บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

กล้วยไม้ดิน (terrestrial orchid) เป็นกล้วยไม้ที่พบขึ้นอยู่ตามพื้นดินหรือซอกหินที่มีซากพืช ซากสัตว์สลายตัวผุพังแทรกอยู่ ส่วนมากเป็นพวกที่มีหัวอยู่ใต้ดินหรือกึ่งใต้ดิน และมีการพักตัวตลอดฤดูแล้งจนกระทั่งเริ่มเข้าฤดูฝนจะผลิใบและสร้างช่อดอกพร้อมกับสร้างหัวใหม่ขึ้นมา โดยมีลักษณะของหัวที่ฝังอยู่ในใต้ดิน เช่น หัวเทียม (pseudobulb) หรือเหง้า (rhizome) หรือส่วนที่สะสมอาหารใต้ดิน ซึ่งอาจจะเป็นส่วนของลำต้น (tuber) หรือส่วนของราก (tuberous root) (อรพรรณ, 2542)

ว่านจูงนางจัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae วงศ์ย่อย Vandoideae มีชื่อสกุลว่า *Geodorum* มีชื่อสามัญไทยว่า ว่านจูงนาง หรือ กบ (อบฉันท์, 2551) ว่านถอนพิษ อึ่งเปราะ กำปองดิน (สลิล, 2549) กล้วยไม้สกุลนี้มีการสำรวจพบในประเทศไทย 7 ชนิด ในป่าผลัดใบทั่วทุกภาค ได้แก่ *Geodorum attenuatum* Griff., *G. appendiculatum* Griff., *G. citrinum* Jacks., *G. densiflorum* (Lam.) Schltr., *G. pulchellum* Ridl., *G. recurvum* (Roxb.) Alston., และ *G. siamense* Rolfe ex Downie (Thaithong, 1999)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วยไม้สกุล *Geodorum* สรุปได้ดังนี้

ราก เป็นแบบรากดินระบบรากฝอย (อมรรัตน์, 2551)

หัว เป็นประเภทหัวคอร์ม (corm) ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหารอยู่ที่ระดับผิวดินหรือกึ่งใต้ดิน หัวมีลักษณะเป็นลำลูกกล้วยขนาดเล็ก มีรูปร่างกลมหรือกลมแป้น มีการเจริญทางด้านข้าง มีลำต้นเหนือดินเป็นหน่อที่เกิดจากการซ้อนทับกันของกาบใบ (สลิล, 2549)

ใบ เป็นใบเดี่ยวเรียงตัวแบบสลับหรือตรงข้าม มีประมาณ 2 ถึง 5 ใบ เจริญออกมาจากตายอด ใบมีรูปร่างรูปรีหรือรูปรีแกมรูปใบหอกกลับ ใบมีก้านใบ แผ่นใบกว้างและบาง ผิวใบเรียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีเส้นกลางใบเรียงแบบขนานประมาณ 5 ถึง 7 เส้น เส้นใบแข็ง ใบล่างบางและลดรูปเป็นกาบใบ และใบที่อยู่ด้านบนสุดเป็นใบที่ใหญ่กว่าใบอื่นๆ เมื่อใบมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วต้นจะเริ่มทิ้งใบในช่วงฤดูหนาวที่มีสภาพแห้งแล้ง (สลิล, 2549; อบฉันท์, 2551; Xinqi, 2009)

ช่อดอกและดอก เป็นช่อกระจะโดยแทงช่อออกมาจากโคนของหัวบริเวณโคนใบชั้นนอก ก้านช่อดอกตั้งตรง ปลายช่อโค้งงอ มีใบประดับค่อนข้างใหญ่สีเขียวยาวเรียวหุ้มก้านช่อดอกเป็นระยะ ดอกเกิดที่ปลายช่อเป็นกลุ่ม (สลิล, 2549; อบฉันท์, 2551) ชนิดที่สำรวจพบในประเทศไทยส่วนใหญ่ออกดอกช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน ดอกบานจากโคนไปสู่ปลายช่อดอก ดอกมีขนาดเล็กหลายดอกที่ปลายช่อ มีกลิ่นหอมหรือไม่มีกลิ่น ส่วนใหญ่ดอกมีสีขาวหรือสีขาวอมเขียว ดอกมีสมมาตรด้านข้าง โดยกลีบเลี้ยงและกลีบดอกมีคู่ข้างคล้ายกันและค่อนข้างกว้างกลีบปากรูปคล้ายเรือ ส่วนโคนกลีบเชื่อมกับโคนเส้าเกสรที่ยืดตัวยื่นออกมาเป็นถุงตื้น เส้าเกสรสั้น กลุ่มเรณูรูปเกือบกลม มี 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มเป็นร่องและเว้าบุ๋มติดอยู่ที่ปลายแผ่นเยื่อบางใสที่ค่อนข้างสั้น (ศลิษา, 2549; อมรรัตน์, 2551; Vaddhanaphuti, 2001; Xinqi, 2009)

ผล เป็นผลแบบแห้งแล้วแตก (capsule) เมื่อผลแก่ผลแตกที่กึ่งกลางช่องรังไข่ (White, 2000; Coleman, 2008)

เมล็ด มีขนาดเล็กมาก จำนวน 30 ถึง 500 เมล็ดต่อฝัก (White, 2000; Coleman, 2008)

2.2 วงจรการเจริญเติบโตของว่านจูงนาง

ว่านจูงนางเป็นกล้วยไม้ดินที่มีหัวอยู่ใต้ดิน ใน 1 ปี มีการเจริญเติบโตสลับกับการพักตัว ว่านจูงนางเริ่มพักตัวตั้งแต่เดือนตุลาคมหรือพฤศจิกายน การพักตัวดำเนินไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ นาน 4 ถึง 5 เดือน และพ้นระยะพักตัวในเดือนมีนาคม ว่านจูงนางเริ่มต้นการเจริญเติบโตด้วยการแทงหน่อใบ หน่อดอกออกมาจากฐานของหัวในเวลาไล่เลี่ยกัน ใบและดอกเจริญควบคู่กันไป โดยดอกจะบานแล้วพัฒนาเป็น ผล (ฝัก) และเมล็ด ในระยะที่ใบเจริญเติบโตส่วนของลำต้นแปรรูปมีการสะสมอาหารเพื่อสร้างหัวใหม่ การเจริญเติบโตของต้นว่านจูงนางดำเนินไปจนถึงช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศแห้งแล้งต้นพืชจึงทิ้งใบและเข้าสู่ระยะพักตัว (ศลิษา, 2549; อมรรัตน์, 2551)

2.3 การพักตัวและปัจจัยที่มีผลต่อการพักตัวและพ้นการพักตัวของพืช

ระยะพักตัว (dormancy) เป็นระยะที่พืชหยุดการเจริญเติบโตเพื่อปรับตัวเข้าสู่สภาพแห้งแล้งและความหนาวเย็นของช่วงฤดูหนาว โดยการพักตัวของพืชเป็นระยะหนึ่งของวัฏจักรการดำรงชีพที่พืชหรืออวัยวะของพืชหยุดการเจริญชั่วคราวเพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดจากสภาวะภายในของพืชเองหรือทั้งสองอย่างพร้อมกัน (สมบุญ, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อการพักตัวและพ้นการพักตัวของพืช มีดังนี้

2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช รวมถึงเป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายพันธุ์ของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่ต่างกัน แม้ในพืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตต่างกันก็ต้องการอุณหภูมิที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาแตกต่างกัน การตอบสนองต่ออุณหภูมิของพืชจะอยู่ระหว่างอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิเหมาะสมเรียกว่า Cardinal temperature (เฉลิมพล, 2542)

อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมและปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ส่งผลโดยตรงต่อการสร้างอาหารสะสมภายในเซลล์ของพืช เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆ ของพืช (ลิลลี่, 2546) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป ส่งผลให้พืชเกิดการชะงักหรือหยุดการเจริญเติบโตเพียงชั่วคราวหรือถาวร พืชแต่ละชนิดต้องการระยะเวลาและช่วงเวลาที่ได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการแตกต่างกัน ทำให้มนุษย์สามารถบังคับพืชที่พักตัวให้พ้นการพักตัวและบังคับให้พืชบางชนิดออกดอกนอกฤดูกาลได้ เมื่อพืชได้รับอุณหภูมิสูงส่งผลให้มีอัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส (สมบุญ, 2544)

Paz (2003) พบว่าหัวปทุมมา (*Curcuma alismatifolia*) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 ถึง 6 สัปดาห์ พ้นการพักตัวได้เร็วกว่าหัวในกรรมวิธีที่ได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า Masuda and Asahira (2003) พบว่าหัวคอร์มของต้นฟรีเซียที่พักตัว เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงมีปริมาณฮอร์โมนไซโทไคนินเพิ่มสูงขึ้นบริเวณตาและมีปริมาณของสารยับยั้งการเจริญเติบโตภายในหัวลดลงทำให้พ้นการพักตัว

Molina *et al*. (2004) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มหัว saffron (*Crocus sativus* L.) ที่พักตัว พบว่าหัวที่เคยผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน มีการพัฒนาของตาและมีจำนวนดอกต่อหัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับหัวที่เคยผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน

นอกจากอุณหภูมิสูงมีผลต่อการออกดอกและการพ้นพักตัวแล้วพืชหลายชนิดต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อกระตุ้นการออกดอกและการพัฒนาด้วย จากการรายงานของ Fukai *et al*. (2006) พบว่าการพ้นการพักตัวของหัวต้น *Arisaema sikokianum* (Araceae) ต้องได้รับอุณหภูมิต่ำที่ 5 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถแทงช่อดอกออกมาได้ โสระยา (2544) กล่าวไว้ว่าเมื่อพืชได้รับอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้กระบวนการลำเลียงของน้ำตาลไปยังส่วนต่างๆ ของพืชเกิดขึ้นได้ดี และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหายใจเพื่อใช้อาหารสะสมเกิดขึ้นน้อยทำให้มีการสะสม soluble carbohydrate มากตามไปด้วย Miller and Langhans (1990) พบว่าหัวลิลลี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -1.0 องศาเซลเซียส มีการสะสมซูโครส แมนโนส ฟรุคโตส และโอลิโกแซคคาไรด์สูงขึ้น และเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง พบว่าสามารถเร่งการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆ ของหัวลิลลี่ได้เร็วขึ้น

Chmelnitsky *et al*. (2001) ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการพัฒนาของใบและตาดอกในกุหลาบสายพันธุ์ลูกผสม เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง 2 ระดับ คือ อุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 26/21 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 21/15 องศาเซลเซียส พบว่ากุหลาบที่ได้รับอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 21/15 องศาเซลเซียส มีการพัฒนาของใบและตาดอกเพิ่มขึ้น และ Yanez *et al*. (2005) ศึกษาผลของความต่างของอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนที่ต่างกันต่อการพ้นการพักตัวของต้น *Zephyra elegans* D. Don โดยเก็บรักษาหัวคอร์มของ *Zephyra elegans* ที่อุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 15/10, 20/15 และ 25/20 องศาเซลเซียส หลังจากปลูกได้ 19 ถึง 38 วัน พบว่าหัวคอร์มของต้น *Zephyra elegans* ในกรรมวิธีที่ได้รับอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 15/10 องศาเซลเซียส และ 20/15 องศาเซลเซียส มีการงอกของหัวดีกว่าและออกดอกมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน 25/20 องศาเซลเซียส

ในไม้ดอกประเภทหัวที่มีลำต้นฝังอยู่ใต้ดินหรือกึ่งใต้ดิน พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันระหว่างอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืน ที่เรียกว่า thermoperiodicity มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาส่วนต่างๆ ของพืช และทำให้พืชบางชนิดพ้นระยะพักตัวได้ (ลิลลี่ และคณะ, 2549) เช่น กล้วยไม้สกุลช้างซึ่งเป็นกล้วยไม้อิงอาศัยต้องได้รับอุณหภูมิต่างระหว่างกลางวันและกลางคืน 5 ถึง 8 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้เกิดการพัฒนาของตาดอก (Christenson, 2001)

2.3.2 ความชื้น

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์พืช โดยปกติพืชมีน้ำเป็นส่วนประกอบ 80 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ น้ำหรือความชื้นมีความสำคัญต่อการเติบโตและพัฒนาการของพืช ความสำคัญของน้ำส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต ผลทางตรง เช่น การเพิ่มขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการรักษาความเต่งของเซลล์ ส่วนผลทางอ้อมมีผลต่อกระบวนการชีวเคมีภายในเซลล์ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การงอกของเมล็ด การพักตัว และการชักนำให้เกิดตาดอก (ดนัย, 2544; ลิลลี่, 2546) เมื่อพืชขาดน้ำมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาทำให้พืชมีขนาดของใบเล็กลงและหนาขึ้น เซลล์มีขนาดเล็กลง และเมื่อพืชขาดน้ำมากๆ ปากใบจะปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำและทำให้ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง ในพืชบางชนิดสภาวะการขาดน้ำจะเป็นตัวชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์และการกำเนิดดอกเร็วขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ลิลลี่, 2546) การงดให้น้ำแก่หัวว่านสี่ทิศพันธุ์ลูกผสม 'Red Lion' นาน 4 หรือ 8 สัปดาห์ พบว่าช่วยกระตุ้นการงอกของช่อดอกแรกและช่อดอกที่สองได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอหลังปลูก (Boyle and Stimart, 1987)

2.3.3 แสง

แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญของพืชสีเขียวที่นำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี และนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างอาหาร แสงเป็นตัวกระตุ้นและควบคุมการเจริญเติบโต รวมถึงพัฒนาการในระดับต่างๆ ของพืชให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างของพืช เช่น การงอก การเติบโตทางลำต้น การออกดอก และการพักตัว (ลิลลี่ และคณะ, 2549) การที่พืชรับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาแล้วจำเป็นจะต้องมีรงควัตถุซึ่งเป็นกลไกพิเศษที่ใช้ในการรับสัญญาณ โดยทำหน้าที่ดูดแสงและกระตุ้นปฏิกิริยาแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง (สมบุญ, 2544) นอกจากนี้แสงยังมีบทบาทในการสร้างอาหารของพืช (source) เพื่อส่งไปเลี้ยงยังส่วนต่างๆ ของต้นที่ใช้อาหาร (sink) โดยพิจารณาจากคุณสมบัติของแสงได้ดังนี้

2.3.3.1 ความเข้มของแสง (light intensity)

ความเข้มของแสงมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนา และกระบวนการสร้างอาหารของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อพืชได้รับความเข้มของแสงที่สูงหรือต่ำเกินกว่าความต้องการของพืชจะส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในพืช (โสระยา, 2544) เช่น เมื่อพืชได้รับความเข้มของแสงที่สูงเกินไปจะทำให้พืชเกิดอาการใบไหม้ และพืชมีการเจริญเติบโตช้าลงหรือไม่เจริญเติบโต การที่พืชได้รับความเข้มของแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตย่อมจะส่งผลดีต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต และพัฒนาการต่างๆ ได้มากกว่าสภาพความเข้มของแสงที่สูงหรือต่ำเกินความต้องการของพืช (สมบุญ, 2544)

2.3.3.2 ความยาวคลื่นแสง (wavelength)

แสงแต่ละสีจะมีคุณภาพหรือพลังงานที่ไม่เท่ากัน โดยแสงสีแดงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อกิจกรรมต่างๆ ในพืชมาก โดยมีรงควัตถุที่ตอบสนองต่อความยาวคลื่นได้แก่ ไฟโตโครม ซึ่งมีสารอินทีย์พวก chromophoric protein เป็นองค์ประกอบ ไฟโตโครมในพืชมี 2 รูป คือ แสงสีแดง (Pr) และ แสงแดงไกล (Pfr) ซึ่งไฟโตโครมทั้งสองสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ Chidburee *et al*. (2007) กล่าวถึงแสงสีแดงที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา พบว่าปทุมมาที่ได้รับแสงสีแดงมีความสูงของต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนเหง้าใหม่ต่อหัว จำนวนรากสะสมอาหาร ปริมาณแป้ง คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้าง น้ำตาลรีดิวซ์ และไนโตรเจนทั้งหมดลดลง เมื่อเทียบกับปทุมมาที่ได้รับแสงจากธรรมชาติซึ่งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าพืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงแตกต่างกันออกไป

2.3.3.3 ความยาววัน (photoperiod)

พืชมีการตอบสนองต่อความยาววัน เมื่อพืชมีช่วงที่ได้รับแสงยาวนานส่งผลให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของช่วงวัน ช่วงความยาววันมีผลต่อการสร้างสารเคมีหรือฮอร์โมนในพืชบางชนิด (โสระยา, 2544) ซึ่งฮอร์โมนบางชนิดมีความสามารถในการกระตุ้น จุดกำเนิดของตาใบและตาดอก โดยพืชจำนวนมากจะออกดอกได้ต้องได้รับความยาววันที่เหมาะสมกับการพัฒนาของพืชนั้น (ดนัย, 2544) จากการทดลองของ Wang (2003) พบว่าการให้สภาพวันสั้นแก่ต้น *Doritis pulcherrima* สามารถชักนำให้เกิดดอกเพิ่มขึ้น 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันต้นที่ได้รับสภาพวันยาวเกิดดอกเพียงแค่ 10 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของณัฐดนัย (2551) ที่ได้ศึกษาการปลูกกล้วยไม้ช้างกระเพื่อให้ออกดอกนอกฤดู โดยให้กล้วยไม้ได้รับสภาพวันสั้น 14 ชั่วโมงต่อวันติดต่อกัน 4 สัปดาห์ ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิก 1000 และ 3000 ส่วนต่อล้าน ทำให้กล้วยไม้ช้างกระออกดอกได้เร็วขึ้นกว่าสภาพปกติ

2.3.4 สารควบคุมการเจริญเติบของพืช (plant growth regulators)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารสังเคราะห์โดยกรรมวิธีทางเคมี ถ้าใช้ในปริมาณเล็กน้อยหรือมีความเข้มข้นต่ำสามารถกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพทางด้านสรีรวิทยาของพืช (พีรเดช, 2537) ไม่เพียงแต่การเปลี่ยนแปลงของพืชทั้งต้น หากแต่ยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชด้วย (ดนัย, 2544) โดยเฉพาะผลของฮอร์โมนต่อกระบวนการเมแทบอลึซึมและปฏิกิริยาชีวเคมีที่ดำเนินอยู่ภายในเซลล์ (ลิลลี่, 2546)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

2.3.4.1 ออกซิน

ออกซินธรรมชาติที่พืชสร้างขึ้นส่วนใหญ่อยู่ในรูป indole - 3 - acetic acid (IAA) ซึ่งมีทริปโทเฟน (tryptophan) เป็นสารประกอบหลักที่ใช้ในการสังเคราะห์ IAA โดยพบมากในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ตาที่กำลังเจริญ ใบอ่อน และเอมบริโอ (Taiz and Zeiger, 2006) ในพืชออกซินมีการเคลื่อนย้ายจากปลายยอดลงสู่ด้านฐานผ่านทางท่อลำเลียงอาหารหรือจากที่ซึ่งมีความเข้มข้นของออกซินต่ำไปยังส่วนที่ซึ่งมีความเข้มข้นสูง เพื่อนำไปใช้ในการกระตุ้นการแบ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การแตกของราก การเจริญของดอก และชะลอการเสื่อมสภาพของใบ กิ่ง และผล (โสระยา, 2547; สมบุญ, 2544)

Xu *et al.* (2008) รายงานว่า การยืดยาวของก้านดอกของต้นทิวลิป มีผลมาจากปริมาณออกซินที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งสัญญาณไปกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดยาวของเซลล์ โดยแหล่งที่พบปริมาณออกซินสูงที่สุดอยู่ในส่วนของปล้องบนสุดของก้านดอก

2.3.4.2 จิบเบอเรลลิน

จิบเบอเรลลินสังเคราะห์จาก mevalonate และจิบเบอเรลลินอื่นๆ ที่เกิดจากกระบวนการ transformation และ interconversion บริเวณปลายราก ปลายยอด ใบอ่อน ผลอ่อน และเมล็ดที่กำลังพัฒนา (ลิลลี่ และคณะ, 2549) จิบเบอเรลลินมีลักษณะการเคลื่อนย้ายเป็นแบบ non polar ที่เคลื่อนย้ายไปกับสารอินทรีย์ภายในท่อลำเลียงอาหารและท่อลำเลียงน้ำ ผลของจิบเบอเรลลินที่มีต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ โดยเฉพาะส่วนปล้องของลำต้นและการออกดอกของพืช เนื่องจากจิบเบอเรลลินสามารถเปลี่ยนพืชจากระยะเยาว์วัยไปเป็นระยะเจริญพันธุ์ได้ นอกจากนี้จิบเบอเรลลินยังเกี่ยวข้องกับการทำลายการพักตัวของเมล็ดและตา โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้งและโปรตีนเข้ามาเกี่ยวข้อง (Taiz and Zeiger, 2006) การศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศพันธุ์ Fire Dance โดยการฉีดพ่นจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 10 ถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทางใบเป็นเวลา 30 วัน ส่งเสริมให้มีการสร้างหัวย่อยมากขึ้น และขนาดของดอกว่านสี่ทิศใหญ่ขึ้น (Bose *et al.,* 1980) สอดคล้องกับการศึกษาของ โสระยา (2548) ซึ่งรายงานว่าหัวของปทุมมาที่แช่ด้วยฮอร์โมน GA_3 ความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้าน แล้วบ่มทิ้งไว้ 10 วัน ทำให้มีหัวใหม่โดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 11.67 หัว เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่แช่ด้วยน้ำ ซึ่งมีจำนวนหัวเฉลี่ย น้อยที่สุด คือ 5.00 หัว ทิราภรณ์ (2549) ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการเจริญเติบโตของปทุมมา พบว่าการราดสารจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 300 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความสูงของต้น ขนาดความยาวหัวใหม่ และจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอกสูงที่สุด เมื่อเทียบกับสารจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 0 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ณัฐดนัย (2551) พบว่ากล้วยไม้ช้างกระเมื่อได้รับสภาพวันสั้นร่วมกับจิบเบอเรลลิน ที่ความเข้มข้น 3,000 ส่วนต่อล้าน ทำให้เนื้อเยื่อเจริญที่จุดกำเนิดของตาดอกเกิดการพัฒนาและมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นหลังจากทำการทดลอง 4 สัปดาห์ นอกจากนี้การทดลองของ กัณนิกา (2552) ยังพบว่ากล้วยไม้ช้างกระที่ได้รับสภาพวันสั้น 10 ชั่วโมงต่อวันติดต่อกันร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 3,000 ส่วนต่อล้าน ทำให้กล้วยไม้ช้างกระแทงช่อดอกได้เร็วกว่าต้นในกรรมวิธีควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4.3 ไซโทไคนิน

ไซโทไคนินเป็นสารประกอบ adenine derivatives ที่ได้จากการสังเคราะห์บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายราก เมล็ด ผล และใบอ่อน และเคลื่อนที่จากรากไปพร้อมกับน้ำสู่ลำต้นและใบ (ลิลลี่ และคณะ, 2549) ไซโทไคนินมีบทบาทต่อพัฒนาการและการเติบโตของพืช และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพืช คือ ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ และการเจริญของตาข้าง (นพดล, 2537)

Chang *et al*. (1999) พบว่าหัวคอร์มของต้น *Polianthes tuberose* ที่พักตัวจะมีปริมาณ ความเข้มข้นของไซโทไคนินต่ำ และความเข้มข้นของไซโทไคนินจะเพิ่มสูงขึ้นในตาดอกที่กำลังพัฒนาของหัวที่พ้นพักตัวแล้ว สอดคล้องกับการทดลองของ D' Arth *et al*. (2007) พบว่าหัวของ *Zantedeschia* สายพันธุ์ Florex Gold ในระหว่างที่กำลังงอกจะมีปริมาณของไซโทไคนินเพิ่มสูงขึ้นเป็นสิบเท่าของหัว *Zantedeschia* ที่อยู่ในช่วงพักตัว

การที่พืชได้รับฮอร์โมนไซโทไคนินจากภายนอก สามารถทำลายอิทธิพลของออกซินที่บริเวณปลายยอดได้ นอกจากนี้ฮอร์โมนไซโทไคนินยังลบล้างปริมาณของสารยับยั้งการเจริญเติบโตที่มีมากในระหว่างที่พืชพักตัว (ดนัย, 2544) Masuda and Asahira (2003) พบว่าเมื่อจุ่มหัวคอร์มของต้นฟรีเซียที่พักตัวลงใน benzyladenine (BA) ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ร่วมกับการได้รับอุณหภูมิสูงพบว่าหัวของฟรีเซียมีปริมาณฮอร์โมนไซโทไคนินเพิ่มสูงขึ้นบริเวณตาและมีปริมาณของสารยับยั้งการเจริญเติบโตภายในหัวลดลง ทำให้พ้นการพักตัว

Chen *et al.* (1997) ศึกษาผลของไซโทไคนิน ที่มีผลต่อต้น Azalea (*Rhododendron obtusum*) สายพันธุ์ Siji พบว่ากรรมวิธีที่ตาข้างได้รับการพ่น 6-benzyl amino purine (6-BA) ความเข้มข้น 1,000 มิลลิลิตรต่อลิตร และกรรมวิธีที่เด็ดยอดทิ้ง (decapitated) หลังจากฉีดพ่นและเด็ดยอดแล้ว 5 ถึง 7 วัน พบการบวมพองของตาข้างมากกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบว่าตาข้างพ้นการพักตัวใน 5 สัปดาห์

Paz (2003) ทำการทดลองในต้น Globba โดยการแช่หัว Globba ในสารละลาย BA และเอทธิฟอน ที่ความเข้มข้น 100 ถึง 300 ส่วนต่อล้าน หลังจากนั้น 36 วัน พบว่า BA ทำให้ต้น Globba งอกได้เร็วขึ้น แต่หัวที่ได้รับเอทธิฟอนงอกได้ช้ากว่าหัวที่ได้รับ BA โดยใช้ระยะเวลา 41 วัน

2.3.4.4 เอทธิลีน

เอทธิลีน (C_2H_4) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดเดียวที่อยู่ในสถานะแก๊ส สารเริ่มต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทธิลีนเริ่มต้นจากกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (methionine) จะถูกเปลี่ยนไปเป็น SAM (S - adenosylmethionine) แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็น ACC (1 - aminocyclopropane - 1 -

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

carboxylic acid) แล้วจึงเปลี่ยนเป็นเอทธิลีน (สมบุญ, 2544) เอทธิลีนเป็นฮอร์โมนที่มีผลทั้งในการกระตุ้นการเจริญเติบโตหรือยับยั้งพัฒนาการต่างๆ ของพืช โดยเอทธิลีนมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสรีรวิทยาของพืชและการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร คือ เร่งการสุกของผลไม้ กระตุ้นการสร้างดอก กระตุ้นการงอก ทำลายการพักตัวของพืช และเร่งการหลุดร่วงของส่วนต่างๆ ของพืช ในพืชหัวหลายชนิดใช้สารในกลุ่มเอทธิลีนทำลายการพักตัว ส่งผลให้หัวงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (พีรเดช, 2537)

Uyemura and Imanishi (1984) ศึกษาผลของเอทธิลีนต่อการกระตุ้นการงอกของต้นฟรีเซีย พบว่ากรรมวิธีที่ให้เอทธิลีนความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 5 ชั่วโมงต่อวัน ติดต่อกัน 4 วัน กระตุ้นการงอกของต้นฟรีเซียและชักนำให้เกิดการสร้างตาดอกได้ดี

2.3.4.5 สารชะลอการเจริญเติบโต

สารชะลอการเจริญเติบโตจัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีคุณสมบัติในการ ลดอัตราการเติบโตของพืช และเป็นสารที่พืชไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ สารสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ คลอมิควอท ดามิโนไซด์ แอนซิมิดอล ฟอสฟอน เมพิควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล (สมบุญ, 2544) คุณสมบัติหลักของสารในกลุ่มชะลอการเจริญเติบโต คือ ชะลอการแบ่ง และการยืดตัวของเซลล์ จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร เช่น ลดความสูงของต้นเพิ่มการออกดอก ทำให้ใบเขียวเข้มขึ้นและใบหนา พืชมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง และทำให้ลำต้นพืชแข็งแรง (พีรเดช, 2537; สมบุญ, 2544)

2.3.4.6 สารยับยั้งการเจริญเติบโต

สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารทุติยภูมิ (secondary product) เป็นสารที่พืชสร้างและสะสมอยู่ในพืช และไม่ค่อยมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม ฮอร์โมนในกลุ่มนี้มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตและพัฒนาการต่างๆ ของพืช ได้แก่ สารฟีนอลิก (phenolics) แลคโตน (lactones) และกรดแอบไซซิก (abscisic acid) นอกจากนี้สารพวกกรดแอบไซซิกเป็นสารที่มีผลต่อการควบคุมการร่วงของใบ ดอก ผล และเป็นสารที่ทำให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น พืชที่อยู่ในแถบที่มีอากาศหนาวเย็น ความหนาวเย็นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชไม่สามารถผลิใบ ออกดอก ออกผล พืชจึงจำเป็นต้องสร้างสารยับยั้งการเจริญเติบโตขึ้นมาช่วยเพิ่มความต้านทานขึ้นมาและทำให้พืชเกิดการพักตัว (สมบุญ, 2544)

Masuda and Asahira (2003) พบว่าหัวคอร์มของต้นฟรีเซียที่อยู่ในช่วงพักตัวจะมีปริมาณของสารยับยั้งการเจริญเติบโตสูง และค่อยๆ ลดลงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 เดือน Yamazaki *et al*. (1999) พบว่าหัวของ *Allium wakegi* Araki สายพันธุ์ Kiharabansei No.1 ที่ได้รับสภาพวันยาว 14 ชั่วโมงต่อวันเป็นระยะเวลา 125 วัน มีผลต่อการเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นของ abscisic acid (ABA) ในส่วนของหัว และตาที่พักตัว โดยความเข้มข้นของ ABA จะเพิ่มสูงขึ้น หลังจากได้รับสภาพวันยาวไปแล้ว 60 วัน

2.4 ความร้อนสะสม หรือ Heat cumulation กับพัฒนาการของพืช

ความร้อนสะสม (Heat cumulation) หมายถึงปริมาณความร้อนหรือพลังงานความร้อนที่พืชต้องการ เพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการหรือเปลี่ยนจากระยะการเจริญเติบโตจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะการเจริญเติบโตอีกระยะหนึ่ง (เฉลิมพล, 2542; ศักดิ์ดา, 2548) การคำนวณความร้อนสะสมระบุหน่วยได้หลายรูปแบบ เช่น growing degree days (GDDs), growing degree hours (GDHs) และ Heat Unit (HU) (Tiyayon, 2008)

การคำนวณค่าของอุณหภูมิหรือพลังงานความร้อน (GDD หรือ Heat Unit) ที่พืชได้รับจำนวนหนึ่งในแต่ละวัน ใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) ของอากาศในแต่ละวัน ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว และอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถรอดชีวิตได้ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (base temperature) เพื่อนำค่าอุณหภูมิรายวันที่คำนวณได้ มาหาผลรวมของอุณหภูมิสะสม (accumulated growing degree day หรือ $\sum$GDD) หรือจากสมการ การคำนวณหาค่าอุณหภูมิที่พืชต้องการในการเจริญเติบโตที่ได้รับการยอมรับ (McMaster, 1997)

$$GDD = \frac{(Tmax + Tmin)}{2} - Tbase$$

เมื่อ Tmax = อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน

Tmin = อุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน

Tbase = อุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ

ทั้งนี้ พืชต่างชนิดหรือพืชชนิดเดียวกันแต่มีสายพันธุ์ที่แตกต่างกันมีอุณหภูมิพื้นฐานหรืออุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถรอดชีวิตได้ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (base temperature) แตกต่างกันไป (McMaster, 1997)

ในด้านพืชไร่ ความร้อนสะสมได้รับการนำมาใช้กับการทำนายหรือคาดคะเนการเจริญของพืชในระยะต่างๆ รวมทั้งระยะการพัฒนาตาดอกและการสุกแก่ของพืช เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง และทานตะวัน เป็นต้น (เฉลิมพล, 2542) จากการศึกษาของ กมลทิพย์ (2551) พบว่าข้าวพันธุ์ Number 16815 ต้องการอุณหภูมิสะสมเพื่อพัฒนาจากระยะแตกกอถึงระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยาสูงกว่าพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หอมสกลและหอมนิล เฉลี่ย 120, 88 และ 82 วัน ตามลำดับ อัจฉรา (2551) พบว่าข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ 16815 ต้องการอุณหภูมิสะสมเพื่อพัฒนาจากระยะปักดำถึงระยะเก็บเกี่ยวมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 2,555 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาการเจริญเติบโตจากระยะปักดำถึงระยะเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 132 วัน

Sharratt *et al.* (1989) ศึกษาหาค่าอุณหภูมิพื้นฐาน (base temperature) ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการหาอุณหภูมิสะสม (Growing degree day (GDD)) เพื่อใช้ทำนายการเก็บเกี่ยวของถั่วสายพันธุ์ (*Medicago sativa* L.) ที่ปลูกใน Rosemount และ St. Paul ในรัฐ Minnesota พบว่าถั่วต้องการความร้อนสะสมเพื่อการพัฒนาจากดอกบานถึงระยะเก็บเกี่ยว 585, 425 และ 425 Unit ตามลำดับ

ในการศึกษาเกี่ยวกับ growing degree hour (GDH) ของ Richardson *et al*. (1975) อ้างโดย Tiyayon, (2008) ได้กล่าวว่า 1 GDH เท่ากับ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เมื่อมีอุณหภูมิพื้นฐานเท่ากับ 4.5 องศาเซลเซียส ในการคำนวณ GDH ของต้นท้อ โดยไม่นับรวมเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างปกติ ซึ่งทำให้สมการซับซ้อนไปกว่าสมการข้างต้น การกำหนดค่า heat unit ของแต่ละช่วงอุณหภูมิคูณด้วยเวลาที่พืชได้รับอุณหภูมินั้นอาจเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและสามารถใช้คาดคะเนเวลาพ้นระยะพักตัวของว่านจูงนางได้ (ฉันทลักษณ์, ติดต่อเป็นการส่วนตัว)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved