และไม่ควรสูบบุหรี่ในขณะฉีดพ่นยา และควรทำความสะอาดชุดที่สวมทันทีหลังการฉีดพ่น
- ไม่ควรผสมสารใดๆ ร่วมกับสารโพแทสเซียมคลอเรต

การฉีดเข้าลำต้น การใช้สารในปริมาณน้อยกับลำไยพันธุ์สีชมพู สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้ถึง 80% ซึ่งหลักการในการให้สารควรเลือกกิ่งที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-15 เซนติเมตร แล้วใช้สว่านเจาะเข้าไปในกิ่งลึกประมาณ 2-3 นิ้ว จากนั้น นำปลอกพลาสติกตอกลงไปในรูให้แน่น ละลายสารคลอเรตในปริมาณน้อยๆ จากนั้นใช้หลอดฉีดยาชนิดพลาสติกขนาด 60 ซีซี ดูดสารละลายและดูดอากาศเข้าไปด้วยประมาณ 10 ซีซี เพื่อให้เกิดแรงดันเข้าไปในกิ่งโดยผ่านทางปลอกพลาสติกที่ตอกไว้ ภายหลังจากการฉีดสารเข้าไปในกิ่งต้องให้น้ำกับต้นลำไยเพื่อให้สารลำเลียงขึ้นสู่ยอดให้เร็วที่สุด (พาวิน และคณะ, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved