ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเติบโตและปริมาณธาตุอาหารในใบของพริกหวาน

Effect of Nutrient Concentrations on Growth and Leaf Nutrient Content in Sweet Pepper

วันเพ็ญ โลหะเจริญ[1] ศีลวัต พัฒโนดม[1] ปราณี เกียรติประทับใจ[1] วีรดา ธงงาม[1] อิทธิสุนทร นันทกิจ[2] และ โสระยา ร่วมรังษี[3*]

Wanpen Lohacharoen[1], Silawat Patthanodom[1], Pranee Keatpratabjai[1],Weelada Thongngam[1], Itthisuntorn Nuntagij[2] and Soraya Ruamrungsri[3*]

Abstract

The effect of concentration levels on elements content in leaf and growth of sweet pepper (*Capsicum annuum* var. Tokal) was studied at Maesamai Development Center, Chiangmai during May to September, 2010. Plants were grown under greenhouse using coconut cube as growing media and supplied with nutrient solution (Maesamai formular) at the same concentration for 4 weeks after planting. Then, they were supplied with 4 treatments 1) water only, 2) low nutrient concentration (EC 2.0) 3) medium nutrient concentration (as control : EC 3.0) and 4) high nutrient concentration (EC 4.0) and adjusted EC by adding the different ratios of stock solution. The experiment was performed in a randomized complete block design (RCBD). Each treatment included five replications with four plants per replication. The results showed that the highest plant height was 131.72 cm in the high nutrient concentration treatment (treatment 4). The positive linear relationship was found correlated to leaf nutrient concentration (N and K) and total yield. Besides, the critical N and K concentrations of the leaf at the 4th node from the shoot tip at 84 days after planting (harvesting stage) that produced 90% of maximum yield were 2.2 and 4.7 %, respectively.

Key words: sweet pepper, critical nutrient concentration, nitrogen, potassium, leaf analysis

---

[1] มูลนิธิโครงการหลวง 65 ม.1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Royal Project Foundation 65 Moo 1 Suthep Rd., Muang District, Chiang Mai, 50200

[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จ.กรุงเทพฯ 10520

Faculty of Agricultural, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

[3] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

รับเรื่อง : ตุลาคม 2555

* Corresponding author : sorayaruamrung@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเติบโตและการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบพริกหวาน ณ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2553 ดำเนินการโดยปลูกพริกหวานสีแดงพันธุ์ Tokal ภายใต้สภาพโรงเรือนโดยใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก และให้ปุ๋ยพร้อมน้ำตามสูตรของแม่สาใหม่ โดยหลังย้ายปลูกทุกกรรมวิธีได้รับความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารในปริมาณเท่ากันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้สารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีทดลอง ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ให้เฉพาะน้ำ กรรมวิธีที่ 2 ให้สารละลายธาตุอาหารระดับต่ำ (EC 2.0) กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารระดับปานกลาง (EC 3.0 เป็นกรรมวิธีควบคุม) และกรรมวิธีที่ 4 ให้สารละลายธาตุอาหารระดับสูง (EC 4.0) ซึ่งการปรับค่า EC ด้วยการเพิ่มสัดส่วนของสารละลายเข้มข้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก 5 ซ้ำ จำนวน 4 ต้นต่อซ้ำ ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารในระดับสูง (กรรมวิธีที่ 4) มีความสูงของต้นเฉลี่ยสูงที่สุด 131.72 เซนติเมตร และพบความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในทางบวกระหว่างความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และ โพแทสเซียมกับปริมาณผลผลิตต่อต้น ในขณะที่ค่าวิกฤตของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบตำแหน่งข้อที่ 4 นับจากยอด หลังย้ายปลูก 84 วัน (ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต) ที่ทำให้ได้ผลผลิตพริกหวานเท่ากับ 90 % ของผลผลิตสูงสุดคือ 2.2 และ 4.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

