รายงานประจำปี/ฉบับสมบูรณ์ประจำปี 2554

โครงการวิจัยที่ 3070-3897

เรื่อง การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant nutrition management by soil analysis on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร. พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม 2554

รายงานประจำปี/ฉบับสมบูรณ์ประจำปี 2554

โครงการวิจัยที่ 3070-3897

เรื่อง การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant nutrition management by soil analysis on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ดร.พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ดร. ศุภชัย อำคา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ดร. พงษ์สันติ์ สีจันทร์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ดร. เกษศินี สิทธิวงค์ ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ธันวาคม 2554

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ และ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ประจำสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ และเจ้าของแปลงเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จึงทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant nutrition management by soil analysis on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*)

พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง[1*], ศุภชัย อำคา[2], พงษ์สันติ์ สีจันทร์[2] และ เกษศินี สิทธิวงศ์[3]

Pornpairin Rungcharoenthong[1*], Suphachai Amkha[2], Pongsant Srijantr[2] and Kassinee Sitthiwong[3]

[*]Corresponding auther: faasprr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการปุ๋ยจุลธาตุต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวานพันธุ์มู่หลาน ที่มีการส่งเสริมปลูกในสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 5x5 factorial in RCBD ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยหลักคือ การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน ได้แก่ 1)การใส่ปุ๋ยโดยวิธีของเกษตรกร 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 3,4,5) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100 50 และ 25 % และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ 2)ปุ๋ยเหล็ก 35 mg Fe/L3)ปุ๋ยแมงกานีส 50 mg Mn/L 4)ปุ๋ยสังกะสี 50 mg Zn/L และ 5)ปุ๋ยจุลธาตุทางใบรวม (Fe+Mn+Zn) จำนวน 3 ครั้ง (ช่วงออกดอก ติดผล และเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก) ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินส่งเสริมให้เพิ่มผลผลิต และความหนาเนื้อของพริกหวานสูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร ในขณะที่การเจริญเติบโตของต้น ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบและผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าการให้ปุ๋ยจุลธาตุทางใบรวมมีแนวโน้มให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: จุลธาตุ วิเคราะห์ดิน พริกหวาน

---

[1] สายวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม

[3] สาขาพืชสวนประดับ ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

Abstract

Study the effect of plant nutrition management by soil analysis relationship with micronutrient application to improved yield and quality of sweet pepper "Mulan" at Inthanon Agricultural Royal Project was examined. The experiment 5x5 factorial in RCBD was performed; major factors: applied chemical fertilizer 1)base on farmer 2) base on soil analysis 3,4,5) chemical fertilizers based on estimated uptake of 100, 50, 25% of applied nitrogen. The minor factor: micronutrient 1) non-application micronutrients, 2) Iron 35 mg Fe/L, 3) Manganese 50 mg Mn/L, 4) Zinc 50 mg Zn/L and 5) the micronutrient foliar (Fe+Mn+Zn) for 3 times at the flowering, fruit setting and first harvesting stage. The results shown that the application chemical fertilizer base on soil analysis increased fruit yield and fruit thickness was higher than the fertilizer apply base on farmer. Plant growth and nutrients concentration in leaves and fruit were no different. Furthermore, the improvement in fruit yield could be applies fertilizer base on soil analysis with micronutrients (Fe+Mn+Zn).

Key word: micronutrient, soil analysis, sweet pepper

สารบัญ

		หน้า
1.	สารบัญ	(1)
2.	สารบัญตาราง	(2)
3.	สารบัญภาพ	(4)
4.	บทนำ	1
5.	วิธีการทดลอง	3
6.	ผลและวิจารณ์	5
7.	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	21
8.	เอกสารอ้างอิง	22
9.	ภาคผนวก	24

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-30 cm	4
2.	ปริมาณไนโตรเจน (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก	10
3.	ปริมาณฟอสฟอรัส (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก	11
4.	ปริมาณโพแทสเซียม (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก	11
5	ปริมาณเหล็ก (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก	12
6	ปริมาณแมงกานีส (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก	13
7	ปริมาณสังกะสี (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก.	13
8	ปริมาณไนโตรเจน (%) ในผลพริกหวาน	14
9	ปริมาณฟอสฟอรัส (%) ในผลพริกหวาน	15
10	ปริมาณโพแทสเซียม (%) ในผลพริกหวาน	15
11	ปริมาณเหล็ก (%) ในผลพริกหวาน	16
12	ปริมาณแมงกานีส (%) ในผลพริกหวาน	16
13	ปริมาณสังกะสี (%) ในผลพริกหวาน	18
14	ความหนาเนื้อ (มม)ของผลพริกหวาน	18
15	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ในผลพริกหวาน	19
16	น้ำหนักผลผลิตพริกหวาน กรัม/ผล.	19
17	ปริมาณผลผลิตรวมพริกหวานต่อไร่	20

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางผนวกที่

1. ราคาปุ๋ยเคมีในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2554 24

2. การลงทุนค่าปุ๋ยเคมีตามการวิเคราะห์ดิน ต่อพื้นที่ 1 ไร่ 24

3. การลงทุนค่าปุ๋ยเคมีตามการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ 25

4.ราคาปุ๋ยจุลธาตุ (เหล็ก แมงกานีส และ สังกะสี) ต่อพื้นที่ 1 ไร่ 25

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. ความสูงของต้นพริกหวาน ที่อายุ 60 75 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ตำรับที่คำนวณปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6, T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) 6

2. เส้นผ่านศูนย์กลางต้นของพริกหวาน ที่อายุ 60 75 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ตำรับที่คำนวณ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6,T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) 7

3. ลักษณะของผลพริกหวานในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ทรีทเมนต์ที่คำนวณปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6, T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) . 8

4. ลักษณะผลพริกหวานผ่าตามขวางในทรีทเมนต์ A) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) B) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 9

บทที่ 1 บทนำ

1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สืบเนื่องจากโครงการหลวงได้มีการส่งเสริมการปลูกพริกหวานในดิน ทั้งในพื้นที่สถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงและแปลงส่งเสริมเกษตรกร ในการปฏิบัติ ยังพบว่าการปลูกพริกหวานในดินบางช่วงของการเพาะปลูก พบว่ามีการเจริญเติบโตของใบและของผลรูปร่างผิดปกติ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาการจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดินและ คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก ทั้งนี้เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกส่วนใหญ่เป็นน้ำที่มาจากแหล่งธรรมชาติ ที่มีต้นกำเนิดของดินในพื้นที่สูงมาจากหินปูน ซึ่งมีสารประกอบ คาร์บอเนตสูงจึงทำให้มีค่า pH ค่อนข้างสูง (7.5-8) และถ้าเกษตรกรนำน้ำจากแหล่งธรรมชาติมากักเก็บไว้ จะยิ่งส่งผลให้มีค่า pH เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่า pH ที่สูงขึ้นของน้ำส่งผลกระทบโดยตรงต่อการนำธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตไปใช้ อีกทั้งในบางพื้นที่เกษตรการมีการใช่ปุ๋ยเคมี และมูลสัตว์เป็นเวลายาวนาน จึงมีการสะสมธาตุอาหารบางชนิดในดินมากเกินไป จึงมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเสริมบางชนิดและมีการสะสมอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ หรือพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง และไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโต จึงส่งผลต่อปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตลดลง ซึ่งต้นพริกหวานแสดงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ (chlorosis) ในใบอ่อน ใบม้วนงอ และผลมีรูปทรงผิดปกติในบางช่วงของการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นอาการบ่งชี้ว่าเป็นอาการขาดธาตุอาหารเสริม ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารเสริม ให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช จะช่วยให้พริกหวานเจริญเติบโตได้ปกติ และสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิต

2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางสรีวิทยาของพริกหวานต่อการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต

2.2 เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารพืชให้กับพริกหวานที่ปลูกในพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง

3 ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 สามารถจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการปลูกพริกหวาน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องมาจากพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะธาตุอาหารเสริม เช่น ใบม้วนงอ ภาวะพร่องคลอโรฟิลล์

(chlorosis) ผลรูปร่างผิดปกติ (fruit malformation) ดอกและผลอ่อนไม่หลุดร่วง และสามารถเพิ่มผลผลิตพริกหวาน

3.2 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตพริกหวาน และพืชอื่นๆ ให้เกษตรกร และเจ้าหน้าที่วิจัยของสถานีเกษตรหลวงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอื่นๆ นำไปใช้ประโยชน์

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

การเจริญเติบโตของพริกหวาน (Sweet pepper: *Capsicum annuum* L.) ในวัสดุปลูกในพื้นที่แปลงปลูกของมูลนิธิโครงการหลวง และแปลงเกษตรกรจะแสดงอาการภาวะพร่องคลอโรฟิลล์ (Chlorosis) ในบางช่วงของฤดูการเพาะปลูก โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับ Shifriss และ Eidelman (1983) รายงานว่าการปลูกพริก "Zehavi" ในดินสภาพเนื้อปูน แสดงอาการ Chlorosis ในช่วงฤดูหนาวของ อิสราเอล และเมื่อมีการให้ Fe EDTA ทางใบ อาการ chlorosis หมดไป อีกทั้งยังแสดงผลเช่นเดียวกันกับไม้ผลที่ปลูกในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง เช่น บ๊วย ท้อ พลับ องุ่น ก็มักจะอาการพร่องคลอโรฟิลล์ ซึ่งแสดงถึงสภาวะการขาดธาตุอาหารพืชในกลุ่มสังกะสี เหล็ก และแมงกานีส อันเป็นผลเนื่องมาจาก สภาพดินเนื้อปูน (calcareous soils) และน้ำที่มีสารประกอบคาร์บอเนตละลายอยู่สูง จะทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่าง โดยมี pH 8-8.5 (พงษ์สันติ์ และคณะ, 2552) ดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตสูงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก และส่งผลให้ได้ผลผลิตลดลง (Pestana et al , 2004) ซึ่งก็สอดคล้องกับ Hewitt and Watson (1980) รายงานว่า พริกที่ขาดธาตุอาหารเสริมแสดงอาการดังนี้ ขาดธาตุเหล็ก จะแสดงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ อย่างช้าๆ ส่วนพริกที่ขาดแมงกานีสพบว่าใบมีจุดสีเหลืองในใบแก่และเส้นใบยังคงเขียว และจะขาดคลอโรฟิลล์ในที่สุด ขณะที่ขาดธาตุสังกะสี แสดงลักษณะเส้นใบเขียวและเนื้อใบมีสีเหลืองทอง (bronzeing) และก้านดอกหลุดร่วง และส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาส่วนของลำต้น ใบ เมล็ด ผล รวมทั้งการสร้างน้ำตาลในผลลดลง กิจกรรมของเอมไซม์ในกระบวนการสร้างน้ำตาล รวมทั้งกรดอินทรีย์ในพืชต่างๆ ลดลง (ยงยุทธ, 2543) และเนื่องจากเหล็กเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวน photophorylation ในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี (Sinha, 2004) การนอกจากนั้นในพื้นที่การผลิตพืชของโครงการหลวงและแปลงเกษตรกรที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีทางการเกษตรและปุ๋ยมูลสัตว์ปริมาณมากและเป็นเวลายาวนานจึงส่งผลดินมีการตกค้างของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณมาก ซึ่งจะทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน จึงจึงมักทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารที่จำเป็นบางชนิดหรือจุลธาตุโดยเฉพาะเหล็ก สังกะสี และแมงกานีส เนื่องจากเกิดภาวะแก่งแย่งระหว่างกัน เป็นผลให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารทั้ง 3 ธาตุลดต่ำลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (พงษ์สันติ์ และคณะ, 2553) จึงเป็นที่มาเกษตรกรควรประเมินคุณสมบัติของดินเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการให้ปุ๋ยตามตามสภาพของดิน และความต้องการของพืช

โดยอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดการตกค้างและสะสมของธาตุอาหารในดินในปริมาณที่มากเกินไป จนเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตของพริกหวานในพื้นที่โครงการหลวง อีกทั้งเป็นวิธีการที่จะใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน

บทที่ 3 วิธีการทดลอง

คัดเลือกแปลงพริกหวานในพื้นที่ส่งเสริมการปลูกของสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ และเก็บตัวอย่างดินจากแปลงก่อนและหลังการปลูกพริกหวาน โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อทำการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณธาตุอาหารในดิน และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีประกอบด้วย ค่าปฏิกิริยาของดิน (pH) วิเคราะห์ด้วยวิธี Electrometric method โดยใช้ เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินโดยวิธี Kjeldahl method สกัดตัวอย่างดินด้วย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) วิเคราะห์ด้วยวิธี Bray II (Bray and Kurt, 1945) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available potassium) วิเคราะห์โดยวิธี colorimetric วิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometer (AA) สกัดด้วยสารแอมโมเนียมอะซิเตต (NH_4OAC) ความเข้มข้น 1 normal ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และปริมาณจุลธาตเช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ที่สกัดได้ (Extracตารางที่ Fe Mn และ Zn) วิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic absorption spectrophotometer (AA) สกัดด้วย Diethylenetriamine Pentaacetic acid (DTPA) วัด (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองพบว่า ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด (pH 5.28) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (3.55%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (136.94 mg/kg) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (205.14 mg/kg) เหล็ก (116.62 mg/kg) แมงกานีส (24.65 mg/kg) และสังกะสี (1.56 mg/kg) มีปริมาณสูง (ตารางที่ 1) แล้วนำผลจากการวิเคราะห์ดินนำไปกำหนดสูตรปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อ้างอิงจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

โดยวางแผนการทดลองแบบ 5x5 Factorial in Randomized Complete Block design (RCBD) จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลักคือ การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน ได้แก่ 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ตำรับที่คำนวณปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6, T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) จำนวน 2 ครั้ง (ช่วงติดผลและเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-30 cm

Soil properties	Value	Results
pH(1:1 suspension)	5.28	Strongly acid
Organic matter (%)	3.55	High
Avail.P (mg/kg)	136.94	High
Exch.K (mg/kg)	205.14	High
Extract Fe (mg/kg)	116.62	High
Extract Mn (mg/kg)	24.65	High
Extract Zn (mg/kg)	1.56	High

เพาะเมล็ดพริกหวานพันธุ์ "มู่หลาน"ในเดือน มกราคม และทำการย้ายกล้า ลงแปลงปลูกในเดือนกุมภาพันธุ์เมื่อต้นกล้ามีอายุ 4 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกให้ปุ๋ยเคมีทางดินตามทรีทเมนต์ที่กำหนด T1-T5 จำนวน 2 ครั้ง เมื่อพริกอายุ 3 และ 7 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก และทำการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารเสริมในช่วงติดผลและเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใน 4 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ช่วงเริ่มออกดอก (60 วันหลังการย้ายปลูก) ช่วงการติดผล (75 วันหลังการย้ายปลูก) ช่วงการพัฒนาผล (90 วันหลังการย้ายปลูก) และช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิต (120 วันหลังการย้ายปลูก) และทำการเก็บข้อมูล pH ของดินและน้ำ ตลอดการทดลอง

เก็บตัวอย่างใบพืชในตำแหน่งที่ 3-5 นับจากปลายยอดโดยวิธีการสุ่มจำนวน 10 ใบเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ โดยนำใบไปอบให้แห้ง และนำตัวอย่างแห้งส่วนที่ 1 ไปย่อยด้วย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture และนำไปวิเคราะห์ ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate yellow color และปริมาณโพแทสเซียมโดย Atomic Absorption Spectrophotometer และ นำตัวอย่างแห้งส่วนที่ 2 ไปย่อยด้วย HNO_3-$HClO_4$ และนำไปวิเคราะห์ สังกะสี เหล็ก และแมงกานีส ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

เก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 2 ครั้ง เพื่อประเมินคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน ได้แก่ ความหนาเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ น้ำหนักผลผลิตต่อผลและต่อไร่ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในผล ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี เหล็กและแมงกานีส เช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยวิธี R-stat

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

ความสูงของต้นพริกหวาน มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นในทุกทรีทเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักและ จุลธาตุ โดยที่ 120 วันหลังย้ายปลูกมีความสูงเฉลี่ยที่ 51-65.20 เซนติเมตร (ภาพที่ 1A-E) โดยพบว่าทรีทเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณสูง มีความสูงของต้นเฉลี่ยสูงกว่า (T1 และ T5) ที่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณต่ำ (T2 และ T3)

ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางต้นเพิ่มขึ้นในช่วง 60-90 วันหลังย้ายปลูกหลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและคงที่ ในช่วง 90-120 หลังย้ายปลูกโดยที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ 12.55-13.12 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2A-E) ซึ่งในทรีทเมนต์ที่มีการให้จุลธาตุรวมพบว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางต้นมีแนวโน้มสูงกว่าในทรีทเมนต์อื่น แต่เมื่อดูความสัมพันธุ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นพบว่าในทรีทเมนต์ที่ให้ความสูงของต้นมากที่สุด แต่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นน้อยที่สุด

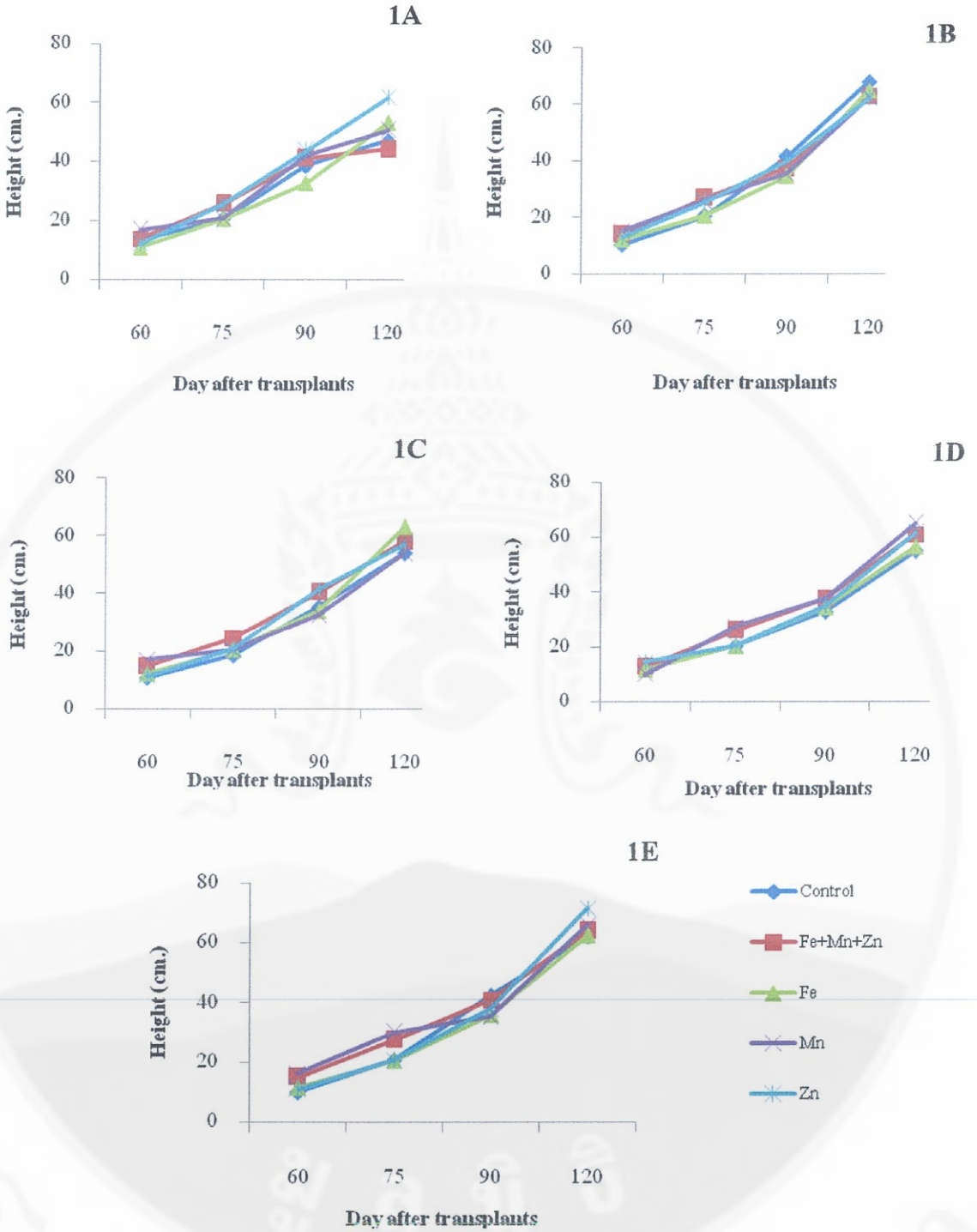
ลักษณะการเจริญเติบโตของผลพริกหวานในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1 ในแต่ละทรีทเมนต์ผลที่เก็บเกี่ยวมีสีเขียวเข้ม และต้องยังไม่มีการเปลี่ยนเป็นสีแดง (เนื่องจากตลาดมีความต้องการพริกสีเขียว) มีลักษณะเหมือนกัน โดยมี 3-4 พูในแต่ละผล (ภาพที่ 3-4) และขนาดผลผลิตจะเล็กลงเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 เนื่องจากปริมาณ ผลต่อต้นสูง จึงทำให้มีการแก่งแย่งอาหารจึงส่งผลต่อขนาดของผลผลิต

2. ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

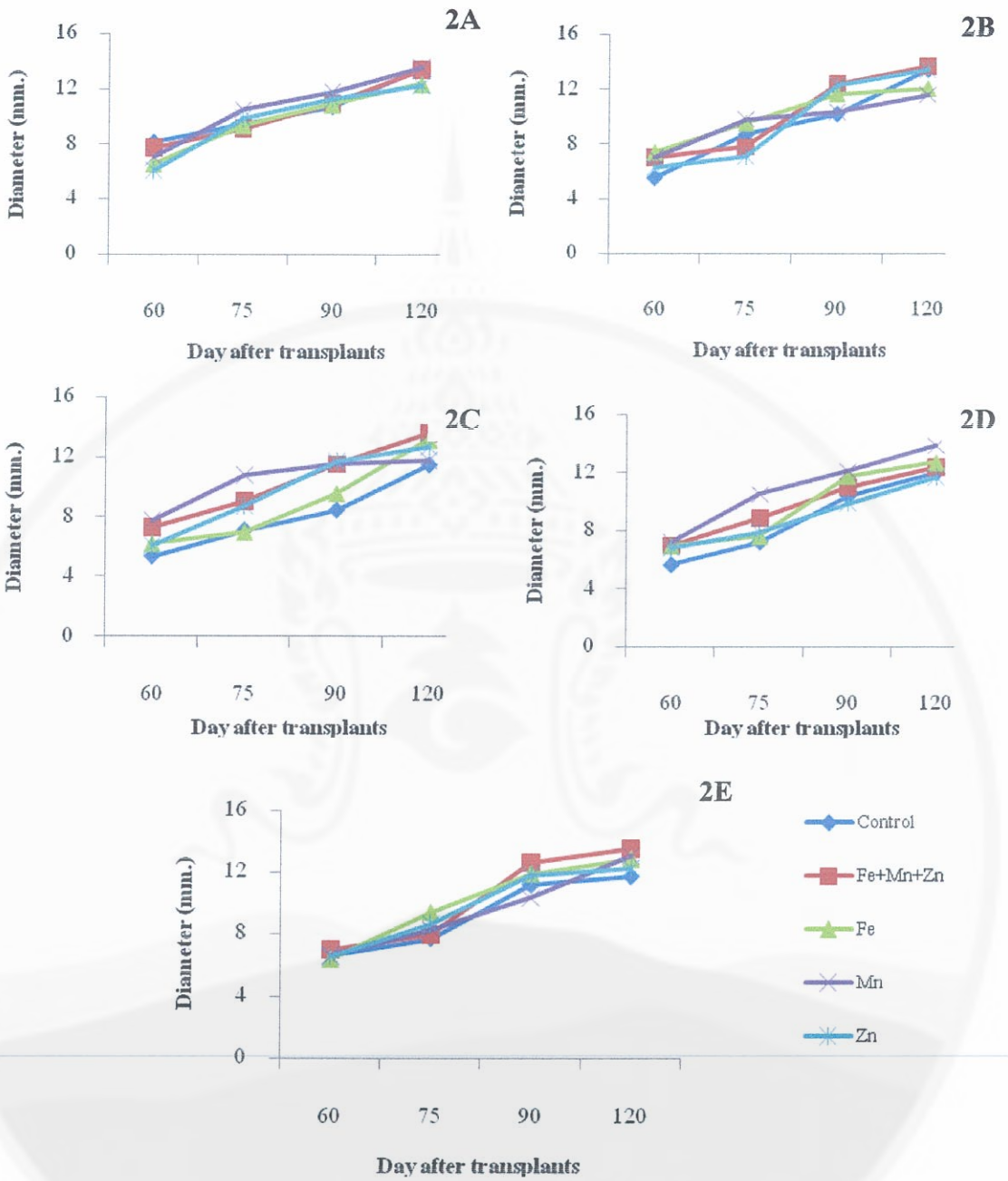
2.1 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในใบพริกหวาน

2.1.1 ไนโตรเจนในใบ

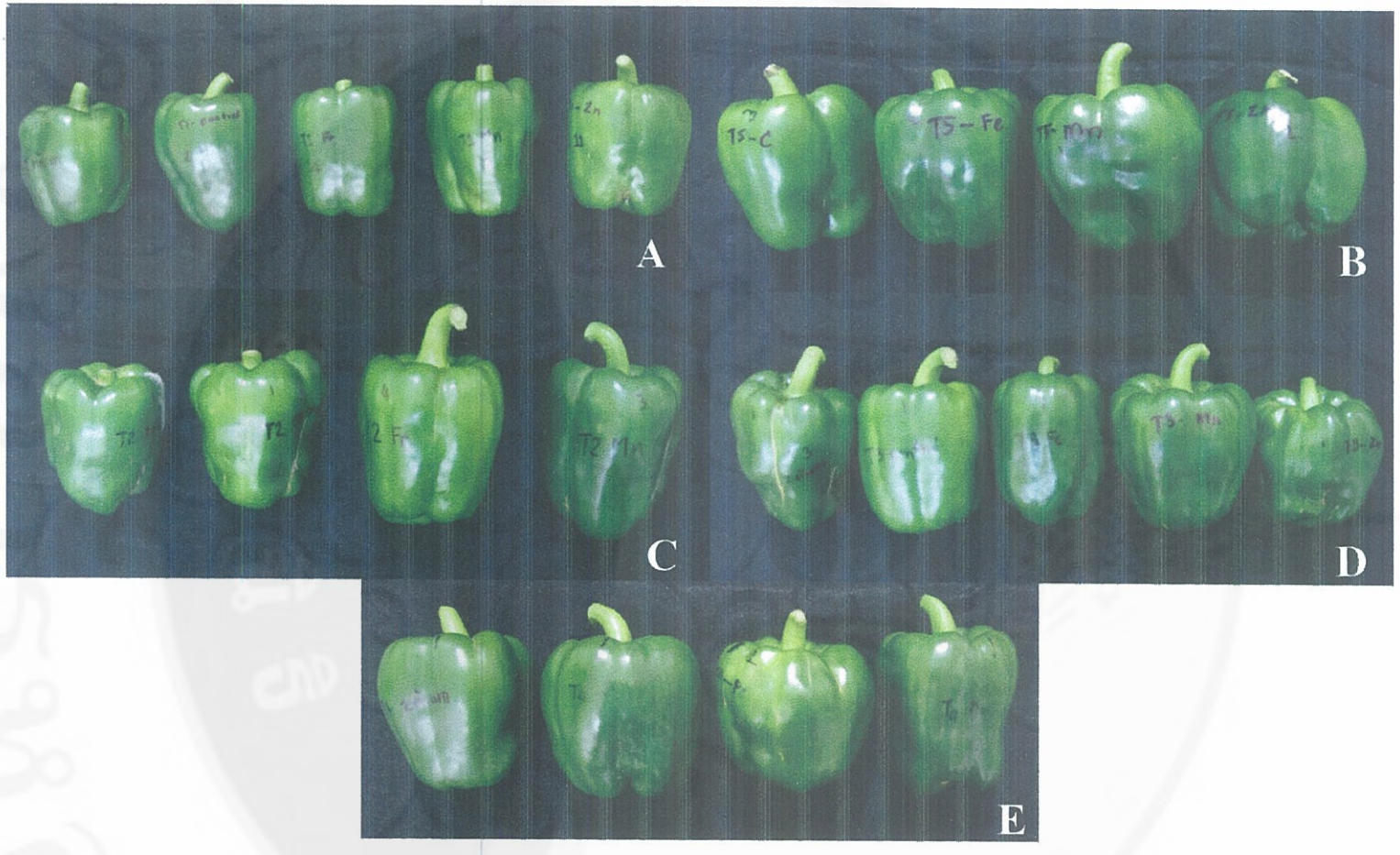
การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพริกหวานแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ให้ปริมาณไนโตรเจนในใบสูงสุดที่ 4.164 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร T5, T3, T1 และ T4 ให้ปริมาณไนโตรเจนในใบเป็น 3.932, 3.899, 3.580 และ 3.486 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบ ซึ่งสอดคล้อง Fageria (2001) รายงานว่าการเพิ่มไนโตรเจนในดินเป็นการเพิ่มปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของพืช แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชด้วย นอกจากนี้หากในดินมีโพแทสเซียมในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการดึงไนโตรเจนมาใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Anonymous, 1998) ดังนั้นการให้ไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชจึงเป็นสิ่งที่เหมาะที่สุด



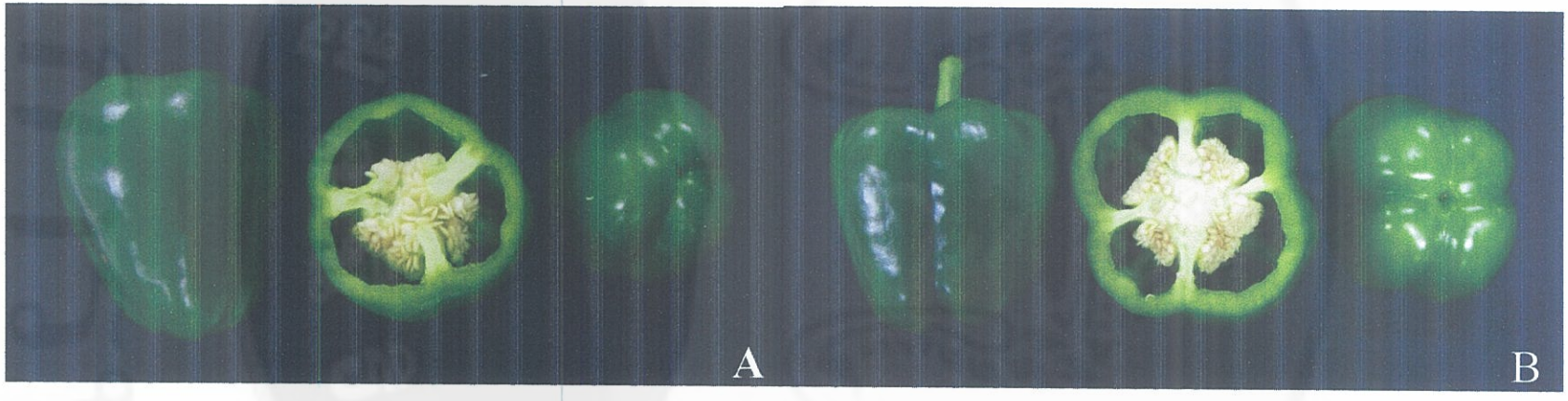
ภาพที่ 1 ความสูงของต้นพริกหวาน ที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ตำรับที่คำนวณปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6, T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1) ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn)



ภาพที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางต้นของพริกหวาน ที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังย้ายปลูก 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ตำรับที่คำนวณ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6,T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn)



ภาพที่ 3 ลักษณะของผลพริกหวานในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต 1) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) 2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6) 3) ทรีทเมนต์ที่คำนวณ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% (T3= 10-4-6, T4= 20-4-6, T5= 40-4-6 N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยรองคือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (control) 2) ปุ๋ยเหล็ก (Fe) 50 mg Fe/L 3) ปุ๋ยแมงกานีส (Mn) 50 mg Mn/L 4) ปุ๋ยสังกะสี (Zn) 35 mg Zn/L และ 5) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe–Mn+Zn)



ภาพที่ 4 ลักษณะผลพริกหวานผ่าตามขวางในทรีทเมนต์ A) การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (T2=26-10-10) B) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (T1=12-4-6)

ตารางที่ 2 ปริมาณไนโตรเจน (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment (A)	with micronutrient (B)					Avg. (A)
	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	
T1=26-10-10	3.385	3.818	3.435	3.645	3.618	3.580^{BC}
T2=12-4-6	4.373	4.523	4.035	3.972	3.917	4.164^{A}
T3=10-4-6	3.836	4.084	4.135	2.893	4.485	3.899^{ABC}
T4=20-4-6	3.066	3.552	3.594	3.782	3.438	3.486^{C}
T5=40-4-6	4.052	4.032	4.177	4.117	3.282	3.932^{AB}
Avg. (B)	3.719	4.002	3.875	3.682	3.748	
CV (%)	12.19					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

2.1.2 ฟอสฟอรัสในใบ

ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบพริกหวานแตกต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T4 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงสุดที่ 0.484 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร T3 T1 T5 และ T2 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบเป็น 0.386, 0.383, 0.367 และ 0.292 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบ T1 และ T2 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ให้เพิ่มไปทางดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากภาวะ P-fixing เป็นความสามารถของดินในการตรึงฟอสเฟต ที่ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของดิน ทำให้ถึงแม้จะใส่ฟอสฟอรัสในดินเพิ่มเข้าไป แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบกลับไม่เพิ่มขึ้นตาม โดยทั่วไปพบว่าพืชจะสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ 5-15% ของปริมาณที่ใส่ลงไปในดินและที่เหลือจะถูกตรึงไว้ (Meyer and Dicks, 1979) ส่วนการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการให้จุลธาตุไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในใบ (ตารางที่ 3)

2.1.3 โพแทสเซียมในใบ

ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบพบว่า ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน ร่วมกับการให้จุลธาตุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมทาบอลิซึมในพืช การทำงานของเอนไซม์ การควบคุมแรงเต่งในเซลล์ กลไกการเปิดปิดปากใบ และสมดุลของประจุภายในเซลล์ (Humble and Raschke, 1971, Kaiser, 1982) พืชจึงต้องมีการควบคุมการนำโพแทสเซียมไปใช้ ยงยุทธ (2552) กล่าวว่า การเพิ่มโพแทสเซียมทางดินจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของธาตุนี้ในส่วนต่างๆ

ของพืช การเพิ่มปุ๋ยในอัตราที่สูงไปพืชจะสะสมไว้ในเนื้อเยื่อมากขึ้นแต่ไม่เพิ่มการเจริญเติบโต แต่อาจมีผลต่อการดูดซึมของแคลเซียม และ แมกนีเซียม (Mengel, 2007)

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.395	0.467	0.284	0.485	0.284	0.383^{B}
T2=12-4-6	0.259	0.302	0.225	0.331	0.345	0.292^{C}
T3=10-4-6	0.456	0.394	0.412	0.367	0.370	0.386^{B}
T4=20-4-6	0.498	0.479	0.416	0.547	0.479	0.484^{A}
T5=40-4-6	0.420	0.345	0.379	0.312	0.378	0.367^{BC}
Avg. (B)	0.393	0.397	0.343	0.408	0.371	
CV (%)	20.64					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียม (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	5.290	4.983	4.456	4.900	5.272	4.980
T2=12-4-6	4.178	5.788	5.597	5.920	5.481	5.393
T3=10-4-6	4.945	4.953	5.506	5.165	5.059	5.171
T4=20-4-6	4.763	4.671	6.219	5.057	4.869	5.116
T5=40-4-6	4.119	4.510	6.012	5.612	4.292	4.909
Avg. (B)	4.588	4.981	5.558	5.331	4.995	
CV (%)	13.67					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

2.1.4 เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในใบ

ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กสูงในทรีทเมนต์ที่มีการใส่ฟอสฟอรัสปริมาณต่ำ (ตารางที่ 5) เนื่องมาจากสารประกอบฟอสเฟตจะไปขัดขวางการดูดเหล็ก และสังกะสี ของรากและการเคลื่อนย้ายจากรากสู่ส่วนเหนือดิน แต่จะไปเพิ่มการดูดใช้แมงกานีส (Smilde, 1973) และยังพบปริมาณเหล็กรองลงมาในทรีทเมนต์ที่มีการให้เหล็กทางใบ ในปัจจัยที่ไม่มีการให้จุลธาตุ การเพิ่มฟอสฟอรัสทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในใบลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเหล็กฟอสเฟต (Fe_2PO_4) แล้วไปลดการดูดใช้เหล็กของรากพืช และการเคลื่อนที่ของเหล็กภายในพืช (Ayed, 1970) ในการทดลองถึงแม้จะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินแต่ไม่พบว่าพืชแสดงอาการขาดเหล็ก ทั้งผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบยังอยู่ในระดับที่พอเพียง เนื่องจากเหล็กในดินที่มีมากอยู่ก่อนแล้ว ถึงมีการไปรวมตัวกับฟอสเฟตก็น่าจะยังมีบางส่วนที่พืชยังสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้เหล็กเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์รีดักเตส การเหล็กสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่เปลี่ยนไนเตรตไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Timmermans et al., 1994)

ตารางที่ 5 ปริมาณเหล็ก (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0083^{f-k}	0.0108^{a-e}	0.0101^{b-h}	0.0075^{ijk}	0.0067^{jk}	0.0087^{BC}
T2=12-4-6	0.0119^{ab}	0.0097^{b-i}	0.0114^{abc}	0.0081^{g-k}	0.0102^{b-g}	0.0102^{A}
T3=10-4-6	0.0213^{a}	0.0074^{ijk}	0.0086^{e-j}	0.0074^{ijk}	0.0089^{d-j}	0.0081^{C}
T4=20-4-6	0.0112^{a-d}	0.0095^{c-i}	0.0077^{h-k}	0.0086^{e-k}	0.0081^{g-k}	0.0090^{BC}
T5=40-4-6	0.0130^{a}	0.0110^{a-d}	0.0106^{a-f}	0.0062^{k}	0.0077^{h-k}	0.0097^{AB}
Avg. (B)	0.0111^{W}	0.0097^{X}	0.0097^{X}	0.0075^{Y}	0.0083^{Y}	
CV			12.35			

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T1 ส่งเสริมให้ปริมาณแมงกานีสในใบที่สูงสุด (ตารางที่ 6) ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การให้ฟอสฟอรัสทางดินเพิ่มสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ให้ปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Smilde (1973) ที่รายงานว่า การเพิ่มฟอสฟอรัสจะไปเพิ่มการดูดใช้แมงกานีสของพืช ขณะที่การจัดการจุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะแมงกานีสและการให้เฉพาะสังกะสี ให้ปริมาณแมงกานีสในใบไม่แตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ร่วมกับการให้แมงกานีสมีผลให้มีปริมาณแมงกานีสในใบที่สูงสุด การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร T5 และ T2 ให้ปริมาณสังกะสีในใบสูงสุดที่ 0.0139 และ 0.0132 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) ตามลำดับ เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นจะลดความสามารถในการละลายของสังกะสีในดิน (Smilde, 1973) นอกจากนี้ฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นยังส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตเร็ว แต่พบว่าปริมาณสังกะสีใน

เนื้อเยื่อพืชลดลงและไม่เพียงพอ (ยงยุทธ, 2552) แต่อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยทางดิน T5 ที่ไม่ได้ให้ฟอสฟอรัสทางดินเพิ่มกลับให้ปริมาณสังกะสีในใบสูงเช่นกัน เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของสังกะสี โดย Fageria (2001) รายงานว่า การเพิ่มปุ๋ยแอมโมเนียมไนโตรเจนเป็นการลด pH บริเวณรอบๆรากพืช เมื่อ pH ลดลง ความสามารถในการละลายของสังกะสีในดินจึงเพิ่มขึ้น ทำให้การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T5 มีปริมาณสังกะสีในใบเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ส่วนการจัดการจุลธาตุโดยให้จุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะสังกะสี และไม่ให้จุลธาตุเลยให้ปริมาณสังกะสีในใบที่สูงที่สุด โดยให้ปริมาณสังกะสีอยู่ที่ 0.0136, 0.0132 และ 0.0130 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 40-0-0 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมให้ปริมาณสังกะสีสูงสุดที่ 0.0181 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ปริมาณแมงกานีส (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0661^{abc}	0.0461^{h-k}	0.0466^{hij}	0.0577^{d-g}	0.0567^{efg}	0.0545^{B}
T2=12-4-6	0.0649^{a-d}	0.0617^{b-e}	0.0586^{c-f}	0.0704^{a}	0.0584^{c-f}	0.0628^{A}
T3=10-4-6	0.0543^{b}	0.0342^{m}	0.0403^{j-m}	0.0422^{i-l}	0.0497^{ghi}	0.0416^{D}
T4=20-4-6	0.0594^{b-f}	0.0589^{c-f}	0.0402^{j-m}	0.0386^{klm}	0.0413^{j-m}	0.0477^{C}
T5=40-4-6	0.0672^{ab}	0.0449^{h-k}	0.0355^{lm}	0.0515^{fgh}	0.0501^{ghi}	0.0498^{C}
Avg. (B)	0.0644^{W}	0.0492^{X}	0.0442^{Y}	0.0520^{X}	0.0512^{X}	
CV (%)	19.00					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 7 ปริมาณสังกะสี (%) ในใบพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก.

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0139^{cd}	0.0130^{c-f}	0.0085^{j}	0.0085^{j}	0.0131^{c-f}	0.0114^{B}
T2=12-4-6	0.0130^{c-f}	0.0128^{def}	0.0126^{d-g}	0.0131^{c-f}	0.0148^{bc}	0.0132^{A}
T3=10-4-6	0.0145^{bcd}	0.0108^{ghi}	0.0100^{hij}	0.0113^{e-h}	0.0107^{hi}	0.0107^{B}
T4=20-4-6	0.0105^{hi}	0.0131^{cde}	0.0104^{hij}	0.0093^{ij}	0.0113^{fgh}	0.0109^{B}
T5=40-4-6	0.0144^{bcd}	0.0181^{a}	0.0103^{hij}	0.0104^{hi}	0.0162^{b}	0.0139^{A}
Avg. (B)	0.0130^{W}	0.0136^{W}	0.0104^{X}	0.0105^{X}	0.0132^{W}	
CV	7.45					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

2.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผลพริกหวาน

2.2.1 ไนโตรเจนในผล

ปริมาณไนโตรเจนในผลเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนในใบซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารในผล เมื่อปริมาณไนโตรเจนในใบมากจะสามารถเคลื่อนย้ายมายังผลได้มากเช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่าประมาณ 45.8-59.2% ของไนโตรเจนในใบจะเคลื่อนย้ายมายังผล (Hegde, 1997) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 T3 และ T1 ให้ปริมาณไนโตรเจนในผลสูงสุด (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	2.109	2.207	2.312	2.212	2.273	2.223^{B}
T2=12-4-6	2.287	2.545	2.446	2.759	2.459	2.499^{A}
T3=10-4-6	3.125	2.360	2.701	2.245	2.691	2.624^{A}
T4=20-4-6	2.286	2.684	2.152	2.246	2.482	2.370^{AB}
T5=40-4-6	2.770	2.595	2.790	2.511	2.348	2.603^{A}
Avg. (B)	2.515	2.478	2.480	2.395	2.451	
CV			11.66			

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

2.2.2 ฟอสฟอรัสในผล

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดที่ 0.756 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T5 (ตารางที่ 9) เช่นเดียวกับ ตารางที่ 2 จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสในผลมีความแตกต่างกับปริมาณฟอสฟอรัสในใบ โดยปัจจัยที่มีปริมาณธาตุอาหารในใบต่ำกลับให้ปริมาณฟอสฟอรัสในผลสูง Tapia and Gutierrez (1997) รายงานว่าการที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบลดลงอาจเป็นเพราะพืชส่งฟอสฟอรัสไปเลี้ยงผล ในมะเขือเทศจะพบปริมาณฟอสฟอรัสในผลสูงถึง 46%-66% ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโต

2.2.3 โพแทสซียมในผล

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T5 ให้ปริมาณโพแทสเซียมในผลสูงที่สุด แต่ถ้าการให้ปุ๋ยเคมีสูตร T2 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมพบปริมาณโพแทสเซียมในผลมากที่สุด โดยที่การจัดการจุลธาตุเพียงอย่างเดียวไม่มีผลทางสถิติต่อปริมาณโพแทสเซียมในผลพริกหวาน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ปริมาณฟอสฟอรัส (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.438	0.630	0.603	0.509	0.435	0.523^{C}
T2=12-4-6	0.511	0.765	0.894	0.838	0.816	0.765^{A}
T3=10-4-6	0.626	0.664	0.530	0.596	0.453	0.574^{C}
T4=20-4-6	0.713	0.707	0.543	0.492	0.504	0.592^{BC}
T5=40-4-6	0.730	0.702	0.630	0.644	0.655	0.672^{AB}
Avg. (B)	0.604	0.694	0.640	0.616	0.573	
CV			16.20			

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 10 ปริมาณโพแทสเซียม (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	2.796^{f-i}	2.767^{f-i}	2.738^{ghi}	2.471^{i}	2.482^{i}	2.651^{D}
T2=12-4-6	3.737^{ab}	2.891^{fgh}	3.668^{ab}	3.271^{cdc}	3.609^{abc}	3.435^{B}
T3=10-4-6	2.967^{e-h}	3.086^{d-g}	3.874^{a}	3.656^{ab}	3.557^{abc}	3.428^{B}
T4=20-4-6	3.046^{e-h}	3.001^{e-h}	2.731^{hi}	2.989^{e-h}	3.104^{def}	2.974^{C}
T5=40-4-6	3.662^{ab}	3.848^{a}	3.415^{bcd}	3.731^{ab}	3.480^{bc}	3.627^{A}
Avg. (B)	3.241	3.119	3.285	3.224	3.246	
CV			5.28			

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

2.2.4 เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผล

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ทำให้ความเข้มข้นของจุลธาตุในผลสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตรอื่นๆ (ตารางที่ 12, 13) ยกเว้นเหล็กที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T4 ทำให้ความเข้มข้นในผลที่มากกว่า (ตารางที่ 11) การจัดการจุลธาตุมีผลให้เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากแมงกานีสและสังกะสีเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ออกซิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และเร่งการขยายขนาดของเซลล์ในช่วงการพัฒนาผล (ยงยุทธ, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับเหล็กส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ IAA oxidase (Han et al., 2005)

ตารางที่ 11 ปริมาณเหล็ก (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0044^{f}	0.0195^{c}	0.0098^{c-f}	0.0096^{def}	0.0086^{def}	0.0104^{B}
T2=12-4-6	0.0098^{c-f}	0.0111^{c-f}	0.0074^{ef}	0.0095^{def}	0.0185^{cd}	0.0113^{B}
T3=10-4-6	0.0927^{a}	0.0096^{def}	0.0079^{ef}	0.0102^{c-f}	0.0093^{def}	0.0259^{A}
T4=20-4-6	0.0662^{b}	0.0152^{cde}	0.0140^{c-f}	0.0055^{ef}	0.0115^{c-f}	0.0225^{A}
T5=40-4-6	0.0081^{ef}	0.0094^{def}	0.0104^{c-f}	0.0106^{c-f}	0.0081^{ef}	0.0093^{B}
Avg. (B)	0.0363^{W}	0.0130^{X}	0.0099^{X}	0.0091^{X}	0.0112^{X}	
CV	30.06					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 12 ปริมาณแมงกานีส (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0053^{hi}	0.0048^{ijk}	0.0038^{lmn}	0.0056^{gh}	0.0053^{h}	0.0050^{C}
T2=12-4-6	0.0061^{cf}	0.0064^{dc}	0.0048^{jk}	0.0052^{hij}	0.0066^{cd}	0.0058^{A}
T3=10-4-6	0.0103^{a}	0.0037^{mno}	0.0032^{p}	0.0048^{ijk}	0.0041^{lm}	0.0052^{B}
T4=20-4-6	0.0069^{bc}	0.0055^{h}	0.0037^{mno}	0.0035^{nop}	0.0034^{op}	0.0046^{D}
T5=40-4-6	0.0059^{fg}	0.0072^{b}	0.0042^{l}	0.0047^{k}	0.0047^{k}	0.0053^{B}
Avg. (B)	0.0069^{W}	0.0055^{X}	0.0039^{Z}	0.0048^{Y}	0.0048^{Y}	
CV	4.12					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

3. ผลของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อคุณภาพผลผลิตพริกหวาน

3.1 ความหนาเนื้อ

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ให้ความหนาเนื้อของพริกหวานมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตราอื่นๆ โดยที่โดยที่ปุ๋ย ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่เพิ่มมีแนวโน้มให้ความหนาเนื้อที่ลดลงเนื่องจากในดินมีปริมาณ ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในปริมาณที่สูง เช่นเดียวกับ Rubio *et al* (2009) รายงานว่าการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมเป็นการเพิ่มความหนาเนื้อ แต่การเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่มากเกินไปจะส่งผลให้ความหนาเนื้อลดลงได้ เนื่องจากเกิดภาวะที่ไม่สมดุลกันระหว่างโพแทสเซียมและแคลเซียมในผล ซึ่งการที่พริกหวานมีความหนาเนื้อสูงอาจส่งผลให้น้ำหนักผลของพริกหวานสูงขึ้น ส่วนการไม่ให้จุลธาตุ การจัดการ

จุลธาตุแบบรวมให้ความหนาเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน และการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความหนาเนื้อ (ตารางที่ 14)

3.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T4 ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T1 ซึ่งการเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสในผลพริก (Rubio *et al.*, 2009) แต่ในการปลูกพืชในดินยังมีปัจจัยอื่นๆที่ทำให้พืชใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมได้ไม่เต็มที่ ทำให้การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ที่เพิ่มปริมาณโพแทสเซียมไปแล้วยังมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยอยู่ ในขณะที่การจัดการจุดจุลธาตุโดยการให้เฉพาะแมงกานีส ให้เฉพาะสังกะสี และการไม่ให้จุลธาตุให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำไม่มีความแตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T3 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุโดยให้เฉพาะสังกะสีให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำสูงที่สุด (ตารางที่ 15)

3.3 น้ำหนักผล

ซึ่งจากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ให้น้ำหนักผลไม่แตกต่างจากการปุ๋ยเคมีทางดินสูตร T4 และ T5 (ตารางที่ 16) แต่พบว่ามีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Roy *et al* (2011) รายงานว่าการให้ไนโตรเจนในปริมาณที่สูงขึ้นจะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณและน้ำหนักผลต่อต้นของพริกหวานได้ ยกเว้นการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน T2 ให้ผลผลิตสูงที่สุด น่าจะเกี่ยวข้องกับสมดุลของธาตุอาหารในดิน ถึงแม้ว่าจะมีการให้ปุ๋ยในปริมาณน้อยแต่สามารถให้ผลผลิตที่สูงกว่า แสดงว่าปุ๋ยที่ให้มากกว่าความต้องการของพืชอาจส่งเสริมให้มีการเกิดปฏิกิริยาแก่งแย่งระหว่างธาตุอาหาร และเกิดการสะสมในดินมากเกินไปทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าง T1 T2 และ T3 พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มากหรือ น้อยเกินไปก็ส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องปริมาณไนโตรเจนที่พบในใบ (ตารางที่ 2) ดังนั้นการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการผลิตพริกหวานซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งแก่เกษตรกรที่สามารถช่วยลดรายจ่ายค่าปุ๋ยลงได้

3.4 ผลผลิตต่อไร่

จากปริมาณน้ำหนักต่อผลพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี T2 มีแนวโน้มจะให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด เมื่อนำมาคิดปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 2 ชุดพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน T2 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดที่ 5.037 ตันต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร T2 เพียงอย่างเดียวให้ปริมาณผลผลิตพริกหวานต่อไร่รองลงมาโดยเท่ากับ 4.882 ตันต่อไร่ โดยผลผลิตต่อไร่ต่างกันประมาณ 200 กิโลกรัม (ตารางที่ 17) ดังนั้นการเลือกการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับ จุลธาตุแบบรวม ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินน่าจะมีประสิทธิภาพเพียงพอในการผลิตพริก

หวานและเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกร และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในปุ๋ยเคมี และ ยังสามารถลดการการสะสมปุ๋ยเคมีในดิน และ การปลดปล่อยสารไนโตรเจนสู่บรรยาการ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 13 ปริมาณสังกะสี (%) ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	0.0010^{q}	0.0024^{op}	0.0022^{p}	0.0025^{nop}	0.0022^{p}	0.0021^{D}
T2=12-4-6	0.0033^{ijk}	0.0040^{def}	0.0044^{bc}	0.0040^{efg}	0.0048^{a}	0.0041^{A}
T3=10-4-6	0.0044^{bcd}	0.0031^{kl}	0.0031^{kl}	0.0041^{c-f}	0.0027^{mno}	0.0035^{C}
T4=20-4-6	0.0030^{klm}	0.0046^{ab}	0.0036^{ghi}	0.0028^{lmn}	0.0035^{hij}	0.0035^{C}
T5=40-4-6	0.0042^{b-e}	0.0036^{hij}	0.0043^{b-e}	0.0038^{fgh}	0.0032^{jk}	0.0038^{B}
Avg. (B)	0.0032^{Y}	0.0035^{W}	0.0035^{W}	0.0034^{WX}	0.0033^{XY}	
CV	5.18					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 14 ความหนาเนื้อ (มม) ของผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	5.35	6.15	5.23	5.70	5.00	5.48^{C}
T2=12-4-6	7.86	7.01	7.43	6.51	6.11	6.98^{A}
T3=10-4-6	6.00	6.72	6.27	6.42	5.80	6.24^{B}
T4=20-4-6	6.72	7.00	5.42	6.40	6.60	6.43^{B}
T5=40-4-6	7.27	6.25	6.23	6.26	5.75	6.35^{B}
Avg. (B)	6.66^{W}	6.62^{W}	6.11^{X}	6.26^{WX}	5.85^{X}	
CV (%)	8.55					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 15 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ในผลพริกหวาน

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	4.90^{a-d}	4.15^{e-i}	4.52^{c-g}	4.97^{a-d}	4.65^{c-f}	4.64^{AB}
T2=12-4-6	4.65^{c-f}	3.92^{ghi}	4.10^{e-i}	3.65^{i}	3.75^{i}	4.017^{C}
T3=10-4-6	4.75^{b-e}	3.75^{i}	3.87^{ghi}	4.35^{c-h}	5.47^{a}	4.44^{B}
T4=20-4-6	5.40^{ab}	4.50^{c-h}	4.65^{c-f}	5.10^{abc}	4.52^{c-g}	4.83^{A}
T5=40-4-6	3.93^{ghi}	3.88^{ghi}	4.15^{d-i}	3.97^{f-i}	3.80^{hi}	3.94^{C}
Avg. (B)	4.72^{W}	4.04^{Y}	4.26^{XY}	4.41^{WX}	4.44^{WX}	
CV(%)	7.87					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 16 น้ำหนักผลผลิตพริกหวาน กรัม/ผล

Treatment	with micronutrient (B)					Avg.
(A)	control	Fe+Mn+Zn	Fe	Mn	Zn	(A)
T1=26-10-10	160.87	189.54	183.37	186.87	179.37	180.00^{B}
T2=12-4-6	228.87	236.12	178.62	213.21	217.37	214.84^{A}
T3=10-4-6	168.50	157.75	196.62	185.87	189.62	179.67^{B}
T4=20-4-6	203.50	209.50	183.54	200.83	202.54	199.98^{AB}
T5=40-4-6	184.00	208.12	202.29	208.79	169.87	194.61^{AB}
Avg. (B)	189.15	200.20	188.89	199.11	191.75	
CV(%)	13.88					

Means followed by different letters are significant by Least Significant Difference Test at P=0.05

ตารางที่ 17 ปริมาณผลผลิตรวมพริกหวานต่อไร่

Treatment		Weight of fruit				Total yield Ton/Rai
		1st harvest		2nd harvest		
		g/fruit	Ton/Rai	g/fruit	Ton/Rai	
	Control	200.00	2.13	121.75	1.298	3.431
T1	Fe+Mn+Zn	225.33	2.40	153.75	1.639	4.043
26-10-10	Fe	227.00	2.42	139.75	1.490	3.911
	Mn	254.00	2.71	119.75	1.277	3.986
	Zn	221.50	2.36	137.25	1.463	3.826
	Control	271.00	2.89	186.75	1.991	4.882
T2	Fe+Mn+Zn	303.00	3.23	169.25	1.805	5.037
12-4-6	Fe	201.50	2.15	155.75	1.661	3.810
	Mn	245.56	2.62	180.87	1.929	4.548
	Zn	308.00	3.29	126.75	1.351	4.637
	Control	187.00	1.99	150.00	1.599	3.594
T3	Fe+Mn+Zn	196.50	2.10	119.00	1.269	3.365
10-0-0	Fe	268.25	2.86	125.00	1.333	4.194
	Mn	225.00	2.40	146.75	1.565	3.965
	Zn	200.00	2.13	179.25	1.911	4.045
	Control	269.00	2.87	138.00	1.471	4.341
T4	Fe+Mn+Zn	269.00	2.87	150.00	1.599	4.469
20-0-0	Fe	198.00	2.11	169.08	1.803	3.915
	Mn	270.00	2.88	131.66	1.404	4.284
	Zn	245.00	2.61	160.08	1.707	4.320
	Control	218.00	2.33	150.00	1.599	3.925
T5	Fe+Mn+Zn	253.00	2.70	163.25	1.741	4.439
40-0-0	Fe	246.33	2.68	158.25	1.687	4.315
	Mn	242.33	2.58	175.25	1.869	4.453
	Zn	200.00	2.13	139.75	1.490	3.623

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

1) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรายแปลง (T2: 12-4-6) มีประสิทธิภาพเพียงพอในการเพิ่มผลผลิตพริกหวาน
2) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการให้จุลธาตุทางใบให้ผลผลิตสูงที่สุด
3) การผลิตพริกหวานบนพื้นที่โครงการหลวงควรส่งเสริมให้มีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เนื่องจากพื้นที่ส่งเสริมการปลูกมักจะมีการสะสมฟอสฟอรัสและ โพแทสเซียมสูง เนื่องมาจากมาการใช้ปุ๋ยคอก (มูลไก่) และปุ๋ยเคมีเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารอีกทั้งเกษตรกรสามารถลดค่าปุ๋ยเคมี ค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เพิ่มสูงขึ้น และลดการสูญเสียปุ๋ยเคมีสู่สภาพแวดล้อมทั้งทางดิน น้ำและ ทางอากาศ นำไปสู่วิธีการผลิตพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัยพากรอย่างยั่งยืน
4) การวิเคราะห์ดินสามารถส่งเสริมเกษตรกรวิเคราะห์อย่างง่าย โดยใช้ test kit เพื่อวิเคราะห์ N P และ K หรือเกษตรกร เก็บตัวอย่างดินและส่งให้เจ้าหน้าที่วิจัยและส่งเสริมทำการตรวจวิเคราะห์ให้ ก่อนการเพาะปลูกพืช

5) เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ** เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548.

พงษ์สันติ์ สีจันทร์ นภาพร วงษ์โพธิ์ขอม ศุภชัย อำคา สุชาดา กรุณา ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ เธียร วิทยาวรากุล และ พิบูลย์ กังแฮ 2553. ดินดอยโครงการหลวง: ความท้าทายและภัยคุกคาม. การประชุมวิชาการผลงานวิจัยประจำปี 2553 วันที่ 29-30 พฤศจิกายน 2553 ณ.ศูนย์ประชุมนานาชาติ เอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่

พงษ์สันติ์ สีจันทร์ ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ นภาพร วงษ์โพธิ์ขอม พิบูลย์ กังแฮ ศุภชัย อำคา สุชาดา กรุณา และ เธียร วิทยาวรากุล. 2552. สภาวะธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง. รายงานความก้าวหน้าระยะ 6 เดือน โครงการวิจัย 3070-3815 มูลนิธิโครงการหลวง

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Anonymous. 1998. Potassium interactions with other nutrients. Better Crops Vol. 82:12-13.

Ayed, I.A. 1970. A Study of the mobilization of iron in tomato roots by chelate treatments. Plant Soil 32: 18-26.

Fegeria, V. D. 2001. Nutrient interaction in crop plants. Journal of Plant Nutrition 24:1269-1290.

Han Z.H., Han C.Q., Xu X.F. and Q. Wang. 2005. Relation between iron deficiency streets and endogenous hormones in iron-efficient versus inefficient apple genotype. J. Plant Nutri. 28: 1887-1895.

Hegde, D. M. 1997. Nutrient Requirements of Solanaceous Vegetable Crops. Food &Fertilizer Technology Center. Taiwan.

Hewitt, E.J., and E.F. Watson. 1980. The production of micronutrient element deficiencies in plants grown in recirculated nutrient film (NFT) system. Acta Hort. 98:179-189

Humble, G.D. and K. Raschke, 1971. Stomatal opening quantitatively related to potassium transport. Plant Physiol. 48: 447-453.

Kaiser, W.M. 1982. Correlation between changes in photosynthetic activity and changes in total protoplast volume in leaf tissue from hygro-, meso-, and xerophytes under osmotic stress. Planta, 154: 538-545.

Mengel, K. 2007. Potassium. Handbook of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern.

Meyer, J. H. and E. N. Dicks. 1979. The results of P fertilizer trials conducted in the natal midlands. Proceedind of The South African Sugar Technologists' Association. 7:182-188

Pestana, M., Faria , A.E. ans Varennes, De A. 2004. Lime-induced iron chlorosis in fruit tree. Ed., Dris, R and S Mohan Jain. *IN* Production practice and quality Assessment of food crop V2. Plant mineral nutrition and pesticide management. Springer Netherland, 171-215 page

Roy, S. S., Khan M.S.I., K.K. Pall. 2011. Nitrogen and phosphorus efficiency on the fruit size and yield of *Capsicum*. J. Exp. Sci. 2 (1).32-37.

Rubio, J. S., García-Sánchez F., Rubio F and V. Martánez. 2009. Yield, blossom-end rot incidence and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. Scientia Horticulturae. 119:79-87.

Sinha, R.K.2004. Modern Plant Physiology. Alpha Science International Ltd. Pangbourne England

Shifriss, C and E. Eidelman. 1983. Iron deficiency chlorosis in peppers. J. Plant Nutri.. 6(8):699-704

Smilde, K.W. 1973. Phosphorus and Micronutrient Metal Uptake by Some Tree Species as Affected by Phosphate and Lime Applied to an Acid Sandy Soil. Plant Soil. 39: 131-149.

Tapia, M. L. and V. Gutierrez. 1997. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium though tomato ontogenesis. J. Plant Nutri. 20(6):783-791.

Timmermans, K.R., W. Stolte and H.J.W. de Barr. 1994. Iron-mediated effect on nitrate reductase in marine phytoplankton. Mar. Biol. 121:389-396.

6)ภาคผนวก

เปรียบเทียบต้นทุนราคาปุ๋ย

ตารางผนวกที่ 1 ราคาปุ๋ยเคมีในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2554

Fertilizer rate	Price (Bath/rai)
46-0-0	957
25-7-7	1101
8-24-24	1250
0-46-0	1100
0-0-60	890
$ZnSO_4$	2400
$MnSO_4.H_2O$	100/450 g
EDTA ferric sodium salt	1100/50 g

ตารางผนวกที่ 2 การลงทุนค่าปุ๋ยเคมีตามการวิเคราะห์ดิน ต่อพื้นที่ 1 ไร่

Fertilizer rate	volume (g/plant)	volume kg/rai	price (Bath/rai)
46-0-0	0.98	10.45	200.01
0-46-0	0.33	3.51	77.22
0-0-60	0.49	5.22	92.91
Total price			370.14

Note area 1 rai consisted of 10,666 plant (50 x50 cm)

ตารางผนวกที่ 3 การลงทุนค่าปุ๋ยเคมีตามการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ต่อพื้นที่ 1 ไร่

Fertilizer rate	volume (g/plant)	volume kg/rai	price (Bath/rai)
46-0-0	7.7	82.12	1571.77
25-7-7	7.7	82.12	1808.28
8-24-24	7.7	82.12	2053.00
25-7-7	7.7	82.12	1808.28
Total price			7241.33

4 times application once 7.7 g/plants total 82.128 kg /rai

ตารางผนวกที่ 4 ราคาปุ๋ยจุลธาตุ (เหล็ก แมงกานีส และ สังกะสี) ต่อพื้นที่ 1 ไร่

Fertilizer rate	volume (g/plant)	volume kg/rai	price (Bath/rai)
EDTA ferric sodium salt	50	0.026	533.30
$MnSO_4.H_2O$	50	0.026	5.77
$ZnSO_4$	35	0.018	0.86
Total price			578.63