บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ปทุมมา (*Curcuma alismatifolia* Gagnep.) จัดอยู่ในสกุลขมิ้น เป็นพืชตระกูลขิง (Zingiberaceae) พืชในสกุลนี้พบกระจายอยู่ในเขตร้อน ตั้งแต่ ออสเตรเลีย เอเชีย และแอฟริกา ในประเทศไทยพบประมาณ 30 ชนิด กระจายตามภาคต่างๆของประเทศ (กรมส่งเสริมเกษตร, 2547 : ระบบออนไลน์) สามารถพบตั้งแต่ระดับใกล้น้ำทะเลคือ ทางตอนใต้ของประเทศ หรือสูงจากระดับน้ำทะเล เช่นในบริเวณภูเขาทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาจพบในทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ หรือป่าชื้น (สุรวิช, 2359ข)

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ระบบราก

ปทุมมาเป็นไม้หัวที่มีระบบรากฝอย และรากสะสมอาหาร ส่วนของปลายรากบวมพองมีลักษณะเป็นตุ้ม ไม่สามารถตัดไปใช้ขยายพันธุ์ได้ (สุรวิช, 2539ข ; พรรณนีย์, 2545) โดยทั่วไปตุ้มรากเกิดขึ้นปริมาณมากเมื่อต้นสมบูรณ์เต็มที่ ดังนั้นจำนวนตุ้มรากต่อเหง้าจึงถูกนำมาใช้กำหนดคุณภาพหัวพันธุ์ ทั้งนี้ตุ้มรากจะค่อยๆเหี่ยวก่อน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานส่วนของเหง้าเป็นส่วนที่เหี่ยวช้าที่สุด และแม้ว่าหัวพันธุ์ที่ไม่มีตุ้มรากหรือถูกตัดตุ้มรากทิ้งก่อนปลูก สามารถงอกได้เช่นเดียวกับหัวพันธุ์ที่มีตุ้มราก แต่หัวพันธุ์ที่มีตุ้มรากมากสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า (สุรวิช, 2539ข)

ลำต้น

ลำต้นใต้ดิน เรียกว่าเหง้า (rhizome) มีข้อหดสั้นทำให้มีลักษณะคล้ายหัว (stubbed rhizome) (Ruamrungsri *et al*., 2001) ส่วนของลำต้นทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหาร ตาข้างของเหง้าเจริญเติบโตเป็นลำต้นเทียม (pseudostem) อยู่เหนือดิน (สุรวิช, 2539ข) ทำหน้าที่เป็นก้านใบและห่อหุ้มส่วนของก้านดอก เมื่อต้นเริ่มแก่ส่วนของโคนลำต้นใต้ดินโป่งออกด้านข้าง และเปลี่ยนเป็นหัว (วิภาดา และนิพัฒน์, 2537)

ใบ

ใบเป็นใบเดี่ยวลักษณะเรียวยาว แผ่นใบเรียบสีเขียวเข้มหนา เส้นกลางใบมีสีเขียวหรือสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำตาลแดง ใบกว้าง 4-5 เซนติเมตร ยาว 30-35 เซนติเมตร ใบเกิดจากส่วนของลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วยกาบใบซึ่งห่อรวมกันแน่นเกิดเป็นลำต้นเทียม (จีรวัฒน์, 2535 ; สุรวิช, 2539ข ; สำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรเขตที่ 1, 2545)

ดอก

ช่อดอกของปทุมมาเป็นแบบ compact spike แทงออกมาจากส่วนของโคนใบที่โอบล้อมกันอยู่เป็นชั้นๆ ช่อดอกประกอบด้วยกลีบประดับ (bract) เวียนซ้อนกันแน่น ทิศทางการเวียนของกลีบประดับมีทั้งแบบตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา กลีบประดับส่วนล่าง และส่วนบนของช่อดอกมีลักษณะแตกต่างกัน (จีรวัฒน์, 2535) กลีบประดับส่วนล่างมี 8-10 กลีบ มีลักษณะสั้นและมีสีเขียว โคนของกลีบประดับเชื่อมติดกัน เกิดเป็นลักษณะคล้ายถ้วยซ้อนกัน ตรงปลายมีลักษณะป้านแผ่ออกเป็นช่วงทำให้น้ำขังได้ดี กลีบประดับส่วนบน (coma bract) มีสีม่วงอมชมพู เรียงซ้อนกันคล้ายดอกบัว โดยทั่วไปกลีบประดับส่วนบนมี 12-15 กลีบ (วิภาดา และ นิพัฒน์, 2537) ในซอกของกลีบประดับแต่ละอันเป็นที่เกิดของดอกจริงจำนวน 4-6 ดอก ดอกจริงเหล่านี้บานไม่พร้อมกัน การบานของดอกเริ่มจากกลีบประดับแรกบริเวณโคนช่อ แล้วบานเวียนขึ้นไปทางปลายช่อ มีอายุการบานดอกเพียง 1 วัน จากนั้นมีการบานของดอกในกาบรองดอกอันถัดไปต่อเนื่องกันทุกวัน เมื่อดอกแรกของกลีบประดับที่ 4-6 เริ่มบาน ดอกที่สองของกลีบประดับแรกทางโคนช่อเริ่มบานหมุนเวียนขึ้นไปทางช่อดอกอีก ทำให้การบานของดอกหลายๆดอกในแต่ละกลีบมีระยะห่างกันประมาณ 4-6 วัน (จีรวัฒน์, 2535)

ดอกจริงยาวประมาณ 4 เซนติเมตร ประกอบด้วย กลีบดอกชั้นนอก 3 กลีบ และชั้นใน 3 กลีบ กลีบดอกมีสีขาว กลีบดอกชั้นนอกกลีบบนมีความกว้างมากกว่ากลีบล่างอีก 2 กลีบที่มีรูปร่างเหมือนกัน กลีบดอกชั้นในอีก 3 กลีบเรียงตัวสลับกับกลีบชั้นนอก กลีบชั้นในที่อยู่ด้านข้าง 2 อันมีรูปร่างเหมือนกัน แต่กลีบชั้นในที่อยู่ด้านล่าง ในทิศทางตรงข้ามกับกลีบบนของกลีบดอกวงนอกมีความกว้างมากกว่ากลีบอีก 2 อัน กลีบล่างมีลักษณะเหมือนปาก มีสีม่วงเข้ม (deep reddish purple) ส่วนโคนเป็นร่องลึกตรงกลาง มีขอบเป็นสีนูนเป็นทางเหลือง (vivid yellow) ขอบกลีบหยักเป็นริ้ว (จีรวัฒน์, 2535 ; วิภาดา และ นิพัฒน์, 2537)

ปทุมมาเป็นดอกสมบูรณ์เพศเกสรเพศผู้ประกอบด้วย ก้านชูเกสรแผ่เป็นแผ่นเชื่อมกับกลีบดอก มีขนาดสั้นและกว้าง ปลายก้านชูมีอับละอองเชื่อมติดกัน 2 พู แต่ละพูมีกระเปาะละอองเกสร 2 กระเปาะ ฐานอับละอองเกสรเชื่อมติดกันเป็นหลอดล้อมก้านชูเกสรเพศเมีย ละอองเกสรเพศผู้มีลักษณะกลมและเหนียวจับกันเป็นก้อน เกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่แบบต่ำกว่าส่วนประกอบของดอกของดอก ยอดเกสรเพศเมียเป็นแบบปากปิดคล้ายปากแตรชูอยู่เหนืออับละอองเกสร รังไข่มีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง ภายในช่องมีไข่อ่อนลักษณะคล้าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดถั่ว 40-50 อัน ติดอยู่ที่แกนกลางแบบ axile placentation ไข่มีการเจริญโค้งกลับไปทาง placenta (anatropous ovule) ประกอบด้วย integument 2 ชั้น nucellus มีขนาดใหญ่ ส่วนปลายของรังไข่เป็นก้านเกสรเพศเมีย มีลักษณะเป็นเส้นยาวแทรกอยู่ระหว่างกลางของอับละอองเกสร 2 พู ปลายของก้านชูเกสรเป็นยอดเกสรเพศเมีย ซึ่งแผ่ขยายออกทางด้านข้างตรงกลางเป็นแอ่งลึก (จีรวัฒน์, 2535 ; วิภาดา และ นิพัฒน์, 2537) หลังการปฏิสนธิรังไข่ซึ่งมีไข่อ่อนขยายขนาดขึ้น โดยเริ่มต้นนั้นผลมีรูปหน้าตัดเป็นเหลี่ยม 3 เหลี่ยม เนื่องจากรังไข่ 3 อันเชื่อมต่อกัน เมื่อผลพัฒนาเต็มที่เห็นเป็นลักษณะ 3 พู ภายในแต่ละพูเป็นที่อยู่ของเมล็ด ขนาดและรูปร่างคล้ายเมล็ดองุ่น คือมีรูปร่างคล้ายหยดน้ำแคบ มีความยาว 0.5 เซนติเมตร ปลายแหลมของแต่ละเมล็ดมีเยื่อบางสีขาวรูปหลายแฉกติดอยู่ เพื่อช่วยให้เมล็ดลอยน้ำ เหมาะต่อการกระจายพันธุ์ในช่วงปลายฤดูฝน ผลมีอายุเฉลี่ย 1-2 เดือน ผลที่แก่เต็มที่มีผนังบางและใส สามารถเห็นเมล็ดแก่สีน้ำตาลเข้ม (สุรวิช, 2539ข)

2. วงจรการเจริญเติบโตของปทุมมา

ปทุมมาเป็นไม้หัวล้มลุกประเภทยืนต้นมีการเจริญเติบโตออกดอกช่วงฤดูฝน ช่อดอกเริ่มมีการพัฒนาเมื่ออายุได้ประมาณ 70 วัน หลังปลูก แทงช่อดอกและบานดอกแรก เมื่ออายุได้ประมาณ 91 วัน และ 105 วันตามลำดับ หลังจากนั้นลงหัวและต้นยุบตัวลงหลังจากออกดอก โดยปกติต้นปทุมมาเริ่มสร้างหัวใหม่เมื่อเริ่มออกดอก ประมาณเดือนตุลาคม ใบเริ่มเหี่ยวเหลืองและต้นยุบตัวลง หัวพันธุ์พักตัวในช่วงฤดูหนาว ในช่วงที่มีสภาพอากาศแล้ง และในวันสั้น คือเดือน พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ เมื่อหัวพันธุ์พ้นระยะพักตัวจึงงอกเป็นต้นใหม่ในฤดูฝนของปีถัดไป โดยอยู่ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของเดือนมีนาคม (จีรวัฒน์, 2535 ; วิภาดา และนิพัฒน์, 2537 ; สุรวิช 2539ข)

จีรวัฒน์ (2535) พบว่า ขนาดหัวพันธุ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา โดยหัวพันธุ์ขนาดใหญ่ให้จำนวนหน่อต่อหนึ่งหัวเดิมสูงกว่าหัวพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่า ซึ่งส่งผลให้ได้ปริมาณของหัวใหม่ต่อต้นในปลายฤดูปลูกมากกว่าตามไปด้วย โดยที่หน่อหนึ่งหน่อให้หัวใหม่หนึ่งหัวที่โคนของหน่อนั้นๆ หัวพันธุ์ขนาดใหญ่กว่าให้จำนวนใบมากกว่า จำนวนใบนอกจากจะส่งเสริมในด้านคุณภาพของหัวใหม่แล้วยังส่งเสริมคุณภาพของช่อดอกอีกด้วย หัวพันธุ์ที่มีรากสะสมอาหารมากกว่าให้จำนวนช่อดอกต่อต้นสูงกว่า สร้างและพัฒนาช่อดอกแรกได้เร็วกว่า

เยาวลักษณ์ (2544) พบว่า หัวปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ ไม่มีการพักตัวแต่มีระยะ quiescent อย่างน้อย 3 สัปดาห์ คือ หัวพันธุ์ไม่งอกเนื่องจากสิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิและความชื้น) ไม่เหมาะสม เมื่อเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ทันทีหลังต้นยุบตัว ให้ได้รับอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส และความชื้นในวัสดุบ่ม 70 เปอร์เซ็นต์ หัวพันธุ์งอกทั้งหมด และเมื่อผ่านระยะ quiescent 3 สัปดาห์ หัวพันธุ์งอกได้ที่อุณหภูมิลดลงคือ 31 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และ 23 องศาเซลเซียสในเวลากลางคืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การขยายพันธุ์ (สุรวิช, 2539ข ; สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1, 2540)

การเพาะเมล็ด

ดอกของกลุ่มปทุมมา พร้อมถ่ายละอองเรณูตั้งแต่ดอกเริ่มบานจนถึง 10.00 นาฬิกา ละอองเรณูของดอกไม้ประเภทนี้ มีความเป็นหมันในระดับปานกลางถึงต่ำ ดังนั้นต้องรีบถ่ายละอองเรณูในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับสูง โดยธรรมชาติพืชสกุลนี้มีการพักตัวควรนำเมล็ดเก็บไว้ก่อนแล้วนำมาปลูกในฤดูถัดไป (ราวกลางเดือนเมษายน เป็นต้นไป) พืชในสกุลนี้หลายชนิดติดเมล็ดง่ายตามธรรมชาติ จึงสามารถนำเมล็ดมาเพาะได้ แต่อาจพบความแปรปรวนของปทุมมาในการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด เพราะเมล็ดที่ได้อาจเกิดจากการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ

การแยกหัวปลูก

เป็นวิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ต้นที่ได้มีลักษณะคงเดิมเหมือนต้นแม่พันธุ์ การปลูกปทุมมาเพื่อการผลิตแบบอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้พืชโคลนเดียวกัน และเป็นวิธีที่เกษตรนิยมปฏิบัติ ช่วงฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ในช่วงต้นฤดูฝน (เมษายน) เนื่องจากสามารถให้ดอกได้เร็ว และช่วงเวลาออกดอกนานกว่าการปลูกล่า

การผ่าเหง้าปลูก

เป็นวิธีการเพิ่มชิ้นส่วนของพันธุ์ให้มากขึ้น โดยผ่าแบ่งเป็นทางยาวเป็น 2 ชิ้นเท่าๆกัน แนวการผ่าต้องอยู่กึ่งกลางระหว่างตาที่อยู่สองข้างของเหง้า ชิ้นเหง้าที่ได้ควรมีตาข้างที่สมบูรณ์ไม่น้อยกว่า 1 ตา และมีรากสะสมอาหารติดมาด้วยอย่างน้อย 1 ราก วิธีนี้จะเป็นการประหยัดค่าหัวพันธุ์เริ่มต้นแต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจาก โรคอาจเข้าทำลายบริเวณบาดแผลได้ง่าย ดังนั้นเมื่อผ่าเหง้าแล้วต้องป้องกันกำจัดเชื้อราไม่ให้เข้าทำลายบริเวณบาดแผล การผ่าเหง้าควรทำก่อนปลูกเล็กน้อย เพราะชิ้นเหง้าไม่สามารถเก็บได้นาน ชิ้นเหง้าที่ได้จากการขยายพันธุ์โดยวิธีนี้ต้องให้ความสำคัญในเรื่องธาตุอาหาร และความชื้นเป็นอย่างดี เนื่องจากหัวพันธุ์ที่ใช้มีอาหารสะสมน้อยกว่าปกติจะงอกช้าและอาจให้ดอกที่มีคุณภาพต่ำกว่าหากขาดการจัดการที่ดี

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

เป็นวิธีการเพิ่มปริมาณต้นพืชโคลนเดียวกันให้มากในเวลาสั้น เป็นการเลี้ยงจากส่วนของตาข้างของเหง้าและช่อดอกอ่อนที่ได้จากต้นที่ไม่เป็นโรคและมีกาบไปห่อหุ้มอยู่ วิธีการนี้มีข้อดีคือปราศจากเชื้อหรือมีการปนเปื้อนน้อย เปรียบเทียบกับการใช้ชิ้นส่วนจากหัวมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราสูงมาก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะใช้เวลาประมาณ 1 ½ - 2 ปี จึงให้ดอกและหัวพันธุ์ที่มีคุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. บทบาทและหน้าที่ของสารควบคุมการเจริญเติบโต

สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น หรือสารที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโตปริมาณเล็กน้อยสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ (สมบุญ, 2544)

4.1 คำจำกัดความของสารควบคุมการเจริญเติบโต (นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544)

1. เป็นสารอินทรีย์ ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นหลัก
2. เป็นสารที่แม้ในปริมาณเล็กน้อย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช
3. สารนั้นไม่ใช่อาหารหรือธาตุอาหารพืช เช่น สารอินทรีย์บางอย่างได้แก่ น้ำตาล กรดอะมิโน ไขมัน หรือปุ๋ยต่างๆ เช่น โพแทสเซียมไนเตรต แอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็นสารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ถือว่าสารเหล่านี้เป็นสารอาหารหรือธาตุอาหารพืช จึงไม่จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

4.2 ชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีการจำแนกตามคุณสมบัติต่างๆกันคือ

ออกซิน (auxin)

ในพืชส่วนที่มีการสร้างออกซินได้แก่ บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปลายยอด ตาที่กำลังเจริญ ใบอ่อน และเอมบริโอที่กำลังเจริญ นอกจากนี้พบว่า แบคทีเรียบางชนิดมีความสามารถสร้างออกซินได้เช่นกัน สารกลุ่มนี้มีทั้งชนิดที่พืชสร้างขึ้นเอง และสารสังเคราะห์ มีหน้าที่ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ ทำให้ส่วนของพืชมีการเจริญเติบโตยืดยาวขึ้น ออกซินมีผลต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ กระตุ้นการเจริญของผล การออกดอก และการติดผลของพืชบางชนิด ยับยั้งการเติบโตของตาข้าง และเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของพืช (สมบุญ, 2544 ; ชวนพิศ, 2544)

การเคลื่อนย้ายของออกซินในพืชเป็นแบบอย่างมีทิศทาง (polar transport) เป็นการเคลื่อนที่แบบแอคทีฟแทรนสปอร์ต ซึ่งสามารถปั๊มสารเข้าออกนอกเซลล์ได้ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ (สมบุญ, 2544) การเคลื่อนที่แบบโพลาร์นั้น คือเคลื่อนไปตามความยาวของลำต้น โดยไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งมากกว่าทิศทางตรงกันข้าม เช่น ในส่วนของลำต้น ออกซินเคลื่อนที่จากยอดสู่โคน (basipetal direction) แต่ออกซินในรากเคลื่อนที่จากปลายรากไปสู่ยอด (acropetal direction)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเคลื่อนที่แบบโพลาร์นี้ลดลงเมื่อพืชอายุมากขึ้น การลำเลียง IAA ต่างจากการลำเลียง น้ำตาล แร่ธาตุ หรือสารละลายอื่นๆ เพราะ IAA ไม่ลำเลียงผ่านทางโฟลเอ็มหรือไซเล็ม แต่ลำเลียงผ่านทางพาเรงคิมาที่อยู่ติดกับท่อลำเลียง (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542)

เนื่องจากออกซินที่พืชสร้างขึ้นส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารเคมีที่เรียกว่า กรดอินโดล-3-แอซิติก (indole-3-acetic acid, IAA) จากการศึกษาของ Thimann (1939) ; Sebanek (1992) พบว่า IAA เกิดจากกรดอะมิโนทริปโตเฟน (tryptophan) เป็นสารประกอบหลักของการสังเคราะห์ IAA ทริปโตเฟนเปลี่ยนเป็น อินโดลไพรูเวต (indole-pyruvate) โดยกระบวนการดีอะมิเนชัน (deamination) หลังจากนั้นจะเกิดกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) เปลี่ยนอินโดลไพรูเวตให้เป็น อินโดลอะซิทาลดีไฮด์ (indoleacetaldehyde) ต่อมาหมู่อัลดีไฮด์ (aldehyde) ของอินโดลอะซิทาดีไฮด์ถูกออกซิไดซ์กลายเป็น IAA สายทางการสร้าง IAA โดยวิธีนี้พบทั่วไปในพืชส่วนใหญ่ สำหรับพืชบางชนิด เช่น ยาสูบ มะเขือเทศ ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ สามารถสร้าง IAA จากทริปโตเฟน โดยเปลี่ยนทริปโตเฟนให้เป็นทริปตามีน (tryptamine) ด้วยกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน จากนั้นเกิดกระบวนการออกซิเดทีฟดีอะมิเนชัน (oxidative deamination) เป็น อินโดลอะซิทาลดีไฮด์ และถูกออกซิไดซ์กลายเป็น IAA ในพืชตระกูลแตงและถั่วบางชนิดอาจมีการสังเคราะห์ IAA โดยผ่านสารตัวกลาง อินโดลอะซีโทไนทริล (indoleacetonitril) โดยพืชเปลี่ยนทริปโตเฟนไปเป็นไทโอกลูโคไซด์ (thioglucoside) และ กลูโคบราสซิซิน (glucobrassicin) สารดังกล่าวจะเปลี่ยนไปเป็นอินโดลอะซีโทไนทริล และเปลี่ยนเป็น IAA โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ไนทริเลส (nitrilase) (สมบุญ, 2544)

ผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตของพืช (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; ชวนพิศ, 2544 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. กระตุ้นการแบ่งเซลล์ ออกซินสามารถเร่งการแบ่งเซลล์โดยส่งเสริมการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและโปรตีน โดยหลังจากใส่ IAA ในอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า เนื้อเยื่อยาสูบมีปริมาณ RNA เพิ่มขึ้นอย่างมาก การกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ (cambium) ทำให้พืชมีเนื้อไม้มากขึ้น เกิดการเจริญเติบโตทางด้านข้างมากขึ้น

2. เร่งการขยายตัวของเซลล์ ออกซินช่วยทำให้เกิดการขยายตัวของผนังเซลล์ โดยผนังเซลล์ประกอบด้วยสารประกอบพอลิเมอร์ของสารพอลิแซ็กคาไรด์พวกเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารที่มีความเหนียวแข็งและสารพวกเพคติน สารเหล่านี้เรียงตัวเป็นชั้นเรียกไมโครไฟบริล (microfibril) ออกซินมีผลทำให้ผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงมีการยืดตัวอย่างถาวร (plasticity) ซึ่งทำให้ผนังเซลล์ขยายตัวทั้งด้านยาวและด้านกว้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. กระตุ้นการเกิดราก ออกซินจากใบและตาของกิ่งช่วยให้กิ่งที่ถูกตัดออกรากเร็วและจำนวนมาก การกระตุ้นการเกิดรากต้องประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การมีอาหารสะสมอยู่ภายในอย่างเพียงพอ มีออกซิน และโคแฟคเตอร์พวกฟีนอลในบริเวณที่เกิดราก โดยสารต่างๆ เหล่านี้ทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง กระตุ้นการเกิดรากขึ้นใหม่ได้ ออกซินในปริมาณที่พอเหมาะสามารถกระตุ้นให้เกิดราก ขณะที่ออกซินที่ความเข้มข้นสูงยับยั้งการเจริญของราก

4. การยับยั้งการเจริญของตาข้าง ออกซินในพืชจะสร้างขึ้นที่ปลายยอดเป็นส่วนใหญ่ และเคลื่อนที่สู่ส่วนล่าง มีผลยับยั้งการเจริญของตาข้างมิให้งอกเป็นกิ่งและใบ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการข่มของตายอด (apical dominance) เมื่อตัดยอดพืชส่วนที่สร้างออกซินออกมา พบว่าตาข้างเจริญแตกกิ่งก้านได้

5. ป้องกันการร่วงของใบ กิ่ง และผล เมื่อพืชอายุมากขึ้นส่วนของใบ ดอก ผล ซึ่งแก่เต็มที่จะร่วง การร่วงนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆทั้งทางสรีรวิทยาและด้านกายวิภาคภายในพืช โดยพืชสร้างสารไปกระตุ้นทำให้เกิดชั้นแอบซิสชัน (abscission layer) คือชั้นที่ก่อให้เกิดการร่วง ออกซินในบริเวณปลายยอดปลายกิ่งจะยับยั้งการสร้างชั้นแอบซิสชัน ที่บริเวณโคนของก้านทำให้ กิ่ง ใบ ดอก ผล ไม่ร่วงจากต้น ใบ กิ่ง และผลของพืชที่อยู่ใกล้บริเวณโคนลำต้นจะร่วงก่อนที่อยู่ใกล้ยอด เนื่องจากออกซินที่สร้างขึ้นบริเวณปลายยอด ปลายกิ่งเคลื่อนย้ายมาสู่บริเวณส่วนต่างๆของใบ กิ่ง ดอก ผล และลำต้นที่อยู่ใกล้บริเวณโคนของลำต้นได้ออกซินน้อยหรือไม่เพียงพอ ทำให้ใบ กิ่ง และดอกร่วงจากต้น

6. ควบคุมการตอบสนองของพืชโดยการเบนตามแสง (phototropism) หรือ การเบนตามแรงโน้มถ่วงของโลก (gravitropism)

7. การผลิตผลไม้ไร้เมล็ด (parthenocarpy) พืชบางชนิดสามารถผลิตผลไม้ที่ไม่มีเมล็ดได้ตามธรรมชาติ เช่น กล้วย สับปะรด มะเขือเทศ การเกิดผลไม้ไร้เมล็ดนั้นอาจเนื่องจากไม่มีการถ่ายละอองเกสร หรือมีการถ่ายละอองเกสรแต่ไม่มีการปฏิสนธิ หรืออาจมีการปฏิสนธิแต่เอมบริโอแท้งไปก่อนที่ผลจะเจริญเต็มที่ พืชที่สามารถผลิตผลไม้ไร้เมล็ดรังไข่มักมีออกซินปริมาณมากกว่าพันธุ์ที่มีเมล็ด ดังนั้นการให้ออกซินแก่ดอกที่ไม่ได้รับการถ่ายละอองเกสรจึงสามารถผลิตผลไม้ไร้เมล็ดได้

8. เร่งการเกิดดอกของพืชบางชนิด ผลของออกซินในการเร่งการออกดอกในพืช ยังไม่เด่นชัด ในสับปะรดที่ได้รับออกซินพวก NAA และ IBA สามารถเร่งการออกดอกของสับปะรดได้ แต่เชื่อกันว่าน่าจะเป็นผลทางอ้อมที่เกิดจากออกซินไปกระตุ้นให้พืชสร้างเอทธิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้สับปะรดเกิดดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

9. การเปลี่ยนเพศดอก การพ่นออกซินที่ช่อดอกของพืชบางชนิด ทำให้เกิดการเปลี่ยนเพศดอก ช่วยในการติดผล พืชที่มีต้นดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ต่างดอกหรือต่างต้น หรือในช่อดอกที่มีปริมาณดอกเพศผู้และดอกเพศเมียต่างกันมาก โอกาสในการผสมระหว่างเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียเกิดน้อย ถ้าเกสรเพศผู้มีน้อยดอกเพศเมียจะขาดเกสรเพศผู้มาผสม การใช้ออกซิน เช่น NAA พ่นที่ช่อดอกหรือบางส่วนของต้นเพศเมียในระยะดอกตูม ทำให้เกิดดอกเพศผู้ได้ เช่น ในพืชพวกเงาะ ส่วนในพืชตระกูลแตง เช่น แตงกวา และฟักทอง ถ้าฉีดพ่นด้วยออกซินช่วยทำให้มีดอกเพศเมียเพิ่มมากขึ้น

10. การแปลงสภาพของเซลล์ (cell differentiation) ออกซินจากใบอ่อนสามารถกระตุ้นกลุ่มเซลล์โพรแคมเบียม (procambium) ให้เปลี่ยนเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาก โดยทั่วไปถ้านำเซลล์พาเรงคิมาไปเพาะเลี้ยงอาหารได้กลุ่มเซลล์ขึ้นมาใหม่เรียก แคลลัส ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่ยังไม่แปลงสภาพ ต่อเมื่อมีการใส่ฮอร์โมนกลุ่มเซลล์เหล่านี้จึงถูกแปลงสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงคือไซเล็มและโฟลเอ็ม สัดส่วนของฮอร์โมนออกซินและไซโตไคนินมีผลต่อการเกิดเนื้อเยื่อที่แตกต่างกัน ถ้าให้ออกซินมากกว่าไซโตไคนิน กลุ่มเซลล์มักแปลงสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อที่ให้กำเนิดราก ตรงข้ามถ้าให้ไซโตไคนินมาก เซลล์มักแปลงสภาพเป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเป็นยอด

11. เพิ่มการติดผลและการขยายขนาดของผล ในพืชที่มีเมล็ดมากพบว่า การใช้ 4-CPA กับมะเขือเทศ NAA กับพริก หรือ 2,4-D กับส้มเขียวหวาน ช่วยเพิ่มการติดผล สำหรับพืชที่มีเมล็ดเดียว เช่น มะม่วง ท้อ ไม่พบการตอบสนองของพืชต่อออกซินในด้านการติดผล ภายหลังการผสมเกสร พืชมีการสร้างออกซินเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของผล ในสตรอเบอรี่การเจริญเติบโตของผลขึ้นอยู่กับออกซินภายในส่วนที่เรียกว่าเอคีน (achene) หรือผลย่อย ซึ่งถ้าแกะส่วนเอคีนนี้ออกทำให้ส่วนผลของสตรอเบอรี่ซึ่งเจริญมาจากฐานรองดอกไม่ขยายตัว

12. สารกำจัดวัชพืช ออกซินมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดวัชพืช (herbicides) โดยออกซินทุกชนิดถ้าใช้ที่ความเข้มข้นสูงจะสามารถฆ่าพืชทุกชนิดได้ ดังนั้นจึงมีการนำสารออกซินมาใช้เป็นยากำจัดวัชพืชอย่างกว้างขวาง ได้แก่ 2,4-D 2,4,5-T และ MCPA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จิบเบอเรลลิน (Gibberellin)

เป็นสารที่สร้างในพืชหรือโดยเชื้อราบางชนิด ค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1890 โดยชาวนาญี่ปุ่น พบว่าต้นกล้าข้าวมีลักษณะความสูงผิดปกติ อ่อนแอ ไม่ออกดอก และตายก่อนที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ เรียกโรคนี้ว่า bakanae disease (foolish seedling disease) ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1926 Kurosawa พบว่า โรคข้าวชนิดนี้เกิดจากเชื้อราชื่อ *Gibberella fujikuroi* ในปี ค.ศ. 1935 Yabuta และ Hayashi สามารถสกัดสารที่มีฤทธิ์ดังกล่าว ให้ชื่อว่า จิบเบอเรลลิน ในพืชชั้นสูงพบว่าแหล่งสังเคราะห์จิบเบอเรลลินที่สำคัญคือ บริเวณยอดอ่อน ปลายรากและผลหรือเมล็ดที่กำลังพัฒนา แต่จิบเบอเรลลินมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากโดยตรงน้อยมาก และยับยั้งการสร้างรากพิเศษ (adventitious root) นอกจากนั้นยังพบในใบแก่ ดอกและผลอ่อนในปริมาณน้อย (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; ชวนพิศ, 2544 ; สมบุญ, 2544)

การเคลื่อนย้ายจิบเบอเรลลินในพืชเป็นแบบไม่มีทิศทางแน่นอน (nonpolar transport) อาจเคลื่อนที่โดยการแพร่ผ่านทางท่อน้ำและท่ออาหาร โดยสามารถเคลื่อนที่จากส่วนข้อของใบเลี้ยงไปสู่ส่วนยอดและส่วนรากได้ในเวลาเดียวกัน (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544)

การสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในพืชคล้ายกับจิบเบอเรลลินที่ได้จากเชื้อรา โดยพบว่าสารตั้งต้นในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินคือ อะซิทิล โคเอ (acetyl CoA) 2 โมเลกุล รวมตัวกันกลายเป็นกรดเมวาโลนิก (mevalonic acid) ผ่านสายธารไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid pathway) เกิดสารตัวกลางหลายชนิดจนกลายเป็น เคียวรีน (keurene) และมีการเปลี่ยนแปลงต่อไป จนเปลี่ยนเป็น GA_{12} และ GA_4 ซึ่งมีการเปลี่ยนไปเป็น GA รูปอื่นๆรวมทั้ง GA_3 (สมบุญ, 2544) จิบเบอเรลลินเป็นชื่อที่เรียกทั่วๆไปของกลุ่มสารประเภทนี้ ซึ่งค้นพบไม่น้อยกว่า 80 ชนิด และตั้งชื่อเรียกเป็น gibberellin A_1 (GA_1), GA_2, GA_3 เป็นต้น โดยที่กรดจิบเบอเรลลิก คือ GA_3 เป็นชนิดที่พบมากและได้รับความสนใจศึกษามากกว่าชนิดอื่นๆ (ดนัย, 2537)

ผลของจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตของพืช (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; ชวนพิศ, 2544 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ พืชบางชนิดไม่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินที่ได้จากภายนอก ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าในพืชชนิดนั้นมีปริมาณจิบเบอเรลลินที่เพียงพอแล้ว จิบเบอเรลลินทำให้ลำต้นสูงขึ้นโดยเพิ่มการยืดตัวของปล้อง เกิดจากการแบ่งตัวและการยืดตัวของเซลล์แต่ส่วนใหญ่เกิดจากการยืดตัว นอกจากนี้แล้วพืชต่างชนิดกันตอบสนองต่อชนิดและปริมาณของจิบเบอเรลลินที่ต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. กระตุ้นการเกิดดอก (Flower initiation) การออกดอกของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งอายุของพืชและสภาพแวดล้อม เช่นวันสั้น วันยาว ความหนาวเย็น จิบเบอเรลลินสามารถทดแทนความต้องการวันยาวในพืชบางชนิดได้ และยังทดแทนความต้องการความหนาวเย็นในการกระตุ้นการออกดอก (vernalization)

3. การแสดงออกของเพศดอก (sex expression) ในพืชตระกูลแตง แตงกวา สควอช พบว่า จิบเบอเรลลินมีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดการสร้างดอกเพศผู้เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามมีผลทำให้ช่อดอกของก่อ (chinese chestnut) มีจำนวนดอกเพศผู้น้อยลง และมีจำนวนดอกเพศเมียมากขึ้น

4. กระตุ้นการลำเลียงอาหาร และแร่ธาตุอาหารในเซลล์สะสมอาหารของเมล็ด เมื่อเมล็ดงอกการเติบโตของต้นกล้าในระยะแรกๆ อาศัยอาหารสำรองที่สะสมไว้ในเมล็ดไปจนกว่ารากเจริญเติบโตจนสามารถดูดแร่ธาตุจากดิน และยอดสามารถขยายตัวสามารถรับแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง อาหารสำรองต้องถูกย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ก่อน เช่น น้ำตาลซูโครส กรดอะมิโน โดยมีจิบเบอเรลลินช่วยกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของอาหารสะสม ส่วนใหญ่พบในเมล็ดธัญพืช เมื่อเมล็ดมีความชื้นเพียงพอ เอมบริโอจะปล่อยจิบเบอเรลลินออกไปกระตุ้นเซลล์ของชั้นอะลิวโรน ให้ขับเอนไซม์ออกไปย่อยอาหารที่เก็บสะสมในเอนโดสเปิร์ม อาหารที่ถูกย่อยจนมีโมเลกุลขนาดเล็กเคลื่อนที่ไปเลี้ยงต้นอ่อน ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโต

5. ช่วยให้เมล็ดหรือตาที่พักตัวงอก การพ้นการพักตัวของตาและเมล็ดพืชบางชนิดงอกได้เมื่อได้จิบเบอเรลลินในพืช บางชนิดเมล็ดหรือตามีการพักตัวทำให้ไม่สามารถงอกได้ในสภาพปกติ โดยเฉพาะพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาว การใช้จิบเบอเรลลินช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดหรือตาของพืชบางชนิดได้ แม้เมล็ดไม่ได้รับความเย็น เช่น เมล็ดผักกาดหอม มันฝรั่ง แกลดิโอลัส นอกจากนี้จิบเบอเรลลินยังใช้เร่งการแตกตาขององุ่นบางพันธุ์

6. การติดผล จิบเบอเรลลินช่วยทำให้พืชบางชนิดมีการติดผลเพิ่มขึ้น เช่น องุ่น ส้ม มะนาว และฝรั่ง สำหรับมะเขือเทศ จิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการเกิดผลโดยไม่ต้องผสมเกสร และช่วยให้องุ่น ฝรั่งติดผล กลายเป็นผลไม้ไม่มีเมล็ดซึ่งมีขนาดผลใหญ่ขึ้น

7. การชะลอการแก่ชรา (senescence) ในใบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไซโตไคนิน (Cytokinin)

เป็นสารประกอบที่ Haderlandt (1913) พบครั้งแรกว่ามีอยู่ในเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชหลายชนิด ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (cytokinesis) โดยกระตุ้นการแบ่งตัวของไซโทพลาสซึม สารประกอบนี้จึงมีชื่อว่า ไซโตไคนิน ต่อมาพบว่ามีอยู่ในน้ำมะพร้าวอ่อนและส่วนอื่นๆของพืชชั้นสูง และในพืชชั้นต่ำ เช่น มอสส์ สาหร่าย ไดอะตอม (นิตย์, 2542) ไซโตไคนินทำหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การเจริญของกิ่ง ใบ และลำต้น เร่งการแตกตาข้าง และช่วยชะลอการแก่ของพืช ไซโตไคนินที่พบในพืช (natural cytokinin) ได้แก่ ซีเอติน (zeatin) ไดไฮโดรซีเอติน (dihydrozeatin) ไอโซเพนทินิล อะดินีน (isopentenyl adenine) ซีเอติน ไรโบไซด์ (zeatin riboside) สามชนิดแรก เป็นไซโตไคนินที่มีฤทธิ์สูง ส่วนซีเอติน ไรโบไซด์พบในปริมาณมากในพืชส่วนใหญ่ ไซโตไคนินสังเคราะห์ (synthetic cytokinins) เป็นสารที่มีฤทธิ์สูง ได้แก่ ไคเนติน (kinetin) เบนซิลอะดินีน (benzyladenine) แหล่งของไซโตไคนินในพืชจะพบมากในบริเวณปลายราก และสามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนของใบ ลำต้น และส่วนต่างๆของพืชโดยผ่านทางท่อน้ำ (สมบุญ, 2544) ไซโตไคนินในพืชถูกสังเคราะห์ขึ้นในรากแล้วมีการเคลื่อนย้ายไปยังใบและลำต้นโดยผ่านทางท่อลำเลียงน้ำ (นิรันดร์, 2536)

การสังเคราะห์ไซโตไคนิน สารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไซโตไคนินคือ กรดเมวาโลนิก โดยกรดเมวาโลนิกถูกเปลี่ยนเป็น ไอโซเพนทินิล ไพโรฟอตเฟต (isopentenyl pyrophosphate) หลังจากนั้นทำปฏิกิริยากับ อะดินีน โมโนฟอตเฟต (adenine monophosphate,AMP) ได้เป็น ไอโซเพนทินิล อะดินีน โมโนฟอตเฟต (isopentenyl AMP) จากนั้นเปลี่ยนไปเป็น ไอโซเพนทินิล อะดินีน (isopentenyl adenine) โดยมีเอนไซม์ตัดหมู่ฟอตเฟต และน้ำตาลไรโบสออกไป ซึ่งไอโซเพนทินิล อะดินีนนี้ถูกออกซิไดส์ ไปเป็น ซีเอทิน และ ซีเอทินยังถูกรีดิวส์ โดย NADPH ไปเป็นไดไฮโดซีเอทิน (dihydrozeatin)ได้ (สมบุญ, 2544)

ผลของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของพืช (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; ชวนพิศ, 2544 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. ส่งเสริมให้เซลล์แบ่งตัวและพัฒนาไปเป็นอวัยวะต่างๆของพืช (cell division and organ formation) หน้าที่หลักของไซโตไคนิน คือช่วยให้ไซโตพลาสซึมแบ่งตัว ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อถ้าไม่ใส่ไซโตไคนินจะมีการแบ่งตัวของนิวเคลียสเท่านั้น ทำให้ได้เซลล์ที่มีหลายนิวเคลียส หรือ พอริพลอยด์

2. เร่งการขยายตัวของเซลล์ จากการศึกษาการเลี้ยงเนื้อเยื่อของไส้ (pith) ยาสูบ พบว่าไซโตไคนินสามารถขยายขนาดของแวคิวโอลในเซลล์ ทำให้เซลล์ยาสูบใหญ่ขึ้น และพบว่าเซลล์ที่เจริญเต็มที่ของแผ่นใบและใบเลี้ยง ซึ่งปกติไม่มีการขยายตัว ไซโตไคนินสามารถส่งเสริมการขยาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวของเซลล์ในส่วนที่ตัดจากแผ่นใบและใบเลี้ยงได้ ในรากปริมาณไซโตไคนินที่มากเกินมีผลยับยั้งการยืดยาวของเซลล์ได้ ในพืชใบเลี้ยงคู่ ถ้าตัดใบเลี้ยงของต้นกล้าที่เพิ่งงอกแล้วนำไปเลี้ยงในไซโตไคนิน ใบเลี้ยงนั้นมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับไม่มีไซโตไคนิน การเติบโตนี้เกิดขึ้นจากเซลล์ดูดน้ำได้มากขึ้น พฤติกรรมนี้พบในพืชจำนวนสิบกว่าชนิด เช่น ผักกาดหอม ผักกาดหวาน ผักกาดหัว แตง ฟักทอง เป็นต้น

3. ส่งเสริมการสร้างและการเจริญของตา ไซโตไคนินสามารถกระตุ้นตาข้างให้เจริญออกมาเป็นกิ่งได้ และกระตุ้นตาที่นำไปขยายพันธุ์ด้วยวิธีติดตาให้เจริญออกมาเป็นกิ่งใหม่ได้เร็วขึ้น เพราะตาข้างมีการดึงอาหารมาจากส่วนอื่น ไซโตไคนินสามารถลบล้างอำนาจของออกซินในด้านการข่มของตายอด เพราะออกซินมีผลยับยั้งการเจริญของตาข้าง ในขณะที่ไซโตไคนินส่งเสริมการเจริญของตาข้าง

4. ช่วยในการงอกของเมล็ด ไซโตไคนินเป็นสารช่วยเร่งการแบ่งเซลล์ มีผลทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วขึ้น ในเมล็ดที่กำลังงอกพบไซโตไคนินในปริมาณสูง และยังสามารถกระตุ้นเมล็ดและตาข้างที่พักตัวให้เกิดการงอกได้

5. ส่งเสริมการสร้างโปรตีน ไซโตไคนินสามารถดึงสารและกรดอะมิโนชนิดต่างๆเข้าใกล้ตัว และสามารถสร้าง RNA, DNA ซึ่งทั้งกรดอะมิโน RNA และ DNA เป็นสารที่จำเป็นในการสร้างโปรตีนทำให้พืชทั้งต้นเจริญเติบโต

6. ชะลอการเสื่อมสลายและเพิ่มการสะสมอาหาร กรณีของใบที่ถูกตัดจากต้น การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ RNA โปรตีน และลิปิด เกิดเร็วกว่าใบที่ติดอยู่กับต้น โดยเฉพาะถ้าเก็บใบเหล่านี้ไว้ในที่มืด การเสื่อมสลายยิ่งเกิดขึ้นเร็ว อย่างไรก็ตามถ้าใบที่ถูกตัดมีรากเกิดขึ้นที่โคนก้านใบ การเสื่อมสลายที่เกิดกับแผ่นใบจะเกิดช้าลงเพราะไซโตไคนินจากรากส่งผ่านมายังใบ ถ้าไม่มีราก การให้ไซโตนินชดเชย ช่วยชะลอการเสื่อมสลายได้เช่นกัน ไซโตไคนินสามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้เนื่องจากช่วยรักษาเยื่อต่างๆให้คงสภาพดี เพื่อป้องกันการรั่วของเอนไซม์ที่จะไปย่อยสลาย นอกจากนี้ไซโตไคนินยังทำให้อาหารเคลื่อนย้ายจากส่วนที่มีไซโตไคนินน้อยไปยังส่วนที่มีไซโตไคนินมาก ดังนั้นใบอ่อนซึ่งมีไซโตไคนินมากกว่าใบแก่สามารถดึงอาหารจากใบแก่ได้

7. ส่งเสริมการพัฒนาของคลอโรพลาสต์ และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ต้นกล้าที่งอกในที่มืดไม่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และโปรพลาสติดไม่พัฒนาไปเป็นคลอโรฟิลล์ ถ้าให้ไซโตไคนินแก่ใบ และใบเลี้ยงก่อน แล้วให้แสงตาม ส่งผลให้มีคลอโรพลาสต์มากขึ้น และอัตราการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เร็วขึ้น

8 . ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ในพืชทั่วไปปากใบเปิดในที่มีแสงและปิดในที่มืด ไซโตไคนินมีผลทำให้ปากใบเปิดในที่มืดได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เอทธิลีน (Ethylene)

เอทธิลีนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวที่อยู่ในรูปก๊าซ สามารถระเหยได้ และพืชสามารถสร้างเองได้ โดยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก เอทธิลีนเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีคาร์บอนมาก เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าแบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชั้นสูงสามารถผลิตเอทธิลีนได้ แต่สาหร่ายไม่สามารถผลิตได้ ในทุกส่วนของพืชชั้นสูงผลิตเอทธิลีนได้ในปริมาณที่ต่างกัน พืชผลิตเอทธิลีนมากขึ้นเมื่อส่วนของพืชถูกเสียดสี หรือถูกน้ำท่วม กระทบแล้ง หรือถูกโรค แมลงทำลาย และเมื่อถูกกระตุ้นด้วยออกซิน เอทธิลีนมีผลยับยั้งการยืดยาวของเซลล์ แต่กระตุ้นการขยายขนาดทางด้านข้างของพืช ช่วยเร่งการสุกของผล กระตุ้นการร่วงของใบ ดอก ผล หรือทำให้ผลแก่เร็ว นอกจากนี้ยังกระตุ้นการไหลของน้ำยางพารา และเร่งการออกดอกของสับปะรดอีกด้วย (นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544)

ปัจจุบันมีการผลิตเอทธิลีนขึ้นมาใช้ทางการค้า เพื่อควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชหลายชนิด แต่เนื่องจากเอทธิลีนเป็นสารที่อยู่ในรูปก๊าซ ทำให้การใช้ประโยชน์ค่อนข้างต่ำ จึงมีการผลิตสารในรูปของแข็งหรือของเหลว ซึ่งสามารถปลดปล่อยเอทธิลีนออกมาได้ซึ่งเรียกสารนั้นว่า เอทธิฟอน (2-chloroethane phosphonic acid) เอทธิฟอนบริสุทธิ์เป็นของแข็งสีขาว ละลายได้ดีทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ ไม่ระเหย ไม่ติดไฟ ในสภาพเป็นกรดจัดไม่มีผลในการสลายตัวของเอทธิฟอน แต่ในสภาพด่างสลายตัวง่าย มีฤทธิ์แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชและเคลื่อนย้ายตามท่ออาหารได้ง่าย สามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่ ไปยังใบอ่อนและยอด ดอก ผลได้ (สมบุญ, 2544)

เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนพืชในรูปก๊าซมีโมเลกุลขนาดเล็ก ละลายน้ำได้ และละลายได้ดีในไขมัน สามารถเคลื่อนที่ในพืช โดยกระบวนการแพร่ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ ช่องว่างระหว่างเซลล์และเนื้อเยื่อพืชได้ หรืออาจเคลื่อนที่ผ่านเนื้อเยื่อพืชที่ตายแล้วแบบเมสโฟล (สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547)

สารเริ่มต้นในการสังเคราะห์เอทธิลีนคือ เมทิโอนิน (methionine) ถูกเปลี่ยนเป็น เอส-แอดิโนซิลเมทิโอนิน (S-adenosyl-methionine, SAM) โดยเอนไซม์ เอส-แอดิโนซิลเมทิโอนิน ซินเทเทส (SAM synthetase) ซึ่งกระบวนการนี้มีการใช้ ATP 1 โมเลกุล หลังจากนั้น SAM แตกตัวเป็นสารตัวกลาง 2 ชนิดคือ 5, เอส-เมทิล ไทโออะดีโนซีน (5, S-methylthioadenosine) และกรด 1 อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิลิก (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, ACC) ซึ่ง ACC เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ 1-อะมิโนไซโคลโพรเพน-1-คาร์บอกซิลิก ซินเทส (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase, ACC synthase) เป็นตัวคะตะลิสต์และจะแตกตัวเป็นเอทธิลีน (C_2H_4) โดยอาศัยเอนไซม์ ACC oxidase ในสภาวะที่มีออกซิเจน ส่วนสาร 5, เอส-เมทิล ไทโออะดีโนซีน สามารถเปลี่ยนเป็น 5-เมทิลไทโอไรโบส (5-methylthioribose) ซึ่งจะปลดปล่อยน้ำตาลไรโบส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(ribose) ได้เป็นสารในหมู่เมทิลไทโอ (methythio group) โดยจะรวมตัวกับไฮโมซีรีน (homoserine) กลายเป็นเมทิโอนีนได้ใหม่เพื่อใช้ในการสังเคราะห์เอทธิลีนต่อไป (นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544)

ผลของเอทธิลีนต่อการเจริญเติบโตของพืช (นพดล, 2537 ; นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. ทำให้ใบเบนลง (epinasty) โดยส่งเสริมการยืดยาวของเซลล์บริเวณด้านบนของก้านใบ โดยเอทธิลีนทำให้เซลล์พาเรงคิมาด้านบนของใบหรือก้านใบยืดตัวมากกว่าเซลล์ด้านล่าง

2. ยับยั้งการยืดตัวของลำต้น และรากแต่เพิ่มการขยายขนาดของเซลล์ทางด้านรัศมี ส่วนใหญ่เกิดในพืชใบเลี้ยงคู่ เอทธิลีนทำให้พืชมีลำต้นสั้นและอวบหนา เนื่องจากรูปร่างของเซลล์เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ลำต้น เกิดจากการพอกพูนของเซลลูโลสไมโครไฟบริลในทางด้านแนวตั้งของผนังเซลล์มากกว่าแนวนอน ลักษณะนี้เกิดขึ้นในรากเช่นเดียวกัน

3. กระตุ้นการออกดอก ในพืชส่วนใหญ่เอทธิลีนมักขัดขวางการออกดอก แต่สำหรับมะม่วงและ สับปะรด เอทธิลีนกระตุ้นให้ออกดอกเร็วขึ้น และออกดอกพร้อมกัน

4. ควบคุมการสุกของผลไม้ เอทธิลีนจากภายนอกสามารถชักนำให้ผลไม้ประเภทที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) สุกได้เร็วขึ้น โดยเอทธิลีนมีระบบการสังเคราะห์แบบ autocatalytic ethylene producing system ซึ่งสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์เอทธิลีนขึ้นเองได้ในขณะที่มีการสุก ส่วนผลไม้ประเภทไม่สามารถบ่มให้สุกได้ (non-climacteric fruit) เอทธิลีนไม่สามารถชักนำให้มีการสังเคราะห์เอทธิลีนขึ้นมาเอง เนื่องจากระบบการสังเคราะห์เอทธิลีนเป็นแบบ nonautocatalytic ethylene producing system เอทธิลีนความเข้มข้นต่ำเพียง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้ผลไม้มีการหายใจเพิ่มขึ้นและชักนำให้เกิดการสุกเร็วขึ้น

5. เร่งการเกิดการร่วงของใบ ดอก ผล ฯลฯ พืชที่ได้รับเอทธิลีนในปริมาณมาก เช่น ถูกรมด้วยควันไฟเป็นระยะเวลานานทำให้ใบร่วงได้ เนื่องจากควันไฟมีเอทธิลีนเป็นองค์ประกอบ ในบางครั้งพืชที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น น้ำท่วม แล้งจัด ถูกแมลงและโรคพืช หรืออาจเกิดจากบาดแผล สภาพเหล่านี้ส่งเสริมให้พืชสร้างเอทธิลีนได้มากกว่าปกติ มีผลทำให้ใบร่วงได้ เอทธิลีนมีผลต่อการหลุดร่วงของ ใบ ดอก ผล ดังนั้นอาจใช้ประโยชน์ข้อนี้ในการปลิดผลไม้บางชนิดในกรณีที่ติดผลมากเกินไป

6. ส่งเสริมการสูญเสียสีเขียว เอทธิลีนกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในส้ม สามารถใช้ในการทำให้ผลส้มมีสีเหลือง (degreening)

7. รสชาติ กระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล การลดลงของกรด ทำให้รสชาติของผลไม้ดีขึ้น แต่ในแครอท กะหล่ำปลี เอทธิลีนกระตุ้นให้มีการสร้างสารกลุ่มฟีนอลทำให้เกิดรสขม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ทำลายการพักตัวของพืช พืชหัวบางชนิด เช่น มันฝรั่ง แกลดิโอลัส มีระยะพักตัวในการงอกโดยปกติต้องนำไปไว้ในอุณหภูมิต่ำระยะหนึ่งก่อนนำไปปลูกจึงงอก เอทธิลีนสามารถกระตุ้นการงอกและช่วยย่นระยะเวลา ทำให้สามารถนำพืชหัวไปปลูกต่อให้ผลผลิตเร็วขึ้น

9. ช่วยเร่งการเกิดยางในต้นยางพาราที่มีอายุสูง และเร่งการไหลของน้ำยางพารา และยางมะละกอในการผลิตเอนไซม์ปาเปน

10. การชราภาพของดอกไม้ ทำให้ดอกไม้หลายชนิดกลีบดอกม้วนตัวเข้าด้านใน เหี่ยว สีซีดลง และหลุดร่วง ในคาร์เนชั่นเอทธิลีนทำให้ดอกไม่บานเรียกอาการนี้ว่า sleepiness

11. ควบคุมการเกิดการตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของโลก (geotropism) เนื่องจากเอทธิลีนยับยั้งการเคลื่อนย้ายของออกซิน

สารยับยั้งการเจริญเติบโต (plant growth inhibitors)

สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่พบโดยมากเป็นสารทุติยภูมิ (secondary product) ที่สร้างและสะสมในพืชไม่ค่อยมีบทบาทต่อกระบวนการเมทาบอลิซึม ได้แก่ สารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolic) และแลคโตน (lactones) สารในกลุมฟีนอลิก ได้แก่พวกกรดฟีนอลิก สารกลุ่มอนุพันธ์กรดเบนโซอิก (benzoic acid series) และกลุ่มอนุพันธ์กรดซินามิก (cinnamic acid series) สำหรับสารกลุ่มแลคโตน ได้แก่ สารกลุ่มอนุพันธ์คอมารีน (coumarine series) สารเหล่านี้มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชและพบทั่วไปในพืช นอกจากนี้สารพวกกรดแอบไซซิก เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ มีผลต่อการควบคุมการร่วงของใบ ดอก ผล การพักตัวของพืช และการคายน้ำ เป็นต้น (ชวนพิศ, 2544 ; สมบุญ, 2544)

ในบรรดาสารยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งหลายนั้นกรดแอบไซซิก (abscisic acid ; ABA) เป็นสารที่ได้รับความสนใจมาก เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญการทำให้พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม โดยทำให้เกิดการพักตัวของตาหรือการพักตัวของเมล็ด กรดแอบไซซิกพบในพืชชั้นสูงทุกชนิด ปริมาณที่พบโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 0.01-1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับฮอร์โมนชนิดอื่น การเคลื่อนที่ของกรดแอบไซซิก เกิดทั้งในท่อน้ำและท่ออาหาร แล้วยังเกิดในพาเรงคิมาเซลล์ ที่อยู่ด้านนอกของมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) และเป็นการเคลื่อนที่แบบไม่มีขั้ว ดังนั้นการเคลื่อนที่ของกรดแอบไซซิกภายในพืชจึงเหมือนจิบเบอเรลลิน (นพดล, 2537 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของกรดแอบไซซิกต่อการเจริญของพืช (นิตย์, 2542 ; สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. ชักนำให้ปากใบปิด เมื่อใบขาดน้ำปริมาณกรดแอบไซซิกของใบเพิ่มขึ้น ซึ่งมักเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 20 เท่าจึงทำให้ปากใบปิด นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้ารากขาดน้ำปริมาณมากกรดแอบไซซิกที่รากเพิ่มขึ้น กรดแอบไซซิกถูกลำเลียงผ่านไซเล็มไปยังใบ ทำให้ปากใบปิดได้ ผลเช่นนี้ช่วยให้พืชอยู่รอดได้ในสภาพขาดน้ำ

2. ช่วยต่อต้านอันตรายที่เกิดจากเกลือและความหนาวเย็น เมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียดอันเนื่องมาจากการขาดน้ำ ดินเค็ม อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ระดับของกรดแอบไซซิกในพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งสภาวะเหล่านี้ทำให้โปรโตพลาสต์ขาดน้ำ พืชกระตุ้นยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์กรดแอบไซซิก ให้มีการสังเคราะห์เพิ่มขึ้น โดยไปชักนำให้พืชสังเคราะห์โปรตีนชนิดหนึ่ง ที่สามารถป้องกันเซลล์ให้พ้นจากความเสียหายอันเนื่องมาจากความเครียดเหล่านั้น

3. การพัฒนาเอมบริโอในเมล็ด การงอกของเมล็ดก่อนเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดความเสียหายไม่ว่าจะใช้เพื่อบริโภคหรือใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ กรดแอบไซซิกช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นอาหารสำรองในเมล็ด และควบคุมไม่ให้เมล็ดที่ยังสดอยู่งอกคาต้น เมล็ดที่มีกรดแอบไซซิกสูงแม้มีอาหารสะสมเพียงพอและความชื้นสูงยังไม่สามารถงอกได้ แต่ถ้ามีระดับกรดแอบไซซิกต่ำเมล็ดเหล่านี้สามารถงอกได้

4. การพักตัว กรดแอบไซซิกทำให้เกิดการพักตัวของตาและเมล็ด ตาหรือเมล็ดที่อยู่ในระยะพักตัวมีระดับของกรดแอบไซซิกสูง การให้กรดแอบไซซิกแก่เมล็ดหรือตาที่ไม่ได้พักตัวสามารถกระตุ้นให้เกิดการพักตัวได้เช่นกัน และกรดแอบไซซิกยังสามารถลบล้างผลของจิบเบอเรลลินซึ่งกระตุ้นการงอกได้ อย่างไรก็ตามการพักตัวของเมล็ดและตาอาจเนื่องมาจากสาเหตุอื่นๆด้วย แต่กรดแอบไซซิกไม่มีผลต่อการพักตัวประเภทที่ต้องการอุณหภูมิต่ำหรือแสงเพื่อการงอก

สารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants)

สารกลุ่มนี้เป็นสารที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น พาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) อาลาร์ (alar) และเมพิควอทคลอไรด์ (mepiquatchloride) เป็นต้น มีคุณสมบัติยับยั้ง หรือชะลอการแบ่งเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์ ทำให้พืชมีลำต้นเตี้ย ข้อปล้องสั้นลง โดยทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของจิบเบอเรลลิน ดังนั้นลักษณะของพืชที่ปรากฏจึงอยู่ในสภาพซึ่งตรงข้ามกับพืชที่ได้รับจิบเบอเรลลิน สารชะลอการเจริญเติบโตนี้มีผลทางอ้อมช่วยเร่งการออกดอกและการติดผลของพืชบางชนิด (สมบุญ, 2544) สามารถชะลอการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ภายในต้นพืช มีผลให้พืชมีลำต้นสั้นกว่าปกติ แต่ไม่มีผลต่อส่วนอื่นๆหรือต่อความแข็งแรงของพืช ในขณะเดียวกันทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ใบเขียวเข้มมากขึ้น และมีผลทางอ้อมต่อการออกดอกของพืช ดังนั้นพืชที่ได้รับสารชะลอการเติบโตจึงไม่มีอาการผิดปกติของต้น เพียงแต่มีขนาดเล็กลงและใบเขียวเข้มขึ้นเท่านั้น สารชะลอการเจริญที่พบในปัจจุบันส่วนใหญ่เกิดจากการสังเคราะห์ทางเคมี เช่น A-rest และ Slow-Grow เป็นต้น (ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็น 6 ชนิดดังนี้คือ (ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. Quaternary ammonium carbamates สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ Amo–1618 หรือ ACPC เป็นสารที่มีความรุนแรงในการยับยั้งการเติบโตมากที่สุดในบรรดาสารประกอบ quaternary

2. Quaternary phosphonium สารที่สำคัญซึ่งอยู่กลุ่มนี้ ได้แก่ Phosphon–D หรือ CBBP สารนี้สามารถละลายน้ำได้ดี มีความคงทนในดินมากกว่า 1 ปี วิธีการใช้ที่ได้ผลแก่การรดสารละลายลงดิน

3. Substituted cholines เป็นสารพวก quaternary เช่นเดียวกับ Amo–1618 และ Phosphon–D สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ CCC ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี ความคงทนเมื่ออยู่ในดินประมาณ 3-4 สัปดาห์ ในการใช้กับพืชนั้นทำได้ทั้งวิธีการพ่นหรือลดสารละลายลงดิน แต่การรดลงดินจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า

4. Succinamic acid เป็นฮอร์โมนที่แตกต่างจากฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ คือ โครงสร้างที่มีวงแหวนเบนซิน quaternary ammonium หรือ phosphonium cation สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ SADH, Alar, B-995, B-nine

5. Piperidine ฮอร์โมนกลุ่มนี้ได้แก่ Mepiquat–chloride ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า 1,1–dimethyl–piperidium chloride ($C_7H_{16}CIN$ M.W. 149.7) ชื่อการค้าได้แก่ pix สารชนิดนี้เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น ละลายได้ดีในน้ำ แต่ละลายได้น้อยมากในตัวทำละลายอินทรีย์ ช่วยลดความยาวของปล้อง ส่งเสริมการแตกกิ่งช่วยเพิ่มความเขียวเข้มของใบ ในบางกรณีจะช่วยส่งเสริมความยาวของปล้อง

6. Substituted pyrimidine สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ ancymidol หรือ A-rest เป็นสารที่ใช้ได้ผลดีทั้งวิธีการพ่นสารลงบนใบหรือรดลงดิน สามารถคงสภาพอยู่ในดินได้นานถึง 1 ปี ทำให้พืชเตี้ยแล้วยังทำให้มีการบานล่าช้าออกไปอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของสารชะลอการเจริญต่อการเจริญเติบโตของพืช (สมบุญ, 2544 ; ธนะชัย, 2547 : ระบบออนไลน์)

1. ควบคุมความสูงของต้นพืช สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช เช่น อาลาร์ แอนซิมิดอล พาโคลบิวทราโซล นิยมใช้ลดความสูงในไม้ดอกไม้ประดับและไม้ผลบางชนิด ทำให้มีรูปทรงเหมาะสมโดยขนาดดอกและจำนวนดอกไม่ลดลง

2. เร่งการออกดอก สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชสามารถเร่งการออกดอกของไม้ผลหลายชนิดให้เร็วขึ้น เช่น ดามิโนไซด์ กับแอปเปิ้ล มะม่วง สาลี่ และยังเร่งการออกดอกในไม้ดอกไม้ประดับและพืชผักในมะเขือเทศ ถั่ว บีโกเนีย แกลดิโอลัส โดยใช้ CCC ในพืชล้มลุกพบว่าเมพิควอทคลอไรด์เร่งการออกดอกในถั่วเขียว ถั่วเหลือง ส่วน B-995 กระตุ้นให้ข้าวโพดหวานติดฝักมาก

3. ทำให้ใบเขียวเข้มและใบหนาขึ้นจากการมีชั้นของสปองจีพาเรงคิมา (spongy parenchyma) เพิ่มขึ้น 1-3 ชั้น

4. พืชมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่นทนแล้ง ทนเค็ม ทนเปรี้ยว พบว่า CCC, AMO-1618 ทำให้พืชพวกข้าวสาลี ถั่วเหลือง มีความทนทานเพิ่มขึ้น

5. เพิ่มการติดผลและคุณภาพของผล การใช้ CCC และดามิโนไซด์ ทำให้เพิ่มการติดผลขององุ่น แอปเปิ้ล มะเขือเทศ ส่วน SADH เพิ่มผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว เมพิควอทคลอไรด์นอกจากเพิ่มผลผลิตของฝ้ายแล้วยังทำให้คุณภาพด้านการปั่นทอของเส้นใยให้สูงขึ้น สีของปุยฝ้ายขาวมากขึ้น