คำนำ

พริกหวาน (*Capsicum annuum* var. *annuum* L. Grossum Group) จัดอยู่ในตระกูล Solanaceae เป็นพืชข้ามปี แต่นิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีในพื้นที่ซึ่งมีสภาพอากาศอบอุ่น (Eshbaugh,1993). พริกหวานเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกโดยใช้กาบมะพร้าวสับและให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำภายใต้สภาพโรงเรือน ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน เนื่องจากเป็นการเพิ่มธาตุอาหารต่างๆ เพื่อทดแทนธาตุอาหารที่พืชเคยได้รับจากดิน (Tongaram, 2003) ปริมาณธาตุอาหารในพืชมีความสัมพันธ์กับระดับธาตุอาหารในดินหรือในวัสดุปลูกและปริมาณผลผลิตพืชเมื่อเก็บเกี่ยว ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืชสูงขึ้นตามความเข้มข้นของธาตุที่ได้รับจนกระทั่งถึงระดับหนึ่งที่ทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด และปริมาณผลผลิตยังคงสูงเช่นนี้ต่อไปถึงแม้จะเพิ่มการให้ธาตุอาหารกับพืชก็ไม่ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และถ้าเพิ่มธาตุอาหารให้สูงขึ้นไปอีก จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลงเนื่องจากได้รับธาตุอาหารมากเกินไปจนเป็นพิษกับพืช (Barker and Pilbeam, 2007) ระดับวิกฤตของธาตุอาหาร (critical value) หมายถึงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ทำให้ผลผลิตลดลง 10 % หรือทำให้ได้ผลผลิตเท่ากับ 90 % ของผลผลิตสูงสุด (Reuter and Robinson, 1997) ค่าวิกฤตในพืชจึงสามารถใช้ในการประเมินความต้องการธาตุอาหารของพืชที่ปลูกได้ นอกจากนี้ยังทำให้ผู้ปลูกคาดการณ์ปริมาณผลผลิตที่จะได้รับ และการขาดธาตุอาหารของพืช เพื่อนำมาใช้แนะนำการใส่ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Suwanwong, 2011) ในต่างประเทศมีการใช้ผลวิเคราะห์เนื้อเยื่อใบพืช เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารให้กับพืชอย่างกว้างขวาง เช่น Ware *et al.* (1982) วิเคราะห์ใบเพื่อศึกษาค่าแมงกานีสวิกฤตในถั่วเหลือง Blamey *et al*. (1979) วิเคราะห์ต้นกล้าและใบเพื่อศึกษาระดับวิกฤตของโบรอนในทานตะวัน ส่วน Kelley and Boyhan (2006) วิเคราะห์ใบอ่อนที่พัฒนาเต็มที่ในระยะเริ่มออกดอกของพริกหวาน พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3-5 0.3-0.5 และ 2.5-5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสำหรับในประเทศไทยมีการนำผลการวิเคราะห์ใบมาใช้กับไม้ผล เช่น Poovarodom and Wichien (2003) สร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารของทุเรียน Poovarodom *et al.* (2004) สร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารของมังคุด Onthong *et al.* (2006) สร้างค่ามาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของลองกอง

เนื่องจากสภาพแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ มีผลต่อการใช้ธาตุอาหารของพืช และกระทบต่อผลผลิตโดยตรง (Mills and Jones, 1996) ดังนั้นค่าวิกฤตของธาตุอาหารที่กำหนดไว้ในบางประเทศจึงมีความแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบกับการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของพริกหวานที่ปลูกในวัสดุไม่ใช้ดินบนพื้นที่สูงในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสารละลายธาตุอาหารให้แก่พริกหวานที่ปลูกในวัสดุไม่ใช้ดินในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพริกหวานสีแดงพันธุ์ Tokal มาบ่มที่อุณหภูมิห้องโดยการห่อในผ้าขาวบางชื้นนาน 3 วัน และเมื่อเมล็ดงอกจึงนำมาปลูกในถาดหลุมขนาด 104 หลุมที่มีพีตมอสเป็นวัสดุปลูก เริ่มให้ต้นกล้าได้รับสารละลายธาตุอาหารช่วงอายุ 2-28 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นจึงย้ายปลูกลงในถุงสีขาวขนาด 8 x 13 นิ้ว จำนวน 2 ต้น/ถุง ใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก วางไว้ในโรงเรือนพลาสติก ระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร ระหว่างถุง 0.5 เมตร

การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้สูตรปุ๋ยสำหรับพริกหวานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารในสูตร คือ N 205 P 57 K 249 Ca 195 Mg 39 Fe 22 Mn 0.7 Zn 0.7 Mo 0.2 Cu 0.7 และ B 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมสารละลายธาตุอาหารโดยทำเป็นสารละลายเข้มข้น A และ B จากนั้นจึงนำมาเจือจางอัตรา 0.8 1.0 1.1 2.0 2.3 และ 2.5 ลิตรต่อน้ำ 200 ลิตร เพื่อให้ได้สารละลายธาตุอาหาร ที่มีค่าความนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC) เท่ากับ 2 2.3 2.5 3 3.5 และ 4 ตามลำดับ ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.5

เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงแรก จึงจำเป็นต้องให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น หลังทำการย้ายปลูกดังนี้ คือ เมื่อพืชอายุ 1-14 วันหลังย้ายปลูก ปรับค่า EC เป็น 2.0 ต่อมาในช่วงอายุ 15-21 วัน ปรับค่า EC เป็น 2.3 และ เมื่ออายุ 22-28 วัน ปรับค่า EC ของสารละลายที่ให้เป็น 2.5 เหมือนกันทุกกรรมวิธี

เมื่อพืชอายุ 29 วันหลังย้ายปลูก จึงเริ่มให้พืชได้รับกรรมวิธีทดลอง โดยพืชแต่ละกรรมวิธีมีการจัดการสารละลายธาตุอาหารแตกต่างกัน จำนวน 4 กรรมวิธี (ตารางที่ 1)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 5 ซ้ำต่อกรรมวิธี 4 ต้นต่อซ้ำ ดำเนินงานวิจัย ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กันยายน 2553 ทำการทดลองซ้ำ 2 ฤดูปลูกเพื่อยืนยันผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อ 84 วันหลังย้ายปลูก ได้แก่ ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุด พื้นที่ใบรวม (ตารางเซนติเมตร) ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-3100, LI-COR,Lincoln, NE) น้ำหนักแห้งใบทั้งต้น (กรัม) น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น (กรัม) และปริมาณผลผลิตรวมต่อต้น (กรัม)

ตารางที่ 1 การจัดการธาตุอาหารในกรรมวิธีทดลอง

กรรมวิธี		อายุพืช (วันหลังย้ายปลูก)	
		29 - 45 วัน	46 วัน - สิ้นสุดการเก็บเกี่ยว
กรรมวิธี ที่ 1	ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร	น้ำ	น้ำ
กรรมวิธีที่ 2	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับต่ำ	ค่า EC 2	ค่า EC 1.5
กรรมวิธีที่ 3	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับกลาง	ค่า EC 3	ค่า EC 2.5
กรมวิธีที่ 4	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับสูง	ค่า EC 4	ค่า EC 3.5

วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนด้วยวิธี Modified Indolphenol และโพแทสเซียม โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (Ohyama *et al.*,1991) ในใบตำแหน่งข้อที่ 4 นับจากยอด โดยนำข้อมูลที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจน(N) และโพแทสเซียม (K) กับปริมาณผลผลิตพริกหวาน และหาค่าธาตุอาหารวิกฤตในใบโดยคำนวณค่าวิกฤตจากสมการของ Mitscherlichs (Ware *et al*., 1982) ดังนี้

$$y = \beta(1—\gamma\, e^{-\alpha_x}) \qquad (1)$$

โดย y = น้ำหนักแห้งผลผลิตโดยรวมที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ระดับ x

X = ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ณ ผลผลิตนั้นๆ

β = ปริมาณผลผลิตสูงสุด

α = สัดส่วนคงที่

γ = $(\beta\text{-}y0)/\beta$ เมื่อ x = 0

จากสมการ 1 จะได้ค่าธาตุอาหารวิกฤต (x) ณ ผลผลิตสูงสุดที่ 90 % และค่า x คำนวณจาก

$$x = {}^{-}\ln(0.1/\gamma)/\alpha \qquad (2)$$

ผลการทดลอง

ความสูงต้น

ผลของระดับความเข้มข้น ของสารละลายธาตุอาหารต่อความสูงของต้นพริกหวานในระยะ 84 วันหลังย้ายปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ทำให้พืชมีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 131.7 เซนติเมตร รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 มีความสูงเฉลี่ย 119.8 เซนติเมตร และ กรรมวิธีที่ 2 มีความสูงเฉลี่ย 110.0 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 1 พืชมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 83.0 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

พื้นที่ใบ

ในระยะ 84 วันหลังย้ายปลูก พบว่า พริกหวานที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารในกรรมวิธีที่ 4 มีพื้นที่ใบ 6,106.7 ตารางเซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ซึ่งมีพื้นที่ใบ 5,255.3 และ 5,108.9 ตารางเซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 1 มีพื้นที่ใบน้อยที่สุดคือ 3,159.9 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 2)

น้ำหนักแห้งของพืช

จากผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารในระดับสูงมีน้ำหนักแห้งของใบไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 2 และ 3 แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นพบว่ากรรมวิธีที่ 4 มีน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นเฉลี่ย 85.2 กรัม และ 81.6 กรัม ตามลำดับ และมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น 65.0 กรัม ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ที่ได้รับเฉพาะน้ำมีน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นน้อยที่สุดคือ 36.2 กรัม (ตารางที่ 2)

ปริมาณผลผลิต

ผลผลิตของพริกหวานวัด โดยการชั่งน้ำหนักสดของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวต่อต้น พบว่ากรรมวิธีที่ 2-4 มีปริมาณผลผลิตต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิต 1,014.2 1,222.6 และ 1,289.8 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารมีปริมาณผลผลิตน้อยที่สุด 604.6 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 3)

ความสัมพันธ์ของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบพริกหวาน

จากกรรมวิธีทดลอง ที่ให้สารละลายธาตุอาหารตั้งแต่ระดับต่ำจนถึงระดับสูง พบว่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบพริกหวานมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงในทางบวกกับปริมาณผลผลิตต่อต้น โดยเมื่อต้นพริกหวานได้รับสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ใบมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงขึ้น ส่งผลให้พริกหวานมีปริมาณผลผลิตต่อต้นสูงขึ้น (ภาพที่ 1) โดยความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่สะสมในใบกับปริมาณผลผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, r^2) เท่ากับ 86.5 % (ภาพที่ 1(1)) และ 90.8% (ภาพที่ 1 (2)) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อความสูง พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบรวม และน้ำหนักแห้งทั้งต้น ที่อายุ 84 วันหลังย้ายปลูก

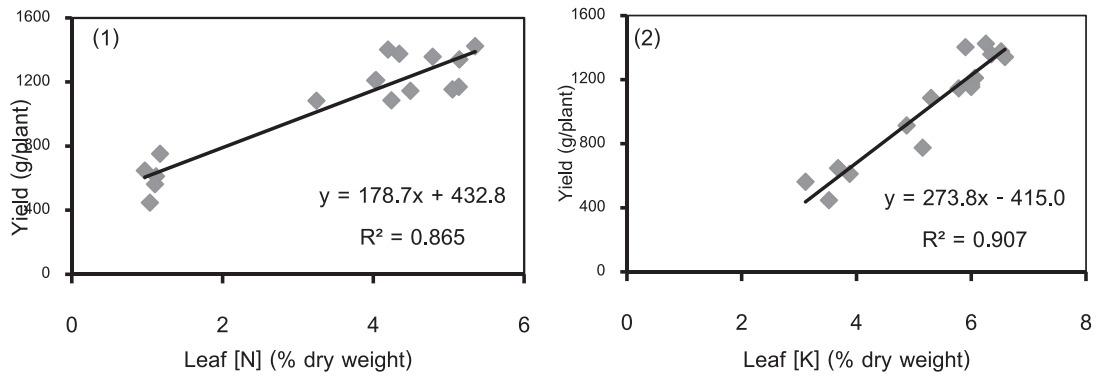
กรรมวิธี		ความสูง (ซม.)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
				ใบ	ทั้งต้น
กรรมวิธีที่ 1	ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร	83.0 d	3,159.9 b	11.6 b	36.2 c
กรรมวิธีที่ 2	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับต่ำ	110.0 c	5,255.3 a	16.8 a	65.0 b
กรรมวิธีที่ 3	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับกลาง	119.8 b	5,108.9 a	18.5 a	81.6 ab
กรรมวิธีที่ 4	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับสูง	131.7 a	6,106.7 a	21.3 a	85.2 a
LSD		9.41	1,706.8	4.7	17.2
%C.V.		4.4	18.00	14.3	13.3

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD

ตารางที่ 3 ผลของความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณผลิตต่อต้น

กรรมวิธี		ปริมาณผลผลิต (กรัม/ต้น)
กรรมวิธีที่ 1	ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร	604.6 b
กรรมวิธีที่ 2	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับต่ำ	1,014.2 a
กรรมวิธีที่ 3	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับกลาง	1,222.6 a
กรรมวิธีที่ 4	ได้รับสารละลายธาตุอาหารระดับสูง	1,289.8 a
LSD		280.7
%C.V.		14.1

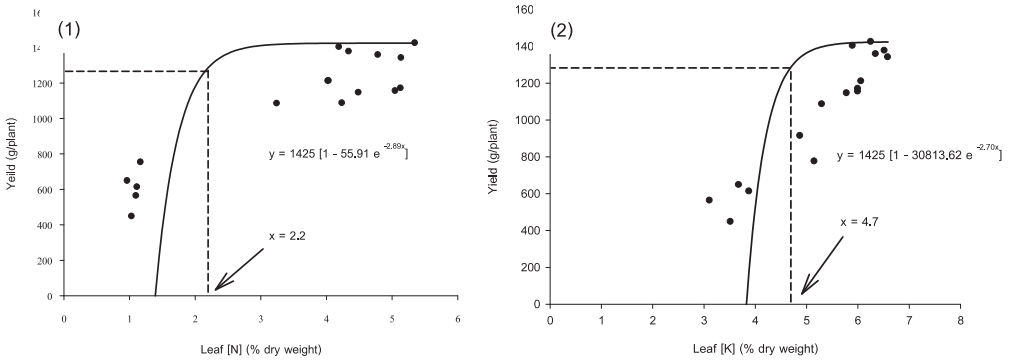
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 99 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ 84 วันหลังย้ายปลูกกับปริมาณผลผลิต (กรัม/ต้น) (1) ธาตุไนโตรเจน (2) ธาตุโพแทสเซียม

ตารางที่ 4 ไนโตรเจน และโพแทสเซียมวิกฤต ของใบพริกหวานที่อายุ 84 วันหลังย้ายปลูก สมการ $y = \beta(1—\gamma e^{-\alpha x})$

ธาตุ	α	β	γ	ค่าวิกฤต (x)	สมการ
N	2.89	1425	55.91	2.2	$y = 1425(1-55.91\ e^{-2.89x})$
K	2.70	1425	30813.62	4.7	$y = 1425(1-30813.62\ e^{-2.70x})$



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพริกหวานที่อายุ 84 วันหลังย้ายปลูก กับปริมาณผลผลิตต่อต้น เส้นทึบแสดงสมการของ Mitscherlich และจุดบนเส้นแสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ทำให้ได้ผลผลิตเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสูงสุด (1) ไนโตรเจนวิกฤต (2) โพแทสเซียมวิกฤต

ค่าวิกฤตของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบพริกหวาน

ค่าธาตุอาหารวิกฤต หาได้จากการคำนวณจากสมการของ Mitscherlichs (Ware *et al*., 1982) โดยหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบกับปริมาณผลผลิต พบว่า ค่าวิกฤตของไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่ทำให้มีค่าผลผลิตสูงสุดร้อยละ 90 คือ 2.2 และ 4.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2)

วิจารณ์

จากผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารมีการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุด ซึ่งเป็นเรื่องปกติเนื่องจากกรรมวิธีนี้ไม่ได้รับธาตุอาหารทำให้พืชขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นผลผลิตที่ได้จากการติดผลผลิตชุดแรกจึงไม่ได้คุณภาพ และหลุดร่วงก่อนถึงเวลาสุกแก่ ส่วนพริกหวานที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารในกรรมวิธีที่ 2-4 พบว่า พืชมีความสูงเพิ่มขึ้นตามสารละลายธาตุอาหารที่ได้รับ ซึ่งการเพิ่มค่า EC ทำให้พืชโตเร็ว (จนถึงจุดๆหนึ่งแล้วลดลง) ทั้งทางด้านลำต้นและด้านผลผลิต (Tongaram, 2003) อย่างไรก็ตาม พบว่าการได้รับสารละลายธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่ 2-4 กลับไม่มีผลแตกต่างทางสถิติ ในเรื่องของพื้นที่ใบ การสะสมน้ำหนักแห้งใบ และปริมาณผลผลิตรวมต่อต้นแต่ทำให้พืชมีน้ำหนักแห้งรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองนี้เลือกใช้ค่า EC ในช่วง 2.0-4.0 ซึ่งอ้างอิงจากรายงานของ Tongaram (2003) ซึ่งกล่าวไว้ว่าค่า EC ที่ให้แก่พืชจะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นพืช ค่า EC สูงเกินไปอาจยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช โดยปกติแล้วการควบคุมค่า EC ของสารอาหารพืชอยู่ระหว่าง 2.0-4.0 mS cm^{-1} ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ช่วงที่นิยมถือปฏิบัติคือระหว่าง 1.5-2.5 mS cm^{-1} นอกจากนี้

Tadesse (1997) พบว่าการเพิ่ม EC ให้สูงขึ้นในระดับ 4, 6, 8 และ 10 mS cm^{-1} ทำให้ผลของพริกหวานมีขนาดเล็ก น้ำหนักแห้งของผลลดลง ลดการเจริญเติบโต และพื้นที่ใบต่ำ เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ได้ ส่งผลต่อปริมาณน้ำในใบ และการสังเคราะห์แสงที่ลดลง จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตลดลง จากการศึกษาในมะเขือเทศในระบบ NFT และปลูกในทราย พบว่าสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ EC 6 และ 9 mS cm^{-1} ทำให้พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบลดลง โดยเฉพาะน้ำหนักสดผลผลิตที่ปลูกในระบบ NFTลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (Ismail and Ahmad, 1997) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารตั้งแต่ระดับ EC 4 mS cm^{-1} เป็นต้นไปเป็นระดับที่มากเกินไปทำให้ผลผลิตลดลง สำหรับในพริกหวานประเทศญี่ปุ่นได้แนะนำค่า EC ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 mS cm^{-1} (Tongaram, 2003) ในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของระดับธาตุอาหารที่ระดับ EC ช่วง 0-4 mS cm^{-1} ยังไม่พบการลดลงของปริมาณผลผลิต แต่พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายจาก 2-4 mS cm^{-1} ทำให้ความสูงต้นเพิ่มขึ้น แม้ว่าการเจริญเติบโตด้านอื่นและปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการเพิ่ม EC ถึงระดับ 4 mS cm^{-1} เป็นการใช้สารละลายธาตุอาหารที่มากเกินความจำเป็นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (EC 3) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารในใบกับปริมาณผลผลิต พบว่ามีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในทางบวก กล่าวคือ มีความสัมพันธ์ในลักษณะ cause – effect กันโดยตรง โดยการเพิ่มสารละลายธาตุอาหารในช่วง EC 2-4 ส่งผลให้ต้นพริกหวานกลุ่มนี้มีการสะสมธาตุไนโตรเจน อยู่ในช่วง 2.2-5.3 % และโพแทสเซียมในใบอยู่ในช่วง 4.7-6.6 % และปริมาณผลผลิตต่อต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

การจัดการธาตุอาหารพืช ด้วยการนำใบมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร เพื่อหาค่ามาตรฐานซึ่งค่านี้จะแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์พืชประสบความสำเร็จ คือมีค่ามาตรฐานที่แม่นยำและเชื่อถือได้ (Reuter and Robinson, 1997) อย่างไรก็ตามค่าวิเคราะห์ใบในพืชชนิดเดียวกันอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการปลูกเลี้ยง และระยะของการเจริญเติบโตที่ใช้กำหนดค่ามาตรฐาน เช่นในกะหล่ำปลีมีการกำหนดค่ามาตรฐานของระดับไนโตรเจนอยู่ที่ 4.5% Ekbladh (2007) ส่วนในมะเขือเทศกำหนดค่าวิกฤตของไนโตรเจนคือ 11.75 มิลลิโมล์ และโพแทสเซียม 4.88 มิลลิโมล์ (Gunes *et al*., 1998) แตกต่างจากรายงานของ Mills and Barker (2000) ศึกษาค่าวิกฤตของมะเขือเทศ ได้ค่าวิกฤติที่ 35 มิลลิกรัมไนโตรเจน/กิโลกรัม และ 70 มิลลิกรัมโพแทสเซียม/กิโลกรัม ในพริกหวานค่าวิเคราะห์ใบมีความแตกต่างกันโดยReuter and Robinson (1986) รายงานค่าวิกฤตในใบพริกหวานที่กำหนดในสหรัฐอเมริกาคือ ไนโตรเจน 3.0-4.5 % N และโพแทสเซียม 4.0-6.0 % K ส่วนที่ออสเตรเลียกำหนดค่าวิกฤตไนโตรเจน 2.9-4.6% N และ โพแทสเซียม 2.6-5.5 %K ในการทดลองนี้คำนวณด้วยสมการของ Mitscherlichs (Ware *et al*., 1982) โดยหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบ กับปริมาณผลผลิต พบว่า ค่าวิกฤตของไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่ทำให้มีค่าผลผลิตสูงสุดร้อยละ 90 คือ 2.2 และ 4.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าวิกฤตของไนโตรเจนที่ได้ค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่กำหนดในสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ส่วนค่าวิกฤติของโพแทสเซียมอยู่ในช่วงเดียวกันและสอดคล้องกัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชอาจมีมากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยหลายชนิด เช่น พันธุกรรม ตัวอย่างของพืช สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน การจัดการดิน รวมทั้งการเก็บตัวอย่างที่ดีและมีมาตรฐาน ที่นำมาสร้างค่ามาตรฐานที่มีความแม่นยำสูง และต้องใช้เวลานานจากการทดลองหรือการสำรวจ จึงจะสามารถใช้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชนั้นได้เพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Suwanwong, 2001) นอกจากนี้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวานในระบบ substrate culture ในประเทศไทยมีค่าน้อยกว่าในต่างประเทศ (Tadesse, 1997) เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่าวิกฤตของไนโตรเจนที่ได้จึงค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่กำหนดในต่างประเทศ

สรุป

การเพิ่มระดับความเข้มข้น ของสารละลายธาตุอาหารให้สูงขึ้นในช่วงค่า EC 2-4 mS cm^{-1} ส่งผลให้ความสูงต้น และน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ค่าพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ และปริมาณผลผลิตรวมต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ การให้ระดับธาตุอาหารที่ระดับ EC 4 (กรรมวิธีที่ 4) ทำให้ความสูงต้นเฉลี่ยสูงที่สุด 160.08 เซนติเมตร นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบเป็นแบบเส้นตรงในเชิงบวก ค่าวิกฤตของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบตำแหน่งข้อที่ 4 นับจากยอดในระยะ 84 วันหลังย้ายปลูก คำนวณโดยสมการของ Mitsherlichs ทำให้ได้ผลผลิตพริกหวานเท่ากับ 90 % ของผลผลิตสูงสุดคือ 2.2 และ 4.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณฝ่ายวิจัย มูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ และ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ช่วยเก็บข้อมูล ประมวลผล และอำนวยความสะดวก

เอกสารอ้างอิง

Barker, A. V. and D. J. Pilbeam. 2007. Hand Book of Plant Nutrition. Taylor & Francis Group., Unites States of pAmerica. 613 p.

Blamey, F. P. C., D. Mould and J. Chapman. 1979. Critical boron concentrations in plant tissues of sunflower cultivars. Agronomy j. 71(Mar. - Apr.) : 243-247.

Ekbladh, E. 2007. Plant analysis as a tool to determine crop nitrogen status. Ph.D. Thesis, Uppsala University, Uppsala. 46 p.

Eshbaugh, W.H. 1993. History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. p. 132-139. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York.

Gunes, A., M. Alpaslan and A. Inal. 1998. Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationships among the nutrients of NFT- grown young tomato plants. Journal of Plant Nutrition 21(10) : 2035 – 2047.

Ismail, M. R. and R. Ahmad. 1997. Differential growth and yield responses of tomato plants grown in different solution concentration using nutrient film technique and sand culture. Acta Hort. 450 : 449-455.

Kelley, T. W. and G. E. Boyhan. 2006. Lime and fertilizer management. P. 17-21. *In* Commercial Pepper Production Hand Book. Extension Service, University of Georgia. Athens, 55 p.

Mills, G. E. and A. V. Barker. 2000. Detetmination of the optimal fertilizer concentration range for plant growth in a peat-based medium. HortScience 35(5) : 828.

Mills, H. A.; Jones, J. B., Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide: Micro-Macro Publishing, Athens, GA. 422 p.

Ohyama, T., M. Ito. K. Kobayashi. S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Soyama, R. Tanemura, Y. Mizuno and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of N, P, K contents in plant and manure materials using H2SO4-H2O2 Kjeldahl digestion method. Bull. Fac. Agric., Niigata Univ., No.43, 111-120 (in Japanese with English summary)

Onthong, J., Gimsanguan, S. and Tiraphat, P. 2006. Standard values of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in longkong leaf. Agricultural Sci.J. 37 (3) : 257-268.

Poovarodom. S and W. Chatupote. 2003. Boundary line approach in specifying durian nutrient standards. Agricultural Sci.J. 34 (1-3) : 51-58.

Poovarodom. S, P. Kanyawongha and N. Boonplang. 2004. Establishment of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) leaf nutrient standards. Agricultural Sci.J. 35 (3-4) : 87-95.

Suwanwong, S. 2011. Plant Nutrition Analysis. Kasetsart university press, Bangkok. 141 p. (in Thai)

Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1986. Plant Analysis : An Interpretation Manual. Inkata Press, Melbourne, Australia. 218 p.

Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1997. Plant Analysis : An Interpretation Manual 2nd edition. CSIRO Publishing, Australia. 572 p.

Tadesse, T. 1997. Some factors affecting the yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*) cv. Domino. Ph.D. Thesis, Massey University, Palmerston North. 358 p.

Tongaram, D. 2003. Soilless culture. Se-Education PCL, Bangkok. 640 p. (in Thai)

Ware, G.O., K, Ohki and L. C. Moon. 1982. The Mitscherlich plant-growth model for determining critical nutrient deficiency levels. Agron. J. 74 : 88-91.