บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ปทุมมา (Patumma หรือ *Curcuma alismatifolia* Gagnep.) เป็นไม้ดอกประเภทหัวแบบ rhizome เป็นพืชสกุลขมิ้น (Curcuma) อยู่ในวงศ์ขิง หรือขมิ้น (Zingiberaceae) พืชสกุลขมิ้นนั้นยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 สกุลย่อยตามลักษณะของใบประดับ ช่อดอก อับเรณู และลักษณะสีของปาก (สุรวิช, 2539) คือ

1. สกุลย่อย Eucurcuma หรือ กลุ่มกระเจียว

มีลักษณะเด่น คือ ไม่มีสีกลุ่มม่วงแดงที่ปาก กลีบปากของกลุ่มนี้มักมีสีขาวหรือเหลือง พืชในกลุ่มกระเจียวนี้มีโครโมโซมแตกต่างกัน แต่มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 21 ความหลากหลายในสกุลย่อยนี้ มีทั้งรูปแบบการออกดอก ช่อดอก รูปร่างและขนาดของใบ ทรงพุ่ม ช่อดอก และสีใบประดับ เป็นต้น ตัวอย่างพืชสกุลนี้ ได้แก่ ฉัตรทิพย์ ฉัตรทอง อุษา พลอยชมพู พลอยทักษิณ ว่านกระบี่ทอง เป็นต้น

2. สกุลย่อย Paracurcuma หรือกลุ่มปทุมมา

มีลักษณะเด่น คือ มีสีกลุ่มม่วงแดงที่ปาก ช่อดอกเกิดจากตายอดของลำต้นเทียม พืชในสกุลปทุมมานี้มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันมาก ซึ่งโครโมโซมพื้นฐานอยู่ระหว่างช่วง 12 ถึง 18 ความหลากหลายของกลุ่มนี้มีทั้งรูปร่างดอก รูปร่างและขนาดช่อดอก สีใบประดับ รูปร่างและขนาดใบและรูปทรงลำต้นเทียม ตัวอย่างพืชสกุลนี้ ได้แก่ ปทุมมา พลอยมยุรา แววอุบล มณีกาญจน์ เทพระลึก และเทพอัปสร เป็นต้น

พืชในสกุลนี้พบว่ามีการกระจายตัวในเขตร้อน ตั้งแต่ในทวีปออสเตรเลีย เอเชีย และแอฟริกา ส่วนในประเทศไทยสามารถพบได้ประมาณ 30 ชนิด กระจายตามภาคต่างๆ ของประเทศไทย (อรวรรณ, 2547 : ระบบออนไลน์) สามารถพบได้ตั้งแต่ตอนใต้ของประเทศ บริเวณภูเขาทางภาคเหนือ ทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ หรือป่าชื้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สุรวิช, 2539) ปทุมมาจัดเป็นพืชอายุยืนแบบไม่มีเนื้อไม้ (herbaceous perennial plant) ที่มีการทิ้งใบในฤดูแล้ง (deciduous bulb) สาเหตุที่จัดให้ปทุมมาเป็นไม้ดอกประเภทหัวนั้นเนื่องจาก ปทุมมามีอวัยวะพิเศษที่แปรรูปมาจากลำต้นไปเป็นหัว ซึ่งอวัยวะนี้มีหน้าที่ในการสะสมอาหารและใช้ในการขยายพันธุ์อีกด้วย ปทุมมานั้นมีวงจรการเจริญเติบโต (growth cycle) ซึ่งประกอบด้วยการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เจริญเติบโตทางใบ (vegetative growth) การเจริญเติบโตทางดอก (reproductive growth) และช่วงการพักตัว (dormancy) วงจรการเจริญเติบโต 1 วงจรจะใช้เวลาประมาณ 1 ปี (จีรวัฒน์, 2535) ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู (ภาพ 1) เป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อส่งออกหัวพันธุ์ไปขายในตลาดต่างประเทศกันมาก

ภาพ 1 ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

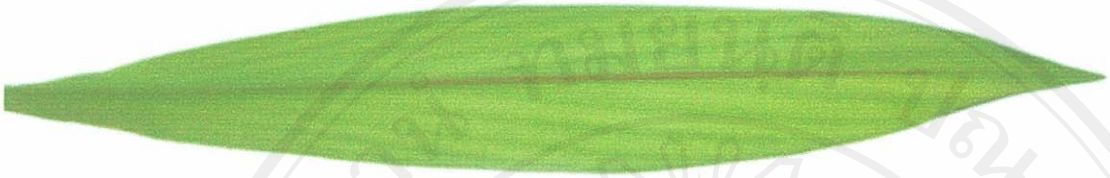
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ใบ

ใบเป็นใบเดี่ยวลักษณะแนวยาว รูปหอก (สุรวิช, 2537) แผ่นใบเรียบสีเขียวเข้มหนา เส้นกลางใบมีสีเขียวหรือ สีน้ำตาลแดง แผ่นใบไม่มีขน เส้นกลางใบอาจมีสีแดง (วงศ์วิบูล, 2539) ใบกว้าง 4–5 เซนติเมตร ยาว 30–35 เซนติเมตร ใบเกิดจากส่วนของลำต้นใต้ดิน ประกอบด้วย

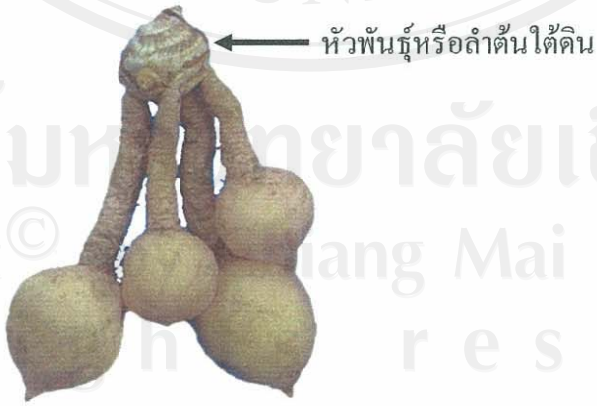
กาบใบ ซึ่งห่อรวมกันแน่นเกิดเป็นลำต้นเทียม (จีรวัฒน์, 2535; สำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรที่ 1, 2545) (ภาพ 2)



ภาพ 2 ใบของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

หัวพันธุ์หรือลำต้นใต้ดิน

หัวพันธุ์ หรือลำต้นใต้ดิน หรือหัว หรือเหง้า (rhizome) มีข้อหดสั้นทำให้มีลักษณะคล้ายหัวที่เรียกว่า stubbed rhizome (Ruamrungsri *et al.*, 2001) หรือเกิดจากการอัดตัวของกาบใบ (สุรวิช, 2537) ส่วนของลำต้นใต้ดินนี้มีหน้าที่ในการสะสมอาหารและใช้เป็นส่วนที่นำไปขยายพันธุ์ ตาข้างของลำต้นใต้ดินเจริญเติบโตเป็นลำต้นเทียม (pseudostem) อยู่เหนือดิน โดยลำต้นเทียมนั้นเกิดจากกาบใบที่ห่อตัวกันแน่น (สุรวิช, 2539) ทำหน้าที่เป็นก้านใบและห่อหุ้มส่วนของก้านดอก เมื่อต้นเริ่มแก่ ส่วนของโคนลำต้นใต้ดินจะโป่งออกทางด้านข้าง และเปลี่ยนแปลงไปเป็นหัว (วิภาดาและนิพนธ์, 2537) (ภาพ 3)

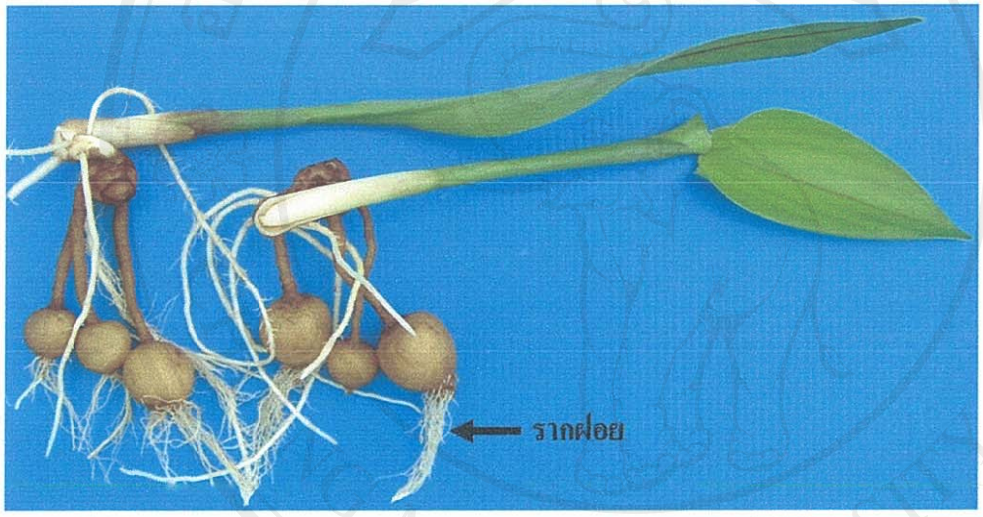


ภาพ 3 หัวพันธุ์หรือลำต้นใต้ดินของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบราก

รากของปทุมมาเป็นแบบรากฝอย (ภาพ 4) โดยมีปลายรากจำนวนหนึ่งทำหน้าที่สะสมอาหาร ทำให้รากบวมพองออกมีลักษณะเป็นตุ้มขนาดใกล้เคียงกับเหง้า (สุรวิช, 2537) ซึ่งตุ้มนี้ไม่สามารถตัดไปใช้ขยายพันธุ์ได้ (สุรวิช, 2539; พรรณนีย์, 2545) โดยทั่วไปจำนวนตุ้มรากเกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของต้น ดังนั้นจำนวนตุ้มรากต่อหัวพันธุ์จึงถูกนำมาใช้กำหนดคุณภาพของหัวพันธุ์ เมื่อทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์เป็นระยะเวลานานตุ้มรากจะเหี่ยว หัวพันธุ์ที่ไม่มีตุ้มราก หรือถูกตัดทิ้งก่อนปลูก ก็ยังสามารถงอกได้เช่นเดียวกับหัวพันธุ์ที่มีตุ้มราก แต่หัวพันธุ์ที่มีตุ้มรากนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าหัวพันธุ์ที่ไม่มีตุ้มราก (สุรวิช, 2539)



ภาพ 4 ระบบรากฝอยของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ดอก

ช่อดอกเป็นแบบช่อแน่น (compact spike) แทงออกมาจากส่วนของโคนใบที่โอบล้อมกันอยู่เป็นชั้นๆ ช่อดอกประกอบด้วยกลีบประดับ (bract) เวียนซ้อนกันแน่นเกิดเป็นช่อทรงกระบอก ทิศทางการเวียนของกลีบประดับมีทั้งแบบตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา กลีบประดับส่วนบนและส่วนล่างมีความแตกต่างกัน

กลีบประดับส่วนล่างมี 8-10 กลีบ มีลักษณะสั้นและมีสีเขียว โคนของกลีบประดับเชื่อมติดกัน เกิดเป็นลักษณะคล้ายถ้วยซ้อนกัน ตรงปลายมีลักษณะป้านแผ่ออกเป็นช่วงทำให้น้ำขังได้ดี กลีบประดับส่วนบน (coma bract) มีสีม่วงอมชมพู เรียงซ้อนกันคล้ายดอกบัว (จีรวัฒน์, 2535) และยาวกว่ากลีบประดับส่วนล่าง (สุรวิช, 2537) โดยทั่วไปกลีบประดับส่วนบนมี 12–15 กลีบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีสีสันแตกต่างกันตามพันธุ์ (วิภาดาและนิพนธ์, 2537) กลีบประดับส่วนบนที่บริเวณปลายยอดของช่อดอกจะไม่มีดอกจริงอยู่ที่ซอกของกลีบประดับ (สุรวิช, 2537) (ภาพ 5)

ภาพ 5 ดอกของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ในซอกของกลีบประดับแต่ละกลีบมีดอกจริงแทรกอยู่ ดอกจริงนี้ไม่มีก้านดอก และบานไม่พร้อมกัน โดยจะบานบริเวณโคนช่อก่อน แล้วบานเวียนขึ้นไปทางปลายช่อ ซึ่งดอกจริงใช้เวลาบานเพียง 1 วัน จากนั้นดอกจริงในกลีบประดับถัดไปจะบานต่อเนื่องกันทุกวัน (จีรวัฒน์, 2535) (ภาพ 6)

ภาพ 6 ดอกจริงของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกจริงยาวประมาณ 4 เซนติเมตร ประกอบด้วย กลีบดอกชั้นนอก 3 กลีบ และชั้นใน 3 กลีบ กลีบดอกและกลีบเลี้ยงมีสีขาว โดยกลีบเลี้ยงมีลักษณะเป็นหลอดมี 3 กลีบ มีกลีบดอกขนาดเล็ก 3 กลีบ เรียกว่าสเตมิโนด (staminode) เปลี่ยนรูปไปมีลักษณะเป็นกลีบขนาดใหญ่ 3 กลีบ โดยมีกลีบ 1 กลีบ เปลี่ยนไปเป็นรูปปากสีม่วงน้ำเงิน (สุรวิช, 2537) เพื่อเป็นที่เกาะของตัวช่วยผสมเกสร (pollinator) จำพวกแมลง (สุรวิช, 2539) ส่วนโคนเป็นร่องลึกตรงกลาง มีขอบเป็นสีนูนเป็นทางเหลือง (vivid yellow) ขอบกลีบหยักเป็นริ้ว (จีรวัฒน์, 2535; วิภาดาและนิพนธ์, 2537)

ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยก้านชูเกสร แผ่เป็นแผ่นเชื่อมกับกลีบดอก มีขนาดสั้นและกว้าง ปลายก้านชูมีอับละอองเชื่อมติดกัน 2 พู แต่ละพูมีกระเปาะละอองเกสร 2 กระเปาะ ฐานอับละอองเกสรเชื่อมติดกันเป็นหลอดล้อมก้านชูเกสรเพศเมีย ละอองเกสรเพศผู้มีลักษณะกลมและเหนียวจับกันเป็นก้อน เกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่แบบต่ำกว่าส่วนประกอบของดอก ยอดเกสรเพศเมียเป็นแบบปากปิด คล้ายปากแตรชูเหนืออับละอองเกสร รังไข่มีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง ภายในช่องมีไข่อ่อนลักษณะคล้ายเมล็ดถั่ว 40-50 อัน ติดอยู่ที่แกนกลางแบบ axile placentation ไข่มีการเจริญโค้งกลับไปทาง placenta (anatropous ovule) ประกอบด้วย integument 2 ชั้น nucellus มีขนาดใหญ่ ส่วนปลายของรังไข่เป็นก้านเกสรตัวเมีย ซึ่งแผ่ขยายออกด้านข้าง ตรงกลางเป็นแอ่งลึก (จีรวัฒน์, 2535; วิภาดาและนิพนธ์, 2537)

ผลและเมล็ด

หลังจากการปฏิสนธิรังไข่ซึ่งมีไข่อ่อนจะขยายขนาดขึ้น โดยเริ่มต้นนั้นผลจะมีรูปหน้าตัดเป็นเหลี่ยม 3 เหลี่ยม เนื่องจากรังไข่เกิดจากผนังรังไข่ 3 อันเชื่อมต่อกัน เมื่อผลพัฒนาเต็มที่จะเห็นเป็นลักษณะ 3 พู ภายในแต่ละพูจะเป็นเมล็ด ขนาดและรูปร่างคล้ายเมล็ดองุ่น คือมีรูปร่างคล้ายหยดน้ำแคบ มีความยาว 0.5 เซนติเมตร ปลายแหลมของเมล็ดมีเยื่อบางสีขาวรูปหลายแฉกติดอยู่ เพื่อช่วยให้เมล็ดลอยน้ำได้และเหมาะต่อการกระจายพันธุ์ในช่วงปลายฤดูฝน ผลมีอายุเฉลี่ย 1-2 เดือน เมล็ดแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม เมล็ดสามารถงอกอยู่บนช่อดอกที่เหี่ยวแห้งแล้ว หรืออาจพักตัวเพื่อรอสภาพที่เหมาะสมในฤดูฝนถัดไปก็ได้ (สุรวิช, 2539)

วงจรการเจริญเติบโตของปทุมมา

ปทุมมามีการเจริญเติบโตช่วงฤดูฝน คือประมาณปลายเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน (สุรวิช, 2540) ช่อดอกเริ่มมีการพัฒนาเมื่ออายุได้ประมาณ 70 วันหลังปลูก ปทุมมาจะเริ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แทงช่อดอกโผล่ออกมาให้เห็นและดอกแรกบาน เมื่อต้นมีอายุได้ประมาณ 91 และ 105 วันตามลำดับ (จีรวัฒน์, 2535) ส่วนการสร้างหัวใหม่จะพบในขณะที่ปทุมมาเริ่มออกดอก หลังจากออกดอกแล้ว ปทุมมาจะเริ่มพักตัวในช่วงอากาศแล้งและช่วงวันสั้น โดยปกติจะเริ่มพักตัวในสัปดาห์สุดท้ายของเดือนกันยายนจนถึงต้นเดือนมีนาคม (สุรวิช, 2540) เมื่อหัวพันธุ์พ้นระยะพักตัวจึงงอกเป็นต้นใหม่ในฤดูฝนของปีถัดไป (วิภาดาและนิพนธ์, 2537)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเก็บรักษาและวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์พืช

การเก็บรักษาหัวพันธุ์เป็นเรื่องสำคัญในการเพิ่มศักยภาพในการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตไม้หัวได้ตลอดทั้งปี หรือเพื่อเป็นการผลิตนอกฤดู ดังนั้นวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์อย่างถูกวิธีจะช่วยให้หัวพันธุ์มีชีวิตอยู่ได้นานขึ้นและยังคงความสามารถในการงอกและการออกดอกของหัวพันธุ์นั้นๆ ได้ ทั้งนี้การเก็บรักษาหัวพันธุ์นั้นจะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของหัวพันธุ์ว่าเป็นประเภทใด

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 อุณหภูมิ

เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมี เช่น การหายใจ การคายน้ำ และการสุก เป็นต้น (อศิราและคณะ, 2546)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ในผลิตผลมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดการคายน้ำของผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่มีการควบคุมความชื้นสัมพันธ์ในการเก็บรักษาอย่างเหมาะสม (อศิราและคณะ, 2546)

1.3 สภาพบรรยากาศ

สภาพบรรยากาศโดยทั่วไปจะหมายความถึงสภาพความดันบรรยากาศและสัดส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ ในบรรยากาศ ในบรรยากาศปกติมีออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต่ออัตราการหายใจของผลิตผล ซึ่งถ้าลดปริมาณออกซิเจนให้ต่ำลงก็จะช่วยลดอัตราการหายใจและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่ถ้ามีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำเกินไปก็จะทำให้ผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ก็เช่นกัน ถ้ามีการสะสมในที่เก็บรักษามากเกินไป ก็จะทำให้เกิดอาการผิดปกติในการหายใจและทำให้ผลิตผลเสียหาย นอกจากก๊าซทั้งสองแล้ว เอทิลีนก็เป็นก๊าซที่สำคัญ ที่ช่วยกระตุ้นการสุกของผลิตผลและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่ไม่พึงปรารถนาได้ (จริงแท้, 2544) ซึ่งถ้าสามารถควบคุมก๊าซเหล่านี้ให้อยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม ก็สามารถชะลอกระบวนการต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตผลได้

1.4 แสงและแรงโน้มถ่วง

แสงและแรงโน้มถ่วงมีอิทธิพลต่อผลิตผลที่กำลังเจริญเติบโตทั้งทางบวกและทางลบ เช่น การเก็บรักษาผักรับประทานใบในสภาพที่มีแสง จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากยังคงมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าเก็บรักษาหัวมันฝรั่งในที่ที่มีแสง จะทำให้เกิดสีเขียวและอาจเกิดการสะสมสารที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สำหรับแรงโน้มถ่วงมีผลทำให้ผลิตผลบางอย่าง เช่น ช่อดอกแกลดิโอลัสโค้งงอได้ (จริงแท้, 2544)

1.5 โรคและแมลง

ส่วนใหญ่แล้วการเข้าทำลายผลิตผลมักเกิดขึ้นในแปลงปลูก แต่เนื่องจากผลิตผลมีความสามารถในการต้านทานโรคอยู่แล้วในตัว อาการผิดปกติจึงไม่ปรากฏขึ้น จนกระทั่งเมื่อผลิตผลเริ่มเสื่อมสภาพ เช่น เกิดการสุก ความต้านทานต่อโรคก็จะลดลงด้วย เชื้อจุลินทรีย์ที่แฝงตัวอยู่ก่อนก็จะเจริญเติบโตและก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการป้องกันควรจะกระทำตั้งแต่อยู่ในแปลง (จริงแท้, 2544)

2. วิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์พืช

2.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์ได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำนั้นจะช่วยชะลออัตราการหายใจของผลิตผล และรักษาคุณภาพของผลิตผล (Robert, 1994; Rooney, 1995) ซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนี้จะช่วยลดกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผลให้เกิดช้าลง (จิรา, 2531) โดยจะต้องเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้ดีที่สุด โดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) พิศิษฐ์และคณะ (2536) ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ว่านสี่ทิศ ว่านมหาลาภ ว่านแสงอาทิตย์และปทุมมา ที่อุณหภูมิ 2-5°ซ และ 6-10°ซ พบว่า ว่านสี่ทิศสามารถเก็บรักษาที่ 2-10°ซ ได้นาน 26 สัปดาห์ ว่านมหาลาภสามารถเก็บรักษาที่ 10°ซ ได้นาน 22 สัปดาห์ ว่านแสงอาทิตย์สามารถเก็บรักษาได้ที่ 2-10°ซ นาน 28 สัปดาห์ ส่วนหัวพันธุ์ปทุมมานั้นสามารถเก็บรักษาได้ที่ 2-5°ซ นาน 14 สัปดาห์ โดยหัวพันธุ์ทั้ง 4 ชนิด ยังคงให้ช่อดอกที่มีคุณภาพดี

สุรวิช (2539) ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาที่ 5, 10, 15°ซ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน พบว่าปทุมมาไม่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ ได้ เนื่องจากเมื่อนำหัวพันธุ์ไปปลูกแล้วไม่สามารถงอกเป็นต้นได้ ในขณะที่การเก็บรักษาที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิห้องทำให้หัวพันธุ์งอกและอยู่ในสภาพพร้อมที่จะจำหน่ายได้เร็ว แต่ทำให้ก้านช่อดอกสั้นลง ส่วนการเก็บรักษาที่ 15°ซ ทำให้ช่อดอกมี comma bract จำนวนมาก โดยระยะเวลาในการเก็บรักษานั้น มีผลต่อความสูงของต้นปทุมมา ซึ่งเมื่อเก็บรักษานาน 4 เดือน ทำให้ได้ต้นปทุมมาขนาดเล็กที่สุด และยังมีผลกระทบต่อคุณภาพดอกด้วย เช่นเดียวกับสมยศ (2539) ที่ทำการเก็บรักษาปทุมมาไว้ที่ 5, 10, 15°ซ และอุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาได้ไม่เกิน 4 เดือน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้นจะทำให้อายุวันงอกและอายุวันที่ดอกจริงบานแล้ว 3 ดอกสั้นที่สุด ความยาวก้านช่อดอกสั้นที่สุด แต่ความสูงของต้นและจำนวนใบประดับส่วนบนไม่แตกต่างจากอุณหภูมิอื่น ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ เท่านั้นที่หัวพันธุ์ยังคงมีชีวิตอยู่และสามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้นไม่สามารถงอก เนื่องจากปทุมมามีการใช้อาหารสะสม หรือสูญเสียน้ำภายในหัวพันธุ์จนหมด ซึ่งสังเกตได้จากหัวปทุมมาเกิดอาการสะท้านหนาว โดยสามารถสังเกตสีน้ำตาลดำ ซึ่งสอดคล้องกับเยาวลักษณ์ (2544) ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4-5 เดือน จะทำให้ตุ้มเหี่ยวมากและไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์ได้ ถ้าเก็บรักษาที่ 5°ซ นานเพียง 1 เดือน ก็จะทำให้เกิดการนิ่มของตุ้มราก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ สามารถทำการเก็บรักษาได้นานถึง 6 เดือน โดยที่น้ำหนักหัวพันธุ์จะลดลงเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น

พิมพ์ใจ และคณะ (2536) รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ฉัตรทองหรือขมิ้นแดง (*Curcuma roscoeana*) คือ ที่ 10-13°ซ โดยสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 26 สัปดาห์ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°ซ มีเปอร์เซ็นต์การงอกและการออกดอกที่ดีและสม่ำเสมอมากกว่า ส่วนการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5°ซ สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 12 สัปดาห์ แต่จะมีอัตราการงอกที่ต่ำ

