ผลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า และปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อการเจริญเติบโตของพริกหวาน และไนโตรเจนอนินทรีย์ในชุดดินกำแพงแสน

The Effects of Slow Releasing N-Fertilizer and Inhibited Nitrification N-Fertilizer on the Growth of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) and Inorganic Nitrogen in Kamphaengsaen Soil Series

จารุวรรณ วรรณประเสริฐ[1], ศุภชัย อำคา[1] และธงชัย มาลา[1]

Jaruwan Wannaprasert[1*] , Suphachai Amkha and Thongchai Mala[1]

ABSTRACT

The study was aimed to determine the effects of slow releasing N-fertilizer and inhibited nitrification N-fertilizer on the growth of sweet pepper Vega 1288 variety and some soil properties of Kamphaengsaen Soil series**.** The experiment was 2x18 factorial in completely randomized design with 3 replications**.** The first factor was fertilizer application time, i.e. one and two time while the second factor was the variation of 6 kinds of N-fertilizer, each with 3 amounts/quantities of applications which were 25, 50 and 100 percent of soil analysis or 6, 12 and 24 kg N/rai. The 6 kinds/types of N-fertilizers were urea(46-0-0, U), ammonium sulfate (21-0-0, A), urea + neem leaves (Un), ammonium sulfate + neem leaves (An), inhibited nitrification N-fertilizer (N-tech 20-10-10, N) and slow releasing fertilizer (floranid, 20-5-8, F) and no fertilizer as the control treatment. The results showed that one time applications more increased growth and yield of sweet pepper than two time applications. Different N-fertilizer differently influenced the growth, leaf greenness and yield of sweet pepper. The highest yield of 732.45 and 711.74 kg/rai were found in N50 and F50 treatments, respectively. Floranid and N-tech of 25 and 50 percent of soil analysis gave higher yields than that of urea of 100 percent of soil analysis. The soil NH^{+}_{4}-N percentages of floranid and N-tech applications were morer than those of urea and ammonium sulfate uses. The soil NO^{-}_{3}-N percentages of urea and ammonium sulfate treatments were higher than those of N-tech, floranid, ammonium sulfate + neem leaves and urea + neem leaves treatments.

Keywords: slow release fertilizer, sweet pepper, nitification inhibitor

[1*]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: Tel.08-2246-1594, E-mail address: wps_jaruwan@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า และปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพริกหวาน และสมบัติดินบางประการของชุดดินกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ 2×18 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 เป็นจำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยมี 2 ระดับ ได้แก่ ใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง และใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ปัจจัยที่ 2 เป็นแบบของปุ๋ยมี 18 แบบ ได้จากปุ๋ย 6 ชนิด คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0, U) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0, A) ปุ๋ยยูเรีย+ใบสะเดาแห้งบด (Un) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต+ใบสะเดาแห้งบด (An) ปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (เอ็นเทค, 20-10-10, N) และปุ๋ยละลายช้า (ฟลอรานิด, 20-5-8, F) โดยมีการไม่ใส่ปุ๋ยเป็นสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งแต่ละชนิดใส่ไนโตรเจน 3 ระดับ คือ 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของค่าวิเคราะห์ดิน (6, 12 และ 24 กก.ไนโตรเจน /ไร่) โดยทดสอบกับพริกหวานพันธุ์เวก้า 1288 ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยครั้งเดียว ทำให้การเจริญเติบโตของพริกหวานและผลผลิตของพริกหวาน สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 18 แบบ ส่งผลให้การเจริญเติบโต ค่าความเขียวของใบ และผลผลิตของพริกหวานแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ปุ๋ยฟลอรานิค และเอ็นเทค มีการเจริญเติบโต ค่าความเขียวของใบ และผลผลิต สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต การใช้ปุ๋ยเอ็นเทค อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยฟลอรานิด อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิต 732.45 และ 711.74 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยฟลอรานิค และเอ็นเทค อัตรา 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตพริกหวานสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน และอัตราส่วนร้อยละของแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินเมื่อใช้ปุ๋ยฟลอรานิด และเอ็นเทค มีค่ามากกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนอัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนในดิน เมื่อใช้ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต มีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเอ็นเทค ฟลอรานิด แอมโมเนียมซัลเฟต+ใบสะเดาแห้งบด และปุ๋ยยูเรีย+ใบสะเดาแห้งบด

คำสำคัญ: ปุ๋ยละลายช้า พริกหวาน สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน

คำนำ

ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจนในรูปของสารประกอบชนิดต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งคือละลายน้ำได้ง่าย ทำให้ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อพืชลดลง สำหรับการสูญเสียไนโตรเจนจากดินมีหลายวิธี เช่น ไนเตรตถูกชะละลาย และไนเตรตถูกรีดิวซ์เป็นแก๊ส ดังนั้น หากสามารถลดการสูญเสียให้น้อยลงได้ ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยให้สูงขึ้น และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนมีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการใช้ปุ๋ยละลายช้า (ธงชัย และคณะ, 2554) เนื่องจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าสามารถลดการสูญเสียไนโตรเจน และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทีละน้อย อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องเป็นเวลานานพอเหมาะกับความต้องการของพืช ทำให้พืชรับได้ธาตุอาหารอย่างเพียงพอและต่อเนื่องตลอดช่วงอายุของพืช อีกวิธีหนึ่งคือ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitors) ซึ่งจะช่วยในการยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะออกซิเดชันของแอมโมเนีย (Kholdebarin and Oertli, 1994) สารยังยั้งไนตริฟิเคชันไม่มีส่วนช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง บทบาทที่แท้จริงก็คือ ยืดระยะเวลาให้ไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมในดินได้นานมากขึ้น (ธงชัย และคณะ, 2554)

จากการทดสอบเพื่อคัดเลือกสารเคมีที่มีสมบัติเป็นสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน พบว่ามีสาร 6 ชนิดที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้อย่างเด่นชัด ได้แก่ nitrapyrin (N-Serve), 2-ethynylpyridine, etridiazol (Dwell), 3-methylpyrazole-1-carboxamide, 4-amino-1,2,4-triazole และ dicyandiamide (Prasad and Power,

1995) และยังมีสารอีกหลายชนิดที่สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน เช่น sulfathiazole, dicyandiamide thiourea, และ dimethylpyrazole phosphate (ยงยุทธ และคณะ, 2552) ปัจจุบันมีการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนหลายชนิดที่ผสมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน เช่นปุ๋ยเอ็นเทค (N-teach) เป็นปุ๋ยที่มี 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) เป็นส่วนผสม (ธงชัย และคณะ, 2554) สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันนั้นมีทั้งสังเคราะห์ขึ้น และในธรรมชาติ Haile *et al*., (2006) สำหรับกากสะเดา พบว่ามีสารยับยั้งไนตริฟิเคชันซึ่งเป็นสารในกลุ่มเมเลียซิน ได้แก่ epinimbin, nimbin, desacetylnimbin, salanin, desacetylsalanin และ azadirachtin

การให้ปุ๋ยกับกล้าพริกหวานในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไป จึงต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากในเรื่องของวิธีการใส่ เนื่องการใส่ในปริมาณที่มากอาจมีผลทำให้กล้าพริกหวานนั้นมีการเจริญเติบโตลดลง การแบ่งใส่อาจช่วยแก้ปัญหานี้ได้ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาและพบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าสามารถการลดการสูญเสียธาตุอาหาร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยให้สูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าพืชได้ระยะยาวกว่าปุ๋ยเคมีธรรมดา (Mikkelsen *et al.,* 1994) เนื่องจากปุ๋ยละลายช้ามีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ สม่ำเสมอ และต่อเนื่องเป็นเวลานาน พอเหมาะกับความต้องการของพืช ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอและต่อเนื่องตลอดช่วงอายุของพืช ธงชัย และคณะ (2554) รายงานว่าการใช้ฟลอรานิดอัตรา 6 กรัม/ต้น ส่งผลให้น้ำหนักผล และน้ำหนักแห้งในต้นกล้าพริกหวานสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น Escobar *et al*. (2009) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยละลายช้าและปุ๋ยเคมีปกติต่อการเจริญเติบโตของมะกอกในโรงเรือนที่อัตรา 0.75 กรัมไนโตรเจน และ 2 กรัมไนโตรเจน พบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าที่อัตรา 0.75 กรัมไนโตรเจน ทำให้การเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีปกติที่อัตรา 2 กรัมไนโตรเจน และการสูญเสียของไนโตรเจนของปุ๋ยเคมีปกติสูงกว่าปุ๋ยละลายช้า Cartagena *et al.* (1995) ศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่างๆ ในการปลูกข้าวโพดพบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้า (ฟลอรานิด) ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการดูดธาตุอาหารของข้าวโพดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย ในกรณีของพริกหวานยังขาดข้อมูล จึงได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าและปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อการเจริญเติบโตของพริกหวาน ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการปลูกพริกหวานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2×18 Factorial Experiment in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 เป็นจำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยมี 2 ระดับ ได้แก่ ใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง และใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ปัจจัยที่ 2 เป็นแบบของปุ๋ยมี 18 แบบ ได้จากปุ๋ย 6 ชนิด คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0, U) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0, A) ปุ๋ยยูเรีย+ใบสะเดาแห้งบด (Un) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต+ใบสะเดาแห้งบด (An) ปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน (เอ็นเทค, 20-10-10, N) และปุ๋ยละลายช้า (ฟลอรานิด, 20-5-8, F) โดยมีวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยเป็นสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งแต่ละแบบใส่ไนโตรเจน 3 ระดับ คือ 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของค่าวิเคราะห์ดิน (6, 12 และ 24 กก.ไนโตรเจน /ไร่)

การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง ใส่ทั้งหมดหลังจากย้ายปลูก 14 วัน ส่วนการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ในปริมาณ ครึ่งหนึ่งของทั้งหมดหลังจากย้ายปลูก 14 วัน และใส่ที่เหลือหลังจากย้ายปลูก 30 วัน โดยโรยรอบรัศมีโคนต้นพรวนดินและคลุกเคล้าให้เข้ากันกับดินอย่างทั่วถึง

ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม จากปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) อัตรา 12 กก./ไร่ (P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 12 กก./ไร่ (K_2O) พร้อมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 1 โดยใส่ให้มีปริมาณที่เท่ากันในทุกตำรับการทดลอง

ตารางอัตราการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย		N (กก./ไร่)	P_2O_5 (กก./ไร่)		K_2O (กก./ไร่)	
			P	0-46-0	K	0-0-60
U (46-0-0)	25%	6.00	-	12.00	-	12.00
	50%	12.00	-	12.00	-	12.00
	100%	24.00	-	12.00	-	12.00
A (21-0-0)	25%	6.00	-	12.00	-	12.00
	50%	12.00	-	12.00	-	12.00
	100%	24.00	-	12.00	-	12.00
F (20-5-8)	25%	6.00	1.50	10.50	2.40	9.60
	50%	12.00	3.00	9.00	4.80	7.20
	100%	24.00	6.00	6.00	9.60	2.40
N (20-10-10)	25%	6.00	3.00	9.00	3.00	9.00
	50%	12.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	100%	24.00	12.00	-	12.00	-

การเตรียมใบสะเดา

นำใบสะเดาไปอบด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 ºC เป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้น นำใบสะเดามาบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบด แล้วคลุกกับปุ๋ยยูเรีย หรือแอมโมเนียมซัลเฟต ตามตำรับการทดลอง โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับใบสะเดาแห้งบด อัตรา 10:1 โดยน้ำหนัก

การปลูกและการดูแลรักษา

ใช้กล้าพริกหวานพันธุ์เวก้า 1288 อายุ 30 วัน ปลูกลงแปลงโดยขุดหลุมลึก 5 นิ้ว กว้าง 3 นิ้ว ปลูกหลุมละ 1 ต้น กลบดิน จากนั้น คลุมด้วยฟางหนา 1 นิ้ว ให้ทั่วแปลง โดยมีขนาดแปลงย่อย 3×3 ตารางเมตร ระยะปลูก 0.50×0.50 ตารางเมตร

การเก็บข้อมูล

1. ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และค่าความเขียวใบ ของพริกหวานที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ โดยความสูงวัดจากตำแหน่งของใบเลี้ยงคู่แรกถึงปลายยอด ขนาดทรงพุ่มวัดจากซ้ายไปขวาเป็นรูปเครื่องหมายบวก และค่าความเขียววัดด้วยเครื่อง chlorophyll meter ตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ซึ่งสุ่ม 4 ต้น ๆ ละ 3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

2. ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ตามวิธีของทัศนีย์ และจงรักษ์(2542) คำนวณอัตราส่วนร้อยละของแอมโมเนียมไนโตรเจน และอัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจน จากสูตรดังนี้

$$\% NH_4^+\text{-}N = \frac{NH_4^+\text{-}N}{(NH_4^+\text{-}N + NO_3^-\text{-}N)} \times 100$$

$$\% NO_3^-\text{-}N = \frac{NO_3^-\text{-}N}{(NH_4^+\text{-}N + NO_3^-\text{-}N)} \times 100$$

NH^+_4- N คือปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินทั้งหมด
NO^-_3- N คือปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินทั้งหมด

3. ผลผลิตของพริกหวาน เก็บผลพริกหวานเมื่อแก่จัด ผิวสีเขียวเข้ม โดยอยู่ในช่วง 80-90 วันหลังย้ายปลูก โดยสุ่มเก็บ 4 ต้น

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของพริกหวาน

การเจริญเติบโตของพริกหวานจากการทดลองนี้แสดงในรูปของความสูง และขนาดของทรงพุ่ม ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า จำนวนครั้งของการใช้ปุ๋ย มีผลให้ความสูงของพริกหวานทุกระยะของการศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 1) โดยการใส่ปุ๋ยครั้งเดียวมีผลให้ความสูงเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง โดยที่การใส่ปุ๋ยครั้งเดียวทำให้พริกหวานมีความสูงเฉลี่ย 24.62, 33.50 และ 37.28 เซนติเมตร ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ ในขณะที่ความสูงเฉลี่ยของพริกหวานเมื่อใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง อยู่ที่ 22.89, 30.46 และ 32.79 เซนติเมตร ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ

การใช้ปุ๋ยทั้ง 18 แบบ มีผลต่อความสูงของพริกหวานทั้งที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าความสูงของพริกหวานเมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (control) ใน 4 สัปดาห์แรก พบว่า การใช้ปุ๋ยทั้ง 18 แบบ ไม่ทำให้ความสูงพริกหวานแตกต่างกันทางสถิติ โดยความสูงเฉลี่ยของพริกหวานที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 18 แบบใกล้เคียงกัน ยกเว้น ตำรับ U25 ซึ่งให้ความสูงเฉลี่ยที่ต่ำเท่ากับ 21.56 เซนติเมตร ขณะที่ปุ๋ยแบบอื่นให้ความสูงมากกว่านี้ โดยที่ตำรับ An มีความสูงมากที่สุด (26.22 เซนติเมตร) ขณะที่แบบของปุ๋ยไนโตรเจน ทั้ง 18 แบบ ทำให้ความสูงพริกหวานเฉลี่ย ที่ระยะ 6 และ 8 สัปดาห์แตกต่างกันทางสถิติในสัปดาห์ที่ 6 ความสูงของพริกหวานเฉลี่ยเนื่องมาจากผลของแบบปุ๋ยคล้ายกันกับสัปดาห์ที่ 4 กล่าวคือ ตำรับ U25 ให้ความสูงเฉลี่ยต่ำที่สุด (28.33 เซนติเมตร) ซึ่งต่ำกว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยในแบบอื่นๆ ขณะที่ตำรับ N100 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุดที่ระยะ 6 สัปดาห์ (34.81 เซนติเมตร) และที่ระยะ 6 สัปดาห์นี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย โดยพริกหวานมีความสูงมากที่สุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ย N100 จำนวน 1 ครั้ง (38.72 เซนติเมตร)

ที่ระยะ 8 สัปดาห์ ผลของแบบปุ๋ยต่อความสูงของพริกหวานมีความแตกต่างจากที่ 6 สัปดาห์เล็กน้อย ปุ๋ยที่มาจาก An, N และ F ส่งเสริมให้พริกสูงกว่าปุ๋ยแบบอื่น โดยพริกหวานมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดในตำรับปุ๋ย F50 (42.56 เซนติเมตร)

ขนาดทรงพุ่มของพริกหวานที่ได้รับปุ๋ยแบบต่างๆ และจำนวนครั้งของการใส่ (Table 2) พบว่า จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย ไม่มีผลต่อขนาดของทรงพุ่มในสัปดาห์ที่ 4 แต่มีผลให้ขนาดของทรงพุ่มทั้งที่ระยะ 6 และ 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยครั้งเดียวให้ขนาดของทรงพุ่มสูงกว่าการใส่ 2 ครั้ง โดยที่ระยะ 6 สัปดาห์ มีขนาดทรงพุ่ม 31.90 และ 28.73 เซนติเมตร เมื่อใส่ปุ๋ย 1 และ 2 ครั้ง ตามลำดับ ส่วนที่ระยะ 8 สัปดาห์ มีขนาดทรงพุ่มกว้างขึ้นเล็กน้อย เป็น 34.16 และ 29.19 เซนติเมตร ตามลำดับ

การใช้ปุ๋ยแบบต่างๆ มีผลทำให้ขนาดทรงพุ่มทุกระยะที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อขนาดของทรงพุ่มที่ระยะ 4 สัปดาห์แรก แต่มีผลให้ขนาดของทรงพุ่มทั้งที่ระยะ 6 และ 8 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระยะ 4 สัปดาห์แรก ขนาดของทรงพุ่มเฉลี่ยของพริกหวานที่ใส่ทั้ง 18 แบบ ใกล้เคียงกัน โดยที่ตำรับ An100 มีขนาดทรงพุ่มกว้างที่สุด (24.91 เซนติเมตร) ในสัปดาห์ที่ 6 ขนาดทรงพุ่มของพริกหวานเฉลี่ยในตำรับ U25 มีค่าน้อยที่สุด (26.00 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าตำรับที่ใช้ปุ๋ยในแบบอื่นๆ ขณะที่ตำรับ F50 มีค่าขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยที่ระยะ 6 สัปดาห์ กว้างที่สุด (33.44 เซนติเมตร) และที่ระยะ 6 สัปดาห์นี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยและแบบปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้พริกหวานมีขนาดทรงพุ่มมากที่สุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ย N100 จำนวน 1 ครั้ง (36.30 เซนติเมตร) ส่วนในขณะที่ 8 สัปดาห์ ผลของแบบปุ๋ยต่อขนานทรงพุ่มของพริกหวานแตกต่างจากที่ 6 สัปดาห์เล็กน้อย โดยพริกหวานมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยกว้างสุดในตำรับปุ๋ย F50 (36.11 เซนติเมตร)

จากผลการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่า การเจริญเติบโตของพืชในช่วงแรกต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อการสร้างกิ่ง ก้าน ใบ และลำต้น ดังนั้น การใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง มีปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพืชขณะที่ในระยะยาว (8 สัปดาห์) ผลของปุ๋ยฟลอรานิด เอ็นเทค และแอมโมเนียมร่วมกับใบสะเดาแห้งบด ให้ค่าความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะว่าปุ๋ยเหล่านี้ยังคงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ แอมโมเนียม และอยู่ใกล้รากพืช หรือระยะที่พืชดูดใช้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zekri and Koo (1992) ที่ได้รายงานว่า การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์หรือปุ๋ยละลายช้าส่งผลให้พืชตระกูลส้มมีการเจริญเติบโตและผลผลิตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีธรรมดา และจากการทดลองนี้ยังพบอีกว่าชนิดปุ๋ยฟลอรานิด และเอ็มเทค เพียง 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งเสริมให้พริกหวานการเจริญเติบโตด้านความสูงใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียม 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Escobar *et al*. (2009) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยละลายช้าและปุ๋ยเคมีปกติต่อการเจริญเติบโตของมะกอกในโรงเรือนที่อัตรา 0.75 กรัมไนโตรเจน และ 2 กรัมไนโตรเจน พบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าที่อัตรา 0.75 กรัมไนโตรเจน ทำให้การเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีปกติที่อัตรา 2 กรัมไนโตรเจน และ Cartagena *et al*. (1995) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่างๆในการปลูกข้าวโพดพบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้า (ฟลอรานิด) ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการดูดธาตุอาหารของข้างโพดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากปุ๋ยละลายช้าปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้าๆ และต่อเนื่องสม่ำเสมอเพียงพอกับความต้องการของพืช

Table 1 The effects of application times and fertilizer variations treatments on the heights of Vega 1288 sweet peppers in week 4, 6 and 8 in Kamphaengsaen Soil Series.

Fertilizer types (F)	Application methods (A)								
	4 week[1/] (cm)			6 week[1/] (cm)			8 week[1/] (cm)		
	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average
U25	22.78	20.34	21.56	30.22 *b-h*	27.22 *f-i*	28.33 c	32.00	31.78	31.88 bc
U50	21.33	24.11	22.72	28.33 *e-i*	30.89 *b-h*	29.61 ab	36.66	37.89	37.28 ab
U100	25.89	22.55	24.22	34.89 *a-e*	31.44 *a-f*	33.17 ab	33.78	27.39	30.59 bc
A25	24.67	22.44	23.56	35.11 *a-e*	28.78 *d-f*	31.95 ab	38.00	28.89	33.44 b
A50	26.11	23.78	24.50	36.89 *a-c*	30.78 *b-h*	33.83 ab	35.33	28.05	31.69 bc
A100	24.22	21.55	22.89	33.00 *a-g*	25.55 *i*	29.28 ab	38.55	32.78	35.67 ab
Un25	25.89	19.22	22.56	37.11 *ab*	29.67 *c-h*	33.39 ab	37.11	30.06	33.59 b
Un50	25.33	20.67	23.00	34.22 *a-f*	26.11 *hi*	30.17 ab	36.67	28.33	32.50 bc
Un100	26.22	25.22	25.72	35.78 *a-d*	29.50 *c-i*	32.64 ab	37.77	31.34	34.55 ab
An25	26.67	22.45	24.56	32.22 *a-h*	30.78 *b-h*	31.50 ab	36.11	33.67	34.89 ab
An50	23.00	22.67	22.83	33.22 *a-g*	30.89 *b-h*	32.06 ab	39.00	33.44	36.22 ab
An100	27.89	24.55	26.22	35.55 *a-e*	30.83 *b-h*	33.19 ab	37.78	36.67	37.22 ab
N25	27.00	21.89	24.45	37.22 *ab*	31.89 *a-h*	34.56 ab	41.22	32.22	37.28 ab
N50	23.89	27.11	25.50	34.55 *a-f*	28.22 *d-f*	31.39 ab	34.06	34.56	36.72 ab
N100	20.22	25.00	22.61	38.72 *a*	30.89 *b-h*	34.81 a	38.33	36.22	34.31 ab
F25	27.44	23.67	25.56	31.56 *a-h*	29.33 *d-i*	30.45 ab	36.87	33.44	35.11 ab
F50	23.22	22.11	22.67	33.89 *a-f*	34.11 *a-f*	34.00 ab	35.89	34.33	42.56 a
F100	21.33	22.67	22.00	30.22 *b-h*	31.67 *a-h*	30.95 ab	45.90	39.22	35.16 ab
average	24.62 A	22.89 B		33.50 A	30.46 B		37.28 A	32.79 B	
F-test									
A		**			**			**	
F		ns			**			**	
A x F		ns			**			ns	
CV %		12.09			10.09			12.09	
Control	16.56	15.89	16.22	22.11	19.44	20.78	27.56	22.78	25.17

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability, ns = Non significant

[1/] application time

[2/] frequency of applications

Table 2 The effects of fertilizer application times and variations on the plant canopies of Vega 1288 sweet peppers in week 4, 6 and 8 in Kamphaengsaen Soil Series.

Fertilizer types (F)	Application times (A)								
	4 week[1/] (cm)			6 week[1/] (cm)			8 week[1/] (cm)		
	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average
U25	24.16	24.17	24.17	28.33 *a-f*	23.68 g	26.00 b	32.00	22.78	27.39 b
U50	21.22	24.22	22.72	32.00 *a-f*	31.42 *a-f*	31.71 ab	35.89	30.28	33.09 ab
U100	19.50	21.61	20.56	27.89 *a-f*	29.44 *a-f*	28.67 ab	31.78	27.08	29.43 ab
A25	25.55	21.11	23.33	33.60 a-e	27.34 d-g	30.47 ab	35.61	28.22	31.92 ab
A50	25.33	22.11	23.72	28.61 *a-f*	27.83 *a-f*	28.22 ab	32.39	30.11	31.25 ab
A100	23.16	22.22	22.69	34.44 a-d	25.08 e-g	29.76 ab	34.89	26.05	30.47 ab
Un25	24.94	23.61	24.28	35.33 a-c	26.78 d-g	31.06 ab	36.11	24.17	30.14 ab
Un50	25.61	21.94	23.78	30.33 *a-f*	26.00 d-g	28.17 ab	30.89	28.67	29.78 ab
Un100	22.89	22.67	22.78	29.56 *a-f*	29.55 *a-f*	29.56 ab	31.78	27.08	29.43 ab
An25	28.00	21.72	24.86	33.45 a-e	26.17 e-g	29.81 ab	35.44	29.55	32.50 ab
An50	22.21	23.33	22.77	33.50 a-g	27.03 b-g	30.26 ab	36.22	25.33	30.78 ab
An100	23.72	26.11	24.91	33.44 a-e	28.39 *a-f*	30.92 ab	35.66	33.56	34.61 ab
N25	25.11	22.84	23.97	34.06 a-e	30.55 *a-f*	32.31 ab	31.81	34.11	32.96 ab
N50	19.22	28.56	23.89	33.61 a-g	28.75 *a-f*	31.18 ab	35.72	28.39	32.05 ab
N100	20.61	24.00	22.31	36.30 a	28.50 *a-f*	32.40 ab	36.06	31.72	33.89 ab
F25	23.39	20.44	21.92	30.11 *a-f*	30.50 *a-f*	30.31 ab	31.39	29.50	30.44 ab
F50	20.72	22.05	21.39	35.61 ab	31.28 *a-f*	33.44 a	34.50	37.72	36.11 a
F100	22.17	22.33	22.25	34.06 a-e	30.89 *a-f*	32.47 ab	36.22	31.78	34.00 ab
average	23.20	23.06		31.90 A	28.73 B		34.16 A	29.19 B	
F-test									
A		ns			**			**	
F		ns			**			**	
A x F		ns			**			ns	
CV %		15.28			12.90			13.28	
Control	13.72	9.33	11.53	18.50	12.89	15.61	21.44	18.95	20.20

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability, ns = Non significant

[1/] application time

[2/] frequency of applications

ค่าความเขียวของใบพริกหวาน

จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยไม่ทำให้ค่าความเขียวของใบพริกหวานแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ (Table 3) ส่วนแบบปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบพริกหวานในทั้งที่ระยะ 4 และ 8 สัปดาห์แต่มีผลให้ค่าความเขียวของใบพริกหวานในสัปดาห์ที่ 6 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) ซึ่งปุ๋ยทั้ง 18 แบบ ส่งผลให้ค่าความเขียวของใบพริกหวานมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ที่ระยะ 4 สัปดาห์แรก ค่าความเขียวของใบเฉลี่ยในตำรับ Un50 มีค่าสูงที่สุด (66.48 SPAD unit) ขณะที่สัปดาห์ที่ 6 ตำรับ F100 มีค่าความเขียวของใบเฉลี่ยสูงที่สุด (70.54 SPAD unit) รองลงมาเป็นตำรับ N50 มีค่าเฉลี่ย 70.39 SPAD unit ที่ระยะ 8 สัปดาห์ ค่าความเขียวของใบพริกหวานที่ได้รับปุ๋ยแบบต่างๆ มีความค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยตำรับ N100 มีค่าสูงที่สุด (71.96 SPAD unit) และที่ระยะ 8 สัปดาห์นี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย ทำให้พริกหวานมีค่าความเขียวของใบมากที่สุดตำรับที่ใส่ปุ๋ย N100 ใส่ 1ครั้ง (72.80 SPAD unit)

จากการทดลองนี้กล่าวได้ว่า จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อค่าความเขียวของใบพริกหวานทุกระยะการเจริญเติบโต แสดงว่าพริกหวานได้รับปริมาณไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ส่วนแบบของปุ๋ยที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่าความเขียวของใบเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ค่าความเขียวของใบต่ำที่สุด เนื่องจากได้รับไนโตรเจนในปริมาณน้อยจึงทำให้การสร้างคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นอย่างจำกัด ส่วนการใช้ปุ๋ยเพียงอย่าง 25 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ค่าความเขียวของใบใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน ยกเว้นกรณีของตำรับ U25 ที่ระยะ 8 สัปดาห์ ที่ใส่เพียงครั้งเดียว ซึ่งมีค่าความเขียวค่อนข้างต่ำ เนื่องจากยูเรียมีการปลดปล่อยไนโตรเจนอย่างรวดเร็วทำให้มีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อพืช โดยทั่วไประดับไนโตรเจนในใบมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์และเอนไซม์ที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (Evans,1989) สอดคล้องกับการทดลองของ Peterson *et al.* (1993) กล่าวว่าการสร้างคลอโรฟิลล์ขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืชนั้น ในขณะที่อดิศักดิ์ และเรวัต (2553) พบว่าพืชที่มีองค์ประกอบคลอโรฟิลล์สูง จะมีแนวโน้มที่ผลผลิตสูง อาจเป็นเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบคลอโรฟิลล์

Table 3 The effects of fertilizer application times and variations on the leaf greenness (SPAD reading) of Vega 1288 sweet peppers in week 4, 6 and 8 in Kamphaengsaen Soil Series.

Fertilizer types (F)	Application times (A)								
	4 week[1/]			6 week[1/]			8 week[1/]		
	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average
U25	62.00	64.72	63.36	58.89	66.51	62.70 c	56.16 *h*	68.98 *a-f*	62.57
U50	65.46	61.65	63.56	67.54	69.25	68.40 ab	65.37 *a-h*	67.94 *a-f*	66.66
U100	65.19	62.11	63.65	69.31	67.52	68.42 ab	70.00 *a-f*	66.13 *a-g*	68.04
A25	65.14	62.40	63.77	68.82	64.40	66.61 a-c	65.18 *a-h*	65.87 *a-g*	65.52
A50	65.49	61.86	63.67	69.91	64.43	67.17 a-c	70.41 *a-e*	63.32 *b-h*	66.86
A100	64.05	64.20	64.13	68.46	65.60	67.03 a-c	69.53 *a-f*	61.63 *e-h*	65.58
Un25	56.91	67.80	62.36	66.42	67.32	66.87 a-c	61.98 *d-h*	64.48 *a-h*	63.23
Un50	67.64	65.32	66.48	69.31	63.80	66.56 a-c	67.12 *a-g*	63.17 *b-h*	65.15
Un100	65.54	60.00	62.77	67.36	69.06	68.21 ab	63.96 *a-h*	69.03 *a-f*	66.50
An25	64.31	65.74	65.02	67.52	66.74	67.13 a-c	69.17 *a-f*	62.19 *c-h*	65.68
An50	61.81	63.96	62.89	69.62	69.07	69.35 ab	66.76 *a-g*	61.67 *e-h*	64.21
An100	66.58	57.54	62.06	70.19	65.16	67.67 a-c	68.29 *a-f*	66.63 *a-g*	67.46
N25	63.08	58.89	60.99	69.07	64.34	66.71 a-c	70.23 *a-f*	58.18 *gh*	65.49
N50	64.69	66.60	65.64	70.59	70.18	70.39 a	71.44 *a-c*	67.10 *a-g*	69.27
N100	63.41	59.73	61.57	72.07	68.20	70.14 ab	72.80 *a*	71.12 *a-d*	71.96
F25	59.80	60.71	60.26	62.31	67.22	64.77 a-c	62.83 *b-h*	69.15 *a-f*	65.99
F50	60.90	60.70	60.80	65.72	65.91	65.82 a-c	60.97 *f-h*	67.30 *a-g*	64.13
F100	59.72	61.77	60.74	68.39	72.69	70.54 a	66.74 *a-g*	72.03 *ab*	69.39
average	63.43	62.54		67.86	67.08		66.58	65.88	
F-test									
A		ns			ns			ns	
F		ns			*			ns	
A x F		ns			ns			*	
CV %		7.46			5.92			8.65	
Control	44.87	37.33	41.10	45.54	45.81	45.68	45.96	45.13	45.55

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. * = Significant at 0.05, ns = Non significant

[1/] application time

[2/] frequency of applications

ผลผลิตของพริกหวาน

จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย และแบบปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตของพริกหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) การใส่ปุ๋ยครั้งเดียวทำให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ 2 ครั้ง โดยการใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของพริกหวานสูงที่สุด (568.51 กก./ไร่) ส่วนการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง มีค่าผลผลิตเฉลี่ย 509.78 กก./ไร่

การใช้ปุ๋ยทั้ง 18 แบบ มีผลต่อผลผลิตของพริกหวาน ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ย โดยที่ตำรับ N50 ให้ผลผลิตเฉลี่ยของพริกหวานสูงที่สุด (732.45 กก./ไร่) รองลงมาเป็นตำรับ F50 มีค่าเฉลี่ย 711.74 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยแบบอื่นๆให้ผลผลิตพริกหวานใกล้เคียงกัน ทั้งนี้พบว่าการใส่ปุ๋ยเอ็นเทคและฟลอรานิด 25 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตสูงกว่าที่ให้ปุ๋ยยูเรีย 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการใส่และแบบปุ๋ยทำให้พริกหวานมีผลผลิตมากที่สุดตำรับที่ใส่ปุ๋ย N50 จำนวน 1ครั้ง (784.34 กก./ไร่)

จากการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยครั้งเดียวจึงผลให้ผลผลิตพริกหวานสูง เนื่องจากการใส่ครั้งเดียวมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการพืชโดยปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งมีธาตุอาหารหลักที่เคลือบสารเคลือบทำให้ปลดปล่อยออกมาช้าๆและพืชได้รับธาตุอาหารสม่ำเสมอ ขณะที่การใช้ปุ๋ยที่เคลือบสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันให้ผลผลิตของพริกหวานสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไป เนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยดังกล่าว มีสารเคลือบสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาให้ปุ๋ยอยู่ในรูปแอมโมเนียมได้นานเพื่อให้พืชได้รับปุ๋ยนั้นได้มากที่สุด จึงทำให้พริกหวานนั้นได้รับธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจน อย่างเพียงพอต่อความต้องการพืชและสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ยงยุทธ, 2552) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zekri and Koo (1992) ที่ได้รายงานว่า การใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์หรือปุ๋ยละลายช้าส่งผลให้ผลผลิตพืชตระกูลส้มสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีธรรมดา ไชยา (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง พบว่าปุ๋ยละลายช้ามีแนวโน้มให้จำนวน ขนาด และน้ำหนักสดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย การใส่ปุ๋ยละลายช้าอัตรา 24 กก./ไร่ มีแนวโน้มที่จะมีผลผลิตสูงที่สุด เนื่องจากปุ๋ยละลายสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย และธงชัยและคณะ (2554) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยเอ็นเทค มีแนวโน้มส่งผลให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนเหนือดินและใต้ดินของคะน้าฮ่องกง สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต เนื่องจากปุ๋ยเอ็นเทค มีสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาให้ปุ๋ยอยู่ในรูปแอมโมเนียมได้นานเพื่อให้พืชได้รับปุ๋ยนั้นได้มากที่สุด จึงทำให้คะน้าฮ่องกงนั้นได้รับธาตุไนโตรเจนทั้งในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจน และไนเตรตไนโตรเจน อย่างเพียงพอต่อความต้องการ เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจน อย่างเพียงพอต่อความต้องการพืชก็สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ยงยุทธ, 2552)

Table 4 The effects of fertilizer application times and variations on the yield of Vega 1288 sweet peppers in Kamphaengsaen Soil Series.

Fertilizer types	Application times (A)		
(F)	1[1/]	2[1/]	average
U25	491.81 *d-i*	367.92 *j*	429.87 d
U50	538.05 *c-i*	411.17 *g-j*	474.61 b-d
U100	607.10 *a-h*	382.15 *ij*	494.63 b-d
A25	650.59 *a-f*	236.64 *jk*	443.62 cd
A50	556.42 *c-i*	458.77 *e-f*	507.60 b-d
A100	565.10 *b-i*	576.41 *a-i*	570.75 a-d
Un25	509.36 *c-i*	650.49 *a-f*	579.93 a-d
Un50	454.05 *e-f*	709.83 *a-c*	581.94 a-d
Un100	702.55 *a-c*	402.55 *h-j*	552.55 a-d
An25	568.26 *b-i*	447.59 *f-i*	507.92 b-d
An50	517.12 *c-i*	540.87 *c-i*	529.00 a-d
An100	648.76 *a-f*	649.73 *a-f*	649.24 ab
N25	654.38 *a-f*	621.80 *a-f*	638.09 ab
N50	784.34 *a*	680.56 *a-d*	732.45 a
N100	570.60 *b-i*	595.54 *a-h*	583.07 a-d
F25	637.92 *a-f*	660.76 *a-e*	649.34 ab
F50	771.93 *ab*	651.55 *a-f*	711.74 a
F100	615.96 *a-g*	602.03 *a-h*	608.99 a-c
average	602.46 A	535.91 B	
Control	39.47	39.47	39.47
F-test			
A		**	
F		**	
A x F		**	
CV %		17.60	

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. ** = Significant at 0.01 probability, ns = Non significant

[1/] frequency of applications

อัตราส่วนร้อยละของแอมโมเนียมไนโตรเจน

อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกพริกหวาน ที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 สัปดาห์ (Table 5) พบว่า จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ยมีผลทำให้อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทุกระยะการเจริญเติบโต การใส่ปุ๋ย 1 และ 2 ครั้ง มีผลให้อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจน มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่การใส่ปุ๋ยครั้งเดียวมีค่าเฉลี่ย 86.56, 62.81 และ 51.89

เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนเฉลี่ยเมื่อใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง อยู่ที่ 81.93, 53.87 และ 52.46 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ

แบบของปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนทั้งที่ระยะ 4 และ 6 สัปดาห์ (Table 5) ปุ๋ยทั้ง 18 แบบ ส่งผลให้อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ย โดยตำรับ N100 มีอัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนเฉลี่ยมากที่สุด (95.83 และ 76.99 เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะ 4 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับ N25 และ F25 มีอัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าตำรับ U100 ในสัปดาห์ที่ 8 อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน และทุกระยะการเจริญเติบโตไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัย

จากการทดลองพบว่าการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันมีผลให้ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับ Wu *et al*. (2006) ที่ได้รายงานว่าการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันชนิด DMPP เป็นส่วนผสม ส่งผลให้มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินสูงขึ้น เนื่องจาก DMPP เป็นสารที่ยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย จึงทำให้แอมโมเนียมไนโตรเจนเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตไนโตรเจนได้ช้า และสามารถคงอยู่ในดินได้นานกว่าเดิม ส่วนตำรับ An มีอัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนสูง ซึ่งเป็นผลมาจากใบสะเดาแห้งบดนั้นมีสารที่สามารถยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย สอดคล้องกับ Haile *et al*.(2006) ที่รายงานว่า สารสกัดสมุนไพรมีอิทธิพลเพิ่มปริมาณของแอมโมเนียมไนโตรเจน สอดรับกับการลดปริมาณไนเตรตไนโตรเจน และยังมีผลยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ ส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนนั้นจะลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ธงชัย และคณะ (2554) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิด nitrification inhibitor ต่อการเจริญเติบโตของคะน้าฮ่องกง พบว่าอัตราส่วนของแอมโมเนียมไนโตรเจน จากการใช้ปุ๋ยเอ็นเทคมีค่ามากกว่า ยูเรีย+สมุนไพร ยูเรีย และ แอมโมเนียมซัลเฟต เนื่องจากแอมโมเนียมไนโตรเจนเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตไนโตรเจนได้ช้าที่สุด

Table 5 The effects of fertilizer application times and variations on the ratios of NH^{+}_{4}-N percentages in Kamphaengsaen Soil Series in week 4, 6 and 8 of the growth of Vega 1288 sweet peppers.

Fertilizer types (F)	Application times (A)								
	4 week[1/]			6 week[1/]			8 week[1/]		
	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average
U25	74.93	65.28	70.11 d	44.83	41.53	43.18 d	47.28	35.01	41.15
U50	75.38	73.81	74.60 b-d	66.46	39.02	52.74 b-d	45.14	66.77	55.96
U100	72.22	91.11	81.67 a-c	60.79	58.35	59.57 a-d	39.21	52.32	45.76
A25	84.72	70.37	77.55 b-d	41.58	54.22	47.90 b-d	47.18	45.62	46.40
A50	93.75	73.61	83.68 a-c	58.66	44.69	51.68 b-d	57.80	46.67	52.23
A100	87.04	90.48	88.76 ab	51.64	55.63	53.63 a-d	30.56	47.80	39.18
Un25	84.92	80.14	82.53 a-c	54.11	44.20	49.16 b-d	62.46	40.77	51.62
Un50	86.31	80.75	83.53 a-c	45.91	55.95	50.93 b-d	51.82	62.20	57.01
Un100	91.67	86.94	89.31 ab	71.21	44.07	57.64 a-d	56.05	63.72	59.88
An25	90.28	72.42	81.35 a-d	62.59	51.82	57.21 a-d	33.03	53.56	43.29
An50	84.22	84.92	84.57 a-c	61.63	57.46	59.55 a-d	51.69	48.51	50.10
An100	86.31	88.89	87.60 ab	83.81	70.16	68.83 ab	67.00	56.74	61.87
N25	90.28	78.99	84.63 a-c	76.92	54.30	65.61 a-c	56.47	42.55	49.51
N50	92.59	81.94	87.27 ab	77.32	49.82	63.57 a-c	63.45	53.52	58.48
N100	95.83	95.83	95.83 a	65.97	71.69	76.99 a	60.31	61.72	61.02
F25	84.92	84.22	84.57 a-c	71.97	52.93	62.45 a-c	43.40	53.17	48.28
F50	88.89	87.50	88.19 ab	63.32	60.93	62.13 a-c	48.11	53.77	50.94
F100	94.44	87.50	90.97 ab	71.89	63.01	67.45 a-d	73.10	59.83	66.46
average	86.59	81.93		62.81	53.87		51.89	52.46	
F-test									
A		ns			ns			ns	
F		*			*			ns	
A x F		ns			ns			ns	
CV %		15.02			29.33			32.42	
Control	61.05	70.95	66.00	35.98	40.24	38.11	30.46	45.86	38.16

Means followed by the same letters are not statistically different ($P<0.05$) from each other according to DMRT. * = Significant at 0.05, ns = Non significant

[1/] application time

[2/] frequency of applications

อัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจน

อัตราส่วนร้อยละไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ปลูกพริกหวาน ที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 สัปดาห์ (Table 6) พบว่า จำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย ไม่ทำให้อัตราส่วนร้อยละไนเตรตไนโตรเจนแตกต่างกันทุกระยะการเจริญเติบโต โดยการใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ย 13.41, 37.19 และ 48.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ ขณะที่อัตราส่วนร้อยละไนเตรตไนโตรเจนเฉลี่ยเมื่อใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง อยู่ที่ 18.07, 46.12 และ 47.54 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ

แบบของปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 18 แบบ ทำให้อัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนเฉลี่ย ที่ระยะ 4 และ 6 สัปดาห์ แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับ U25 มีอัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนสูงที่สุด (29.90 และ 58.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนตำรับ N100 มีอัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำที่สุดอยู่ที่ 4.17 และ 23.02 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 4 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 8 อัตราส่วนร้อยละไนเตรตไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน และที่ระยะ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ จากการศึกษานี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการใส่และชนิดปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่ออัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจน (Table 6)

อัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนในตำรับ U และ A มีค่า สูงกว่าตำรับ Un, An, N และ F ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตไม่มีสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน จึงทำให้แอมโมเนียมไนโตรเจนเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็ว ขณะที่ตำรับ N และ F มีอัตราส่วนร้อยละของไนเตรตไนโตรเจนต่ำกว่าตำรับอื่นๆ เนื่องมาจากตำรับ N มีสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันส่วนตำรับ F นั้นเป็นปุ๋ยละลายช้า ซึ่งสอดคล้องกับ Wu *et al.* (2006) ได้รายงานว่า การใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันชนิด DMPP เป็นส่วนผสม ส่งผลให้มีปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินลดลง โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนียม ทำให้คงสภาพของแอมโมเนียมไว้ในดินได้ต่อไป ธงชัย และคณะ (2554) พบว่าอัตราส่วนของไนเตรตไนโตรเจนในดินเมื่อใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรียจะมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเอ็นเทค เนื่องจากปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตไม่มีสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน

Table 6 The effects of fertilizer application times and variations on the ratios of NO^-_3- N percentages in Kamphaengsaen Soil Series in week 4, 6 and 8 of the growth of Vega 1288 sweet peppers.

Fertilizer types (F)	Application times (A)								
	4 week			6 week			8 week		
	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average	1[2/]	2[2/]	average
U25	25.07	34.72	29.90 a	55.17	58.47	56.82 a	52.72	64.99	58.86
U50	24.62	26.19	25.41 a-c	33.54	60.98	47.26 a-c	54.86	33.23	44.04
U100	9.72	27.58	18.65 a-d	39.21	41.65	40.43 a-d	60.79	47.68	54.24
A25	15.28	29.63	22.45 a-c	58.42	45.78	52.10 a-c	52.82	54.38	53.60
A50	6.25	26.39	16.32 b-d	41.34	55.31	48.32 a-c	42.20	53.33	47.77
A100	12.96	9.52	11.24 cd	48.36	44.37	46.37 a-d	69.44	52.20	60.82
Un25	15.08	19.86	17.47 b-d	45.89	55.80	50.84 a-c	37.54	59.23	48.39
Un50	13.69	19.25	16.47 b-d	54.09	44.05	49.07 a-c	48.18	37.80	42.99
Un100	8.33	13.06	10.70 cd	28.79	55.93	42.36 a-d	43.95	36.28	40.12
An25	27.78	8.89	18.33 a-d	37.41	48.18	42.80 a-d	66.97	46.44	56.71
An50	15.78	15.08	15.43 b-d	38.37	42.54	40.46 a-d	48.31	51.49	49.90
An100	13.69	11.11	12.40 cd	16.19	29.84	31.17 cd	33.00	43.26	38.13
N25	9.72	21.01	15.37 b-d	23.08	45.70	34.39 b-d	43.53	57.45	50.49
N50	7.41	18.06	12.73 cd	22.68	50.18	36.43 b-d	36.55	46.48	41.52
N100	4.17	4.17	4.17 d	34.03	28.31	23.02 d	39.69	38.28	38.99
F25	15.08	15.78	15.43 b-d	28.03	47.07	37.55 b-d	56.60	46.83	51.72
F50	11.11	12.50	11.81 cd	36.68	39.07	37.88 b-d	51.89	46.23	49.06
F100	5.56	12.50	9.03 cd	28.11	36.99	32.55 cd	26.90	40.17	33.54
average	13.41	18.07		37.19	46.12		48.11	47.54	
F-test									
A		ns			ns			ns	
F		*			*			ns	
A x F		ns			ns			ns	
CV %		18.63			37.61			33.70	
Control	38.95	29.05	34.00	64.02	59.76	61.88 a	69.54	54.14	61.84

Means followed by the same letters are not statistically different (P<0.05) from each other according to DMRT. * = Significant at 0.05, ns = Non significant

[1/] application time

[2/] frequency of applications

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า และปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพริกหวานสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยครั้งเดียวมีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวานสูงกว่ากว่าใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง

2. การใช้ปุ๋ยละลายช้า และปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน ส่งผลให้ให้การเจริญเติบโตของพริกหวาน สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียม

3. ปุ๋ยฟลอรานิด และ ปุ๋ยเอ็นเทค อัตรา 25-50 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน ส่งผลให้ผลผลิตพริกหวานสูงที่สุด

4. อัตราส่วนร้อยละแอมโมเนียมไนโตรเจนในการใช้ปุ๋ยเอ็นเทค และฟลอรานิด มีค่าสูงกว่าปุ๋ยเคมีธรรมดา ส่วนอัตราส่วนร้อยละไนเตรตไนโตรเจนในการใช้ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมมีค่าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเอ็นเทค และฟลอรานิด

5. การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับใบสะเดาแห้งบดส่งเสริมให้การเจริญเติบโตของพริกหวานใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยละลายช้า และปุ๋ยเคลือบสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน

เอกสารอ้างอิง

ไชยา บุญเลิศ. 2554. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, ศุภชัย อำคา และสิรินภา ช่วงโอภาส. 2554. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยละลายช้าและไนตริฟิเคชันอินฮิบิเตอร์ต่อการเจริญเติบโตของกล้าพืช. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ นัดกระโทก และเรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2553. สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตอ้อย องค์ประกอบผลผลิตอ้อย องค์ประกอบคลอโรฟิลล์ และปริมาณแป้งในน้ำอ้อย ของอ้อยปลูกในพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันตกตอนล่าง. ว. กำแพงแสน 8:12-20.

Cartagena, M. C., A. Vallejo, J. A. Diez, A. Bustos, R. Caballero, R. Roman. 1995. Effect of the type of fertilizer and source of irrigation water on N use in a maize crop. Field Crops Res. 44: 33-39.

Escobar, F., R. Benlloch M., E. Herrera and J. M. Garcia-Novelo. 2009. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. Sci. Hort. 101: 39–49.

Haile, W., T. Mala, Y. Osotsapar and V. Verasan. 2006. Nitrification inhibiting ability of Ethiopian medicinal herbs as affected by soil types. Kamphaensaen Acad. J. 4(1): 61-73.

Kholdebarin, B. and J. J. Oertli. 1994. Nitrification: Interference by phenolic compounds. J. Plant Nutri. 17(11): 1827 – 1837.

Mikkelsen, R. L., H. M. Williams and A. D. Behel, Jr. 1994. Nitrogen leaching and plant uptake from controlled-release fertilizer. Fert. Res. 37(1): 43-50.

Prasad, R. and J.F. Power. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health and the environment. Adv. Agron. 54: 234 – 281.

Wu, S., L. Wu, Q. Shi, Z. Wang, X. Chen and Y. Li. 2006. Effects of a new nitrification inhibitor 3,4 dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrate and potassium leaching in two soils. J. Environ. Sci. 19 : 841-847.

Zekri, M. and R. C. J. Koo. 1992. Use of controlled-release fertilizers for young citrus trees. Sci. Hort. 49: 233-241.

Received 23 April 2013

Accepted 23 August 2013