# บทที่ 5

## วิจารณ์ผลการทดลอง

**การทดลองที่ 1 ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการดูแลต้นกล้าต่อการเจริญเติบโตและอายุการเก็บเกี่ยวของผักคะน้าจีน**

**การทดลองที่ 1.1 ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า**

จากผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหารในระยะต้นกล้าที่ได้รับสารละลายความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตรมีความสูงและจำนวนใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับธาตุอาหาร เช่นเดียวกับ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับ อรอนงค์ (2546) ได้ทำการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายสำหรับปลูกต้นกล้าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค ในวัสดุไร้ดิน โดยให้ระดับค่า EC ต่างกัน ได้แก่ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร พบว่า ในกรรมวิธีที่ได้รับค่า EC 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ให้ความสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนจำนวนใบต่อต้นพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับค่า EC 1.0 และ 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนใบ ไม่แตกต่างกัน ในการทดลองนี้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในระยะต้นกล้าพืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารน้อย ดังนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารจาก 0.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร เป็น 1.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร จึงไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าแตกต่างกัน แต่การไม่ได้รับธาตุอาหารเลยในกรรมวิธีที่ 1 มีผลยับยั้งการเจริญเติบโต เนื่องจากในช่วงที่เมล็ดงอก พืชใช้อาหารสะสมในเมล็ด โดยธาตุอาหารต่างๆ จะเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อไปทางโฟลเอมและไซเลมสู่ส่วนที่จะพัฒนาเป็นรากและยอดอ่อน ช่วยให้พืชเจริญได้โดยไม่ต้องพึ่งธาตุอาหารจากภายนอกได้ 2-3 วัน (ยงยุทธ, 2543) ต่อมาหลังจากอาหารสะสมภายในเมล็ดหมดลงและไม่ได้รับธาตุอาหารจากภายนอกจึงส่งผลให้ต้นกล้าของพืชขาดธาตุอาหารและแคระแกร็นในที่สุด

ในทุกกรรมวิธีที่ได้รับธาตุอาหาร พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในพืช ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณธาตุอาหารในพืชมากกว่ากรรมวิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ไม่ได้รับธาตุอาหารจากภายนอกเลย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระยะต้นกล้า ซึ่งพืชมีขนาดเล็ก อัตราการดูดใช้ธาตุอาหารจากสารละลายที่ปลูกเลี้ยงทำได้ไม่มากนัก พืชดูดธาตุอาหารจากกรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 ได้ปริมาณใกล้เคียงกัน จึงทำให้ธาตุอาหารรวมในพืชไม่แตกต่างกัน ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้รับธาตุอาหารในช่วงระยะต้นกล้า ต่อมาเมื่อปลูกเลี้ยงในสภาพเดียวกัน ปริมาณธาตุอาหารสะสมในพืชจึงน้อยกว่าอีกสามกรรมวิธีข้างต้น การที่พืชไม่ได้รับธาตุอาหารเลย ส่งผลให้ลำต้นและราก มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ เมื่อรากมีความผิดปกติแล้วก็อาจทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารเป็นไปได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเมื่อพืชที่หยุดการเจริญเติบโตค่าความต่างศักย์ของน้ำ (water potential) ซึ่งช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำและแร่ธาตุลดลงทำให้การเคลื่อนย้ายน้ำและแร่ธาตุเป็นไปได้น้อยลงด้วย (ยงยุทธ, 2543)

**การทดลองที่ 1.2 ผลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารร่วมกับระยะเวลาการปลูกเลี้ยงในระยะต้นกล้า**

จากผลการทดลอง พบว่า ระยะเวลาการปลูกเลี้ยงต้นกล้า นาน 2 และ 3 สัปดาห์ ไม่ทำให้ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของคะน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการให้ค่า EC ที่ระดับ 0.2 และ 0.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ก็ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทั้งในเรื่องความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง และเมื่อพิจารณาในส่วนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาการปลูกเลี้ยงต้นกล้าร่วมกับระดับความเข้มข้นของสารละลาย พบว่า ระยะเวลาการปลูกเลี้ยงต้นกล้านาน 3 สัปดาห์ร่วมกับการให้ค่า EC 0.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ให้ต้นกล้าที่มีความสูงและน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด แต่ในส่วนของจำนวนใบและน้ำหนักแห้ง กลับพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในส่วนของปัจจัยหลักและปฏิกริยาสัมพันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ที่ระดับค่า EC 0.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ร่วมกับ ระยะเวลาการปลูกเลี้ยงต้นกล้านาน 3 สัปดาห์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญของลำต้นและราก สอดคล้องกับ ดิเรก (2550) กล่าวว่า ในผักกินใบส่วนมากที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ในระยะแรกควรได้รับธาตุอาหารที่ความเข้มข้นต่ำนาน 3 สัปดาห์ และได้แนะนำต่อไปว่า หลังจากที่ต้นกล้าเริ่มงอก (ให้มีรากพอสมควร) ควรให้สารละลายธาตุอาหารที่เจือจาง โดยให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีความเจือจางจากน้อยไปหามาก เช่น EC จาก 0.2 เป็น 0.4 และ 0.6 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อทำให้รากมีความแข็งแรง ในผักสลัดมีการให้ค่า EC ในระยะต้นกล้าเท่ากับ 1.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และตอนย้ายปลูกให้ต้นสลัดได้รับค่า EC ในสารละลายเพิ่มขึ้นเป็น 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**การทดลองที่ 2 ผลของระดับไนโตรเจน ต่อการเจริญเติบโตและการสะสมของไนเตรทในคะน้าจีน**

**การเจริญเติบโต**

การศึกษาผลการให้ไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 142, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลอง พบว่า ทุกๆ กรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจน ไม่ทำให้ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของต้นคะน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองของ Himeirick และ Dozier (1994) ที่ศึกษาผลของระดับไนโตรเจนที่แตกต่างกัน คือ 2.5, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 และ 25 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตร ในการปลูกราสเบอรี่ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและความสูงของปล้องสุดท้ายไม่แตกต่างกันในทุกความเข้มข้นตั้งแต่ 5.0 – 25 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตร การให้สารละลายที่มีไนโตรเจน 10 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อลิตรมีผลให้ใบมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักแห้งมากกว่าในทุกๆ ระดับความเข้มข้น อย่างไรก็ตามการตอบสนองของพืชต่อระดับของไนโตรเจนแตกต่างกันตามชนิดของพืช เพ็ญนภา และนพดล (2546) ศึกษาเกี่ยวกับผลของระดับ ไนโตรเจน แคลเซียม และ โพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa Linn.*) พันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในระบบ NFT (Nutrient Film Technique) โดยใช้สารอาหารที่มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 85, 95, 105, 115 และ 125 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ธาตุไนโตรเจน 95 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak มากที่สุด จะเห็นได้ว่าในพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนที่ต่างกัน ซึ่งหากเพิ่มไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอแล้วการใช้ประโยชน์ก็จะมีประสิทธิภาพ ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมในพืชที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรตและการสะสมไขมันเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ โดยการให้ไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอนี้จะไม่ทำให้องค์ประกอบของพืชเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนผลผลิตรวมต่อไร่จะเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2543)

ระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความเข้มสีใบ โดยที่ระดับไนโตรเจน 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ความเข้มสีใบมากที่สุด เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้พืชมีสีเขียว และมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยในคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นที่อยู่ของคลอโรฟิลล์ มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ (Stocking and Ongum, 1962) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก เมื่อพืชขาดไนโตรเจนทำให้เกิดอาการคลอโรซิส (chlorosis) หรืออาการที่ใบมีสีเหลืองเนื่องจากการขาดคลอโรฟิลล์ ปรากฏในใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างก่อน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายได้ง่าย (Epstien, 1972) ช่วงแรกของการเจริญเติบโตจึงมีการเคลื่อนย้ายจากใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แก่สู่ใบอ่อนดังนั้นเมื่อขาดจึงแสดงอาการที่ใบล่างก่อน ลุกลามไปยังใบอ่อนที่อยู่ด้านบน โดยทำให้ใบอ่อนมีสีเขียวซีดและเหลือง การเจริญส่วนยอดหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกร็นส่วนรากแผ่ขยายมากและส่งผลให้พืชตายในที่สุด (สมบุญ, 2538) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ต้นพืชในกรรมวิธีที่มีไนโตรเจนน้อยที่สุดมีความเข้มสีใบน้อยตามไปด้วย สอดคล้องกับ Yoneda *et.al.* (1997) พบว่า การขาดไนโตรเจนมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ใน *Phalaenopsis* ลดลง

**ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช**

จากผลการทดลอง พบว่าการให้ไนโตรเจนในสารละลายเพิ่มขึ้นไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในพืชต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในสารละลายธาตุอาหารไม่ทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนในคะน้ามีความแตกต่างกัน ซึ่ง ยงยุทธ (2543) กล่าวว่าหากเพิ่มไนโตรเจนจนถึงระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนจะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ เหตุนี้จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในพืชไม่ต่างกัน

จากผลการทดลอง พบว่าการให้ไนโตรเจนที่ระดับต่างกันส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชแตกต่างกันด้วย โดยกรรมวิธีควบคุมให้ปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 93.60 มิลลิกรัมต่อต้น ส่วนการเพิ่มระดับไนโตรเจนสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ระดับฟอสฟอรัสในพืชลดลง ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ หทัย (2548) เรื่อง ผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโตของฟรีเซีย ซึ่งพบว่าเมื่อมีค่าไนโตรเจนในสารละลายเพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้ ปริมาณฟอสฟอรัสในดอก หัว และราก เพิ่มขึ้น ในการทดลองนี้การลดลงของฟอสฟอรัสในใบคะน้า เมื่อปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น อาจเกิดเนื่องจากพืชต่างชนิดกันการใช้ธาตุอาหารจึงแตกต่างกัน

เมื่อระดับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในกรรมวิธีที่ 4 ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้มาจากแอมโมเนียมไนเตรท ซึ่งการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมไนเตรท ทำให้พืชได้รับแอมโมเนียมในสารละลายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และแอมโมเนียมที่มากเกินไปนี้ก่อให้เกิดภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดแคตไอออน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง (ยงยุทธ, 2543)

การให้ไนโตรเจนแก่พืชในระดับที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณแมกนีเซียมในพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยงยุทธ (2543) รายงานว่า แอปเปิ้ลที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่งเสริมการดูดซึมแมกนีเซียมทางใบได้ดีด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกิดความสมดุลระหว่างไนโตรเจนและแมกนีเซียมจึงทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในพืชไม่ต่างกัน

**ปริมาณธาตุอาหารรองในพืช**

จากผลการทดลอง พบว่าที่ระดับไนโตรเจน 250 มิลลิกรัมต่อลิตรในกรรมวิธีที่ 3 ส่งผลให้มีปริมาณสังกะสีในพืชมีมากกว่าทุกๆ กรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน และสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอริเมอเรส ซึ่งมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน (ยงยุทธ, 2543) จึงอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อมีความเข้มข้นของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้พืชมีความต้องการสังกะสีมากขึ้นพืชดูดสังกะสีมากขึ้นจึงทำให้ปริมาณสังกะสีในใบเพิ่มขึ้นด้วย

จากผลการทดลอง พบว่าในกรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 มีปริมาณทองแดงในพืชมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติแล้วทองแดงจะเคลื่อนย้ายออกจากใบ เมื่อใบเกิดการเสื่อมตามอายุ (senescence) แต่เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนสูงขึ้น ทำให้ใบเสื่อมสภาพช้าลง เป็นผลช่วยชะลอการเคลื่อนย้ายทองแดงออกจากใบพืช (ยงยุทธ, 2543) จากสาเหตุนี้จึงอาจส่งผลให้เกิดการสะสมทองแดงในใบเพิ่มมากขึ้น

**2.5 ผลของไนโตรเจนต่อการสะสมไนเตรท**

ในการทดลองนี้กรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจนต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับไนโตรเจนในการทดลองไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการสะสมไนเตรทในพืช พืชมีการใช้ประโยชน์จากไนเตรทอย่างสมดุลกับปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ อย่างไรก็ตามแนวโน้มของปริมาณไนเตรทในกรรมวิธีที่ 3 มีมากกว่าในทุกๆ กรรมวิธี และกรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณไนเตรทสะสมน้อยที่สุดสอดคล้องกับ Miguel *et al*. (1998) กล่าวว่า ในการปลูกผักกาดหอมด้วยระบบ NFT ถ้ามีการงดให้ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารช่วงสัปดาห์สุดท้ายจะทำให้ไนเตรตสะสมลดลง และ Santamaria *et al*. (1998) พบว่า ปริมาณไนเตรตสะสมใน Chicory และ Rocket จะลดลง ถ้าลดการใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรต ในสารละลายธาตุอาหารลง หรือแทนที่สารละลายบางส่วนด้วยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม ก่อนการเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วุฒิพงษ์ (2546) ศึกษาการเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดการสะสมไนเตรทในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า ผักกาดหอมที่เจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหาร มีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้นตามอายุปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว และพบว่าการแทนที่สารละลายธาตุอาหารด้วยน้ำธรรมดาเป็นเวลา 4 วันก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวได้ผลดีที่สุด

**การทดลองที่ 3 ผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีน**

เมื่อพืชอายุ 6 สัปดาห์หลังเพาะเมล็ด กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมและแมกนีเซียมแตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความสูงและจำนวนใบเฉลี่ยของคะน้า แต่เมื่อพิจารณาในส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียม 85 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับแมกนีเซียม 126 มิลลิรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความสูงของพืชน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมในกรรมวิธีนี้ไม่สมดุลกัน จึงก่อให้เกิดการแก่งแย่งระหว่างธาตุทั้งสอง โดยแมกนีเซียมและแคลเซียมต่างก็เป็นประจุบวกขนาดเล็ก ไอออนทั้งสองจึงแสดงสภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้ซึ่งกันและกัน (ยงยุทธ, 2543) ส่งผลกระทบต่อความสูงของพืช ในส่วนผลผลิตพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมและแมกนีเซียมแตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของคะน้า และเมื่อพิจารณาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียม ก็ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ใช้ในการทดลองนี้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่ง ดิเรก (2547) แนะนำว่าช่วงความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่นิยมใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอยู่ในช่วง 100-200 และ 30-70 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้นที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของแคลเซียมและแมกนีเซียมในการทดลองนี้จึงเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของคะน้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช**

จากผลการทดลอง พบว่าการให้แคลเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในพืชลดลงขณะที่การให้แมกนีเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้นกลับไม่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนในพืช และในทุกๆ ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมทำให้ปริมาณไนโตรเจนในพืชลดลง ซึ่งขัดแย้งกับงานทดลองของ Lavon *et al.* (1999) ที่ทดลองเกี่ยวกับผลของการขาดโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมต่อปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบส้ม

พบว่า เมื่อพืชขาดแคลเซียมกลับส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนรวมในใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

การให้ระดับแคลเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชลดลงขณะที่การให้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในพืช ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมพบว่า การให้แคลเซียมที่ระดับ 85 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียมที่ระดับ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชมากที่สุด การได้รับแคลเซียมมากขึ้นทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชลดลงอาจเป็นผลมาจากแคลเซียมไอออนมีสมบัติในการเข้าจับกับหมู่ฟอสเฟตเกิดเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ (สมบุญ, 2544) พืชไม่สามารถดูดใช้ได้ด้วยเหตุนี้การให้แคลเซียมเพิ่มขึ้นจึงทำให้ฟอสฟอรัสในพืชลดลง

การให้ระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในพืช และปฏิกิริยาร่วมระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียม ไม่ส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในการทดลองนี้อาจไม่มากพอที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณโพแทสเซียมในพืช

การให้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณแคลเซียมในพืช ซึ่งระดับแคลเซียมที่เหมาะสมต่อพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดย พบว่า แคลเซียมในสารละลายที่เหมาะสมต่อหญ้าไรด์ และมะเขือเทศคือ 2.5 และ 100 ไมโครโมลาร์ตามลำดับ (Loneragan and Snowball, 1969) ดังนั้นจากการทดลองในครั้งนี้ความเข้มข้นของแคลเซียมในระดับควบคุมคือ 85 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของคะน้า ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียม พบว่า แคลเซียมในพืชแตกต่างกัน โดยที่ระดับแคลเซียม 127 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียมที่ระดับ 94.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณแคลเซียมเฉลี่ยในพืชมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้แคลเซียมที่พบในผักคะน้าทั่วไปมีประมาณ 245 มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักแห้ง (กระทรวงสาธารณสุข, 2535) ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบอยู่ใน middle lamella ของผนังเซลล์ พืชที่ขาดธาตุนี้จะทำให้การแบ่งเซลล์หยุดชะงักลง ทำให้ส่วนการเจริญเช่น ใบอ่อน ยอด และปลายราก แสดงอาการผิดปกติออกมา (สมบุญ, 2538)

จากผลการทดลอง พบว่าที่ระดับแคลเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในพืชลดลง เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นประจุบวกสองขนาดเล็ก อัตราการดูดใช้แมกนีเซียมไอออนลดลงมากหากมีแคลเซียมไอออนในสารละลายสูง เพราะไอออนของธาตุทั้งสองแสดงสภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้ซึ่งกันและกัน และที่ระดับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมในพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้อย่างง่ายในพืช ยกตัวอย่างเช่น ในข้าวสาลีที่เคยปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่สมบูรณ์แล้วย้ายมายังสารละลายที่ขาดธาตุแมกนีเซียม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทันทีทำให้แมกนีเซียมในใบอ่อนลดลงอย่างรวดเร็วกว่าใบแก่ซึ่งอยู่ถัดลงมา (ยงยุทธ, 2543) ส่วนผลของปฏิกริยาร่วมระหว่างแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียม พบว่าที่ทุกๆ ระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในพืชลดลง ซึ่งการขาดธาตุแมกนีเซียมในต้นคะน้า ทำให้เกิดอาการใบเหลืองที่ใบอ่อนก่อน และบริเวณส่วนของขอบใบจะมีอาการหงิกงอ เพราะแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่คล้ายแคลเซียม ช่วยรักษาสมดุลของแคลเซียม นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการหายใจ และเมตาบอลิซึม ของฟอสเฟต โดยเป็น activator ในเอนไซม์หลายอย่าง (กานดา, 2545) Doll และ Lucus, (1973) กล่าวว่าโดยทั่วไปสัดส่วนของปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมควรจะมีในปริมาณที่สมดุลเพื่อไม่ให้เกิดการแก่งแย่งกันระหว่างธาตุทั้งสอง สอดคล้องกับ Supanjani *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลของแคลเซียมต่อปริมาณผลผลิต และการดูดซึมธาตุอาหาร ในต้นเบญจมาศที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยให้ความเข้มข้นของแคลเซียม เพิ่มขึ้นจาก10 ถึง 70 มิลลิโมล พบว่า ที่ปริมาณแคลเซียมในสารละลายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้งในใบและดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ปริมาณธาตุอาหารรองในพืช**

การให้แคลเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสังกะสีในพืชลดลงในขณะที่การให้ระดับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นกลับไม่ส่งผลต่อปริมาณสังกะสีในพืช ส่วนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียม ส่งผลให้สังกะสีในพืชแตกต่างกัน โดยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมที่ระดับ 85 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียมที่ระดับ 94.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณสังกะสีในพืชมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการดูดสังกะสีของรากพืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมที่ให้กับพืชหากมีแคลเซียมสูงเกินไปจะยับยั้งการดูดสังกะสี (ยงยุทธ,2543) สอดคล้องกับงานทดลองของ Pauli *et.al.* (1968) ทำการทดลองเกี่ยวกับ การดูดซึมการเคลื่อนที่ของสังกะสีโดยการชักนำของ แคลเซียมและฟอสฟอรัสใน navy bean พบว่า เมื่อมีแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดใช้และการเคลื่อนที่ของสังกะสีในต้นลดลง

การให้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณเหล็กในพืช ส่วนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียม ส่งผลให้เหล็กในพืชแตกต่างกัน โดยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมที่ระดับ 85 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับแมกนีเซียมที่ระดับ126 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณเหล็กในพืชมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากแมกนีเซียมเป็นอะตอมกลางของคลอโรฟิลล์ในพืชเช่นเดียวกันกับเหล็กที่มีบทบาทต่อการสร้างคลอโรฟิลล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ยงยุทธ, 2543) ทำให้ปริมาณของธาตุทั้งสองสอดคล้องกัน เหตุนี้อาจทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสารละลายที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณเหล็กในพืชเพิ่มขึ้นด้วย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved