ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษ์เศรษฐกิจ)

ปริญญา

พฤกษ์เศรษฐกิจ | วิทยาศาสตร์

สาขา | **สายวิชา**

เรื่อง การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant Nutrition Management by Soils Analysis on Yield and Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.)

นามผู้วิจัย นางสาวอัจฉรา บุณยะตุลานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, Dr. Agri.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์เกษศินี สิทธิวงศ์, Ph. D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ศุภชัย อำคา, Ph. D.)

หัวหน้าสายวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนวรรณ พาณิชพัฒน์, ปร.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant Nutrition Management by Soils Analysis on Yield and Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.)

โดย

นางสาวอัจฉรา บุณยะตุลานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษ์เศรษฐกิจ)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัจฉรา บุณยะตุลานนท์ 2555: การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษ์เศรษฐกิจ) สาขาพฤกษ์เศรษฐกิจ สายวิชาวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, Dr.Agri. 79 หน้า

ศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการปุ๋ยจุลธาตุต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวานพันธุ์มู่หลานในพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 5×5 Factorial in RCBD ซึ่งประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามค่าวิเคราะห์ดิน 5 อัตรา และปุ๋ยจุลธาตุทางใบ 5 กรรมวิธี พบว่าความสูงของต้นพริกหวานเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับของไนโตรเจน แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นลดลง การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12 กก. N/ไร่, 4 กก. P_2O_5/ไร่, 6 กก. K_2O/ไร่ ทำให้ผลพริกหวานมีความหนาเนื้อและน้ำหนักต่อผลสูงสุด โดยเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวม (Fe+Mn+Zn) ให้ปริมาณผลผลิตสูงถึง 5.03 ตัน/ไร่ และจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบพริกพบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบพริกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่อัตราต่างกันมีปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่อยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวานและมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในผลพริกหวาน อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12 กก. N/ไร่, 4 กก. P_2O_5/ไร่, 6 กก. K_2O/ไร่ ให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบสูงสุด และเมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปจากแปลงพบว่าพริกหวานมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยยูเรียระหว่าง 21.05-39.05 กก./ไร่ สูญเสียฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตระหว่าง 8.77-24.03 กก./ไร่ และสูญเสียโพแทสเซียมในรูปของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ระหว่าง 40.36-77.35 กก./ไร่

การศึกษาความสัมพันธ์ค่าความเขียวของใบพริกที่วัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อใบพริก พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (R^2=1) แต่ค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กันน้อยมากกับปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบ (R^2=0.30) อย่างไรก็ตามค่าความเขียวใบที่อ่านได้ 55-70 ให้ปริมาณไนโตรเจนในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวาน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Atchara Bunyatulanon 2012: Plant Nutrition Management by Soils Analysis on Yield and Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). Master of Science (Economic Botany), Major Field: Economic Botany, Division of Science. Thesis Advisor: Pornpairin Rungcharoenthong, Dr.Agri. 79 pages.

Field trail on the effect of plant nutrition management base on soil analysis with micronutrient application for improved yield and quality of sweet pepper "Mulan" was conducted at Inthanon Agricultural Royal Project. The experiment was using 5×5 factorial in RCBD designed with 6 replications. The treatment combination consisted of 5 macronutrient fertilizer formula and 5 types of foliar micronutrient fertilizer. The results shown that the application chemical fertilizer following soil analysis was increased plant height that when chemical application was increased level, but the plant diameter was decreased when chemical fertilizer was higher rate. Furthermore, it was found that the apply micronutrients with application chemical fertilizer following soil analysis (12 kg N/rai, 4 kg P_2O_5/rai, 6 kg K_2O/rai) are increased yield of sweet pepper (5.03 ton/rai). The concentration of nutrients in the leaves and fruit, fruit thickness and fresh weight were higher than the others fertilizer. The crop removal was removed 21.05-39.05 kg/rai of urea (46-0-0), 8.77-24.03 kg/rai of triple superphosphate (0-40-0) and 40.36-77.35 kg/rai of potassium chloride (0-0-60) from the soil.

The relationship between leaf nitrogen concentration and SPAD reading of sweet pepper leaf by chlorophyll meter was examined. The relationship between SPAD reading-nitrogen concentration and SPAD reading-chlorophyll concentration were related R^2=0.30 and R^2=1 respectively. It found that SPAD Reading ranges 55-70 are sufficient level for sweet pepper.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณ ดร.พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.ศุภชัย อำคา และ ดร.เกษศินี สิทธิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียนและให้การช่วยเหลือให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. ยงยุทธ โอสถสภา ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และ ดร.สหณัฐ เพชรศรี ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยเรื่องนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ที่ให้ความช่วยเหลือในการคัดเลือกแปลงปลูก และเอื้ออำนวยความสะดวกเรื่องเอกสารต่างๆ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ รุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้อง ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร และสาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทุกๆ คนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้เสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดขอกราบขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและส่งเสริมในเรื่องการเรียนมาโดยตลอด

อัจฉรา บุณยะตุลานนท์

ตุลาคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	60
สรุป	60
ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	62
ภาคผนวก	70
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของดินก่อนการปลูก	17
2	กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน	21
3	การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อน้ำหนักผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน (กรัม/ผล)	31
4	การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานในผลพริกหวานรุ่นที่ 1 (จำนวนผล)	32
5	การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานในผลพริกหวานรุ่นที่ 2 (จำนวนผล)	33
6	การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อปริมาณผลผลิตของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	34
7	การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) ของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	36
8	การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (%Brix) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	38
9	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	39
10	ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	40
11	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	41
12	ความเข้มข้นของเหล็ก (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	43
13	ความเข้มข้นของแมงกานีส (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	44
14	ความเข้มข้นของสังกะสี (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วัน หลังการย้ายปลูก	45
15	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	46
16	ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	48
18	ความเข้มข้นของเหล็ก (ppm) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	49
19	ความเข้มข้นของแมงกานีส (ppm) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	50
20	ความเข้มข้นของสังกะสี (ppm) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	50
21	ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว	53
22	ค่าความเขียวใบของพริกหวานที่อายุต่างๆ	56
23	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานที่อายุต่างๆ	57
24	ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบพริกหวานที่อายุต่างๆ	57

ตารางผนวกที่

1	ปฏิกิริยาของดิน (ดิน: น้ำ = 1: 1)	71
2	ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM)	71
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)	72
4	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)	72
5	เกณฑ์การประเมินจุลธาตุในดิน	73
6	ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 60 วันหลังการย้ายปลูก	73
7	ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 75 วันหลังการย้ายปลูก	74
8	ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 90 วันหลังการย้ายปลูก	74
9	ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก	74
10	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 60 วันหลังการย้ายปลูก	75
11	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 75 วันหลังการย้ายปลูก	75
12	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 90 วันหลังการย้ายปลูก	75
13	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก	76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
14	การประเมินระดับธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบสำหรับพริก (*Capsicum annuum* L.)	76
15	เปรียบเทียบต้นทุนราคาปุ๋ยระหว่างวิธีของเกษตรกรกับการจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสูงของพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก	28
2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก	29
3	ผลพริกหวานพันธุ์มู่หลานชุดที่หนึ่ง	54
4	ผลพริกหวานพันธุ์มู่หลานโดยการใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรและการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน	55
5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	59
6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลาน	59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

Plant Nutrition Management by Soils Analysis on Yield and Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.)

คำนำ

พื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง ดินส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดมาจากหินปูนที่มีค่าความเป็นด่างสูง (pH > 7) เกษตรกรนิยมปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำด้วยพื้นที่ที่มีจำกัด รวมทั้งมีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยมูลสัตว์จำนวนมากเป็นระยะเวลายาวนานส่งผลให้ดินชั้นบนมีธาตุโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในปริมาณที่สูงมากถึงสูงมากเกินไป เป็นสาเหตุทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารเกิดอันตรกิริยาแก่งแย่งกับธาตุเหล็ก แมงกานีสและสังกะสี พืชจึงไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุเหล็ก แมงกานีสและสังกะสีที่มีอยู่ในดินได้ จึงทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารดังกล่าว รวมทั้งน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีต้นกำเนิดมาจากหินปูน และเกษตรกรของพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวงนิยมกักเก็บน้ำไว้ทำให้ pH ของน้ำเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเกษตรกรนำน้ำเหล่านั้นมาใช้กับพืชจะทำให้ธาตุอาหารในดินอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงส่งผลให้พืชแสดงอาการขาดจุลธาตุและเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตพืชลดลง

พริกหวานที่ปลูกในพื้นที่มีการปลูกอยู่ 2 ระบบ คือ ปลูกในดินและปลูกโดยใช้วัสดุปลูก การปลูกทั้ง 2 ระบบมักพบว่าพริกมีอาการขาดธาตุอาหารในบางช่วงของการเจริญเติบโต ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินในเขตพื้นที่สูงอย่างถูกต้องและเหมาะสม อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินอย่างรุนแรง ปริมาณธาตุอาหารพืชและความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตพืชและคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมกับสภาพดินและน้ำ เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดธาตุอาหารของพืชหวานจึงควรมีการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินเฉพาะพื้นที่และตามความต้องการของพืช เพื่อให้เกิดความสมดุล ความเหมาะสมกับสภาพดินของแต่ละพื้นที่และชนิดของพืชที่ปลูก รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดธาตุอาหารจากปุ๋ยเหลือตกค้างและสะสมอยู่ในดินเป็นปริมาณที่สูงมากเกินไป ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมีรายได้จากปริมาณและคุณภาพผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์ ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความต้องการธาตุไนโตรเจนในพืชทดแทนการวิเคราะห์ธาตุอาหารจากเนื้อเยื่อพืชที่ใช้เวลานานและต้นทุนสูง ซึ่งถ้าหาความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์กับการเจริญเติบโตและปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้จะสามารถนำมาใช้ประเมินความต้องการปุ๋ยกับการเจริญเติบโตและผลผลิตพริกหวานได้แบบง่ายโดยไม่สูญเสียผลผลิตพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมให้แก่พริกหวานที่ปลูกในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์

2. เพื่อศึกษาผลของการให้จุลธาตุที่มีต่อคุณภาพผลผลิต

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความเขียวใบต่อปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลพื้นที่สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ อาณาเขตทิศเหนือติดต่อกับตำบลแม่นาจร อำเภอแม่แจ่ม และตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง ทิศใต้ติดต่อกับตำบลดอยแก้ว อำเภอจอมทอง ทิศตะวันออกติดต่อกับตำบลสันติสุข กิ่งอำเภอดอยหล่อ และตำบลข่วงเปา อำเภอจอมทอง และทิศตะวันตกติดต่อกับตำบลช่างเคิ่ง ตำบลท่าผา ตำบลกองแขก อำเภอแม่แจ่ม

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์จากข้อมูลในปี 2551 เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.8-33.2 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคมอยู่ระหว่าง 7.5-19.0 องศาเซลเซียส ช่วงระยะเวลาฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายนของปี โดยเดือนกันยายนจะมีฝนมากที่สุด ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 2,187.60 มิลลิเมตร

ลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วยภูเขาสลับซับซ้อน สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 950-2,565 เมตร มีดอยอินทนนท์เป็นยอดเขาสูงสุด ดินมีการพัฒนามาจากการผุพังสลายตัวของหินแกรนิต หินพาราไนส์ หินดินดาน หินฟิลไลต์ หินปูนและหินตะกอนเนื้อปูน

ความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงสูงมาก ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ ชั้นดินบนมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง (pH 5.6-6.5) ส่วนดินชั้นล่างมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก (pH 3.5-5.0) มีธาตุโบรอน สังกะสี ทองแดง และฟอสฟอรัสปริมาณต่ำถึงต่ำมาก ธาตุแมกนีเซียม และแมงกานีสมีปริมาณต่ำถึงปานกลาง ธาตุโพแทสเซียมและเหล็กปริมาณสูงถึงสูงมากเกินไป ในพื้นที่การเกษตรมีการสะสมธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณที่สูงมากถึงสูงมากเกินไป (พงษ์สันติ์ และคณะ, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พริกหวาน

พริกเป็นพืชในวงศ์ Solanaceae เช่นเดียวกับมะเขือ มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง อยู่ในสกุล *Capsicum* พริกที่ผลิตเป็นการค้ามีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ *annuum*, *baccatum*, *chinense*, *frutescens* และ *pubescens* การแยกพริกทั้ง 5 ชนิดนั้นอาศัยลักษณะของดอกและผลในการจำแนก (Dewitt and Bosland, 1996) พริกหวานมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* L. ชื่อสามัญคือ Sweet pepper หรือ Bell pepper

พริกเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ จัดเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูง 0.5-1.5 เมตร เป็นพืชหลายฤดูแต่นิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว ในระยะแรกจะเจริญเป็นต้นเดี่ยว เริ่มออกดอกที่ปลายกิ่งในข้อที่ 9-11 มีการแตกกิ่งแขนงแบบ Dichotomous เป็น 2 กิ่งและเพิ่มจำนวนเป็น 4, 8, 16 กิ่งไปเรื่อย ๆ ตลอดฤดูการเจริญเติบโต ผลผลิตจึงขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งและจำนวนผลต่อต้น ใบเป็นใบเดี่ยว รูปร่างใบแบบรูปหอก (lanceolate) ขนาด 0.5-7.5×1.5-12.0 เซนติเมตร ก้านใบยาว 0.5-2.5 เซนติเมตร (นิพนธ์, 2548; สุชีลา, 2549; Andrews, 1984)

พริกหวานเป็นพืชที่มีระบบรากแก้วลึกและมีระบบรากฝอยหนาแน่นบริเวณรอบๆ ต้น เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่รากสามารถเจริญในแนวดิ่งลึก 90-120 เซนติเมตรและแผ่กว้างประมาณ 90 เซนติเมตร โดยรากฝอยจะสานกันอยู่อย่างหนาแน่นในระดับความลึก 50-60 เซนติเมตร (นิพนธ์, 2548)

ดอกของพริกหวานเป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ เกิดที่ข้อตรงมุมกิ่งที่แตกแขนง ทำให้ดอกชุดแรกมีจำนวนดอก 1 ดอก ดอกชุดที่สองมีจำนวนดอก 2 ดอก และจะเพิ่มเป็นสองเท่าในชุดต่อๆไป ดอกแต่ละดอกประกอบด้วยกลีบดอก 5-6 กลีบ ปลายกลีบแยกจากกันตลอด กลีบเลี้ยงมีสีเขียว ฐานกลีบเลี้ยงติดกันเป็นรูประฆัง ดอกมีสีขาว เกสรเพศผู้เชื่อมติดกับกลีบดอกและมีจำนวนเท่ากับกลีบดอก รังไข่ของเกสรเพศเมียแบ่งออกเป็นช่อง (locule) มี 2-4 ช่อง พริกเป็นพืชผสมตัวเองแต่มีอัตราการผสมข้ามโดยธรรมชาติสูง เนื่องจากไข่พร้อมผสมทันทีที่ดอกบาน แต่ละอองเกสรเพศผู้พร้อมผสมหลังดอกบาน 2–3 วัน หลังจากเกิดการผสมละอองเกสรจะงอกท่อละอองเกสรภายในเวลา 5 ชั่วโมง และจะงอกลงไปผสมกับไข่ในรังไข่ภายในเวลา 24-36 ชั่วโมง หลังจากนั้นเมล็ดจะเริ่มพัฒนาและเจริญเต็มที่ (นิพนธ์, 2548; Andrews, 1984)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลพริกเกิดที่ข้อ ขนาดและรูปร่างของพริกหวานมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (มณีฉัตร, 2541; Andrews, 1984) ผล Bell types จะมีลักษณะกลมยาวขนาดใหญ่ พริกหวานสีเขียวจะเป็นที่ต้องการของตลาด เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดง เหลือง ส้ม หรือม่วงแล้วแต่สายพันธุ์ (นิพนธ์, 2548)

การปลูกและการดูแลรักษา

พริกเป็นพืชที่ชอบอากาศอบอุ่น เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 21-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส อาจทำให้ดอกร่วงและการติดผลต่ำ (George, 1985) สามารถปลูกในดินร่วนปนทรายและมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางได้ pH ของดินที่เหมาะสมอยู่ที่ 6.0-6.8 (Everhart *et al*., 2002)

พริกมีระบบรากแก้วหยั่งลึกลงในดินเกินกว่า 1.20 เมตร มีรากฝอยแผ่ออกด้านข้างเกินกว่า 1 เมตร ดังนั้นการเตรียมดินควรไถให้ลึก ระยะปลูกขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ฤดูปลูกและการดูแลรักษา ซึ่งขนาดแปลงปลูกที่เหมาะสมกว้างประมาณ 75-100 เซนติเมตรเหมาะกับการปลูกแบบแถวเดี่ยว ส่วนการปลูกแบบแถวคู่ควรใช้ขนาดแปลงกว้างขึ้นเป็น 150 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30-50 เซนติเมตร

การปลูกทำได้ 2 วิธี คือ เพาะเมล็ดลงในแปลงปลูกโดยตรงหรือเพาะกล้าแล้วย้ายปลูก โดยวิธีแรกจะต้องใช้แรงงานในการดูแลรักษามากกว่า เมล็ดจะใช้เวลางอกประมาณ 5-7 วัน ย้ายต้นกล้าเมื่อมีใบจริง 3–4 ใบ หรือประมาณ 30 วันหลังเพาะเมล็ด หนึ่งสัปดาห์ก่อนถอนต้นกล้าควรลดการให้น้ำเพื่อให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ ทำให้ต้นกล้าแข็งแรงและมีอาหารสำรองสำหรับการเจริญของรากใหม่

การใส่ปุ๋ยพริกจะแบ่งใส่เป็นระยะๆ โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก ควรใส่พร้อมกับปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกอัตรา 1-2 ตันต่อไร่ เมื่อพริกมีอายุ 10-14 วันหลังจากย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หรือ 21-0-0 อัตรา 10 หรือ 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโต เมื่อพริกมีอายุ 25-30 วันหลังจากย้ายปลูกเร่งการสร้างตาดอกโดยใช้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และสุดท้ายใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุ 50–60 วันหลังจากย้ายปลูกเพื่อความสมบูรณ์ของผล ในช่วงของการเก็บผลพริกควรมีการใส่ปุ๋ยประมาณ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ทั้งนี้พิจารณาจากความสมบูรณ์ของต้นเป็นหลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การให้น้ำ หลังจากย้ายปลูกต้องรีบรดน้ำทันทีเพื่อให้ดินกระชับรากของต้นกล้า เมื่อต้นพริกออกดอกความต้องการน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการขาดน้ำในช่วงนี้จะทำให้ดอกตูม ดอกบาน และผลอ่อนร่วง ดังนั้นจึงควรให้น้ำพริกหวานอย่างพอเพียงและสม่ำเสมอ

การปักค้างหรือใช้ตาข่ายจะช่วยพยุงให้ลำต้นตั้งอยู่ได้ไม่หักล้มในขณะออกดอกและติดผล ซึ่งจะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความนิยมของเกษตรกรแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้การปลูกพริกระยะชิดการปักค้างไม่มีความจำเป็น แต่ถ้าปลูกระยะห่างมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะพริกจะแตกกิ่งก้านสาขาได้ดี ติดผลดก กิ่งจะฉีกขาดได้ง่าย

การตัดแต่งกิ่งทำเพื่อให้ลำต้นโปร่ง เพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอากาศ ลดการระบาดของโรค โดยทั่วไปจะตัดแต่งให้เหลือ 2–6 กิ่ง การตัดแต่งให้เหลือ 2 กิ่งจะให้ผลขนาดใหญ่และคุณภาพสูง ซึ่งการตัดแต่งจะทำเมื่อต้นพริกเริ่มแตกกิ่งแขนงคู่แรก เด็ดใบและกิ่งที่อยู่ต่ำกว่ากิ่งแขนงคู่แรกทิ้ง

การเก็บเกี่ยวพริกหวานขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูก พริกหวานสีเขียวเก็บเกี่ยวเมื่อผลเจริญเต็มที่ สังเกตได้จากผลพริกจะแข็ง ผิวเรียบเป็นมัน หลังจากระยะสุกเขียวผลจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีม่วง สีแดง หรือสีเหลือง ระยะการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับตลาด สำหรับตลาดในท้องถิ่นนิยมเก็บเกี่ยวเมื่อผลเปลี่ยนสีตามสายพันธุ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตลาดที่ไกลออกไปจะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อเริ่มเปลี่ยนสี 35-60 เปอร์เซ็นต์ (จำนอง, ม.ป.ป; มณีฉัตร, 2541; ดนัย, 2545; นิพนธ์, 2548)

การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นหนึ่ง ชั้นสอง และชั้น U (ดนัย, 2545) ดังนี้

ชั้นหนึ่ง ผลมีน้ำหนัก 200 กรัมขึ้นไป มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน สีสม่ำเสมอเป็นสีเดียวกันทั้งผล มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ (เป็นพริกหวานที่สมบูรณ์ มีก้าน มีรูปร่างลักษณะและสีตรงตามพันธุ์ ไม่มีตำหนิจากรอยช้ำ โรคและแมลง สดสะอาด และปลอดภัยจากสารเคมี)

ชั้นสอง ผลมีน้ำหนัก 120-200 กรัม มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน ถ้าเป็นสีแดงเหลือง มีสีเขียวปนได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั้น U น้ำหนักของผลตั้งแต่ 70-120 กรัม มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน ถ้าเป็นสีแดงเหลือง มีสีเขียวปนได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ

โรคที่สำคัญสำหรับพริกคือ โรคเหี่ยว เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* พริกจะแสดงอาการใบเหลืองและร่วง โดยเฉพาะใบที่อยู่ข้างล่าง ต่อจากนั้นจะมีอาการเหี่ยวในเวลากลางวันช่วงที่มีแดดร้อนจัด ฟื้นในตอนเช้าสลับกัน 2–7 วัน แล้วจะเหี่ยวอย่างถาวรไม่มีการฟื้นอีก โรคจะระบาดรุนแรงในสภาพที่อุณหภูมิและความชื้นในดินสูง นอกจากนี้ยังมีโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* โรคนี้พริกจะแสดงอาการเหี่ยวทั้งที่ใบยังคงมีสีเขียวอยู่ และโรคที่สำคัญอีกชนิดคือ โรครากโคนต้นเน่า เกิดจากเชื้อ *Sclerotium rolfisii* Sacc. มีอาการของโรคคล้ายโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราแต่อาการใบเหลืองจะน้อยกว่า มักพบต้นพริกตายในช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่ โดยจะพบว่าโคนต้นมีเส้นใยราสีขาว สามารถสังเกตเห็นเม็ดราสีขาว น้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแก่ขนาดเท่าเมล็ดผักกาดปะปนอยู่กับเชื้อราดังกล่าว (จำนอง, ม.ป.ป; มณีฉัตร, 2541; นิพนธ์, 2548)

บทบาทของธาตุอาหารพืชต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา

ธาตุอาหารมีบทบาทโดยตรงต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก การสังเคราะห์และกิจกรรมของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ, 2552ก) ปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ได้นั้นมีความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ปัจจัยในการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต (Hegde, 1997) การดูดธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการต่างๆในพืชนั้นขึ้นกับช่วงอายุพืช โดยพริกมีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงสุดในช่วงอายุ 56-70 วันหลังย้ายปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่ผลเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงติดผลและการพัฒนาของผลมีความต้องการธาตุอาหารมากกว่าช่วงที่ผลเจริญเติบโตเต็มที่ แต่ถ้าเก็บผลแล้วความต้องการธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้นอีกเพราะต้องนำไปใช้ในการเจริญด้านลำต้นและใบ (Miller *et al*., 1979) ธาตุอาหารพืชที่สำคัญได้แก่

ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนและโปรตีน การได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต พริกเป็นพืชที่มีความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนสูง การเพิ่มระดับของไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มน้ำหนักผล จำนวนผลและปริมาณผลผลิตพริก ผลผลิตจะลดลงเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่สูงมากเกินไป (Güler, 2009; Aminifard *et*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

al., 2012) จากรายงานของ Roy *et al*. (2011) พบว่าพริกหวานจะให้ผลผลิตมากที่สุดเมื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนเป็น 150 kg N/ha โดยปกติแล้วพืชสามารถใช้ไนโตรเจนได้ 2 รูป คือ รูปของไนเตรตและแอมโมเนียม การได้รับไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมเพียงอย่างเดียวจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำเนื่องจากพริกและมะเขือเทศมีความไวต่อปริมาณแอมโมเนียม โดยแอมโมเนียมจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glutamate dehydrogenase ในราก ถ้าให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมแก่พืชสูงถึง 28 ppm จะส่งผลให้น้ำหนักแห้งของผลผลิตลดลง 35-50 เปอร์เซ็นต์ (Hegde, 1997)

ฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดนิวคลีอิกและสารพลังงานสูง ซึ่งจะพบปริมาณฟอสฟอรัสสูงในใบอ่อน เนื่องจากมีการสังเคราะห์โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตและจะค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุใบมากขึ้น (Marschner, 2012) รูปของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ขึ้นกับ pH ของดิน หากดินมี pH อยู่ในช่วง 6.8-7.2 ฟอสฟอรัสในรูป $H_2PO^{2-}_4$ มีอยู่มากกว่า $H_2PO^{-}_4$ ซึ่งเป็นรูปพืชสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่า (ยงยุทธ, 2552ก) การให้ฟอสฟอรัสกับพริกหวานที่ 30 kg P/ha สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและน้ำหนักผลเฉลี่ย (Roy *et al*., 2011) การขาดฟอสฟอรัสของพืชส่งผลต่อการเจริญพันธุ์ เช่น ออกดอกช้า จำนวนดอก ผลและเมล็ดน้อยลง การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูงมีผลให้อัตราส่วน P:Fe และ P:Zn สูงเกินไปเป็นเหตุให้พืชแสดงอาการขาดจุลธาตุทั้งสอง (ยงยุทธ, 2552ก)

โพแทสเซียม เป็นธาตุหลักที่ช่วยสนับสนุนการขนส่งสารละลายในไซเลม (xylem) เมื่อแรงดันออสโมติกในพืชต่ำและช่วยควบคุมสมดุลน้ำในพืช โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้แคลเซียมของพืช หากมีการใช้ K^+ สูงในบริเวณรากพืชทำให้เกิดโรคก้นเน่า (blossom end rot) ในพริก (Rubio *et al*., 2009) นอกจากนี้การมีโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูงยังมีผลให้การสะสมแมงกานีสและเหล็กในส่วนเหนือดินลดลง (ยงยุทธ, 2552ก) และ Rubio *et al*. (2010) ยังพบอีกว่าการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมถึง 14 mM ทำให้ผลผลิตพริกหวานลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ Johnson and Decoteau (1996) รายงานว่าการให้สารละลายโพแทสเซียมกับพริกพันธุ์ Jalapeño ที่ 6 mM ในระยะย้ายปลูก มีผลให้ปริมาณผลพริกต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่การให้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นในระยะที่พริกเริ่มออกดอกไม่มีผลต่อจำนวนผลและน้ำหนักแห้งต่อต้น

แมงกานีส เป็นอีกธาตุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานต่างๆ ของเอนไซม์ในพืช ได้แก่ กระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) และปฏิกิริยาไฮโดรไลติก (hydrolytic reaction) (Silber *et al*., 2009) รวมถึงกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนใน photosystem II โดยปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แล้วรากพืชดูดใช้แมงกานีสในสารละลายดินในรูปของ Mn^{2+} ค่า pH มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสในดิน หากค่า pH ของดินเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความเข้มข้นของ Mn^{2+} ในสารละลายดินจะลดลง 100 เท่า (ยงยุทธ, 2552ก) นอกจากนี้แมงกานีสยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารประกอบอะโรมาติกซึ่งเป็นส่วนสำคัญของฮอร์โมนออกซิน (Auxin) การขาดแมงกานีสจะลดระดับของออกซินลงจนเกิดความไม่สมดุลของฮอร์โมน ก่อให้เกิดอาการผิดปกติต่อพืช ยับยั้งการพัฒนาของรากแขนง ลดการยืดยาวของราก (Bañados *et al*., 2009) โดยพริกหวานจะไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหารเมื่อให้แมงกานีสที่ความเข้มข้น 0 และ 0.2 mg/L แต่พบการผิดรูปร่างของผลแทน จากการศึกษาพบว่าการให้แมงกานีสที่ความเข้มข้น 44 mg/L จะให้ผลผลิตที่เป็นเกรดส่งออกมากที่สุด (Silber *et al*., 2009)

เหล็ก มีบทบาทด้านเมแทบอลิซึมของพืช จำเป็นในกระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนจาก photosystem II ไป photosystem I การสังเคราะห์ด้วยแสงและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ซึ่งการเพิ่มปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจะทำให้พืชดูดเหล็กได้น้อยลงและแสดงอาการพร่องคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2552ก) เมื่อขาดเหล็กจะมีผลต่อการเจริญของใบ จำนวนเซลล์พื้นที่ใบ และจำนวนของคลอโรพลาสต์ในเซลล์ เมื่อมีการขาดเพิ่มขึ้นการผลิตอิเล็กตรอนจะน้อยลง อาการขาดธาตุเหล็กในพริกหวานสีเขียวนั้นพบว่ารากจะชะงักการเจริญ เกิดยอดดำ (Hewitt and Watson, 1980) สามารถแก้ไขโดยการให้ปุ๋ยทางใบ

สังกะสี เป็นธาตุที่เป็นมีความเกี่ยวข้องกับฟอสฟอรัส โดยควบคุมการดูดฟอสฟอรัสของพืชไปใช้ ถ้าระดับของฟอสฟอรัสสูงพืชจะเกิดอาการขาดสังกะสี หากระดับฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 300-500 mg/kg พริกจะแสดงอาการขาดธาตุสังกะสี (Gunes *et al*., 1999) เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตเร็ว สังกะสีในเนื้อเยื่อพืชจึงเจือจางและไม่เพียงพอ การขาดสังกะสีของพืชกระทบต่อการพัฒนาในระยะเจริญพันธุ์หลายด้าน เช่น ลดการเกิดและพัฒนาดอก การปฏิสนธิและการพัฒนาเมล็ด (ยงยุทธ, 2552ก) จากการทดลองของ Kaya and Higgs (2002a) พบว่าการให้ปุ๋ยสังกะสีซัลเฟตทางใบเข้มข้น 0.35 mmol/L สามารถแก้ปัญหาการขาดสังกะสีในมะเขือเทศได้ และมะเขือเทศที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารจะแสดงอาการเป็นพิษจากสังกะสีเมื่อให้สังกะสีที่ความเข้มข้น 77 µmol/L โดยจะยับยั้งการเจริญของยอดและราก เกิดรากสีน้ำตาล ขนาดใบลดลง เกิด chlorosis น้ำหนักแห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง หากได้รับสังกะสีปริมาณมากเกินไปส่งผลให้ฟอสฟอรัสและเหล็กในใบลดลง การฉีดพ่นทางใบด้วยฟอสฟอรัส 10 mmol/L และเหล็ก 0.5 mmol/L เสริมเข้าไปช่วยแก้ปัญหาการขาดธาตุทั้งสองได้ โดยจะช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์ (Kaya and Higgs, 2002b)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชจะดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมดในรูปของไอออน ซึ่งการให้ปุ๋ยกับพืชมี 2 แบบ คือ ให้ปุ๋ยในรูปของแข็งและของเหลว การใส่ปุ๋ยที่อยู่ในรูปของแข็งสามารถใส่ได้ 2 ช่วง โดยใส่ช่วงก่อนหรือพร้อมกับการปลูกพืชเรียกว่า การใส่ปุ๋ยรองพื้น (basal application) และใส่หลังปลูกเรียกว่าการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า (top dressing) ส่วนการใส่ปุ๋ยที่อยู่ในรูปของเหลว (liquid fertilizer) นิยมใช้กับพืชที่มีราคาสูงหรือใช้เพื่อแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารเป็นการชั่วคราว การใส่ปุ๋ยที่อยู่ในรูปของเหลวมี 2 วิธีคือ 1) การให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ (fertigation) นิยมให้ร่วมกับการให้น้ำชลประทานได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน กำมะถัน หรือสังกะสี 2) การให้ปุ๋ยทางใบ (foliar application) มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมประสิทธิภาพของการให้ปุ๋ยทางดินในกรณีที่พืชไม่สามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากดินได้เต็มที่เนื่องจากดินมีปัญหาการตรึงแร่ธาตุอาหารในดิน (fixation) สูง ให้ผลช้า หรือเมื่อปุ๋ยทางดินไม่ให้ผลตามเป้าหมาย (ยงยุทธ, 2552ข) ตามปกติแล้วการให้ปุ๋ยทางใบส่วนใหญ่จะเป็นการให้จุลธาตุ การพ่นทางใบโดยตรงจะทำให้ไม่มีปัญหากับการตรึงหรือลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารให้กับพืชอย่างการให้ทางดิน รวมทั้งจุลธาตุเป็นธาตุที่มีสภาพการเคลื่อนที่ได้น้อยมากและมักสะสมตรงบริเวณที่ให้ การให้ทางใบจึงเป็นการให้ปุ๋ยที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว

การเคลื่อนที่ของธาตุเข้าสู่ใบมี 3 ขั้นตอนคือ 1) ซึมผ่านชั้น cuticle และ epidermal walls 2) ถูกดูดซับไว้ที่ผิวของเยื่อหุ้มเซลล์ 3) ผ่านจากเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่ cytoplasm (Swietlik, 2002) ซึ่งอัตราการผ่านของสารสู่ cuticle ของใบนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสาร คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของสารที่สเปรย์ ชนิดพืช ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นต้น (Papadakis *et al*., 2007) ซึ่งงานของ Husted *et al*. (2001) พบว่าการให้ ^{54}Mn ทางใบจะพบแมงกานีสในเส้นทางซิมพลาสต์เพิ่มขึ้นตามปริมาณการขาด นอกจากนั้น Papadakis *et al*. (2007) รายงานว่าการให้ปุ๋ย $MnSO_4.H_2O$ ทางใบกับส้มจะพบแมงกานีสมากบริเวณใบ ลำต้นและราก ตามลำดับ ส่วนการให้ $FeSO_4.7H_2O$ จะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของเหล็กในใบและลำต้น เช่นเดียวกับ Zhang and Brown (1999) ได้ศึกษาการกระจายและเคลื่อนที่ของ ^{68}Zn ที่ให้ทางใบในต้นกล้าพิทาชิโอ พบว่าในใบที่โตเต็มที่แล้วมีการกระจายตัวและเคลื่อนที่ของสังกะสีน้อยกว่าในใบอ่อน จากการศึกษาของ Yaseen and Ahmad (2010) พบว่าการให้ปุ๋ยทางใบช่วยเพิ่มคุณภาพของผลส้มได้ถึง 63 เปอร์เซ็นต์ Gurmani *et al*. (1988) ศึกษาผลของการให้เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงต่อผลผลิตข้าวพบว่าการให้สังกะสีหรือแมงกานีสเพียงอย่างเดียว หรือให้แมงกานีสร่วมกับทองแดงสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 15, 11 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าการให้เฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ Zeidan *et al*. (2010) ที่พบว่าเหล็ก แมงกานีส สังกะสีช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากจุลธาตุทั้งสามธาตุอาจไปช่วยส่งเสริมกระบวนการทางชีวเคมีและสรีรวิทยาพืชทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

การจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน (Nutrition management base on soil analysis)

เนื่องจากดินเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตพืช เพราะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช แต่การใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตรอย่างต่อเนื่องยาวนานทำให้สมดุลของธาตุอาหารในดินสูญเสียไปส่งผลให้พืชไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ได้รับ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ดินที่ปลูกพืชแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบและคุณสมบัติดินที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารพืชจึงควรจะต้องแตกต่างกันไปด้วย การประเมินคุณภาพดินเพื่อที่จะให้ปุ๋ยได้ในปริมาณที่พืชต้องการนั้นควรมีการตรวจวิเคราะห์ดินเพื่อให้ทราบว่าดินมีธาตุอาหารแต่ละชนิดมากน้อยเพียงใด ธาตุอาหารที่มีอยู่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือไม่ และดินมีสภาพที่เอื้อให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์หรือไม่จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อนำผลการวิเคราะห์นั้นมาปรับสภาพดินให้ตรงกับความต้องการพืชและใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพดิน

การจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการให้ปุ๋ยตามความต้องการปริมาณธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดและตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินที่มีอยู่ในขณะนั้น โดยนำค่าวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมากำหนดคำแนะนำการใช้ปุ๋ย ซึ่งเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยแบบกว้างๆ อัตราการใช้ปุ๋ยและสูตรปุ๋ยสามารถใช้ได้กับทุกชุดดินในประเทศไทย (ทัศนีย์ และ ประทีป, 2554) การปลูกพืชส่วนใหญ่จะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเมื่อค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมาก หากอยู่ในช่วงปานกลางอาจมีการตอบสนองเล็กน้อย และจะไม่ตอบสนองเลยเมื่อค่าวิเคราะห์ดินอยู่ในช่วงพอเหมาะหรือสูง จึงไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มลงไปอีกนอกจากต้องการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ ปัจจุบันคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจของกรมวิชาการที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ข้าว ยางพารา มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548) การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ เป็นการลดต้นทุนการผลิต ให้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น ตลอดจนรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ให้เกษตรกรใช้ประโยชน์จากดินได้อย่างยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียธาตุอาหารจากดิน (Crop removal)

ธาตุอาหารที่พืชได้รับ (Nutrient uptake) หมายถึงปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่สะสมอยู่ในพืชและหมุนเวียนอยู่ในแปลง ในขณะที่ธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (Crop nutrient removal) จะหมายถึงส่วนของพืชที่ทำการเก็บเกี่ยวและนำออกจากแปลง (Heckman, 2003) ซึ่งในการปลูกพืชแต่ละครั้งธาตุอาหารในดินจะลดลงสาเหตุเพราะ 1) ติดไปกับผลผลิตที่ออกไปจำหน่าย 2) ติดไปกับใบและกิ่งก้านที่ร่วงหล่นและตัดแต่งลงมา 3) สูญเสียไปกับน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดินหรือซึมลึกสู่ใต้ดินเลยระดับรากพืช และ 4) สูญเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของดิน เช่น สภาพความเป็นกรดด่างของดินไม่เหมาะสม หรือมีธาตุอาหารบางชนิดตกค้างในดินมากเกินไป จนมีผลให้ธาตุอาหารอื่นในตกตะกอนในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารพืชจึงต้องพิจารณาว่าในแต่ละรอบการปลูกพืชได้นำธาตุอาหารพืชออกจากแปลงเป็นปริมาณเท่าใด จะต้องใส่ชดเชยกลับคืนในรูปของปุ๋ยในปริมาณที่ไม่น้อยกว่าปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (วันทนา, ม.ป.ป.) การคำนวณสมดุลระหว่างธาตุอาหารที่สูญเสียไปและธาตุอาหารที่ได้รับกลับมายังเป็นสิ่งที่ช่วยในการวางแผนจัดการธาตุอาหาร โดยใช้ค่าการวิเคราะห์ดินมาประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อให้ทราบระดับธาตุอาหารที่พืชควรได้รับอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต (Heckman, 2003)

การประเมินปริมาณของไนโตรเจนในใบด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์

เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์หรือ SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development) เป็นเครื่องมือที่ประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ซึ่งค่าความเขียวใบ (SPAD Reading) กับปริมาณไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์กันสูง (Strong linear relationship) แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์นั้นอาจขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตหรือพันธุ์พืช (Takebe and Yoneyama, 1989; Turner and Yund, 1994; Bullock and Anderson, 1998) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและความเขียวใบจึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินความต้องการไนโตรเจนของพืช (Balasubramanian *et al*., 2000)

การวัดคลอโรฟิลล์ด้วยคลอโรฟิลล์มิเตอร์ เป็นการวัดโดยเปรียบเทียบจากความเขียวของใบ ซึ่งค่าความเขียวใบเป็นค่าเปรียบเทียบที่คำนวณจากความต่างของการส่องผ่านของแสงที่ความยาวสองช่วงคลื่นคือ ช่วงแสงสีแดง (Red) ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้สูงสุด และช่วงแสงสีแดงไกล (Infrareds) ที่ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร เป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้น้อยมาก (สาพิศ, 2551; Konica Minolta Sensing, Inc, 2009) นำค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเขียวที่ได้ไปคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์จากสมการมาตรฐาน (chlorophyll standard curve) ซึ่งความแปรผันของสมการคลอโรฟิลล์มาตรฐานขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดพืช ลักษณะทางกายวิภาคของใบ ระยะการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อม พันธุกรรม ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และ ระดับของไนโตรเจนในใบ (Sandoval-Villa *et al*., 2002; Hawkins *et al*., 2009) ได้มีการศึกษาการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ในพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี และฝ้าย พบว่าสามารถใช้ประเมินปริมาณไนโตรเจนและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่างพืช ทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พริกหวานพันธุ์มู่หลาน (พริกหวานพันธุ์สีเขียวที่ทางมูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูก)
2. แปลงปลูกพริกมูลนิธิโครงการหลวงอินทนนท์
3. Chlorophyll meter (SPAD-502 Minolta Camera Co., Ltd., Japan)
4. Spectrophotometer
5. Atomic Absorption Spectrophotometer
6. pH meter
7. Electrical conductivity meter
8. Micro Kjeldahl distillation apparatus
9. Block digester
10. Fume hood
11. เครื่องชั่ง 3 และ 4 ตำแหน่ง
12. Hot air oven
13. เครื่องบดตัวอย่างพืช
14. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างดินและตัวอย่างพืช

วิธีการ

1. แปลงทดลอง

คัดเลือกแปลงปลูกพริกหวานในพื้นที่ส่งเสริมของสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ (ปลูกเดือนมกราคม-มิถุนายน 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เก็บข้อมูลตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกในระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรเพื่อวิเคราะห์หาความอุดมสมบูรณ์และปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารเสริม จากนั้นนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ดังนี้

2.1 ปฏิกิริยาของดิน (pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1

2.2 วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยวิธีของ Walkley and Black (1934)

2.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) สกัดโดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี colorimetric (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2.4 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) สกัดด้วยสารละลาย 1 N แอมโมเนียมอะซิเตต (CH_3COONH_4) ที่เป็นกลาง (pH 7.0) นำไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2.5 ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ที่สกัดได้ (Extractable Fe, Mn และ Zn) สกัดด้วย Diethylenetriamine Pentaacetic acid (DTPA) แล้ววัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินก่อนการปลูก

Properties	Value	Result
pH (1:1)	5.28	Strongly acid
% OM	2.50	High
Avail.P (mg/kg)	136.94	Very High
Exch.K (mg/kg)	205.14	Very High
Extract Fe (mg/kg)	116.62	Very High
Extract Mn (mg/kg)	24.65	High
Extract Zn (mg/kg)	1.56	Medium

หมายเหตุ ระดับของผลประเมินคุณสมบัติดินแสดงในตารางผนวกที่ 1-6

3. การปลูกและการดูแลรักษา

เพาะเมล็ดพริกหวานพันธุ์มู่หลานในถาดหลุม เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 4 สัปดาห์ ย้ายปลูกในแปลงโดยปลูกเป็นแถวคู่ ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร มีการใช้ยากำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม

การทดลองที่ 1 การจัดการธาตุอาหารต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพพริกหวาน

1.1 การใส่ปุ๋ย

วางแผนการทดลองแบบ 5x5 Factorial in Randomized Complete Block design (RCBD) จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 คือ การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 ใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (26-10-10) มาจากการที่เกษตรกรแบ่งใส่ปุ๋ยทั้งหมด 4 ครั้ง คือ สูตร 25-7-7 เป็นปุ๋ยรองพื้น สูตร 46-0-0 เป็นปุ๋ยแต่งหน้า สูตร 25-7-7 ช่วงเริ่มออกดอก และ สูตร 8-24-24 ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 2 สัปดาห์

1.2 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ กรมวิชาการเกษตร (2548) (12-4-6) โดยนำผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน (ตารางที่ 1) มาใช้ในการกำหนดการใส่ปุ๋ย

1.3 ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (10-4-6)

1.4 ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (20-4-6)

1.5 ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ (40-4-6)

สำหรับปัจจัยย่อยที่ 1.3, 1.4 และ 1.5 นั้น ปริมาณของปุ๋ยใส่ตามผลการคำนวณปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ (Utilizable N) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ โดยกรมวิชาการเกษตร คือ 4 กิโลกรัม P_2O_5/ไร่ และ 6 กิโลกรัม K_2O/ไร่ ตามลำดับ

ในปัจจัยย่อยที่ 1.4 (20-4-6) มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชในอัตราเดียวกันกับปัจจัยย่อยที่ 1.3 แต่เพิ่มอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 2 เท่า เนื่องจากกำหนดให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนมีเพียง 50 เปอร์เซ็นต์

ปัจจัยย่อยที่ 1.5 (40-4-6) มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชในอัตราเดียวกันกับปัจจัยย่อยที่ 1.3 แต่เพิ่มอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 4 เท่า เนื่องจากกำหนดให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนมีเพียง 25 เปอร์เซ็นต์

วิธีการคำนวณหาปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจน ตามอัตรา 10-4-6 มีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก) คำนวณหาน้ำหนักดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน = $40\times40\times30\times10^{-2}\times10^{3}\times\rho b$ กิโลกรัม/ไร่ เมื่อ ρb เท่ากับ 1.5 (g/cm^3) จากสมการคำนวณ ได้ดังนี้

น้ำหนักดิน 1 ไร่ชั้นไถพรวน = $40\times40\times30\times10^{-2}\times10^{3}\times1.5$

= 720,000 กิโลกรัม/ไร่

ข) ปริมาณธาตุปุ๋ยในส่วนเหนือดินทั้งหมดที่ให้ผลผลิตพริกหวาน 3 ตันต่อไร่ เท่ากับ 26.15 กิโลกรัม N/ไร่ (ดัดแปลงจาก สมเจตน์, 2526)

ค) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้องใส่ มีหลักการคำนวณ ดังนี้

OM ในดิน = (% OM) ×น้ำหนักดิน 1 ไร่ ชั้นไถพรวน$\times10^{-2}$ = X_1 กิโลกรัม/ไร่

N ในดิน = $5\times X_1\times10^{-2}$ = Y_1 กิโลกรัม/ไร่ (เมื่อ OM มี N = 5%)

Utilizable N = $A\times Y_1\times10^{-2}$ = Z_1 กิโลกรัม/ไร่

ดังนั้นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติม = 26.15- Z_1 กิโลกรัม/ไร่

หมายเหตุ A คือ อัตราการปลดปล่อย N ออกมาจากดินเป็นปริมาณการปลดปล่อย N ออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์ ซึ่งขึ้นกับชนิดดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2555) ดังนี้

ดินเนื้อหยาบ	= 4-6%	เฉลี่ย 5% (ต่อปี)
ดินเนื้อปานกลาง	= 1.5-3%	เฉลี่ย 2.25% (ต่อปี)
ดินเนื้อละเอียด	= 1.25-2.5%	เฉลี่ย 1.875% (ต่อปี)

จากสมการข้างต้นนำมาคำนวณปริมาณไนโตรเจนจากผลการวิเคราะห์ OM ในตารางที่ 1 ได้ดังนี้

OM ในดิน = $2.5\times720,000\times10^{-2}$

= 18,000 กิโลกรัม/ไร่

N ในดิน = $5\times 18,000\times10^{-2}$

= 900 กิโลกรัม/ไร่

Utilizable N = $1.875\times 900\times10^{-2}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

= 16.87 กิโลกรัม/ไร่

ดังนั้นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติม = 26.15-16.87 กิโลกรัม/ไร่

= 9.28 กิโลกรัม/ไร่

จึงกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยเป็น 10.00 กิโลกรัม/ไร่

ปัจจัยที่ 2 คือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่

2.1 ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (Control)

2.2 ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) คือ FeEDTA (10% Fe) 500 มิลลิกรัม+$MnSO_4H_2O$ (98% Mn) 50.02 มิลลิกรัม+$ZnSO_4$ (23% Zn) 152.17 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

2.3 ปุ๋ยเหล็ก (+Fe) ความเข้มข้นของเหล็ก 50 มิลลิกรัมเหล็กต่อลิตร คือ FeEDTA (10% Fe) 500 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

2.4 ปุ๋ยแมงกานีส (+Mn) ความเข้มข้นของแมงกานีส 50 มิลลิกรัมแมงกานีสต่อลิตร คือ $MnSO_4H_2O$ (98% Mn) 50.02 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

2.5 ปุ๋ยสังกะสี (+Zn) ความเข้มข้นของสังกะสี 35 มิลลิกรัมสังกะสีต่อลิตร คือ $ZnSO_4$ (23% Zn) 152.17 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

ให้ปุ๋ยจุลธาตุทางใบจำนวน 2 ครั้ง เมื่อพริกหวานมีอายุ 75 วันและ 120 วันหลังการย้ายปลูกในอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

อัตราปุ๋ย	การแบ่งใส่ปุ๋ย			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
20-4-6	1/2N+P+K (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.9375 กรัม/ต้น, ปุ๋ยสูตร 0-46-0 = 0.375 กรัม/ต้น และปุ๋ยสูตร 0-0-60 = 0.5625 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 14 วันหลังการย้ายปลูก	1/2N (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.9375 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 45 วันหลังการย้ายปลูก	-	-
40-4-6	1/2N+P+K (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 1.875 กรัม/ต้น, ปุ๋ยสูตร 0-46-0 = 0.375 กรัม/ต้น และปุ๋ยสูตร 0-0-60 = 0.5625 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 14 วันหลังการย้ายปลูก	1/2N (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 1.875 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 45 วันหลังการย้ายปลูก	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน

อัตราปุ๋ย	การแบ่งใส่ปุ๋ย			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
26-10-10	ปุ๋ยสูตร 25-7-7 อัตราต้นละ 7.7 กรัม เป็นปุ๋ยรองพื้น	ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตราต้นละ 7.7 กรัม เป็นปุ๋ยแต่งหน้า	ปุ๋ยสูตร 25-7-7 อัตราต้นละ 7.7 กรัม เมื่อพริกหวานอายุ 60 วัน หลังการย้ายปลูก	ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตราต้นละ 7.7 กรัม เมื่อพริกหวานอายุประมาณ 105 วันหลังการย้ายปลูก
12-4-6	1/2N+P+K (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.5625 กรัม/ต้น, ปุ๋ยสูตร 0-46-0 = 0.375 กรัม/ต้น และปุ๋ยสูตร 0-0-60 = 0.5625 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 14 วันหลังการย้ายปลูก	1/2N (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.5625 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 45 วันหลังการย้ายปลูก	-	-
10-4-6	1/2N+P+K (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.4687 กรัม/ต้น, ปุ๋ยสูตร 0-46-0 = 0.375 กรัม/ต้น และปุ๋ยสูตร 0-0-60 = 0.5625 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 14 วันหลังการย้ายปลูก	1/2N (ปุ๋ยสูตร 46-0-0 = 0.468 กรัม/ต้น) เมื่อพริกหวานอายุ 45 วันหลังการย้ายปลูก	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาและการเจริญของต้น ใบ และผล

1. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้นวัดจากตำแหน่งของใบเลี้ยงคู่แรกถึงปลายยอดโดยใช้ตลับเมตร และใช้เวอร์เนียร์ประเภทดิจิตอลวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณกึ่งกลางลำต้น ใน 4 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ช่วงเริ่มออกดอก (60 วันหลังการย้ายปลูก) ช่วงการติดผล (75 วันหลังการย้ายปลูก) ช่วงการพัฒนาผล (90 วันหลังการย้ายปลูก) และช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต (120 วันหลังการย้ายปลูก)

2. เก็บข้อมูลจำนวนผลและน้ำหนักของผลสด

3. เก็บข้อมูลคุณภาพของพริกหวาน ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) และความหนาเนื้อ

1.3 การเก็บตัวอย่างใบและผลพริกหวานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

เก็บตัวอย่างใบพืชแต่ละต้นที่ศึกษาในตำแหน่งที่ 3-5 นับจากปลายยอดปัจจัยละประมาณ 10 ใบ โดยวิธีการสุ่มเมื่อพริกหวานมีอายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก และเก็บเกี่ยวผลเมื่อผลพริกหวานมีสีเขียวเข้มเป็นมันในรุ่นต่างๆ เมื่อได้ตัวอย่างพืชแล้วให้ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น อบตัวอย่างพืชให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างพืชที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช ชั่งตัวอย่าง 0.2 กรัม นำไปย่อยด้วย H_2SO_4-$NaSO_4$-Se mixture เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และชั่งตัวอย่างพืชอีก 0.2 กรัม ย่อยด้วย HNO_3-$HClO_4$ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สังกะสี เหล็กและแมงกานีส (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) โดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Vanado-molybdate yellow color และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม สังกะสี เหล็กและแมงกานีส ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

1.4 คำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (Crop removal)

ปริมาณการสะสมธาตุอาหารจากปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่) = ความเข้มข้นของธาตุปุ๋ย×น้ำหนักแห้งในต้นพริกหวาน$\times 10^{3} \times 10^{-2}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำนวณปริมาณ Total uptake ของธาตุอาหารจากปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ของพริกหวานทั้งหมด

ไนโตรเจน (กิโลกรัม N/ไร่) = ปริมาณการสะสมธาตุอาหารจากปุ๋ยในต้นพริก+ผลพริก
ฟอสฟอรัส (กิโลกรัม P/ไร่) = ปริมาณการสะสมธาตุอาหารจากปุ๋ยในต้นพริก+ผลพริก
โพแทสเซียม (กิโลกรัม K/ไร่) = ปริมาณการสะสมธาตุอาหารจากปุ๋ยในต้นพริก+ผลพริก

คำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตในรูปของปุ๋ย
ไนโตรเจน (N) ×1 = N
ฟอสฟอรัส (P) ×2.29 = P_2O_5
โพแทสเซียม (K) ×1.20 = K_2O

การทดลองที่ 2 ความสัมพันธ์ของความเขียวใบต่อปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวาน

2.1 การใส่ปุ๋ย

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block design (RCBD) จำนวน 6 ซ้ำ ได้แก่

1. ใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (26-10-10) มาจากการที่เกษตรกรแบ่งใส่ปุ๋ยทั้งหมด 4 ครั้ง คือ สูตร 25-7-7 เป็นปุ๋ยรองพื้น สูตร 46-0-0 เป็นปุ๋ยแต่งหน้า สูตร 25-7-7 ช่วงเริ่มออกดอก และสูตร 8-24-24 ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 2 สัปดาห์

2. ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ กรมวิชาการเกษตร (2548) (12-4-6)

3. ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (10-4-6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (20-4-6)

5. ใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ (40-4-6)

2.2 การเก็บตัวอย่างใบ

เก็บตัวอย่างใบเพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนในใบด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2.3 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์

1. เก็บตัวอย่างใบพืชในแต่ละต้นที่ศึกษาในตำแหน่งที่ 3-5 นับจากปลายยอดโดยวิธีการสุ่มใน 4 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ช่วงเริ่มออกดอก ช่วงการติดผล ช่วงการพัฒนาผลและช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิต วัดค่าความเขียวใบของใบพริกหวานสดจำนวน 4 จุดรอบใบโดยใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์

2. คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดตามสมการ (Shenker *et al*., 2004)
ค่าความเขียวใบ = ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/น้ำหนักสด)×27.3+6.6

3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference Test (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R Program (R-language and environment for statistical computing and graphics)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ทำการทดลอง

สายวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และแปลงเกษตรกรในพื้นที่ส่งเสริมมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ต. บ้านหลวง อ. จอมทอง จ.เชียงใหม่

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2553 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

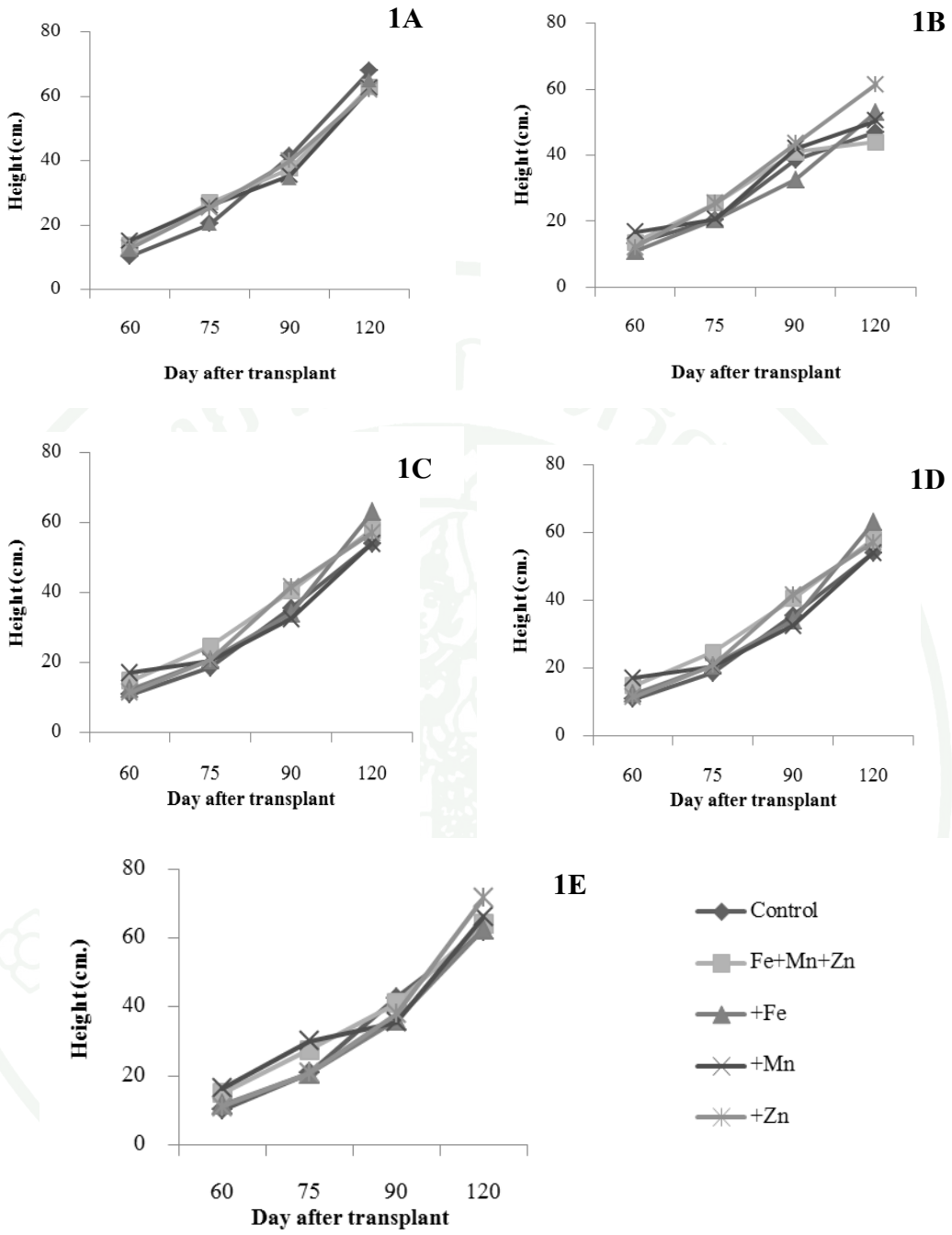
1. การจัดการธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของต้นพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตความสูงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึง 60 วันหลังการย้ายปลูก และสูงเพิ่มขึ้นจนถึง 120 วันหลังการย้ายปลูก การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 มีความสูงน้อยกว่าปัจจัยอื่นๆ โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 51 เซนติเมตร (ภาพที่ 1A) การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 10-4-6, 20-4-6, 40-4-6 และ 26-10-10 พบว่าต้นพริกหวานมีความสูงเฉลี่ยที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูกเท่ากับ 57.20, 59.80, 65.20 และ 64.10 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 1B, 1C, 1D และ 1E) ซึ่งความสูงของต้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ มีแนวโน้มว่าการให้ไนโตรเจนในระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความสูงของพริกเพิ่มขึ้น

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปัจจัย และพบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 13.12 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2A) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 10-4-6, 26-10-10, 20-4-6 และ 40-4-6 มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 12-4-6 โดยที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก พริกหวานมีขนาดลำต้นเฉลี่ย 12.86, 12.57, 12.55 และ 12.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2A, 2B, 2C และ 2D) และเมื่อดูความสัมพันธ์กับการให้จุลธาตุพบว่า การให้จุลธาตุแบบรวมมีแนวโน้มให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ

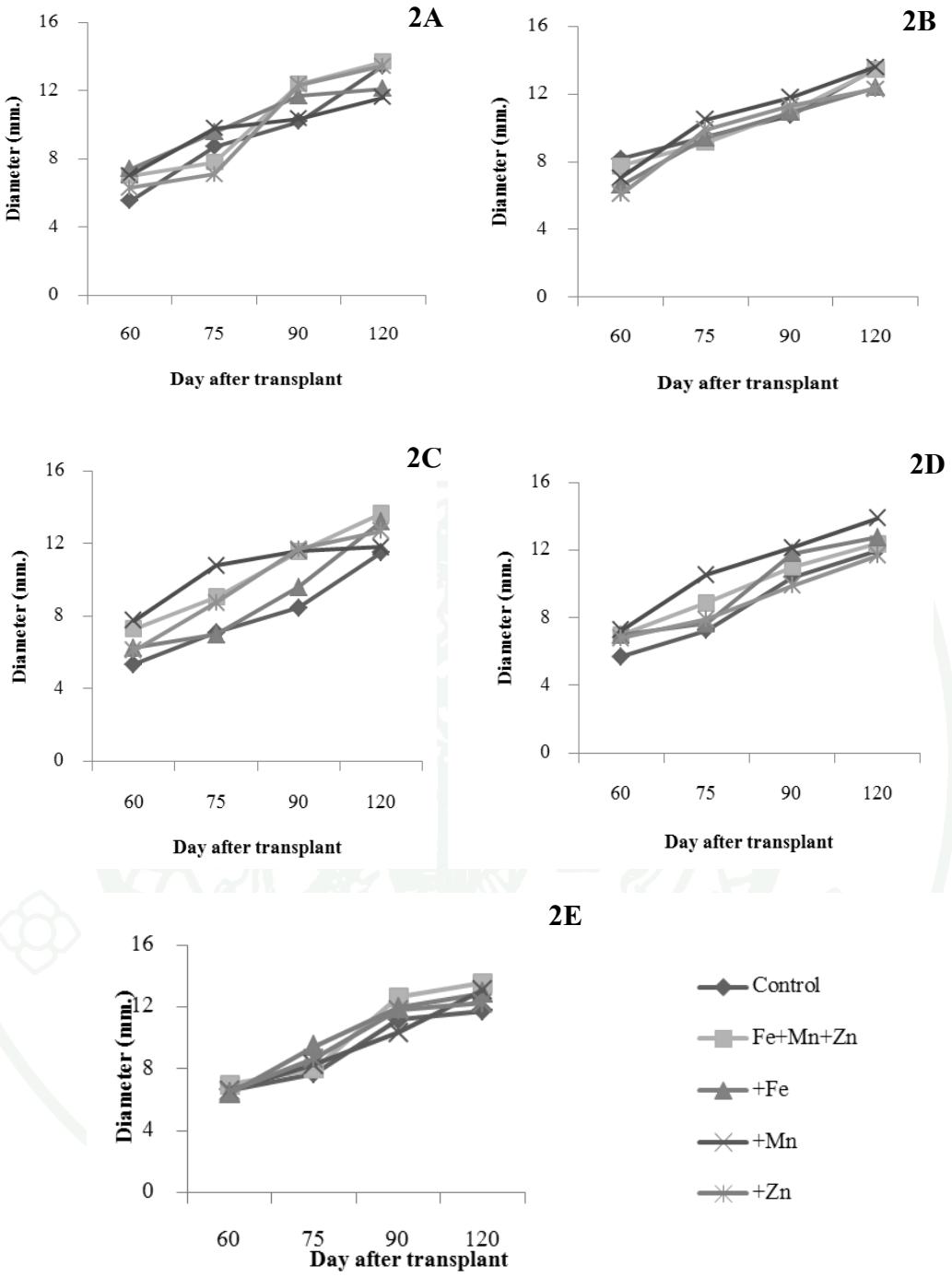
ความสูงของต้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ มีแนวโน้มว่าการให้ไนโตรเจนในระดับที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสูงของพริกเพิ่มขึ้น ขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thornley (1999) ที่รายงานว่าการเพิ่มไนโตรเจนเป็นการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จากการวัดการเจริญเติบโตของพริกหวานทั้งความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 12-4-6 ให้ความสูงที่ไม่มากไป แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ การที่เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นขนาดใหญ่ช่วยในการเคลื่อนย้ายอาหารไปสู่ส่วนต่างๆของพืช (Nielsen and Veierskov, 1988) และอาจทำให้สามารถรับน้ำหนักผลผลิตได้มาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ความสูงของพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก โดย 1A คือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร 1B คือ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 1C, 1D และ 1E คือ การใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 100, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2 คือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (Control) 2) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) 3) ปุ๋ยเหล็ก (+Fe) 4) ปุ๋ยแมงกานีส (+Mn) 5) ปุ๋ยสังกะสี (+Zn)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก โดย A คือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร B คือ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน C, D และ E คือ การใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวานโดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 100, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2 คือ การจัดการปุ๋ยจุลธาตุทางใบ ได้แก่ 1)ไม่ให้ปุ๋ยจุลธาตุ (Control) 2) ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) 3) ปุ๋ยเหล็ก (+Fe) 4) ปุ๋ยแมงกานีส (+Mn) 5) ปุ๋ยสังกะสี (+Zn)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

2.1 น้ำหนักผลและการจัดชั้นคุณภาพผลผลิต

การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินและจุลธาตุต่อน้ำหนักผลพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินมีผลทำให้น้ำหนักผลพริกหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 ให้น้ำหนักผลสูงสุด (ตารางที่ 3) และมีน้ำหนักผลเมื่อจัดตามชั้นคุณภาพพริกหวานเท่ากับชั้นหนึ่งคือ เป็นพริกหวานที่รูปทรงสมบูรณ์ มีน้ำหนักผลมากกว่า 200 กรัม (ดนัย, 2545) แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 20-4-6 และ 40-4-6 ที่สามารถจัดชั้นคุณภาพพริกหวานได้ในชั้นสองคือ เป็นพริกหวานที่รูปทรงสมบูรณ์และมีน้ำหนักผลพริกอยู่ระหว่าง 120-200 กรัม ซึ่งส่วนใหญ่การจัดชั้นคุณภาพผลผลิตในทุกๆปัจจัยพบว่า พริกหวานรุ่นที่ 1 มีจำนวนผลพริกหวาน 1-4 ผลต่อต้น โดยสามารถจัดชั้นคุณภาพพริกหวานอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 1 และ 2 แต่ไม่พบผลพริกหวานในชั้น U (ตารางที่ 4) ส่วนพริกหวานในรุ่นที่ 2 มีผลผลิตพริกหวานประมาณ 2-4 ผลต่อต้น สามารถจัดชั้นคุณภาพพริกหวานได้ในชั้นที่ 2 และ ชั้น U แต่ไม่พบพริกหวานชั้นที่ 1 ในผลผลิตพริกชุดนี้ (ตารางที่ 5) สังเกตได้ว่าพริกหวานรุ่นที่ 1 นั้นมีน้ำหนักผลมากกว่าผลพริกหวานรุ่นที่ 2 เนื่องมาจากในช่วงการพัฒนาผลของพริกรุ่นที่ 1 พริกชุดที่ 2 กำลังอยู่ในช่วงออกดอก ซึ่งผลพริกหวานมีศักยภาพในการดึงธาตุอาหารมาใช้ได้ดีกว่าใบและดอก (Gonzalez-Real *et al*., 2008) จึงสามารถดูดธาตุอาหารมาเลี้ยงผลชุดที่ 1 ได้มากกว่าดอกที่กำลังกลายเป็นพริกชุดที่ 2 และเมื่อผลชุดที่ 2 อยู่ในช่วงพัฒนาผลยังเป็นช่วงที่มีการออกดอกของพริกชุดที่ 3 ธาตุอาหารบางส่วนจึงต้องแบ่งไปใช้ในการพัฒนาของดอกพริกที่จะกลายเป็นผลชุดที่ 3 ทำให้ผลพริกชุดที่ 2 มีชั้นคุณภาพผลต่ำกว่าพริกชุดที่ 1 และมีแนวโน้มว่าผลชุดต่อๆไปจะมีขนาดเล็กลง ส่วนสาเหตุที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ให้น้ำหนักผลไม่แตกต่างกันจากการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 20-4-6 และ 40-4-6 เนื่องจากการให้ไนโตรเจนในปริมาณที่สูงขึ้น เป็นการช่วยเพิ่มปริมาณและน้ำหนักผลต่อต้นของพริกหวานได้ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปอาจส่งเสริมให้พืชมีการเจริญด้านลำต้นมากกว่าการสร้างผลผลิต (Roy *et al*., 2011) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 จึงส่งผลให้น้ำหนักผลสูงที่สุด และมีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงด้วย ส่วนการจัดการจุลธาตุ และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อน้ำหนักผลของพริกหวาน อย่างไรก็ตามพบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมสามารถให้น้ำหนักพริกหวานต่อผลสูงสุด แสดงว่าจุลธาตุมีส่วนในการพัฒนาผลผลิตให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการผลิตพริกหวานซึ่งจะเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีกทางเลือกหนึ่งแก่เกษตรกรที่สามารถช่วยลดรายจ่ายค่าปุ๋ยลงได้ และเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด ควรมีการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการให้จุลธาตุแบบรวม

ตารางที่ 3 การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อน้ำหนักผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน (กรัม/ผล)

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานในผลพริกหวานชุดที่ 1 (จำนวนผล)

Treatment	Control			Fe+Mn+Zn			+Fe			+Mn			+Zn		
	A	B	U	A	B	U	A	B	U	A	B	U	A	B	U
26-10-10	0	1	0	3	0	0	3	0	0	2	0	0	1	1	0
12-4-6	1	0	0	2	0	0	1	1	0	3	0	0	1	0	0
10-4-6	0	1	0	1	1	0	3	0	0	2	1	0	0	1	0
20-4-6	1	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0
40-4-6	2	0	0	3	0	0	2	1	0	2	1	0	0	1	0

หมายเหตุ A คือ ชั้นคุณภาพที่ 1 ผลมีน้ำหนัก 200 กรัมขึ้นไป ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

B คือ ชั้นคุณภาพที่ 2 ผลมีน้ำหนัก 120-200 กรัม ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

U คือ ชั้น U น้ำหนักตั้งแต่ 70-120 กรัม ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานในผลพริกหวานชุดที่ 2 (จำนวนผล)

Treatment	Control			Fe+Mn+Zn			+Fe			+Mn			+Zn		
	A	B	U	A	B	U	A	B	U	A	B	U	A	B	U
26-10-10	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0
12-4-6	0	2	2	0	2	1	0	1	1	0	3	1	0	1	1
10-4-6	0	1	1	0	0	2	0	2	1	0	2	1	0	1	1
20-4-6	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	2	1	0	2	1
40-4-6	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1

หมายเหตุ A คือ ชั้นคุณภาพที่ 1 ผลมีน้ำหนัก 200 กรัมขึ้นไป ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

B คือ ชั้นคุณภาพที่ 2 ผลมีน้ำหนัก 120-200 กรัม ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

U คือ ชั้น U น้ำหนักตั้งแต่ 70-120 กรัม ผลสมบูรณ์ สีตรงตามพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ผลผลิตต่อไร่

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพริกหวานพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12-4-6 มีแนวโน้มให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด และเมื่อนำมาคิดปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตพริกหวานจำนวน 2 ชุดพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดที่ 5.03 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 6) และรองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 เพียงอย่างเดียวให้ปริมาณผลผลิตพริกหวาน 4.88 ตันต่อไร่ โดยผลผลิตต่อไร่ต่างกันประมาณ 200 กิโลกรัม ดังนั้นการเลือกที่จะใช้หรือไม่ใช้การจัดการจุลธาตุขึ้นอยู่กับเกษตรกรเอง หากเกษตรกรเลือกใช้การจัดการจุลธาตุเข้ามาช่วยในการเพิ่มผลผลิตจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ในขณะที่ต้นทุนของการผลิตจะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าของการลงทุน

ตารางที่ 6 การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อปริมาณผลผลิตของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

Treatment		Fruit weight				Total (Ton/Rai)
		1st harvest		2nd harvest		
		g/fruit	Ton/Rai	g/fruit	Ton/Rai	
26-10-10	Control	200.00	2.13	121.75	1.29	3.43
	Fe+Mn+Zn	225.33	2.40	153.75	1.63	4.04
	+Fe	227.00	2.42	139.75	1.49	3.91
	+Mn	254.00	2.70	119.75	1.27	3.98
	+Zn	221.50	2.36	137.25	1.46	3.82
12-4-6	Control	271.00	2.89	186.75	1.99	4.88
	Fe+Mn+Zn	303.00	3.23	169.25	1.80	5.03
	+Fe	201.50	2.14	155.75	1.66	3.81
	+Mn	245.56	2.61	180.87	1.92	4.54
	+Zn	308.00	3.28	126.75	1.35	4.63
10-4-6	Control	187.00	1.99	150.00	1.59	3.59
	Fe+Mn+Zn	196.50	2.09	119.00	1.26	3.36
	+Fe	268.25	2.86	125.00	1.33	4.19
	+Mn	225.00	2.39	146.75	1.56	3.96
	+Zn	200.00	2.13	179.25	1.91	4.04

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Treatment		Fruit weight				Total (Ton/Rai)
		1st harvest		2nd harvest		
		g/fruit	Ton/Rai	g/fruit	Ton/Rai	
26-10-10	Control	200.00	2.13	121.75	1.29	3.43
	Fe+Mn+Zn	225.33	2.40	153.75	1.63	4.04
	+Fe	227.00	2.42	139.75	1.49	3.91
	+Mn	254.00	2.70	119.75	1.27	3.98
	+Zn	221.50	2.36	137.25	1.46	3.82
20-4-6	Control	269.00	2.86	138.00	1.47	4.34
	Fe+Mn+Zn	269.00	2.86	150.00	1.59	4.46
	+Fe	198.00	2.11	169.08	1.80	3.91
	+Mn	270.00	2.87	131.66	1.40	4.28
	+Zn	245.00	2.61	160.08	1.70	4.32
40-4-6	Control	218.00	2.32	150.00	1.59	3.92
	Fe+Mn+Zn	253.00	2.69	163.25	1.74	4.43
	+Fe	246.33	2.62	158.25	1.68	4.31
	+Mn	242.33	2.58	175.25	1.86	4.45
	+Zn	200.00	2.13	139.75	1.49	3.62

3. ผลของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อคุณภาพผลผลิตพริกหวาน

3.1 ความหนาเนื้อ

การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินและจุลธาตุต่อความหนาเนื้อของผลพริกหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ให้ความหนาเนื้อของผลพริกหวานมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตราอื่นๆ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Rubio *et al.* (2009) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นสามารถส่งเสริมการเพิ่มความหนาเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่มากเกินไปส่งผลให้ความหนาเนื้อลดลง เนื่องจากเกิดภาวะที่ไม่สมดุลกันระหว่างโพแทสเซียมและแคลเซียมในผล ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 26-10-10 ของเกษตรกรที่เป็นสูตรที่มีการเพิ่มโพแทสเซียมในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ มีความหนาเนื้อของผลพริกหวานลดลง นอกจากนี้ Fageria (2001) กล่าวว่าสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีผลต่อการดูดและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนและโพแทสเซียมในพืช กล่าวคือถ้าปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารต่ำ การเพิ่มไนโตรเจนลงไปในสารละลายธาตุอาหารก็จะทำให้การสะสมโพแทสเซียมในเยื่อพืชต่ำลงไปอีก จึงอาจส่งผลให้เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 12 กิโลกรัม N/ไร่ เป็น 40 กิโลกรัม N/ไร่ ส่งผลให้ความหนาเนื้อของพริกหวานลดลง

ส่วนการไม่ให้จุลธาตุ หรือการจัดการจุลธาตุแบบรวมให้ความหนาเนื้อของผลพริกหวานที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความหนาเนื้อของพริกหวานด้วย

ตารางที่ 7 การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อความหนาเนื้อ (มิลลิเมตร) ของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินมีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลพริกหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (ค่าความหวาน) สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 26-10-10 (ตารางที่ 8) ซึ่งตามปกติแล้วการเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายช่วยเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสในผลพริก (Rubio *et al*., 2009) นอกจากนี้ Fageria (2001) กล่าวว่าสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีผลต่อการดูดและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนและโพแทสเซียมในพืช กล่าวคือถ้าปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารสูง การเพิ่มไนโตรเจนในสารละลายนั้นจะเพิ่มการสะสมโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 26-10-10 จึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำหรือค่าความหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องมาจากปุ๋ยเคมีทั้งสองสูตรนี้มีค่าสัดส่วน N:K ใกล้เคียงกันคือ 2:1 และอาจเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมผลต่อการดูดและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนและโพแทสเซียมในพืช ในขณะที่ปุ๋ยเคมีสูตรอื่นๆ มีสัดส่วน N:K ในอัตราที่สูง เช่น 3:1 (20-4-6) หรือ 6:1 (40-4-6) หรือสัดส่วน N:K ในอัตราที่ไม่เหมาะสม เช่น 1:1 (10-4-6) ซึ่งให้ปริมาณของแข็งที่ละลายใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีอัตรา 26-10-10 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การจัดการจุลธาตุโดยเฉพาะการให้ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการให้ปุ๋ยจุลธาตุรวม (Fe+Mn+Zn) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการให้ปุ๋ยสังกะสี หรือปุ๋ยแมงกานีสเพิ่มด้วยวิธีการฉีดพ่นทางใบอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของปุ๋ยสังกะสีและปุ๋ยแมงกานีส เพราะปุ๋ยสังกะสีมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมเทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ fructose-1,6-bisphosphate เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน fructose-1,6-bisphosphate เป็น fructose-6-phosphate ซึ่งใช้ในการสังเคราะห์ซูโครสและแป้ง นอกจากนี้แมงกานีสยังมีบทบาทส่งเสริมการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และแป้ง โดยแมงกานีสทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์เมวาโลเนตคิเนสในกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2552ก; Heldt, 2005; Sharma, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบอย่างเดียวให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือการให้ปุ๋ยจุลธาตุรวม และปุ๋ยแมงกานีสอย่างเดียว

ตารางที่ 8 การจัดการธาตุอาหารพืชและจุลธาตุต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (%Brix) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	4.15^{e-i}	4.90^{a-d}	4.52^{c-g}	4.97^{a-d}	4.65^{c-f}	4.64^{AB}
12-4-6	4.50^{c-h}	5.40^{ab}	4.65^{c-f}	5.10^{abc}	5.47^{a}	4.83^{A}
10-4-6	3.75^{i}	4.75^{b-e}	3.87^{ghi}	4.35^{c-h}	4.52^{c-g}	4.44^{B}
20-4-6	3.92^{ghi}	4.65^{c-f}	4.10^{e-i}	3.65^{i}	3.75^{i}	4.01^{C}
40-4-6	3.88^{ghi}	3.93^{ghi}	4.15^{d-i}	3.97^{f-i}	3.80^{hi}	3.94^{C}
Average (B)	4.04^{Y}	4.72^{W}	4.26^{XY}	4.41^{WX}	4.44^{WX}	
% C.V.	7.87					

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบของพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

4.1 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีสและสังกะสีในเนื้อเยื่อใบพริกหวาน

4.1.1 ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบ

จากการศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินและจุลธาตุอาหารต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพริกที่อายุ 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพริกสูงสุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และเมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้การสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Fageria (2001) รายงานว่าการเพิ่มไนโตรเจนในดินเป็นการเพิ่มปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของพืช แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชนั้นๆ อย่างไรก็ตามการสะสมของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชอาจขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ให้กับพืช และสะสมอยู่ในดินที่จะส่งเสริมให้พืชมีการดึงไนโตรเจนมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและการพัฒนาผลผลิตได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Anonymous, 1998) ส่วนการจัดการจุลธาตุและการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบ ดังนั้นการให้ไนโตรเจนตามความต้องการของพืชและสภาพพื้นดินในปริมาณที่พอเหมาะ ทำให้มีการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชสูงกว่าการให้ไนโตรเจนที่มากเกินไปซึ่งอาจมีความเป็นพิษต่อพืชและเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม การให้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 จึงเป็นการให้ปุ๋ยที่เพียงพอต่อความต้องการไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบพริกหวาน

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 ฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อใบ

ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบพริกที่อายุ 120 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามความต้องการของพริกหวานอัตรา 20-4-6 ให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบพริกสูงสุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) โดยปกติแล้วการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนเป็นการเพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช (Fageria, 2001) ดังนั้นความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบจึงควรจะไปในทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบ แต่จากการทดลองกลับพบว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบกลับลดลง เนื่องจากพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูกเป็นช่วงของการเก็บเกี่ยวผลผลิตชุดแรกและผลพริกชุดต่อไปก็กำลังอยู่ในช่วงพัฒนาผล จึงมีผลให้การดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสสูง ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Marti and Mills (1991) ได้รายงานว่า การดูดใช้ธาตุอาหารของพริกหวานจะสูงสุดในระหว่างการพัฒนาผลและหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ Tapia and Gutierrez (1997) รายงานว่าในช่วงที่มะเขือเทศออกผลมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบประมาณ 13-43 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เหลือถูกส่งไปเพื่อการพัฒนาของผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มะเขือเทศ จึงคาดได้ว่าการที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อใบน้อยลงเนื่องจากพืชสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาของผลได้มาก ส่วนการจัดการจุลธาตุและการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ

4.1.3 โพแทสเซียมในเนื้อเยื่อใบ

ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อใบพบว่า ปัจจัยที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน การจัดการจุลธาตุ และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยในส้มโอซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบส้มโอไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นกับธาตุอาหารในดิน (นพพร, 2552) รวมทั้งโพแทสเซียมยังเป็น Luxury consumption เมื่อมีการให้โพแทสเซียมสูง การสะสมโพแทสเซียมในพืชก็เพิ่มมากขึ้นโดยไม่เพิ่มการเจริญเติบโต แต่อาจมีผลต่อการดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียม (Mengel, 2007) การให้โพแทสเซียมที่มากเกินความต้องการของพืชจึงเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เนื่องจากพืชมีความสามารถในการดูดและสะสมธาตุอาหารได้ในปริมาณจำกัด

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (%) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.4 เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในเนื้อเยื่อใบ

จากการศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินและจุลธาตุอาหารต่อความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในใบพริกที่อายุ 120 วัน ความเข้มข้นของเหล็กในเนื้อเยื่อใบพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินทำให้เหล็กในเนื้อเยื่อใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 ให้ความเข้มข้นของเหล็กในเนื้อเยื่อใบสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าความเข้มข้นของเหล็กในเนื้อเยื่อใบสูงในปัจจัยที่มีการให้ปุ๋ยเคมีทางดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ (4 กิโลกรัม P_2O_5/ไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใส่ฟอสฟอรัสที่อัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5/ไร่ ซึ่งการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีผลผลต่อปริมาณเหล็ก เนื่องจากฟอสฟอรัสทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเหล็กฟอสเฟต แล้วไปลดการดูดใช้เหล็กของรากพืช และการเคลื่อนที่ของเหล็กภายในพืช (Ayed, 1970) ซึ่งในการทดลองนี้ถึงแม้จะเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินแต่ไม่พบว่าพืชแสดงอาการขาดเหล็ก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหล็กในดินที่มีมากอยู่ก่อนแล้ว ถึงแม้ปริมาณเหล็กในดินมีการไปรวมตัวกับฟอสเฟตเกิดสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากขึ้นแล้วก็ตาม แต่ก็น่าจะยังมีปริมาณสารละลายเหล็กในดินบางส่วนที่พืชยังสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพริกที่ยังอยู่ในระดับที่เพียงพอ

การจัดการจุลธาตุโดยไม่ให้จุลธาตุเลยมีความเข้มข้นของเหล็กในเนื้อใบสูงสุด ส่วนการให้จุลธาตุแบบรวมและให้เฉพาะเหล็กมีปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในใบเท่ากัน

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 10-4-6, 40-4-6, 12-4-6 และ 20-4-6 ร่วมกับการไม่ให้จุลธาตุ การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 และ 26-10-10 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวม และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 และ 40-4-6 ร่วมกับการให้เหล็กทางใบเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของเหล็กในเนื้อเยื่อใบที่ไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 ส่งเสริมให้มีความเข้มข้นของแมงกานีสในใบสูงสุด (ตารางที่ 13) เนื่องจากการให้ฟอสฟอรัสทางดินเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อใบ (Smilde, 1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของเหล็ก (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	83^{f-k}	108^{a-e}	101^{b-h}	75^{ijk}	67^{jk}	81^{C}
12-4-6	119^{ab}	97^{b-i}	114^{abc}	81^{g-k}	102^{b-g}	102^{A}
10-4-6	213^{a}	74^{ijk}	86^{e-j}	74^{ijk}	89^{d-j}	87^{B}
20-4-6	112^{a-d}	95^{c-i}	77^{h-k}	86^{e-k}	81^{g-k}	90^{B}
40-4-6	130^{a}	110^{a-d}	106^{a-f}	62^{k}	77^{h-k}	97^{AB}
Average (B)	111^{W}	97^{X}	97^{X}	75^{Y}	83^{Y}	
% C.V.	12.35					

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ขณะที่การจัดการจุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะแมงกานีสและให้เฉพาะสังกะสี มีปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อใบไม่แตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการให้แมงกานีสมีผลให้มีความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อใบสูงสุด ขณะที่การจัดการจุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะแมงกานีสและการให้เฉพาะสังกะสี มีความเข้มข้นของแมงกานีสในใบไม่แตกต่างกัน

ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 และ 12-4-6 มีความเข้มข้นของสังกะสีในใบสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14) เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นลดความสามารถในการละลายของสังกะสีในดิน (Smilde, 1973) แต่อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางดินเพิ่มขึ้นพบว่ามีความเข้มข้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อพืชสูงขึ้น เนื่องมาจากปุ๋ยไนโตรเจนช่วยให้สังกะสีละลายได้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ Fageria (2001) รวมทั้งการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมติดต่อกันเป็นเวลานานสามารถทำให้ pH ของดินลดลงในบริเวณรากพืช และเมื่อ pH ลดลงก็สามารถส่งเสริมให้สังกะสีละลายได้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของแมงกานีส (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	543^{b}	342^{m}	403^{j-m}	422^{i-l}	497^{ghi}	416^{D}
12-4-6	649^{a-d}	617^{b-e}	586^{c-f}	704^{a}	584^{c-f}	628^{A}
10-4-6	661^{abc}	461^{h-k}	466^{hij}	577^{d-g}	567^{efg}	545^{B}
20-4-6	594^{b-f}	589^{c-f}	402^{j-m}	386^{klm}	413^{j-m}	477^{C}
40-4-6	672^{ab}	449^{h-k}	355^{lm}	515^{fgh}	501^{ghi}	498^{C}
Average (B)	644^{W}	492^{X}	442^{Y}	520^{X}	512^{X}	
% C.V.	19.00					

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ส่วนการจัดการจุลธาตุโดยให้จุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะสังกะสี และไม่ให้จุลธาตุเลยให้ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อใบสูงสุด และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมมีปริมาณสังกะสีในใบมากสูงสุด

จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ทำให้มีความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในใบสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสามารถช่วยไปปรับสมดุลของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการจุลธาตุอาหารด้วยการให้ปุ๋ยจุลธาตุทางใบทำให้พืชสามารถดูดจุลธาตุมาสะสมในเนื้อเยื่อใบเพิ่มมากขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวาน (ตารางผนวกที่ 14) และเป็นที่น่าสังเกตว่าการไม่ให้จุลธาตุทางใบกลับมีความเข้มข้นของจุลธาตุในใบสูงเช่นกัน อาจเป็นเพราะว่าในดินมีปริมาณจุลธาตุสูงอยู่แล้วพืชจึงนำไปใช้ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ความเข้มข้นของสังกะสี (ppm) ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	145^{bcd}	108^{ghi}	100^{hij}	113^{e-h}	107^{hi}	107^{B}
12-4-6	130^{c-f}	128^{def}	126^{d-g}	131^{c-f}	148^{bc}	132^{A}
10-4-6	139^{cd}	130^{c-f}	85^{j}	85^{j}	131^{c-f}	114^{B}
20-4-6	105^{hi}	131^{cde}	104^{hij}	93^{ij}	113^{fgh}	109^{B}
40-4-6	144^{bcd}	181^{a}	103^{hij}	104^{hi}	162^{b}	139^{A}
Average (B)	130^{W}	136^{W}	104^{X}	105^{X}	132^{W}	
% C.V.			7.45			

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผลพริกหวาน

4.2.1 ไนโตรเจนในผล

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6, 10-4-6 และ 26-10-10 มีความเข้มข้นในผลสูงสุด ตามลำดับ (ตารางที่ 15) การจัดการจุลธาตุและการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในผล โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนในผลให้ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารในผล เมื่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อมากก็สามารถส่งมาเลี้ยงผลได้มากเช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่าประมาณ 56.5-63.6 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนในใบมะเขือเทศถูกส่งมายังผลมะเขือเทศ (Hegde, 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ความเข้มข้นของไนโตรเจน (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.2 ฟอสฟอรัสในผล

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงสุด รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 (ตารางที่ 16) จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในผลแปรผกผันกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ โดยปัจจัยที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อใบต่ำกลับให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในผลสูง ทั้งนี้ Tapia and Gutierrez (1997) อธิบายว่าการที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อใบลดลงอาจเป็นเพราะพืชส่งฟอสฟอรัสไปเลี้ยงผล ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้น ในมะเขือเทศพบปริมาณฟอสฟอรัสในผลสูงถึง 46-66 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโต ส่วนการจัดการจุลธาตุ และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุไม่มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.3 โพแทสซียมในผล

การใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน และการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุมีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผล (ตารางที่ 17) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผลสูงที่สุด และการให้ปุ๋ยเคมีอัตรา 40-4-6 ร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผลมากที่สุด Hegde (1997) รายงานว่า การเพิ่มระดับของไนโตรเจนในดินเป็นการเพิ่มการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมของพืช ดังนั้นเมื่อพริกหวานมีธาตุอาหารสะสมในใบมาก ธาตุอาหารที่พริกสามารถส่งไปเลี้ยงผลพริกจึงมีมากเช่นเดียวกัน ส่วนการจัดการจุลธาตุทางใบไม่มีผลทางสถิติต่อปริมาณโพแทสเซียมในผลพริกหวาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (%) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

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

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2.4 เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผล

การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชตามค่าวิเคราะห์ดินและจุลธาตุต่อปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในผลพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 และ 10-4-6 มีความเข้มข้นของเหล็กในผลพริกสูงสุด (ตารางที่ 18) การไม่ให้จุลธาตุ และการให้ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการไม่ให้จุลธาตุมีปริมาณเหล็กในผลสูงที่สุด ดังที่กล่าวไปข้างต้นเกี่ยวกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบว่าการให้จุลธาตุเสริมทางใบเป็นการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในใบพริก และการไม่ให้จุลธาตุทางใบก็มีปริมาณจุลธาตุในใบสูงเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะในดินมีปริมาณจุลธาตุสูงอยู่แล้วพืชจึงนำไปใช้ได้ ดังนั้นปัจจัยไม่ให้จุลธาตุกับพริกหวานจึงมีความเข้มข้นของเหล็กในผลสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ความเข้มข้นของเหล็ก (ppm) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	44^{f}	195^{c}	98^{c-f}	96^{def}	86^{def}	104^{B}
12-4-6	262^{a}	96^{def}	79^{ef}	102^{c-f}	93^{def}	159^{A}
10-4-6	227^{b}	152^{cde}	140^{c-f}	55^{ef}	115^{c-f}	125^{A}
20-4-6	98^{c-f}	111^{c-f}	74^{ef}	95^{def}	185^{cd}	113^{B}
40-4-6	81^{ef}	94^{def}	104^{c-f}	106^{c-f}	81^{ef}	93^{B}
Average (B)	163^{W}	130^{X}	99^{X}	91^{X}	112^{X}	
% C.V.	30.06					

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-4-6 มีความเข้มข้นของแมงกานีสในผลสูงสุด รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 และ 10-4-6 (ตารางที่ 19) การจัดการจุลธาตุทำให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในผลมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเข้มข้นของแมงกานีสเฉลี่ยในผลพริกหวานที่ได้อยู่ระหว่าง 39-69 mg/kg ซึ่ง Silber *et al.* (2009) รายงานว่าความเข้มข้นของแมงกานีสในผลที่ 44 mg/kg สามารถให้ผลผลิตพริกหวานคุณภาพส่งออกปริมาณมากที่สุด และค่อยๆลดลงเมื่อความเข้มข้นของแมงกานีสในผลสูงขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 10-4-6 ร่วมกับการไม่ให้จุลธาตุเลยให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในผลเข้มข้นที่สุด

สำหรับความเข้มข้นของสังกะสีในผลก็ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับเหล็กและแมงกานีส กล่าวคือการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 มีความเข้มข้นของสังกะสีในผลสูงที่สุด รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 40-4-6 โดยที่การจัดการจุลธาตุโดยให้จุลธาตุแบบรวม ให้เฉพาะเหล็ก หรือให้เฉพาะแมงกานีส มีผลทำให้ปริมาณสังกะสีในผลพริกไม่แตกต่างกัน สาเหตุเดียวกันกับความเข้มข้นของเหล็กในผลที่อธิบายไว้ข้างต้น นอกจากนี้การให้ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ร่วมกับการให้สังกะสีส่งเสริมให้ความเข้มข้นของสังกะสีในผลสูงสุด (ตารางที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ความเข้มข้น (ppm) ของแมงกานีสในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	69^{bc}	55^{h}	37^{mno}	35^{nop}	34^{op}	46^{D}
12-4-6	61^{ef}	64^{de}	48^{jk}	52^{hij}	66^{cd}	58^{A}
10-4-6	103^{a}	37^{mno}	32^{p}	48^{ijk}	41^{lm}	52^{B}
20-4-6	59^{fg}	72^{b}	42^{l}	47^{k}	47^{k}	53^{B}
40-4-6	53^{hi}	48^{ijk}	38^{lmn}	56^{gh}	53^{h}	50^{C}
Average (B)	69^{W}	55^{X}	39^{Z}	48^{Y}	48^{Y}	
% C.V.			4.12			

หมายเหตุ เลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 20 ความเข้มข้นของสังกะสี (ppm) ในผลพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

Treatment	With micronutrient (B)					Average
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn	(A)
26-10-10	10^{q}	24^{op}	22^{p}	25^{nop}	22^{p}	21^{D}
12-4-6	33^{ijk}	40^{def}	44^{bc}	40^{efg}	48^{a}	41^{A}
10-4-6	44^{bcd}	31^{kl}	31^{kl}	41^{c-f}	27^{mno}	35^{C}
20-4-6	30^{klm}	46^{ab}	36^{ghi}	28^{lmn}	35^{hij}	35^{C}
40-4-6	42^{b-e}	36^{hij}	43^{b-e}	38^{fgh}	32^{jk}	38^{B}
Average (B)	32^{Y}	35^{W}	35^{W}	34^{WX}	33^{XY}	
% C.V.			5.18			

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้การจัดการจุลธาตุมีผลให้เหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผลพริกสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากแมงกานีสและสังกะสีเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ออกซิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และเร่งการขยายขนาดของเซลล์ในช่วงการพัฒนาผล (ยง ยุทธ, 2552ก) และเหล็กยังเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ IAA oxidase (Han *et al*., 2005) ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในผลพริกสูง ดังนั้นการจัดการจุลธาตุจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาของผลของพริกให้มีคุณภาพดีขึ้น

5. ปริมาณอาหารที่ติดไปกับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและการจัดการจุลธาตุมีผลให้ปริมาณการสะสมธาตุอาหารพริกหวานรวมทั้งต้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันสำหรับการให้ปุ๋ยเคมีทางดินในอัตรา 26-10-10, 12-4-6 และ 40-4-6 (ตารางที่ 21) โดยมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยยูเรีย (46% N) มีค่าอยู่ระหว่าง 21.05-39.05 กก./ไร่ ซึ่งปริมาณการสะสมไนโตรเจนเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยขึ้นอยู่กับน้ำหนักแห้งที่ติดไปกับผลผลิตของพริกหวาน หากน้ำหนักแห้งสูงปริมาณเนื้อปุ๋ยยูเรียที่เอาออกไปจากแปลงจะสูงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของผลผลิตโดยเป็นส่วนประกอบของพืชประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด (Marschner, 2012) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยนั้นไม่ได้แปรผันตามปริมาณน้ำหนักแห้งแต่น่าจะขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชและความเป็นประโยชน์ของธาตุในขณะนั้น เนื่องจากฟอสฟอรัสทำหน้าที่เกี่ยวกับถ่ายเทพลังงาน ความต้องการฟอสฟอรัสของพืชจึงน้อยกว่าไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสของพริกหวานทั้งต้นเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) อยู่ระหว่าง 8.77-24.03 กก./ไร่ ส่วนโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบในพืชประมาณ 1.25-3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด (Marschner, 2012) ปริมาณเนื้อปุ๋ยโพแทสเซียมที่นำออกจากแปลงจึงควรน้อยกว่าไนโตรเจน อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่า มีการนำโพแทสเซียมเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) ออกไป 40.36-77.35 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าไนโตรเจน อาจเป็นเพราะในดินมีโพแทสเซียมปริมาณสูง ซึ่งสอดคล้องกับ United States Department of Agriculture [USDA] (1992) รายงานว่าปริมาณธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เมื่อปริมาณธาตุอาหารในดินอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากเกินความต้องการของพืช เปอร์เซ็นต์ของธาตุอาหารในพืชจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า รวมทั้งโพแทสเซียมยังเป็น Luxury consumption เมื่อมีการให้โพแทสเซียมสูง การสะสมโพแทสเซียมในพืชก็เพิ่มมากขึ้น (ยง ยุทธ, 2552ก; Mengel, 2007) การเพิ่มโพแทสเซียมทางดินจึงเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของธาตุนี้ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนต่างๆของพืช โดยพืชไม่แสดงอาการเป็นพิษจากธาตุอาหารที่มากเกินไป ทำให้พริกหวานในแปลงมีการนำโพแทสเซียมออกไปมากกว่าไนโตรเจน

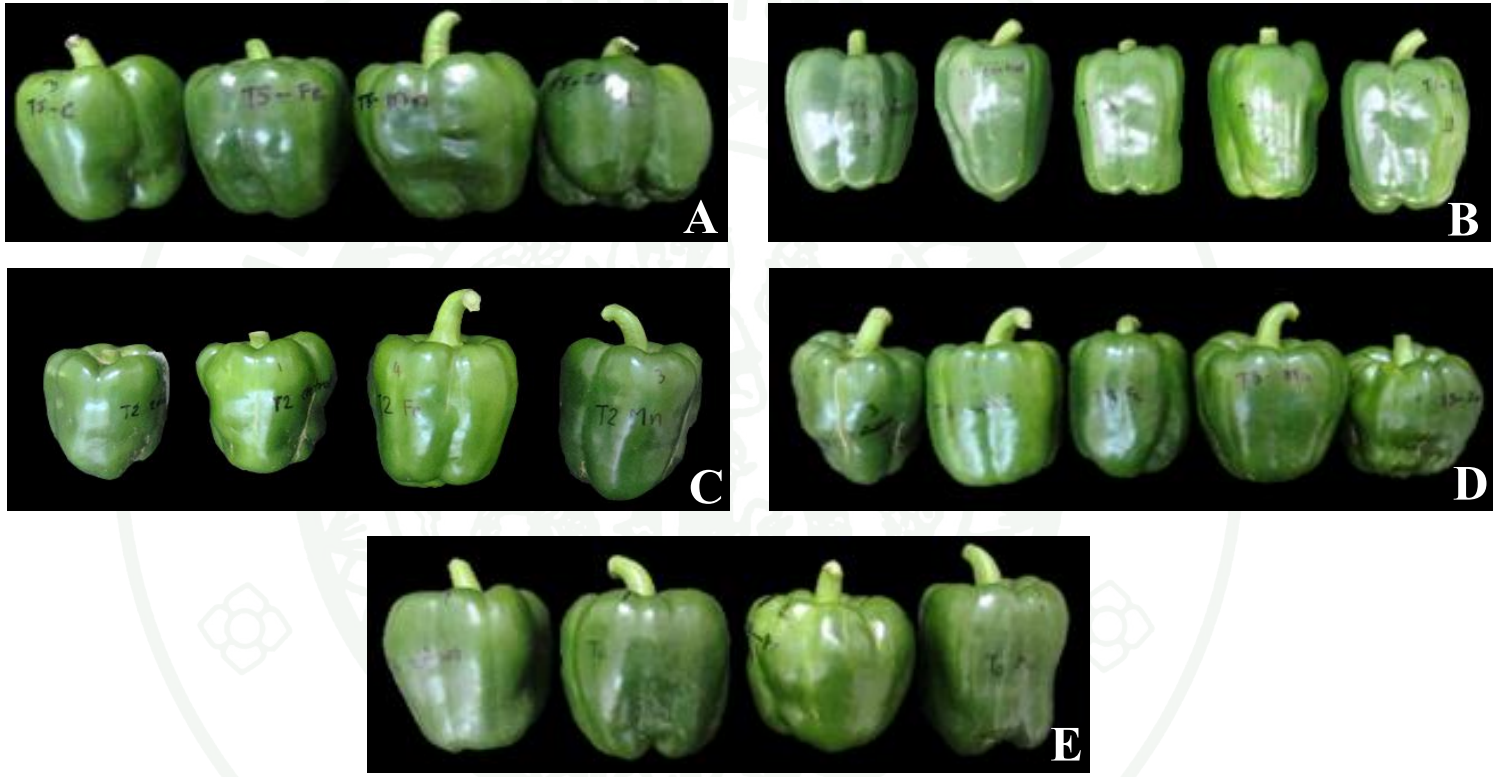
ธาตุอาหารที่พืชมักแสดงอาการขาดเป็นลำดับแรกๆ คือธาตุที่พืชดูดไปใช้ในปริมาณมาก และในดินมีธาตุอาหารนั้นอยู่น้อยหรือไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การได้ข้อมูลการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปกับการเก็บเกี่ยวทำให้ทราบว่าแต่ละครั้งดินมีการสูญเสียธาตุอาหารแต่ละธาตุไปเท่าไหร่เพื่อจะได้ใส่ปุ๋ยชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไป และหากปล่อยส่วนที่อยู่เหนือดินและรากไว้ในพื้นที่แล้วไถกลบ ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้จะสามารถกลับคืนสู่ดินได้อีกครั้ง ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตจากปุ๋ยเคมีได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว

Treatment		Dry weight (g/plant)	Dry weight (Kg/Rai)	Nutrient concentration (%)			Nutrient removal (Kg/Rai)		
				N	P	K	N	P_2O_5	K_2O
26-10-10	Control	91.85	958.36	2.67	0.90	3.61	25.63	19.88	41.61
12-4-6	Control	88.61	945.19	2.39	0.52	5.27	22.65	11.46	59.87
	Fe+Mn+Zn	128.54	1371.14	2.81	0.27	4.29	38.57	8.77	70.62
	Fe	98.57	1051.42	2.61	0.41	3.71	27.45	9.96	46.84
	Mn	113.33	1208.80	2.72	0.53	5.33	32.89	14.92	77.35
	Zn	120.18	1281.97	2.56	0.59	3.70	32.83	17.49	57.02
40-4-6	Control	121.07	1291.39	2.93	0.53	4.01	37.89	15.93	62.22
	Fe+Mn+Zn	102.70	1095.42	2.39	0.59	5.08	26.28	14.82	66.79
	Fe	131.99	1407.88	2.77	0.74	3.24	39.05	24.03	54.76
	Mn	90.37	963.98	2.18	0.67	3.48	21.05	14.92	40.36
	Zn	102.21	1090.17	2.86	0.72	4.86	31.27	18.08	63.68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 ผลพริกหวานพันธุ์มู่หลานชุดที่หนึ่งโดย A คือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (26-10-10) B คือ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (12-4-6) C, D และ E คือ การใส่ปุ๋ยยูเรียตามความต้องการของพริกหวาน โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเท่ากับ 100 (10-4-6), 50 (20-4-6) และ 25 เปอร์เซ็นต์ (40-4-6) ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 ผลพริกหวานพันธุ์มู่หลานโดยการใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร (26-10-10) (บน) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (12-4-6) (ล่าง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ความสัมพันธ์ของความเขียวใบต่อปริมาณไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ใน ใบพริกหวาน

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ กันไม่มีผลต่อค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ของพริกหวานที่อายุ 60, 75 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก (ตารางที่ 22 และ 23) และความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชที่อายุ 60, 75, 90 และ 120 วันหลังการย้ายปลูก (ตารางที่ 24) โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบจะอยู่ในระหว่าง 3.99-5.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวาน แต่การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเนื้อเยื่อใบที่อายุ 90 วันหลังการย้ายปลูกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญในปัจจัยที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 26-10-10 และ 40-4-6 ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างใบกับผลพริก ในการดูดเอาไนโตรเจนไปใช้ในการพัฒนาผล (Sandoval-Villa *et al*., 2002)

ตารางที่ 22 ค่าความเขียวใบของพริกหวานที่อายุต่างๆ

Treatment	Day after transplant			
	60	75	90	120
26-4-6	56.93	61.50	59.24b	63.92
12-4-6	56.93	61.50	61.65ab	66.18
10-4-6	56.93	61.50	65.02a	67.04
20-4-6	56.93	61.50	63.83a	64.10
40-4-6	56.93	61.50	60.07b	64.10
F-test	ns	ns	*	ns
% C.V.	0	0	3.94	2.21

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานที่อายุต่างๆ

Treatment	Day after transplant			
	60	75	90	120
26-4-6	1.84	2.01	1.92b	2.09
12-4-6	1.84	2.01	2.01ab	2.18
10-4-6	1.84	2.01	2.13a	2.21
20-4-6	1.84	2.01	2.09a	2.10
40-4-6	1.84	2.01	1.95b	2.17
F-test	ns	ns	*	ns
% C.V.	0	0	4.42	2.43

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบพริกหวานที่อายุต่างๆ

Treatment	Day after transplant			
	60	75	90	120
26-4-6	3.99	4.59	4.36	4.07
12-4-6	3.99	4.59	5.09	4.20
10-4-6	3.99	4.59	4.69	4.23
20-4-6	3.99	4.59	4.72	4.29
40-4-6	3.99	4.59	4.78	4.06
F-test	ns	ns	ns	ns
% C.V.	0	0	5.50	2.42

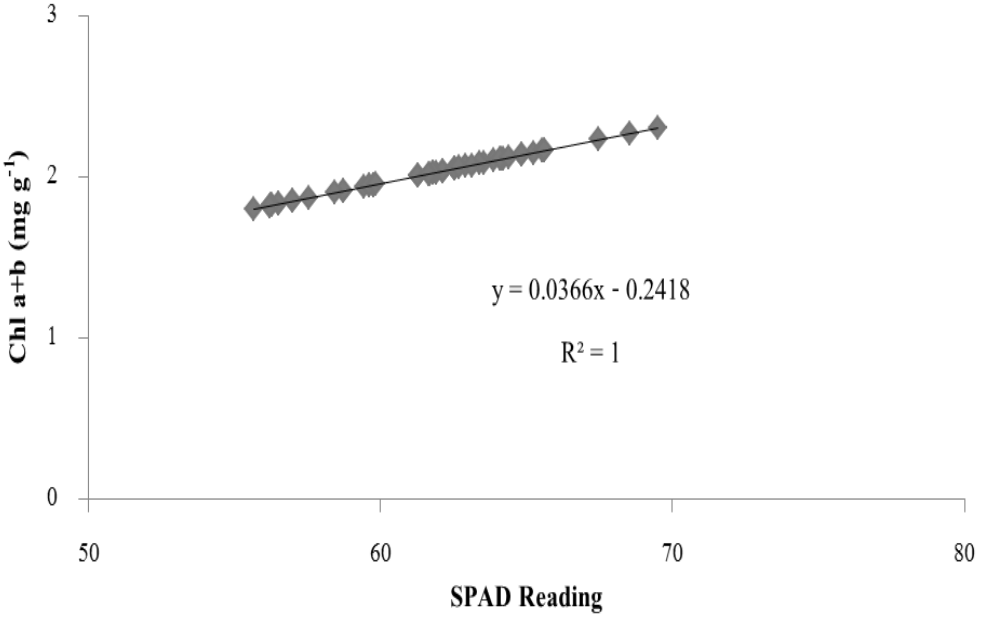
หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

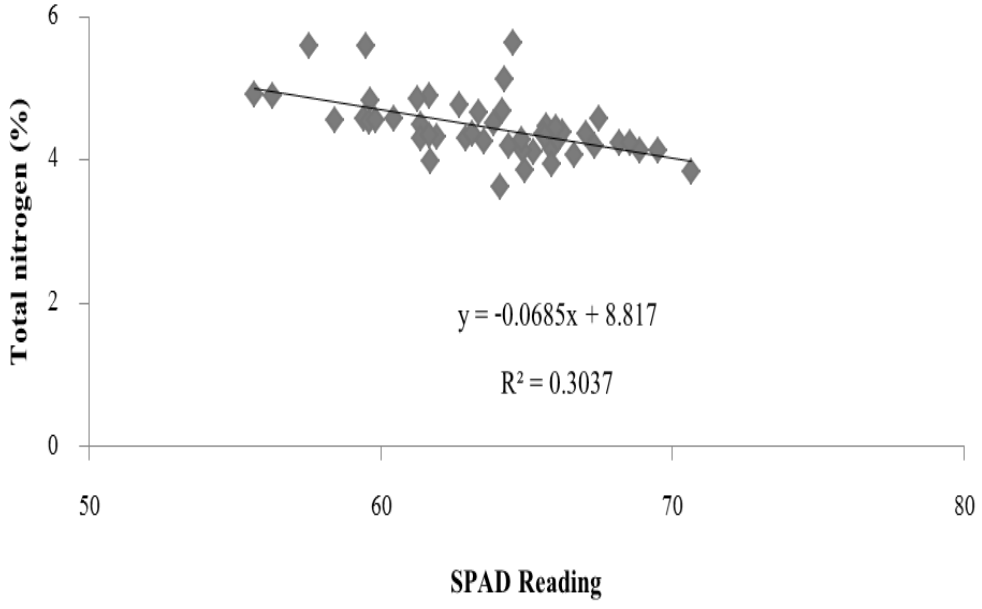
จากการศึกษาความสัมพันธ์พบว่าค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบพริกหวาน (R^2=1) ได้สมการเป็นเส้นตรง y = 0.0366x-0.2418 (ภาพที่ 5) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบพืชได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายใบพืช อย่างไรก็ตามปริมาณคลอโรฟิลล์หรือความเขียวใบมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง เช่น ระยะการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อม พันธุกรรม ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ระดับของไนโตรเจนในใบ (Sandoval-Villa *et al*., 2002; Hawkins *et al*., 2008) จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของพืชแต่ละชนิดพื้นที่ และสภาพแวดล้อม (Shapiro and Francis, 2006)

ค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในใบพริกหวานน้อยมาก (R^2=0.3037) (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นว่าเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช แต่ไม่เหมาะสำหรับประเมินปริมาณไนโตรเจนในใบของพริกหวาน เนื่องจากพริกหวานเป็นพืชที่มีเนื้อไม้ จึงมีการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารในใบได้ช้ากว่าพืชไร่หรือพืชฤดูเดียว ที่มักจะนิยมใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ในการประเมินระดับไนโตรเจนในใบ (Sibley *et al*., 1996) อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อในระดับที่พอเพียงต่อความต้องการของพริกหวานมีค่าประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์ (Reuter and Robinson, 1997) ดังนั้นค่าความเขียวใบที่อ่านได้ 55-70 จะยังให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการ หากต้องการทราบช่วงของสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชที่กว้างขึ้นควรมีการปรับระดับของปุ๋ยไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลาน



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวใบกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบพริกหวานพันธุ์มู่หลาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การเพิ่มระดับของไนโตรเจนในดินเป็นการเพิ่มความสูง แต่ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพริกหวาน การใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 12-4-6 ให้ต้นพริกหวานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งการที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นขนาดใหญ่จะช่วยในการเคลื่อนย้ายอาหารไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช

2. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุให้ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการจุลธาตุแบบรวมให้ปริมาณผลผลิตสูงสุดถึง 5.03 ตัน/ไร่ มีผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรถึง 990 กิโลกรัม/ไร่

3. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบมีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารในผลพริกหวานและการให้ปุ๋ยเคมีทางดินที่อัตราต่างๆ กันมีปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่อยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวาน

4. การสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมออกไปจากดิน พบว่าเมื่อน้ำหนักแห้งของผลผลิตสูงจะมีการสูญเสียไนโตรเจนสูงขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 21.05-39.05 กิโลกรัม N/ไร่ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในต้นพริกหวานเพิ่มขึ้นเนื่องจากธาตุทั้งสองมีผลส่งเสริมกัน โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่นำออกไปจากแปลงอยู่ระหว่าง 8.77-24.03 กิโลกรัม P_2O_5/ไร่ และมีปริมาณโพแทสเซียมที่นำออกจากแปลงอยู่ระหว่าง 40.36-77.35 กิโลกรัม K_2O/ไร่

5. ค่าความเขียวที่วัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในเนื้อเยื่อใบมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงแบบแปรผันตรง สมการเชิงเส้นตรงมีค่า $y = 0.0366x-0.2418$, $R^2=1$ แต่ค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กันน้อยมากกับปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อใบ ($R^2=0.3037$) การใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์จึงเหมาะสำหรับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ แต่ยังไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินของไนโตรเจนในใบพริกหวาน ความเขียวใบที่อ่านได้ 55-70 จะยังให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพริกหวานอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความเขียวใบกับไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชควรมีการปรับระดับของปุ๋ยไนโตรเจนให้กว้างขึ้นและต้องมีการศึกษาข้อมูลอื่นๆประกอบ เช่น อิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ปลูก อายุของใบ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาวิธีการประเมินการใช้ปุ๋ยให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2555. **คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน: ระบบโสตทัศนูปกรณ์**. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จำนอง โสมกุล. ม.ป.ป. **เอกสารแนะนำการปลูกพริก**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2545. **คู่มือการจัดการชั้นคุณภาพผัก**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และ ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2554. **ธรรมชาติของดินและปุ๋ย**. พิมพ์ครั้งที่ 10. โครงการรวมพลังพลิกฟื้นแผ่นดินเกษตรกรไทย มูลนิธิพลังนิเวศและชุมชน, กรุงเทพฯ.

นพพร จรูญชนม์. 2552. **ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบ และผลและการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548. **การปลูกพริกหวานหรือพริกยักษ์**. กรมส่งเสริมการเกษตร กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

พงษ์สันติ์ สีจันทร์, นภาพร วงษ์โพธิ์ขอม, ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ, ศุภชัย อำคา, ฝอยฝา ชุติดำรง, พิบูลย์ กังแฮ, สุชาดา กรุณา และ เธียร วิทยาวรากุล. 2553. **สภาวะธาตุอาหารพืชและ**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง. รายงานฉบับสมบูรณ์. มูลนิธิโครงการหลวง.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. **พริก**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552ก. **ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

_____. 2552ข. **การให้ปุ๋ยทางใบ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันทนา บัวทรัพย์. ม.ป.ป. **ธาตุอาหารพืชกับไม้ผล**. แหล่งที่มา: http://web.agri.cmu.ac.th/somsainamphung/article/OrangeFood.asp, 20 มิถุนายน 2555.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2526. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่ม 2: หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2551. **เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 306571 Instrumentation and measurement in Silviculture technology**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2549. **พริก: การผลิต การจัดการ และการปรับปรุงพันธุ์**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

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

Aminifard, M.H., H. Aroiee, A. Ameri and H. Fatemi. 2012. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). **Afri. J. Agric. Res.** 7: 859-866.

Andrews, J. 1984. **Peppers: The Domesticated Capsicums**. University of Texas Press, Austin.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

Bañados, M.P., F. Ibáñex and A.M. Toso. 2009. Manganese toxicity induces abnormal shoot growth in 'O'Neal' blueberry. **Acta Hort**. 810.

Balasubramanian, V., A.C. Morales, R.T. Cruz, M. Thiyagarajan, R. Nagarajan, M. Babu and L. H. Hai. 2000. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: A review. **Int. Rice Res. Notes**. 25: 4-8.

Benton, J. 2001. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis**. CRC Press, USA.

Bray, R.A. and L.T. Krutz. 1945. Determination of total organic and available from of phosphorus in soil. **Soil Science**. 95: 39-45.

Bullock, D.G. and D.S. Anderson. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **J. Plant Nutr**. 21(4): 741-755.

Dewitt, D. and P.W. Bosland. 1996. **Pepper of The world**. Ten Speed Press, California.

Everhart, E., C. Haynes and R. Jauron. 2002. **Pepper**. Available Source: http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1888.pdf, December 22, 2010.

Fegeria, V.D. 2001. Nutrient interaction in crop plants. **J. Plant Nutr**. 24(8): 1269-1290.

George, R.A.T. 1985. **Vegetable Seed Production**. Longman Group Ltd., New York.

Gonzalez-Real, M.M., A. Baille, H.Q. Liu. 2008. Influence of fruit load on dry matter and N-distribution in sweet pepper plants. **Scientia Hort**. 117: 307-315.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Güler, S. 2009. Effects of nitrogen on yield and chlorophyll of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. **Bangladesh J. Bot**. 38(2): 163-169.

Gunes, A., I. Ali, A. Mehmet and Y. Cikili. 1999. Effect of salinity on phosphorus induced zinc deficency in pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants**. J. of Agr. For**. 23:459-464.

Gurmani, A.H., B.H. Shahani, S. Khan and M.A. Khan. 1988. Effect of various micronutrients (Zn, Cu, Fe, Mn) on the yield of paddy. **Sarhad J. Agric**. 4(4): 515-520.

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

Hawkins, T.S., E.S. Gardiner and G S. Comer. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 reading for endangered plant species research. **J. Nat. Conserv.** 17: 123-127.

Heckman, Joseph R. 2003**. Nutrient removal values for field and forage crops**. Rutgers Cooperative Research&Extension, The State University of New Jersey.

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

Heldt, H.W. 2005**. Plant Biochemistry**. Acedemic Press, New York.

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.

Husted, S., S. Mattsson and M. Brockstedt. 2001. Assimilation and translocation of Mn applied to the leaf surface of barley grown at different Mn-deficiency levels. **W. J. Horst.** 156-157.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Johnson, C.D. and D. R. Decoteau. 1996. Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. **Hort Science**. 31:1119-1123.

Kaya, C. and D. Higgs. 2002a. Improvements in physiological and nutritional developments of tomato cultivars grown at high zinc by foliar application of phosphorus and iron. **J. Plant Nutr.** 25(9): 1881-1894.

_____. and _____. 2002b. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. **Scientia Hort**. 53-64.

Konica Minolta Sensing, Inc. 2009. **Chlorophyll meter SPAD-502plus – A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants**. Available Source: http://konicaminolta.com/instruments/about/network, December 12, 2011.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil interpretation handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.

Marti, H.R. and H.A. Mills. 1991. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. **J. Plant Nutr.** 14(11): 1165-1175.

Marschner, P. 2012. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd eds. Academic Press, USA.

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

Miller, C.H., R.E. McCollum and S. Claimon. 1979. Relationships between growth of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments**. J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 104(6): 852-857.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nielsen, T.H. and B. Veierskov. 1988. Distribution of dry matter in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) during the juvenile and generative growth phases. **Sci. Hortic**. 35: 179-187.

Papadakis, I.E., T.E. Sotiropoulos and I.N. Therios. 2007. Mobility of iron and manganese within two citrus genotypes after foliar applications of iron sulfate and manganese sulfate. **J. Plant Nutr**. 30: 1385-1396.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1997. **Plant Analysis: an interpretation manual.** 2nd eds. CSIRO Publishing, Australia.

Roy, S.S., M.S.I. Khan and 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., F. García-Sánchez, F. Rubio 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. **Sci. Hortic**. 119: 79-87.

_____, _____, Flores J.M and _____. 2010. Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with Ca^+ and K^+. **Span. J. Agric. Res.** 8:170-177.

Sandoval-Villa, M., C.W. Wood and E.A. Guertal. 2002. Tomato leaf chlorophyll meter reading as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **J. Plant Nutr**. 25(10): 2129-2142.

Shapiro, C. and D.D. Francis. 2006. Using a chlorophyll meter to improve N management. **NebGuide** Issued October.

Sharma, C.P. 2006. **Plant Micronutrients**. Science Publishers, New Hampshire.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Shenker, M., O.E. Plessner and E. Tel-Or. 2004. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. **J. Plant Physiol**. 161: 197-202.

Silber, A., A. Bar-Tal, I. Levkovitch, M. Bruner, H. Yehezkel, D. Shmuel, S. Cohen, E. Matan, L. Karni, H. Aktas, E. Turhan and B. Aloni. 2009. Manganese nutrition of pepper (*Capsicum annuum* L.): Growth, Mn uptake and fruit disorder incidence. **Sci. Hortic**. 123: 197-203.

Sibley, J.L., D.J. Eakes, C.H. Gilliam, G.J. Keever, W.A. Dozier, Jr. and D.G. Himelrick. 1996. Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels, and extractable chlorophyll for red maple selections. **Hort Science** 31(3): 468-470.

Swietlik, D. 2002. Zinc nutrition of fruit trees by foliar sprays. **Proc. IS on Foliar Nutrition**. 123-128.

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.

Takebe, M. and T. Yoneyama. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. **Jpn. Agric. Res. Q**. 23: 86-93.

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

Thornley, J.H.M. 1999. Modelling stem height and diameter growth in plants. **Ann. Bot.** 84: 195-205.

Turner, F.T. and M.F. Yund. 1994. Assessing the nitrogen requirement of rice crops with a chlorophyll meter**. Aust. J. Exp. Agric.** 34: 1001-1005.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

United States Department of Agriculture (USDA). 1992. **Agricultural waste management field handbook**. Available Source: http://www.info.usda.gov/CED/ftp/CED/neh651-all.pdf, May 9, 2012.

Walkley, A and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of chromic acid titration method. **Soil Science**. 37:29-35.

Yaseen, M. and M. Ahmad. 2010. Nutrition management in citrus: effect of multinutrients foliar feeding on the yield of Kinnow at different locations. **Pak. J. Bot**. 42(3): 1863-1870.

Zeidan, M.S., M.F. Mohamed and H.A. Hamouda. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low soils fertility. **World J. Agric. Sci**. 6(6): 696-699.

Zhang, Q. and P.H. Brown. 1999. Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 124(4): 433-436.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ปฏิกิริยาของดิน (ดิน: น้ำ = 1: 1)

Level	Range (pH:unit)
กรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	<3.5
กรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
กรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
กรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
กลาง (neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM)

Level	Range (%)
ต่ำมาก	<0.5
ต่ำ	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0-1.5
ปานกลาง	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง	2.5-3.5
สูง	3.5-4.5
สูงมาก	>4.5

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)

Level	Range (mg/kg)
ต่ำมาก	<3
ต่ำ	3-6
ค่อนข้างต่ำ	6-10
ปานกลาง	10-15
ค่อนข้างสูง	15-25
สูง	25-45
สูงมาก	>45

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)

Level	Range (mg/kg)
ต่ำมาก	<30
ต่ำ	30-60
ปานกลาง	60-90
สูง	90-120
สูงมาก	>120

ที่มา: Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 เกณฑ์การประเมินจุลธาตุในดิน

Level	Range (mg/kg)		
	Extr. Fe	Extr. Mn	Extr. Zn
ต่ำมาก	0-5	0-4	<0.5
ต่ำ	5-10	4-8	0.5-1.0
ปานกลาง	11-16	9-12	1.1-3.0
สูง	17-25	13-30	3.1-6.0
สูงมาก	>25	>30	>6.0

ที่มา: Benton (2001)

ตารางผนวกที่ 6 ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 60 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	10.25	14.00	12.25	15.20	12.95
12-4-6	13.25	13.60	10.75	16.75	12.05
10-4-6	10.75	14.75	12.30	17.00	11.40
20-4-6	12.50	12.75	11.80	10.05	14.55
40-4-6	10.10	14.95	11.50	16.35	11.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 75 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	20.45	27.00	20.60	26.00	25.30
12-4-6	20.40	25.50	20.50	20.65	25.40
10-4-6	18.50	24.50	20.55	20.40	20.75
20-4-6	20.50	26.00	20.50	27.50	20.60
40-4-6	20.70	27.50	20.60	30.00	20.70

ตารางผนวกที่ 8 ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 90 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	41.50	37.50	34.50	35.50	40.00
12-4-6	38.50	41.00	32.50	42.00	43.50
10-4-6	54.00	58.00	63.00	54.00	57.00
20-4-6	33.00	37.50	34.50	37.50	35.00
40-4-6	42.50	41.00	36.00	35.50	38.00

ตารางผนวกที่ 9 ความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	68.00	63.00	65.00	62.50	62.00
12-4-6	47.00	44.00	53.00	50.50	61.50
10-4-6	54.00	58.00	63.00	54.00	57.00
20-4-6	55.00	61.00	56.50	65.00	61.50
40-4-6	62.00	64.00	62.50	66.00	71.50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 60 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	5.55	7.00	7.40	7.05	6.30
12-4-6	8.17	7.75	6.60	7.05	6.07
10-4-6	5.35	7.30	6.25	7.75	6.10
20-4-6	5.70	7.00	7.00	7.25	6.80
40-4-6	6.65	7.00	6.40	6.60	6.52

ตารางผนวกที่ 11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 75 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	8.70	7.80	9.55	9.80	7.10
12-4-6	9.50	9.15	9.40	10.50	9.90
10-4-6	7.10	9.05	7.00	10.80	8.75
20-4-6	7.25	8.90	7.65	10.55	7.90
40-4-6	7.72	8.00	9.45	8.30	8.65

ตารางผนวกที่ 12 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 90 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	10.20	12.40	11.70	10.35	12.35
12-4-6	10.75	10.95	10.90	11.80	11.30
10-4-6	8.45	11.55	9.60	11.60	11.70
20-4-6	10.40	11.00	11.80	12.15	9.90
40-4-6	11.20	12.65	11.95	10.35	11.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 120 วันหลังการย้ายปลูก

Treatment	With micronutrient (B)				
(A)	control	Fe+Mn+Zn	+Fe	+Mn	+Zn
26-10-10	13.45	13.70	12.10	11.60	13.45
12-4-6	13.50	13.45	12.40	13.60	12.30
10-4-6	11.50	13.65	13.20	11.80	12.70
20-4-6	12.00	12.40	12.75	13.90	11.70
40-4-6	11.75	13.55	12.90	13.10	12.25

ตารางผนวกที่ 14 การประเมินระดับธาตุอาหารในเนื้อเยื่อใบสำหรับพริก (*Capsicum annuum* L.)

Nutrient		Deficient	Adequate	High	Comments
N (%)	Mid-growth		3.00-4.50		Bell pepper
	Spring Bud development		5.89-6.02		cv. Bell Tower
	Spring 1st anthesis		6.53-6.87		cv. Bell Tower
	Spring Flowering		6.19-6.46		cv. Bell Tower
	Spring Fruit set		5.98-6.35		cv. Bell Tower
	1st bloom to final 1/3	3.50-3.99	4.00-6.00	>6.00	Bell Tower
	Final 1/3	3.00-3.49	3.50-5.00	>5.00	Bell pepper
	Early fruit		2.90-4.60		Bell pepper
P (%)	Mid-growth		0.30-0.70		Bell pepper
	1st bloom to final 1/3	0.23-0.34	0.35-1.00	>1.00	Bell pepper
	Final 1/3	0.18-0.21	0.22-0.70	>0.80	Bell pepper
	Early fruit		0.3-0.5		Bell pepper
K (%)	Early growth	4.00	6.00		Bell pepper
	Mid-growth		4.00-5.40		Bell pepper
	1st bloom to final 1/3	3.60-3.99	4.00-6.00	>6.00	Bell pepper
	Final 1/3	3.00-3.49	3.50-4.50	>4.50	Bell pepper
	Early fruit		2.60-5.50		Bell pepper
Zn (mg/kg)	1st bloom to final 1/3	18-19	20-200	>200	Bell pepper
	Early fruit		35-260		Bell pepper

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

Nutrient		Deficient	Adequate	High	Comments
Mn (mg/kg)	1st bloom to final 1/3	40-49	50-250	>250	Bell pepper
	Early fruit		26-300		Bell pepper
Fe (mg/kg)	1st bloom & final 1/3	50-59	60-300	>300	Bell pepper

ที่มา: Reuter and Robinson (1997)

ต้นทุนราคาปุ๋ย

สูตร 46-0-0	ราคา	957 บาท/50 kg.
สูตร 25-7-7	ราคา	1,101บาท/50 kg.
สูตร 8-24-24	ราคา	1,250 บาท/50 kg.
สูตร 0-46-0	ราคา	1,100 บาท/50 kg.
สูตร 0-0-60	ราคา	890 บาท/50 kg.
$ZnSO_4$	ราคา	1,200 บาท/25 kg
$MnSO_4.H_2O$	ราคา	100 บาท/450 g
Fe EDTA	ราคา	350 บาท/1 kg

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 เปรียบเทียบต้นทุนราคาปุ๋ยระหว่างวิธีของเกษตรกรกับการจัดการธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน

Treatment	Formular	Rate per plant (g/plant)	Rate per rai (kg/rai)	Value (baht)	Total (baht/rai)
เกษตรกร	25-7-7	7.7	82.12	1,571.77	
(26-10-10)	46-0-0	7.7	82.12	1,808.28	7,241.33
	25-7-7	7.7	82.12	2,053.00	
	8-24-24	7.7	82.12	1,808.28	
ตามค่า	46-0-0	1.125	12.00	229.68	
วิเคราะห์ดิน	0-46-0	0.375	4.00	88.00	424.48
(12-4-6)	0-0-60	0.562	6.00	106.80	

จุลธาตุ

ใช้ฉีดพ่นต้นละ 50 ml 1 ไร่ ใช้ปุ๋ยจุลธาตุธาตุละ 533.3 L

Fe EDTA	50 mg/L	= 0.260 kg/ไร่	ราคา 91.00 บาท/ไร่
$MnSO_4.H_2O$	50 mg/L	= 0.026 kg/ไร่	ราคา 5.92 บาท/ไร่
$ZnSO_4$	35 mg/L	= 0.081 kg/ไร่	ราคา 3.89 บาท/ไร่
			รวม 100.81บาท/ ไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอัจฉรา บุณยะตุลานนท์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 สิงหาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(วิทยาศาสตร์การเกษตร) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์