บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

แวนดาเป็นกล้วยไม้ประเภทโมโนโพเดียล (monopodial) มีการเจริญทางยอด คือมีลำต้นเดียว สามารถผลิใบ ออกดอกออกผลได้หลายครั้งบนต้นเดิม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vanda* sp. (ผ่องพรรณ, 2549; ไชยา, 2534; สลิล, 2549) อยู่ในเผ่าย่อย *Sarcanthiae* เช่นเดียวกับ *Phalaenopsis* ประกอบไปด้วยสกุลที่รู้จักกันมาก คือ *Aerides, Arachnis Ascocentrum, Euanthe, Papilionanthe, Renanthera, Rhynchostylis, Vanda* และ *Vandopsis* (Grove, 1995) สกุลแวนดา มีการกระจายพันธุ์ในเขตอบอุ่นและเขตร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ปฐพีชล, 2547; สลิล, 2549) จากอินเดีย พม่า ไทย ลาว จีนตอนใต้ เวียดนาม เขมร มาเลเซีย เรื่อยไปตามหมู่เกาะต่างๆ ในแถบแปซิฟิก จนกระทั่งถึงตอนเหนือของออสเตรเลีย (Pridgeon, 1992) ในประเทศไทยมี 9 ชนิด พบขึ้นตามป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ (อบฉันท์, 2549)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กล้วยไม้สกุลแวนดา เป็นกล้วยไม้อิงอาศัยที่รู้จักกันค่อนข้างแพร่หลาย ลักษณะเฉพาะของสกุล คือ ใบรูปขอบขนาน มักจะพับเป็นราง ปลายใบหยักเว้าไม่เท่ากัน เรียงเวียนสลับซ้ายขวาในระนาบเดียวกัน และซ้อนค่อนข้างถี่ ดอกเป็นช่อตั้งออกจากซอกใบ ปลายของกลีบเลี้ยง และกลีบดอกมีกจะมน กลีบปากขนาดใกล้เคียงกับกลีบอื่นๆ หรือเล็กกว่า และมีเดือย เส้าเกสรสั้น กลุ่มเรณูมี 2 ก้อน แต่ละก้อนมีร่องโค้งค่อนข้างลึก แต่ไม่แยกจากกัน มีแผ่นเยื่อยึดกลุ่มเรณู (อบฉันท์, 2549)

การปลูกและการดูแลรักษา

ในธรรมชาติแวนดามักเกาะอยู่กับพืชอื่น บนกิ่งสูงของต้นไม้ในป่าฝน ในฤดูแล้งมีช่วงแห้งแล้งยาวนาน สามารถรักษาความชุ่มชื้นไว้ในใบที่หนา และระบบรากที่ขยายใหญ่ แวนดาเป็นกล้วยไม้ที่ปลูกเลี้ยงได้ง่าย ชอบอากาศค่อนข้างร้อน ความชุ่มชื้นสูง และมีแสงแดดเพียงพอ (ผ่องพรรณ, 2549) มักปลูกในตะกร้าไม้โดยไม่ต้องมีวัสดุปลูกแขวนกับต้นไม้ด้วยลวด ควรป้องกันไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง รดน้ำและให้ปุ๋ยได้ทุกวัน แวนดาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น (ปฐพีชล, 2547) การให้ปุ๋ย สามารถให้โดยผสมลงในน้ำที่รด หรือรดปุ๋ยตามหลังจากให้น้ำจนชุ่ม ปุ๋ยที่ให้เมื่อละลายน้ำแล้วกล้วยไม้สามารถนำไปใช้ได้ทันที (ไชยา, 2534)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทและหน้าที่ของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละชนิดมีความต้องการแตกต่างกันไปทั้งชนิด และปริมาณของธาตุอาหารนั้นๆ หากมีธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งต่ำมาก ในขณะที่มีธาตุอื่นเพียงพอ พืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหาร มีผลกระทบทำให้การเจริญเติบโตลดลง ผลผลิตจึงลดลงด้วย แม้ว่าธาตุที่พบในพืชมีไม่น้อยกว่า60ธาตุ แต่ไม่ได้จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชทั้งหมด (ชวนพิศ, 2544) การที่จะกำหนดว่าธาตุใดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (essential nutrient elements) นั้นมีหลักเกณฑ์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินไว้ 3 ประการ ดังนี้ (สมบุญ, 2538)

1. ธาตุนั้นจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าขาดธาตุนั้น พืชจะไม่สามารถดำรงชีพ และทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชไม่ครบวัฏจักร

2. ความต้องการธาตุอาหาร ชนิดของธาตุอาหารในการเจริญเติบโตของพืช มีความจำเพาะลงไป จะใช้ธาตุอื่นทดแทนไม่ได้

3. ธาตุนั้นจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมและการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง มิใช่ธาตุที่แก้ไขความไม่เหมาะสมของดิน หรือเสริมธาตุชนิดอื่นในการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชชั้นสูงมีอยู่ 16 ชนิด ธาตุอาหารทั้ง 16 ชนิด ที่จำเป็นต่อการเจริญของพืชนี้สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณของธาตุอาหารแต่ละธาตุที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารมหัพภาคหรือมหาธาตุ (macronutrient elements) และธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุอาหาร (micronutrient elements) (Epstein, 1972)

1. ธาตุอาหารมหัพภาคหรือมหาธาตุ (macronutrient elements) คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่สูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ยงยุทธ, 2543) มี 9 ธาตุ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 ธาตุที่มีความสำคัญต่อโครงสร้าง (structural nutrient elements) เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างพืช มี 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) (อรวรรณ, 2549) เป็นธาตุที่มีอยู่มากอย่างเพียงพอตามธรรมชาติ โดยพืชได้รับจากน้ำและอากาศ (โสระยา, 2544)

1.2 ธาตุหลัก (primary nutrient elements) เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก และมักพบขาดแคลนในดินทั่วไป มี 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 ธาตุรอง (secondary nutrient elements) เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุหลัก ดินส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องการขาดธาตุอาหารเหล่านี้ มี 3 ธาตุ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (สมบุญ, 2538)

2. ธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุอาหาร (micronutrient elements) คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณเล็กน้อย แต่พืชขาดธาตุเหล่านี้ไม่ได้ ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มี 8 ธาตุ คือ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) คลอรีน (Cl) และนิเกิล (Ni) (อำไพวรรณและคณะ, 2527; เอกชัยและส่งสุข, 2547; ยงยุทธ, 2543)

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ แม้ว่าพืชต้องการมหธาตุในปริมาณที่มาก ในขณะที่ต้องการจุลธาตุในปริมาณที่น้อย แต่ทั้งมหธาตุและจุลธาตุต่างก็มีความสำคัญเสมอกัน พืชขาดธาตุหนึ่งธาตุใดไม่ได้หรือใช้ทดแทนกันไม่ได้ พืชต้องได้รับธาตุอาหารเหล่านี้ครบทุกชนิด ในปริมาณที่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ดี นอกจากธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 16 ชนิดนี้แล้ว พืชบางชนิดต้องการธาตุอาหารอื่น โดยเฉพาะบางชนิดเป็นพิเศษเพื่อการเจริญเติบโต ได้แก่ โคบอลท์ (Co) โซเดียม (Na) อะลูมิเนียม (Al) แวนาเดียม (Va) ซิลิเนียม (Se) ซิลิกอน (Si) และอื่นๆ เรียกธาตุอาหารกลุ่มหลังนี้ว่า beneficial elements (สมบุญ, 2538)

ธาตุหลัก (primary nutrient elements)

ไนโตรเจน (N)

เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากที่สุด และมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก รากพืชดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้ในรูปของเกลือไนเตรท (NO_3^-) และเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) ในพืชบางชนิดจะมีจุลินทรีย์ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เปลี่ยนมาเป็นรูปเกลือไนเตรทที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ในรากพืชตระกูลถั่ว มีไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ (สมบุญ, 2544) ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของสารสำคัญต่างๆ ในเซลล์ เช่น กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก รงควัตถุคลอโรฟิลล์ และสารพวกโคเอนไซม์หลายชนิด (นพดล, 2550) ประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมดในพืชเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ส่วนอีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลิอิก และอีก 5เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของสารละลายกรดอะมิโน (soluble amino N) เมื่อรากพืชดูดไนโตรเจนขึ้นมาไนโตรเจนจะถูกส่งผ่านไปตามท่อลำเลียงน้ำไปสู่ส่วนบนของพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยพืชชั้นสูงส่วนใหญ่เคลื่อนย้ายไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และกรดอะมิโนพวกกลูตามีนและแอสพาราจีน (โสระยา, 2544)

เมื่อพืชขาดธาตุไนโตรเจน จะแสดงอาการชะงักการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว หากขาดไนโตรเจนเป็นระยะเวลานาน มักแสดงอาการคลอโรซิส (chlorosis) คือ ใบเหลือง เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ใบเหลืองซีดตลอดทั้งใบ ใบเหี่ยว กลายเป็นสีน้ำตาล และร่วงหล่นในที่สุด โดยพบอาการในใบแก่บริเวณโคนต้นก่อน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในโฟลเอ็มได้ดี (สมบุญ, 2544) ใบอ่อนจึงไม่แสดงอาการในระยะแรก เนื่องจากอาจมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนมาจากใบแก่ ในกรณีที่การขาดธาตุไนโตรเจนเกิดขึ้นช้าๆ พืชอาจมีลำต้นลักษณะผอม แคระแกรนและมีเนื้อไม้เพราะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ได้ และในพืชบางชนิดอาจมีการสร้างสารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ทำให้ใบ ก้านใบ และลำต้นมีสีม่วงได้ รากพืชที่ขาดไนโตรเจนมักยืดยาวกว่าปกติ และมีการแตกแขนงเพียงเล็กน้อยและตายในที่สุด (พูนพิภพ, 2549; โสระยา, 2544; สมบุญ, 2544)

พืชที่ได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไป จะแสดงอาการเฝือใบ ใบมีสีเขียวเข้ม มีการขยายเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณของใบมาก การออกดอกและผลช้าลง (สมบุญ, 2544) ลำต้นอวบน้ำมีการหักล้มได้ง่ายและมีการแตกกอมากเกินไป พืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต มีผลทำให้ส่วนเหนือดินหรือลำต้นเจริญเติบโตเร็ว แต่ส่วนของรากเจริญเติบโตช้า ต่อมารากพืชเหล่านั้นจะดูดน้ำและธาตุอาหารพืชได้น้อยกว่าที่พืชต้องการ (มุกดา, 2544)

ฟอสฟอรัส (P)

เป็นธาตุอาหารจำเป็นที่พืชต้องการใช้ในปริมาณปานกลาง พืชดูดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในรูปสารอนินทรีย์พวกไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^-) (สมบุญ, 2544) ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืชมากมายหลายชนิด เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสโฟลิปิด กรดนิวคลีอิก กรดไฟติก และสารพวกโคเอนไซม์บางชนิด เป็นโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ และมีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะน้ำตาลฟอสเฟต ATP ADP และ NADP เป็นต้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจและกระบวนการสังเคราะห์แสง (นพดล, 2550; พูนพิภพ, 2549)

เมื่อพืชขาดธาตุฟอสฟอรัส มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ ขั้นแรกอัตราการสังเคราะห์แสงยังเป็นปกติ แต่อัตราการหายใจลดลง ทำให้เกิดการสะสมของคาร์โบไฮเดรต แสดงอาการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืชอายุน้อย ทำให้พืชเจริญเติบโตช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใบมีสีเขียวเข้มและอาจมีรูปร่างผิดปกติ ใบอาจมีเซลล์ตายเป็นจุดที่เรียกว่า เนโครซิส (necrosis) หลังจากนั้นใบพืชจะมีสีเขียวเข้ม อาจแสดงบางอาการคล้ายการขาดไนโตรเจน คือ เกิดการสะสมแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ที่ลำต้นและก้านใบ ทำให้ก้านใบเป็นสีชมพู และใบสีม่วงแต่ไม่เกิดร่วมกันอาการพร่องคลอโรฟิลล์แตกต่างจากอาการขาดไนโตรเจน โดยใบเป็นสีม่วงแดงหรือเขียวปนน้ำเงิน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ดี ดังนั้นอาการขาดธาตุจึงมักแสดงที่ใบแก่ก่อน ต้นแคระแกร็น ทำให้เกิดการพักตัวของตาข้าง ตลอดทั้งการออกดอกผลช้าลง รากอาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ถ้าพืชได้รับฟอสฟอรัสมาก จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอก ผล และรากได้ดี (พูนพิภพ, 2549; โสระยา, 2544; สมบุญ, 2544)

เมื่อพืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสมากเกินไป ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ โดยแสดงอาการใบเหลือง ปลายใบแก่และบริเวณขอบใบเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล (พูนพิภพ, 2549; โสระยา, 2544)

ธาตุโพแทสเซียม (K)

พืชดูดโพแทสเซียมในรูปโมโนวาเลนต์โพแทสเซียมไอออน (K_2O) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้ดี ถูกชะล้างได้ง่ายและไม่ได้เป็นองค์ประกอบหลักในโมเลกุลหรือในโครงสร้างของพืช จึงอยู่ในเซลล์พืชในสภาพที่ละลายน้ำได้ โพแทสเซียมมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดี และมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมมากมาย (สมบุญ, 2544) เช่น เป็นสารโคเอนไซม์หรือสารกระตุ้น (activator) การทำงานของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ pyruvate kinase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งเซลล์ในพืช (นพดล, 2550) หน้าที่สำคัญทั้งในเชิงสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น การเติบโตของเนื้อเยื่อเจริญ กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ การเคลื่อนย้ายอาหารต่างๆ เช่น เคลื่อนย้ายน้ำตาลออกจากใบ การควบคุมการเปิดปิดของปากใบ (โสระยา, 2544; สมบุญ, 2544)

เมื่อพืชขาดธาตุโพแทสเซียม อาการขาดเกิดที่ใบแก่ โดยอาการแรกที่พบ คือ บริเวณปลายใบระหว่างเส้นใบมีสีเหลือง (chlorosis) ใบแห้งตายเป็นจุดๆ บริเวณขอบและปลายใบหรือใบอาจม้วนงอ หลังจากนั้นจะแพร่กระจายไปทั่วลำต้น (สมบุญ, 2544) ใบใหม่มีสีเข้มกว่าปกติ ต้นพืชแคระแกร็นเป็นโรคง่าย ใบเล็ก ก้านใบสั้น ต้นผอม ผลจะอ่อนและมีอายุสั้น

เมื่อพืชได้รับธาตุโพแทสเซียมมากเกินไป อาการเป็นพิษมักไม่ค่อยพบ เนื่องจากพืชไม่ดูดโพแทสเซียมจนเกินความจำเป็น ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่มีมากเกินไป มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารตัวอื่น เช่น แมกนีเซียม แมงกานีส สังกะสี และเหล็ก ทำให้เกิดอาการขาดธาตุเหล่านี้ได้ (โสระยา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธาตุรอง (secondary nutrient elements)

กำมะถัน (S)

พืชชั้นสูงสามารถใช้ประโยชน์จากกำมะถันได้จากบรรยากาศในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และเปลี่ยนเป็นซัลเฟต แต่ส่วนใหญ่แล้วจะดูดซับจากดิน ในรูปของซัลเฟต (SO_4^-) ปริมาณกำมะถันทั้งหมดในเนื้อเยื่อพืช มีประมาณ 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชได้รับซัลเฟตจะเปลี่ยนเป็นซัลไฟล์ ก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของสารสำคัญหลายชนิด (โสระยา, 2544) พืชใช้กำมะถันในการสร้างโปรตีนจากกรดอะมิโน 3 ชนิด ที่มีธาตุกำมะถันเป็นส่วนประกอบ คือ cystine cysteine และ methionine พบว่า 7.2 เปอร์เซนต์ของธาตุกำมะถันที่พบในพืช อยู่ในกรด cystine ธาตุกำมะถันช่วยพืชตระกูลถั่วให้สร้างปมขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ เป็นส่วนสำคัญของโคเอนไซม์เอ (coenzyme A) วิตามิน ไทอามีน (thiamine) และไบโอติน (biotin) (นพดล, 2550)

เมื่อพืชขาดธาตุกำมะถัน กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนถูกยับยั้ง มีลักษณะใบสีอ่อนจางลงจนถึงสีเหลืองหรือคลอโรซิส โดยเกิดที่ใบอ่อนก่อน ต่อมาพืชจะสร้างแอนโทไซยานิน ก้านใบยังเขียวอยู่ เกิดการสะสมสารพวกสารละลายไนโตรเจน กรดอะมิโน glutamine arginine ยูเรีย และแอมโมเนียสูง เนื่องจากกระบวนการสร้างโปรตีนถูกขัดขวาง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ เพราะการสังเคราะห์แสงลดลง (สมบุญ, 2544) ขนาดของใบเล็กลง ยอดชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นผอมลีบเล็ก การเจริญเติบโตช้าลงเนื่องจากขาดโปรตีน (มุกดา, 2544)

เมื่อพืชได้รับธาตุกำมะถันมากเกินไป ส่วนใหญ่พืชมักทนทานต่อความเป็นพิษของกำมะถัน โดยพืชจะไม่แสดงอาการจนกระทั่งในสารละลายหรือบริเวณรากได้รับกำมะถันที่ระดับความเข้มข้นเกิน 600 ppm โดยพืชจะแสดงอาการใบเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำเงิน ขนาดใบเล็กลงและลำต้นแข็ง ต่อมาใบม้วนเข้าด้านใน หากพืชขาดกำมะถัน จะแสดงอาการต้นแคระแกร็นและพืชทั้งต้นเหลือง ใบแก่หนากว่าใบอ่อน พืชที่ได้รับกำมะถันมากเกินไปจะแสดงอาการเป็นพิษ เช่น อาการขอบใบเหลืองในส้ม (โสระยา, 2544) พืชหลายชนิดมีการเจริญลดลงอย่างเห็นได้ชัด เช่น มะเขือเทศ ฝ้าย ข้าวฟ่าง ถั่วต่างๆ แครอท ผลผลิตอาจลดลงได้ตั้งแต่ 40-80 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่ความรุนแรง (มุกดา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แคลเซียม (Ca)

พืชดูดไปใช้ในรูปไดวาเลนต์แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) (สมบุญ, 2544) แคลเซียมในพืชมีปริมาณมากรองจากโพแทสเซียม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับโพแทสเซียม ในพืชทุกชนิดมีแคลเซียมน้อยมาก (มุกดา, 2544) ปริมาณแคลเซียมในพืชมีประมาณ 0.1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง

(ยงยุทธ, 2543) ส่วนใหญ่พบแคลเซียมในส่วนของอะโพพลาสต์ (apoplast) ส่วนซิมพลาสต์ (symplast) จะพบในอวัยวะต่างๆ เช่น แวคิวโอล หรือเกาะกับโปรตีน โดยทั่วไปพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีปริมาณแคลเซียมที่น้อยกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ มีการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหญ้าไรย์กับมะเขือเทศ พบว่า หญ้าไรย์มีความเข้มข้นของแคลเซียม 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง ในขณะที่มะเขือเทศมี 12.9 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง (Allen and Pilbeam, 2007) แสดงให้เห็นว่าความต้องการธาตุนี้ในหญ้าไรย์น้อยกว่ามะเขือเทศ พืชใบเลี้ยงคู่จึงมีความต้องการแคลเซียมสูงกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ยงยุทธ, 2543) แคลเซียมมีความสำคัญต่อพืชตระกูลถั่วมาก มีผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณของถั่วอย่างชัดเจน ในพืชตระกูลถั่วมีแคลเซียมมากกว่าพืชตระกูลหญ้า โดยหญ้ามีแคลเซียมประมาณ 0.35 เปอร์เซ็นต์ และถั่วบางชนิดมีแคลเซียมประมาณ 1.37 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมในพืชส่วนใหญ่มีมากที่ใบและลำต้น ส่วนในเมล็ดจะมีน้อยกว่า ในตอซังธัญพืชมีแคลเซียมถึง 0.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดมีเฉลี่ย 0.09 เปอร์เซ็นต์ (มุกดา, 2544) ปัจจัยที่มีผลในการกำหนดความเข้มข้นที่เหมาะสมของแคลเซียมในสารละลายปลูกพืช เช่น ความเข้มข้นของธาตุอื่นๆ เนื่องจากมีหลายธาตุสามารถเข้าแทนที่แคลเซียมตรงจุดที่ธาตุนี้เกาะกับผิวนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ในกรณีที่ธาตุอื่นในสารละลายสูงมาก จำเป็นต้องเพิ่มแคลเซียมเพื่อปกป้องพืชไม่ให้เป็นอันตราย เนื่องจากธาตุเหล่านั้น (Marschner, 1995) ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งยงยุทธ (2535) ได้แสดงค่าความเข้มข้นวิกฤติของแคลเซียมในพืชต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นวิกฤติของแคลเซียมในพืชต่างๆ

ชนิดพืช	ส่วนที่วิเคราะห์	เปอร์เซ็นต์ Ca
ข้าว	ทั้งต้น ระยะแตกกอสูงสุด	0.20
ข้าวบาร์เล่ย์	ทั้งต้น ระยะแตกกอสูงสุด	0.03
ข้าวสาลี	ทั้งต้น ระยะแตกกอสูงสุด	0.35
ข้าวโพด	ใบใต้ฝัก ระยะออกไหม	0.20
ข้าวฟ่าง	ใบที่ 3 หลังปลูก 30 วัน	0.15
อ้อย	ใบที่ 3 หลังปลูก 5-7 วัน	0.15-0.20
ถั่วเหลือง	ใบที่ 3-4 เมื่อเริ่มออกดอก	0.35
ถั่วลิสง	ใบที่เจริญเต็มที่ ระยะลงเข็ม	1.20
กล้วย	ใบที่ 3 เฉพาะส่วนกลางของใบ	0.50
ส้ม	อายุ 5-7 เดือน	3.00
ปาล์มน้ำมัน	ใบที่ 17 เฉพาะส่วนกลางของใบย่อย	0.60
สตอเบอรี่	ใบเจริญเต็มที่	0.30
องุ่น	ก้านใบที่อยู่ตรงกันข้ามช่อดอก	1.20
เสาวรส	ใบที่เจริญเต็มที่	0.50
สับปะรด	ใบที่เจริญเต็มที่ ก่อนออกดอก	0.22

บทบาทของแคลเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

แคลเซียมมีหน้าที่หลากหลายภายในพืชชั้นสูง ดังนี้ (มุกดา, 2544)

1. องค์ประกอบของเซลล์ แคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างผนังเซลล์ เนื่องจากในผนังเซลล์พืชต้องมีการเกี่ยวโยง และเชื่อมประสานระหว่างแคลเซียมกับสารเพกติน (pectin) กลายเป็นแคลเซียมเพกเตต (มุกดา, 2544) ธาตุนี้มีอยู่มากในผนังเซลล์ เนื่องจากในผนังเซลล์มีบริเวณที่เหมาะแก่การเกาะยึดแคลเซียมมาก จึงจำกัดการเคลื่อนย้าย Ca^{2+} ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในเซลล์ พบธาตุนี้มากในมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ซึ่งเป็นชั้นบางๆ ของผนังเซลล์ปฐมภูมิ อยู่กึ่งกลางระหว่างผนังเซลล์ของเซลล์ที่ติดกัน แคลเซียมเพกเทตในมิดเดิลลาเมลลามีบทบาทสำคัญที่ทำให้ผนังเซลล์ เนื้อเยื่อและต้นพืชแข็งแรง ปกติพืชเจริญได้ดีเมื่อผนังเซลล์มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง ขณะเดียวกันก็มีแคลเซียมปริมาณมากพอในเนื้อเยื่อพืชด้วย ธาตุนี้จึงช่วยป้องกันการย่อยสลายของมิลเดิลลาเมลลาได้ ดังนั้นถ้าพืชได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนยอดและปลายรากของพืชจะไม่เจริญ ในส่วนปลายรากที่กำลังเจริญพบแคลเซียมอยู่ปริมาณมาก นอกจากนี้แคลเซียมยังทำให้พืชมีลำต้นแข็งแรง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของโครงสร้างพืชและปริมาณแคลเซียมเพกเตตที่ผนังเซลล์เป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความต้านทานของพืชที่มีต่อการทำลายจากโรคและแมลงศัตรูพืช และช่วยยืดเวลาการสุกของผลได้ (ยงยุทธ, 2543) เมื่อผลสุกมีการสูญเสียแคลเซียมมาก (Allen and Pilbeam, 2007) เนื่องจากมีการปลดปล่อยแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ออกจากเพกติน ทำให้เพกตินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ จากการทดลองในมะเขือเทศ ถึงการลดค่า pH ใน apoplast พบว่า ไม่ได้ลดความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนลง และความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนยังคงสูงเพียงพอต่อการจำกัดเพกตินในรูปที่ละลายน้ำได้ และแคลเซียมยังสามารถยับยั้งการเสื่อมสลายของเพกเตตในผนังเซลล์ โดยไปยับยั้งการสร้าง polygalacturonases ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารเพกเตต และเมื่อศึกษาการขาดแคลเซียมในมันฝรั่ง พบว่า กิจกรรมของ polygalacturonases เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับพืชปกติ (Allen and Pilbeam, 2007) กิจกรรมของเอนไซม์จะถูกยับยั้ง เมื่อแคลเซียมมีความเข้มข้นสูง (ยงยุทธ, 2543)

2. ลดความเป็นพิษของสารบางอย่าง แคลเซียมสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ต่างๆ ในพืช เช่น กรดออกซาลิก เป็นต้น กรดชนิดนี้ถ้ามีมากอาจเป็นพิษต่อพืช โดยทำให้กรดนี้เปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกซาเลต ตกตะกอนละลายน้ำได้ยาก (มุกดา, 2544) สำหรับพืชมีดอกมักสะสมแคลเซียมออกซาเลตในแวคิวโอลของเซลล์ใบ แต่บางพืชมีความสามารถในการยึดเหนี่ยวธาตุนี้ในรูปสารเพกเตตได้น้อย จึงต้องตกตะกอนรูปแคลเซียมออกซาเลตแล้วเก็บไว้ในผนังเซลล์หรือช่องระหว่างเซลล์ (ยงยุทธ, 2543) นอกจากนี้ยังช่วยทำลายความเป็นพิษของทองแดงในพืช เมื่อพืชดูดทองแดงเข้าไปในต้นมากเกินไป หรือช่วยลดการดูดโบรอนของพืช กรณีที่ได้รับมากเกินไปจนอาจเป็นพิษ พืชต้องการแคลเซียมในปริมาณน้อยแต่การที่พืชใช้มาก เนื่องจากนำไปใช้ในการทำลายพิษจากสารอื่นมากกว่าการนำไปใช้โดยตรง เช่น ยาสูบและข้าวโพด สามารถเจริญได้ปกติ ในดินที่มีแคลเซียมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ทั้งนี้ดินต้องมีปริมาณของแมกนีเซียม ทองแดง และเหล็กต่ำ (มุกดา, 2544)

3. ต้านฤทธิ์ของสารออกซิน แคลเซียมสามารถต่อต้านฤทธิ์ของสารออกซินได้ โดยยับยั้งกระบวนการแบ่งเซลล์ (cell division) และการยืดยาวของเซลล์ (cell elongation) (Allen and Pilbeam, 2007) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของออกซิน การคลายตัวของ cellulose microfibrils ในผนังเซลล์ เป็นการควบคุมโดยออกซิน ให้ปลดปล่อยโปรตอนเข้าไปยังผนังเซลล์ ซึ่งแคลเซียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวข้องกับกระบวนการเหล่านี้ด้วย โดยต้านทานไม่ให้มีการเร่งการขยายตัวของเซลล์ให้ยาวออกมากเกินไป ทำให้พืชมีรูปร่างหรือมีลักษณะผิดปกติ ผิดสัดส่วนไป

4. ลดการดูดโพแทสเซียม การใส่แคลเซียมแก่ดิน ช่วยเพิ่มสัดส่วนระหว่างแคลเซียมและโพแทสเซียมในดิน เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวทำให้พืชลดการดูดใช้โพแทสเซียมจากดินที่มีโพแทสเซียมมาก กรณีนี้มีประโยชน์ในการช่วยลดการดูดใช้โพแทสเซียมเข้าไปสะสมในปริมาณที่มากเกินพอ ดังนั้นการใส่แคลเซียมมากเกินไป พืชอาจแสดงอาการขาดโพแทสเซียมได้ทั้งๆ ที่ในสารละลายดินมีปริมาณโพแทสเซียมเพียงพอ

5. ช่วยเคลื่อนย้ายและรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ในระยะที่พืชกำลังสร้างเมล็ด แคลเซียมมีความสำคัญในการเคลื่อนย้าย สะสมคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และมีบทบาทต่อการสร้างโปรตีน โดยแคลเซียมส่งเสริมหรือสนับสนุนช่วยให้พืชสามารถดูดไนโตรเจนได้มากขึ้น

6. ส่งเสริมการเกิดปมรากถั่ว แคลเซียมเพกเตตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของปมรากถั่ว ดังนั้นพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในดินที่มีแคลเซียมพอเพียง จะมีปมที่สมบูรณ์มากกว่าดินที่มีแคลเซียมน้อย

7. มีบทบาทช่วยให้ละอองเกสรงอกและ pollen tube ที่งอกแล้วยืดตัวได้ดี บทบาทในการเหนี่ยวนำให้ pollen tube ยืดตัวไปตามทิศทางการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม ในขณะที่หลอดเรณูยืดตัวออกไปจะมีการหลั่งสารที่ใช้สร้างผนังเซลล์จากไซโทซอลออกมาสู่อะโพพลาสต์ของปลายหลอดเรณูตลอดเวลา (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะซึ่งไม่อาจทดแทนได้ด้วยธาตุอื่นเกิดขึ้นได้เมื่อมีแคลเซียมในสารตั้งต้น (substrate) อย่างไรก็ตาม ในการตอบสนองนี้เกิดได้ดีในกรณีต้องมีโบรอนที่เพียงพอ

8. มีบทบาทที่สำคัญในการงอกของเมล็ด เนื่องจากเอนไซม์ของพืชหลายชนิดต้องการแคลเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ โดยแคลเซียมความเข้มข้นต่ำ สามารถปลุกฤทธิ์เอนไซม์ เช่น โปรตีนคิเนส (protein kinase) และแอลฟา-อะไมเลส (α- amylase) (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งเอนไซม์นี้มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งจากแหล่งสะสมไปยังส่วนอื่นๆ ของพืช และช่วยในการย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลที่เล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอกของเมล็ด (Hanson, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. มีบทบาทที่สำคัญต่อเอนไซม์ แคลเซียมไม่ได้ไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเหมือนกับ โพแทสเซียมไอออน (K^+) และแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) แต่ทำให้เกิดสมดุลระหว่างไอออนในเซลล์ โดยเกิดขึ้นในส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ แคลเซียมสามารถเกาะกับโปรตีนของ calmodurin กลายเป็น Ca^{2+}- calmodurin complex กระตุ้นให้เกิดการทำงานของเอนไซม์ ATPases ขับแคลเซียมออกจากไซโตพลาสซึมไปสู่แวคิวโอล เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และไมโตคอนเดรียต่อไป กระบวนการนี้จะช่วยป้องกันการแก่งแย่งแข่งขันของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) กับแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ซึ่งวิธีการนี้ทำให้การทำงานของเอนไซม์บางชนิดมีกิจกรรมลดลง การป้องกันแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมหรือคลอโรฟิลล์ เช่น phosphoenol pyruvate (PEP) carboxylase มีการป้องกันการตกตะกอนระหว่างแคลเซียมกับกลุ่มอนินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งแคลเซียมสามารถปลดปล่อยออกมาจากส่วนที่เก็บไว้ เช่น จากแวคิวโอลไปสู่ไซโตพลาสซึมได้อย่างรวดเร็ว และแคลเซียมที่เกาะกับโปรตีนของ calmodurin กระตุ้นให้เกิดการทำงานของเอนไซม์ ATPases ขับแคลเซียมออกจากไซโตพลาสซึมอีกครั้ง ในกรณีที่แคลเซียมในไซโตพลาสซึมเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีแคลเซียมในไซโตพลาสซึมเพิ่มขึ้นจะมีการส่งสัญญาณไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ทำให้พืชมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ได้แก่ เมื่ออยู่ในสภาวะแห้งแล้ง มีสารละลายเกลือมาก เย็นจัด ความเครียดจากเครื่องจักรกล โอโซนและแสงสีน้ำเงิน แสงแดด และความเครียดอื่นๆ (Allen and Pilbeam, 2007)

10. สมดุลของไอออนบวก-ไอออนลบ (cation-anion balance) และการควบคุมด้านออสโมซิส (osmoregulation) แคลเซียมในใบพืชส่วนใหญ่อยู่ในแวคิวโอล และทำหน้าที่รักษาสมดุลยภาพของไอออนบวกและไอออนลบ ทั้งประเภทอนินทรีย์และอินทรีย์ สำหรับพืชที่ชอบสังเคราะห์ออกซาเลต เมื่อมีการรีดิวซ์ไนเตรตก็สะสมแคลเซียมออกซาเลตไว้ในแวคิวโอลเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อรักษาความเข้มข้นของแคลเซียมอิสระในไซโทซอลให้ต่ำอยู่เสมอ แคลเซียมมีบทบาทในการควบคุมด้านออสโมซิส โดยทางอ้อมในการปิดและเปิดปากใบ ใบหุบตอนกลางคืน (nyctinastic movement) และใบสะดุ้ง (seismonastic movement) ทั้งสามอย่างนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุมความแต่งของเซลล์ โดยพืชจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแคลเซียมในไซโทซอลก่อนให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้ปากใบปิด (ยงยุทธ, 2543)

เมื่อพืชขาดธาตุแคลเซียม อาการขาดมักเกิดที่จุดเจริญ ได้แก่ ใบอ่อน ตา หรือบริเวณใกล้ๆ กับยอดอ่อนหรือปลายรากที่กำลังเจริญ โดยยอด และดอกของพืชจะลีบเล็ก และหงิกงอ ใบอ่อนแตกใหม่แสดงอาการใบเหลือง บิดเบี้ยว ขอบใบทั้งสองด้านม้วนเข้าหากัน ส่วนปลายใบม้วนไปด้านหลังใบ ขอบใบขาดเป็นริ้วและหยัก ไม่เรียบ ต่อมาขอบใบแห้งขาว หรือมีสีน้ำตาล หรือเป็นจุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีน้ำตาลตามขอบใบ ต่อไปยอดอ่อนจะตาย ระบบรากไม่เจริญ รากสั้น มีเส้นใยน้อย ปลายรากม้วนงอโค้งกลับเข้าหายังลำต้นและมีลักษณะเหนียวคล้ายวุ้น พืชแตกเป็นพุ่มมาก โครงสร้างลำต้นอ่อนแอ ผลอาจมีผิวแตก อาการผลแตกมักพบได้ในผลไม้หลายชนิด ในสภาวะอากาศชื้น ฝนตก เนื่องจากขาดแคลเซียมผนังเซลล์ไม่แข็งแรง ผลจึงแตกได้ง่าย การฉีดพ่นทางใบช่วยแก้ปัญหาได้ (มุกดา, 2544)

เมื่อพืชได้รับธาตุแคลเซียมมากเกินไป โดยทั่วไปมักไม่พบอาการเป็นพิษเนื่องจากแคลเซียม ถ้าปริมาณของแคลเซียมมากเกินไปมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารตัวอื่น ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น เช่น ฟอสเฟต โพแทสเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และโบรอน (โสระยา, 2544; มุกดา, 2544)

แมกนีเซียม (Mg)

พืชดูดแมกนีเซียมในรูปไดวาเลนต์แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) พืชปกติมีแมกนีเซียมอยู่ในช่วง 0.15-0.35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (ยงยุทธ, 2543) แมกนีเซียมพบในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชเป็นส่วนใหญ่ และยังพบได้ในเมล็ดหรือส่วนที่สะสมอาหาร ปริมาณแมกนีเซียมในพืชที่มีอายุต่างกันมีความแตกต่างกันมาก (มุกดา, 2544) โดยปกติใบพืชแบ่งสัดส่วนการใช้แมกนีเซียมที่มีอยู่ ดังนี้ 6-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ 5-10 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของสารเพกเตต (pectate) ในผนังเซลล์ และตกตะกอนเป็นเกลือที่ละลายยากในแวคิวโอล ที่เหลือประมาณ 60-90 เปอร์เซ็นต์ ละลายน้ำง่ายจึงสกัดได้ด้วยน้ำ หากแมกนีเซียมในใบเกินกว่า 20-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ พืชจะชะงักการเจริญเติบโต และแสดงอาการขาดแมกนีเซียม (Scott and Robson, 1990 b) ในใบของมะนาวที่เติบโตเต็มที่ มีแมกนีเซียม 0.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในใบข้าวโพดอยู่ระหว่าง 0.13-0.18 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใบของพืชมีประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Allen and Pilbeam, 2007) เนื่องจากแมกนีเซียมเคลื่อนที่ได้ดีในพืช พวกธัญพืชจึงมีแมกนีเซียมอยู่ในเมล็ดมากกว่าที่ใบหรือลำต้น ซึ่งตรงกันข้ามกับปริมาณของแคลเซียม เมล็ดพืชที่ให้น้ำมันจึงมีแมกนีเซียมอยู่มาก โดยทั่วไปพบว่า ผลหรือเมล็ด มีแมกนีเซียมอยู่ในรูปของแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 0.2-5 เปอร์เซ็นต์ ในฟางหรือใบ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ในราก 0.4-2 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนอื่นๆ ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ พืชพวกตระกูลหญ้า มีแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ พืชพวกตระกูลถั่ว 0.6-0.8 เปอร์เซ็นต์ และพวกผักต่างๆ 0.2-0.8 เปอร์เซ็นต์ ในพืชพวกยาสูบมีความต้องการแมกนีเซียมมาก ในพืชทั่วไปหากในใบมีมากกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ จะไม่แสดงอาการขาด (มุกดา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของแมกนีเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

แมกนีเซียมมีบทบาททางสรีรวิทยาเป็นส่วนใหญ่ และเป็นส่วนประกอบในโมเลกุลต่างๆ ของพืช ดังนี้ (มุกดา, 2544)

1. เป็นส่วนประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ บทบาทสำคัญของแมกนีเซียมคือ เป็นอะตอมที่อยู่กึ่งกลางของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2543) จากการศึกษาพบว่า 15–30 เปอร์เซ็นต์ของแมกนีเซียมทั้งหมดในพืช ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบโมเลกุลคลอโรฟิลล์ (Allen and Pilbeam, 2007) โดยคลอโรฟิลล์มีแมกนีเซียมอยู่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกๆโมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะประกอบไปด้วยแมกนีเซียม 10 อะตอม โดยอยู่กึ่งกลางของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ทำให้พืชเกิดสีเขียว สังเคราะห์ได้ตามปกติ ในพืชตระกูลส้มการขาดแมกนีเซียมจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์โดยรวมในใบลดลง (Allen and Pilbeam, 2007)

2. ทำหน้าที่ช่วยเร่งหรือเพิ่มฤทธิ์ของเอนไซม์และทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ กว่า 70-85 เปอร์เซ็นต์ ของแมกนีเซียมในพืชเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้ดีขึ้น มีเอนไซม์มากมายหลายชนิดที่ใช้แมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ เอนไซม์เหล่านั้นส่วนมากมีบทบาทในการถ่ายโอนฟอสเฟตหรือหมู่คาร์บอกซิล (ยงยุทธ, 2543) และควบคุมช่องเปิด (channel) ในเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นตัวรับโปรตีน ทำให้โครงสร้างโปรตีนมั่นคง และช่วยในการสร้างสาย DNA และ RNA การทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของแมกนีเซียม ทำให้เอนไซม์ที่มีบทบาทในการถ่ายโอนฟอสเฟตจาก ATP ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นตัวนำพาฟอสเฟตในพืช คือ เป็นตัวร่วมทำให้เกิดปฏิกิริยา phosphorylation, dephosphorylation และ hydrolysis สารประกอบต่างๆ ในพืช (Allen and Pilbeam, 2007) นอกจากนี้แมกนีเซียมยังช่วยปรับให้เอนไซม์ RuDP carboxylase มีกิจกรรมได้ดีในช่วง PH ต่ำกว่า 8 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมต่อกระบวนการทางสรีระทั่วไป และแมกนีเซียมยังเป็นตัวเร่งเอนไซม์ที่เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต กรดซิตริก ได้แก่ hexokinase, phosphofructokinase, phosphoglyceromutase, enolase และ pyruvate kinase เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีความสำคัญในการหายใจของเซลล์ การสังเคราะห์แสง และเอนไซม์ phosphohydrolase, phosphotransferase และ ATPase (ยงยุทธ, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. มีส่วนในการสังเคราะห์โปรตีน โดยแมกนีเซียมเป็นธาตุที่ช่วยเชื่อมหน่วยย่อยของไรโบโซมให้เกาะกลุ่มกัน ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของการสังเคราะห์โปรตีน หากพืชขาดแมกนีเซียมหรือมีโพแทสเซียมมากเกินไปหน่วยย่อยของไรโบโซมก็กระจัดกระจายทำให้การสังเคราะห์โปรตีนหยุด (ยงยุทธ, 2543) และ RNA polymerase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการสร้าง RNA ในนิวเคลียส ต้องการแมกนีเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ (มุกดา, 2544) ดังนั้นเมื่อพืชขาดแมกนีเซียมการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอจึงหยุด และจะเริ่มต้นใหม่เมื่อได้รับธาตุอาหารนี้อย่างเพียงพอ (ยงยุทธ, 2543) และแมกนีเซียมยังมีส่วนร่วมในการสร้างสารประกอบฟอสโฟไรเลต (phosphorhylate) เลซิทีน (lecithin) และนิวคลีโอโปรตีน นอกจากนี้แมกนีเซียมยังช่วยทำให้โครงสร้างของนิวคลีโอไทด์มั่นคงอีกด้วย (Allen and Pilbeam, 2007) แมกนีเซียมเป็นสะพานเชื่อมสายดีเอ็นเอ และทำให้โปรตีนกรด (acid protein) ในเมทริกซ์ของนิวเคลียสเป็นกลาง (Marcus, 1976)

4. มีส่วนในการจัดแบ่งส่วนคาร์โบไฮเดรต จากแหล่งที่สร้างและส่วนที่รับ ทำให้มีการสะสมแป้งและน้ำตาลในตำแหน่งที่เหมาะสม (มุกดา, 2544) ใบแก่ซึ่งเป็นแหล่งจ่าย (source leaves) ของพืชที่ขาดแมกนีเซียม มักสะสมแป้งและน้ำตาล ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้เป็นโครงสร้าง (nonstructural carbohydrates) ทำให้ใบพืชเหล่านี้มีน้ำหนักแห้งสูง แสดงว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงได้รับผลกระทบไม่รุนแรงเท่าการสลายตัวของแป้งในคลอโรพลาสต์และเมแทบอลิซึมของน้ำตาลในเซลล์หรือการเคลื่อนย้ายน้ำตาลเข้าสู่โฟลเอ็ม (phloem loading) (ยงยุทธ, 2543) การสะสมคาร์โบไฮเดรตในใบถั่วที่ขาดแมกนีเซียมย่อมทำให้ที่รับ (sink) คือ ฝักอ่อนและรากได้รับคาร์โบไฮเดรตน้อยลง เมื่อได้รากได้รับอาหารไปหล่อเลี้ยงน้อยย่อมชะงักการเจริญเติบโตเป็นเหตุให้อัตราส่วนของส่วนเหนือดินกับราก (shoot root ratio) สูงขึ้น (Scott and Robson, 1990 a)

5. แมกนีเซียมในแวคิวโอล จะเป็นไอออนบวกที่ทำหน้าที่ประกบคู่กับไอออนลบของกรดอินทรีย์ และอนินทรีย์ จึงทำให้เกิดสมดุลระหว่างไอออน (มุกดา, 2544)

6. บทบาทที่มีต่อค่าศักย์ของน้ำ จากการศึกษาปลูกมะเขือเทศในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยเพิ่มปุ๋ยแมกนีเซียมจาก 0.5-10 มิลลิโมล พบว่า เพิ่มค่า leaf stomatal conductance (Gs) และ turgor potential (Ψp) ในขณะที่ทำให้ค่า osmotic potential (Ψ_π) ลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่า leaf water potential (Ψw) นอกจากนี้ยังมีงานที่ศึกษาค่า leaf water potential ที่มีค่าต่ำ ในทานตะวัน พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสโตรมา (stroma) ทำให้ปริมาณน้ำในสโตรมาลดลง จนต้องสูญเสียน้ำออกไปจากเซลล์ (Allen and Pilbeam, 2007)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพืชขาดธาตุแมกนีเซียม จึงมักแสดงออกบริเวณใบแก่ หรือส่วนของพืชที่มีอายุมากกว่าก่อนเพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนได้ดีในต้นพืช โดยถูกนำไปให้ส่วนที่กำลังเจริญเติบโตและมีความต้องการใช้สูง โดยพืชจะเกิดอาการเหลืองบริเวณเนื้อใบระหว่างเส้นใบ ที่เรียกว่า interveinal chlorosis ต่อไปจะกลายเป็นสีขาวและสีน้ำตาล อาจมีจุดขาวกระจายทั่วไป และใบกรอบ หักง่าย เนื่องจากแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ และการที่แมกนีเซียมมีบทบาทในการสร้างโปรตีน ดังนั้นเมื่อพืชขาดแมกนีเซียม ใบพืชจะมีขนาดลดลง การทำหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ลดลงและทำให้เกิดสภาวะกระตุ้น การสลายตัวของโปรตีนในใบแก่และการเคลื่อนย้ายสิ่งที่ได้จากการสลายตัวไปเลี้ยงต้นอ่อน (ยงยุทธ, 2543) เกิดการสร้างแอนโทไซยานินที่ใบทำให้เห็นใบเป็นจุดสีต่างๆ เช่น ม่วง และแดง เป็นต้น และเกิดอาการใบเหลือง ใบแห้งไหม้ตายเป็นจุดๆ กระจายทั่วไปและ ปลายใบม้วนงอ (สมบุญ, 2544) อาการขาดแมกนีเซียมอาจจะเกี่ยวข้องกับการเป็นปรปักษ์ (antagonism) ระหว่างแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) กับไอออนบวกอื่นๆ เช่น H^+, NH_4^+, Ca^{2+}, K^+, Al^{3+} หรือ Na^+ ลำดับการแข่งขันกับแมกนีเซียมไอออนในการดูดใช้เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ $K > NH_4^+ > Ca^{2+} > Na^+$ (Allen and Pilbeam, 2007) โดยธรรมชาติของไอออนบวกชนิดอื่นๆ ที่ถูกยึดร่วมกับแมกนีเซียมไอออน พบว่า การเพิ่มระดับของปุ๋ยแมกนีเซียมมีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมของทานตะวันเพียงเล็กน้อย ส่วนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมระดับสูงมีผลให้การดูดแมกนีเซียมในพืชลดลง รวมทั้งดินที่มีไนโตรเจนมากพืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ก็มีผลให้พืชขาดแคลนแมกนีเซียมได้ อัตราส่วนระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมที่สูง ก็มีแนวโน้มทำให้พืชแสดงอาการขาดได้เช่นกัน (อำนวยศิลป์ และคณะ, 2534) อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่สูง สามารถทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ แมกนีเซียมจะแก่งแย่งแข่งขัน โดยยั้บยั้งการดูดใช้ธาตุตัวอื่น รวมทั้งแคลเซียม โพแทสเซียมและธาตุเหล็ก ดังนั้นอาการที่เกิดจากการมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในพืชมากเกินไป จะแสดงอาการใกล้เคียงกับอาการขาดธาตุแคลเซียมหรือโพแทสเซียม (Allen and Pilbeam, 2007)

เมื่อพืชได้รับธาตุแมกนีเซียมมากเกินไป โดยปกติอาการที่แสดงความเป็นพิษมากเกินไปไม่ค่อยปรากฏให้เห็น ส่วนใหญ่ที่พบมักเป็นอาการที่เกิดจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารมากกว่า เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียม เนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (มุกดา, 2544) ปริมาณแมกนีเซียมในดินและโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์กันด้านการแก่งแย่งการดูดธาตุอาหารของพืช (antagonistic effect) พบว่า ในดินที่มีแมกนีเซียมมาก มีผลทำให้พืชเกิดการขาดโพแทสเซียม และในดินที่มีโพแทสเซียมมาก การดูดแมกนีเซียมของพืชจะลดลง ทำให้พืชขาดแมกนีเซียมได้ (สมบุญ, 2544) การที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แมกนีเซียมมากเกินไป เกิดการยั้บยั้งการดูดไอออนที่มีประจุบวกตัวอื่น ทำให้เกิดอาการขาดธาตุอื่นๆได้ (โสระยา, 2544)

ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของกล้วยไม้

เมื่อปริมาณของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชต่ำจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง เมื่อเพิ่มธาตุอาหาร เข้าไปจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับวิกฤต พืชจะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ลดลง เนื่องจากเกิดความเป็นพิษจากธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นมากเกินไป ปริมาณธาตุอาหารในพืชที่ต่างชนิดกัน หรือพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างอวัยวะ ก็จะมีค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อที่ต่างกัน จากการศึกษาในกล้วยไม้สกุลคัทลียา ซิมบิเดียม ฟาแลนนอปซิส และอะแรนดาที่ได้รับธาตุอาหารอย่างเหมาะสม พบว่า มีความแตกต่างของธาตุอาหารในส่วนของใบและราก ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของกล้วยไม้บางชนิด

ส่วนของพืช	กล้วยไม้	มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
ใบ	คัทลียา	18.0	2.0	42.0	13.0	5.0	0.066	0.079	0.028	0.010	0.041
	ซิมบิเดียม	23.0	3.0	29.0	10.0	3.0	0.133	0.054	0.046	0.012	0.048
	ฟาแลนนอปซิส	20.0	3.0	71.0	30.0	5.0	0.097	0.210	0.023	0.005	0.047
	อะแรนดา	9.0	2.0	10.0	24.0	3.0	0.110	0.102	0.350	0.063	0.034
ราก	คัทลียา	20.0	3.0	22.0	8.0	8.0	0.440	0.028	0.118	0.025	0.019
	ซิมบิเดียม	23.0	7.0	38.0	9.0	8.0	0.546	-	0.116	0.016	0.017
	ฟาแลนนอปซิส	39.0	3.0	4.0	8.0	2.0	0.430	0.014	0.285	0.161	0.012
	อะแรนดา	8.0	3.0	4.0	8.0	2.0	0.430	0.014	0.285	0.161	0.012

ดัดแปลงจาก Khaw & Chew (1980) and Poole & Sheehan (1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Poole and Sheehan (1974) รายงานว่า จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อจากส่วนต่างๆ ของกล้วยไม้สกุลคัทลียา และฟาแลนนอปซิส พบว่า ในกล้วยไม้สกุลคัทลียา มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมลดลง ส่วนฟอสฟอรัสและแคลเซียมอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ในขณะที่แมกนีเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออายุใบเพิ่มขึ้น สำหรับในกล้วยไม้สกุลฟาแลนนอปซิส ไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีปริมาณลดลง ในขณะที่แคลเซียม และแมกนีเซียมค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามอายุใบที่เพิ่มขึ้น

ผลของการขาดธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

กล้วยไม้มีความต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตเหมือนพืชอื่นๆ ทั้งมหัพภาค และจุลภาค อาการขาดธาตุอาหารอาจเกิดขึ้น เมื่อความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารอย่างครอบคลุมทั้งมหัพภาค และจุลภาค ทำให้เราสามารถรู้ระดับความเข้มข้นที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตในพืชได้ กล้วยไม้อาจต้องใช้ระยะเวลานานที่จะแสดงอาการขาดธาตุอาหาร เช่น กล้วยไม้สกุลวานิลลาแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจน เมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์ ในขณะที่อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ปรากฏเมื่อผ่านไป 3 เดือน สกุลคัทลียาแสดงอาการขาดเหล็ก หลังจากขาดธาตุเป็นเวลา 7 เดือน เป็นต้น (Hew and Yong, 2004) จากการทดลองปลูกเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวายและฟาแลนนอปซิส ในสารละลายที่ไม่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมพบว่า การเจริญเติบโตของใบหยุดชะงักก่อนที่พืชจะมีการแสดงอาการขาดธาตุอาหารตามมา และจากการวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชจากส่วนต่างๆ ของฟาแลนนอปซิสและอะแรนดาพบว่า ระดับธาตุอาหารในแต่ละส่วนมีความแตกต่างกัน โดยในใบจะมีระดับที่สูงกว่าในต้น ดอกและราก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกล้วยไม้สกุลต่างกัน พบว่า สกุลอะแรนดามีระดับของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมที่ต่ำกว่า สกุลคัทลียา ซิมบิเดียมและฟาแลนนอปซิส โดยความต้องการธาตุอาหารของอะแรนดาในช่วงที่ดอกบานเต็มที่ พบว่าต้องการไนโตรเจน 20.9 มิลลิกรัม, ฟอสฟอรัส 5.0 มิลลิกรัม, โพแทสเซียม 21.8 มิลลิกรัมและแมกนีเซียม 3.4 มิลลิกรัมต่อสัปดาห์ (Hew and Yong, 2004)

Dematte (2000) ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายคือ *Dendrobium nobile* Lindl. อายุ 3 ปี ในวัสดุปลูกที่ต่างกัน พบว่า กล้วยไม้ชนิดนี้มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของซัลเฟอร์ในวัสดุปลูกสูงถึง 1.6 กรัมต่อกิโลกรัม คอปเปอร์สูงถึง 46.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสีสูงถึง 147.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม และโบรอนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตลดลง โดยแคลเซียมสูงถึง 13.2 กรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมสูงถึง 6.6 กรัมต่อกิโลกรัม โบรอนสูงถึง 19.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโมลิบดินัมที่สูงถึง 5.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นสาเหตุให้ความหนาแน่นของใบลดลงและร่วงในเวลาต่อมา

การศึกษาการขาดธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม หรือธาตุเหล็ก ของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์วุนแลงสีขาวปากแดง และพันธุ์ชาแนลสีชมพู โดยปลูกกล้วยไม้ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า ความสูง จำนวนลำลูกกล้วย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำลูกกล้วย จำนวนใบต่อต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และความเข้มของสีใบ ในแต่ละพันธุ์ให้ผลแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์มากนัก จะส่งผลต่อการสะสมของธาตุอาหารมากกว่า และจากการวิเคราะห์ธาตุอาหาร พบว่า ในสภาพที่ขาดแคลเซียม มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมและไนโตรเจนสูง ในขณะที่สภาพขาดแมกนีเซียม ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียม และแคลเซียมสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ขจรพรรณ, 2546)

ระดับของธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

Poole and Seeley (1978) ศึกษาผลของระดับธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของกล้วยไม้ 3 สกุล ได้แก่ คัทลียา ซิมบิเดียมและฟาแลนนอปซิส โดยการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า แมกนีเซียมที่ระดับ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลฟาแลนนอปซิสและซิมบิเดียม โดยการให้แมกนีเซียมที่ระดับสูงกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขนาดของใบ และการเจริญเติบโตลดลง ในขณะที่แมกนีเซียมที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลคัทลียามากกว่าที่ระดับ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าแมกนีเซียมที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือสูงกว่านี้ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลงในกล้วยไม้ทั้ง 3 สกุลอีกด้วย

นอกจากนี้จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คุณภาพดอก และผลผลิตของแคลล่าลิลี่ โดยให้ความเข้มข้นของแคลเซียม 0, 50, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมที่สูงขึ้น ทำให้ความสูงเพิ่มขึ้น และแคลเซียมที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แคลล่าลิลี่มีความสูงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ให้แคลเซียม ซึ่งมีความสูงน้อยที่สุด ส่วนแคลเซียมที่ระดับ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลให้จำนวนใบ และจำนวนต้นต่อกอมากที่สุด ในขณะที่แคลเซียมที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีน้ำหนักสด และเส้นรอบวงหัวพันธุ์มากที่สุด (หทัยทิพย์, 2552)

นอกจากการศึกษาในกล้วยไม้แล้วยังมีการศึกษาในพืชอื่น คือ Choi (2005) ศึกษาอิทธิพลของแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารในการเจริญเติบโต และการดูดธาตุอาหารในลิลลี่ โดยให้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 0, 0.3, 4.5 และ 6 มิลลิกรัมโมล ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า การให้แคลเซียมที่ระดับ 3.0, 4.5 และ 6.0 มิลลิกรัมโมล ทำให้ความสูง และคุณภาพดอกของลิลลี่เพิ่มมากขึ้น แต่แคลเซียมในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ใช้ในการออกดอก ขนาดดอก ความยาวดอก จำนวนดอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีน โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่ประกอบด้วยแคลเซียม 2 ระดับ คือ 85 และ 127 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียม 3 ระดับ คือ 63, 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง แต่การให้ระดับแคลเซียมที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และสังกะสีในพืชลดลง ส่วนการเพิ่มขึ้นของแมกนีเซียม ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในพืชเพิ่มขึ้น (สุภกิจ, 2552)

Hao and Papadopoulos (2004) ทำการปลูกมะเขือเทศ โดยให้ธาตุแคลเซียมที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 150 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียมที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 20, 50 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแมกนีเซียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม เกิดคลอโรซิสที่ใบ เมื่อปลูกได้ 8 สัปดาห์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในส่วนกลางและส่วนล่างของใบเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้น กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลผลิตรวม และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลรวมของน้ำหนักน้ำหนักแห้ง และผลผลิตน้อยกว่าที่ได้รับจากแมกนีเซียม 50 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักรวมในส่วนผลเพิ่มขึ้น ในขณะที่ในใบลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแมกนีเซียม ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิต โดยจะพบอาการก้นเน่าของผล ในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่พบอาการนี้ในกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมที่ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เหมาะสมในการทดลองนี้ คือ 300 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ในขณะที่ Kanazirska and Vancheva (2003) ศึกษาอิทธิพลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศที่ให้ธาตุอาหารต่างกัน 5 ระดับ โดยเพิ่มระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมให้อยู่ในอัตราส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียม 1: 0.4 พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตรและแมกนีเซียม 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ระบบรากพืชมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ให้ผลผลิตก่อน และมีปริมาณผลผลิตรวมเพิ่มขึ้น

James (1999) ศึกษาอิทธิพลของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และการเจริญเติบโตของราสเบอรรี่ พันธุ์ Dormanred โดยให้สารละลายธาตุอาหารมหัพภาค 5 ธาตุ ดังกล่าว ในอัตราที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีควบคุม และ10 เท่าของกรรมวิธีควบคุม พบว่า การให้ธาตุไนโตรเจนที่ 10 เท่าของกรรมวิธีควบคุม มีความเข้มข้นของเหล็กสูง แต่ความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ ส่วนการให้ฟอสฟอรัสสูงจะเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คอปเปอร์ในใบให้สูงขึ้น แต่จะยั้บยั้งการดูดใช้ธาตุแคลเซียม และการให้ธาตุโพแทสเซียมจะไปยั้บยั้งการดูดใช้ธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม แต่เพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก และแคลเซียมในใบ ส่วนการให้แคลเซียมจะเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ แต่ลดการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียม และแมงกานีส ในขณะที่การให้ธาตุแมกนีเซียมจะเพิ่มความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบ แต่ลดความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมลง นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ให้ไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม จะแสดงอาการเป็นพิษ และอาการขาดธาตุอาหารอย่างชัดเจนด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved