ผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีนที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

Effect of Calcium and Magnesium Levels on Growth and Development of Chinese Kale Grown in Hydroponics System

สุภกิจ ไชยพุฒ[1/] และ โสระยา ร่วมรังษี[2/]
Supakid Chaipoot[1/] and Soraya Ruamrungsri[2/]

Abstract: Effects of calcium and magnesium levels on growth and development of Chinese Kale grown in hydroponic system were examined. The Plants were supplied with different concentrations of calcium combined with magnesium i.e. 1) three levels of magnesium ; 63 (concentration in CMU#2 formula as control treatment), 94.5 and 127 mg/l 2) two levels of calcium ; 85 (CMU#2 formula as control treatment) and 127 mg/l. The results showed that plant height, number of leaves per plant and fresh weight at harvest were not affected by increasing of calcium and magnesium concentration. Calcium treatment did not affect leaf color. But increased levels of magnesium at 94.5 and 126 mg/l enhanced a green color of leaf. Chinese Kale supplied with 63 mg/l of magnesium showed magnesium deficiency symptom with interveinal chlorosis and average leaf color of 34.25 SPAD unit. The result of leaf analysis showed that increasing of calcium levels significantly decreased magnesium concentration in leaves. Conversly, increased levels of magnesium tended to decrease calcium concentration in leaves.

Keywords: Calcium, magnesium, chinese kale, hydroponics

[1/]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/]หน่วยวิจัยธาตุอาหารพืชและการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/]Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/]Plant Nutrition and Hydroponics Research Unit, Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบของคะน้าจีนที่ปลูกโดยระบบไฮโดรโพนิกส์ ดำเนินการโดยให้พืชได้รับความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมแตกต่างกัน ดังนี้ 1) แมกนีเซียม 3 ระดับ คือ 63 (ความเข้มข้นในสารละลายสูตร CMU#2 ใช้เป็นกรรมวิธีควบคุม), 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 2) แคลเซียม 2 ระดับ คือ 85 (ความเข้มข้นในสารละลายสูตร CMU#2 กรรมวิธีควบคุม) และ 127 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางความสูงของลำต้น จำนวนใบ และ น้ำหนักสด เมื่อเก็บเกี่ยว ระดับแคลเซียมไม่มีผลต่อความเข้มของสีใบแต่การให้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นที่ระดับ 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ใบมีสีเขียวเพิ่มขึ้นกว่าคะน้าที่ได้รับแมกนีเซียมที่ระดับ 63 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม เนื้อใบมีสีเหลือง ขณะที่เส้นใบยังมีสีเขียว วัดความเข้มสีใบได้ 34.25 SPAD unit ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพบว่าระดับแคลเซียมที่มากขึ้น ส่งผลให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางกลับกัน เมื่อระดับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของแคลเซียมในใบลดลง

คำสำคัญ: แคลเซียม แมกนีเซียม คะน้าจีน ไฮโดรโพนิกส์

คำนำ

คะน้าจีนจัดอยู่ในวงศ์ Cruciferae และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. albograba มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (เมืองทองและสุรีรัตน์, 2532) จัดเป็นพืชเมืองร้อน เป็นผักที่บริโภคใบ และลำต้น คะน้าจีนปลูกได้ตลอดปี แต่จะให้ผลผลิตดีที่สุดในเดือนตุลาคมถึงเมษายน สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ต้องการแสงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20-25 องศาเซลเซียส (อัญชัญ, 2544) เป็นผักที่นิยมบริโภคมากเนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูง คือ วิตามินเอ วิตามินซี คาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุพวกแคลเซียม และฟอสฟอรัส (ไฉน, 2542)