นันทิยา (2543) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสสามารถเก็บรักษาได้ในสภาพห้องเย็นที่มีอุณหภูมิมากกว่า 3.3°ซ แต่น้อยกว่า 10°ซ ซึ่งนิยมใช้ที่อุณหภูมิ 4-6°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ควรสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แต่น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้าได้ที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ จะดีที่สุด คือ สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 5 เดือน เนื่องจากความแข็งแรงของหัวพันธุ์มีค่าลดลง ทำให้เกิดการแตกหน่อมากกว่าหนึ่ง (multiple sprouting) และทำให้คุณภาพของดอกเสียไปด้วย

Denny (1936); Apte (1962); Imanishi (1981) และ Cohat (1993) ได้ทำการสรุปผลการศึกษาว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสต่ำกว่า 10°ซ มีประสิทธิภาพในการทำลายการพักตัว นอกจากนี้ Cohat (1993) ยังรายงานอีกว่าความต้องการความยาวนานของการได้รับอุณหภูมิต่ำนั้นจะแตกต่างไปตามสายพันธุ์ และสภาพของการเจริญเติบโตของต้นแม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนผลของอุณหภูมิที่หัวพันธุ์ได้รับนั้นจะมีผลต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก และการเจริญเติบโตของยอด ตลอดจนการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์ใหม่ ถ้าหากหัวพันธุ์ได้รับอุณหภูมิ 20-30°ซ เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ก่อนนำไปปลูก

Shillo and Simchon (1973); Tsukamoto (1974) พบว่าสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ได้ 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 2-5°ซ โดยไม่กระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตและให้ดอกของหัวพันธุ์เมื่อนำไปปลูก

Angeliev and Meligi (1975) ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30°ซ นาน 45 วันก่อนปลูก พบว่า การสร้างดอกและภารบานของดอกจะเร็วกว่าหัวพันธุ์ที่ไม่ได้รับกรรมวิธีดังกล่าว ส่วนการเก็บรักษาที่ 5°ซ นาน 30 วันก่อนปลูก การเจริญเติบโตและออกดอกช้ากว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่จะได้ช่อดอกที่มีก้านยาวและดอกขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับ Groen *et al.* (1976) ทำการเก็บรักษาหัวแกลดิโอลัสที่ 10°ซ แล้วนำไปไว้ที่ 20°ซ นาน 4 สัปดาห์ ทำให้น้ำหนักโดยรวมและขนาดหัวพันธุ์สูงกว่าต้นที่เจริญเติบโตจากหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่ 17°ซ นาน 4 สัปดาห์ และ Stienstra (1976) ได้แนะนำถึงวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่เหมาะสมว่าควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°ซ แล้วตามด้วยการให้อุณหภูมิ 20°ซ นาน 4 สัปดาห์ก่อนปลูก จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของหัวดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

Berghoef *et al.* (1986) ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสที่ 0.5°ซ ไว้ระยะยาว โดยก่อนทำการปลูกนั้น นำหัวพันธุ์ไปผ่านอุณหภูมิ 20°ซ นาน 6 สัปดาห์ แล้วตามด้วยอุณหภูมิ 5°ซ นาน 4 สัปดาห์ จะได้ต้นที่ให้ดอกที่มีคุณภาพดี

Gonzalez *et al.* (1998) รายงานว่าหัวพันธุ์แกลดิโอลัสที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°ซ ความชื้นในบรรยากาศ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 และ 6 สัปดาห์ เมื่อนำไปปลูก ต้นที่ปลูกจะออกดอกก่อนต้นที่ไม่ได้รับกรรมวิธีนี้เป็นเวลา 20 และ 11 วัน ตามลำดับ และต้นที่ได้รับอุณหภูมิ 5°ซ นาน 6 สัปดาห์ จะมีช่อดอกที่มีก้านดอกยาวและดอกขนาดใหญ่

Imanishi *et al.* (2002) ทำการแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสที่อุณหภูมิ 6-10°ซ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ภายใต้ภาวะชื้นหรือแห้ง มีผลทำให้จำนวนใบต่อต้นลดลง ในพันธุ์ Elvira และ Charming Beauty จะใช้เวลาในการออกดอกลดลง

การเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสน่าจะนำมาใช้กับการเก็บรักษาปทุมมาได้ เนื่องจากหัวพันธุ์ทั้งสองมีลักษณะของหัวคล้ายคลึงกัน คือมีลักษณะของการสร้างและพัฒนาของดอกและช่อดอกก็คล้ายคลึงกัน โดยมีการสร้างดอกภายหลังที่มีการเจริญเติบโตทางใบแล้ว แต่ต่างกันที่ปทุมมามีตุ้มรากสะสมอาหาร ส่วนแกลดิโอลัสไม่มี (จีรวัฒน์ ,2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Clark (1995) ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ *Sandersonia aurantiaca* ที่อุณหภูมิ 3-5°ซ สามารถเก็บรักษาได้นาน 9-10 เดือน

Ehlers *et al.* (2002) ทดลองเก็บรักษาหัวพันธุ์ *Velthimia bracteata* ที่ 15, 20, 25 และ 30°ซ พบว่าการเก็บรักษาที่ 15 และ 20°ซ จะชะลอการงอก 5 และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ การเก็บรักษาที่ 25°ซ จะเร่งการงอก แต่ถ้าเก็บรักษาที่ 30°ซ จะเร่งการงอกแต่ก็เป็นสาเหตุให้หัวพันธุ์สูญเสียน้ำหนักถึง 50 เปอร์เซ็นต์

Urhing (1973) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์ไอริสที่อุณหภูมิ 15°ซ แล้วทำการกระตุ้นการงอกด้วยอุณหภูมิ 32°ซ เป็นเวลา 10 วันก่อนนำไปปลูก สามารถเก็บรักษาได้ระยะยาว ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-25°ซ จะไม่สามารถทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากจะทำให้ดอกฝ่อ และถ้าหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิระดับ 40°ซ จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและตายได้ และนอกจากนี้ Schipper (1980) ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์ไอริสที่มีขนาดเส้นรอบวง 8-9 เซนติเมตร เป็นระยะเวลานาน พบว่า หัวพันธุ์ไอริส สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 12-15°ซ

Jansen and Holtzhausen (1995) ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาหัวพันธุ์ *Ornithogalum tyrsoides* Jacq. พบว่าสามารถเก็บรักษาที่ 5°ซ เป็นเวลา 14 สัปดาห์ ทำให้สามารถออกดอกได้เร็วขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการควบคุมการทำงานของสารยับยั้งการเจริญเติบโต และส่งผลให้ต้นพืชออกดอกเร็วขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะเวลาในการออกดอกช้าออกไป

การเก็บรักษาหัวพันธุ์ของว่านมหาลาภ สุพจน์ (2537) รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่ 5 และ 10°ซ สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 สัปดาห์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงของช่อดอกที่อยู่ภายในหัวเล็กน้อย โดยการเก็บรักษาที่ 5°ซ นั้นเมื่อนำไปปลูกพบแต่การเจริญเติบโตทางใบเท่านั้น เนื่องจากช่อดอกฝ่อไป แต่เก็บรักษาที่ 10°ซ นั้นเมื่อนำไปปลูก ยังสามารถให้ช่อดอกเป็นปกติ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้นสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 สัปดาห์ก็จะหมดระยะพักตัวและงอกช่อดอกออกมา

Bautista (1979) นำขิงไปล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ แล้วผึ่งให้แห้ง เพื่อช่วยฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับเหง้า ลดการสูญเสียน้ำหนักและการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ได้ เมื่อนำมาเก็บรักษา พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเหง้าขิงนั้นขึ้นอยู่กับอายุขิงที่เก็บเกี่ยวมา เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเหง้าขิงที่มีอายุ 10 เดือนขึ้นไป คือ 7.2°ซ โดยจะเก็บรักษาได้ประมาณ 2 เดือน ส่วนขิงอ่อนที่เก็บรักษาที่ 13°ซ นั้นสามารถเก็บรักษาได้นาน 188 วัน สุดาและเชวงศักดิ์ (2522) รายงานว่า การเก็บรักษาขิงสดที่อุณหภูมิ 20±1°ซ โดยสามารเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถเก็บรักษาได้เพียง 1 เดือนเท่านั้น และ จารุพรรณ (2528) รายงานว่า การเก็บรักษาขิงในสภาพต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง (33±2°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 76 เปอร์เซ็นต์) 16 และที่ 12°ซ โดยบรรจุขิงในถุงพลาสติกบาง เจาะรู 6 รู, 12 รู และไม่เจาะรูแต่ใส่ขุยมะพร้าวที่มีความชื้น 43 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขิง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16°ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 79 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 18 สัปดาห์ โดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขิงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทุกแบบ สามารถเก็บรักษาได้เพียง 8 สัปดาห์เท่านั้น

ในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ของแห้วจีนนั้นสามารถเก็บรักษาโดยผึ่งให้แห้งก่อนทำการบรรจุในภาชนะที่เก็บรักษาความชื้นได้ จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1-4°ซ ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 เดือนขึ้นไป แต่ถ้าอุณหภูมิอยู่ที่ 14°ซ หัวแห้วจีนจะงอก (สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์, 2546)

2.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ผลิตผลยังคงมีชีวิตอยู่และมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีอยู่อย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้คุณภาพของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจนอาจเกิดเสื่อมสภาพหรือเน่าเสียได้

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา ได้มีการประยุกต์ใช้บรรจุภัณฑ์ในการเก็บรักษา ไม่ว่าจะเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบอ่อน (flexible plastic packaging) ที่อยู่ในรูปของถุง ฟิล์ม หรือฝาปิดภาชนะบรรจุแบบปิดผนึก นำมาเก็บรักษาผลิตผลต่างๆ ที่เน่าเสียได้ง่าย ซึ่งบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น 2-5 เท่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเหมาะสมและยังช่วยชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวทั้งทางด้านกายภาพและชีวเคมี (อศิราและคณะ, 2546) ซึ่งการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์นั้น จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour transmission rate) คุณสมบัติทางกล (mechanical properties) ชนิดของบรรจุภัณฑ์ (type of package) ความโปร่งใส (transparency) ความสามารถในการปิดผนึก (sealing reliability) และความทนทานต่อคลื่นไมโครเวฟ (microwaveability) (Parry, 1993)

ในการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA) เป็นการเก็บรักษาแบบหนึ่งที่สามารถชะลอกระบวนการทางชีวเคมีต่างๆ ภายในผลิตผลทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แล้วยังทำให้เก็บเกี่ยวผลิตผลที่มีความบริบูรณ์มากขึ้น ลดความไวต่อการตอบสนองต่อเอทิลีน ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และแมลงได้ นอกจากนั้นยังสามารถลดการเหม็นหืนได้อีกด้วย แต่การเก็บรักษาแบบนี้ไม่สามารถควบคุมปริมาณก๊าซให้คงที่ได้ ซึ่งโดยปกติอากาศจะมีออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจและกระบวนการต่างๆ ภายในผลิตผล ซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิ องค์ประกอบของบรรยากาศ อายุเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา สภาพความเครียด เป็นต้น ซึ่งทำให้บางครั้งเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (จริงแท้, 2544) เนื่องจากสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุมีผลต่อการเกิดเมแทบอลิซึมของผลิตผล โดยทั่วไปจะเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำ ไม่ทำให้ออกซิเจนภายในผลิตผลต่ำจนเกินไป หรือคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจนสูงเกินไป ดังนั้นวัสดุจะต้องยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Brody, 1992) การใช้พลาสติกเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถดัดแปลงบรรยากาศได้ แต่ต้องคำนึงถึงความสามารถในการยอมให้ก๊าซแต่ละชนิดผ่านเข้าออก (อศิราและคณะ, 2546)

Khanbari and Thompson (1994) ทำการทดลองมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 4°ซ ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (0.7-1.8%) และออกซิเจนต่ำ (2.1-3.9%) พบว่าการสูญเสียน้ำหนักน้อย การงอกต่ำ การเน่าเสียของหัวพันธุ์ต่ำ และมันฝรั่งมีสีสวยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่เก็บรักษาที่สภาพบรรยากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับออกซิเจน 21.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเก็บรักษาที่สภาพบรรยากาศที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (0.7-1.6 เปอร์เซ็นต์) และออกซิเจนต่ำ (2-2.4 เปอร์เซ็นต์) จะพบการเน่าของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น

Khanbari and Thompson (1996) ทำการเก็บรักษามันฝรั่งที่ 5 และ 10°ซ ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน 3.6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 9.4, 6.4, 3.6 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เก็บรักษาในสภาวะที่คาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 21.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มันฝรั่งที่เก็บรักษาที่ 5°ซ ร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ 9.4 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 3.6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 25 สัปดาห์ สามารถยับยั้งการงอกได้ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย และยังคงมีผิวที่ดี เมื่อเก็บรักษาต่อไปจนถึง 45 สัปดาห์ มันฝรั่งยังคงมีผิวที่ดีและไม่งอก

Hong *et al.* (2000) ได้แนะนำการเก็บรักษาหัวหอมใหญ่ว่าควรเก็บรักษาที่สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีออกซิเจน 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ หรือสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ 7.5-9 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5°ซ ส่วนกรรมวิธีที่เก็บรักษาโดยไม่ใช้สภาพบรรยากาศดัดแปลงจะพบการเจริญเติบโตของ white leaf base ภายในหัว

Legnani (2002) เก็บรักษาหัวพันธุ์ลิลลี่ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน 0.5, 1, 2, 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ หรือที่อากาศปกติ (ออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์) และอยู่ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(75 μmol m^{-1} s^{-1}) ที่อุณหภูมิ 24-25°ซ หลังจากทำการเก็บรักษาแล้ว 4 สัปดาห์ พบว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน 0.5 เปอร์เซ็นต์ หัวพันธุ์ตาย ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะที่มีออกซิเจน 1 เปอร์เซ็นต์ จะมียอดสั้นกว่ากรรมวิธีควบคุมและการเจริญของยอดนั้นยังขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์อีกด้วย กรรมวิธีควบคุมและสภาวะที่มีออกซิเจน 8 เปอร์เซ็นต์ จะมีการพัฒนาของตาระหว่างการเก็บรักษา หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะที่มีออกซิเจน 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ดอกจะออกช้าและความสูงของต้นจะสูงกว่าสภาวะที่มีออกซิเจน 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และที่อากาศปกติ แต่จะสั้นกว่ากรรมวิธีควบคุม 20-30 เปอร์เซ็นต์และจะมีตาดอกน้อยกว่า คุณภาพของต้นที่สภาวะที่มีออกซิเจน 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ จะดีกว่าที่ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีควบคุม ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการออกดอกไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการเก็บรักษาหัวพันธุ์ลิลลี่สามารถเก็บรักษาได้ที่สภาวะออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจน 1 เปอร์เซ็นต์) ที่ 24-25°ซ จะให้ต้นที่มีคุณภาพดีเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Inamoto *et al.* (2005) รายงานว่าที่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูง ในระหว่างการเก็บรักษาหัวใหม่ของทิวลิปนั้น จะช่วยให้ตาใบไม่แสดงอาการอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ

ฟิล์มพลาสติกและการใช้ประโยชน์

พลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน (ตาราง 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ต่างกัน สามารถนำมาใช้ในการปรับสภาพของบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุได้

Polyvinylidene chloride (PVDC) มีชื่อทางการค้าว่า SARAN และ DIAFAN, PVDC นี้มีการต้านทานต่ออากาศและความชื้นเป็นอย่างดี (สมาคมการบรรจุหีบห่อไทย, 1985) ซึ่ง PVDC นั้นเป็นโคโพลิเมอร์ของ vinylidene chloride กับ vinylchloride ในอัตราส่วน 90-92 ต่อ 8-10 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของ PVDC ที่สำคัญมีดังนี้ (ยงยุทธ, 2541 และ Parry, 1993)

- มีลักษณะโปร่งใสและเป็นมันวาว
- มีความเหนียวมาก ในส่วนของการต้านทานแรงดึงขาดและแรงกระแทก
- มีความทนต่อสารเคมี ยกเว้น ด่างแก่ เอสเทอร์ และคีโตน
- มีอัตราการดูดน้ำได้ต่ำ
- ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีที่สุด
- ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและกลิ่นได้ดีมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี
- สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 120-150°ซ
- อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานอยู่ในช่วงตั้งแต่ -15 ถึง 135°ซ
- มีความปลอดภัยสามารถใช้กับอาหารและยาได้

ประโยชน์ในการใช้งานของ PVDC (ยงยุทธ, 2541)

- ใช้ห่ออาหารที่ยังต้องนำไปผ่านกระบวนการอื่น เพราะมีคุณสมบัติในการเกาะติดและมีความเป็นมันวาวสูง
- ใช้ห่ออาหารที่ต้องอุ่นไมโครเวฟ เพราะสามารถต้านทานไขมันหรือน้ำมันได้ดี ไม่เกิดการละลายในระหว่างอบ
- ใช้เคลือบพลาสติกชนิดอื่น เพื่อทำเป็นถุงบรรจุภัณฑ์ และยาที่เสื่อมคุณภาพได้ง่าย กรณีที่โดนไอน้ำและก๊าซออกซิเจน
- นำมารีดร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น เพื่อทำเป็นถุงเล็กๆ ใช้ได้ครั้งเดียว (portion pack) เพื่อบรรจุน้ำมันพืช น้ำมันหล่อลื่น ยา เครื่องสำอาง และครีมต่างๆ

ตาราง 1 ค่าความสามารถในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านของฟิล์ม

ฟิล์ม	Gas transmission rate ($cm^3/m^2.d.atm$), 1 mil film ที่ 25°ซ		
	N_2	CO_2	O_2
EVOH	-	-	3-5
PVDC	-	20-30	9-15
LDPE	2800	4200	7800
HDPE	650	7600	2600
PP, cast	680	10000	3700
PP, oriented	400	8000	2000
PVC, rigid	60-150	450-1000	150-350
PVC, flexible	300-10000	1500-46000	500-30000
PS, rigid	800	18000	5000
Nylon 6	14	150-190	40
Microperforated	-	>15000	>15000
Microporous	-	>15000	>15000

ที่มา : อศิราและคณะ, 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ วันวิสาและศิริชัย (2544) ศึกษาผลของสภาพดัดแปลงบรรยากาศต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเงาะพันธุ์โรงเรียน โดยทำการเลือกวัยเงาะที่สุกพร้อมต่อการขนส่งและเลือกใช้ฟิล์มชนิด polyvinyl chloride (PVC) หนา 13 และ 15 ไมโครเมตร polyvinylidene chloride (PVDC) หนา 13 ไมโครเมตร และ linear low density polyethylene (LLDPE) หนา 15 และ 20 ไมโครเมตร โดยทั้งหมดเก็บรักษา 13°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงผลเงาะมีการเกิดสีน้ำตาลที่ช้ากว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการใช้ฟิล์ม (ชุดควบคุม) อีกทั้งยังสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักผลสด ปริมาณน้ำในเปลือกและความแน่นเนื้อ ป้องกันการสูญเสียปริมาณวิตามินซีและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ประกอบกับชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการหายใจของผลเงาะภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าสภาพบรรยากาศภายในจะมีความแตกต่างกันของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับอายุการเก็บรักษา พบว่าชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษาเพียง 8 วัน ในทางกลับกันการใช้ LLDPE หรือ PVC หนา 13 ไมโครเมตร จะมีอายุการเก็บรักษา 22 วัน และการใช้ PVDC หรือ PVC หนา 15 ไมโครเมตร จะมีอายุการเก็บรักษา 24 วัน

สารควบคุมการเจริญเติบโต (plant growth regulator)

สารควบคุมการเจริญเติบโตนั้นสามารถเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชได้และมีผลต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพและการพัฒนาของเนื้อเยื่อและอวัยวะของพืชซึ่งได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิดก็จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชแตกต่างกันออกไป (Davies. 1987)

ออกซิน (auxins)

ออกซินมีลักษณะทางเคมีเป็นสาร indole-3-acetic acid (IAA) มีทั้งกลุ่มที่พืชสร้างเอง เช่น indole acetic acid (IAA) , indole butyric acid (IBA) , 4-chloroindole acetic acid (4-chloro IAA) และ phenylacetic acid (PAA) เป็นต้น ซึ่งออกซินเหล่านี้จะสังเคราะห์จากส่วนเนื้อเยื่อเจริญของลำต้น ปลายราก ใบอ่อน ดอก และผล แต่พบมากบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ โคลีออพไทด์และคัพภะ รวมทั้งใบที่กำลังเจริญด้วย และสารสังเคราะห์ เช่น 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) , napthalene acetic acid (NAA) และ 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T) เป็นต้น (นิตย์, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกซินมีหน้าที่ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ ทำให้ส่วนของพืชมีการเจริญเติบโตยืดยาวขึ้น มีผลต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำ กระตุ้นการเจริญเติบโตของผลการออกดอก และการติดผลของพืชบางชนิด ยับยั้งการเจริญเติบโตของตาข้างและเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของพืชอีกด้วย (สมบุญ, 2544)

ผลของออกซินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; คนัย, 2544; สมบุญ, 2544; Davies, 1987)

1. กระตุ้นการแบ่งเซลล์

ออกซินสามารถเร่งการแบ่งเซลล์ โดยเสริมการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและโปรตีน กระตุ้นการแบ่งเซลล์ของแคมเบียม (cambium) ทำให้พืชมีเนื้อไม้เพิ่มมากขึ้น เกิดการเจริญเติบโตด้านข้างมากขึ้น และกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ เช่น กระตุ้นให้เกิดท่อน้ำและท่ออาหาร เป็นต้น

2. เร่งการขยายตัวของเซลล์

ออกซินทำให้เกิดการขยายตัวของเซลล์ (cell enlargement) ทำให้เกิดการขยายตัวของผนังเซลล์ โดยปกติผนังเซลล์ประกอบด้วยสารประกอบพวกเซลลูโลส (cellulose) และสารพวกเพคทิน (pectin) มีผลทำให้ผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงมีการยืดตัวอย่างถาวร (plasticity) ซึ่งจะทำให้ผนังเซลล์ขยายตัวด้านกว้างและด้านยาว นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ เร่งการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ และกระตุ้นการสังเคราะห์สารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์เพื่อนำไปสร้างผนังเซลล์ใหม่ ทำให้เซลล์ขยายขนาดอย่างถาวรได้

3. ควบคุมการแตกราก

ออกซินช่วยให้ลำต้น กิ่งปักชำและกิ่งตอนเกิดรากได้ โดยที่ออกซินจากลำต้นช่วยเพิ่มรากแขนง ออกซินจากกิ่งช่วยให้กิ่งออกรากรวดเร็วและจำนวนมาก แต่ต้องมีปริมาณความเข้มข้นของออกซินที่เหมาะสมและมีปัจจัยต่างๆ ร่วมด้วย เช่น มีอาหารสะสมอยู่ภายในที่เพียงพอ มีโคแฟคเตอร์พวกฟีนอลในบริเวณที่จะเกิดรากใหม่ โดยสารต่างๆ เหล่านี้จะทำปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง กระตุ้นการเกิดรากใหม่ได้

แต่ถ้ามีปริมาณออกซินสูงเกินไปก็จะเป็นพิษต่อพืชได้เช่นกัน โดยทั่วไปออกซินความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 10^{-8} M จะยับยั้งการเจริญของราก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การยับยั้งการเจริญของตาข้าง

พืชจะสร้างออกซินที่ปลายยอดและเคลื่อนที่สู่ด้านล่าง มีผลยับยั้งการเจริญของตาข้าง ไม่ให้งอกเป็นกิ่งและใบ พืชจึงสูงขึ้นแต่ไม่แตกเป็นพุ่ม แต่เมื่อตัดยอดออก พบว่าตาข้างเจริญแตกกิ่งก้านได้ และทำให้ต้นพืชมีลักษณะเป็นพุ่ม

5. การป้องกันการร่วงของใบ กิ่ง และผล

ออกซินจะยับยั้งไม่ให้เกิด abscission layer ขึ้นมา เพราะเมื่อพืชอายุมากขึ้น พืชจะสร้างสารไปกระตุ้นทำให้เกิด abscission layer ทำให้เกิดการหลุดร่วงของใบ กิ่ง และผล

6. ชะลอการชราภาพของผลไม้

ออกซินจะไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีน แต่ในขณะเดียวกันออกซินจะกระตุ้นให้ผลไม้สร้าง 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ซึ่งเป็นสารในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน นอกจากนี้ยังสามารถเร่งการออกดอกในพืชบางชนิด เช่น ในสับปะรดที่ได้รับออกซินพวก NAA และ IBA สามารถเร่งการออกดอกได้ แต่เชื่อกันว่าน่าจะเป็นผลทางอ้อมที่เกิดจากออกซินไปกระตุ้นการสร้างเอทิลีนขึ้นมาและเอทิลีนจะไปกระตุ้นให้สับปะรดออกดอกอีกที่หนึ่ง

7. การเปลี่ยนเพศดอก

ออกซินสามารถชักนำให้สัดส่วนของดอกตัวเมียและตัวผู้เปลี่ยนไป โดยในบางกรณี เช่น ถ้าฉีดพ่นออกซินให้กับพืชตระกูลแตงจะกระตุ้นให้มีดอกตัวเมียมากขึ้น แต่ถ้าฉีดพ่นออกซิน (NAA) ให้กับเงาะที่ช่อดอกหรือบางส่วนของต้นเพศเมียในระยะดอกตูมจะทำให้เกิดดอกตัวผู้ได้

8. เพิ่มการติดผลและการขยายขนาดของผล

ออกซินช่วยเพิ่มการติดผลในพืชบางชนิด เช่น ส้ม พริก และมะเขือเทศ เป็นต้น โดยพบว่าออกซินมีผลต่อพืชที่มีเมล็ดมาก มากกว่าพืชที่มีเมล็ดเดียว

9. การผลิตผลไม้ไม่มีเมล็ด

พันธุ์พืชที่สามารถผลิตเป็นผลไม้ไม่มีเมล็ดนั้น รังไข่มักมีออกซินปริมาณมากกว่าพันธุ์พืชที่มีเมล็ด ดังนั้นการให้ออกซินแก่ดอกที่ไม่ได้รับการถ่ายละอองเกสร จึงสามารถผลิตผลไม้ไม่มีเมล็ดได้ดี

10. ควบคุมการตอบสนองของพืชโดยการแบนตามแสง (phototropism) หรือการเบนตามแรงโน้มถ่วงโลก (gravitropism)

11. การแปลงสภาพของเซลล์ (cell differentiation)

เมื่อให้ออกซินแก่ callus ก็สามารถทำให้กลุ่มเซลล์ส่วนหนึ่งแปลงสภาพไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง ซึ่งประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำ (xylem) และท่อลำเลียงอาหาร (phloem)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12. สารกำจัดวัชพืช

ออกซินทุกชนิดถ้ามีความเข้มข้นสูง ก็สามารถใช้กำจัดวัชพืชได้ เนื่องจากออกซินจะไปยับยั้งการเจริญเติบโต โดยจะไปทำให้กระบวนการผลิตเอนไซม์ผิดปกติ จึงทำให้เอนไซม์ที่ควบคุมการเจริญเติบโตมีสัดส่วนไม่เหมาะสม ทำให้ส่วนต่างๆ ของพืชเกิดอาการบิดเบี้ยวและหยุดการเจริญเติบโตในที่สุด

ออกซินจะมีผลต่อพืชใบเลี้ยงคู่มากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เพราะพืชใบเลี้ยงคู่จะดูดซึมและลำเลียงได้มากกและเร็วกว่า ออกซินที่ใช้เป็นยากำจัดวัชพืชอย่างกว้างขวาง เช่น 2,4-D,2,4,5-T และ MCPA เป็นต้น

จิบเบอเรลลิน (gibberellins)

จิบเบอเรลลินเป็นสารที่เชื้อรา *Gibberella fujikuroi* หรือ *Fusarium moniliforme* ซึ่งค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นในปี 1920 มีผลทำให้ต้นกล้าข้าวสูงผิดปกติ ล้มง่าย มักไม่ออกดอก และตายก่อนที่พืชจะเจริญเติบโตเต็มที่ และในปี 1935 Yabuta and Hayashi นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นสามารถสกัดสารที่มีฤทธิ์ดังกล่าวได้จากเชื้อรา จึงให้ชื่อสารนี้ว่า gibberellins (นิตย์. 2541; ชวนพิศ, 2544; ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544)

จิบเบอเรลลินเป็นสารพวก diterprenoid ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่มีโครงสร้างแบบ ent gibberellance skeleton จิบเบอเรลลินทุกชนิดเป็นกรด โดยจะต่างกันตรงจำนวนและตำแหน่งของพันธะคู่ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-)

ในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในพืชคล้ายกับจิบเบอเรลลินที่ได้จากเชื้อรา โดยที่สารเริ่มต้นเป็น mevalonic acid ซึ่งได้จากการรวมตัวของ acetyl CoA 2 โมเลกุล ผ่าน isoprenoid pathway จนเกิดเป็น kaurenoic acid และมีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ จนในที่สุดจะเปลี่ยนเป็น GA_{12} และ GA_4 ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นจิบเบอเรลลินรูปอื่นๆ รวมทั้ง GA_3

ผลของจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544; Davies, 1987)

1. กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้น

จิบเบอเรลลินทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ โดยจิบเบอเรลลินทำให้ลำต้นสูงขึ้นโดยเพิ่มการยืดตัวของข้อปล้อง ซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวและการยืดตัวของเซลล์ แต่ส่วนใหญ่เกิดจากการยืดตัว นอกจากนี้พืชต่างชนิดก็ตอบสนองต่อชนิดและปริมาณของจิบเบอเรลลินที่ต่างกัน เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถั่วพุ่มที่ได้รับจิบเบอเรลลินจะกลายเป็นถั่วเลื้อยได้ องุ่นเมื่อได้รับจิบเบอเรลลินก็ทำให้ผลยาวขึ้น เป็นต้น และยังมีพืชบางชนิดที่ไม่ตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินที่ได้รับจากภายนอก อาจเนื่องจากพืชชนิดนั้นๆ มีปริมาณของจิบเบอเรลลินที่เพียงพอแล้ว

2. กระตุ้นการเกิดดอก

การออกดอกของพืชนั้นมีปัจจัยหลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นอายุพืชเอง หรือสภาพแวดล้อม เช่น วันสั้น วันยาว ความเข้มแสง และอุณหภูมิต่ำ เป็นต้น จิบเบอเรลลินสามารถใช้ทดแทนความยาววัน ที่จำเป็นต่อการออกดอกในพืชบางชนิดและทดแทนความต้องการอุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นการออกดอก (vernalization) ในพืชบางชนิดได้

3. การกระตุ้นการงอกของตาที่พักตัวและเมล็ดที่พักตัว

การพักตัวของเมล็ดและตานั้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกและปัจจัยภายในไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดการพักตัว ไม่สามารถงอกได้ตามสภาพปกติ การใช้จิบเบอเรลลินจะช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดหรือตาของพืชบางชนิดได้ โดยจิบเบอเรลลินสามารถทดแทนอุณหภูมิต่ำ สภาพวันยาวและแสงสีแดงได้

4. การกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอาหาร

หลังจากที่เมล็ดเกิดการงอกแล้ว รากและยอดอ่อนก็จะเริ่มใช้อาหารสะสม จิบเบอเรลลินจะกระตุ้นให้มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ส่วนใหญ่พบในเมล็ดธัญพืช เมื่อเมล็ดมีความชื้นเพียงพอ เอ็มบริโอจะปล่อยจิบเบอเรลลินไปกระตุ้นเซลล์ของ aleurone layer ให้ขับเอนไซม์ไปย่อยอาหารสะสม อาหารที่ถูกย่อยจะเคลื่อนที่ไปเลี้ยงต้นอ่อนทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโต

5. กระตุ้นให้เกิดผลไม้ไม่มีเมล็ด

จิบเบอเรลลินสามารถกระตุ้นการเกิดผลโดยไม่ต้องผสมเกสร เช่น ในมะเขือเทศและส้ม ทำให้ได้ผลที่ไม่มีเมล็ด

6. การแสดงออกของเพศดอก (sex expression)

การแสดงออกของเพศดอก (sex expression) ที่ถูกกระตุ้นด้วยจิบเบอเรลลินนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช โดยทั่วไปจิบเบอเรลลินมักเร่งให้เกิดดอกตัวผู้ ส่วนออกซินและไซโตไคนินจะเร่งให้เกิดดอกตัวเมียเพิ่มขึ้น เช่นในพืชตระกูลแตง เมื่อใช้จิบเบอเรลลินสามารถชักนำให้เกิดการสร้างดอกตัวผู้เพิ่มมากขึ้น แต่ในต้นเกาลัด (Chinese chestnut) จิบเบอเรลลินชักนำให้มีจำนวนดอกตัวเมียเพิ่มขึ้น

7. ชะลอการแก่ชราภาพในใบพืชได้

8. ยับยั้งการออกดอกในพืชบางชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไซโตไคนิน (cytokinins)

ไซโตไคนินเป็นสารประกอบที่ Haberlandt (1913) พบครั้งแรกว่ามีอยู่ในเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชหลายชนิด ซึ่งช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ โดยกระตุ้นการแบ่งตัวของไซโทพลาซึม สารประกอบนี้จึงมีชื่อว่า ไซโตไคนิน ต่อมายังค้นพบว่าไซโตไคนินมีอยู่ในน้ำมะพร้าวอ่อนและส่วนอื่นๆ ของพืชชั้นสูงอีกด้วย และนอกจากนี้ยังพบไซโตไคนินในพืชชั้นต่ำ เช่น มอส สาหร่าย และไดอะตอม (นิตย์, 2541) ไซโตไคนินทำหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การเจริญของกิ่ง ใบ และลำต้น เร่งการแตกตาข้างและชะลอการแก่ของพืช (นิตย์, 2541)

ไซโตไคนินมีทั้งพืชสังเคราะห์ขึ้นเองและสารสังเคาะห์ ไซโตไคนินที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองนั้น ได้แก่ zeatin , dihydrozeatin , isopentenyl adenine (IPA) , zeatin riboside ซึ่งไซโตไคนินสามชนิดแรกนั้น เป็นไซโตไคนินที่มีฤทธิ์สูงมาก และมักพบในพืชหลายชนิด ส่วน zeatin riboside จะพบในปริมาณมากในพืชส่วนใหญ่ (นิตย์, 2541)

ไซโตไคนินในพืชนั้นจะมีน้ำตาลเพนโทส (คาร์บอน 5 อะตอม) เกาะติดอยู่หรือมีกลุ่มฟอสเฟสอยู่ด้วย หมายความว่า ไซโตไคนินเกิดขึ้นแบบไรโบไซด์ (riboside) หรือไรโบไทด์ (ribotide) ตัวอย่างเช่น อนุพันธุ์ของซีเอตินที่พบว่าในผลอ่อนข้าวไรโบไทด์ชนิดหนึ่ง

แหล่งของไซโตไคนินในพืชพบมากในบริเวณปลายราก ใบอ่อน ผลอ่อนและเมล็ด สามารถเคลื่อนย้ายไปในส่วนของใบ ลำต้น และส่วนต่างๆ ของพืชโดยผ่านท่อน้ำ (สมบุญ, 2544)

ไซโตไคนินสังเคราะห์ (synthetic cytokinins) ได้แก่ kinetin, benzyladenine (BA), tetrahydropyranyl benzyladenine (PBA) เป็นต้น โดย BA และ PBA มีกิจกรรมของไซโตไคนินสูงที่สุด (นิตย์, 2541)

การสังเคราะห์ไซโตไคนินนั้นมีสารตั้งต้น คือ mevalonic acid เช่นเดียวกับจิบเบอเรลลิน จากนั้นจะเปลี่ยนไปเป็น isopentenyl pyrophosphate และจะทำปฏิกิริยากับ adenine monophosphate (AMP) ได้เป็น isopentenyl AMP จากนั้นจะเปลี่ยนไปเป็น isopentenyl adenine โดยมีเอนไซม์มาตัดหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลไรโบสออกไป ซึ่ง isopentenyl adenine จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น zeatin และอาจถูกรีดิวซ์โดย NADPH ไปเป็น dihydrozeatin ได้ (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544; Davies,1987)

1. ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการพัฒนาไปเป็นอวัยวะต่างๆ (cell division and organ formation)