6. ทำให้ลำต้นพืชแข็งแรง ป้องกันการโค่นล้มของต้นธัญพืช

4.3 ผลของสารควบคุมการเจริญต่อการเจริญเติบโตของไม้ดอกบางชนิด

เยาวลักษณ์ (2544) ศึกษาการผลิตปทุมมานอกฤดู โดยการเร่งความงอกของหัวพันธุ์ โดยใช้สารควบคุมการเจริญ โดยเมื่อนำหัวพันธุ์ที่ผึ่ง นาน 3 สัปดาห์หลังเก็บเกี่ยวแช่สารเอทธิลีน ความเข้มข้น 700-1200 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 24 ชั่วโมง พบว่าเอทธิลีนไม่เร่งความงอกของหัวพันธุ์ที่บ่มในอุณหภูมิห้องในเดือนมิถุนายน แต่เมื่อแช่หัวพันธุ์ในเอทธิลีนความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ทำให้หัวพันธุ์งอกเพียง 3 วัน หรือแช่ใน BA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 24 ชั่วโมงแล้วนำหัวพันธุ์ไปบ่มที่ 33 องศาเซลเซียส ไม่มีผลเร่งความงอกของหัวพันธุ์ ในการบ่มหัวพันธุ์ที่ไม่มีตุ้มราก การใช้จิบเบอเรลลินความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 ครั้งห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ เร่งการเจริญของหน่อหลังงอกได้ แต่ไม่เร่งการเจริญของหน่อเมื่อปลูกหัวพันธุ์ลงถุงโดยตรง และไม่เร่งการเจริญของหน่อที่เจริญจากหัวพันธุ์ที่มีตุ้มอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Pyo *et al.* (1976) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญต่อการงอก และการออกดอกใน radish cultivars Tokinashi และ Seoul-Bommoo โดยพบว่า การใช้ GA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน radish cultivars Tokinashi ส่งเสริมให้เกิดการงอก การออกดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้กับเมล็ด หรือระยะที่เมล็ดกำลังงอก ส่วน IAA ทำให้เกิดการงอก ช้าไป 4 วัน แต่ไม่มีผลต่อวันออกดอก ส่วนใน radish cultivars Seoul-Bommoo การใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือดามิโนไซด์ (B-9) ความเข้มข้น 1500 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่มีผลต่อการออกดอก หรือการงอก และการใช้มาลีอิก ไฮดราไซด์ (MH) 0.25 เปอร์เซ็นต์ทำให้ออกดอกและงอกช้าลง แต่สารที่ใช้อยู่ในระดับที่มีพิษต่อพืช

Sebanek *et al.* (1976) ศึกษาผลของ จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน และอีเทรลต่อการเจริญและการพัฒนาของทิวลิป และไฮยาซิน โดยให้หัวพันธุ์ทิวลิป cv. Apeldoorn ได้รับ GA หรือ BA ก่อนที่จะมีอวัยวะสืบพันธุ์ พบว่าไม่มีผลต่อวันออกดอก อย่างไรก็ตามเมื่อให้ GA หรือ GA ร่วมกับ BA หลังจากหัวพันธุ์ผ่านระยะที่มีอวัยวะสืบพันธุ์แล้ว และเก็บหัวพันธุ์ไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีผลให้พืชมีขนาดหัวเพิ่มขึ้น และออกดอกก่อน 3-4 วัน การให้ GA ต่อทิปลิป cv. Galway มีผลให้ก้านดอกยาวขึ้น 13-27 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น หัวพันธุ์ไฮยาซิน cv. L 'Innocence ที่จุ่มด้วย GA มีผลให้พืชออกดอกก่อน 3 วัน และมีความยาวก้านดอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การใช้อีเทรลพ่นยังหน่อที่กำลังงอก (4 เซนติเมตร) มีผลให้ความยาวของก้านและใบสั้นลง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการบังคับพืชภายใต้สภาพแสงน้อย

Accati *et al.*(1979) ศึกษาผลของการพ่น 6-BA และ ไซโตไคนินชนิดต่างๆ ต่อการผลิตดอกของคาร์เนชั่น cv. Pauline พบว่า การพ่น BA ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่น 1 หรือ 2 ครั้งในช่วงที่รากกำลังงอกของส่วนตัดชำ ซึ่ง BA กระตุ้นให้เกิดการเจริญของตาข้าง ซึ่งทำให้ผลผลิตของดอกเท่ากับการเด็ดยอด เมื่อเปรียบเทียบผลของ BA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร กับซีเอทิน (zeatin) ซีเอทินไรโบไซด์ (zeatin riboside) และ ไคนิทิน (kinetin) ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า BA ให้ผลดีที่สุด เมื่อพ่น BA 1 ครั้ง ให้จำนวนดอกมากกว่าการเด็ดยอด แต่ในทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อคุณภาพดอก

Bragt and Gelder (1979) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญต่อการเจริญ และการออกดอกของหัวทิวลิป cv. Apeldoorn พบว่า เมื่อหัวพันธุ์ได้รับ GA_3 1 มิลลิกรัมต่อน้ำ 0.5 มิลลิลิตร ทำให้พืชออกดอกก่อน 10 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และทำให้หัวย่อย มีน้ำหนักมากขึ้น การใช้เอทธิฟอนความเข้มข้น 2400 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นในระยะเริ่มออกดอก มีผลต่อการลดความยาวก้าน และน้ำหนักรวมของหัวย่อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Bose *et al.* (1980) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญต่อการเจริญ และการออกดอกของ *Hippeastrum hybridum* Hort โดยแช่หัวพันธุ์ของว่านสีทิศ cv. Fire Dance ด้วย IAA ความเข้มข้น 10-100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 24 ชั่วโมง พบว่าเพิ่มจำนวนและน้ำหนักของหัวย่อย เมื่อแช่หัวพันธุ์ด้วย GA_3 ความเข้มข้น 10-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มน้ำหนักหัวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก เมื่อแช่หัวพันธุ์ด้วยไซโคซอล ที่ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนดอกเพิ่มขึ้น การพ่นใบด้วยสารควบคุมการเจริญ 2 ครั้งใน 1 เดือน คือ IAA ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ GA_3 ที่ความเข้มข้น 10 100 หรือ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มการผลิตหัวย่อย ขณะที่การพ่นไซโคซอลหรืออีเทรลที่ความเข้มข้นสูงคือ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มน้ำหนักหัวย่อย

Bragt and Gelder (1982) ศึกษาผลของเอทธิฟอนและ BA ต่อการออกดอกและปริมาณไซโตไคนินที่อยู่ภายในต้น และหัวย่อยขนาดเล็กของทิวลิป โดยใช้ทิวลิป cv. Apeldoorn พ่นด้วยเอทธิฟอน ในระยะก่อนออกดอก พบว่าหัวลูกไม่ออกดอกในฤดูถัดไป แต่ผลของเอทธิฟอนนี้ถูกลบล้างโดยการให้ BA ต่อหัวแม่ โดยต้องให้ในขณะปลูก ขณะออกดอกและหลังจากออกดอก ไซโตไคนินที่ อยู่ในรูปที่ทำงานได้ (cytokinin activity) สกัดจากส่วนกลีบหัว มีมากกว่าในส่วนใบสีเขียว การใช้ เอทธิฟอน มีผลต่อการเพิ่มไซโตไคนินที่อยู่ในรูปที่ทำงานได้อย่างเห็นได้ชัด เมื่อสิ้นสุดฤดูหัวลูกที่ได้รับเอทธิฟอนมีปริมาณไซโตไคนินที่อยู่ในรูปที่ทำงานได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุมและยังมีมากไปจนถึงฤดูปลูกถัดไป

Roh (1982) ศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญต่อ การเจริญและการออกดอกของ *Lilium lancifolium* โดยหัวพันธุ์ที่เจริญเติบโตเต็มที่ได้รับ GA_3 IAA และ kinetin ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และเก็บไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ เป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน พบว่า IAA กระตุ้นให้เกิดการงอกของใบ ซึ่งมีผลในการทำลายการพักตัว แต่ GA_3 และ kinetin ไม่ผลต่อการทำลายการพักตัว

Michael and Robert (1988) ศึกษาผลของช่วงแสง และ GA_{4+7} ต่อการเจริญและการออกดอกของ *Gaillardia x grandiflora* Van Houtte 'Dazzler' และ 'Gobin' พบว่า GA_{4+7} สามารถแทนที่วันยาว และกระตุ้นการออกดอกของ *Gaillardia* x *grandiflora* ภายใต้สภาพวันสั้น นอกจากนี้ GA_{4+7} ยังเพิ่มความยาวก้านดอก แต่ลดขนาดของ scape caliper เส้นผ่าศูนย์กลางดอก และจำนวนดอกย่อยวงนอก (ray floret) นอกจากนี้ GA_{4+7} ทำให้เกิดการสร้างใบขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกๆสัปดาห์

Doi *et al.* (1989) ศึกษาผลของ BA ต่อการเจริญ การออกดอกของ *Gypsophila paniculata* L. 'Bristol Fairy' พบว่า Gypsophila สายพันธุ์ BF04 BF08 และ BF13 ปลูกในโรงเรือนพลาสติกซึ่งการควบคุมอุณหภูมิให้อบอุ่น (heated plastic house) ภายใต้สภาพวันยาว โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ได้รับ BA ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นให้เกิดดอก (flower initiation) และออกดอกก่อนประมาณ 2 อาทิตย์ BA ยังส่งเสริมการออกดอกในสายพันธุ์ BF08 และ BF13 เมื่อปลูกในโรงเรือนพลาสติกซึ่งไม่มีการให้อุณหภูมิอบอุ่น (unheated plastic house) ภายใต้สภาพแสงธรรมชาติ (natural daylength) และ BA สามารถใช้แทนสภาพหนาวเย็นในการชักนำให้พืชออกดอก ดังนั้นทำให้สามารถปลูกพืชในสภาพที่ไม่มีอากาศเย็นได้ อย่างไรก็ตามในสายพันธุ์ที่สามารถเจริญได้ในโรงเรือนพลาสติก ซึ่งไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ในสภาพแสงธรรมชาติ การใช้ GA_3 ไม่ส่งเสริมให้พืชเกิดดอก แต่ในสายพันธุ์ BF08 การใช้ GA_3 มีผลทำให้พืชออกดอกก่อนเมื่อปลูกในโรงเรือนพลาสติกซึ่งการควบคุมอุณหภูมิให้อบอุ่น ดังนั้นอาจผลิต Gypsophila ตั้งแต่ในฤดูใบไม้ร่วงจนถึงฤดูหนาวได้ ถ้าสายพันธุ์นั้นต้องการความหนาวเย็นต่ำ เช่น ในสายพันธุ์ BF08 และ BF13 โดยการใช้ BA

Jamie *et al.* (1994) ศึกษาสารควบคุมการเจริญต่อการจัดการ การออกดอก การเจริญทางด้านลำต้น ของ Brown Boronia (*Boronia megastigma* Nees.) และ White Myrtle (*Hypocalymma angustifolium* Enid.) พบว่า สารควบคุมการเจริญมีผลต่อการเจริญและการออกดอกของ Brown Boronia และ White Myrtle โดยในสภาพอบอุ่น Morphactin, TIBA และ BA กระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตทางด้านข้าง (lateral vegetative growth) นอกจากนี้ BA ยังลดความต้องการสภาพอากาศอากาศเย็นเพื่อใช้ในการออกดอก (17 องศาเซลเซียสกลางวัน/ 9 องศาเซลเซียส กลางคืน) โดยลดจำนวนสัปดาห์ที่ต้องการสภาพอากาศเย็นจาก 22 สัปดาห์เป็น 14 สัปดาห์ ใน Brown Boronia การใช้พาโคลบิวทราโซลลดจำนวนสัปดาห์ในการออกดอก แต่เพิ่มเปอร์เซ็นต์ดอกตามซอก และ การใช้พาโคลบิวทราโซลใน White Myrtle ทำให้พืชออกดอกได้ในสภาพที่สิ่งแวดล้อมไม่เหมาะต่อการเกิดดอกได้

Boyle (1995) ศึกษาอิทธิพลของ BA ต่อการออกดอก และน้ำหนักแห้งในส่วนยอดของ ‘Crimson Giant’ Easter cactus ให้ BA ความเข้มข้น 0 20 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร 12 วันหลังจากเริ่มระยะบังคับ (ในระยะก่อนที่ตาดอกปรากฏ) พบว่า BA เพิ่มจำนวนตาดอกต่อต้นและทำให้พืชออกดอกช้า 2-3 วัน การใช้ BA ที่ความเข้มข้น 0-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์ของตาดอกที่ฝ่อเพิ่มขึ้นมากกว่า 3 เท่า และเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ BA ที่ความเข้มข้น 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร การใช้ BA ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีจำนวนตาดอกมากที่สุด การเพิ่มความเข้มข้นของ BA จาก 0-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักแห้งรวมของลำต้นที่คล้ายใบลดลงขณะที่น้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อดอกเพิ่มขึ้น การทดลองนี้สรุปได้ว่า BA เพิ่มการออกดอกและเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งในส่วนเนื้อเยื่อสืบพันธุ์ของพืช (reproductive plant)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Bhuj *et al.*(1998) ศึกษาผลของ GA_3 และ IAA ต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น การออกดอก และการผลิตเหง้าใน *Belamcanda chinensis* (L.) DC. โดยพ่น GA_3 ความเข้มข้น 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ IAA ความเข้มข้น 10 20 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนกรรมวิธีควบคุมใช้น้ำกลั่น โดยมีการให้สารควบคุมการเจริญหลังจากปลูก 45 วัน พบว่า การให้สารควบคุมการเจริญเพิ่มการเจริญทางด้านลำต้น โดยมีความสูง จำนวนใบ ความกว้างของใบ และความยาวของใบเพิ่มขึ้น และยังลดจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอก นอกจากนี้แล้วสารควบคุมการเจริญเพิ่มความยาวของช่อดอก ความยาวดอก ความกว้างดอก จำนวนดอก และน้ำหนักหัวพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม การใช้ GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ความสูง จำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของช่อดอก ความยาวดอก ความกว้างดอก จำนวนดอก และน้ำหนักของหัวพันธุ์ มากที่สุด

Guy *et al*. (1998) ศึกษาผลของอีเทรล และจิบเบอเรลลินต่อ *Impatiens balsamina* L. ซึ่งเป็นพืชวันสั้นและออกดอกตลอดปี การออกดอกตลอดทั้งปีมีผลให้ต้นตอของพืช (stock plant) มีคุณภาพต่ำ จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้เพื่อกำจัดการออกดอกในพืชต้นตอ โดยไม่มีผลต่อการลดคุณภาพของกิ่งตัดชำ การพ่นอีเทรลเพียงอย่างเดียวใน Impatiens plant (cv. Tempo Pink (Sultanii) and Aruba (NewGuinea)) พบว่าอีเทรลเพิ่มการผลิตเอทธิลีนและยับยั้งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น การพ่นอีเทรลความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือมากกว่า โดยให้อีเทรล 2 ครั้งต่อสัปดาห์มีผลต่อการทำลายการออกดอกและ การใช้อีเทรลนำไปสู่การเพิ่มการเกิดรากของกิ่งตัดชำ แต่อีเทรลทำให้กิ่งชำมีความยาวลดลง เนื่องจากมีผลในการยับยั้งการเจริญทางด้านลำต้น การใช้จิบเบอเรลลินร่วมกับอีเทรลมีผลทำให้การเจริญทางด้านลำต้นเป็นปกติโดยไม่มีผลต่อการออกดอก

Lee *et al.* (1999) ศึกษาผลของ GA_3 BA zeatin และ kinetin ต่อการออกดอกของ Oncidium 'Aloha' พบว่า การพ่นสารควบคุมการเจริญที่ความเข้มข้น 10-200 มิลลิกรัมต่อลิตร 2 ครั้งโดยห่างกัน 15 วัน พบว่า BA มีผลต่อจำนวนก้านดอก ก้านดอกย่อย ดอกย่อย และจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกลดลง

Ashutosh *et al.* (2000) ศึกษาผลของ GA_3 และ IAA ต่อการเจริญ และการออกดอกของ football lily (*Haemanthus mutiflorus* cultivar Martyn) โดยจุ่มหัวพันธุ์ก่อนปลูกในสารละลาย GA_3 เข้มข้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ IAA ความเข้มข้น 50 100 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าในทุกกรรมวิธีเพิ่มความสูง และจำนวนใบต่อต้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ดีที่สุดคือ การใช้ GA_3 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามด้วย GA_3 200 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Gianfagna and Merritt (2000) ศึกษาอัตราและเวลาในการใช้ GA_{4+7} ต่อการเจริญทางด้านลำต้น และการออกดอกของ *Aquilegia* x *hybrida* Sims. โดย GA_{4+7} เพิ่มความสูงของต้น ชักนำให้เกิดการออกดอกเร็วกว่าและเพิ่มจำนวนดอกต่อต้น อย่างไรก็ตามการตอบสนองขึ้นอยู่กับอัตราที่ใช้ (10, 25, 50 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเวลาในการใช้ (4, 8, 12 ใบ) เมื่อใช้ GA_{4+7} ในระยะที่มีจำนวนใบ 4 ใบ มีผลทำให้พืชออกดอกเร็วกว่าในทุกอัตรา และไม่มีผลต่อความสูงของลำต้น แต่ลดจำนวนดอกต่อต้น และลดพื้นที่ใบทั้งหมด เมื่อให้ GA_{4+7} ในระยะที่มีจำนวนใบ 8 ใบ ชักนำให้พืชออกดอกก่อนในทุกอัตรา รวมทั้งเพิ่มจำนวนดอกต่อต้น และความสูงของต้น (ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่ไม่มีผลต่อพื้นที่ใบทั้งหมด ในระยะที่มีจำนวนใบ 12 ใบ การให้ GA_{4+7} ไม่มีผลต่อเวลาในการออกดอกแต่เพิ่มจำนวนดอกต่อต้น ความสูงของต้น (ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร) และพื้นที่ใบทั้งหมดในทุกๆอัตรา จากการทดลองนี้การใช้ GA_{4+7} ที่อัตรา 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะที่พืชมีจำนวนใบ 8 ใบ เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสม ซึ่งทำให้พืชออกดอกเร็ว เพิ่มความสูง และเพิ่มจำนวนดอกของต้น

Brooking and Cohen (2002) ศึกษาการชักนำการออกดอกของหัวพันธุ์ขนาดเล็กของ *Zantedeschia* 'Black magic' โดยพบว่า หัวพันธุ์ขนาดเล็ก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร แช่หัวด้วย GA_3 และ GA_{4+7} ที่ความเข้มข้นในช่วง 0-1000 มิลลิกรัมต่อลิตรแล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่น พบว่าเมื่อหัวพันธุ์ถูกแช่ที่ความเข้มข้นสูง ออกดอกก่อน และมีจำนวนใบน้อยกว่า นอกจากนี้ GA_{4+7} ชักนำให้เกิดดอกเร็วกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ

Kuehny *et al.* (2002) พบว่าเมื่อแช่หัวปทุมมาพันธุ์ 'Chiangmai pink' *C. gracillima* 'violet' และ *C. thorelil* ด้วย GA_{4+7} ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรนาน 10 นาที ร่วมกับ 10% Physan 20 ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปปลูก พบว่า เมื่อให้ GA_{4+7} ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้หัวงอกช้าและที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร พืชออกดอกช้า

Seema and Chauhan (2002) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญต่อพฤติกรรมการออกดอกใน *Gladiolus psittacinus* L. โดยนำหัวพันธุ์แช่ในมาลีอิก ไฮดราไซด์ (MH) ความเข้มข้น 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA ความเข้มข้น 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าพืชมีการแทงหน่อเร็วขึ้น นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธีที่มีการให้สารควบคุมการเจริญเร่งให้มีการโผล่ของช่อดอก โดยเห็นชัดเจนเมื่อให้ MH ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการโผล่ของช่อดอก 76 วัน ตามด้วยเมื่อให้ IAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลา 77 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวที่ไม่ได้รับสารควบคุมการเจริญคือใช้เวลา 85 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Anil *et al.* (2003) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของ GA_{4+7} และ BA เพื่อป้องกันการแสดงอาการใบซีดเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ โดยไม่ทำให้ก้านของ Easter Lilies ยาวขึ้น โดยพบว่า การพ่น GA_{4+7} ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะที่ตาปรากฏมีประสิทธิภาพในการป้องกันอาการใบซีดเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์มากกว่าการใช้ BA ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด เพราะการเพิ่มความเข้มข้นของ GA_{4+7} ที่สูงมากขึ้นนอกจากไม่มีผลในการเพิ่มการป้องกันอาการใบซีดเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์แล้ว ยังมีผลทำให้ก้านยาวมากขึ้นซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ

Kjonboon and Kanlayanarat (2005) ศึกษาผลของ GA_3 ต่ออายุการปักแจกันของปทุมมาตัดดอกพันธุ์ เชียงใหม่พิงค์ โดยนำดอกปทุมมาแช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ในกรรมวิธีควบคุมแช่ในน้ำกลั่น) ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ที่ความเข้มข้น GA_3 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปทุมมามีอายุการปักแจกันมากกว่ากรรมวิธีควบคุม 4 วัน การเพิ่มความเข้มข้นเป็น 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลทำให้เพิ่มอายุการปักแจกัน แม้ว่ามีผลทำให้น้ำหนักสดที่เหลือ (weight retention) ความสามารถในการซึมซับ (absorption capacity) และ ค่าตัวนำของน้ำ (water conductivity) ในเนื้อเยื่อก้านดีขึ้น โดยปกติ GA_3 ไม่มีผลต่อต่ออัตราการหายใจแต่มีผลต่อการลดการผลิตเอทธิลีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved