บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ฟรีเซียไม้ดอกเมืองหนาวประเภทหัว เป็นพืชที่ดอกมีสีสันสวยงาม และมีกลิ่นหอม มีถิ่นกำเนิดในแถบทวีปแอฟริกาตอนใต้ ตามประวัติพบฟรีเซียพันธุ์ Klatt มานานกว่า 200 ปี ในประเทศแอฟริกาใต้ ฟรีเซียถูกค้นพบโดย Ecklon และได้ตั้งชื่อพืชที่เขาพบตามชื่อเพื่อนคือ Dr. Friedrich Heinrich Thoedor Freese พืชตระกูลนี้จัดจำแนกโดย Klatt ในปีค.ศ. 1866 (Wülfinghoff, 2000: Online)

มีการปลูกฟรีเซียเป็นพืชการค้าตั้งแต่ปีค.ศ. 1873 แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายจนกระทั่งปี ค.ศ. 1945 ฟรีเซียก็กลายมาเป็นไม้ดอกที่สำคัญ และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในทวีปยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา มีการใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ เช่น การนำมาปลูกริมขอบแปลง ปลูกลงในแปลง ปลูกเป็นไม้กระถาง แต่ที่ได้รับความนิยมที่สุดได้แก่ การทำเป็นไม้ตัดดอก ในปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 600 เฮกแตร์ ในทวีปยุโรป พื้นที่ปลูกฟรีเซียส่วนใหญ่อยู่ในแถบอเมริกาใต้ เอเชีย และโอเชเนีย (Oceania) แต่พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกคือ พื้นที่ที่มีลักษณะภูมิอากาศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (J.L. Clairmonte Holdings Inc., 2000: Online; The Netherlands Flower Bulb Information Center, 2000: Online; Wülfinghoff, 2000: Online; Imanishi, 1993)

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟรีเซีย

ฟรีเซียเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในตระกูลเดียวกับ Iris และแกลดิโอลัส คือ Iridaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Freesia* spp. (ฝ่ายส่งเสริมการเกษตรที่สูง, 2540) และมีชื่อสามัญเช่น Freesia Freesie (เยอรมัน) Aandblommejie หรือ Flissie (แอฟริกัน) มีจำนวนชุดโครโมโซม n = 11 (Imanishi, 1993)

หัว เป็นแบบ corm มีความสูงมากกว่าความกว้าง มีลักษณะเป็นรูปกรวย corm เป็นหัวสะสมอาหารอย่างหนึ่ง เกิดจากการแปรรูปของโคนต้นใต้ดินที่ขยายตัวออกด้านข้างของปล้อง ปล้องหดสั้นเกิดเป็นหัว มี tunic เป็นโคนใบที่แห้งแล้ว (Knoll, 1972) หุ้มไว้ 1 – 2 ชั้น

ใบ มีลักษณะแบบ linear เรียว ยาว การจัดเรียงตัวที่ฐานจะมีลักษณะคล้ายพัด

ช่อดอก มีลักษณะเป็นแบบ spike มีก้านเรียวยาว หักมุมบริเวณปลายช่อ ดอกออกทางแนวนอน เรียงตัวเป็นแถวเรียงเดี่ยว บานจากโคนไปปลายช่อ ใน 1 ช่อมีประมาณ 10 ดอก หรือมากกว่านั้น นอกจากช่อดอกหลักแล้ว ในซอกใบของช่อดอกหลักยังเกิดก้านย่อยด้านข้างที่ให้ช่อดอกได้ด้วย (Imanishi, 1993)

ดอก มีกลิ่นหอม ไม่มีก้านดอก มีกลีบดอกแบบ tepal ที่ฐาน tepal เชื่อมติดกัน ปลายกลีบแยกจากกัน มีอยู่ 2 กลุ่ม คือพวกกลีบดอกชั้นเดียว และกลีบดอกซ้อน นอกจากนี้ในบางชนิด อาจมีลายเส้นหรือมีขนที่กลีบดอก ดอกมีหลายสีเช่น ขาว ชมพู ม่วง แดง เหลือง ทอง ส้ม และน้ำเงิน ในแต่ละดอกมีเกสรตัวผู้ 3 อัน ก้านชูเกสรตัวเมียแตกแขนงออกเป็น 3 แขนง ที่ปลาย stigma แยกออกเป็น 2 แฉก รังไข่มีรูปร่างเป็นวงรี แบ่งออกได้เป็น 3 carpel (Imanishi, 1993; J.L. Clairmonte Holdings Inc., 2000: Online; Kawa and De Hertogh, 1992)

ผล มีลักษณะเป็น capsule แบ่งออกได้เป็น 3 พู เมล็ดที่อยู่ภายในมีลักษณะกลมเป็นมัน

ราก มี 2 ชุด ชุดแรกเป็นรากฝอย (fibrous roots) เป็นรากที่เล็ก ยาว เรียว ไม่หยั่งลงในดินมากนัก รากชุดที่ 2 เป็นรากที่มีขนาดใหญ่ และเจริญหยั่งลึกลงในดินมากกว่ารากฝอย เรียกว่า contractile root (Imanishi, 1993)

2. การเจริญเติบโตและการออกดอก

วงจรการเจริญเติบโตในบริเวณถิ่นกำเนิดคือแถบประเทศแอฟริกาใต้ หัวงอกในฤดูใบไม้ร่วง และให้ดอกในช่วงฤดูหนาว ซึ่งอุณหภูมิต่ำอยู่ในช่วง 8 – 10 °ซ ต่อมาในฤดูร้อนต้นเริ่มเหี่ยว (senescence) และหัวเข้าสู่การพักตัว อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อนไปทำลายการพักตัวของหัวทำให้หัวพร้อมที่จะเริ่มงอกออกมาใหม่ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง (Imanishi, 1993)

ในช่วงการเจริญเติบโตมีอยู่ช่วงหนึ่งที่พืชสร้างหัวใหม่เพื่อใช้ในการสืบสายพันธุ์โดยเกิดการแปรรูปของส่วนโคนลำต้นบริเวณเหนือหัวเก่าขึ้นมา โดยปล้องขยายตัวออก จำนวนปล้องที่เกิดใน 1 หัว ขึ้นอยู่กับจำนวน sheath leaf ถ้าต้นใหญ่ sheath leaf มากช่วยให้หัวมีปล้องมากขึ้น .หัวใหม่นั้นเริ่มเกิดบนหัวเก่าในช่วงที่ตาดอกเริ่มได้รับการกระตุ้นภายใต้สภาพอากาศเย็น หัวค่อยๆ ขยายตัวเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจนเข้าสู่ระยะพักตัว ในระยะสุดท้ายของการพักตัว หัวซึ่งผ่านอุณหภูมิสูงมาช่วงหนึ่งจะพ้นระยะการพักตัวและใบเริ่มมีการพัฒนาและเจริญเติบโตต่อไป (Imanishi, 1993)

หัวมีขนาดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ และความสมบูรณ์ในช่วงการสร้างหัว ในขณะที่หัวย่อย (cormlet) พัฒนามาจากตาข้างที่อยู่ล่างสุดของหัวใหม่ที่กำลังพัฒนา ถูกสร้างหลังจากออกดอก และเข้าสู่ระยะพักตัวพร้อมกันกับหัวใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นใต้ดิน (โสระยา, 2542)

ระยะแรกของการเจริญเติบโตเกิดระบบรากฝอยขึ้นมาก่อนโดยเกิดรอบๆ โคนของหัวเจริญแผ่ออก ไม่หยั่งลึกลงในดินมากนัก เมื่อสร้างหัวใหม่รากอีกชุดที่มีขนาดใหญ่กว่า หยั่งลึกลงในดินมากกว่าคือ contractile roots เจริญออกมาคอยทำหน้าที่หาอาหารและน้ำแทนรากฝอยที่เสื่อมสลายไป และยังช่วยในการยึดลำต้น

กระบวนการสร้างดอกของฟรีเซียเกิดขึ้นหลังปลูก 4 – 8 สัปดาห์ โดยขั้นตอนการสร้างดอกแบ่งไว้เป็นระยะต่างๆ (Imanishi, 1993)

ระยะที่ I (Vegetative)	: เนื้อเยื่อเจริญแบนราบ มีส่วนของ leaf primordia อยู่ 2 ด้าน
ระยะที่ II (Generative)	: เนื้อเยื่อเจริญขยายตัวขึ้นมีลักษณะโค้ง
ระยะ Pr to Br	: ที่ตำแหน่งตรงข้ามกับใบสุดท้ายมี primordium เกิดขึ้นใหม่คือ bract primordia
ระยะ Bo	: เริ่มมีการสร้าง bract ชั้นในบริเวณตรงข้ามกับ bract ชั้นนอก เนื้อเยื่อที่จุดเจริญขยายตัวเพิ่มขึ้น ตาข้างที่ซอกใบมีการขยายขนาด มีรูปร่างค่อนข้างกลม
ระยะ A	: ชั้นของเกสรตัวผู้เริ่มปรากฏให้เห็น
ระยะ P_1	: สร้างกลีบดอกชั้นนอก
ระยะ P_2	: สร้างกลีบดอกชั้นใน 3 กลีบ
ระยะ G	: การสร้างดอกที่มีวงของเกสรตัวเมียเสร็จสมบูรณ์

3. บทบาทของน้ำตาลและแป้งต่อการเจริญเติบโตของพืช

คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) หรือ แซกคาไรด์ (saccharide) มีสูตรทั่วไปเป็น $(CH_2O)_n$ มีหน้าที่สำคัญหลายอย่างในเซลล์ เช่น ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างต่างๆ เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนและพลังงาน เมื่อสารพวกคาร์โบไฮเดรตถูกสลายโดยกระบวนการภายในเซลล์เปลี่ยนไปเป็นพลังงานให้แก่เซลล์ คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานส่วนใหญ่ที่สุดแก่มนุษย์ ส่วนในพืชสีเขียว สามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจากน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยคลอโรฟิลล์รับเอาพลังงานจากแสงแดดมาช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง คาร์โบไฮเดรตที่สังเคราะห์ได้บางส่วนถูกนำไปใช้เป็นโครงสร้างค้ำจุนต้นพืช ได้แก่ ส่วนที่เป็นเปลือก เส้นใย หรือเนื้อไม้ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส (cellulose) บางส่วนทำหน้าที่ผลิตพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต และเก็บส่วนที่เหลือสะสมไว้ในรูปของน้ำตาลและแป้ง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานเอาไว้ใช้ในยามต้องการ เช่น ในระยะพักจากการสังเคราะห์แสง และสำหรับการสร้างเมล็ด พืชเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในเมล็ด หัวและรากสะสมอาหาร และในผล ซึ่งมนุษย์และสัตว์นำมาใช้เป็นอาหารหลักที่สำคัญ

คาร์โบไฮเดรตสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทที่สำคัญดังนี้

โมโนแซกคาไรด์ (monosaccharide) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีรสหวาน ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี ตัวอย่างเช่น

กลูโคส (glucose) ในธรรมชาติพบว่า มีกลูโคสอิสระอยู่เพียงเล็กน้อย ยกเว้นในองุ่น แต่พบว่ากลูโคสเป็นโมเลกุลย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่

กาแล็กโทส (galactose) พบเป็นโมเลกุลของน้ำตาลไดแซกคาไรด์ที่เรียกว่าแล็กโทส ในน้ำนม

ฟรักโทส (fructose) เป็นน้ำตาลโมโนแซกคาไรด์ที่ละลายในน้ำได้ดีมาก ทำให้ตกเป็นผลึกได้ยาก มีรสหวานกว่าน้ำตาลทรายและกลูโคส พบมากในผลไม้สุกและน้ำผึ้งรวง

ไดแซกคาไรด์ (disaccharide) และไตรแซกคาไรด์ (trisaccharide) เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยโมโนแซกคาไรด์ 2 และ 3 โมเลกุลตามลำดับ ที่พบมากในธรรมชาติที่ใช้เป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ ได้แก่

ซูโครส (sucrose) เป็นน้ำตาลที่ได้จากอ้อยและบีท

แล็กโทส (lactose) มีอยู่ประมาณ 5% ในน้ำนม

มอลโทส (maltose) เป็นน้ำตาลไดแซกคาไรด์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้งโดยเอนไซม์ อะไมเลส (amylase)

ราฟิโนส (raffinose) เป็นน้ำตาลไตรแซกคาไรด์ ที่พบในธรรมชาติจากน้ำตาลดิบ (molasses) ที่นำมาจากหัวบีทและอ้อย

พอลิแซกคาไรด์ (polysaccharide) คาร์โบไฮเดรตที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นพวกพอลิแซกคาไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่มาก เมื่อนำไปไฮโดรไลซ์ด้วยกรด หรือเอนไซม์ (enzyme) จนสมบูรณ์ทำให้ได้โมโนแซกคาไรด์ เราอาจแบ่งประเภทของพอลิแซกคาไรด์ได้ออกตามหน้าที่ได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ ได้แก่ พอลิแซกคาไรด์สะสม (storage polysaccharide) ซึ่งได้แก่ส่วนที่เก็บสะสมไว้ในร่างกาย เช่น แป้งในพืช และไกลโคเจนในสัตว์ เมื่อต้องการใช้จะถูกย่อยเป็นกลูโคสด้วยเอนไซม์ และพอลิแซกคาไรด์โครงสร้าง (structural polysaccharide) ได้แก่ เซลลูโลสในพืช และไคติน (chitin) ในกระดองและเขาสัตว์ พอลิแซกคาไรด์ที่สำคัญได้แก่

แป้ง (starch) เป็นพอลิแซกคาไรด์ที่สำคัญที่ได้มาจากธรรมชาติ ซึ่งคนนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในส่วนของเมล็ด และหัวของพืชชนิดต่างๆ ในส่วนที่เป็นเนื้อแป้ง (starch grain) ที่ประกอบขึ้นด้วยพอลิแซกคาไรด์ 2 แบบ แบบแรกเรียกว่า อะไมโลส (amylose) มีอยู่ประมาณ 15 – 20% ในแป้ง เป็นผงสีขาว ไม่มีรสหวาน เมื่ออยู่ในน้ำขุ่นขาวเป็นไมเซลล์ (micelle) ซึ่งเมื่อรวมกับไอโอดีนได้เป็นสารสีน้ำเงินเข้ม แบบที่ 2 เป็นสารประกอบที่พบเป็นส่วนใหญ่ของแป้งเรียกว่า อะมิโลเพกติน ที่ไม่มีอะไมโลสเจือปน เมื่อรวมกับไอโอดีนให้สีม่วงอมน้ำตาล พอลิแซกคาไรด์ทั้ง 2 แบบนี้ประกอบขึ้นด้วยน้ำตาลกลูโคสล้วนๆ หลายพันหน่วยมาต่อกัน (สรรเสริญ, 2531; สิรินทร์และคณะ, 2521; สุรีย์, 2529)

คุณสมบัติทางเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (สุนันทา, 2530; สิรินทร์และคณะ, 2521; สุรีย์, 2529)

1. เมื่อคาร์โบไฮเดรตอยู่ในสารละลายของกรดเข้มข้น กรดสามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิคให้แตกออก ทำให้โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตสลายกลายเป็นโมโนแซกคาไรด์ หลังจากนั้นน้ำถูกดึงออกจากโมเลกุลของโมโนแซกคาไรด์ให้สารเฟอฟูราล (ferfural) หรืออนุพันธ์ของเฟอฟูราล ซึ่งสามารถรวมตัวกับสารประกอบประเภทฟีนอล (phenol) เช่น แอนโทรน (anthrone) ออร์ซินอล (orcinol) และ รีซอลซีนอล (resolcinol) เป็นต้น ได้สารที่มีสีต่างกันตามแต่ชนิดน้ำตาลนั้นๆ

2. เมื่อคาร์โบไฮเดรตอยู่ในสารละลายของด่างเจือจาง น้ำตาลกลูโคสในสารละลายด่างเจือจางเกิดการจัดตัวรอบคาร์บอนอะตอม ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ใหม่ ให้น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลแมนโนสโดยผ่านตัวกลาง ene – idol น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดในสารละลายด่างนี้อยู่ในสภาวะที่สมดุลกัน

3. คุณสมบัติในการเป็นตัวรีดิวซ์ น้ำตาลที่มีหมู่อัลดีไฮด์ หรือหมู่คีโตนที่เป็นอิสระมีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับสารออกซิไดส์ เช่น Cu^{2+} Tartrate (Fehling Solution) หรือ Cu^{2+} Citrate (Benedicts Solution) ในสารละลายที่เป็นด่าง ได้ตะกอนสีแดงของคิวปรัสออกไซด์ (cuprous oxide) เกิดขึ้นตามปริมาณของน้ำตาล

4. น้ำตาลดีออกซี่ (deoxy sugar) เช่น ดีออกซี่ไรโบส (deoxy ribose) สามารถทำปฏิกิริยากับไดเฟนิลลามีน (diphenilamine) ได้สารสีน้ำเงิน

5. การรีดักชั่นที่หมู่อัลดีไฮด์ (aldehyde) อาจใช้ sodium borohydrate ($NaBH_4$) หรือ H_2/Pt ในการรีดิวซ์หมู่อัลดีไฮด์ให้เป็นแอลกอฮอล์ เช่น กลูโคส หรือแมนโนส ถูกรีดิวซ์ให้น้ำตาลแอลกอฮอล์ซอลบิทอล และแมนนิทอล ตามลำดับ หรือกลีเซอราลดีไฮด์ (glyceraldehyde) ถูกรีดิวซ์เป็นกลีเซอรอล

ปริมาณน้ำตาล และแป้งในส่วนต่างๆ ของพืชมีแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการเช่นระยะการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิ แสง และสภาวะเครียดเป็นต้น โดยได้มีการศึกษาถึงเรื่องนี้ในหลายพืช

Van Meeteren *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาปริมาณแป้งและน้ำตาลในช่วงการพัฒนาของดอกย่อยของ *Freesia hybrida* cv. Polaris ในช่อดอกที่ติดอยู่บนต้น และช่อดอกที่ถูกตัดออกจากต้นไปไว้ในน้ำ พบว่าปริมาณของกลูโคส ฟรักโทส และซูโครสเพิ่มขึ้นประมาณ 15 – 20 เท่า ในช่วงการพัฒนาบนต้น และเพิ่มจนสูงสุดในช่วงดอกกำลังบาน สำหรับดอกที่ถูกตัดออกจากต้นในขณะที่ดอกย่อยกำลังบาน ปริมาณน้ำตาลในดอกที่ 5 (จากโคนช่อ) มีอยู่ประมาณ 20% ของที่ส่งไปที่ช่อดอก แต่อย่างไรก็ตามดอกย่อยยังคงทยอยบานไปตามปกติ ในระหว่างที่ตากำลังพัฒนาในพวกที่ตัดดอกขายแป้งสลายตัวเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลในปริมาณมาก

Sytsema – Kalkman *et al.* (1996) ศึกษาปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่มีในช่อดอกฟรีเซียที่ตัดออกมาปักแจกันในระยะที่ดอกเจริญไม่เท่ากัน ผลปรากฏว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในดอกที่โตเต็มที่มีมากกว่าในดอกอ่อนประมาณ 1.5 – 2 เท่า และเปอร์เซ็นต์การบานของดอกเพิ่มขึ้นเมื่อดอกถูกเก็บในระยะที่แก่เต็มที่

จะเห็นได้ว่าในระหว่างการเจริญเติบโตของช่อดอกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแป้งและน้ำตาลเกิดขึ้นด้วย

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำตาลใน *Forsythia* ลูกผสมของ *Spectabilis* × *Lynwood* กับ *F. suspensa* พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในตาดอกที่ปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิอากาศได้มีมากกว่าตาดอกที่ไม่สามารถปรับตัวได้ ความเข้มข้นของกาแล็กโทส สตาคีโอส (stachyose) ราฟฟิโนส (raffinose) และ คาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นที่ยังระบุไม่ได้มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของตาดอก (Flinn and Ashworth, 1995)

นอกจากอุณหภูมิอากาศแล้ว ระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันก็มีผลต่อปริมาณแป้งและน้ำตาลในส่วนต่างๆ ของพืช Vemmos (1995) รายงานผลการศึกษากับ Apple cv. Cox' s Orange Pippin ในช่วงระหว่างการออกดอกและติดผล พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้รวมกับซอร์บิทอล (sorbitol) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกส่วนของดอกจากช่วงตาดอกเริ่มผลิจนถึงช่วงดอกบานเต็มที่ เปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันความเข้มข้นของแป้งลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณน้อยมากจนค่าที่ได้เข้าใกล้ศูนย์ นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งและน้ำตาลมีปริมาณแปรผันกัน และเปลี่ยนแปลงในทุกระยะการเจริญของดอก กลูโคสมีมากในกลีบเลี้ยงในช่วงตั้งแต่ดอกบานเต็มที่เป็นต้นไป และยังมีกลูโคสและฟรักโทสในปริมาณที่มากกว่าแผ่นใบ

ในต้นยาสูบที่ศึกษาโดย Rideout *et al.* (1992) พบว่าสภาพเครียดชักนำให้มีการสะสมแป้งเพิ่มขึ้น และลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

นอกจากนี้ยังพบว่า สภาพแสงที่ชักนำให้ออกดอกนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วย Bodson (1977) รายงานว่าการให้แสงแก่ต้น *Sinapis alba* ชักนำให้เกิดดอกโดยให้วันยาว (20 ชม) อย่างเดียวหรือวันสั้น (8 ชม) อย่างเดียว พบว่าการชักนำให้ออกดอกทำให้มีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแป้งในตายอด และใบ การเพิ่มขึ้นนี้เห็นชัดเมื่อ 14 ชม หลังจากเริ่มให้วันยาว และ 12 ชม หลังจากเปลี่ยนไปให้วันสั้น ปริมาณแป้งที่อยู่ในตายอดเพิ่มขึ้นทีหลัง ผลที่ได้นี้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในตายอดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเปลี่ยนจากสภาพการเจริญเติบโตทางใบไปเป็นการเจริญเติบโตทางดอก

ในใบของ Kazanluk กุหลาบที่ให้น้ำมันหอมระเหยพบว่าปริมาณน้ำตาลและแป้งเพิ่มขึ้นในใบที่กำลังพัฒนา และมีปริมาณสูงสุดเมื่อใบแผ่กว้างเต็มที่ (อายุ 20 – 30 วัน) และหลังจากนั้นลดลง ในช่วงระหว่างผลัดใบ และช่วงกำลังออกดอกมีปริมาณน้ำตาล และแป้งในใบน้อยลงกว่าใบที่อยู่ระหว่างกำลังพัฒนา ระดับของคาร์โบไฮเดรตมีความสัมพันธ์สูงกับฤดูกาล (Decheva and Koseva, 1978)

นอกจากช่วงการเจริญเติบโตของพืชที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาล และแป้งแล้ว ปัจจัยภายนอกก็มีส่วนสำคัญในการสะสม หรือการนำไปใช้ของสารเหล่านี้ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ อุณหภูมิดิน

Berghoef and Zevenbergen (1990) ศึกษาในฟรีเซีย 'Blue heaven' พบว่าที่อุณหภูมิ 13 °ซ ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และรีดิวซิ่งคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate reducing) บางส่วนในใบที่ 2 มีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 21 °ซ และที่อุณหภูมิ 21 °ซ ที่ปลายยอด (apex) ยังคงมีการเจริญเติบโตทางด้านและสร้างใบอย่างต่อเนื่อง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีในระยะนี้ใช้เป็นแหล่งอาหารให้ใบ ที่อุณหภูมิอากาศและดินสูงการเจริญของใบเพิ่มขึ้นโดยมีรีดิวซิ่งคาร์โบไฮเดรตเป็นสารให้พลังงาน โดยไม่ได้ใช้อาหารสะสมจากหัวแม่ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการใช้อาหารของส่วนอื่นของพืชเช่น contractile root หรือหัวใหม่ ไม่มีผลมากนักต่อการใช้อาหารของใบ

Xu and Huang (2000) ศึกษาพบว่า Bentgrass ที่อยู่ในอุณหภูมิอากาศ / ดินระดับ 20 / 35 °ซ และ 35 / 35 °ซ นาน 8 วัน อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงแต่อัตราการหายใจของต้นและรากเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ได้รับอุณหภูมิ 20 / 20 °ซ และ 35 / 20 °ซ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมินี้นาน 21 วัน พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงและหายใจลดลง การให้อุณหภูมิที่ 35 / 35 °ซ มีผลให้การใช้คาร์บอน (C) ในการหายใจในแต่ละวันเกิดขึ้น 2 – 5 เท่าของคาร์บอนที่ผลิตได้จากการสังเคราะห์แสง ส่วนที่ 20 / 35 °ซ การใช้คาร์บอนสูงมากในช่วง 10 วันที่ได้รับอุณหภูมิ ปริมาณ Total Nonstructural carbohydrate (TNC) ในยอดและรากลดลงในต้นที่ได้รับ 20 / 35 °ซ 35 / 20 °ซ และ 35 / 35 °ซ เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 20 / 20 °ซ พืชที่เจริญในสภาพอุณหภูมิดินที่ลดลงและยอดเจริญที่อุณหภูมิสูง (35 / 20 °ซ) ช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง และปริมาณคาร์โบไฮเดรต อีกทั้งยังทำให้อัตราส่วนระหว่างการใช้คาร์บอนต่อการผลิตลดลง

DeLucia (1986) สรุปรายงานไว้ว่าการลดการสังเคราะห์แสงสุทธิจะมีผลมาจากการลดของประสิทธิภาพการสังเคราะห์คาร์บอน

การศึกษาในมันฝรั่งสายพันธุ์ Ostara พบว่าปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในใบสูงกว่าในส่วนอื่นของต้น ที่อุณหภูมิสูงคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำมีสะสมอยู่ในส่วนเหนือดินเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในใบ ที่อุณหภูมิ 16 °ซ คาร์บอน 14 มีปริมาณที่น้อยมากจนไม่สามารถสกัดออกมาได้ ในขณะที่อุณหภูมิ 28 °ซ ปฏิกิริยาการทำงานของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น และสิ่งตกค้างที่สกัดไม่ได้ลดลง (Randeni and Caesar, 1986)

4. ผลของอุณหภูมิดินต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

อุณหภูมิดิน หมายถึงระดับความร้อนในดิน ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากแสงของดวงอาทิตย์ ส่วนที่ได้มาจากแหล่งอื่นๆ เช่น ความร้อนจากใจกลางของโลก และเกิดจากปฏิกิริยาต่างๆ ในดินมีเพียงเล็กน้อย (ไชยงค์, 2538)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งทางกายภาพ และทางเคมีของสสารแทบทุกชนิด ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยเฉลี่ยเร็วขึ้นเป็น 2 เท่าตัว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 °ซ ในดินมีแร่ธาตุและสารละลายต่างๆ ในการทำปฏิกิริยาเคมีที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาเคมีก็เร็วขึ้นตามไปด้วย (ไชยงค์, 2538) นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีความสำคัญต่อการยืดตัวและการหดตัวของสสารทุกชนิดอีกด้วย ดังนั้นอุณหภูมิดินจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดขึ้นกับสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของดิน ตลอดจนส่วนประกอบต่างๆ ของดินด้วย กระบวนการทางกายภาพที่ได้รับผลจากอุณหภูมิดินที่สำคัญได้แก่ กระบวนการแลกเปลี่ยนมวล และพลังงาน ระหว่างในชั้นหน้าตัดดิน และบรรยากาศ มวลที่แลกเปลี่ยนระหว่างดินและบรรยากาศ เช่น แก๊สต่างๆ ที่มีอยู่ในชั้นหน้าตัดดิน ส่วนพลังงานคือความร้อน สำหรับกระบวนการทางเคมีที่ขึ้นกับอุณหภูมิดิน ได้แก่กระบวนการแตกตัว (chemical speciation) และการรวมตัว (chemical compound formation) ของสารเคมีในดิน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินทำให้สมดุลทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปสู่การสมดุลทางเคมีใหม่ ณ อุณหภูมิดินที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของสารเคมีในแต่ละรูป (speciation) ที่มีอยู่ในดิน นอกจากนี้อุณหภูมิดินยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่กระบวนการเปลี่ยนรูปของสารเคมี โดยจุลินทรีย์ดิน การเปลี่ยนรูปธาตุอาหารพืชจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง หรือเปลี่ยนแปลงสถานะของสารเคมีจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่ง อุณหภูมิดินยังมีผลโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและรากพืช การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินอาจทำให้ความเหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์และรากพืชแปรเปลี่ยนไป อีกทั้งการงอกของเมล็ดพืช และการเจริญเติบโตของพืชก็มีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) นอกจากนี้พืชทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมต่างๆ อยู่ในช่วงๆ หนึ่ง มีค่าเป็นเท่าใดขึ้นกับชนิดของพืช และถ้าอุณหภูมิไม่อยู่ในช่วงนั้นๆ การเติบโตของพืชจะหยุดชะงัก ช่วงอุณหภูมินี้เรียกว่า cardinal temperature ภายในช่วง cardinal temperature นี้ โดยปกติมีอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด (optimum temperature) ต่อการเติบโตของพืชนั้นๆ

สำหรับพืชเขตร้อน (tropical crop) cardinal temperature มีค่าประมาณ 15 – 40 °ซ และมี optimum temperature ประมาณ 30 °ซ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526)

อุณหภูมิดินเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของดินที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หลายประการคือ

4.1 การงอกของเมล็ด (seed germination)

โดยทั่วไปแล้วการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum range) แตกต่างกันไป อุณหภูมิมีผลในการช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนสารของเยื่อหุ้มเปลือกของเมล็ดให้ดีขึ้น (Sutcliffe, 1977) พืชไม่งอกหรืองอกได้ช้า และอาจตายไปในที่สุดหากอุณหภูมิดินสูง หรือต่ำเกินไป (ถนอม, 2528) เมล็ดพืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกันไป สำหรับพืชเขตร้อนโดยทั่วไป cardinal temperature มีค่าประมาณ 15 – 20 °ซ และ optimum temperature มีค่าประมาณ 30 °ซ ตัวอย่างเช่นข้าวโอ๊ต และถั่วอัลฟัลฟา งอกได้ดีในดินระดับความลึก 2 นิ้ว อุณหภูมิเฉลี่ย 10 °ซ ส่วนเมล็ดข้าวโพดงอกได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 16 °ซ และเมล็ดฝ้ายงอกได้ดีที่ 21 °ซ ในความลึกเดียวกันเป็นต้น (ไชยงค์, 2528)

4.2 การเจริญเติบโตและการทำงานของรากพืช (growth and functional activity of roots)

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดิน ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการทำงานของรากเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย McMichael and Burke (1998) พบว่าเมื่ออุณหภูมิดินสูงหรือต่ำเกินไป การทำงานของรากพืชหยุดชะงัก หรือดำเนินไปอย่างช้าๆ และถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อรากได้ (ถนอม, 2528) อุณหภูมิรากมีผลต่อการแผ่ขยายของราก ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นด้วย (Cooper, 1973) โดยทั่วไปอุณหภูมิดินที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของรากอยู่ในระดับประมาณ 20 – 25 °ซ (Kramer, 1969) ถ้าอุณหภูมิรากผันแปรจากจุดที่เหมาะสม จะกระทบอัตราการเจริญเติบโต เช่น ที่อุณหภูมิต่ำอัตราการเจริญเติบโตของรากแขนงมีน้อย ที่อุณหภูมิรากสูงกว่าจุดเหมาะสมมากๆ มีผลต่อการลดอัตราการขยายขนาดของราก (McMichael and Burke, 1998)

McMichael and Burke (1998) รายงานผลงานของ Glinski and Libiec ไว้ว่าอัตราการเจริญของรากในข้าวโพดลดลงเนื่องจากผลของอุณหภูมิราก โดยพบว่าที่อุณหภูมิรากสูง (30 °ซ) อัตราการเจริญเติบโตของรากสูงขึ้น แต่ในต้นฝ้ายที่ยังเล็กอยู่พบว่าที่อุณหภูมิต่ำ (15 °ซ) มีการพัฒนาของรากแขนงเพิ่มขึ้น

กระบวนการเมตาโบลิซึมภายในรากตอบสนองต่ออุณหภูมิรากมากเมื่อต้นกล้าเริ่มเจริญเติบโตและมีการใช้อาหารสะสมในใบเลี้ยง จากการศึกษาของ Cumbus and Nye แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นไนโตรเจนในยอดของ rape (*Brassica rapus* L.) ไม่ตอบสนองต่ออุณหภูมิราก แต่อัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณไนเตรต (nitrate) ภายในลดลงที่อุณหภูมิราก 25 – 30 °ซ (McMichael and Burke, 1998)

4.3 อัตราและระยะการเจริญเติบโต (rate and duration of plant growth)

เมื่ออุณหภูมิดินไม่เหมาะสมทำให้การทำงานของรากพืชผิดปกติ ส่งผลกระทบไปยังการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินของพืชด้วย เช่นทำให้มีอัตราการเจริญต่ำ มีช่วงเวลาในการเจริญครบวงจรนานขึ้น แต่บางครั้งก็พบว่าเมื่อมีอัตราการเจริญต่ำ พืชมีระยะเวลาในการเจริญสั้นลง เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพผิดปกติเหล่านี้ (ถนอม, 2528)

4.4 การเกิดและการระบาดของโรคพืช (occurance and severity of plant diseases)

เมื่ออุณหภูมิดินไม่เหมาะสม การเจริญเติบโตของพืชไม่ดี หรือผิดปกติ ทำให้ต้นพืชอ่อนแอ ความต้านทานโรคของพืชลดลง มีโอกาสเกิดโรคได้ง่ายและเมื่อเกิดโรคแล้วก็จะระบาดอย่างรุนแรงได้ง่าย และนอกจากนี้อุณหภูมิดินยังมีผลต่อการดำรงชีพของเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในดิน (soil borne diseases) อีกด้วย (ดุสิต, 2535; ถนอม, 2528)

4.5 การทำงานของจุลินทรีย์ในดิน

จุลินทรีย์ดินช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ และการแปรสภาพสารอนินทรีย์ การทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีประสิทธิภาพดีก็ต่อเมื่ออุณหภูมิดินเหมาะสมกับความต้องการของจุลินทรีย์แต่ละชนิด (ไชยงค์, 2538) ช่วงอุณหภูมิดินส่วนใหญ่ที่จุลินทรีย์ดินสามารถประกอบกิจกรรมต่างๆ ที่มีเป็นประโยชน์ต่อพืชได้แก่ช่วงประมาณ 0 – 40 °ซ ถ้าดินมีการถ่ายเทอากาศ

และระดับความชื้นเหมาะสมกับความต้องการของจุลินทรีย์ดิน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิดินภายในช่วง 0 – 40 °ซ โดยปกติทำให้จุลินทรีย์ประกอบกิจกรรมได้ดีขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจุลินทรีย์สูญเสียพลังงานมาก ทำให้การทำงานขาดประสิทธิภาพ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมทำให้การทำงานช้าลง การเพิ่มของการประกอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้ โดยปกติเป็นไปอย่างช้าๆ ในช่วง 0 – 10 °ซ และเป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วง 10 – 40 °ซ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประกอบกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินส่วนใหญ่ได้แก่ 25 – 30 °ซ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523)

4.6 ความเป็นประโยชน์ของน้ำและธาตุอาหารพืช (availability of water and nutrients)

อุณหภูมิมีผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ได้ของน้ำและธาตุอาหารที่มีต่อพืช ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิดินไม่เหมาะสมทำให้การทำงานของรากชะงักลง ซึ่งมีผลต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารที่ไปหล่อเลี้ยงต้นพืช และส่วนอื่นๆ ลดลง ตลอดจนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลของสารควบคุมการเจริญเติบโต (ดุสิต, 2535; ศิวพร, 2542) ดินที่มีอุณหภูมิต่ำการสูญเสียน้ำโดยการระเหยมีน้อย ในทางตรงกันข้ามดินที่มีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำในดินสูญเสียโดยการระเหยไปมาก จึงจำเป็นต้องให้น้ำเพิ่มมากขึ้นในการปลูกพืชช่วงฤดูร้อน นอกจากนี้แล้วเมื่อดินมีอุณหภูมิต่ำกิจกรรมในการย่อยสลายอินทรีย์สารในดินและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชของพวกจุลินทรีย์ดินลดลง (ถนอม, 2528) อัตราการดูดน้ำและธาตุอาหารของรากจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิดินสูง (สรสิทธิ์, 2518) อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการลดการดูดน้ำ และการเคลื่อนที่ของน้ำภายในราก และลำต้น เนื่องจากการซึมผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ของน้ำลดลง อุณหภูมิใกล้จุดเยือกแข็งมีความหนืดของน้ำเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 25 °ซ ทำให้ความหนืดของโปโตพลาสต์เพิ่มมากขึ้น จึงลดการเคลื่อนที่ของน้ำไปยังรากพืช และลดกิจกรรมเมตาโบลิซึมของส่วนต่างๆ ในราก ส่งผลให้การยืดยาวของรากชะงักไป ทำให้อัตราการชอนไชของรากไปยังพื้นที่ใหม่ลดลง (Kramer, 1969; Cooper, 1973)

4.7 การเจริญเติบโตและการออกดอกของพืช

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดพืชในแต่ละสภาพแวดล้อม และช่วงเวลาของฤดูกาล

Berghoef *et al.* (1986) ทดลองปลูกต้นฟรีเซีย 3 สายพันธุ์ ในสภาพอุณหภูมิต่างกันในช่วง 9 – 25 °ซ พบว่าที่อุณหภูมิ 9 – 15 °ซ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอกในสัปดาห์ที่ 5 หลังปลูกในทุกสายพันธุ์ ดอกเกิดช้าลงถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ผลนี้ขึ้นกับพันธุ์ปลูกด้วย

Hirai and Mori (1997) ศึกษาการลดอุณหภูมิดินในแปลงปลูกโดยติดตั้งเครื่องปรับอากาศแก่แปลงปลูกฟรีเซียโดยให้เป็นจุดๆ ภายในอุโมงค์ที่คลุมไว้สูง 30 ซม ทำให้อุณหภูมิภายในแปลงที่มีเครื่องปรับอากาศต่ำกว่าแปลงควบคุมประมาณ 4 – 7 °ซ ผลที่ได้ทำให้ดอกบานเร็วขึ้น และได้ดอกที่มีคุณภาพ

Aoba (1971) ทำการปลูกเมล็ด *Freesia hybrida* ที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นเวลานาน 73 วัน หลังจากนั้นนำไปปลูกที่ 20 °ซ พบว่าต้นกล้าสร้างหัวได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการสร้างหัว bulb และ corm ที่อุณหภูมิ 20 °ซ เกิดเร็วขึ้นเมื่อนำต้นไปปลูกที่อุณหภูมิต่ำระยะหนึ่ง

อุณหภูมิสำหรับการเก็บรักษาหัวพันธุ์ฟรีเซียมีผลต่อคุณภาพผลผลิตของดอก อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 25 °ซ ตำแหน่งของหัวในดินมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการสร้างดอกของต้น และมีผลต่อผลผลิตหัวย่อย (Huang and Chen, 1988: Online)

Mansour (1969) รายงานว่าการแตกตายอดเจริญเป็นใบของหัวฟรีเซียเกิดได้ดีขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 9 – 20 °ซ เมื่ออุณหภูมิต่ำมีผลทำให้จำนวนใบลดลง และเริ่มเกิดตาดอกเร็วขึ้น โดยเฉพาะเมื่อได้รับความเย็น 5 °ซ นาน 4 สัปดาห์ก่อนย้ายปลูก จำนวนหัวใหม่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ในขณะที่จำนวนหัวย่อยลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจำนวนดอกบนช่อดอกหลักก็เพิ่มขึ้น จำนวนช่อแขนงเกิดดีที่สุดเมื่ออุณหภูมิ 13 หรือ 15 °ซ ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับความยาวก้านช่อดอกคือ 21 °ซ

โดยทั่วไปในบริเวณรอบๆ ต้นพืช อุณหภูมิดินมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิดินมีการผันแปรน้อยกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากต่ำกว่าส่วนเหนือดินของพืช และรากพืชมีการปรับตัวต่อความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้น้อย (Nielsen, 1974) อุณหภูมิรากมีความสำคัญอย่างมากต่อความสูงของพืช (เช่น ฝ้าย) ในพืชที่ต่างสกุลกันความสามารถในการตอบสนองต่ออุณหภูมิรากที่เปลี่ยนแปลง

ก็แตกต่างกัน การเจริญเติบโตทางลำต้นที่วัดได้จาก จำนวนข้อ ความยาวข้อ หรือความสูงของต้น และการสร้างใบนั้นตอบสนองต่ออุณหภูมิราก ใบถูกสร้างเร็วมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิรากเหมาะสม (Cooper, 1973) ในกล้าไม้ยืนต้นบางชนิด อุณหภูมิดินมีผลต่อน้ำหนักแห้งของราก ในสภาพอุณหภูมิดินต่ำรากที่งอกออกมามีสีขาว ค่อนข้างหนา อวบน้ำ และแตกแขนงน้อย แต่ถ้าอุณหภูมิสูงรากมีสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้างบาง ไม่อวบน้ำ และแตกแขนงน้อย (Barr and Pellett, 1972)

Van de Wiel (1984 : Online) ทำการปลูกฟรีเซีย cv. Rosalinde และ Ballerina ในแปลงที่มีการวางท่อน้ำไว้ใต้ดินเพื่อให้อุณหภูมิในช่วงกรกฎาคมถึงกันยายนเพิ่มขึ้นจาก 3.3 °ซ โดยน้ำมีอุณหภูมิประมาณ 11 – 15 °ซ และพบว่าการคลุมด้วย styromell ทำให้อุณหภูมิดินลดลงมากกว่าการคลุมด้วย peat และพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วขึ้นประมาณ 2 เดือน และช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยวได้ยืดเวลาออกไปจาก 28 วันเป็น 55 วัน และจำนวนช่อดอกรวมต่อตารางเมตรก็มีมากขึ้นด้วย

ในการปลูกฟรีเซียสายพันธุ์ Diva, Michelle, Orangina และ White Star ในแปลงที่มีการควบคุมอุณหภูมิดินโดยการวางท่อน้ำเย็นไว้ใต้ดินช่วยให้อุณหภูมิต่ำกว่าแปลงควบคุม 1 – 3 °ซ พบว่าความสูงต้นและจำนวนใบของสายพันธุ์ Diva, Michelle และ White Star ในแปลงมีท่อน้ำเย็นมีค่าน้อยกว่าแปลงควบคุม แปลงที่ลดอุณหภูมิดินมีผลต่อระยะเวลาในการออกดอกและคุณภาพดอกในทั้ง 4 สายพันธุ์ (Ruamrungsri *et al.*, 1999 a)

Juhanoja (1992) ทำการวางระบบท่อน้ำเย็นโดยให้อุณหภูมิอยู่ที่ 8 – 10 °ซ มี peat คลุมแปลง และคลุมด้วย styrox granule หนา 2 – 3 ซม และปูทับด้วย peat อีกชั้นให้กับแปลงปลูกฟรีเซีย พบว่าดอกรุ่นแรกเก็บเกี่ยวได้ 12 – 13 สัปดาห์หลังปลูก แต่ในแปลงไม่มีท่อน้ำเย็นเก็บเกี่ยวได้เมื่อ 18 – 20 สัปดาห์หลังปลูก

Dijkhuizen and van Holsteyn (1975) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับช่วงการเจริญเติบโตของฟรีเซียคือ 15 – 18 °ซ อุณหภูมิดินที่ต่ำลง 3 °ซ ช่วยให้เข้าสู่ระยะเวลาที่เก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น 2 – 6 สัปดาห์

Doi *et al.* (1999) ปลูก *Alstroemeria* สายพันธุ์ Regina ที่แทงยอดแล้วในแปลงที่ให้ความเย็นแก่ดินมีอุณหภูมิคงที่ 14 °ซ พบว่าออกดอกในฤดูใบไม้ร่วง จำนวนยอดที่สร้างดอกและคุณภาพของดอกสูง แต่ถ้าปลูกที่อุณหภูมิ 20 °ซ ก่อนปลูกลงในแปลงให้ความเย็น พบว่าสร้างยอดที่เป็นใบมากกว่าปลูกในที่ 10 °ซ ก่อน ส่วนในสายพันธุ์ Carmen (syn. Cana) ที่ปลูกในแปลงที่อุณหภูมิดินเย็นจัดหลังจากปลูกที่อุณหภูมิ 17 °ซ นาน 6 ชั่วโมง พบว่าการสร้างตายอดที่เป็นใบมากและมีคุณภาพดอกสูง

Lin (1985) ปลูก *Alstromeria* 'Regina' ที่ไม่ออกดอกในช่วง พ.ย. – พ.ค. ในโรงเรือน มีการให้ความเย็นแก่ดิน อุณหภูมิที่ให้น้อยกว่า 14 °ซ สามารถทำให้ออกดอกได้ในช่วง พ.ย. – พ.ค.

Van de Wiel (1992) ทำการคลุมแปลงด้วย styromul และ / หรือให้ความเย็นแก่ดินในช่วงเดือนมิ.ย. – ต.ค. ทำกับ *Alstromeria* 'Flamengo' และ 'Jabilee' ลดอุณหภูมิดินลง 2.1 – 2.8 °ซ พบว่าการคลุมดินและลดอุณหภูมิดิน เพิ่มผลผลิตดอกในสายพันธุ์ Flamengo ประมาณ 30% การคลุมดินอย่างเดียวไม่มีผลต่อสายพันธุ์ Flamengo แต่กับสายพันธุ์ Jabilee การคลุมดินช่วยเพิ่มผลผลิตดอกประมาณ 16% ไม่ว่าให้ความเย็นแก่ดินหรือไม่ก็ตาม และยังพบว่าที่อุณหภูมิดินต่ำในสายพันธุ์ Flamengo ทำให้การเจริญเติบโตช้าและมีลำต้นสั้น

Alstromeria 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกนาน 18 เดือนภายใต้การให้ความเข้มแสงสูง (180 μ mol $m^{-2}s^{-1}$) ที่อุณหภูมิอากาศ 18 หรือ 21 °ซ แบ่งเป็น 2 แปลงที่อุณหภูมิดิน 14 หรือ 18 °ซ ยกเว้นสายพันธุ์ Cinderella ปลูกที่อุณหภูมิ 24 และ 26 °ซ พบว่าในทุกสายพันธุ์ความยาวก้านช่อยาวที่อุณหภูมิอากาศ 18 °ซ มากกว่าที่ 21 °ซ และแตกต่างกันไปในเรื่องอุณหภูมิดินตามสายพันธุ์ King Cardinal และ Amanda ให้ผลผลิตดอกมากที่อุณหภูมิดินต่ำ ซึ่งมากกว่า Helios และ Cinderella ที่ให้ผลผลิตมากที่อุณหภูมิดิน 18 และ 22 °ซ ตามลำดับ ในที่อุณหภูมิดินทั้ง 2 ผลผลิตของ King Cardinal และ Amanda ลดลงในช่วงฤดูร้อนและต่อเนื่องไปถึงช่วงฤดูใบไม้ร่วง (Baevre and Bakken, 1997)

Blom and Piott (1990) ศึกษาใน *Alstromeria* 4 สายพันธุ์ พบว่าผลผลิตในช่วงฤดูใบไม้ผลิต่อฤดูร้อนมีอยู่ 15% ในแปลงควบคุมซึ่งน้อยกว่าแปลงที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 16 °ซ แต่ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงต่อฤดูหนาวอุณหภูมิดินที่คงที่มีผลแตกต่างกันไปแล้วแต่สายพันธุ์