ผู้ปลูกบางรายนิยมผลิตผักในระบบไฮโดรโพนิกส์ เนื่องจากเป็นระบบที่มีการใช้น้ำและปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมในการปลูกเลี้ยงได้ ซึ่งงานทดลองในโรงเรือนปฏิบัติการการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินพบว่าการใช้สารละลายสูตร CMU#2 ที่มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอสำหรับพืชตระกูลสลัด เมื่อนำมาใช้กับการปลูกคะน้าจีนกลับพบการแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม ลักษณะใบเหลืองเกิดอาการ interveinal chlorosis ปรากฏตามใบที่ขยายขนาดเต็มที่ ซึ่งหน้าที่สำคัญของแมกนีเซียมคือเป็นอะตอมกลางของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างไรโบโซมในกระบวนการสร้างโปรตีน เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคาร์โบไฮเดรตเมแทโบลิซึม (โสระยา, 2548) ซึ่งแมกนีเซียมที่พืชสามารถดูดซึมได้อยู่ในรูปแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) การดูดซึมแมกนีเซียมจะลดลงมากหากมีปริมาณของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) มากขึ้น เนื่องจากไอออนของแคลเซียมแสดงภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดซึมแมกนีเซียม (ยงยุทธ, 2543) แคลเซียมมีหน้าที่สำคัญในการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ นอกจากนี้แคลเซียมยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์และมีบทบาทในการสร้างโปรตีน (โสระยา, 2548) โดยความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนจะมีมากในบริเวณมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) และผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) ซึ่งควบคุมความสามารถในการให้สารผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความแข็งแรง (Marschner, 1997) โดยสารละลายมาตรฐานสูตร CMU#2 มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม 85 และ 63 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบสารละลายมาตรฐานของ Hoagland และ Arnon ซึ่งมีความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียม 200 และ 48 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (โสระยา, 2548) ซึ่งระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เหมาะสมในสารละลายธาตุอาหาร

สำหรับปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และระดับของธาตุทั้งสองชนิดควรอยู่ในระดับสมดุล เพื่อไม่ให้เกิดสภาวะปฏิปักษ์ต่อการดูดซึมในอีกธาตุหนึ่ง ดังนั้น การศึกษาทดลองครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาระดับของ แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีนในระบบไฮโดรโพนิกส์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เพาะเมล็ดคะน้าจีนในแผ่นฟองน้ำที่ตัดเป็นชิ้นเล็กขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้ว รดน้ำให้ชุ่มจนกระทั่งเมล็ดงอก จากนั้นให้ต้นพืชได้รับสารละลายสูตร CMU#2 ซึ่งประกอบไปด้วย ไนโตรเจน 131.06, ฟอสฟอรัส 36.63, โพแทสเซียม 185.00, แคลเซียม 85.00, แมกนีเซียม 63.00, กำมะถัน 77.62, เหล็ก 20.00, โมลิบดินัม 0.006, ทองแดง 0.01, สังกะสี 0.02, โบรอน 0.21 และ แมงกานีส 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยลดความเข้มข้นลงครึ่งสูตร จนเมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน จึงย้ายปลูกลงระบบ Dynamic Root Floating System (DRF) และให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมต่างกัน ได้แก่ แคลเซียม 2 ระดับ คือ 85 และ 127 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียม 3 ระดับ คือ 63, 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับสารละลายสูตร CMU#2 (แคลเซียม 85 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมกนีเซียม 63 มิลลิกรัมต่อลิตร) รวม 6 กรรมวิธี ๆ ละ10 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD

บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ความสูงของต้น (ซม) จำนวนใบต่อต้นทุก 7 วัน น้ำหนักสด และวัดความเข้มของสีใบด้วยเครื่อง SPAD-502 : MINOLTA Chlorophyll meter เมื่อเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบพืชเมื่อเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Model AA-640, Shimadzu, Japan)

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตทางลำต้น

ความสูง (เซนติเมตร)

ผลของแคลเซียม จากผลการทดลองพบว่าหลังย้ายปลูก 1 สัปดาห์ พืชมีอายุ 21 วันนับจากวันเพาะเมล็ด คะน้าที่ได้รับแคลเซียม 85 มิลลิกรัมต่อลิตรมีความสูงมากกว่าการได้รับแคลเซียมที่ระดับ 127 มิลลิกรัมต่อลิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1) แต่หลังจากนั้นในช่วงอายุ 28-42 วัน จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (45วัน) พบว่าความสูงของคะน้าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 1, ตารางที่ 1)

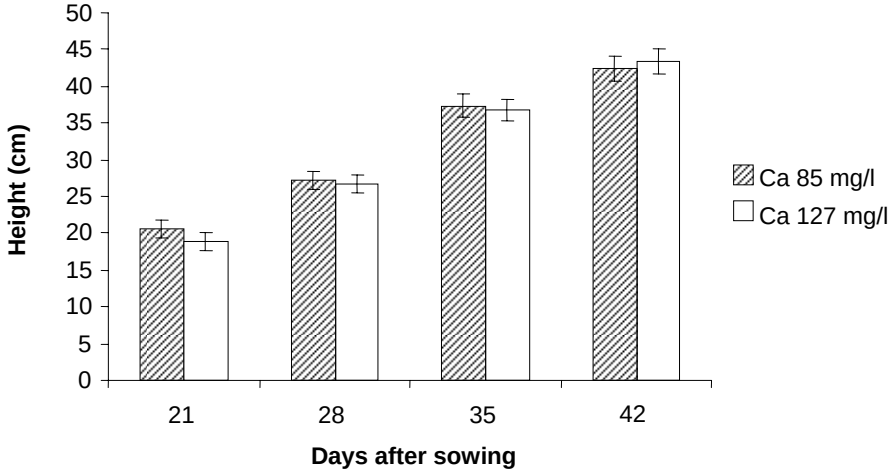

Figure 1 Effect of calcium concentration on plant height. Vertical bars represent the standard error (n=10).

Table 1 Effect of calcium and magnesium levels on plant height (cm) at harvest (45 days after sowing).

Magnesium concentration	Calcium concentration (mg/l)		Average[ns] (cm)
(mg/l)	85	127	
63.0	43.58	43.54	43.56
94.5	42.99	42.61	42.80
126.0	40.60	43.83	42.22
Average[ns](cm)	42.39	43.33	

ns = not significantly different

ผลของแมกนีเซียม การเพิ่มความเข้มข้นของแมกนีเซียม ในทุกระดับไม่ทำให้ความสูงของคะน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดการทดลองจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 2 และ ตารางที่ 1)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย ผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมพบว่าระดับความแตกต่างของแคลเซียมทั้ง 2 ระดับเมื่อให้ร่วมกับแมกนีเซียม 3 ระดับไม่ทำให้พืชมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

จำนวนใบต่อต้น

ผลของแคลเซียม จากผลการทดลองพบว่า หลังย้ายปลูก 1 สัปดาห์ พืชมีอายุ 21 วันนับจากวันเพาะเมล็ดจนกระทั่งเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 45 วัน คะน้าที่ได้รับแคลเซียม 85 และ 127 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่ทำให้จำนวนใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะน้ามีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9.86-10.23 ใบต่อต้น (ภาพที่ 3 และ ตารางที่ 2)

ผลของแมกนีเซียม การให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้ง 3 ระดับ พบว่า จำนวนใบต่อต้นของคะน้าตั้งแต่ 21 วันหลังวันเพาะเมล็ดจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (45วัน) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4 และ ตารางที่ 2)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย อิทธิพลร่วมระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่ทำให้จำนวนใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

น้ำหนักสด (กรัม)

ผลของแคลเซียม จากผลการทดลองพบว่าเมื่อครบระยะการเก็บเกี่ยว คะน้าที่ได้รับแคลเซียม 85 และ 127 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้น้ำหนักสดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ผลของแมกนีเซียม ในส่วนของการให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้ง 3 ระดับ พบว่า น้ำหนักสดของคะน้าเมื่อเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย อิทธิพลร่วมระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่ทำให้น้ำหนักสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ความเข้มของสีใบ

ผลของแคลเซียม การให้แคลเซียมทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น ไม่ได้ทำให้ความเข้มของสีใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวัดระดับความเข้มของสีใบได้ 34.25-55.58 (ตารางที่ 3)

ผลของแมกนีเซียม การให้แมกนีเซียมทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น ส่งผลต่อความเข้มของสีใบโดยพบว่าที่ระดับแมกนีเซียม 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีสีเขียวของใบเข้มกว่าที่ระดับ 63 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) คะน้าที่ได้รับแมกนีเซียม 63 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงอาการขาดธาตุอาหาร โดยเนื้อใบมีสีเหลือง เส้นใบเขียว (interveinal chlorosis) (ภาพที่ 5)

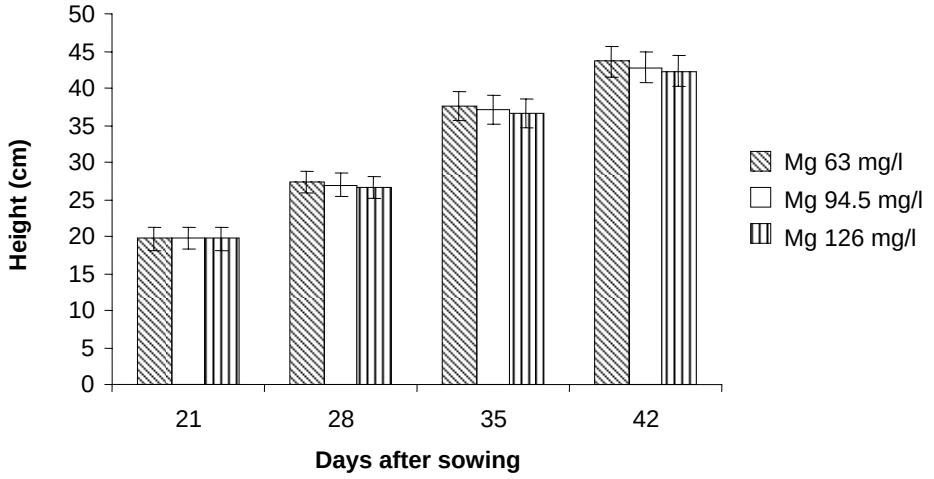

Figure 2 Effect of magnesium concentrations on plant height. Vertical bars represent the standard error (n=10).

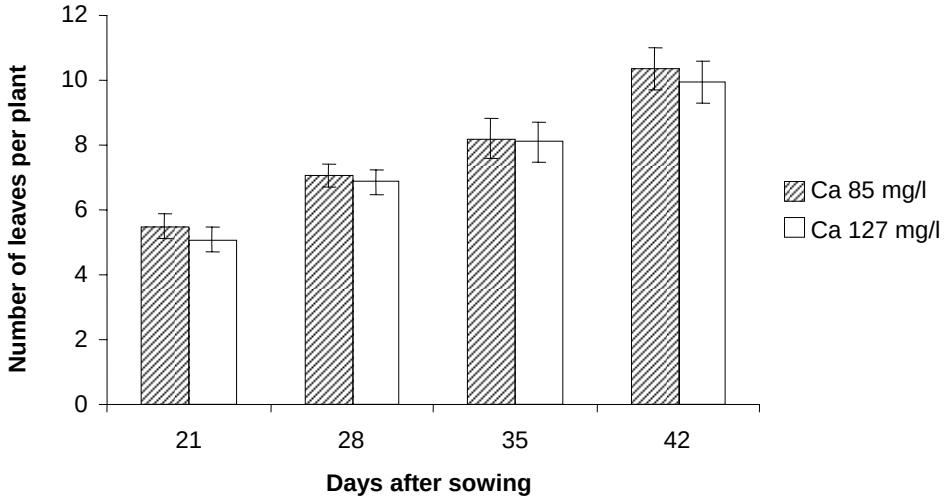

Figure 3 Effect of calcium concentrations on number of leaves per plant. Vertical bars represent the standard error (n=10).

Table 2 Effect of calcium and magnesium levels on fresh weight per plant at harvest.

Magnesium concentration	Fresh weight / plant^{ns} (g)		Average^{ns} (g)
(mg/l)	Ca 85 mg/l	Ca 127 mg/l	
63.0	147.89	96.30	122.09
94.5	113.29	111.50	112.39
126.0	143.17	140.06	141.62
Average^{ns} (g)	134.78	115.95	

ns = not significantly different

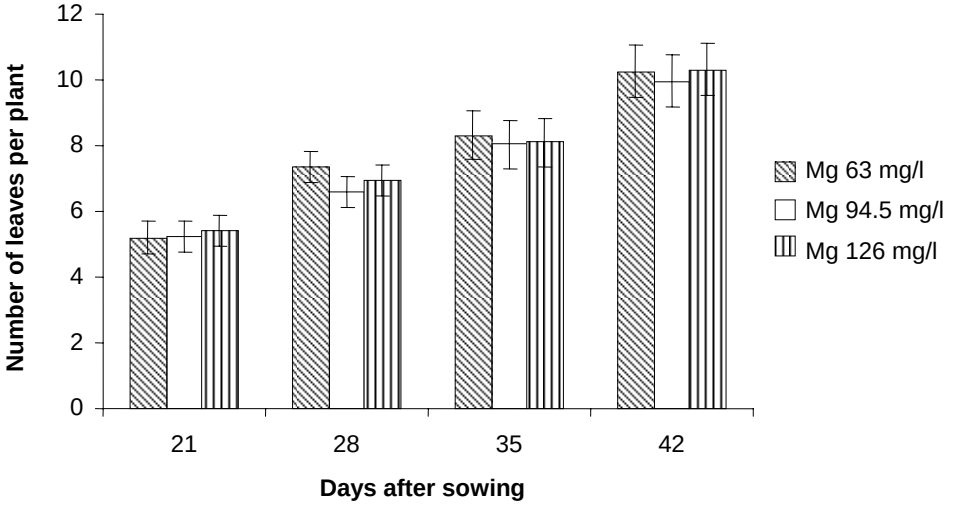

Figure 4 Effect of magnesium concentrations on number of leaves per plant. Vertical bars represent the standard error (n=10).

Table 3 Effect of calcium and magnesium levels on leaf color.

Magnesium concentration	Leaf color (SPAD unit)		Average[1/]
(mg/l)	Ca 85 mg/l	Ca 127 mg/l	(SPAD unit)
63.0	23.77b	44.73a	34.25x
94.5	58.13a	53.03a	55.58y
126.0	46.67a	53.00a	49.83xy
Average[ns] (SPAD unit)	42.86	50.26	

[1/]Means in each of combination factors followed by the different character showed the significant difference among treatments by LSD-test at $P \leq 0.05$

ns = not significantly different.

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย อิทธิพลร่วมระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียม พบว่าพืชที่ได้รับแคลเซียมเข้มข้น 85 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ แมกนีเซียม 63 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความเข้มของสีใบน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความเข้มสีใบเฉลี่ย 23.77 ส่วนกรรมวิธีอื่นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

2. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

ผลของแคลเซียม จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบคะน้าจีนเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยพบว่ากรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 4) ในทางตรงข้ามเมื่อพืชได้รับความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก 85 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 127 มิลลิกรัมต่อลิตร

Tr 1 (control) Tr 2 Tr 3 Tr 4 Tr 5 Tr 6

Figure 5 Leaves color after treated with various magnesium and calcium concentrations (Tr1 = Mg 63: Ca 85 mg/l, Tr2 = Mg 63: Ca 127 mg/l, Tr3 = Mg 94.5: Ca 85 mg/l, Tr4 = Mg 94.5: Ca 127 mg/l,Tr5 = Mg 126: Ca 85 mg/l, Tr6 = Mg 126: Ca 127 mg/l)

Table 4 Effect of calcium and magnesium levels on calcium concentration in leaves.

Magnesium concentration (mg/l)	Calcium concentration in leaves (mg/gDW)		Average[ns]
	Ca 85 mg/l	Ca 127 mg/l	(mg/gDW)
63.0	329.74a	296.78ab	313.26
94.5	202.07b	330.58a	316.33
126.0	306.56ab	292.98ab	299.77
Average[ns] (mg/gDW)	279.46	306.78	

Means in each of combination factors followed by the different character showed the significant difference among treatments by LSD-test at $P \leq 0.05$

ns = not significantly different

กลับทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 75.14 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เป็น 44.56 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 5)

ผลของแมกนีเซียม การให้ระดับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นไม่ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การให้แมกนีเซียมที่ระดับ 94.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระดับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบ 60.81 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากการได้รับแมกนีเซียมที่ระดับ 123.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัย อิทธิพลร่วมระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียม พบว่าต้นพืชใน

Table 5 Effect of calcium and magnesium levels on magnesium concentration in leaves.

Magnesium concentration	Magnesium concentration in leaves (mg/gDW)		Average[1/]
(mg/l)	Ca 85 mg/l	Ca 127 mg/l	(mg/gDW)
63.0	70.65ab	25.07a	47.86x
94.5	69.38ab	52.23b	60.81xy
126.0	85.40a	56.38b	70.89y
Average[1/] (mg/gDW)	75.14A	44.56B	

[1/]Means in each of combination factors followed by the different character showed the significant difference among treatments by LSD-test at $P \leq 0.05$

กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียม ที่วิเคราะห์ได้ลดลงในทุกๆ ระดับของกรรมวิธีที่ได้รับแมกนีเซียม เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 5)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การปลูกคะน้าในระบบ Dynamic Root Floating System (DRF) โดยให้พืชได้รับความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายแตกต่างกันสองระดับ คือ 85 และ127 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ แมกนีเซียม 63, 94.5 และ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ระดับของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น ทั้งความสูง (เซนติเมตร) จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักสด เมื่อเก็บเกี่ยว ดิเรก (2547) แนะนำว่าช่วงความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่นิยมใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอยู่ในช่วง 100-200 และ 30-70 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดของแคลเซียมและแมกนีเซียมในการทดลองนี้จึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักสดของคะน้า

อย่างไรก็ตามพบว่า ความเข้มของสีใบ (SPAD unit) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกรรมวิธีที่ได้รับแมกนีเซียม 63 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น อาจเป็นผลมาจากแมกนีเซียมเป็นอะตอมแกนกลางของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ที่มีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสง (โสระยา, 2548) ซึ่งมีรายงานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของสีใบ (SPAD unit) กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นข้าวสาลี และ มะเขือเทศ โดยพบว่าค่าความเข้มของสีใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น (Udding *et al.,* 2007) ดังนั้นการได้รับแมกนีเซียมความเข้มข้นต่ำเกินไป จึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงส่งผลให้สีของใบพืชเหลือง (ภาพที่ 5) มากกว่ากรรมวิธีอื่น แม้ว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นจะไม่แตกต่างกันด้วยข้อมูลข้างต้น

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพบว่าปริมาณธาตุอาหารในใบที่ได้รับแคลเซียมมากขึ้นส่งผลให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและระดับแมกนีเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากแมกนีเซียมไอออนเป็นแคตไอออนที่เป็นปฏิปักษ์ต่อแคลเซียมไอออน ทำให้เกิดการแก่งแย่งกันเข้าสู่รากพืช (ยงยุทธ,2543) สอดคล้องกับการทดลองของ Asemaneh and Ghaderian (2007) ที่ทดลองสมดุลของแคลเซียมและแมกนีเซียมในตระกูลผักเสี้ยนพบว่า เมื่อพืชได้รับแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ระดับแคลเซียมในยอดและรากของผักตระกูลผักเสี้ยนลดลง ซึ่ง Supanjani *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลของแคลเซียมต่อปริมาณผลผลิต และการดูดซึมธาตุอาหาร ในต้นเบญจมาศที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยให้ความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก10 ถึง 70 มิลลิโมล พบว่า ที่ปริมาณแคลเซียม

ในสารละลายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้งในใบและดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

ระดับแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต แต่จะส่งผลให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบลดลง ส่วนของระดับแมกนีเซียมที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นเช่นกันแต่ส่งผลต่อความเข้มของสีใบที่เพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของแคลเซียมร่วมกับแมกนีเซียมที่เหมาะสมของการปลูกคะน้าจีนในระบบ DRF คือ 85 และ 94.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 195 หน้า.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 724 หน้า.

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2532. สวนผัก. โรงพิมพ์กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ. 325 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

โสระยา ร่วมรังษี. 2548. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 122 หน้า.

อัญชัญ วิรัชลาภ. 2544. การเพาะเลี้ยงอับละอองเรณูและการรวมโปรโตพลาสต์คะน้าจีนและบร็อคโคลี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 90 หน้า.

Asemaneh, T. and S.M. Ghaderian. 2007. Responses to Mg/Ca balance in an Iranian serpentine endemic plant, *Cleome heratensis* (Capparaceae) and a related non-serpentine species, *C.foliolosa*. Plant Soil 293: 49-59.

Marschner, H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London. 889 p.

Supanjani, A.R.M. Tawaha, M.S. Yang, H.-S. Han and K.D. Lee. 2005. Calcium effects on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic *Chrysanthemum coronarium* L. J. Agric. & Biol. Sci. 1(2): 146-151.

Udding, J., J. Gelang-Alfredsson, K. Piikki and H. Pleijel. 2007. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. Photosynth Res. 91: 37–46.