ไซโตไคนินจะช่วยให้ไซโตพลาซึมของเซลล์แบ่งตัวในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น ราก และยังนิยมใช้ไซโตไคนินในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยต้องมีสัดส่วนของไซโตไคนินและออกซินที่เหมาะสม กลุ่มเซลล์จึงจะสามารถพัฒนาไปเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ และถ้ามีไซโตไคนินต่ำก็จะเกิดรากมาก ถ้ามีสูงก็จะเปลี่ยนไปเป็นยอดมาก และถ้าไม่ใช้ไซโตไคนิน จะมีการแบ่งตัวของนิวเคลียสเท่านั้น ทำให้ได้เซลล์ที่เป็นพอลิพลอยด์ (polyploid)

2. เร่งการขยายตัวของเซลล์

ไซโตไคนินสามารถกระตุ้นการขยายขนาดของแวคิวโอล ทำให้เซลล์ขยายใหญ่ขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น ไซโตไคนินสามารถส่งเสริมการขยายตัวของเซลล์ในส่วนที่ตัดจากแผ่นใบและใบเลี้ยงของยาสูบได้

3. ส่งเสริมการสร้างและการเจริญของตาข้าง โดยลดผลของการเกิด apical dominance ลง

การให้ไซโตไคนินกับตาข้างจะทำให้แตกออกมาเป็นใบได้ เพราะตาข้างจะดึงอาหารส่วนอื่น ทำให้เจริญเติบโตได้ แม้ในขณะที่ยังคงมีตายอดอยู่ เนื่องจากไซโตไคนินสามารถลบล้างอำนาจของออกซินในด้านการข่มตายอดได้ นอกจากนั้นไซโตไคนินยังสามารถกระตุ้นการเจริญของตา นำไปขยายพันธุ์ด้วยการติดตาให้เจริญออกเป็นกิ่งใหม่ได้เร็วขึ้น

4. กระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด

ในขณะที่เมล็ดกำลังจะงอก จะพบไซโตไคนินในปริมาณที่สูง นอกจากนี้ไซโตไคนินยังกระตุ้นเมล็ดที่พักตัวให้เกิดการงอกได้

5. ส่งเสริมการสร้างโปรตีน

ไซโตไคนินสามารถดึงสารและกรดอะมิโนชนิดต่างๆ เข้าตัว และสามารถสร้าง RNA, DNA ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นในการสร้างโปรตีน ทำให้พืชทั้งต้นเจริญเติบโต

6. ชะลอการเสื่อมและเพิ่มการสะสมอาหารของส่วนต่างๆ ของพืช

ตัวอย่างเช่นในใบพืชที่ถูกตัดจะมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ RNA และโปรตีนเร็วกว่าใบที่ยังคงติดอยู่กับต้น และยิ่งเก็บรักษาในที่มืด การเสื่อมสลายก็ยิ่งเร็วขึ้น แต่ถ้าใบที่ถูกตัดมีรากเกิดขึ้นที่โคนใบ การเสื่อมสลายจะช้าลง เพราะไซโตไคนินจากรากจะเคลื่อนย้ายตามท่อน้ำมายังใบ นอกจากนี้การให้ไซโตไคนินชดเชยก็สามารถช่วยชะลอการเสื่อมได้ เนื่องจากไซโตไคนินไปช่วยรักษาเนื้อเยื่อต่างๆ ให้คงสภาพดี เพื่อป้องกันการรั่วของเอนไซม์ที่จะไปย่อยสลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้นไซโตไคนินดึงอาหารมาจากส่วนอื่นๆ ได้ และยังช่วยให้ใบที่มีสีเหลือง สามารถสังเคราะห์คลอโรฟิลล์มาได้อีก ทำให้ส่วนของพืชที่ได้รับไซโตไคนินมีอายุได้นาน

7. ควบคุมการเปิดปิดปากใบ

ไซโตไคนินสามารถทำให้ปากใบเปิดในที่มืดได้ ซึ่งพืชทั่วไปปากใบจะเปิดในที่ที่มีแสงและปิดในที่มืด

8. ช่วยให้เซลล์ของใบเลี้ยงของพืชใบเลี้ยงคู่ขยายตัว

การให้ไซโตไคนินกับพืชใบเลี้ยงคู่ที่เลี้ยงในที่มืด ใบเลี้ยงสามารถคลี่ขยายได้เช่นเดียวกับการได้รับแสง ลักษณะดังกล่าวพบในแรดิช ผักสลัด และแตงกวา

9. เพิ่มการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และช่วยพัฒนาคลอโรพลาสต์

เมื่อแคลลัสได้รับแสงและไซโตไคนิน แคลลัสจะกลายเป็นสีเขียว เพราะพลาสติดเปลี่ยนเป็นคลอโรพลาสต์ได้ ซึ่งถูกกระตุ้นโดยไซโตไคนิน

10. ทำให้พืชทั้งต้นเจริญเติบโต

11. ชักนำการสร้างตาดอกและพัฒนาตาดอก พบว่าไซโตไคนินมีบทบาทสำคัญเช่นเดียวกับออกซินและจิบเบอเรลลิน (Bernier *et.al.*, 1985)

สารยับยั้งการเจริญเติบโต (plant growth inhibitors)

สารยับยั้งการเจริญเติบโต (inhibitor) หมายถึงกลุ่มสารที่สามารถยับยั้งหรือชะลอกระบวนการทางสรีรวิทยาหรือกระบวนการทางชีวเคมีของพืช ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชหรือกระบวนการอื่นๆ อีกหลายชนิดถูกยับยั้ง สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่พบโดยมากเป็นสารทุติยภูมิ (secondary product) ที่สร้างและสะสมในพืช สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีโครงสร้างแตกต่างกันออกไป ได้แก่ สารพวกฟีนอลิก (phenolics) และแลคโทน (lactones) สารพวกฟีนอล ได้แก่ พวกกรดฟีนอลิก สารในกลุ่มอนุพันธ์ของ benzoic acid และกลุ่มอนุพันธ์ของ cinnamic acid สำหรับพวกแลคโทน ได้แก่ สารกลุ่มอนุพันธ์ของ coumarine นอกจากนี้สารพวกกรดแอบไซซิก (abscissic acid, ABA) เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตจำพวกเซสควิเทอร์พีนอยด์ที่สำคัญ ที่มีผลต่อการควบคุมการร่วงของใบ ดอก ผล การพักตัวของพืช และการคายน้ำ เป็นต้น (ดนัย ,2544; สมบุญ, 2544)

กรดแอบไซซิก (abscissic acid, ABA)

กรดแอบไซซิก (ABA) สังเคราะห์ในใบแก่ ผลแก่ และจะถูกกระตุ้นให้สังเคราะห์มากขึ้นเมื่อขาดน้ำ โดยการสังเคราะห์เกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ นอกจากนั้นแหล่งอาหารสำรอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และรากของข้าวสาลีก็สามารถสังเคราะห์ ABA ได้ ABA จะเคลื่อนย้ายจากใบสู่ส่วนต่างๆ เช่น ยอดและไประงับการเจริญที่บริเวณนั้น อาจจะกระตุ้นให้เกิดการพักตัวของตาในเมล็ดอาจจะมีการสังเคราะห์ ABA ได้บ้าง หรืออาจจะเป็น ABA ซึ่งส่งจากใบ แต่ในเมล็ดมักจะมีปริมาณ ABA มาก ระดับของ ABA ภายในต้นพืชมีปริมาณขึ้นๆ ลงๆ ตามอัตราการเจริญ พลังงานที่ทำงานได้ของน้ำในต้นพืชและฤดูกาล แสดงว่าในต้นพืชต้องมีการทำลายสาร ABA แต่กลไกการทำลายยังไม่ทราบแน่ชัดนัก แต่พบว่าถ้าหากให้ ^{14}C-ABA แก่พืช สาร ABA ดังกล่าวจะเปลี่ยนไปเป็น glucose ester ของ ABA อย่างรวดเร็ว ซึ่งค่อนข้างเสถียรในต้นพืชและยังมีกิจกรรมคล้ายคลึงกับ ABA ส่วนการสลายตัวของ ABA นั้น เกิดขึ้นโดยการเกิด hydroxylation และ oxidation ของกลุ่มเมทิลที่เกาะอยู่กับวงแหวน (ดนัย, 2544)

ผลของกรดแอบไซซิกต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544; Davies,1987)

1. ชักนำให้ปากใบปิด

เมื่อใบขาดน้ำ ปริมาณ ABA จะเพิ่มขึ้น ทำให้ปากใบปิด โดยพืชจะตอบสนองได้ภายในเวลา 1-15 นาที หลังจากได้รับ ABA นอกจากนี้ยังพบว่าถ้ารากขาดน้ำ ปริมาณ ABA ที่รากจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสาร ABA เหล่านี้จะถูกลำเลียงผ่านท่อลำเลียงน้ำไปยังใบ ทำให้ปากใบปิดได้ด้วย

2. กระตุ้นให้เกิดการพักตัวของตา

เมื่อให้ ABA กับตาที่กำลังเจริญเติบโต จะทำให้ตาชะงักการเจริญเติบโต และเข้าสู่การพักตัวตามปกติ ซึ่งสามารถลบล้างผลของจิบเบอเรลลิน ซึ่งกระตุ้นการงอก

3. การร่วง

กรดแอบไซซิกมีผลทำให้เกิดการร่วงของใบ ดอก ผล กิ่ง โดย ABA จะส่งเสริมให้กิ่ง ใบ สร้าง abscission zone ขึ้นที่ข้อต่อระหว่างกิ่ง หรือใบกับลำต้น ทำให้กิ่ง ดอก ผล ใบร่วงได้ง่าย

4. เร่งกระบวนการเสื่อมสภาพของใบ

5. การงอกของเมล็ด

การให้ ABA กับเมล็ดนั้น พืชจะยับยั้งการสร้างเอนไซม์ α-amylase ในเมล็ดและควบคุมไม่ให้เมล็ดที่ยังสดอยู่งอก ในการงอกของเมล็ดพืชหลายชนิด ซึ่งต้องนำเมล็ดไปกระตุ้นการงอกโดยให้อุณหภูมิต่ำระยะหนึ่ง เรียกว่า สแทรทิฟิเคชัน (stratification) เมล็ดจึงงอกได้ ซึ่งอุณหภูมิต่ำจะกระตุ้นกรดแอบไซซิกเพิ่มมากขึ้น และถ้าเมล็ดมีระดับกรดแอบไซซิกสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แม้ว่าจะมีอาหารสำรองเพียงพอและความชื้นสูงก็ไม่สามารถงอกได้ แต่ถ้ามีระดับกรดแอบไซซิกต่ำจึงจะงอกได้

เอทิลีน (ethylene)

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นก๊าซ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก เนื่องจากเอทิลีนสามารถแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้ง่าย ทำให้มีอิทธิพลอย่างกว้างขวางต่อการพัฒนาของพืช เอทิลีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีสถานะก๊าซ ไม่มีสี ระเหยได้ มีกลิ่นเล็กน้อย สามารถละลายน้ำและละลายได้ดีในไขมัน เอทิลีนจัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) มีสูตรทางเคมี คือ $CH_2=CH_2$ พืชสามารถสร้างเอทิลีนได้เอง เอทิลีนยังอาจเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารที่มีคาร์บอนมาก เช่น น้ำมัน และถ่านหิน เป็นต้น หรือเกิดจากควันท่อไอเสียรถ จากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้แบคทีเรียและเชื้อราก็สามารถผลิตเอทิลีนได้เช่นกัน

ในต้นอ่อนนั้นยอดเป็นส่วนสำคัญที่สังเคราะห์เอทิลีน ทั้งนี้เพราะที่ยอดมีออกซินอยู่ในปริมาณที่สูง และออกซินสามารถกระตุ้นให้เนื้อเยื่อสังเคราะห์เอทิลีนได้ รากสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้บ้างแต่ในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่หากให้ออกซินกับราก ก็จะทำให้รากสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้มากขึ้น ในใบแก่และกำลังจะตายจะสังเคราะห์เอทิลีนได้มาก ส่วนดอกก็สามารถสังเคราะห์ได้เช่นกัน และเอทิลีนยังมีผลทำให้ดอกไม้บางชนิดไม่บาน หรือเหี่ยวและกลีบร่วง ในผลไม้ที่สุกสามารถสังเคราะห์เอทิลีนได้มากกว่าผลไม้ที่ยังไม่สุก (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; สมบุญ, 2544)

ในการสังเคราะห์เอทิลีนนั้นมีสารเริ่มต้น คือ กรดอะมิโนที่มีชื่อว่า methionine ซึ่งพืชสังเคราะห์ได้เองจากกรดอินทรีย์ที่มีอยู่ภายในเซลล์ เมทไธโอนีนนี้สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ต้องอาศัยจากพืช โดยผ่านสารตัวกลาง S-adenosylmethionine (SAM) โดยอาศัยเอนไซม์ SAM synthetase ซึ่งจะมีการใช้พลังงาน (ATP) ในกระบวนการ 1 โมเลกุล ทั้งเมทไธโอนีนและ SAM นี้อาจถูกใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนบางอย่าง แต่ SAM จะถูกใช้ในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ลิกนิน และเพกตินด้วย ในลำดับต่อมา SAM จะแตกตัวเป็น 5,S-methylthioadenosine และ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase เป็นตัวคะตะลิสต์ ACC นั้นไม่ปรากฏว่าถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น นอกจากจะแตกตัวไปเป็นเอทิลีนในลำดับสุดท้ายโดยเอนไซม์ ethylene forming enzyme (EFE) หรือ ACC oxidase โดยคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 3 และ 4 ของ methionine จะกลายเป็นคาร์บอนของเอทิลีน ในสภาวะที่มีออกซิเจนและได้กรดฟอร์มิก (HCOOH) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนสาร methylthioadenosine สามารถเปลี่ยนเป็น 5-methylthioribose ซึ่งจะปลดปล่อยน้ำตาลไรโบส (ribose) สำหรับ methylthio group จะรวมตัวกับ homoserine กลายเป็น methionine ได้ใหม่ เพื่อใช้ในกระบวนการการสังเคราะห์เอทิลีนต่อไป นอกจากนั้น เอทิลีนอาจถูกเปลี่ยนไปเป็น malonyl ACC (MACC) ซึ่งค่อนข้างจะเสถียรกว่า (ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544)

ในการสังเคราะห์เอทิลีน นอกจากจะได้เอทิลีนแล้วยังได้ คาร์บอนไดออกไซด์ และ HCN ออกมา ซึ่ง HCN ได้คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของเมทไธโอนีน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ได้จากกลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl group) HCN ที่เกิดขึ้นจะถูกทำให้หมดพิษไปโดยรวมตัวกับ cysteine เปลี่ยนเป็น β-cyanoalanine และเปลี่ยนไปเป็น asparagine หรือ γ-glutamyl-β-cyanoalanine ทำให้ไม่เกิดการสะสม HCN จนเกิดเป็นพิษ (จริงแท้, 2544)

ผลของเอทิลีนต่อการเจริญเติบโตของพืช (นิตย์, 2541; จริงแท้, 2544; ชวนพิศ, 2544; ดนัย, 2544; สมบุญ, 2544; Davies,1987)

1. อีทิโอเลชัน (etiolation)

ทำให้ยอดของต้นกล้าที่งอกในที่มืดโค้งงอคล้ายตาขอ (apical hook) ต้นกล้าในที่มืดจะมีลำต้นยาว ใบไม่ขยายตัว สีขาวซีด ส่วนยอดจะงอคล้ายตาขอ ทั้งนี้เพราะปลายยอดของต้นกล้ามีการสร้างเอทิลีนขึ้น และถ้าลดปริมาณเอทิลีนก็จะทำให้ปลายยอดเหยียดตรง

2. ทำให้ใบเบนลง (epinasty)

ทำให้เซลล์พาเรงคิมาด้านบนของใบ หรือด้านใบยืดตัวมากกว่าเซลล์ด้านล่าง

3. กระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านข้าง

ในพืชใบเลี้ยงคู่ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์จะเกิดขึ้นโดยจะมีการพอกพูนของเซลลูโลสไมโครไฟบริล (cellulose microfibrils) ในด้านแนวตั้งของผนังเซลล์มากกว่าแนวนอน ในรากก็เกิดเช่นเดียวกัน ซึ่งเอทิลีนจะทำให้พืชมีลำต้นและรากอวบหนาแต่สั้น

4. การออกดอก

ในพืชส่วนใหญ่เอทิลีนจะยับยั้งการออกดอก แต่ในมะม่วงและสับปะรด เอทิลีนจะช่วยกระตุ้นให้ออกดอกได้เร็วขึ้นและออกดอกพร้อมๆ กัน นอกจากนั้นยังสามารถกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่ได้อีกด้วย โดยพ่นออกซิน (NAA) เพื่อชักนำให้ผลิตเอทิลีน หรือหยอด พ่นด้วยสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน ได้เช่น ethephon นอกจากนั้นยังสามารถกระตุ้นให้เกิดดอกตัวเมียมากขึ้นในพืช dioecious

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เร่งการสุกของผลไม้

เอทิลีนจากภายนอกสามารถชักนำให้ผลไม้ประเภทบ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) เกิดการสุกเร็วขึ้น และเมื่อแก่เข้าสู่ระยะการสุก ผลไม้ประเภทนี้จะสร้างเอทิลีนเองในปริมาณมาก ซึ่งจะช่วยเร่งให้สุกได้เร็วขึ้น โดยมีระบบแบบ autocatalytic ethylene producing system ส่วนผลไม้ประเภทไม่สามารถบ่มให้สุกได้ (non-climacteric fruit) นั้น เอทิลีนภายนอกไม่สามารถชักนำให้มีการสังเคราะห์ขึ้นมาเอง เนื่องจากมีระบบการสังเคราะห์เอทิลีนแบบ non-autocatalytic ethylene producing system จากการที่พบว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสุกจึงเรียกเอทิลีนว่า fruit ripening hormone โดยเอทิลีนความเข้มข้นเพียง 1 ppm ก็สามารถชักนำให้ผลไม้สุกได้ ในประเทศไทยนิยมใช้ถ่านแก๊ส (calcium carbide) ในการบ่มผลไม้ เมื่อผลไม้คายน้ำ ไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับถ่านก๊าซ เกิดเป็นก๊าซอะเซทิลีน (acetylene) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างและคุณสมบัติคล้ายก๊าซเอทิลีน จึงทำให้ผลไม้สุกได้

6. เร่งการร่วงของใบ ดอก และผล

เอทิลีนมีผลต่อการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล โดยจะไปกระตุ้นให้เกิด abcission zone ขึ้น พืชที่ได้รับเอทิลีนในปริมาณมาก เช่น ถูกรมควันไฟ จะทำให้ใบร่วงได้ เนื่องจากในควันไฟมีเอทิลีนเป็นองค์ประกอบ ในบางครั้งพืชอยู่ในสภาวะไม่เหมาะสม ก็สามารถส่งเสริมให้พืชสร้างเอทิลีนมากผิดปกติ ทำให้ใบร่วงได้

7. ทำลายการพักตัวของพืช

พืชหัวบางชนิด เช่น มันฝรั่ง แกลดิโอลัส จะมีระยะพักตัวในการงอก โดยปกติจะต้องนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำระยะหนึ่งก่อนนำไปปลูกจึงจะงอกได้ เอทิลีนสามารถกระตุ้นการงอกและช่วยย่นระยะเวลาการงอก ทำให้สามารถนำพืชหัวไปปลูกต่อให้ผลิตผลเร็วขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้ยอดที่งอกออกใหม่นั้นมีการยืดตัวได้น้อยกว่าปกติ

8. ช่วยในการสร้างหัว

การฉีดพ่นอีเทรล (ethrel) กับต้นหอมหัวใหญ่ในระยะแรกของการเจริญเติบโต จะทำให้ต้นหอมหัวใหญ่สร้างหัว (bulb) เร็วขึ้น

9. ช่วยเร่งการเกิดยาง

การให้เอทิลีนกับต้นยางพาราที่มีอายุมาก จะสามารถเร่งการไหลของน้ำยางพาราได้ และนอกจากนี้ยังเร่งการสร้างปาเปน (papain) ในมะละกอได้

10. ส่งเสริมการสูญเสียสีเขียว (degreening)

เอทิลีนจะกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ในส้มสามารถใช้ในการทำให้ผลส้มมีสีเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

11. ทำให้เนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม

เอทิลีนจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายอย่าง เช่น pectinase และcellulase

12. รสชาติ

ในผลไม้ เอทิลีนช่วยกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาล การลดลงของปริมาณกรดทำให้รสของผลไม้ดีขึ้น แต่ในแครอท กะหล่ำปลี เอทิลีนจะกระตุ้นให้มีการสร้างสารพวกฟีนอล ทำให้เกิดรสขม

13. การชราภาพของดอกไม้

เอทิลีนทำให้ดอกไม้หลายชนิด กลีบดอกม้วนตัวกลับเข้าด้านใน เหี่ยว สีซีดจางลง และหลุดร่วง เช่น ในดอกคาร์เนชั่น เอทิลีนทำให้ดอกไม่บาน เรียกอาการนี้ว่า sleepiness

14. ยับยั้งการเคลื่อนย้ายออกซิน

การเคลื่อนที่ของออกซินจากปลายยอดสู่โคนต้นด้านล่างและทางด้านข้างจะชะงัก

15. เกิดอาการผิดปกติ

ในผักกาดหอมห่อ จะเกิดอาการเป็นแผลสีน้ำตาลบริเวณก้านใบ หรือเส้นใบที่มีสีขาว เมื่อสัมผัสกับเอทิลีน

16. กระตุ้นการเกิดขนรากและรากพิเศษ

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อพืชหัวบางชนิด

เยาวลักษณ์ (2544) ได้ทำการทดลองแช่หัวพันธุ์ปทุมมาในสารละลายเอทิลีนความเข้มข้น 700-1,000 ppm นาน 24 ชั่วโมง พบว่าไม่สามารถเร่งการงอกได้ เช่นเดียวกับแช่หัวพันธุ์ในสารละลาย BA ที่ความเข้มข้น 200 ppm นาน 24 ชั่วโมง แต่แช่ในสารละลายเอทิลีนที่ความเข้มข้น 1,000 ppm นาน 24 ชั่วโมงแล้วนำไปบ่มที่ 33°ซ หัวพันธุ์จะงอกเร็วขึ้นเพียง 3 วันเท่านั้น นอกจากนั้นในการบ่มหัวพันธุ์ที่ไม่มีตุ้มราก สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 200 ppm สามารถเร่งการงอกได้ โดยทำการใช้ GA_3 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ แต่วิธีนี้จะไม่สามารถเร่งการงอกในหัวพันธุ์ที่มีตุ้มรากและหัวพันธุ์ที่ปลูกลงถุงโดยตรง ซึ่งตรงข้ามกับ Kuehny *et al.* (2002) ที่แช่หัวพันธุ์ปทุมมาด้วย GA_{4+7} ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 600 ppm นาน 10 นาที ร่วมกับ 10% Physan 20 แล้วล้างน้ำกลั่นก่อนนำไปปลูก พบว่า GA_{4+7} ที่ความเข้มข้น 200, 400 และ 600 ppm ทำให้ปทุมมางอกช้า แต่ที่ระดับ 400 ppm ปทุมมาจะออกดอกช้ากว่ากรรมวิธีอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Halevy *et al.* (1970) จุ่มหัวพันธุ์แกลดิโอลัสใน 2-chloroethylphosphonic acid ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน พบว่ามีผลต่อการงอก ดอกออกเร็ว ช่อดอกมีก้านสั้นกว่าปกติ และยังมีผลให้เกิด corm spliting ลดขนาดของหัวแต่เพิ่มปริมาณหัวย่อย

Tsukamoto (1972) แช่หัวและหัวย่อยของแกลดิโอลัสในสารละลาย BAP ซึ่งเป็นสารจำพวกไซโตไคนิน ที่ความเข้มข้น 5-50 ppm นาน 12-24 ชั่วโมง พบว่าสามารถช่วยเร่งการงอก ทำลาย apical dominance ระบบรากเจริญเติบโตได้น้อยลง เช่นเดียวกับ Tonecki (1979) ที่จุ่มหัวใน kinetin เข้มข้น 20 ppm 24 ชั่วโมง มีผลในการทำลาย apical dominance แต่ไม่ค่อยมีผลกับการเจริญเติบโตในแง่ต่างๆ

Ginzbury (1973) ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารละลาย BA, ABA, GA_3 และ ethrel พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับการใช้สารละลาย BA ช่วยกระตุ้นให้หัวย่อยงอกเร็วขึ้น ตรงข้ามกับการใช้ ABA หรือ GA_3 ที่มีผลยับยั้งการงอก ส่วน ethrel สามารถกระตุ้นการงอกของหัวย่อยได้เฉพาะกรรมวิธีที่หัวย่อยอยู่ในระยะพักตัวเท่านั้น นอกจากนี้ ABA ยังยับยั้งการงอกโดยหัวย่อยที่พักตัวจะมีปริมาณ ABA สูงถึง 5-10 เท่าของหัวที่ไม่พักตัว

Tsukamoto (1974a) ทดลองแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลาย benzyladenine ที่ความเข้มข้น 20 ppm 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น 3 วันจึงนำไปแช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 ppm พบว่า กรรมวิธีดังกล่าวช่วยทำลายการพักตัวของหัวพันธุ์แกลดิโอลัส และยังให้ยอดและรากที่งอกออกมามีคุณภาพดีขึ้น

Tonecki ในปี 1979 และ 1981 ที่แช่หัวพันธุ์ใน IAA, IBA, NAA, GA_3 และ kinetin ที่ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 2,000 ppm พบว่าทุกกรรมวิธียกเว้น GA_3 ที่ยับยั้งการเจริญเติบโตในช่วงแรก ส่วน GA_3 สามารถเร่งการงอกได้ kinetin, IBA และ NAA ที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้ต้นตายได้ และ IBA ความเข้มข้น 100 ppm มีผลในการเพิ่มจำนวนหัวย่อยต่อต้น เช่นเดียวกับ Sharga (1982) ที่แช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลาย IAA, IBA และ NAA ที่ความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 500 ppm พบว่า IAA และ IBA ที่ความเข้มข้นมากกว่า 50 ppm ทำให้การงอกน้อยลง ส่วน NAA 50 ppm ช่วยให้ต้นสร้างดอกที่มีคุณภาพดีกว่ากรรมวิธีอื่น และ NAA ทุกความเข้มข้นมีปริมาณหัวย่อยมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ในทางกลับกัน Seema and Chauhan (2002) ได้นำหัวพันธุ์แกลดิโอลัสแช่ใน maleic hydrazide (MH) ความเข้มข้น 100, 150, 200 ppm และ IAA ความเข้มข้น 150 และ 200 ppm พบว่าหัวพันธุ์จะงอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตจะเร่งการงอกของช่อดอก ซึ่งการแช่ใน MH 150 ppm จะให้ผลชัดเจน รองลงมาเป็น IAA ความเข้มข้น 200 ppm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Tonecki (1980); Bhattacharjee (1984); Bose and Yadav (1989); Cohat (1993) และ Arora *et al.* (1994) กล่าวว่า การให้ GA_3 โดยการจุ่มหัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลาย GA_3 มีผลทำให้หัวพันธุ์งอกเร็วขึ้น เกิดการสร้างดอกเร็วขึ้น ดอกบานเร็วขึ้น ก้านช่อดอกยาวขึ้น จำนวนดอกย่อยและขนาดดอกย่อเพิ่มขึ้น หัวย่อยมีจำนวนมากขึ้นและมีน้ำหนักมากว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ GA_3 นอกจากนี้ Bose and Yadav (1989) ยังพบว่าการให้ IAA ช่วยเร่งการเกิด differentiation ของ floral primodia แต่หัวพันธุ์ที่ได้รับ kinetin การงอกจะลดลงและ shoot apex differentiation ลดลง

Auge (1983) ได้ทำการเก็บรักษาหัวพันธุ์แกลดิโอลัสที่อุณหภูมิ 22°ซ นาน 4 สัปดาห์ จากนั้นนำไปแช่ในสารละลาย GA_3 (Berelex 0.5 กรัมต่อลิตร) หรือพ่นด้วย Berelex 2 กรัมต่อลิตร ผึ่งหัวไว้ 24 ชั่วโมงก่อนปลูก พบว่า หัวที่ได้รับ GA_3 จะงอกก่อนหัวที่ไม่ได้รับ 10 วัน ซึ่งกรรมวิธีของ Auge (1983) แตกต่างกับ Pal and Chowdhury (1999) ที่ทำการแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลายควบคุมการเจริญเติบโตก่อนแล้วจึงทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 18-20°ซ จากนั้นอีก 77 วันจึงนำไปปลูก พบว่า BA ช่วยให้หัวพันธุ์งอกเร็วกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ไม่มีผลต่อการงอก แต่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้น โดยที่ ethrel ความเข้มข้น 100 ppm ช่วยให้ต้นมีใบขนาดใหญ่ขึ้น ช่อดอกและดอกใหญ่ขึ้น จำนวนดอกต่อช่อมาก GA_3 เข้มข้น 20 ppm แช่หัวนาน 24 ชั่วโมง ทำให้ความยาวช่อดอกเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้น 40 ppm แช่นาน 12 ชั่วโมง ทำให้ดอกออกช้า GA_3 ความเข้มข้น 10 ppm แช่นาน 12 ชั่วโมง ทำให้จำนวนและน้ำหนักหัวใหม่เพิ่มขึ้นและ GA_3 เข้มข้น 40 ppm แช่นาน 24 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มจำนวนหัวย่อยต่อต้น

Dua *et al.* (1984) จุ่มหัวพันธุ์แกลดิโอลัสพันธุ์ Sylvia ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 75, 100 และ 150 ppm โดยทำการจุ่มหัวพันธุ์ก่อนปลูก 15 และ 30 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น 100 ppm ร่วมกับการฉีดพ่น GA_3 ความเข้มข้น 100 ppm ให้จำนวนหัวใหม่และหัวย่อยมากที่สุด

Roychoudhuri *et al.* (1986) ได้แช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสใน ethephon ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีผลให้ก้านดอกยาว และดอกขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับ Hong and Goo (1994) และ Ram *et al.* (2002) ทดลองแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลาย ethephon 400 ppm พบว่า มีผลต่อการงอก เปอร์เซ็นต์การงอก ขนาดหัว การสร้างและการพัฒนาหัวและการลดระยะเวลาการพักตัว นอกจากนี้ยังพบว่า GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 ppm มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของหัวและหัวย่อย BA ความเข้มข้น 25 ppm เพิ่มการเจริญเติบโตของหัวและหัวย่อย และมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของหัวย่อยเพียงกรรมวิธีเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Mukhopadhyay and Bankar (1988) นำหัวพันธุ์แกลดิโอลัสไปแช่สารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100, 250 และ 500 ppm ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนปลูก พบว่าที่ความเข้มข้น 10 ppm ช่วยให้หัวพันธุ์งอกเร็วกว่าที่ความเข้มข้นอื่น แต่ที่ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm ทำให้ดอกออกเร็วขึ้นและทุกความเข้มข้นช่วยให้ก้านดอกยาวขึ้น และจำนวนหัวย่อยต่อต้นลดลงแต่น้ำหนักหัวย่อยต่อต้นเพิ่มขึ้น

Nilimesh (1990) รายงานว่าการแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสใน ethrel ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm นาน 6 ชั่วโมง มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้น แต่จำนวนหัวใหม่เพิ่มขึ้น ส่วน kinetin ที่ความเข้มข้น 25 และ 50 ppm มีผลทำให้ดอกมีขนาดใหญ่และจำนวนดอกต่อช่อมากขึ้น

Cohat (1993) ทำการแช่หัวพันธุ์แกลดิโอลัสในสารละลาย IAA พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ช่วยเพิ่มหัวย่อยต่อต้นได้

โสระยา (2544) รายงานว่า การแช่หัวพันธุ์ฟรีเซียในสารละลาย calcium cyanamide หรือ BA จะช่วยเร่งการงอกได้แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้เอทิลีน

Moe and Hagness (1975) ทำการให้ ethephon แก่หัวพันธุ์ทิวลิป พบว่า ethephon จะสามารถชะลอการเจริญเติบโตของยอดและตาได้ ที่ความเข้มข้น 250-500 ppm ดอกจะมีกลีบหุ้มดอกสีขาวหรือสีเขียว และใบผิดปกติ ส่วนที่ความเข้มข้น 1,000-2,000 ppm จะทำให้ทิวลิปไม่สามารถออกดอกได้

Sebanek *et al.* (1976) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญของทิวลิปและไฮยาซิน พบว่า หัวทิวลิปที่ได้รับ GA_3 หรือ GA_3 ร่วมกับ BA หลังจากทิวลิปพ้นระยะสร้างอวัยวะสืบพันธุ์แล้ว และหลังจากนั้นเก็บรักษาหัวทิวลิปที่ 5°ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้ขนาดหัวเพิ่มขึ้นและออกดอกก่อนกรรมวิธีอื่นๆ 3-4 วัน นอกจากนั้นยังทำให้ก้านดอกยาว ดอกขนาดใหญ่ ส่วนหัวพันธุ์ไฮยาซินที่จุ่ม GA_3 มีผลทำให้ออกดอกก่อน ความยาวก้านดอกเพิ่มขึ้นและขนาดดอกใหญ่ขึ้น

Bragt and Gelder (1979) การให้ GA_3 1 มิลลิกรัมต่อน้ำ 0.5 มิลลิลิตร แก่หัวพันธุ์ทิวลิป พบว่า หัวทิวลิปจะออกดอกก่อน 10 วันเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มหัวย่อยและน้ำหนัก

Auge (1984) ทำการศึกษาวิธีการให้ GA_3 แก่หัวพันธุ์ทิวลิปโดยใช้วิธีการให้ GA_3 ซึมผ่านแบบสุญญากาศ แช่หัวพันธุ์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และสัมผัสโดยตรง (หัวพันธุ์ดูดสารละลาย GA_3 ในกระดาษ) พบว่า กรรมวิธีที่แช่หัวพันธุ์ในสารละลาย GA_3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นวิธีที่ให้ GA_3 ดีที่สุด รองลงมาคือ สัมผัสโดยตรงและแบบซึมผ่านแบบสุญญากาศ (vacuum infiltration) ซึ่งกรรมวิธีที่ให้แบบซึมผ่าน จะเป็นวิธีที่ทำให้ไม่ออกดอกเป็นส่วนใหญ่

Mugge *et al* (1985) ได้ทำการให้สารผสมของ IAA, GA_3 และ kinetin ที่ 4 ระดับความเข้มข้น ซึ่งกรรมวิธีที่ให้ IAA 10-9 หรือ 10-7 ppm ร่วมกับ GA_3 10-7 ppm และkinetin 10-6 ppm แบบดูดซึม 30 นาที จะให้หัวใหม่ 18 และ 44 เปอร์เซ็นต์ในทิวลิปพันธุ์ Van der Eerden และ Apeldoorn ตามลำดับ ส่วนการให้แบบซึมผ่านแบบสุญญากาศจะเพิ่มหัวใหม่ในพันธุ์ Apeldoorn ถึง 54 เปอร์เซ็นต์

Bose *et al.* (1980) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศ *(Hippeastrum hybridum* Hort.) พบว่า IAA สามารถเพิ่มจำนวนและน้ำหนักของหัวย่อย GA_3 เพิ่มน้ำหนักหัวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวพันธุ์ และไซโคซอล เพิ่มจำนวนดอก

Halevy and Biran (1975) รายงายว่า SADH และ ethephon จะช่วยกระตุ้นการสร้างหัวใหม่ในรักเร่ นอกจากนี้ยังรายงานว่าการให้ GA_3 และ ABA มีผลโดยตรงในการเกิดหัวใหม่ ส่วนเอทิลีนจะมีผลที่ต่างกันออกไปตามระยะเวลาการเจริญเติบโต โดยเอทิลีนจะกระตุ้นให้เกิดการชักนำการสร้างหัวใหม่

Ashutosh *et al.* (2000) จุ่มหัวพันธุ์ football lily (*Haemanthus mutiflorus* cultivar Martyn) ในสารละลาย GA_3 และ IAA ที่ความเข้มข้น 50, 100, 200 และ 300 ppm พบว่าทุกกรรมวิธีเพิ่มจำนวนใบต่อต้นและความสูงของต้น เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดย GA_3 150 ppm จะให้ผลดีที่สุด

Brooking and Cohen (2002) ศึกษาการชักนำการออกดอกของหัวพันธุ์ขนาดเล็กของ *Zantedeschia* 'Black magic' โดยแช่หัวพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ด้วย GA_3 และ GA_{4+7} ที่ความเข้มข้น 0-100 ppm จากนั้นทำการล้างออกด้วยน้ำกลั่น พบว่าหัวพันธุ์ที่แช่ที่ความเข้มข้นสูงจะออกดอกก่อน แต่มีจำนวนใบน้อยกว่า นอกจากนี้ GA_{4+7} ยังสามารถชักนำให้เกิดดอกเร็วกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ

การตอบสนองของพืชต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิดอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และระยะเวลาที่ให้สารแก่พืช ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดก่อนนำมาใช้ในเชิงการค้าต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved