บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ออนิโธกาลัมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ornithogalum spp.* Roh และ Lawson(1996) จัดพืชในสกุลนี้ Ornithogalum อยู่ในวงศ์ Liliaceae ส่วน Du Plessis และ Duncan(1989) จัดให้อยู่ในวงศ์ Hyacinthaceae Bryan(1989)กล่าวว่าพืชในสกุล นี้มากกว่า 150 ชนิด(species) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอัฟริกาใต้ เอเชียตะวันตก และยุโรป ชื่อ ornithogalum มาจากภาษากรีก Ornithis มีความหมายว่านก และ Gala มีความหมายว่าน้ำนม ชื่อนี้จึงรวมหมายถึงน้ำนมของนก(bird's milk) พืชในสกุลนี้มีหัวเป็นแบบ tunicate bulb หัวย่อยสามารถเกิดได้จาก ส่วนของโคนใบที่แปรรูปไปสะสมอาหาร (scale)ลักษณะของใบจะค่อนข้างมีความหลากหลายซึ่งเป็นลักษณะประจำของพันธุ์นั้นๆ เป็นรูปหอกหรือใบแคบปลายแหลม บางครั้งดูคล้ายหญ้า บางชนิดที่พบในอัฟริกาใต้มีใบเขียวตลอดปี แต่โดยส่วนใหญ่ใบยุบตัวเมื่อออกดอกแล้ว บางชนิดอาจมีความสูงถึง 1 เมตร ช่อดอกเป็นแบบ raceme spike หรือ conical แล้วแต่พันธุ์ ดอกมีสีขาว สีขาวขอบเขียว สีเหลือง สีส้ม สีส้มแดง(DeHertogh and LeNaed, 1993) มีจำนวนโครโมโซมมีตั้งแต่ 2n = 12 จนถึง 51 (Darlington and Wylie, 1955)

ออนิโธกาลัมที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายได้แก่ *O .arabicum* L.และ *O. thysoides* Jacq. ประเทศที่ผลิตและส่งออกเป็นจำนวนมาก ได้แก่ อัฟริกาใต้ เนเธอร์แลนด์ อิสราเอล และสหรัฐอเมริกา

ตาราง 1 ออนิโธกาลัมชนิดต่างๆที่มีการปลูก มีถิ่นกำเนิด ลักษณะดอกและความสูงของต้นแตกต่างกัน

ชนิด	ถิ่นกำเนิด	สีดอก	ความสูง (ซม)
O .arabicum	เมดิเตอเรเนียน	ขาว	30-80
O. dubium	ยุโรป	เหลือง,ส้มและแดง	30-50
O. nutans	ยุโรปและเอเชียตะวันตกเฉียงใต้	ขาวแต้มแถบเขียว	20-60
O. pyramidale	ยุโรป,ยูโกสลาเวียและโรมาเนีย	ขาวแต้มแถบเขียว	30-120
O. saundersiae	อัฟริกาใต้และสวาซิแลนด์	ขาว	30-100
O. thyrsoides	อัฟริกาใต้	ขาว	20-50
O.umbellatum	ยุโรปและเมดิเตอเรเนียน	ขาวแต้มแถบเขียว	10-30

(อ้างอิงจาก :Van Scheepen, 1991)

Ornithogalum arabicum *Ornithogalum thyrsoides* *Ornithogalum Dubium*

ภาพที่ 1 ชนิดของออนิโธกาลัมที่นิยมปลูกเป็นการค้า

O. thyrsoides (Jacq.) มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาใต้ ลำต้นสูงประมาณ 70 เซนติเมตร (Woolman, 2003 :online) ความกว้างทรงพุ่มประมาณ 10 เซนติเมตร ช่อดอกยาวประมาณ 20-50 เซนติเมตร ภายในหนึ่งฤดูปลูกสามารถออกดอกได้ถึง 3 ช่อ/หัว(Federic,1973) *O. thyrsoides* (Jacq.) เป็นไม้ดอกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ทั้งไม้ตัดดอก ไม้กระถาง และไม้ขอบสนาม(Bulb, 2003:online) โดยเฉพาะในไม้ตัดดอกนั้นดอกตูมสามารถทยอยบานต่อไปได้ถึงแม้ตัดมาปักแจกันแล้ว และมีอายุการใช้ปักแจกันนานกว่าดอกไม้ชนิดอื่นๆ(Pual, 1965)

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของออนิโธกาลัม

หัว (ภาพที่ 2 ก)

หัวเป็นหัวแบบ tunicate bulb ประกอบด้วยฐานหัว (basal plate) ซึ่งแปรรูปมาจากส่วนของลำต้นและโคนของกาบใบเพื่อทำหน้าที่สะสมอาหาร และซ้อนกันเป็นชั้นโดยชั้นในสุดห่อหุ้มยอดของพืช วงนอกสุดเมื่อหัวแก่เต็มที่มีลักษณะแห้งเป็นแผ่นบางๆเรียกว่า tunic ทำหน้าที่ป้องกันการระเหยน้ำของหัว(Hartmann and Kester, 1983)

ใบ (ภาพที่ 2 ข)

ใบ มีสีเขียว และมีลักษณะแตกต่างกันตามชนิดของออนิโธกาลัม มีทั้งลักษณะ ใบแคบเรียวเล็ก Strap-shaped หรือ linear และบางชนิดใบคล้ายหญ้า ใบกว้างประมาณ 2 นิ้ว ยาวประมาณ 10-12 นิ้ว ใบมักโน้มลงและดูไม่เป็นระเบียบ(Paul, 1965)

ดอก (ภาพที่ 2 ง และจ)

ดอกแบบช่อช่อดอกเป็นแบบ racemes และconical(Paul, 1965) กลีบดอกมีสีขาว ดอกย่อยมีกลีบดอก 6 กลีบ ดอกเรียงกันอยู่ส่วนปลายก้านช่อดอก(Gail, 1973) ดอกมีรูปร่างแบบ cup-shape

มีเกสรตัวผู้สีเหลืองยาว รังไข่มีสีน้ำตาล(Paul, 1965) ระยะเวลาการออกดอกอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม(Bulb, 2003:online)

ราก (ภาพที่ 2 ค)

รากเป็นระบบรากฝอยเจริญจากส่วนโคนของฐานหัว

ก.

ข.

ค.

ง.

จ.

ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของออนิโธกาลัม

ก. หัว

ข. ใบ

ค. ราก

ง. ดอกแบบ recemes

จ. ดอกแบบ conical

2. การปลูกและการดูแลรักษา

ออนิโธกาลัมสามารถปลูกในดินทุกชนิดและควรปลูกในสภาพที่มีการพรางแสง(Veseys, 2003:online) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกคือ 10-15 องศาเซลเซียส (Pathfastpublishing, 2003:online) ฤดูปลูกเริ่มต้นเมื่อปลายฤดูใบไม้ผลิ ถ้าปลูกลงแปลงควรปลูกลึก 5-10 เซนติเมตร และให้มีระยะระหว่างต้น 8-12 เซนติเมตร(Bulb, 2003:online) ควรให้ได้รับแสงโดยตรงอย่างน้อย 4 ชั่วโมง หลังจากที่ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลให้งดการให้น้ำและปุ๋ยเพื่อให้หัวพักตัว (Veseys, 2003:online) ถ้าปลูกออนิโธกาลัมในสภาพชื้นสูงมักพบโรคที่เกิดจากเชื้อรา การขยายพันธุ์สามารถทำได้ง่ายโดยการแบ่งหัวย่อย(offset) และการเพาะเมล็ด

3. การเก็บเกี่ยว

ควรเก็บเกี่ยวออนิโธกาลัม เมื่อดอกย่อยที่อยู่ล่างสุดเริ่มแย้ม ดอกย่อยทะยอยบานจากด้านล่างจนถึงบนสุด อายุการปักแจกันของออนิโธกาลัมจะนานประมาณ 2-3 สัปดาห์ แต่หากมีการเคลือบแวกซ์ก่อนการขนส่งพบว่าช่วยยืดอายุการปักแจกันได้นานขึ้น(Pathfastpublishing, 2003:online)

4. การสร้างดอกของไม้ดอกประเภทหัว

การสร้างดอกเป็นขบวนการที่สำคัญในวงจรชีวิตของไม้ดอก การเริ่มกำเนิดดอกเกิดที่ปลายยอดหรือปลายกิ่ง ในระยะที่มีการเปลี่ยนแปลง จากระยะเจริญเติบโตทางใบไปสู่ระยะการเจริญพันธุ์(Mastalerz, 1977) ดอกเกิดจากตาดอก (floral bud) หรือตาผสม(mixed bud) ซึ่งเป็นตาบริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด(apical meristem) (โสระยา, 2543) การเริ่มกำเนิดและการพัฒนาตาดอกของพืชหัวเกิดขึ้นที่ปลายยอดของลำต้น ซึ่งตามปกติเป็นเนื้อเยื่อที่เดิมเป็นจุดกำเนิดใบเมื่อต้นมีการเจริญเติบโตจนเข้าสู่ระยะการเจริญพันธุ์ ได้รับสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของจุดกำเนิดใบ(vegetative meristem) ไปเป็นจุดกำเนิดดอก(reproductive meristem) หรือช่อดอก ซึ่งต่อมาพัฒนาไปเป็นดอกหรือช่อดอก(ฉันทนา, 2534) การเปลี่ยนแปลงจากจุดกำเนิดใบไปเป็นจุดกำเนิดดอก อาจเกิดเนื่องจากปัจจัยทางสรีรวิทยาต่างๆ เช่น ช่วงความยาววัน (photoperiod) อุณหภูมิต่ำ หรือระดับสมดุลของฮอร์โมน เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนและปัจจัยหลายประการที่เข้ามาเกี่ยวข้องนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่บอกให้เราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของพืชก่อนเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์(reproductive stage) คือ ระยะเยาว์วัย (juvenility) ซึ่งเป็นระยะที่พืชอยู่ในช่วงเริ่มต้นการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงนี้ไม่ว่าให้ปัจจัยใดแก่พืช

พืชก็ไม่ออกดอก เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะออกดอกจึงมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น ความหนาของใบ รูปร่างใบ การเวียนของใบ ปริมาณเม็ดสี ความสามารถของราก ลักษณะของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด เป็นต้น เมื่อพ้นระยะเยาว์วัย แล้วพืชไม่จำเป็นต้องออกดอกเสมอไป นอกจากนี้ พืชบางชนิด ไม่มีระยะเยาว์วัย จึงสามารถออกดอกได้แม้ว่าจะปลูกจากเมล็ด หรือหัวขนาดเล็ก(โสระยา, 2543) ขบวนการในการสร้างดอกแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้(Salisbury, 1963)

1. ระยะการชักนำ(Floral induction) เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมที่จะออกดอก มีปัจจัยต่างๆ ทั้งทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมมากระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ Bidwell(1987); Mitchell(1970); Torry(1968) กล่าวว่า ปัจจัยทั้งภายในและภายนอกนั้น ชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในใบพืช โดยใบผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดอกขึ้นมา อันมีผลให้จุดเจริญปลายยอดและปลายกิ่งเปลี่ยนจากการสร้างจุดกำเนิดใบไปเป็นการสร้างจุดกำเนิดดอก

2. ระยะการเริ่มสร้างตาดอก(Floral initiation) เป็นระยะที่มีการสร้างจุดกำเนิดดอก เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก พืชมีการเปลี่ยนแปลงจากตาใบเป็นตาดอก ซึ่งขบวนการดังกล่าวไม่เกิดย้อนกลับ

3. ระยะการสร้างส่วนต่างๆของดอก(Floral differentiation หรือ organogenesis) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งทางรูปร่าง และปฏิกิริยาเคมี มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเซลล์ของตาดอกเป็นเซลล์ทำหน้าที่เป็นกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย

4. ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาของส่วนประกอบของดอก(Maturation and growth of floral parts) เมื่ออวัยวะต่างๆถูกสร้างขึ้นแล้ว มีการพัฒนาต่อไป มีการขยายขนาดของเซลล์จนกระทั่งเป็นดอกที่สมบูรณ์

5. ระยะการบานดอกและดอกเหี่ยว(Flower anthesis and senescence) ดอกตูมเริ่มจะบานออก เมื่อดอกบานเต็มที่แล้ว มีการผสมเกสรเกิดขึ้นหลังจากการผสมเกสร กลีบดอกแห้งเหี่ยวและหลุดร่วงไปในที่สุด

ลักษณะการสร้างดอกของไม้หัวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เรวดี(2533) ศึกษาการสร้างดอกของว่านมหาลาภ (*Eucrosia* sp.) พบว่า ว่านมหาลาภเริ่มกำเนิดตาดอกที่ปลายยอดบริเวณกลางหัวในสัปดาห์แรกของเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่หัวอยู่ในระยะพักตัวจากนั้นอีก 2 สัปดาห์ จึงเริ่มมีการเจริญของจุดกำเนิดดอกย่อย และมีการเจริญของดอกย่อย และภายในสัปดาห์ที่ 4 ของเดือนมกราคมของปีถัดไป จึงได้ช่อดอกที่สมบูรณ์อยู่ภายในหัวที่ยังพักตัวอยู่ ศิริพร(2541) ติดตามการ

สร้างส่วนประกอบของดอกว่านมหาลาภ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนมกราคม ดอกย่อยขนาดเล็กที่มีความยาวของดอก 0.3-0.5 เซนติเมตร มีส่วนประกอบของดอกเกิดครบแล้ว แต่ภายในอับละอองเกสรยังไม่พบการสร้างละอองเกสร รังไข่มีการเจริญน้อยมากและยังไม่มีการเกิดและการเจริญของไข่อ่อน เมื่อดอกมีการขยายขนาด คือ ดอกมีความยาว 0.7-0.9 เซนติเมตร จึงพบ pollen mother cell เกิดขึ้นภายในอับละอองเกสร ก้านชูเกสรตัวเมียยืดยาวออก และเมื่อรังไข่ขยายออกแล้วจึงมีจุดกำเนิดไข่อ่อนเกิดขึ้น

Niimi and Oda (1989) ศึกษาการสร้างและการเจริญของตาดอกลิลลี่ (*Lilium rubellum* Bake) โดยติดตามและสังเกตการเกิดและการเจริญของหัวใหม่ที่ฐานของหัวแม่ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป พบว่า ในช่วงเดือนกันยายนที่ใจกลางหัวใหม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ปลายยอด โดยที่เนื้อเยื่อปลายยอดเริ่มสร้างจุดกำเนิดดอก ซึ่งในช่วงหลังของการสร้างดอกจุดกำเนิดดอกแต่ละดอกเกิดขึ้นเร็วมาก

ส่วนการเกิดและการเจริญของดอกหอมประดับ(*Allium*) ใน subgenus *Melanocrommyum* 3 ชนิด คือ *A. karataviense A. altissimum* มีถิ่นกำเนิดในตอนกลางของทวีปเอเชีย และ *A. Rothii* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในแถบเมดิเตอร์เรเนียน พบว่า ใน *Allium* 2 ชนิดแรก ขณะที่ต้นกำลังให้ดอกอยู่นั้น หัวใหม่เริ่มมีการเจริญของตายอด มีการสร้างจุดกำเนิดใบ จากนั้นตายอดพักตัวประมาณ 6-10 สัปดาห์ จึงเริ่มมีการสร้างดอกในช่วงเดือนสิงหาคม ส่วน *A. rothii* มีการเจริญของตาดอกเหมือนกับ 2 ชนิดแรก แต่การพักตัวของตายอดนานกว่า คือ 12-15 สัปดาห์ *Allium* ทั้ง 3 ชนิดนี้ เมื่อเริ่มเปลี่ยนจากการเจริญทางใบไปเป็นการเจริญทางดอกนั้น มีการสร้างวงของกลีบรวมและวงของเกสรตัวผู้ก่อน จากนั้นจึงสร้างวงของเกสรตัวเมีย(Kamenetsky, 1995)

วัชราภรณ์ (2544) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของว่านนางคุ้ม (*Eurycles amboinensis* Lindl.) พบว่า ว่านนางคุ้มเริ่มวงจรชีวิตโดยการแทงช่อดอกออกมาเหนือดินในเดือนเมษายน ดอกเจริญเติบโตไปจนถึงเดือนพฤษภาคม การเจริญเติบโตทางใบเริ่มหลังจากดอกบาน ต้นทิ้งใบในเดือนพฤศจิกายน และหัวพักตัวจากเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม พืชเริ่มมีการสร้างดอกในช่วงที่ต้นเริ่มทิ้งใบ โดยตาที่ปลายยอดของหัวเจริญไปเป็นช่อดอก การสร้างดอกย่อยและการเจริญของช่อดอกเกิดขึ้นในช่วงที่หัวพักตัว เมื่อหัวพ้นระยะพักตัว ช่อดอกจึงยืดตัวขึ้นมาเจริญเติบโตเหนือดิน

Shimada *et al.* (1996) ได้ศึกษาการสร้างดอกของออนิโธกาลัม (*Ornithogalum arabicum* L.) ในสภาพธรรมชาติ พบว่า พืชเริ่มมีการกำเนิดดอกย่อยในต้นเดือนกันยายน จุดกำเนิดของกลีบดอกทั้งวงในและวงนอกปรากฏในปลายตุลาคม การเจริญของตาดอกเป็นไปอย่างช้าๆ และเสร็จสิ้นในกลางเดือนเมษายน

Fukai and Goi (1999) ศึกษาการสร้างดอกของฟรีเซีย *(Freesia hybrida* cv. Rijnveld's Gloden Yellow) พบว่า การเริ่มกำเนิดดอกเกิดที่ตาข้าง ปลายยอดมีการสร้างใบและมีการเกิดตาข้างขึ้นมาเรื่อยๆ ตาข้างแต่ละตาเจริญไปเป็นดอกย่อย และเกิดเป็นช่อดอกขึ้นมา ซึ่งดอกย่อยเหล่านี้เจริญและสร้างส่วนประกอบของดอกโดยเริ่มจากการสร้างกลีบดอกวงนอก เกสรตัวผู้ กลีบดอกวงในและเกสรตัวเมีย ตามลำดับ

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของพืช (โสระยา, 2543)

การเจริญเติบโตของไม้ดอกประเภทหัวแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่ได้รับปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสร้างดอกของไม้ดอกประเภทหัว ได้แก่

5.1 อุณหภูมิ

จากการศึกษา Vuuren(1997) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการชักนำให้เกิดดอกในพืชหัว บริเวณตายอดมีพื้นที่ที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิ ซึ่งพืชหัวส่วนใหญ่มีความต้องการอุณหภูมิเฉพาะเพื่อกระตุ้นการสร้างดอก Jansen van Vuuren และ Holtzhausen(1993) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการชักนำการสร้างตาดอกของ *Ornithogalum thyrsoides* Jacq. โดยอาจมีผลส่งเสริมหรือชักนำก็ได้ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น มีผลทำให้การออกดอกล่าช้าลง การเก็บหัวของ *Ornithogalum thyrsoides* Jacq. ไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 สัปดาห์ มีผลต่อการออกดอกก่อนเวลาที่กำหนด และหากเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษาขึ้นทุกๆ 5 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิสูงสุดที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่ามีผลต่อจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอก โดยการเก็บหัวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และจากการศึกษาของ Vuuren(1997) พบว่าสามารถบังคับการออกดอกของ *Ornithogalum thyrsoides* ได้โดยการให้ความเย็นแก่หัวระหว่างการเก็บรักษาซึ่งทำให้กำหนดการออกดอกของออนิโธกาลัมให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดได้

5.2 แสง

แสงเป็นวัตถุดิบของขบวนการสังเคราะห์แสงในพืช ผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเรียกรวมว่า photosynthate ซึ่งได้แก่ แป้ง และน้ำตาล พืชใช้ photosynthate ส่วนหนึ่งในการหายใจเพื่อให้ได้พลังงาน ที่เหลือพืชส่งไปสะสมในส่วนสะสมอาหารภายในต้น แสงจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งของพลังงานแสงที่สำคัญที่สุด ความยาวคลื่นแสงที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอยู่ในช่วง 300-400 นาโนเมตร แต่อย่างไรก็ตาม แสงมีอิทธิพลต่อพืชได้มากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ

ตัวรับแสง(photo receptor) ด้วย เนื่องจากพืชมีระบบของการตอบสนองต่อแสง โดยประกอบด้วยระบบที่รับพลังงานแสง และรับสัญญาณเพื่อการเกิดขบวนการทางเคมี ระบบดังกล่าวประกอบด้วย

1.Reception เป็นขบวนการที่รับพลังงานแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี

2.Tranduction เมื่อได้รับแสงแล้วตัวรับแสงเปลี่ยนพลังงานแสงให้อยู่ในรูปของโมเลกุลทางเคมีที่มีพลังงานสูง

3.Response เกิดการตอบสนองต่อแสงผ่านขบวนการต่างๆในพืช

ขบวนการภายในของพืชที่เกี่ยวข้องกับแสง ได้แก่

1. photosynthetic system

2. photochrome photosystem

แหล่งกำเนิดพลังงานแสงที่นอกเหนือจากดวงอาทิตย์แล้ว ยังมีแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้าง (artificial light) ได้แก่ แสงจากหลอดไฟฟ้าต่างๆซึ่งมีคุณสมบัติต่างกัน แสงธรรมชาติที่มีผลต่อขบวนการต่างๆในพืช อาจแยกพิจารณาคุณสมบัติของแสงออกเป็นความยาวคลื่นแสง , ความเข้มแสง และช่วงความยาววัน

5.2.1 ความยาวคลื่นแสง (wavelength)

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพแสง ได้แก่ความยาวคลื่น (wavelength) นับว่าแสงสีแดง ซึ่งมีความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร มีอิทธิพลต่อขบวนการต่างๆในพืชมาก รงควัตถุที่ตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสง ได้แก่ ไฟโตโครม(phytochrome) ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เมื่อได้รับแสงสีแดงและแสง far-red ซึ่งมีความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในโมเลกุล ไฟโตโครมมี 2 รูป คือ Pr และ Pfr ซึ่ง Pr เป็นไฟโคโครมที่ดูดแสงสีแดงที่ความยาวคลื่น660 นาโนเมตรและเปลี่ยนเป็น Pfr อย่างรวดเร็ว ส่วนไฟโคโครม Pfr นั้นสลายตัวได้ง่าย เมื่อดูดแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร จะเปลี่ยนรูปกลับไปเป็น Pr (โสระยา,2543)

5.2.2 ความเข้มแสง (light intensity)

ความเข้มแสงมีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงเป็นอย่างมาก ในไม้ดอกประเภทหัวบางชนิด พบว่า แสงไม่มีผลต่อการเริ่มสร้างดอก แต่มีผลในระยะที่มีการเจริญของดอก โดยในระยะที่มีการเจริญของดอกถ้าต้นได้รับความเข้มแสงต่ำ มีผลให้เกิดการฝ่อของดอก ซึ่งเกิดขึ้นรุนแรงแตกต่างกันไปตามชนิดพืช สำหรับพืชที่มีดอกเป็นแบบช่อดอก ความรุนแรงเกิดขึ้นน้อยโดยมีผลทำให้เกิดการฝ่อของดอกย่อยบางดอก(floret abortion) ในขณะที่หากผลของความเข้มแสงมีความ

รุนแรงมาก มีผลทำให้เกิดการฝ่อของช่อดอกทั้งช่อ(blasting หรือ blindness) นอกจากนี้ความเข้มแสงต่ำยังมีผลทำให้ก้านดอกหรือก้านช่อดอกยืดตัวยาวกว่าปกติ และความแข็งแรงลดลงอีกด้วย (โสระยา, 2543)

ในสภาพที่แสงจัดเกินไปมีผลเสียหายต่อพืชดังนี้

1. ผลโดยตรง ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจาก Photooxidation ของสารต่างๆ เช่น เอ็นไซม์ คลอโรฟิลล์ ไฟโตโครมและสารอื่นๆที่ไวต่อแสง เช่น ออกซิน และ กรดแอสคอบิก การเกิด Photooxidation ของคลอโรฟิลล์ โดยสังเกตได้จากการเกิดใบซีดขาว เอนไซม์หลายตัวเช่น Malic enzymes Catalase Nitrate reductase ลดประสิทธิภาพลงเมื่อได้รับแสงหรือแสงมากเกินไป ซึ่งพืชที่ชอบสภาพร่มเงามักมีความไวต่อสภาพแสงที่มากเกินไป

2. ผลทางอ้อม ในสภาพความเข้มแสงสูงมีปริมาณรังสีอินฟาเรดสูง ทำให้เกิดความร้อนสูง ทำให้เนื้อเยื่อตายหรือชักนำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า Drought injury เนื่องจากเกิดการระเหยน้ำมากเกินไป

โดยปกติแล้วถ้าความเข้มแสงมากขึ้น ทำให้พืชมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นด้วยโดยความเข้มแสงมีผลต่อ Hill reaction ในขบวนการสังเคราะห์แสง(สมเพียร, 2528 ,เกศิณี และวิรัตน์, 2522) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชบางชนิดต้องการความเข้มของแสงสูง บางชนิดไม่สามารถเจริญได้ในสภาพความเข้มแสงสูง พืชบางชนิดมีนิสัยกึ่งกลางระหว่างพืชที่ชอบแดดจัดและพืชที่ไม่ชอบแดด โดยทั่วไป ในบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำ ประมาณ10,000 ลักซ์(943.13 foot-candle) ใบมีขนาดยาวและใหญ่ มากกว่าใบพืชที่ได้รับความเข้มของแสงสูง 50,000 ลักซ์(4715 .65 foot-candle) แต่ใบของพืชที่เจริญในความเข้มแสงสูงมักมีความหนากว่าใบพืชที่เจริญในความเข้มแสงต่ำ เนื่องจากมีชั้นของพาริเสด พาเรนไคมา(Palisade parenchyma)มากกว่า(จินดา, 2524 ; สัมฤทธิ์, 2527 ; อักษร, 2529) ความแตกต่างของโครงสร้างใบไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าต้องมีแสงเต็มที่หรือไม่ เพียงแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองต่อความเข้มของแสงความแตกต่างของสรีรวิทยาของใบในร่ม และใบกลางแดดยังศึกษากันไม่มากนัก แต่จากหลักฐานที่วิจัยแล้ว คาดว่าการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างคงมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเมตาโบลิคของเซลด้วย โดยมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกับการปรับตัวต่อความสูงของต้น โดยทั่วไปแสงยับยั้งการยืดตัวของลำต้น นอกจากนี้ การ เพิ่มความเข้มของแสงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง คือลำต้นหนามีการเจริญของเนื้อเยื่อลำเลียงและพยุงดีขึ้น มีพื้นที่ใบลดลงแต่หนาขึ้น มีปล้องสั้นลง มีการแตกแขนงมากขึ้น มีช่องว่างเซลล์ลดลง มี Cuticle และ Cell wall หนาขึ้น มีปากใบเล็กลง จำนวนคลอโรพลาสต์ ลดลง และมีขนาดเล็กลง Palisade parenchyma ลดลงและมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น

แสงที่มีความเข้มมากเกินไปมีผลทำลายคลอโรฟิลล์ แม้ว่าการสร้างคลอโรฟิลล์ของพืชส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับแสงก็ตาม และอิทธิพลของแสงที่เข้มมากเกินไปทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อสูงขึ้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการคายน้ำมากเกินไปพืชบางชนิดสามารถปรับตัวให้มีสภาพเหมาะสมในแหล่งที่มีความเข้มของแสงสูงโดยเฉพาะพืชในเขตร้อน ถ้าความเข้มของแสงมากเกินไปเกินจุดอิ่มตัวแสง (Light Saturation Point) อาจทำให้ใบไหม้เกรียมตายได้ พบว่าพืช C_4 มีประสิทธิภาพการใช้แสงดีกว่าพืช C_3(สมเพียร,2528 สมบุญ, 2536) ถ้าแสงมีความเข้มเกินพอดี ควรลดความเข้มของแสงลงบ้าง ด้วยการพรางแสง ใช้สีพ่นหลังคาโรงเรือนประเภทที่ล้างออกง่าย หรือใช้ตาข่ายไนล่อน และซาแรน(saran) ซึ่งพรางแสงได้มากน้อยต่างกัน ตามความถี่ห่างของตาข่าย(สมเพียร,2528) Shillo and Halevy(1975)ได้ศึกษาผลของความเข้มแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของดอกแกลดิโอลัส พบว่า แสงไม่มีผลต่อการชักนำให้เกิดดอก แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดอก โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในระยะเริ่มแรก ถ้าต้นแกลดิโอลัสได้รับความเข้มแสงต่ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางดอก มีผลทำให้เกิดการฝ่อของดอกและถ้าผลนั้นรุนแรงมากอาจทำให้เกิดการฝ่อของดอกได้ทั้งช่อ

5.2.3 ความยาววัน (photoperiod)

ช่วงความยาววันมีผลต่อการสร้างสารหรือฮอร์โมนภายในเซลล์ ต่อมาพืชมีการเคลื่อนย้ายสารเหล่านั้นเพื่อกระตุ้นการออกดอก เรียกสารนี้ว่า ฟลอริเจน อย่างไรก็ตามยังไม่มีผู้สามารถแยกสารฟลอริเจนออกจากพืชได้สำเร็จ ต่อมาพบว่าฮอร์โมนพืชบางชนิดสามารถกระตุ้นการออกดอกได้ เช่น จิบเบอเรลลิน ออกซิน เป็นต้น(โสระยา,2543) จากการศึกษาของ Marks และ Tamotsu(2003) พบว่า เมื่อ *Ornithogalum thyrsoides* Jacq. ได้รับฮอร์โมนโพรมาลิน(จิบเบอเรลลิก แอซิด ผสมกับไซโตไคนิน) มีผลต่อการเร่งการออกดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่อดอกลำดับที่ 2 ซึ่งเป็นการย่นระยะเวลาการผลิตให้สั้นลง

Halevy *et al.*(1985) ศึกษาผลของความยาววันต่อการเจริญและการพัฒนาของแกลดิโอลัส พันธุ์ดอกเล็ก พบว่า มีการตอบสนองในลักษณะเดียวกับพันธุ์ดอกใหญ่ คือ สภาพวันยาวทำให้ลำต้นยืดตัวมากขึ้น ระยะการออกดอกช้า แต่ช่อดอกมีคุณภาพดีกว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้น การตอบสนองต่อสภาพวันยาวเห็นได้ชัดเจนเมื่อปลูกพืชภายใต้สภาพโรงเรือนมากกว่าพืชที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง

การศึกษาผลของแสงและการพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของมังกรคาบแก้ว พบว่า สภาพวันยาวไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง จำนวนข้อใบ จำนวนใบรวม การออกดอก และคุณภาพดอกของมังกรคาบแก้ว แต่ระยะเวลาที่ได้รับสภาพวันยาวต่างกัน ทำ

ให้การเจริญเติบโตและคุณภาพดอกต่างกัน การให้สภาพวันยาวร่วมกับระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้มังกรคาบแก้วออกดอกนอกฤดู และความเข้มแสงมีผลต่อความสูง จำนวนข้อใบ จำนวนแขนงข้าง จำนวนใบรวม การออกดอก ขนาดดอก และอายุการบานดอก แต่ไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อต้น การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50 % 2 ชั้น ทำให้พืชมีความเข้มข้นคลอฟิลล์ในใบสูงที่สุด และมีความเข้มข้นของน้ำตาลน้อยที่สุด ส่วนการปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสงมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแป้งสูงกว่าสภาพที่มีการพรางแสง(รำจวน, 2546)

Lancaster *et al.*(1996)พบว่า ต้นหอมประดับ ที่ได้รับสภาพวันยาว 13.75 ชั่วโมงต่อวัน สามารถสร้างหัวได้ดีกว่าต้นที่ได้รับสภาพวันสั้นกว่า ในพืชบางชนิดสภาพวันยาวไม่มีผลต่อการออกดอก (Hank, 1996)

6. ธาตุอาหารพืช

ในกระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโต วัฏจักรการดำรงชีพ และกิจกรรมต่าง ๆ ของพืช มีความต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นจำนวน 16 ธาตุ เพื่อเป็นองค์ประกอบ วัตถุดิบ และเป็นสารเร่งในกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสังเคราะห์แสง และการทำงานของเอนไซม์ เป็นต้น (มุกดา, 2544)

ธาตุอาหารที่จำเป็น และบทบาทที่สำคัญในพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็นทุกธาตุมีความสำคัญเท่าเทียมกัน แม้ว่าพืชต้องการธาตุบางธาตุในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ (มุกดา, 2544) พืชต้องได้รับธาตุอาหารเหล่านี้ครบทุกชนิดทั้ง 16 ธาตุได้แก่ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม ทองแดง และคลอรีน ในปริมาณที่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ดี (สมบุญ, 2544)

ในบรรดาธาตุอาหารหลักนั้น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นธาตุที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากจึงเพียงพอต่อการเจริญเติบโต (ยงยุทธ, 2543)

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก โดยในพืชมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ รากพืชดูดไนโตรเจนจากดินในรูปของเกลือไนเตรท

(NO_3) และเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) (ชวนพิศ, 2544) โดยทั่วไปดินส่วนใหญ่ขาดธาตุไนโตรเจนมากกว่าธาตุอื่น (เนาวรัตน์, 2543) ไนโตรเจนในดินสูญเสียได้โดยง่าย ด้วยการถูกชะล้าง (leaching) ในรูปเกลือไนเตรท หรือเกิดการระเหย (volatilization) ในรูปแอมโมเนีย (สมบุญ, 2544) เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นปริมาณมาก และในดินมีปริมาณไม่เพียงพอ ดังนั้นธาตุไนโตรเจนจึงจัดเป็นธาตุหนึ่งที่จำเป็นต้องใส่ลงไปในดินในรูปปุ๋ยชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้พืชยังได้รับไนโตรเจนจากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุ และการแปรสภาพของสารประกอบอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในดิน (มุกดา, 2544) ในพืชบางชนิดมีจุลินทรีย์ช่วยตรึงไนโตรเจนในอากาศ เปลี่ยนมาเป็นรูปเกลือไนเตรทที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ในรากพืชตระกูลถั่วมีไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชนำไปใช้ได้ (สมบุญ, 2544)

ปริมาณความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อายุของพืช และฤดูกาล (นพดล, 2538) ประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมดในพืชเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก และอีก 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่ละลายได้ (soluble amino N) (โสระยา, 2544) ปริมาณไนโตรเจนในพืชแม้แตกต่างกันตามชนิดของพืช อวัยวะและระยะการเจริญเติบโต แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 2-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในคลอโรพลาสต์ (สมบุญ, 2544)

บทบาทของไนโตรเจนในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน ซึ่งโปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญในเซลล์พืช นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน และเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากโปรตีนมีความจำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ ช่วยในการขยายขนาด และเพิ่มจำนวนของเซลล์มากขึ้น ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

2. เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซิน (auxin) และไซโตไคนิน (cytokinins)

3. เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม

4. เป็นองค์ประกอบของสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสะสมไว้ (reserves)เช่น นิโคติน (nicotine) จากใบยาสูบ และมอร์ฟีน (morphine) จากฝิ่น ซึ่งเป็นสารประเภทอัลคาลอยด์ (alkaloid)

อาการของพืชที่ขาดธาตุไนโตรเจน

เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก เมื่อพืชขาดไนโตรเจนจึงเกิดการชะงักการเจริญเติบโตใบมีสีเหลือง (chlorosis) เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ โดยปรากฏในใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างก่อน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในท่อลำเลียงอาหารได้ดี ใบอ่อนในระยะแรกยังคงมีธาตุนี้อยู่โดยได้รับจากใบแก่ที่อยู่ด้านล่าง ถ้าไนโตรเจนมีอยู่น้อยมาก ใบด้านล่างแสดงอาการเหลืองหลุดร่วงจากต้นและค่อย ๆ ลุกลามไปยังใบอ่อนที่อยู่ด้านบน ทำให้ใบอ่อนมีสีเขียวซีดและเหลือง (สมบุญ, 2544) อาการขาดธาตุปรากฏชัดเจนที่ใบแก่เนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบเหล่านั้นไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา (ยงยุทธ, 2543) อาการที่รุนแรงขึ้นทำให้ใบเป็นสีน้ำตาล แล้วร่วงจากต้น (ดนัย, 2544) หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของส่วนยอดหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกร็น (สมบุญ, 2544) การแตกกิ่งก้านและยอดช้า การแตกกอของธัญพืชมีน้อย (สุชาติ, 2529)ในพืชบางชนิดรากของพืชยืดยาวผิดปกติ และมีการแตกแขนงเพียงเล็กน้อย (โสระยา, 2544)

นอกจากนี้แล้วยังทำให้พืชสะสมแป้งหรือน้ำตาลมากกว่าปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุของการสร้างเซลลูโลส (cellulose) เพิ่มมากขึ้นในเซลล์ทำให้เนื้อเยื่อพืชแข็งกระด้าง ถ้าเป็นพืชผักทำให้เหนียวและไม่น่ารับประทาน (นพดล, 2538)

Ruamrungsri *et al.*(1996) รายงานว่า นาซิสซัสพันธุ์ Garden Giant ที่ขาดธาตุไนโตรเจนมี การเจริญของยอดชะงัก ใบมีลักษณะเล็กและแคบ ทำให้มีน้ำหนักแห้งและพื้นที่ใบต่ำกว่าปกติ มีอาการใบเหลือง และปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำลง

ในไม้หัวเมืองร้อนหลายชนิดเช่นหงส์เหิน พบว่าพืชแสดงอาการขาดไนโตรเจนโดยมีอาการ ต้นแคระแกร็น มีความสูงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 20.85 เซนติเมตร รากมีการแตกแขนงน้อย ใบมีขนาดเล็กเป็นสีเหลืองอมเขียว และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในที่สุด จำนวนใบต่อน้อยลงกว่าปกติ จำนวนช่อดอกต่อกอน้อย และไม่มีดอกจริง ใบประดับมีสีชมพูซีด นอกจากนี้สภาพขาดไนโตรเจนยังมีผลทำให้ ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมลดลง(วัชรพล และ โสระยา, 2546)

ส่วนปทุมมาซึ่งเป็นไม้หัวที่สำคัญทางเศรษฐกิจของไทยเมื่อปลูกเลี้ยงในสภาพขาดไนโตรเจนพบว่าพืชแสดงอาการแคระแกร็น ใบมีสีเหลือง คุณภาพของดอก และหัว ต่ำกว่าในกลุ่มที่ได้รับธาตุอาหารครบ ซึ่งมีอาการคล้ายกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับธาตุอาหาร ผลรวมของพื้นที่ใบต่อต้นในกรรมวิธีที่ขาดธาตุอาหารต่ำกว่ากรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารครบถ้วน (Ruamrungsri and Apavatjrut, 2002)

Yeh *et al*. (2000) ศึกษาอาการขาดธาตุอาหารของเดหลี พบว่า เมื่อขาดธาตุไนโตรเจนทำให้จำนวนใบ พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง

ทรงสุดา (2546) ศึกษาผลของการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์วุลแลงสีขาว และ พันธุ์ชาแนลสีชมพูพบว่า การขาดธาตุไนโตรเจน มีผลทำให้จำนวนใบและความเข้มของสีใบลดลงไปมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม กล้วยไม้พันธุ์วุลแลงสีขาวเมื่อขาดธาตุไนโตรเจนส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ส่วนพันธุ์ชาแนลสีชมพูการขาดไนโตรเจนส่งผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเหล็ก

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในดินมีธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช เนื่องจากเป็นธาตุที่ถูกตรึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่ายกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืชลดลง (มุกดา, 2544)

พืชดูดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในรูปสารอนินทรีย์ พวกอนุมูลของไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{-2}) ปริมาณไอออนทั้งสองชนิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นเบสของดิน ดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 ฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ ถ้าดินมีค่า pH สูงฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูป HPO_4^{-2} ฟอสเฟตไอออนในดินมักถูกยึด (adsorb) อยู่กับอนุภาคของดินเหนียว ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ หรืออาจรวมตัวกับธาตุอื่นในดิน ในสภาพดินที่เป็นกรดเป็นเบสมากเกินไป ทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ เช่น ในสภาพดินที่เป็นเบสมีไอออนประจุบวก ได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียมมาก ทำให้ฟอสเฟตรวมตัวกับไอออนประจุบวกเหล่านี้ กลายเป็นเกลือที่ไม่ละลายพืชนำไปใช้ได้น้อย ส่วนดินที่เป็นกรดมาก ธาตุอะลูมิเนียมและเหล็กในดินมีมากรวมตัวกับฟอสเฟตไอออน ทำให้เกิดตะกอนของอะลูมินัมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟต ซึ่งทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ฉะนั้นในสภาพดินที่เป็นกลางจึงช่วยทำให้ฟอสเฟตไอออนอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้มาก (สมบุญ, 2544)

พืชต้องการฟอสฟอรัส 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตทางใบ (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ สำหรับระดับฟอสฟอรัสที่ถือว่าเป็นพิษ คือ สูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (ยงยุทธ, 2543) ฟอสฟอรัสพบมากในเมล็ด ผล และเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) (นพดล, 2538)

บทบาทของฟอสฟอรัสในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม

2. เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของฟอสโฟลิปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

3. เป็นองค์ประกอบของ ATP ซึ่งเป็นสารประกอบพลังงานสูงที่มีบทบาทสำคัญในระบบชีวเคมีของเซลล์

4. เป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์ (coenzyme) บางชนิด ได้แก่ NAD^+ (nicotinamide adenine dinucleotide), $NADP^+$ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate), FAD (flavin adenine dinucleotide) และโคเอนไซม์เอ เป็นต้น

5. เป็นองค์ประกอบของสารประกอบฟอสเฟตอื่น ๆ เช่น riburose bis phosphate และ phosphoglyceraldehydeในวัฏจักรคาลวิน (Calvin cycle) ของกระบวนการสังเคราะห์แสง glucose-6-phosphate, fructose-1,6-diphosphate และ glyceraldehyde phosphate ในไกลโคไลซิส (glycolysis) guanosine triphosphate (GTP) ในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle)(ยงยุทธ, 2543) และphytic acid ในกระบวนการ hydrolysis (นพดล, 2538)

6. กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรท และช่วยลดความเป็นกรดของน้ำในเซลล์ (cell sap) ด้วย (นพดล, 2538)

อาการของพืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส

เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเซลล์ ในขั้นแรก อัตราการสังเคราะห์แสงยังเป็นปกติ แต่อัตราการหายใจลดลง ทำให้เกิดการสะสมของคาร์โบไฮเดรต หลังจากนั้นใบพืชมีสีเขียวเข้ม เกิดการสะสมของรงควัตถุพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่ลำต้นและก้านใบ ทำให้ก้านใบเป็นสีชมพู อาการเริ่มเกิดที่ใบแก่ก่อน ใบเป็นจุดแห้งตาย (necrosis) การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกร็น (สมบุญ, 2544) รากอาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล (โสระยา, 2544) นอกจากนี้พืชที่ขาดฟอสฟอรัสมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้า แล้วยังมีผลทำให้เกิดการพักตัวของตาข้าง (lateral bud dormancy) (สมบุญ, 2544) นอกจากนี้การขาดฟอสฟอรัสยังมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์อย่างมาก เช่น ออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดน้อยลง ใบพืชเสื่อมตามอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ(ยงยุทธ,2543) พืชที่ขาดฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ ใบมีขนาดเล็กเนื่องจากใบขยายขนาดช้า และจำนวนใบน้อย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการขยาย

ขนาดใบลดลงอย่างมาก แต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากขนาดใบลดลงมากแต่คลอโรฟิลล์ลดลงน้อยกว่า ทำให้ใบพืชที่ขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกมีใบสีเขียวเข้ม แต่เมื่อพิจารณาอัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วย ของคลอโรฟิลล์พบว่ามีค่าลดลงไป การขาดฟอสฟอรัสเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การกระจายของคาร์โบไฮเดรตลงมาอยู่ด้านล่างมากขึ้น ทำให้รากพืชที่ขาดฟอสฟอรัสยังสามารถยืดตัวได้ในขณะที่ส่วนเหนือดินหยุดการเจริญเติบโตแล้ว เมื่อการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินลดลงมาก แต่มีผลกระทบต่อรากน้อย พืชที่ขาดฟอสฟอรัสจึงมีสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินกับราก (shoot-root ratio) ลดลงด้วย (ยงยุทธ, 2543)

วัชรพล และ โสระยา (2546) พบว่าหงส์เหินที่ขาดฟอสฟอรัสมีอัตราการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารปกติ โดยต้นเตี้ยแคระมีความสูงเฉลี่ย 27.95 เซนติเมตร ใบแก่มีสีเขียวเข้ม จำนวนใบต่อต้น 18.25 ใบ จำนวนช่อดอกต่อกอเฉลี่ย 2.88 ช่อใบประดับมีสีชมพูซีด

Yeh *et al*. (2000) ศึกษาอาการขาดธาตุอาหารของเดหลี พบว่า เมื่อขาดธาตุฟอสฟอรัสพืชมีการเจริญเติบโตช้า แต่ไม่มีการแสดงอาการทางใบ

โพแทสเซียม (Potassium)

โพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของแร่และหิน ซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินหลายชนิด ในดินโดยทั่วไปจึงพบว่า มีธาตุโพแทสเซียมกระจายอยู่ทั่วไปทั้งดินชั้นบน และดินชั้นล่าง และพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีพของพืช และเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช เช่นเดียวกับธาตุฟอสฟอรัสและธาตุไนโตรเจน (มุกดา, 2544)

พืชดูดโพแทสเซียมจากดินในรูปโมโนวาเลนต์ โพแทสเซียมไอออน (K^+) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้ดี ถูกชะล้างในดินได้ง่าย ในดินปกติมีธาตุโพแทสเซียมอยู่มาก แต่ส่วนใหญ่มักรวมตัวกับธาตุอื่น หรือถูกยึดในชั้นคอลลอยด์ของดินเหนียว ทำให้เกิดการตรึงโพแทสเซียม (K^+ - fixation) ทำให้โพแทสเซียมอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ การสลายตัวของหินเป็นดินมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมา หรือปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดินและรากพืชบางชนิดมีผลทำให้ โพแทสเซียมที่ถูกตรึงในชั้นของคอลลอยด์ในดินถูกปลดปล่อยออกมา และอยู่ในรูปโพแทสเซียมซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ (สมบุญ, 2544)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พบมากในบริเวณส่วนอ่อนของพืช เช่น เนื้อเยื่อเจริญบริเวณยอดของต้น ปลายราก ตาข้าง ใบอ่อน เนื้อใบ (mesophyll) ใจกลางของลำต้น (pith) และในท่อลำเลียงอาหาร (phloem) (นพดล, 2538)

แม้ว่าพืชแต่ละชนิดมีความต้องการโพแทสเซียม เพื่อการเจริญเติบโตตามปกติในปริมาณที่แตกต่างกันก็ตาม โดยทั่วไปแล้วความต้องการของพืชอยู่ในช่วง 2-5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น ผล และหัว ทั้งนี้ยกเว้นพืชชอบโซเดียม (na-trophilic species) ซึ่งความต้องการโพแทสเซียมมีน้อยกว่าพืชทั่วไป (ยงยุทธ, 2543)

บทบาทของโพแทสเซียม (ยงยุทธ, 2543)

1. กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ pyruvate kinase และ 6-phosphofructokinase ในกระบวนการสร้างแป้ง และ ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมศักย์ออสโมซิสของเซลล์

2. ในการสังเคราะห์และกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ RuBP carboxylase ในกระบวน การสังเคราะห์แสง

3. การควบคุมศักย์ออสโมซิส เนื่องจากพืชมีโพแทสเซียมไอออนมากกว่าไอออนอื่น ๆ ธาตุนี้จึงมีค่อนข้างมากในค่าศักย์ออสโมซิสของเซลล์ด้วย ความสำคัญในแง่นี้ ทำให้โพแทสเซียมมีบทบาทต่อการขยายขนาดของเซลล์ การปิดและเปิดปากใบ

4. การเคลื่อนย้ายทางท่อลำเลียงอาหาร โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญช่วยให้ซูโครสเข้าสู่ท่อลำเลียงอาหาร และมีการเคลื่อนย้ายสารละลายในท่อลำเลียงอาหารได้มากขึ้น หน้าที่ของโพแทสเซียมในเรื่องนี้เกี่ยวข้องกับการรักษาระดับ pH ในหลอดตะแกรง (sieve plate) ให้สูงและคงที่ เพื่อให้ซูโครสย้ายเข้าสู่หลอดตะแกรงได้สะดวก และการเพิ่มแรงดันออสโมซิสในหลอดตะแกรงบริเวณต้นทางของการเคลื่อนย้ายให้สูง ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการลำเลียงสารจากการสังเคราะห์แสง (photosynthates) จากแหล่งจ่าย (source) มายังบริเวณที่สะสม (sink)

5. สมดุลระหว่างประจุบวก โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการสร้างสมดุลด้านประจุไฟฟ้ากันแนวไอออนที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ (immobile) ในไซโทพลาสซึมและคลอโรพลาสต์ตลอดจนประจุลบที่เคลื่อนย้ายได้ ในแวคคิวโอล ท่อลำเลียงน้ำ และท่อลำเลียงอาหาร เมื่อเซลล์มีกรดอินทรีย์สะสมอยู่ภายใน ย่อมเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เซลล์ดูด K^+ เข้ามาในรากหรือเซลล์คุมโดยไม่ต้องมีประจุลบติดมาด้วย การเคลื่อนย้ายไนเตรทระยะไกลทางท่อลำเลียงอาหารเข้าสู่แวคคิวโอลมี K^+ เคียงคู่มาเสมอ เมื่อไนเตรทผ่านกระบวนการรีดักชันไปแล้ว เซลล์มีการสังเคราะห์

กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก (malic acid) เพื่อให้มีสมดุลด้านประจุกับโพแทสเซียมและรักษาระดับ pH ที่เหมาะสมไว้

อาการของพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียม

ในภาวะที่ขาดแคลนโพแทสเซียม ทำให้โพแทสเซียมที่เคยสะสมอยู่ในใบแก่ และอวัยวะอื่น ๆ เคลื่อนย้ายทางท่อลำเลียงอาหารไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ ทำให้ส่วนเหล่านั้นมีอาการผิดปกติ (ยงยุทธ, 2543) เช่นใบเหลืองเป็นแนว ซึ่งเกิดขึ้นในใบแก่ก่อน และใบแห้งตายเป็นจุด ๆ ที่บริเวณขอบและปลายใบ หรือใบอาจม้วนงอ หลังจากนั้นแพร่กระจายไปทั่วลำต้น ลำต้นมีปล้องสั้น ส่วนยอดใบเป็นกระจุกเกิดลักษณะที่เรียกว่า โรเซตต์ (rosette) (สมบุญ, 2544) ในพืชใบเลี้ยงคู่ใบเริ่มซีดแล้วแห้งตายเป็นจุด ๆ ส่วนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ธัญพืช ปลายใบและขอบใบตายก่อน และลามไปยังส่วนโคนใบ (นิตย์, 2541) ลำต้นอ่อนแอทำให้ถูกเชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายระบบรากง่าย ลำต้นโค้งและหักล้มง่าย (ดนัย, 2544) เนื่องจากลิกนินในเซลล์กลุ่มท่อลำเลียงน้อยกว่าปกติ ลำต้นจึงไม่แข็งแรง เหี่ยวเฉาง่าย มีความชื้นในดินน้อย และเป็นโรคง่าย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงด้านกิจกรรมของเอนไซม์ ชนิดและปริมาณของอินทรีสารซึ่งทำให้พืชนั้นอ่อนแอต่อโรค (ยงยุทธ, 2543) นอกจากนี้ยังพบว่า หากพืชได้รับโพแทสเซียมไม่เพียงพอ ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง (มุกดา, 2544) เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทในการควบคุมการปิดเปิดของปากใบ เมื่อขาดธาตุนี้ปากใบจึงเปิดเพียงเล็กน้อย (ยงยุทธ, 2543) ทำให้มีผลต่อกระบวนการสร้างและเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากแหล่งสร้างไปยังแหล่งรับ (sink และ source) ปริมาณแป้งในพืชน้อยกว่าปกติ และการเคลื่อนย้ายแป้งจากใบสู่ส่วนต่าง ๆ ลดลง หรือองค์ประกอบของผลผลิตมีคุณภาพต่ำ คุณภาพของผักและผลไม้ รวมถึงคุณภาพของสี ขนาด ความเป็นกรด และคุณภาพในการเก็บรักษาต่ำ เมล็ดธัญพืชมีน้ำหนักน้อย ปริมาณแป้งในหัวของพืชหัวลดต่ำลง และแสดงอาการฉ่ำน้ำ ในพืชน้ำมันมีน้ำมันน้อย เมล็ดข้าวโพดพัฒนาไม่เต็มถึงปลายฝัก ผลไม้เนื้อฟ่าม สมอฝ้ายไม่อ้าเมื่อแก่ พืชตระกูลส้มมีกรดซิตริกน้อย (มุกดา, 2544)

วัชรพล และ โสระยา (2546) พบว่าหงส์เหินที่ขาดโพแทสเซียมมีอัตราการเจริญเติบโต ในด้านต่าง ๆ ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารปกติ โดยพบว่าความสูงของต้นเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ มีการเพิ่มจำนวนต้นต่อกอช้า มีจำนวนช่อดอกต่อกอ จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งน้อย ใบมีขนาดเล็ก ใบประดับมีสีชมพูซีด

Yeh *et al.* (2000) ศึกษาอาการขาดธาตุอาหารของเดหลี พบว่า เมื่อขาดธาตุโพแทสเซียม ทำให้เกิดจุดเล็ก ๆ สีเหลืองจำนวนมากที่บริเวณผิวใต้ใบ

แคลเซียม (Calcium)

พืชดูดแคลเซียมไปใช้ในรูปไดวาเลนต์แคลเซียมไอออน (Ca^{+2}) แคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ยาก ดังนั้นเมื่อแคลเซียมอยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปส่วนอื่น ความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชแตกต่างกันตามสภาพการปลูก พันธุ์พืช และอวัยวะ ซึ่งแปรผันอยู่ในช่วง 0.1 ถึงมากกว่า 5% โดยน้ำหนักแห้ง พืชใบเลี้ยงคู่ต้องการแคลเซียมเพื่อให้เจริญอย่างพอเหมาะมากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยปกติทั่วไปในดินมักไม่ค่อยขาดแคลเซียมยกเว้นในดินที่เป็นกรด ซึ่งมีค่า pH ต่ำ(สมบูรณ์, 2538)

ในสภาพดินที่เป็นด่างและมีแคลเซียมมากเกินไป พบว่าแคลเซียมรวมตัวกับฟอสฟอรัสเกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตทำให้พืชนำฟอสฟอรัสไปใช้ไม่ได้ และในดินที่เป็นด่างสูงทำให้ธาตุที่สำคัญบางอย่างในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ลดลง เช่น การขาดเหล็ก มีผลทำให้การดูดแคลเซียมลดลงได้ ฉะนั้นการมีแคลเซียมมากเกินไป (excess calcium) ทำให้เกิดการขาดแคลเซียมในพืช (calcium deficiency) ได้(สมบูรณ์, 2538)

บทบาทของแคลเซียม ในพืช (ยงยุทธ, 2543)

1. เป็นองค์ประกอบของแคลเซียมเพคเทต (calcium pectate) ซึ่งอยู่ในมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ของผนังเซลล์ (สมบุญ, 2538) มีบทบาทสำคัญที่ทำให้ผนังเซลล์ เนื้อเยื่อ และต้นพืชแข็งแรง

2. การสร้างเสถียรภาพของเยื่อ (membrane stabilization) แคลเซียมเป็นสะพานเชื่อมระหว่างฟอสเฟตกับหมู่คาร์บอกซิลของฟอสโฟลิพิดและโปรตีนตรงบริเวณผิวของเยื่อหุ้มเซล (ยงยุทธ, 2543) และเกลือแคลเซียมของเลซิทิน (lecithin) เป็นองค์ประกอบของลิพิดซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของเซลล์เมมเบรน ช่วยให้หน่วยของเมมเบรนของเซลล์มีโครงสร้างและทำหน้าที่ได้สมบูรณ์ ตลอดทั้งควบคุมการเข้าออกของสารบางชนิดในเซลล์ (สมบุญ, 2538)

3. การรักษาสมดุลของแคตไอออน-แอนไอออน (cation-anion balance) แคลเซียมแสดงบทบาทต่อการควบคุมด้านออสโมซิสโดยทางอ้อมในการปิดและเปิดปากใบ ใบหุบกลางคืน (nyctinastic movement) และใบสะดุ้ง (seismosatic movement) ซึ่งทั้งสามอย่างนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุมความเต่งของเซลล์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเต่งของเซลล์หรือเนื้อเยื่อดังกล่าวเกิดจากฟลักซ์ของโพแทสเซียม คลอไรด์ และมาเลต

4. เป็นตัวนำรหัสที่สอง (second messenger) เมื่อแคลเซียมเข้าไปในไซโทซอลเป็นเสมือนการนำสัญญาณที่ได้รับจากภายนอกเข้ามาด้วย แล้วแคลเซียมไอออนเข้ายึดเหนี่ยวโปรตีนที่มีชื่อว่าแคลโมดูลิน (calmodulins) กลายเป็นแคลเซียม-แคลโมดูลิน ซึ่งมีบทบาทในการควบคุม

ความเข้มข้นของแคลเซียมในไซโทซอล และมีผลต่อกระบวนการทางสรีระที่สำคัญ 2 ประการ คือ การปิดเปิดปากใบ ซึ่งถูกควบคุมโดยกรดแอบซิสิก (ABA) ในขณะที่การเคลื่อนย้ายของ ABA อยู่ในความควบคุมของแคลเซียม-แคลโมดูลินอีกต่อหนึ่ง และการสังเคราะห์ซูโครส โดยแคลเซียม-แคลโมดูลิน มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ fructose 1, 6 biphosphate และ sucrosephosphate synthase นอกจากนี้แล้ว แคลเซียม-แคลโมดูลิน ยังมีผลในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีนไคเนส(protein kinase) อีกด้วย

5. ส่งเสริมการงอกของเมล็ด แคลเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ protein kinase และ ∝-amylase โดยที่ protein kinase มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาฟอสฟอรีเลชั่น และ∝-amylase มีหน้าที่ย่อยแป้งทำให้โมเลกุลของแป้งถูกทอนให้สั้นลง จึงนับเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งจากแหล่งสะสมไปยังส่วนอื่นของพืช นอกจากนี้ยังช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปอร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอกอีกด้วย

6. การตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง(gravity) เนื่องจากในบางพืชการเคลื่อนย้ายออกซินต้องการอาศัยแคลเซียมช่วย เมื่อรากอยู่ในแนวราบและอะไมโลพลาสต์ของสตาโทไซต์ในหมวกรากเป็นออร์แกเนลที่รับสิ่งเร้าจากแรงโน้มถ่วง อะไมโลพลาสต์นี้เองที่มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายของทั้งแคลเซียมและออกซิน แคลเซียมมีบทบาทช่วยให้ออกซินเคลื่อนย้ายลงสู่ปลายรากที่กำลังยืดตัวและควบคุมให้ปลายรากงอลง

7. ช่วยลดความเป็นพิษ (detoxify) ของกรดออกซาลิก (oxalic acid) โดยรวมตัวเป็นผลึกแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) ในแวคิวโอล (สมบุญ, 2538)

8. มีผลต่อขบวนการสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในรากพืชตระกูลถั่ว (สมบุญ, 2538)

อาการของพืชที่ขาดธาตุแคลเซียม

พืชที่ขาดแคลเซียมพบว่าบริเวณปลายยอดและปลายรากไม่เจริญ เพราะเนื้อเยื่อไม่สร้างผนังเซลล์ทำให้เซลล์ไม่แบ่งตัว ลำต้น ยอด ก้านใบเปราะหักง่าย เซลล์ไม่ขยายตัว ใบเหลือง เกิดคลอโรซิสในบริเวณใบอ่อน และใบอ่อนมักบิดเบี้ยวเสียรูปทรง เกิดลักษณะงอคล้ายตะขอ (hook) ที่ส่วนปลายยอด ปลายรากไม่เจริญ ลำต้นแคระแกร็น เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยาก อาการขาดธาตุแคลเซียมมักเกิดที่บริเวณใบอ่อนก่อน (สมบุญ, 2538) อวัยวะซึ่งคายน้ำน้อยแต่อัตราการเติบโตสูงมักมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลเซียมหรือมีแคลเซียมในอวัยวะนั้นต่ำกว่าระดับวิกฤต หรือมีธาตุนี้ไม่เพียงพอสำหรับคงสภาพที่ดีของเนื้อเยื่อไว้ได้ เป็นเหตุให้พืชแสดงอาการขาดแคลเซียมที่ผล เช่น ก้นผลมะเขือเทศเน่า (blossom end rot) และผิวผลแอปเปิลมี

รอยบุ๋ม (bitter pit) หรือที่อวัยวะอื่น ๆ เช่น ไส้เน่า (black heart) ของเซเลอรี่และกะหล่ำดอก ปลายใบผักกาดหอมหรือผักกาดขาวปลีไหม้ (tipburn) สำหรับผลที่มีเนื้อมาก (fleshy fruits) หากมีแคลเซียมน้อยเกินไปทำให้เข้าสู่สภาพเสื่อมตามอายุ (senescence)เร็วขึ้นและเชื้อราเข้าทำลายง่าย ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวจึงมีสูง (ยงยุทธ, 2543)

แมกนีเซียม

แมกนีเซียมในดินส่วนมากอยู่ในรูปของหินและแร่ ได้แก่ ออไจต์ ไบโอไทต์ เซอร์เพนทีน แมกนีไซต์และโดโลไมต์ เมื่อหินและแร่สลายตัวจะปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมา และแมกนีเซียมยังอยู่ในรูปไอออนอิสระในสารละลายดิน ความเป็นประโยชน์จะสูงในดินที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง การดูดแมกนีเซียมของพืชมีภาวะปฏิปักษ์(antagonism) กับ K^+ , NH^+_4, Ca^{2+},Mn^{2+}และ H^+

บทบาทของแมกนีเซียมในพืช (ยงยุทธ, 2543)

แมกนีเซียมมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายภายในเซลล์, มีพันธะเชิงไอออน(ionic bond) กับสารนิวคลีโอฟิลิกลิแกนด์(nucleophilicligands) เช่นหมู่ฟอสฟอริล(phosphoril groups) แมกนีเซียมยังเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์และแมกนีเซียมยังมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนเนื่องจาก Mg^{2+}เป็นโคแฟกเตอร์ของเอ็นไซม์ RNA polymerase ในการสังเคราะห์ RNA และนอกจากนี้ Mg^{2+} ยัง เป็นโคแฟกเตอร์ของเอ็นไซม์ต่างๆที่มีบทบาทในการถ่ายโอนฟอสเฟตหรือหมู่คาร์บอกซิลเช่น pyruvic kinase, carboxylase, glucokinase, fructokinase, galactokinase และ hexokinase ในแวคิวโอล Mg^{2+}ช่วยทำให้เกิดสมดุลของไอออน นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยากับกรดเพกติก(pectic acid) ได้แมกนีเซียมเพกเทตเป็นมิดเดิลลาเมลล่าของผนังเซลล์

อาการของพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม

พืชปกติมีแมกนีเซียม อยู่ในช่วง 0.15 - 0.35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง(ยงยุทธ, 2543) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ถ้าพืชขาดแมกนีเซียมทำให้ใบเหลืองซีด (chlorosis) ในบริเวณเนื้อเยื่อใบที่อยู่ระหว่างเส้นใบและก้านใบพบว่า ก้านใบยังเขียวอยู่เรียกว่า Interveinal chlorosis โดยในระยะแรกเกิดขึ้นในบริเวณใบที่แก่อยู่ด้านล่างก่อนจึงลุกลามไปยังใบอ่อน เพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายเกิดการสร้างแอนโทไซยานินที่ใบทำให้เห็นเป็นจุดสีต่าง ๆ เช่น ม่วง แดง เหลือง เซลล์ของใบมักแห้งไหม้ตายเป็นจุด ๆ กระจายไปทั่วและปลายใบม้วนงอ (สมบุญ,2538) แต่ถ้าพืชได้รับธาตุแมกนีเซียมมากเกินไป พืชแสดงอาการม้วนใบและมีอาการเฉาตายจากปลายใบ (นพดล,2538) การขาดธาตุแมกนีเซียมทำให้พืชสังเคราะห์โปรตีนได้

น้อยลง การเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากใบน้อยลงทำให้มีการสะสมแป้งและน้ำตาลในใบมากขึ้น การขาดธาตุแมกนีเซียมมีผลทำให้ช่อดอกมีขนาดเล็กลงและผลผลิตเมล็ดต่ำ พืชตระกูลถั่วที่ขาดธาตุแมกนีเซียมการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรทไปเลี้ยงรากได้น้อยกว่าปกติ อัตราการตรึงไนโตรเจนจึงลดต่ำลง

ผลของระดับธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของไม้ดอกบางชนิด

นอกจากการที่ธาตุอาหารแต่ละชนิดมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชในระยะต่างๆแล้ว ปฏิสัมพันธ์ของธาตุอาหาร ยังมีความสำคัญอีกด้วย โดยได้มีการศึกษาผลของธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชหัวบางชนิด

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) รายงานว่า พืชหัวโดยทั่วไปต้องการไนโตรเจนมากในระยะแรกสำหรับการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินเพื่อให้มีใบมาก มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้สูง เมื่อถึงเวลาที่เหมาะสมการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินถูกบังคับให้หยุดเพื่อให้คาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นในระยะนี้เคลื่อนย้ายมาสะสมที่ส่วนใต้ดินให้มากที่สุด

Llabres *et al.* (1987) ศึกษาปริมาณไนโตรเจน และปริมาณกรดอะมิโนอิสระใน *Narcissus assoanus* ในส่วนเหนือดิน และหัว ในระยะการเติบโต 12 ระยะ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน มีมากที่สุดในช่วงพืชกำลังออกดอก และกรดอะมิโนอิสระที่พบมากในส่วนเหนือดิน ในระยะออกดอก ได้แก่ กรดกลูตามิค กรดแกมมาอะมิโนบูไทริค และกรดแอสพาร์ติค ในส่วนของพืชใต้ดินพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนมากในช่วงหัวมีการเจริญเติบโตสูงสุด และพบกรดกลูตามิคและ กรดอาร์จินีนในปริมาณมาก

Kosugi *et al.*(1964) รายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของใบและหัวใหม่ของฟรีเซีย

El-Khateeb *et al.*(1991) ศึกษาผลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและองค์ประกอบทางเคมีของฟรีเซียพันธุ์ Aurora โดยปลูกฟรีเซียลงในกระถาง หลังจากที่หัวงอกให้ไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทและแอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 กรัมต่อต้น ร่วมกับโพแทสเซียมในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 0, 1 และ 2 กรัมต่อต้น ทุก ๆ เดือนจนกระทั่งดอกบาน พบว่าไนโตรเจนที่ ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 กรัมต่อต้น ร่วมกับโพแทสเซียม 2 กรัมต่อต้น ให้ผลดีที่สุดทั้งความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัม ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต 2 กรัม ทำให้น้ำหนักสด

และน้ำหนักแห้งของดอกสูงที่สุด ในกรรมวิธีที่พืชได้รับแอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 2 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต 2 กรัม น้ำหนักสดของหัวใหม่มากที่สุด น้ำหนักแห้งของหัวใหม่มากที่สุด เมื่อได้รับแอมโมเนียมซัลเฟต 1 กรัมร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต 2 กรัม จำนวนหัวใหม่ต่อต้นที่สูงสุด มีปริมาณของแอมโมเนียมซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้น 1 กรัม ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต 1 กรัม

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของฟรีเซีย(Thomas *et al*., 1998) โดยให้พืชได้รับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ ปูนขาว ในระดับที่ต่างกัน พบว่าไนโตรเจนทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการออกดอกดี ฟอสฟอรัส เพิ่มน้ำหนักสดของใบ การเจริญเติบโตของหัวใหม่ และสนับสนุนการบานของดอก ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน 600-800 กรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับฟอสฟอรัส 200 กรัมต่อตารางเมตร มีผลทำให้พืชแข็งแรง หัวใหม่มีการเจริญเติบโตดี และการบานของดอกดี โพแทสเซียมมีผลทำให้มีการแตกใบดี และปูนขาวทำให้ใบมีการเจริญและพัฒนา

Liu *et al*.(1974) รายงานว่าขมิ้น (*Curcuma longa* L.) ที่ได้รับธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ทำให้มีความสูงเพิ่มขึ้น ธาตุโพแทสเซียมมีผลต่อปริมาณผลผลิต และองค์ประกอบภายในหัว อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกขมิ้น ได้แก่ N:P:K 60:60:120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

สำหรับการผลิตหัวพันธุ์ทิวลิปพบว่าหัวมีคุณภาพดีเมื่อได้รับไนโตรเจนในช่วงเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอก เพื่อให้ไนโตรเจนสะสมในหัวประมาณ 1.6 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งในช่วงออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (Tsutsui, 1975)

ส่วนว่านสี่ทิศพันธุ์ Royal Dutch พบว่าเมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตราส่วน 60:30:30 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในเรื่องจำนวนดอก และคุณภาพดอก และเมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจน 60 และ 80 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าทำให้อัตราการออกดอกล่าช้า (Nautiyal and Bajpai, 1979)

Pandey *et al*.(2000) ศึกษาผลของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแกลดิโอลัสพันธุ์ Psittacinus Hybrid ที่เลี้ยงในอาหารวุ้น โดยได้รับไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยยูเรีย ที่ 0, 20, 40 และ60 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตที่ 0, 10 และ 40 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อทำการปลูกหัวพันธุ์ที่ผ่านการเลี้ยงในอาหารวุ้นลงในดินร่วนปนทราย พบว่าความสูง จำนวนใบ จำนวนดอกต่อช่อ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนใบต่อต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเมื่อได้รับ

ไนโตรเจน 20 กรัมต่อตารางเมตร และ ฟอสฟอรัส 40 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้มีจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด

ความต้องการธาตุอาหารของแกลดิโอลัสพันธุ์ไม้ตัดดอก โดยให้พืชได้รับไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนเตรท ฟอสฟอรัสในรูปทริปเปิลฟอสเฟตและโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมซัลเฟต พบว่าการดูดใช้ไนโตรเจนของใบและช่อดอกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพดอก การดูดใช้ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าการเพิ่มฟอสฟอรัส มีผลทำให้คุณภาพของดอกเพิ่มขึ้นก็ตาม (Amen *et al*., 1990) Mukherjee *et al*. (1994) ศึกษาผลของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่อคุณภาพดอกและหัวพันธุ์ของแกลดิโอลัสพันธุ์ Vink's Glory โดยให้พืชได้รับไนโตรเจน 40, 50 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส 10, 20 และ 30 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าเมื่อพืชได้รับ ไนโตรเจนที่ 50 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส 10 และ 20 กรัมต่อตารางเมตรทำให้พืชมีจำนวนดอกมากที่สุดและมีขนาดหัวใหญ่ที่สุด

Sehrawat *et al*. (2000) ศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโต การออกดอก และปริมาณหัวพันธุ์ ของแกลดิโอลัส โดยให้พืชได้รับไนโตรเจนที่ 0, 40, 60 และ 80 กรัมต่อตารางเมตร ฟอสฟอรัส 0, 10 และ 20 กรัมต่อตารางเมตร และโพแทสเซียม 0, 10 และ 20 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของไนโตรเจนสูงขึ้น แต่ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่มีอิทธิพลการเจริญเติบโต เมื่อพืชได้รับไนโตรเจน 60 กรัมต่อตารางเมตรทำให้พืชมีความสูงมากที่สุด และเมื่อได้รับไนโตรเจน 60 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ 20 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้พืชมีความยาวก้านช่อดอกมากที่สุด ปริมาณหัวพันธุ์มากที่สุดเมื่อพืชได้รับไนโตรเจน 80 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ 20 กรัมต่อตารางเมตร

Kumar *et al*. (2001) ยังศึกษาผลของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อคุณภาพ และปริมาณผลผลิต ของแกลดิโอลัสพันธุ์ Tropic Sea โดยให้พืชได้รับธาตุอาหารต่างกันดังนี้ ไนโตรเจนได้แก่ 40, 50 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร ฟอสฟอรัส ได้แก่ 10, 20 และ 30 กรัมต่อตารางเมตร และ โพแทสเซียม 20 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าเมื่อพืชได้รับ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ที่อัตราส่วน 50:10:20 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้ช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อ เส้นผ่านศูนย์กลางดอก จำนวนดอกบาน ขนาด น้ำหนัก และจำนวนหัวมากที่สุด

Kawarkhe *et al*.(2001) ศึกษาผลของไนโตเจน และฟอสฟอรัส ต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของแกลดิโอลัสพันธุ์ Dabonoir โดยให้พืชได้รับไนโตรเจน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 40, 50 และ 60 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส 4 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20 และ 30 กรัมต่อตารางเมตร

พบว่าเมื่อพืชได้รับ ไนโตรเจนที่ 50 กรัมต่อตารางเมตร และฟอสฟอรัส 20 กรัมต่อตารางเมตร ทำให้พืชมีจำนวนช่อดอก ความยาวช่อดอก และจำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด

Yeh(1999) ศึกษาความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ต่อการเจริญเติบโตของเดหลีพันธุ์ Senation ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ดีที่สุดที่ทำให้พืชมีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงที่สุดได้แก่ 8 มิลลิโมล การเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจนเป็น 32 มิลลิโมล ไม่เพียงแต่ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ยังทำให้ใบมีลักษณะหงิกงอ เกิดอาการเนโครซิส คือ เซลล์หรือเนื้อเยื่อตาย และอาการคลอโรซิสเกิดขึ้นด้วย

Anushri *et al.*(2001) ศึกษาระดับของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการปลูกลิลลี่ (Asiatic hybrids) จากหัวย่อย (bulblet) โดยให้พืชได้รับธาตุอาหารในระดับต่าง ๆ กัน 10 กรรมวิธี ได้แก่ T_0 (0:0:0), T_1 (10:5:20), T_2 (10:10:20), T_3 (10:20:20), T_4 (10:25:20), T_5 (10:30:20), T_6 (5:20:20:), T_7 (20:20:20), T_8 (10:20:10) และ T_9 (10:20:30) พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดของหัวย่อยสูงที่สุด คือ 30, 31 และ 11 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับธาตุอาหาร (T_0) และสามารถออกดอกได้ในฤดูกาลแรกที่ปลูก โดยมีเปอร์เซ็นต์การออกดอก คือ 25 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูที่สองมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้นเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย ไม่มีการสร้างดอกในฤดูการแรก ส่วนในฤดูกาลที่สองมีการออกดอกเพียง 25 เปอร์เซ็นต์

วันเพ็ญ และ โสระยา(2546) ศึกษาผลของความเข้มข้นของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของดองดึง โดยปลูกดองดึงในสารละลายของ Hoagland and Arnon ความเข้มข้นของไนโตรเจน 4 ระดับ คือ 0, 210, (กรรมวิธีควบคุม), 420 และ 630 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการปลูกดองดึง คือ 210 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ดองดึงมีความสูงและน้ำหนักหัวมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรรมวิธีนี้จำนวนดอก จำนวนฝัก มีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ดองดึงที่ได้รับไนโตรเจน 210 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ระยะพักตัวช้ากว่ากรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจน 420 และ 630 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้พืชยังสะสมปริมาณไนโตรเจนรวมในใบราก และหัวเฉลี่ย 38.66 มิลลิกรัม และCarow (1980) ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดองดึง โดยให้พืชได้รับไนโตรเจน 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการให้ไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ดองดึงมีจำนวนดอกและการสร้างหัวใหม่ดีที่สุด ส่วนไนโตรเจนที่ระดับ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลดีเมื่อพืชมีการสร้างใบ ในสัปดาห์ที่ 6 ถึง 8 หลังการปลูก

โสระยา และ คณะ(2547) ศึกษาผลของฟอสฟอรัสร่วมกับธาตุอาหารรองต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพดอกของปทุมมา จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ฟอสฟอรัส 3 ระดับ คือ 50, 70 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่ 2 ธาตุอาหารรอง 2 ระดับ คือ อัตราเจือจาง 1:200 และ 1:100 พบว่า พืชมีความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม จำนวนใบต่อต้น จำนวนหน่อต่อกอ และความยาวเฉลี่ยก้านช่อดอก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารองที่มีความเข้มข้นอัตรา 1:100 ร่วมกับฟอสฟอรัสทุกระดับ พบว่าให้ช่อดอกที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนกลีบประดับทั้งส่วนบนและส่วนล่าง มากกว่าการที่พืชได้รับธาตุอาหารรองที่มีความเข้มข้นอัตรา 1:200 นอกจากนี้ พืชยังมีน้ำหนักรวมของหัวใหม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของธาตุอาหารต่อปริมาณการสะสมภายในของพืช

โดยทั่วไปเนื้อเยื่อของพืชสดมีน้ำ 80-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น ในเนื้อเยื่อของพืชยืนต้นและเมล็ดมีน้ำเป็นองค์ประกอบเพียงเล็กน้อย แต่ในผักสดมีน้ำมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (มุกดา, 2544) หากนำเนื้อเยื่อพืชสดมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ได้น้ำหนักแห้ง 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสดเท่านั้น (ยงยุทธ, 2543) เมื่อวิเคราะห์ซากพืชแห้งทางเคมี พบว่าประกอบด้วย 3 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของพืช และมีเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่ประกอบด้วยธาตุอื่น ๆ ที่ได้มาจากดิน ซึ่งเป็นธาตุที่กำหนดการเจริญเติบโตของพืช ส่วนธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยมักสะสมในเนื้อเยื่อของพืชในความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของพืชแห้ง ได้แก่ ธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน (มุกดา, 2544)

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในเนื้อเยื่อพืช

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้นในเนื้อเยื่อแห้ง	
	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	เปอร์เซ็นต์
ธาตุอาหารพืชกลุ่มที่พืชต้องการในปริมาณมาก (มหธาตุ)		
ไฮโดรเจน	60,000	6.0
คาร์บอน	450,000	45.0
ออกซิเจน	450,000	45.0
ไนโตรเจน	15,000	1.5

ฟอสฟอรัส	10,000	1.0
โพแทสเซียม	5,000	0.5
แคลเซียม	2,000	0.2
แมกนีเซียม	2,000	0.2
ซัลเฟอร์	1,000	0.1
ธาตุอาหารพืชกลุ่มที่พืชต้องการในปริมาณน้อย (จุลธาตุ)		
คลอรีน	100	0.01
เหล็ก	100	0.01
โบรอน	20	0.002
แมงกานีส	50	0.005
สังกะสี	20	0.002
ทองแดง	6	0.0006
โมลิบดีนัม	0.1	0.00001

ที่มา : มุกดา (2544)

Dole and wilkins(1999) รายงานว่า ฟรีเซียที่มีการเจริญเติบโตดีมีปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่ในใบ 2.7-5.6 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.4-1.2 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 3.1-5.9 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

Harbaugh(1987) พบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของ Caladium × hortulanum Birdsey ในใบสัมพันธ์กับน้ำหนักของใบและหัว จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในใบช่วงที่พืชมีน้ำหนักใบและหัวที่เหมาะสม พบว่ามีปริมาณไนโตรเจน 3.6-4.9 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.52-0.55 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 3.2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าในระยะการสร้างหัวพันธุ์ พืชควรมีไนโตรเจนสะสมในเนื้อเยื่อใบ 3.1-4.1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสมี 0.36-6.8 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมมี 2.3-4.1 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอ อาการขาดธาตุอาหารแสดงออกเมื่อ ระดับธาตุอาหารในใบมีไนโตรเจน น้อยกว่า 2.8 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.18 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมน้อยกว่า 0.14 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

Bach(1992) ศึกษาการใช้ธาตุอาหารของไฮยาซิน (*Hyacinthus orientalis* L.) พบว่าในช่วงเริ่มงอกความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินสูงขึ้น ในขณะที่

ในหัวลดลง และในช่วงที่พืชมีการสร้างหัวความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินลดลง

Hagiladi *et al.*(1997) ได้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโซเดียม ในส่วนหัวและตุ้มรากของปทุมมาพันธุ์ Chiangmai Pink ระยะพักตัว พบว่า หัวและตุ้มรากมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโซเดียมไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีแนวโน้มมากกว่าฟอสฟอรัสและโซเดียม

Ruamrungsri(1997) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของนาซิสซัสพันธุ์ Garden Giant พบว่าเมื่อเริ่มปลูกปริมาณไนโตรเจนในส่วนของ scales ของหัวเริ่มต้น มีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนอื่น ต่อมาเมื่อรากมีการพัฒนาปริมาณไนโตรเจนในรากมีเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไนโตรเจนในหัวเริ่มลดลง เมื่อพ้นฤดูหนาวต้นมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปริมาณไนโตรเจนในต้นเหนือดินเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และสูงสุดหลังการออกดอก จากนั้นจึงมีปริมาณลดลง ต่อมาเมื่อมีการสร้างหัวใหม่พบว่าปริมาณไนโตรเจนไปสะสมที่หัวใหม่มากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเข้าสู่ระยะพักตัว