การพัฒนาการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

นางสาวยุวดี หริมเจริญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2557

DEVELOPMENT OF FERTIGATION FOR TOMATO PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION SYSTEM

Yuvadee Rimcharoen

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Philisophy in Crop Science

Suranaree University of Technology

Academic Year 2014

การพัฒนาการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.รุจ มรกต)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ

_____

(ผศ. ดร.อารักษ์ ธีรอำพน)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ยุวดี หริมเจริญ : การพัฒนาการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด (DEVELOPMENT OF FERTIGATION FOR TOMATO PRODUCT UNDER DRIP IRRIGATION SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ, 72 หน้า.

งานนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของรากและธาตุอาหารพืชจากการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดสำหรับการผลิตมะเขือเทศ โดยมี 2 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศและธาตุอาหารพืชที่ให้ปุ๋ยในระบบน้ำหยด เปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดินโดยใช้สูตร อัตราและระยะเวลาการให้ปุ๋ยเหมือนกัน ผลการทดลอง พบว่าการให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยมีการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศดีกว่า และยังพบว่าการกระจายตัวของระบบรากและปุ๋ยดีกว่า โดยวิธีให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะมีความหนาแน่นรากรวม รากขนาดเล็ก (0.01-1.00 มม.) และรากขนาดกลาง (1.01-2.00 มม.) มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน คิดเป็น 50.5%, 49.4% และ 56.9% ตามลำดับ ส่วนรากขนาดใหญ่ (2.10-3.00 มม.) กลับพบว่าการให้ปุ๋ยทางดินมีความหนาแน่นรากมากกว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำถึง 66.3% และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะทำให้รากของมะเขือเทศมีการกระจายตัวทางด้านข้าง และด้านล่างสูงกว่า ซึ่งสอดข้องกับการกระจายตัวของธาตุอาหารหลักในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ที่พบว่ามีการกระจายทั้งลงลึก และทางด้านข้างในระดับของรากมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน

การทดลองที่ 2 ศึกษาการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด โดยมีการทดลองย่อย 2 การทดลอง การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาวิธีการ และระยะเวลาการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อใช้ในการผลิตมะเขือเทศภายใต้การให้ปุ๋ยระบบน้ำหยด โดยทำการเปรียบเทียบการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 2 กรรมวิธี คือ 1) หมักวัสดุสด 2) หมักวัสดุที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อน โดยทั้ง 2 กรรมวิธีใช้วัสดุในการผลิตที่เหมือนกันคือ มูลไก่ และรำข้าว ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการหมักจากวัสดุที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อนจะเร็วกว่ากรรมวิธีที่หมักจากวัสดุสด แต่ในกระบวนการหมักวัสดุสดจะมีสัดส่วนของธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกับความต้องการมะเขือเทศมากกว่า ส่วนในการทดลองย่อยที่ 2 ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ โดยเลือกปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากกรรมวิธีที่ 1 ในการทดลองแรกมาใช้ในการทดสอบเพราะมีสัดส่วนของธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกับความต้องการของมะเขือเทศมากกว่า โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ 1) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 2) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (โดยให้มี N เท่ากับกรรมวิธีที่ 1) 3) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมกับปุ๋ยเคมีใน

อัตราส่วน 1:1 (โดยให้ N ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+ปุ๋ยเคมีเท่ากับกรรมวิธีที่ 1) กรรมวิธี 4) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช (โดยการเติมธาตุอาหารหลักในส่วนที่ขาดให้ได้ตามกรรมวิธีที่ 1) โดยให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำหยดทุกกรรมวิธีและให้ในระยะเวลาที่เหมือนกัน ผลการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่ 4 ทำให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว แต่มีแนวโน้มที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ สำหรับคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ (ความแน่นเนื้อ ของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณกรดของผล) พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีแนวโน้มดีกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืชยังเป็นวิธีที่มีต้นทุนการให้ปุ๋ยต่ำกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวหรือการให้ปุ๋ยกรรมวิธีอื่นๆ ดังนั้นวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารที่ขาด จึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาพืชศาสตร์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

YUVADEE RIMCHAROEN : DEVELOPMENT OF FERTIGATION FOR TOMATO PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION SYSTEM.THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SODCHOL WONPRASAID, Ph.D., 72 PP.

TOMATO/FERTIGATION/LIQUID ORGANIC FERTILIZER

This study aimed to investigate the impact of fertigation and the relationship between root and nutrient distribution and to study the application of liquid organic fertilizer under ferigation system in tomato production. There were two experiments in this study. In the first experiment, fertigation and soil fertilizer application with the same amount of nutrients and duration of application were compared. The results showed that fertigation was more efficient than soil fertilizer application, resulting in better growth and higher yield of tomato production. The results also indicated that fertigation had better root and nutrient distribution than soil fertilizer application, more small root (0.01-1.00 mm) and medium root (1.01-2.00 mm) density but less large root (2.01-3.00 mm) density. Tomato roots under fertigation also distributed more vertically and horizontally than those under soil fertilizer application. More distribution of available form of primary nutrients (N, P and K) to root zone was also found under fertigation system.

The second experiment aimed to develop liquid organic fertilizer for fertigation in tomato production. The experiment was divided into two parts. In first part, the method and duration of fermentation of liquid organic fertilizer were studied by comparing the fermentation of fresh materials and pre-decomposed materials. The materials used in this study were chicken manure, rice bran and molasses. The pre-decomposed materials required a shorter period of fermentation but the fermentation of fresh materials released available plant nutrients in ratio closer to the nutrient requirement of tomato. In the second part, the effects of fertigation of liquid organic

fertilizer on tomato growth, yield and quality were studied. The treatments included: T1) control (chemical fertilize), T2) organic fertilizer (same amount of N to T1), T3) chemical+organic fertilizer (1:1 of N with same amount of N to T1) and T4) organic fertilizer+primary nutrients (same amount of primary nutrients to T1). In all treatments, fertilizers were applied under fertigation system with the same application periods. The results revealed that treatment of organic fertilizer+nutrients (T4) had similar growth and yield to control (T1) but tended to be higher than other treatments. It was also found that the quality of tomato including firmness, total soluble solid and total acid was better when organic fertilizer was used, compared to chemical fertilizer alone. Moreover, the application of liquid organic fertilizer+nutrients (T4) also had lower cost than chemical fertilizer or other fertilizer applications in this study. Therefore, the fertigation of liquid organic fertilizer with some nutrients added in order to meet the tomato production requirement could be a good choice for tomato growers to reduce expensive chemical fertilizers.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนวลปรางค์ อุทัยดา คุณสมยง พิมพ์พรม และคุณสหรัฐ นภากาศ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณอุทัย พลแสงจันทร์ คุณขนิษฐา กู่โบราณ และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มอบทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา น้า และพี่สาว ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ยุวดี หริมเจริญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ 3

2.2 การให้น้ำ และปุ๋ยระบบน้ำหยดในมะเขือเทศ 13

2.3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 16

2.4 รูปของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 21

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศและธาตุอาหารพืช ภายใต้ระบบน้ำหยด 23

3.2 การพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

3.2.1 ศึกษาวิธีการและระยะเวลาในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามความต้องการของมะเขือเทศ 25

3.2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศและธาตุอาหารพืช ภายใต้ระบบน้ำหยด 30

4.2 การพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

4.2.1 ศึกษาวิธีการและระยะเวลาในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อให้ได้ ธาตุอาหารตามความต้องการของมะเขือเทศ 45

4.2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) 52

5 บทสรุป 60

รายการอ้างอิง 61

ภาคผนวก 68

ประวัติผู้เขียน 72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมะเขือเทศ ปี 2556 3
2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ ปี 2553-2555..... 4
3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบบนสุดซึ่งโตเต็มที่ของมะเขือเทศในระยะต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต 12
4 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ..... 15
5 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มะเขือเทศต้องการ 16
6 ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์..... 21
7 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ..... 27
8 ปริมาณธาตุอาหารที่มะเขือเทศได้รับในแต่ละกรรมวิธี..... 28
9 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 42
10 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตของมะเขือเทศ..... 43
11 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศ 44
12 สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ..... 45
13 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่เหมาะสมกับความต้องการของมะเขือเทศมากที่สุดจาก 2 สูตร 51
14 การเปรียบเทียบปริมาณของธาตุอาหารที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศระหว่างสูตรปุ๋ยของสูตรที่ 1 และ 2 52
15 คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกมะเขือเทศ..... 53
16 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 54
17 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตของมะเขือเทศ..... 55
18 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศ 56
19 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศ..... 57
20 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อคุณสมบัติของดินหลังปลูกมะเขือเทศ..... 58
21 แสดงต้นทุนในวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ..... 59

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 31

2 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 0.01-1.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 33

3 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 1.01-2.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 34

4 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 2.10-3.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 35

5 ปริมาณ available N ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 37

6 ปริมาณ available P ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 39

7 ปริมาณ exchangeable K ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก 41

8 pH ของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 46

9 EC ของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 47

10 ปริมาณ NH_4^+ ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 48

11 ปริมาณ NO_3^- ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 48

12 ปริมาณ available N ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 49

13 ปริมาณ available P ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 50

14 ปริมาณ exchangeable K ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

มะเขือเทศเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของไทย พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ เป็นพืชที่มักได้รับผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำ โดยเฉพาะช่วงของการเจริญเติบโต และติดผล ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงนิยมปลูกมะเขือเทศภายใต้ระบบน้ำหยด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง และยังสามารถให้ปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยที่ให้แก่พืชเพราะสามารถจำกัดบริเวณการให้ปุ๋ยแก่พืช มีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอ ลดการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างลึกลงไปเกินกว่าระดับราก สามารถลดแรงงานการให้ปุ๋ย

จากการทดลองของสุมิตรา จันไทย (2555) พบว่า การให้ปุ๋ยกับมะเขือเทศโดยให้ทางระบบน้ำ จะทำให้ผลผลิตมะเขือเทศสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน การดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน แต่งานทดลองนี้ยังขาดข้อมูลสนับสนุนถึงกลไกที่ทำให้มะเขือเทศใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ โดยเฉพาะข้อมูลของระบบราก และการกระจายตัวของธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการดูดใช้ธาตุอาหารพืช โดยใช้อัตราปุ๋ยที่เหมือนกัน นอกจากนั้นแล้วการใช้ปุ๋ยเคมีก็ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยที่ใช้ในระบบน้ำนั้นจะมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีเพราะมีความบริสุทธิ์สูง แต่มีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป และหากใช้อย่างไม่เหมาะสมเป็นเวลานาน จะทำให้คุณภาพของดินเสื่อมลง ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้นเพื่อลดต้นทุนการผลิต และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม แต่ปุ๋ยอินทรีย์ยังมีข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ทันเวลากับที่พืชต้องการ เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชช้า โดยส่วนใหญ่ธาตุอาหารยังคงอยู่ในรูปของอินทรีย์สารซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำอาจเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ เพื่อให้ทันต่อความต้องการของพืช ซึ่งสามารถมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีหรือลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง แต่ยังมีผู้ศึกษาไม่แพร่หลาย อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังต่ำ และอาจยังมีสัดส่วนจากกระบวนการหมักไม่เหมาะสม ทำให้สมดุลธาตุอาหารควบคุมได้ยาก (ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน, 2553) ซึ่งอาจต้องมีการคัดเลือกวัสดุอินทรีย์มาใช้ในการผลิต โดยเฉพาะวัสดุอินทรีย์ที่

มีธาตุอาหารสูง หาได้ง่าย และมีปริมาณมาก เพื่อให้ได้สัดส่วนของธาตุอาหารตามความต้องการของพืช แต่ถึงอย่างไรก็ตามในขบวนการหมักอาจไม่ได้ธาตุอาหารออกมาตามสัดส่วนของธาตุอาหารที่อยู่ในวัสดุอินทรีย์ เพราะอาจมีการตกตะกอนของธาตุอาหารบางชนิด โดยเฉพาะ Ca และ P จึงอาจต้องมีการเติมธาตุอาหารบางชนิดในรูปปุ๋ยเคมีก่อนการนำไปใช้

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อพัฒนาการใช้ปุ๋ย และการจัดการธาตุอาหารพืช ให้เหมาะสมต่อการปลูกมะเขือเทศในระบบการให้น้ำหยด โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของวิธีการใช้ปุ๋ยในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรากมะเขือเทศ และการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชที่ให้ในระบบน้ำหยด
3. เพื่อพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำหรับการปลูกมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการทดสอบการใช้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ และศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในการปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) ภายใต้ระบบน้ำหยดในแปลงทดลอง (ชนิดดินร่วนเหนียวปนทราย)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลของอิทธิพลของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ
2. ทราบความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของราก และธาตุอาหารพืชที่ให้ในระบบน้ำหยด
3. เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำส่วนใหญ่ ยังไม่เคยนำมาใช้ในระบบน้ำมากนัก ถ้ามีการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพิ่มเติม ก็จะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร ซึ่งจะลดการใช้ปุ๋ยเคมีราคาแพงลง ส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิต และเป็นแนวทางในการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำหรับการปลูกมะเขือเทศโดยระบบน้ำหยดในอนาคต

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) มีถิ่นกำเนิดในแถบชายฝั่งทะเลตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ จัดอยู่ในตระกูล Solanaceae หรือ night shade เป็นพืชล้มลุกอายุ 1 ปี สามารถเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ และออกดอกได้ดีในเขตร้อน และเขตอบอุ่น สามารถติดผลได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมประมาณ 6.0-6.8 เป็นดินที่ระบายน้ำดี เป็นผักที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในทั่วโลก เนื่องจากเป็นอาหารที่มีสรรพคุณทางยา และประกอบไปด้วยสารจำพวก แคโรทีนอยด์ ชนิดไลโคปีน (lycopene) ซึ่งเป็นสารสีแดง และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามิน บี 1 บี 2 วิตามิน เค โดยเฉพาะวิตามิน เอ และวิตามินซี มีในปริมาณสูง มีกรดมาลิค กรดซิตริก ซึ่งให้รสเปรี้ยว และกลูตามิค (glutamic) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนช่วยเพิ่มรสชาติให้อาหาร นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารเบต้าแคโรทีน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เป็นต้น

2.1.1 การผลิตมะเขือเทศ

แหล่งผลิตมะเขือเทศที่สำคัญ คือ จังหวัดเชียงใหม่ หนองคาย สกลนคร และนครพนม พื้นที่ปลูกในประเทศ ปี 2556 มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 34,651 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 29,413 ไร่ ผลผลิตรวมเฉลี่ยเท่ากับ 105,967 ตัน ซึ่งพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของมะเขือเทศ ปี 2556

จังหวัด	มะเขือเทศรวม			
	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	34,651	29,413	105,967	3,058
ภาคเหนือ	10,711	9,283	32,090	2,996
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	16,832	14,393	59,310	3,524
ภาคกลาง	6,733	5,444	13,909	2,066
ภาคใต้	375	293	658	1,755

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555

การส่งออก

ในส่วนของปริมาณ และมูลค่าการส่งออกมะเขือเทศของไทย ซึ่งมีการส่งออกในรูปมะเขือเทศสด และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่แปรรูปมาจากมะเขือเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้า และผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ ปี 2553-2555

รายการ	2553		2554		2555	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
น้ำมะเขือเทศ	521	11	266	5	453	10
มะเขือเทศ สดหรือแช่เย็น	427	10	500	16	594	19
มะเขือเทศปรุงแต่ง	5,602	220	6,074	289	5,564	246
รวม	6,550	241	6,840	310	6,612	275

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก (root) เป็นระบบรากแก้ว (tap root system) เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และแข็งแรง สามารถสร้างรากแขนง และรากฝอยเป็นจำนวนมากในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิต่ำ ต้นมะเขือเทศจะสร้างรากพิเศษบนลำต้นได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการดูดธาตุอาหาร

ลำต้น (stem) ในลำต้นอ่อนจะมีขนปกคลุม เมื่อลำต้นแก่จะมีลักษณะเป็นเหลี่ยม ในระยะแรกของการเจริญเติบโตลำต้นของมะเขือเทศจะตั้งตรง เมื่อกิ่งก้านยาว 30-60 ซม. จะทอดยอดไปตามแนวราบ และสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดเวลาที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม

ใบ (leaf) เป็นใบประกอบ ออกสลับกัน ใบย่อยมีขนาดไม่เท่ากัน บางใบเล็กรียาว บางใบกลมใหญ่ ปลายใบแหลม ขอบใบเป็นหยักลึกคล้ายฟันเลื่อย ยาวประมาณ 5-7 ซม. มีสีเขียวปนเทา มีต่อมสารระเหยที่บริเวณขนเมื่อถูกรบกวนจะปลดปล่อยสารมีกลิ่นออกมา

ดอก (flower) เป็นดอกสมบูรณ์หรือดอกสมบูรณ์เพศ (complete or perfect flower) มีเกสรเพศผู้ (stamen) รวมกันเป็นหลอด (tube) ครอบเกสรเพศเมีย (pistil) เป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollination) ประมาณ 98% การผสมเกสรของมะเขือเทศต้องการอากาศเย็น โดยเฉพาะอุณหภูมิตอนกลางคืน ไม่ควรสูงกว่า 21^{O}C ออกดอกเป็นช่อหรือดอกเดี่ยว บริเวณซอกใบ ดอกมีสีเหลือง มีกลีบเลี้ยงสีเขียวประมาณ 5-6 กลีบ

ผล (fruit) ผลเป็นผลเดี่ยว ซึ่งมีขนาดเล็กประมาณ 3 ซม. จนถึงใหญ่ประมาณ 10 ซม. รูปร่างมีทั้งกลม กลมแบน หรือกลมรี ภายในผลประกอบด้วยรังไข่ที่เชื่อมกัน แบ่งเป็นช่อง (locule) หรือห้อง (chamber) ออกเป็น 2-25 ช่อง ส่วนใหญ่มีประมาณ 2-10 ช่อง ผลดิบมีสีเขียว หรือเขียวอมเทา เมื่อสุกจะมีสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง ผลส่วนที่ใช้เป็นอาหารประกอบด้วย pericarp, placenta tissue และเมล็ด สีแดงของผลมะเขือเทศเกิดจากมีไลโคปีนซึ่งเป็น pigment ที่ทำให้เกิดสีแดง เนื้อภายในฉ่ำด้วยน้ำมีรสเปรี้ยว ส่วนเนื้อของผลประกอบด้วยสารต่าง ๆ ทั้ง insoluble solid และ soluble solid หากมีสารเหล่านี้มากทำให้เนื้อผลหนา protopectin ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่เรียกว่า lamella มีความสัมพันธ์โดยตรงกับเนื้อของผล และความแน่นของผล

เมล็ด (seed) มีลักษณะรูปไข่ แบน และมีขนขนาดเล็กสีน้ำตาลอ่อนปกคลุมอยู่ ความยาวของเมล็ดมีขนาดตั้งแต่ 1.5-4 มม. จำนวนเมล็ดต่อผลประมาณ 150-300 เมล็ด ภายในเมล็ดประกอบด้วยต้นอ่อนขดกลม (coiled embryo) เป็นวงแหวนล้อมรอบด้วยอาหารสำหรับใช้เลี้ยงต้นอ่อนขนาดเล็ก

2.1.3 พันธุ์มะเขือเทศ

พันธุ์มะเขือเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. พันธุ์มะเขือเทศที่ปลูกเพื่อไว้ขายตลาด มี 2 ชนิด คือพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ นิยมนำมาประกอบอาหารต่าง ๆ หรือใช้ประดับจานอาหาร มีลักษณะผลโต สีผลเมื่อสุกจะมีสีแดงจัด รสชาติดี เนื้อแน่น เช่น พันธุ์ฟลอราเดล พันธุ์เพอร์เฟคโกลด์ และพันธุ์มาสเตอร์เบอร์ 3 ส่วนอีกพันธุ์คือพันธุ์ที่มีผลขนาดเล็ก จะมีรสเปรี้ยว นิยมใช้ผลสีชมพูมากกว่าผลสีแดงส่วนมากจะใช้ทำกับข้าวหรือใส่ส้มตำ เช่น พันธุ์สีดา และพันธุ์ห้างฉัตร

2. พันธุ์มะเขือเทศที่ผลิตส่งโรงงานอุตสาหกรรม เป็นพันธุ์ที่ส่วนใหญ่ผลจะสุกพร้อมกัน ผลสุกมีสีแดงจัด เนื้อมาก น้ำน้อย ปริมาณกรดสูง เปลือกหนา และเหนียว สามารถขนส่งได้ในระยะทางไกล เก็บได้นาน นิยมนำไปทำเป็นซอสมะเขือเทศ น้ำมะเขือเทศ และการแปรรูปต่าง ๆ เช่น พันธุ์ วี เอฟ 134-1-2 พันธุ์พี 502 พันธุ์โรมา พันธุ์เพอร์เฟคโกลด์ และพันธุ์วีเอฟ 145 เป็นต้น

2.1.4 สภาพแวดล้อมที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

แสง เป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะความเข้มแสง (light intensity) ซึ่งมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิหรือกระบวนการสร้างอาหาร พืชที่ได้รับความเข้มแสงมากจะทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดได้มากขึ้น ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) มากขึ้น แต่ถ้าความเข้มแสงมากกว่าจุดอิ่มตัวของความเข้มแสง (light saturation point) อาจทำให้ใบไหม้เกรียมได้ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2538) สำหรับมะเขือเทศจัดเป็นพืชที่ออกดอกได้โดยไม่ขึ้นกับช่วงแสง หรือพืชไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (ลิลลี่ กาวีต๊ะ และคณะ, 2552)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อทุกกระบวนการของพืชทั้งการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการพัฒนาอวัยวะต่าง ๆ ของพืช ดังนั้นจึงมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช มะเขือเทศเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน และเขตอบอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศอยู่ระหว่าง 21-24^{O}C (Jones et al., 1991) ซึ่งอุณหภูมิสำหรับระยะการเจริญเติบโตมีความแตกต่างกันไป เช่น ระยะต้นกล้าคือ 16-24 ^{O}C (Harland and Larrinua, 2009) และระยะติดผล 14-28^{O}C อุณหภูมิรากก็มีส่วนสำคัญ โดยอุณหภูมิต่ำ (5-6 ^{O}C) มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง และจะมีการสะสมแอมโมเนียในวัสดุปลูกเกิดความเป็นพิษทำให้ความสูงต้นลดลง (Styer and Koranski, 1997) และอุณหภูมิที่เหมาะสมของรากมักจะต่ำกว่าของลำต้น หากมะเขือเทศได้รับอุณหภูมิรากที่สูงเกินการเจริญของลำต้นจะลดลง ในสภาพธรรมชาติอุณหภูมิดินโดยเฉลี่ยมักต่ำกว่าอุณหภูมิเหนือดินอยู่แล้ว เนื่องจากดินมีความจุความร้อนที่มากกว่า (ลิลลี่ กาวีต๊ะ และคณะ, 2552)

ความชื้นในดิน ปริมาณน้ำในดินมีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งหากพืชขาดน้ำ จะเป็นปัจจัยรุนแรงอันดับหนึ่งที่จำกัดการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช โดยน้ำจะมีบทบาทในกระบวนการต่าง ๆ ของพืช เช่น เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แป้ง และน้ำตาล ทำให้โปรโตพลาสซึมมีความเต่งตัว เป็นตัวกลางในการนำน้ำ และธาตุอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช โดยเฉพาะการดูดธาตุแคลเซียมในรากของพืช เมื่อวัสดุปลูกขาดน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนลดลง (0-2%) เซลล์พืชจะแห้ง และมีผลทำให้ขนาดเซลล์เล็กลง ถ้าวัสดุปลูกมีความชื้นมากจะเกิด ตะไคร่น้ำ และปริมาณธาตุอาหารจะถูกชะล้างสูญเสียไปทำให้การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ (Styer and Koranski, 1997) ถ้าความชื้นมีน้อยพืชจะชะลอการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเจริญเติบโต การขยายตัวของต้น และการพัฒนาของเซลล์ลดลง ทำให้ขนาดของใบ และลำต้นเล็ก แข็ง แคระแกร็น ยิ่งไปกว่านั้นจะเกิดอาการขอบใบไหม้ การให้น้ำบ่อยครั้งจะลดการระบายอากาศของวัสดุปลูกมีผลเสียหายต่อราก ระบบรากไม่สามารถดูดน้ำ และธาตุอาหาร ทำให้เป็นสาเหตุของโรครากเน่า โรครากเน่าคอดิน และโรคใบจุด (Nelson, 1991)

ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศในแต่ละช่วงเวลาของวันจะมีความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน ทำให้อัตราการคายน้ำของพืช และการระเหยน้ำของใบในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน ในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้ปริมาณน้ำในใบลดลง เนื่องจากพืชมีการคายน้ำสูง และส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นในดิน คือ ถ้าดินมีความชื้นสูงพืชสามารถดูดน้ำไปใช้ในการแทนที่ได้ทันก็จะทำให้เกิดการคายน้ำได้มากและปากใบจะเปิด แต่ถ้าดินมีความชื้นต่ำพืชไม่สามารถดูดเข้าไปแทนที่ได้ทัน พืชก็จะหรี่หรือปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ ดังนั้นควรให้น้ำอย่างเพียงพอในระยะการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านและใบ ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไปมีผลทำให้ปล้องของต้นกล้าขยายยืดยาวออก ลำต้น และใบบางเรียวเล็ก การเจริญของรากน้อย (Styer and Koranski, 1997)

อากาศในดิน โดยทั่วไปอากาศในดินจะแทรกซึมอยู่ในช่องว่างภายในเม็ดดิน โดยมีปริมาณเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน องค์ประกอบของอากาศในดินประกอบไปด้วย N_2, O_2 และ CO_2 เป็นส่วนใหญ่

ปริมาณ O_2 มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในหลายลักษณะ เช่น มะเขือเทศเป็นพืชที่ต้องการออกซิเจนสูง หากในดินที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอจะพบว่า พืชจะมีรากน้อย สั้น เปลือกหนา สีไม่ขาว บางครั้งเข้ม มีรากฝอยน้อยถ้าทำภาพตัดขวางจะพบโพรงอากาศบริเวณ cortex ของราก ส่วนรากพืชที่ได้รับออกซิเจนเพียงพอจะยาว มีสีขาว รากฝอยมาก เซลล์ของรากพืชมีขนาดสม่ำเสมอ ไม่อัดกันแน่นเกินไป การดูดน้ำ และธาตุอาหารของรากพืช เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยพลังงานจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจน หรือแม้แต่กระบวนการที่ไม่ต้องการพลังงาน ถ้าในดินมีออกซิเจนน้อย คาร์บอนไดออกไซด์มาก ความสามารถของเซลล์รากในการซึมน้ำก็ลดลง

ปริมาณ CO_2 จะมีประโยชน์ต่อพืชต่อเมื่อมีปริมาณไม่สูงมากนัก โดยจะไปช่วยให้ธาตุอาหารพืชบางตัวละลายออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่หากมีปริมาณมากจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืช เพราะจะทำให้การดูดน้ำ และธาตุอาหารของพืชลดลงหรือพืชไม่สามารถดูดใช้ได้ และทำให้ความสามารถในการซึมผ่านได้ของเซลล์เสียไป (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2536)

ธาตุอาหารพืช เนื่องจากพืชจัดเป็นสิ่งมีชีวิตพวก autotrophic organism สามารถสร้างอาหารได้เองจากการดูดใช้สารอนินทรีย์จากกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต และสามารถสังเคราะห์สารประกอบอื่น ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งหากมะเขือเทศได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ อย่างเพียงพอจะเจริญเติบโตดีให้ผลผลิตสูง และผลผลิตมีคุณภาพดี

ธาตุอาหารที่มะเขือเทศต้องการเป็นปริมาณมาก (macro nutrient) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) ธาตุอาหารหลัก (primary elements) เป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืชมาก ถ้าหากพืชขาดหรือได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสมจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตมาก ซึ่งจะแสดงอาการผิดปกติออกมาให้เห็น ธาตุอาหารหลักเหล่านี้ได้แก่

ไนโตรเจน (nitrogen) เป็นธาตุอาหารที่มะเขือเทศต้องการในปริมาณมาก และมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตในระยะแรก ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของโปรตีน จะช่วยให้มะเขือเทศแตกกิ่งก้านใบมาก ซึ่งสามารถปรุงอาหารได้มาก นอกจากนี้ไนโตรเจนยังช่วยในการเจริญของดอก การติดผล การเจริญของผล ถ้าหากมีธาตุไนโตรเจนอย่างเพียงพอจะช่วยให้มะเขือเทศมีคุณภาพดี ขนาดของผลใหญ่ แต่จะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่ำ ซึ่งไนโตรเจนสามารถให้ในรูปของแอมโมเนียม และไนเตรท เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สูญเสียได้ง่าย

ในดินปลูก จึงแนะนำให้แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งละเท่า ๆ กัน คือ ใส่ก่อนปลูก หรือหลังปลูกได้ประมาณ 7 วัน เมื่อช่อดอกแรกติดผล และครั้งสุดท้ายเมื่อช่อดอกที่ 3-5 ติดผล

มะเขือเทศที่ขาดไนโตรเจนจะชะงักการเจริญเติบโต ใบมีสีซีด โดยเริ่มจากปลายของใบก่อน ต้นแคระแกร็น โดยใบล่างเริ่มเปลี่ยนสีเขียวอมเหลือง เส้นกลางใบสีม่วง ผลมีขนาดเล็ก ลำต้นจะแข็ง มีเส้นใบมาก และมีสีม่วง ในระยะแรกจะเจริญเติบโตได้ แต่ต่อไปจะหยุดชะงัก และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และตาย ดอกจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล และร่วง ขนาดของผลเล็กทำให้ผลผลิตต่ำ

รูปของไนโตรเจนที่ใช้มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ กล่าวคือ สัดส่วนของ NH_4^+:NO_3^- ไม่ควรเกิน 1:4 การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมในอัตราสูงอาจเป็นพิษต่อพืช แม้แต่การปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+-N) เกิน 30 $mg.l^{-1}$ ก็เป็นพิษต่อมะเขือเทศเช่นเดียวกัน และจะมีผลอย่างมากหากให้ในช่วงพัฒนาผล เนื่องจากจะมีปัญหาก้นเน่าในผล (blossom-end rot, BER) ได้ง่าย อาการนี้เกิดเมื่อผลมะเขือเทศมีแคลเซียมต่ำกว่า 0.2% อย่างไรก็ตามอาการก้นผลเน่าอาจเกิดได้จากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียมหรือกำมะถันมากเกินไปด้วย (Taylor and Locascio, 2004) การใช้แอมโมเนียมไนเตรทจะทำให้มีคุณภาพสูงโดยทั่วไปไนโตรเจนในรูปของไนเตรทเหมาะสำหรับการปลูกมะเขือเทศมากกว่าในรูปของแอมโมเนียม เนื่องจากแอมโมเนียมอาจจะเป็นพิษต่อพืช ถ้าหากปริมาณแคลเซียมมากหรือน้อยเกินไป ไนเตรทจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำ และลดปริมาณ free amino acid ในมะเขือเทศขณะที่มีอุณหภูมิสูง มะเขือเทศจะดูดไนเตรท ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไม่มาก และในอุณหภูมิต่ำจะดูดแอมโมเนียมได้มาก (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2526) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรท หรือแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรทจะให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่น ๆ

ฟอสฟอรัส (phosphorus) พืชใช้ฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต ถึงแม้มะเขือเทศจะใช้ธาตุนี้น้อย เมื่อเทียบกับไนโตรเจน และโพแทสเซียม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.18-5.16 กรัม/ตารางเมตร และต้องการตลอดเวลา ถ้าไม่เช่นนั้นจะชะงักการเจริญเติบโตทันที โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต แต่ธาตุนี้จะถูกยึดไว้โดยอนุภาคดิน ทำให้พืชดูดใช้ได้น้อย ฟอสฟอรัสจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของราก เพื่อช่วยในการดูดน้ำ และธาตุอาหารอื่น ๆ ได้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อน ซึ่งปลูกมะเขือเทศโดยไม่มีการคลุมแปลง (muching) การให้น้ำไม่สม่ำเสมอบางครั้งมากเกินไป บางครั้งน้อยเกินไป จำเป็นต้องใส่ฟอสฟอรัสในอัตราที่สูง ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญของดอก ถ้าหากมะเขือเทศขาดธาตุฟอสฟอรัสเป็นเวลา 10 วัน จะทำให้จำนวนของดอกลดลง ฟอสฟอรัสจะช่วยให้ผลสุกเร็วขึ้น ในกรณีที่มีไนโตรเจนมากเกินไป ซึ่งทำให้สุกช้า ถ้าหากมีฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และโพแทสเซียมอย่างพอเพียงจะช่วยให้คุณภาพของผลดีขึ้นในด้านของสีผล รสชาติ ผลไม่นิ่ม และเพิ่มวิตามินซี

ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้กับมะเขือเทศควรจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เช่น ไนโตร-ฟอสเฟต (nitrophophate) หรือ ทริปเปิล ซูเปอร์ฟอสฟอต (triple superphosphate) และใส่รองก้นหลุมก่อนปลูกหรือใส่ก่อนปลูกในดินที่มี pH สูง การหว่านฟอสฟอรัสจำนวนมากจะทำให้มะเขือเทศไม่สามารถดูดโบรอน (boron) และสังกะสี (zinc) ไปใช้ได้ มะเขือเทศที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสต้นจะแคระแกร็นมาก และลำต้นเรียวเล็ก ใบมีขนาดเล็ก แข็งกระด้าง และม้วนขดลง ด้านหลังใบมีสีเขียวเข้ม ด้านหลังใบจะมีสีม่วง โดยเฉพาะที่ปลายใบ เส้นใบจะมีสีเหลืองอาจจะเริ่มจากจุด ๆ หนึ่ง และขยายไปทั่วเส้นใบ การออกดอกติดผลต่ำ และสุกช้า ระดับฟอสฟอรัสที่มีมากเกินไป จะเกิดผลเสียต่อมะเขือเทศน้อยกว่าธาตุอื่น ๆ โดยทำให้มะเขือเทศใช้ธาตุอาหารที่พืชต้องการได้น้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมงกานีส และเหล็ก

โพแทสเซียม (potassium) โพแทสเซียมมีผลต่อโครงสร้างมะเขือเทศทำให้เนื้อเยื่อเหนียว ลดการคายน้ำ และเพิ่มขนาดของผล การเพิ่มโพแทสเซียมจะลดจำนวนของผลที่เกิดจากโรคใบไหม้ (Alternaria) ลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค leaf mold, (*Cladosporium Fulrum*) stem rot, (*Diploclia Lycopersici*) verticillium wilt, (*Verticillium alboatrum*) และ root rot ซึ่งเกิดจาก botrylis cinerea มะเขือเทศต้องการปริมาณโพแทสเซียมที่เหมาะสมในแต่ละฤดูปลูกประมาณ 134 กรัม/ตารางเมตร และต้องการมากในระยะแรกของการเจริญเติบโต โพแทสเซียมจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของปากใบ การเคลื่อนที่ของน้ำในลำต้นและช่วยในการสร้าง และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรท นอกจากนี้ยังช่วยในการทำงานของไนโตรเจน และการสังเคราะห์โปรตีน ตลอดจนการควบคุมความเข้มข้นของสารในเซลล์ และการทำงานของเอนไซม์

มะเขือเทศที่ขาดโพแทสเซียมอย่างรุนแรง ใบแก่มีสีน้ำตาลไหม้ โดยเริ่มจากขอบใบระหว่างเส้นใบมีสีเหลือง ดอก ผลร่วง และผลสุกไม่สม่ำเสมอ ในกรณีของเชื้อไวรัส การระบาดของโรคจะแพร่ระบาดรุนแรงขึ้น เมื่อพืชขาดธาตุโพแทสเซียม

ถ้ามะเขือเทศที่ได้รับ โพแทสเซียมมากเกินพอ จะไม่เกิดอันตรายต่อการเจริญเติบโตของลำต้น และคุณภาพของผล

โพแทสเซียมมีอิทธิพลต่อสีของผล เพราะมีความสำคัญต่อการสร้างเม็ดสี (pigmentation) ช่วยเพิ่มจำนวน carotenoides โดยเฉพาะไลโคปีน ซึ่งทำให้เกิดสีแดง และลดจำนวน chlorophyll มะเขือเทศที่มีโพแทสเซียมอย่างพอเพียงจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ปริมาณน้ำตาล กรด แคโรทีน ไลโคปีนสูง และเก็บได้นาน

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมรองพื้นหรือปุ๋ยที่ใส่ก่อนปลูก ควรใช้โพแทสเซียมซัลเฟต และใช้โพแทสเซียมไนเตรทใส่หลังปลูก

(2) ธาตุอาหารรอง (secondary elements) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นที่พืชต้องการในปริมาณมาก แต่ส่วนมากจะมีอยู่ในดินสูงกว่าจึงทำให้มีการใส่เพิ่มน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก และมีความสำคัญไม่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารเหล่านี้ได้แก่

แมกนีเซียม (magnesium) มะเขือเทศที่ขาดแมกนีเซียมอาจทำให้ผลผลิตต่ำ อาการขาดแมกนีเซียมจะเริ่มแสดงให้เห็นตรงส่วนกลางของใบ โดยเฉพาะระหว่างเส้นใบ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และขยายไปที่ปลายใบ ซึ่งมีผลต่อการติดตาดอก ส่วนมากการขาดแมกนีเซียมเกิดจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไป หรือมีระบบรากไม่สมบูรณ์ ระดับโพแทสเซียมในดินอัตราสูงกว่าแมกนีเซียม 4:1 จะส่งเสริมให้พืชแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม แมกนีเซียมในใบแก่จะถูกส่งไปสร้างการเจริญของใบอ่อน ทำให้อาการขั้นแรกของการขาดแมกนีเซียมเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อน

การแก้ไขอาการขาดธาตุแมกนีเซียมโดยฉีดพ่นทางใบด้วยแมกนีเซียมซัลเฟต (epsom salt) อัตรา 2000 กรัม/น้ำ 10 ลิตร และให้น้ำสม่ำเสมอ ถ้ามะเขือเทศได้รับแมกนีเซียมมากเกินไปจะไม่เป็นอันตรายหรืออาจใส่ในรูปของปุ๋ยรอง หรือใส่ลงดินหลังปลูก ซึ่งจะช่วยให้มะเขือเทศสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้เวลานาน

กำมะถัน (sulphur) เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างโปรตีน โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของส่วนยอดกระตุ้นการทำงานเอนไซม์ต่าง ๆ และเกี่ยวพันทางอ้อมกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ กำมะถันนิยมให้ทางดินร่วมกับธาตุอื่น ๆ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต โพแทสเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต (gypsum) นอกจากนี้มะเขือเทศยังสามารถดูดธาตุนี้จากอากาศในรูปซัลเฟตไดออกไซด์ แต่ในปริมาณที่น้อยมาก จึงไม่ค่อยพบอาการขาดธาตุกำมะถัน ถ้ามะเขือเทศขาดธาตุกำมะถันจะแสดงอาการที่ส่วนยอด คือ ใบจะเริ่มมีสีเหลืองซีด เส้นใบมีสีเขียวหรือม่วง ใบแก่ปรากฏจุดตามบริเวณส่วนปลาย และขอบใบระหว่างเส้นใบเกิดจุดสีม่วง การมีกำมะถันมากเกินไปไม่เป็นอันตรายต่อมะเขือมากนัก

แคลเซียม (calcium) เป็นธาตุที่จำเป็นในการแบ่งเซลล์ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสลายตัวของแป้ง ซึ่งระดับของแคลเซียมในผลมะเขือเทศที่สมบูรณ์มีค่าประมาณ 0.12% ถ้าระดับของแคลเซียมในผลต่ำกว่า 0.08% จะแสดงอาการก้นเน่า (blossom end rot)

มะเขือเทศที่ขาดธาตุแคลเซียมทำให้ต้นอวบเปราะ และทำให้ตาดอกตาย ส่วนของลำต้นที่ติดกับส่วนยอดจะปรากฏจุดหรือแผลสีน้ำตาล รากสั้น และมีสีน้ำตาลปนดำ ทำให้เกิดโรคก้นเน่า

การแก้ไขการขาดแคลเซียมในมะเขือเทศนั้นนิยมใช้ calcium nitrate หรือ calcium chloride ฉีดพ่นทางใบ

ธาตุอาหารที่มะเขือเทศต้องการในปริมาณน้อย (micro nutrient)

แมงกานีส (manganese) ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เกี่ยวกับการย้ายฟอสเฟต ลดออกซิเจนของสารประกอบไนโตรเจน และเป็นองค์ประกอบของสารบางอย่างที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แป้ง และน้ำตาล มะเขือเทศที่ขาดธาตุนี้จะปรากฏให้เห็นครั้งแรกที่ใบบริเวณกลางลำต้น และใบแก่และลามไปถึงใบอ่อน เห็นเป็นสีเขียวอ่อน ถ้าการขาดธาตุนี้รุนแรงขึ้น ใบจะมีสีน้ำตาล และตายในที่สุด แก้ไขโดยการลดความเป็นกรดในดิน และฉีดพ่นแมงกานีสซัลเฟต 0.56 กรัม/ตารางเมตร ถ้ามะเขือเทศได้รับแมงกานีสมากเกินไปใบบริเวณกลางลำต้นจะเห็นจุดสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ ใบอ่อนมีสีเหลืองแคระแกร็น วิธีแก้ไขโดยเพิ่มค่าความเป็นกรดของดินให้เป็น 7.00 และให้ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟตรองพื้นอัตรา 67.8 กรัม/ตารางเมตร

เหล็ก (iron) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่น ๆ และเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ และระบบภายในของพืช มะเขือเทศที่ขาดธาตุเหล็กจะพบมากเมื่อต้นติดผลดก โดยเริ่มแสดงอาการตรงบริเวณใกล้ฐานใบอ่อน จะมีสีเหลืองซีดหรือขาด แต่เส้นใบยังคงเขียวอยู่ ต่อมาจะตายจากยอดลงมาส่วนใบล่างจะสมบูรณ์ เพราะเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ ใบอ่อนจะมีขนาดเล็ก และชะงักการเจริญเติบโต แก้ไขอาการธาตุเหล็กโดยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้มีการระบายน้ำดีขึ้น และลดความเป็นด่างของดิน ใบที่แสดงอาการฉีดพ่นด้วยเหล็กคีเลต (Iron chelate) อัตรา 0.5 กรัม/น้ำ 1 ลิตร ทุก ๆ 2 สัปดาห์

โบรอน (boron) ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนการสลายแป้ง และน้ำตาล การดึงดูดธาตุแคลเซียมของรากให้พืชเอาไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ มะเขือเทศที่ขาดธาตุนี้ส่วนเจริญจะเปลี่ยนเป็นสีดำ แตกพุ่มมาก เนื่องจากการเจริญของตาใบที่ต่ำกว่าจุดเจริญ (growing point) ถ้าหากขาดขณะที่เป็นลำต้นอ่อน ใบจะเป็นสีม่วง โบรอนมีผลต่อจำนวนของดอก การร่วงของดอก และน้ำหนักของผล การขาดธาตุโบรอนจะทำให้ความเจริญของรากลดลง ส่วนของลำต้นระหว่างยอดอ่อน และรากจะใหญ่ ใบเลี้ยงจะเจริญผิดปกติ ใบจะย่น และใหญ่ผิดปกติ ส่วนเจริญของรากจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แตกกิ่งมาก และส่วนที่เจริญจะตาย

การขาดธาตุโบรอน ส่วนมากจะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก การเพิ่มธาตุโบรอนโดยการใส่ปุ๋ยคอกหรือใช้ borax 1/4 กิโลกรัม./ไร่

โมลิบดินั่ม (molybdinum) ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบเอ็นไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนในพืช และการย้ายฟอสเฟต การขาดธาตุนี้จะพบในสภาพดินกรด มะเขือเทศที่ขาดธาตุนี้จะแสดงอาการเหลืองซีด ระหว่างเส้นใบแก่ ขอบใบม้วน วิธีแก้ไขโดยการฉีดพ่นด้วยโซเดียม หรือแอมโมเนียมโมลิบเดท 5 $mg.l^{-1}$

ทองแดง (copper) มะเขือเทศที่ขาดธาตุนี้ขอบใบจะม้วนงอลงทั้งสองข้าง เห็นเป็นรูปท่อยาวเนื้อเยื่อจะแห้งตายเป็นจุดใกล้เส้นใบ สีใบเขียวจัดผิดสังเกต ในระยะแรกต่อมาจะค่อย ๆ เหลืองซีด และชะงักการเจริญเติบโต

สังกะสี (zinc) การขาดสังกะสีจะทำให้เกิดผลเช่นเดียวกับโบรอน ส่วนมากจะพบในดินที่มี pH สูง และการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูง การเพิ่มโพแทสเซียมจะช่วยให้พืชดูดสังกะสีไปใช้ได้ดีขึ้น อาการขาดธาตุสังกะสี คือ พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ช่วงข้อสั้น ใบหงิก ม้วน มีสีขาวเป็นทาง

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบดัชนี (index leaves) หรือใบที่เหมาะสมแก่การวิเคราะห์ จากต้นซึ่งมีการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ เริ่มออกดอก เริ่มติดผล และผลแรกสุก มีค่าความแตกต่างกันเล็กน้อยดังตารางที่ 3 แต่มีแนวโน้มในทางเดียวกัน คือความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่โพแทสเซียม และแคลเซียม ส่วนฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นต่ำกว่าสามธาตุแรก แต่ใกล้เคียงกับแมกนีเซียม

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบบนสุดซึ่งโตเต็มที่ของมะเขือเทศในระยะต่าง ๆ

ธาตุ (ความเข้มข้น)	ระยะการเจริญเติบโต		
	เริ่มออกดอก	เริ่มติดผล	ผลแรกสุกแก่
N%	5.0-6.0	4.6-6.0	4.5-4.6
P%	0.4-0.9	0.3-0.9	0.4-0.9
K%	3.8-6.0	3.3-5.0	3.0-5.0
Ca%	1.5-2.5	1.4-3.2	1.4-4.0
Mg%	0.4-0.6	0.39-0.71	0.4-1.2
B(mg kg^{-1})	30-100	-	-
Cu(mg kg^{-1})	5-35	-	-
Fe(mg kg^{-1})	60-300	-	-
Mn(mg kg^{-1})	50-250	-	-
Zn(mg kg^{-1})	30-100	-	-
Mo(mg kg^{-1})	0.6	-	-

ที่มา : Huett et al., 1997

นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยยังทำให้ปริมาณแอนติออกซิแดนในผลเพิ่มขึ้น จากการทดลองปลูกมะเขือเทศในสารละลายของ Dumas et al. (2003) พบว่า ฟอสฟอรัส ช่วยเพิ่มไลโคปีน และทำให้สีของผลดีขึ้น การเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหารจาก 1 ขึ้นไปเป็น 10 มิลลิกรัมสมมูล/ลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตามลำดับ ทำให้ปริมาณของสารต่าง ๆ ในผลเพิ่มขึ้นคือ ไลโคปีนจาก 41.9 เป็น 52.4, ไฟโตอีนจาก 12.7 เป็น 16.3 ไฟโตฟลูอีนจาก 4.1 เป็น 5.3 และแคโรทีนทั้งหมดจาก 75 เป็น 104 mg kg^{-1} ผลสด และโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ช่วยเพิ่มปริมาณวิตามินซีในผล ส่วนการเพิ่มไนโตรเจนกลับทำให้ปริมาณไลโคปีนในผลลดลง

2.2 การให้น้ำ และปุ๋ยระบบน้ำหยดในมะเขือเทศ

มะเขือเทศเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะช่วงแรกของการเติบโต และช่วงที่ผลกำลังขยายขนาด หากได้รับน้ำไม่เพียงพอในช่วงเวลาดังกล่าว จะทำให้ได้ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศต่ำ เกษตรกรจึงนิยมปลูกมะเขือเทศในระบบน้ำหยด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำ และปุ๋ยสูง

2.2.1 การให้น้ำระบบน้ำหยด

การให้น้ำหยดเป็นระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 75-95% มีขอบเขตการจำกัดการให้น้ำแก่พืชครอบคลุมเพียงเขตราก (Persaud et al., 1976; Persaud et al., 1977; Graetz et al., 1978; Sweeney et al., 1987) ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยที่ผิวดิน การไหลบ่าไปตามผิวดิน และการซึมลึกลงใต้ดิน ทำให้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในการปลูกพืช ประหยัดน้ำ ใช้แรงงานน้อย ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางในการดำเนินงานด้านอื่นภายในพื้นที่เพาะปลูก สามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำได้ดี เพราะเป็นการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ ซึ่งสามารถควบคุมเวลาการให้น้ำ และปริมาณน้ำได้ใกล้เคียงกับความต้องการของพืชได้มากกว่าวิธีการให้น้ำแบบอื่น ๆ และควบคุมวัชพืชได้ดี รวมทั้งสามารถให้ปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำด้วย (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545) ซึ่งนอกจากช่วยประหยัดการให้น้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ยังสามารถเพิ่มผลผลิต คุณภาพผลผลิตสูงขึ้น ลดความต้องการไถพรวน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย (Qureshi et al., 2001) สามารถประหยัดน้ำได้สูงถึง 80% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำใต้ผิวดิน และ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ฉีดฝอย และทำให้อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และดัชนีพื้นที่ใบของมะเขือเทศสูงกว่าการให้น้ำแบบร่องดู (Locascio et al., 1981; Elmstrom et al., 1981; Locascio et al., 1985) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการให้น้ำจำนวนมากในระบบเก่าที่มีอัตราการไหลสูงมีโอกาสที่น้ำจะซึมลงในดินไม่ทัน และไหลบ่าออกนอกทรงพุ่มเป็นการสูญเสียน้ำ และปุ๋ย เนื่องจากไม่สามารถซึมลงสู่บริเวณรากพืชได้ทัน (มนตรี ค้ำชู, 2538) ส่วนในระบบน้ำหยดอัตราการหยดของน้ำน้อยกว่าอัตราการซึมน้ำ จึงลดปัญหาการไหลบ่าของน้ำ การสูญเสียน้ำจากการระเหย และไหลซึมออกนอกเขตรากพืช (Sapir and Eliezer, 1995)

2.2.2 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (fertigation) คือ การให้ปุ๋ยโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบให้น้ำ ดังนั้นเมื่อพืชดูดใช้น้ำก็จะมีการดูดธาตุอาหารพืชไปพร้อมกับน้ำ เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดปุ๋ยในรูปของแข็งได้ ปุ๋ยจะต้องละลายในน้ำก่อนพืชจึงจะดูดขึ้นไปใช้ได้ เป็นการให้ทั้งน้ำ และปุ๋ยไปพร้อมกันในเวลาและบริเวณที่พืชต้องการ ดังนั้นจึงเป็นระบบการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทำให้สามารถจำกัดบริเวณการให้ปุ๋ยแก่พืช มีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอ ลดการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างปุ๋ยลึกลงไปเกินกว่าระดับราก (Persaud et al., 1976; Persaud et al., 1977; Graetz et al., 1978; Sweeney et al., 1987) สามารถปรับสูตร และความเข้มข้นของปุ๋ยได้ทันที และรวดเร็ว (ทุกวัน) ตามความต้องการของพืช สามารถลดแรงงาน และเวลาการให้ปุ๋ย นอกจากนี้ยังสามารถผสมธาตุอาหารรอง และอาหารเสริมลงในระบบน้ำได้เลยโดยใส่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำง่าย เช่น $ZnSO_4$, $MnSO_4$, $CuSO_4$ ทำให้ประหยัดการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ (อิทธิสุนทรนันทกิจ, 2550) ประสิทธิภาพของปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นไม่เพียงช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต แต่ยังสามารถลดมลพิษที่อาจเกิดขึ้นในน้ำใต้ดินเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยจำนวนมากจากฝนหรือช่วงที่ให้น้ำมากเกินไป (Hochmuth, 1992) การทดลองในฝ้ายพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของปุ๋ยที่แนะนำผ่านระบบน้ำหยด สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ฝ้ายได้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 100% โดยการให้ทางดินในระบบการให้น้ำบนผิวดิน (Singh, 2007) และจากรายงานการทดลองทั่ว ๆ ไป การให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้ทางดินถึง 10-50% ขึ้นอยู่กับระบบการให้ปุ๋ย คุณภาพน้ำ และความถี่ในการให้ปุ๋ย เนื่องจากการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ จะช่วยลดการชะล้างโดยเฉพาะไนโตรเจน และเป็นการให้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณรากพืช ไม่เหมือนการให้ปุ๋ยทางดินทั่วไปจะให้เป็นจุด ๆ นาน ๆ ครั้ง เช่น ทุก 3-6 เดือน บริเวณที่เม็ดปุ๋ยลงในดินช่วงแรก ๆ จะมีความเข้มข้นสูง รากพืชบริเวณนั้นอาจได้รับอันตรายได้ ทำให้การดูดใช้ปุ๋ยไม่ดี (อิทธิสุนทร, 2550) และจากผลการทดลองของ Tim Hartz (2008) พบว่าการให้ K ในระบบน้ำหยดในแปลงปลูกมะเขือเทศไม่เพียงแต่จะเพิ่มผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน แต่ยังช่วยเพิ่มจำนวนรากจากการดูดธาตุอาหารด้วย ซึ่งการแพร่กระจายของราก ก็จะความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช เพราะจะเป็นตัวกำหนดการดูดซึม และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (Adiku et al., 2001) สุมิตรา จันไทย (2555) รายงานว่า การให้ปุ๋ยกับมะเขือเทศโดยให้ทางระบบน้ำ จะทำให้ผลผลิตมะเขือเทศ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ทางดิน โดยใช้อัตราปุ๋ยที่เหมือนกัน นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการให้ปุ๋ยกับมะเขือเทศ สามารถใช้อัตราปุ๋ยเช่นเดียวกับการใช้ปุ๋ยทางดิน โดยใช้ตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (ตารางที่ 4) ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในกรณีที่ใช้ปุ๋ยเกินความต้องการของพืช และลดปัญหาการขาดสมดุลธาตุอาหารพืชในดิน เช่น การสะสมธาตุอาหารบางธาตุมากเกินไป ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารอื่นได้ลดลง หากมีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจะช่วยลด

ปัญหาดังกล่าวนี้ลงได้ (สุดชล วุ้นประเสริฐ, 2552) และจากการกระจายตัวของปุ๋ยที่ให้ในระบบน้ำก็มีแนวโน้มที่จะอยู่ในตำแหน่งที่เราต้องการหรือเขตราก ซึ่งจะช่วยลดการใช้ปุ๋ยได้ดี (Clark et al., 1991) อย่างไรก็ตามปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำส่วนใหญ่มีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยทางดิน เพราะต้องเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้หมด และมีความบริสุทธิ์สูง การผลิตจึงต้องมีมาตรฐานที่สูงกว่า

ตารางที่ 4 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ

ค่าวิเคราะห์ดิน	อัตราปุ๋ยที่ใส่
1) อินทรียวัตถุในดิน (%)	
< 1.5	ปุ๋ย N 24 กก./ไร่
1.5-2.5	ปุ๋ย N 18 กก./ไร่
> 2.5	ปุ๋ย N 12 กก./ไร่
2) ฟอสฟอรัส (mg kg^{-1})	
< 10	ปุ๋ย P_2O_5 16 กก./ไร่
10-20	ปุ๋ย P_2O_5 8 กก./ไร่
> 20	ปุ๋ย P_2O_5 4 กก./ไร่
3) โพแทสเซียม (mg kg^{-1})	
< 60	ปุ๋ย K_2O 16 กก./ไร่
60-100	ปุ๋ย K_2O 12 กก./ไร่
> 100	ปุ๋ย K_2O 6 กก./ไร่

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2548

ส่วนการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำในการปลูกมะเขือเทศแบบใช้วัสดุปลูกส่วนใหญ่ จะใช้ความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศในการกำหนดสูตรสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากในวัสดุปลูกนั้นไม่มีธาตุอาหารพืช ดังนั้นพืชที่ใช้ผลเป็นอาหารอย่างมะเขือเทศ จะต้องการธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมในสัดส่วนที่มากกว่าพืชที่ใช้ใบเป็นอาหาร ดังได้แสดงตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชของมะเขือเทศสูตรของศูนย์วิจัยพืชผักโดยการปลูกพืชไม่ใช้ดินของประเทศเบลเยียมในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มะเขือเทศต้องการ

ธาตุอาหารพืช	ความเข้มข้น ($mg.l^{-1}$)
มหาธาตุ	
NO_3^-	214
$H_2PO_4^-$	65
K	358
Ca	208
Mg	40.8
SO_4^{++}	54.4
จุลธาตุ	
Cl	0.166
Fe	6.081
B	1.272
Mn	2.661
Zn	1.182
Cu	0.127
Mo	0.098

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม, 2547

2.3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (liquid organic fertilizer) เกิดจากกระบวนการหมักเศษวัสดุอินทรีย์ภายใต้สภาพมีอากาศ และในสภาพไร้อากาศ โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ซึ่งมีราคาถูก และหาได้ง่าย ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกิดจากกระบวนการหมักภายใต้สภาพมีอากาศ จุลินทรีย์จะมีบทบาทสำคัญที่ก่อให้เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตโดยใช้ออกซิเจนได้รับสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีการย่อยสลายเศษวัสดุอินทรีย์ ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมักภายใต้สภาพมีอากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) น้ำ (H_2O) ความร้อน และธาตุอาหารพืชในรูปอนินทรีย์สาร (กรมวิชาการเกษตร, 2549) ส่วนปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกิดจากกระบวนการหมักในสภาพไร้อากาศ สารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรด (acid -

producing bacteria) หลั่งออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้จะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายกลายเป็นสารโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น หลังจากนั้นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กจะถูกแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติก และก๊าซไฮโดรเจนแล้วขับออกนอกเซลล์ จากนั้นแบคทีเรียชนิดสร้างก๊าซมีเทน (methane-producing bacteria) จะย่อยสลาย และเปลี่ยนกรดอะซิติก และไฮโดรเจนให้เป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-80% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น และได้ธาตุอาหารพืชในรูปอนินทรีย์สารเช่นกัน (Tani et al., 2006; Zhang et al., 2007)

2.3.1 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำสามารถแบ่งออก ได้ 2 ประเภท ตามวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตคือ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากพืช ได้แก่ ผัก ผลไม้ วัชพืช ตลอดจนพืชสมุนไพร และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากสัตว์ ได้แก่ ปลา หอยเชอรี่ เปลือกกุ้ง กระดองปู แมลง เศษชิ้นส่วนสัตว์ เป็นต้น

2.3.2 องค์ประกอบและสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากเศษวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย น้ำ และธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) นอกจากนี้ยังพบสารฮอร์โมนหลายชนิด เช่น ออกซิน (auxins) จิบเบอร์เรลลิน (gibberellins) ไซโตไคนิน(cytokinins) เป็นต้น

โดยทั่วไปปุ๋ยอินทรีย์น้ำมี pH อยู่ในช่วง 3.5-5.6 ค่าของการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ระหว่าง 2-12 dS /m

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

1. อุณหภูมิ การย่อยสลายอินทรีย์ในสภาพไม่มีออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ ที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60^{O}C ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

2. ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.6-7.5 ถ้าต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน

3. อัลคาลินิตี้ ความสามารถในการรักษาระดับ pH ค่าที่เหมาะสมประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต

4. สารอาหาร สารอินทรีย์ที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อัตราส่วน C:N ที่เหมาะสมของสารอินทรีย์ คือ 25:1

5. สารยับยั้งและสารพิษ เช่น กรดไขมันระเหยได้ H_2 หรือ NH_3 สามารถทำให้กระบวนการย่อยสลายในสภาพไม่มีออกซิเจนหยุดชะงัก

2.3.3 การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น กลุ่มออกซิน ช่วยควบคุมการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดราก การเจริญของราก ลำต้น ควบคุมการเจริญของใบ ส่งเสริมการออกดอก เปลี่ยนเพศดอก เพิ่มการติดผล ควบคุมการพัฒนาของผล ควบคุมการสุกแก่ และการร่วงหล่นของผล กลุ่มจิบเบอเรลลิน มีคุณสมบัติกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชทางยาว กระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์ เร่งการเกิดดอก เปลี่ยนเพศดอก เพิ่มการติดผล ยืดช่อดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา ทำลายการพักตัวของเมล็ด และกลุ่มไซโทไคนิน จะช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การเจริญทางด้านลำต้นของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้างทำให้ตาข้างเจริญออกมาเป็นกิ่งได้ช่วยเคลื่อนย้ายอาหารจากรากไปสู่ยอด รักษาระดับการสังเคราะห์โปรตีนให้นานขึ้น ป้องกันคลอโรฟิลล์ให้ถูกทำลายช้าลง ทำให้ใบเขียวอยู่นาน และร่วงหล่นช้าลง ช่วยทำให้ใบเลี้ยงคลี่ขยาย ช่วยให้เมล็ดงอกได้ในที่มืด (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

สารควบคุมแมลง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) แบ่งเป็นได้ ดังนี้

- กลุ่มแอลกอฮอล์ (alcohol) มีคุณสมบัติไล่แมลง ได้แก่ เบนซิลแอลกอฮอล์ หรือเฟนนิลเมทธานอล และ 2-แฟนนิลเอทธานอล โดย 2-แฟนนิลเอทธานอล เป็นสารที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับเบนซิลแอลกอฮอล์ และเบนซิลไดออล (แคลธีคอล และรีซอสซินอล) มีสภาพเป็นกรด

- กลุ่มเบนซีนไดออล (benzene diol) ได้แก่ 1,2-เบนซีนไดออล หรือแคลธีคอล และ 1,3-เบนซีนไดออล หรือรีซอสซินอล มีสภาพเป็นกรด มีคุณสมบัติไล่แมลง เพราะเป็นสาร antiseptic ซึ่งสารนี้อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของแมลง

- กลุ่มฟีนอล (phenol) ได้แก่ 3-เอทธิลฟีนอล 4-เอทธิลฟีนอล และไดเมททอกซีฟีนอล เป็นสารประกอบอนุพันธุ์ของฟีนอล (phenol derivatives) ที่เกิดจากการย่อยสลายสารประกอบพวกแทนนิน และโพลี่ฟีนอลโดยจุลินทรีย์ จะพบในพืชทุกชนิด ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีสภาพเป็นกรด บางตัวมีคุณสมบัติไล่แมลง

- กลุ่มเอสเทอร์ (ester) ได้แก่ เอทธิลเอสเทอร์ของกรดปาล์มิติก และกรดสะเตรียริก เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอทธานอลที่เกิดจากนการหมักทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีในพืช บางตัวมีคุณสมบัติเป็นสารไล่ และล่อแมลง

สารควบคุมเชื้อราที่ เป็นสาเหตุของโรคของพืช พบมากในปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักจากพืชสมุนไพร เช่น หางไหล สาบเสือ ตะไคร้หอม เป็นต้น สารควบคุมเชื้อราที่พบ เช่น ซิโตรเนลลอล (citronellol) และ เจอรานิออล (geraniol) ที่ความเข้มข้น 5.0 และ 14.3 มก./ลิตรตามลำดับ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุของโรคแอน

แทรคโนสในพืชต่าง ๆ เช่น ไม้ผล พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ และสารโรติโนนที่ความเข้มข้น 227-310 มก./ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* แต่เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น ต่ำกว่า 217 มก./ลิตรไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อดังกล่าวได้ นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ ที่สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เนื่องจากสามารถผลิตสารปฏิชีวนะช่วยยับยั้งการเจริญเติบของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรครากเน่า เช่น *Phytophthora* sp. (กรมวิชาการเกษตร, 2547; มงคล ต๊ะอุ่น, 2549)

ปรับปรุงดิน ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีธาตุอาหาร และสารอินทรีย์ที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการฟื้นฟูทรัพยากรดินหรือปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติที่ดี ทั้งการให้ และช่วยดูดธาตุอาหารทั้งประจุลบ และบวกได้ดี ให้เอ็นไซม์ กรดอินทรีย์ จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ ช่วยย่อยธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ และในปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังมีธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ครบทุกธาตุอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที (Asher et al., 2002)

มีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากมูลสุกรเป็นปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับการปลูกหญ้ากินนีในชุดดินกำแพงแสน สามารถเพิ่มผลผลิตของหญ้ากินนีได้เท่ากับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน โดยยังคงคุณค่าด้านโภชนาการทางอาหารสัตว์เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังมีแนวโน้มทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ เช่น สถานการณ์เกิดเม็ดดินดีขึ้น (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2538) จากงานวิจัยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับการปลูกผักชนิดต่าง ๆ พบว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักจากปลามีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ ปริมาณสูงกว่าการหมักจากพืช และเมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้งสองไปทดสอบกับผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดหอม และพริกยักษ์ ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน พบว่าถ้าปลูกในสารละลายเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักจากพืช และปลา จะทำให้การเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารพืชสูงกว่าการใช้สารละลายเคมีแต่เพียงอย่างเดียว เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีสารอินทรีย์ ฮอร์โมน เอนไซม์ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมกับสารละลายเคมีที่มีเฉพาะธาตุอาหารหลัก พืชจะมีการเจริญเติบโต และดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อยกว่าที่ใช้ร่วมกับสารละลายที่มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ส่วนการใช้น้ำปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียว พืชจะไม่เจริญเติบโต เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต (สุรชัย พัฒนพิบูล, 2546) และนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากผัก และผลไม้ เจือจางที่ 16 เท่า และ 32 เท่า ในการปลูกพริกหวานระบบไฮโดรโปนิกส์ ทำให้พริกหวานมีการเจริญ และพัฒนาการได้ตามปกติ แม้จะน้อยกว่าการใช้การปุ๋ยเคมี แต่ยังให้ผลดีกว่าการใช้น้ำ และสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาสูงได้เพื่อลดต้นทุนการผลิต แต่ต้องมีการทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยอินทรีย์น้ำก่อนนำไปใช้จริง (ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน, 2553) และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมกับสารละลายเคมีใน อัตรา 1:3

ส่วน ทำให้ผลผลิตน้ำหนักสด ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ ความยาวราก น้ำหนักรากแห้งสูงที่สุดในการปลูกผักคะน้าใบ ผักกวางตุ้งดอก ผักคื่นฉ่าย ผักกาดหอมเรดโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำตื้น และรองลงมา คือการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมกับสารละลายเคมีใน อัตรา 1:1 และ 3:1 ส่วน ตามลำดับ และถ้าปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 100% จะให้ผลผลิตต่ำที่สุด (ดนัย วรรณวนิช, 2552) การศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากปลาร่วมกับสารละลายธาตุอาหารสูตร steiner ในระบบ NFT พบว่ามีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักสด และคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอค โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากปลาที่ระดับความเข้มข้น 0.08 มิลลิลิตร/ลิตร จะทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ วิตามินซี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner เพียงอย่างเดียว (ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์, 2548)

2.3.4 วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

วัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวกโปรตีน เมื่อใส่ลงไปในดินพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมาในรูปสารประกอบอนินทรีย์เช่นเดียวกันกับปุ๋ยเคมี พืชจึงจะสามารถดูดใช้ได้ ส่วนปริมาณธาตุอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในวัสดุที่นำมาใช้หมัก (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์, 2550) ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง และหาได้ง่าย เช่น มูลไก่ และรำข้าว ดังแสดงในตารางที่ 6 จึงมีผู้นิยมนำมาหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 6 ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์

ชนิดของปุ๋ย	ไนโตรเจน (%N)	ฟอสฟอรัส (%P)	โพแทสเซียม (%K)
แหนแดง	3.30	0.57	1.23
กากส่าเหล้า	2.06	0.17	1.03
Filter cake จากโรงงานน้ำตาล	1.01	2.41	0.44
Sludge จากโรงงานสุรา	5.94	0.56	0.50
กากละหุ่งจากโรงงานน้ำมัน	5.26	1.12	0.58
มูลวัว	1.10	0.40	1.60
มูลควาย	0.97	0.60	1.66
มูลสุกร	1.30	2.40	1.00
มูลไก่	2.42	6.29	2.11
มูลเป็ด	1.02	1.84	0.52
มูลค้างคาว	1.54	14.28	0.60
ปุ๋ยหมักฟางข้าว	1.34	0.53	0.97
กากอ้อย	0.62	0.99	0.46
กากเมล็ดนุ่น	4.69	2.28	1.45
กากเมล็ดฝ้าย	6.92	2.96	1.12
กระดูกป่น	3.40	27.14	0.04
ฟางข้าว	0.59	0.08	1.72
รำข้าว	2.09	1.34	1.83
แกลบ (15 % SiO_2)	0.46	0.26	0.70
ละอองข้าว	2.71	0.68	0.56
ขี้เถ้าแกลบ (85-90 % SiO_2)	0.00	0.15	0.81

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2549

2.4 รูปของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะมีธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในวัสดุที่ใช้หมัก และกระบวนการหมัก ชุติมณฑน์ ชูพุดซา 2553) รายงานว่า การนำปุ๋ยอินทรีย์มาหมักในน้ำในสภาพมีอากาศ และไม่มีอากาศ ในอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ 1:1, 1:2, 1:4, 1:6 และ 1:8 หมักเป็นเวลา 12 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หมักในสภาพมีอากาศ และไม่มอากาศ โดยทั้ง 2 สภาพ มี NH_4^+ เพิ่มขึ้น และ NO_3^- ลดลงเมื่อระยะเวลาของการหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสูญเสีย NO_3^- จากกระบวนการ Denitrification และไม่มีการแปรสภาพ NH_4^+ มาเป็น NO_3^- หรืออาจเกิดการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) ทำให้อนินทรีย์ N ลดลงหลังจากหมักเป็นเวลานาน และสำหรับอัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำ 1:8 มีการปลดปล่อย อนินทรีย์ N สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราอื่น ๆ และการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำอัตราต่าง ๆ ไปทดสอบกับผักคะน้าในกระถาง เปรียบเทียบระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักในน้ำทุกอัตรา ให้ผลผลิต และการเจริญเติบโตของผักคะน้าดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์แห้งแต่ไม่ดีเท่าการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การหมักมูลไก่สดในน้ำ ที่น้ำหนัก 24, 35 และ 50 ปอนด์ ในน้ำ 32 แกนลอน พบว่าความเข้มข้นของ NH_4^+ เพิ่มขึ้น หลังการหมักที่ 4 สัปดาห์ในทุกการทดลอง ส่วน NO_3^- มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นหรือมีการเพิ่มมูลไก่ (Price and Nathan, 1984)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศและธาตุอาหารพืชภายใต้ระบบน้ำหยด

1. แผนการทดลอง

ทำการทดลองเปรียบเทียบกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยทางดิน และทางระบบน้ำ โดยทำการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ 2 กรรมวิธี ดังต่อไปนี้

กรรมวิธี 1 ปุ๋ยเคมีทางดิน

กรรมวิธี 2 ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ

2. วิธีการทดลอง

2.1 ทำการทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2556 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ย 29.5^{O}C อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด คือ 35.6 และ 23.3^{O}C เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย เตรียมดินโดยการไถพลิกหน้าดิน และตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ ต่อจากนั้นไถพรวนเพื่อย่อยดินให้ละเอียด ยกแปลงทดลองแปลงย่อย ขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 5 เมตร จำนวน 4 แปลงต่อ 1 ซ้ำ ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร ระยะห่างระหว่างซ้ำ 1 เมตร

2.2 ทำการวางระบบน้ำหยดบนดิน โดยใช้สายน้ำหยดที่มีระยะห่างระหว่างหัวน้ำหยด 30 ซม. และมีอัตราการไหล 2 ลิตร/ชม. จำนวน 2 เส้น/แปลง คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติก ทำการเจาะรูพลาสติกคลุมแปลง ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างต้น 75 ซม. นำกล้ามะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟคโกล อายุ 30 วัน ย้ายปลูก 1 ต้น/หลุม ปลูกในสภาพแวดล้อมปกติ โดยกำหนดการให้น้ำตามความต้องการน้ำของพืช ซึ่งให้ตามสูตร ETc=ETp x Kc โดยในสัปดาห์แรกให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ครั้งละ 16 นาที เพื่อให้ต้นกล้ามีการตั้งตัวได้ก่อน หลังจากนั้นจะให้น้ำทุก 3 วัน ดังนี้ สัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 5 ให้น้ำครั้งละ 76 นาที และหลังจากสัปดาห์ที่ 6 จะให้น้ำครั้งละ 78 นาที

2.3 การให้ปุ๋ย ทำการให้ปุ๋ยหลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ โดยใช้ปุ๋ย สูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยที่ใช้ผสมจาก ยูเรีย ($CO(NH_2)_2$-46-0-0) โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3-13-0-46) และ โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (KH_2PO_4-0-52-34) โดยจะแบ่งใส่ทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ในทุกกรรมวิธี ซึ่งกรรมวิธีที่ 1 จะให้ทางดิน ส่วนกรรมวิธีที่ 2 จะให้ผ่านทางระบบน้ำ

2.4 การดูแลรักษา ทำการจัดการโรค และแมลง เมื่อเริ่มพบการระบาดของโรค และแมลง โดยใช้สารเคมีพ่นตามลักษณะที่พบ

3. การเก็บข้อมูล

3.1 ข้อมูลความหนาแน่นราก (root length density) ของมะเขือเทศ โดยใช้กระบอกเจาะดินขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. ลึก 1 เมตร ในช่วงการออกดอกของมะเขือเทศ รุ่นที่ 1 โดยเป็นช่วงที่หลังจากให้ปุ๋ยไปแล้ว 3 วัน โดยมีตำแหน่งการเก็บรากดังนี้

3.1.1 ระยะห่างจากต้น 10 และ 20 ซม. ตามแนวขนานกับแปลง

3.1.2 เก็บดินที่ความลึก 0-60 ซม. และแบ่งตัวอย่างออกเป็นทุก ๆ 10 ซม.

โดยสุ่มเก็บรากจำนวน 2 ต้น/แปลง นำรากมะเขือเทศที่เก็บได้มาล้างออกจากดิน (OzierLa-fontaine et al., 1999; Adiku et al., 2001) และนำมาแพร่กระจายในถาดที่มีน้ำ และสแกนด้วยเครื่อง Skener Perf. V700 จากนั้นนำภาพที่สแกนได้ไปวิเคราะห์ความหนาแน่นราก โดยโปรแกรมวิเคราะห์ราก WinRHIZO Regular STD 4800

3.2 ทำการเก็บตัวอย่างดินในตำแหน่ง และความลึกเช่นเดียวกับการเก็บรากที่ระยะเวลาเดียวกัน และทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในดิน ได้แก่ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) P ที่เป็นประโยชน์ และ K ที่แลกเปลี่ยนได้

3.3 วัดการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น และเส้นผ่าศูนย์กลางต้น โดยสุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลง ทุก 14 วัน

- ความสูงต้น ทำการวัดความสูงหลังย้ายปลูก 1 เดือน โดยการสุ่มวัดจากต้นที่อยู่ตรงกลางของแปลงย่อย มาวัดความสูงจากผิวดินไปจนถึงข้อสุดท้ายของยอดสูงสุด หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

- เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น วัดบริเวณส่วนเหนือโคนต้น 10 ซม. โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers)

3.4 ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 45-65 วันหลังย้ายกล้า เก็บเกี่ยวผลผลิต 2 รุ่น โดยเก็บเกี่ยวผลผลิต ในระยะเริ่มสุก (breaker, pink) สุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวน 20 ต้นต่อแปลง บันทึกผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ยผล วัดสีของผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- วัดสีผิวของผล โดยการใช้ Chroma meter ทำการวัด 3 จุด คือ ด้านหัวของผล ด้านกลางของผล และด้านก้นของผล จะได้ค่า a*, b* และ L* โดยสุ่มวัดกรรมวิธีละ 4 ผล

ค่า a* เมื่อค่าเป็นบวกหมายถึงวัตถุมีสีแดงมีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุเป็นสีเขียว

ค่า b* เมื่อค่าเป็นบวกหมายถึงวัตถุมีสีเหลืองมีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุเป็นสีน้ำเงิน

ค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ ค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีใส

- วัดความแน่นเนื้อ โดยการใช้ Firmness Tester กดลงบนเนื้อผลบริเวณกลางผลลึกประมาณ 0.3 ซม. ความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยสุ่มวัดกรรมวิธีละ 4 ผล

- ปริมาณกรด (titratable acidity, TA) นำมะเขือเทศมาคั้นน้ำ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำคั้น 5 มิลลิลิตร ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้สารละลาย phenoptealein 1 % เป็นสารอินดิเคเตอร์ จุดยุติ (end point) เกิดเมื่อสารละลายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที นำปริมาณของ NaOH ใช้ในการคำนวณปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก ($C_6H_8O_7$) จากสูตร

$$\% \text{ TA} = \frac{\text{N NaOH (0.1) x NaOH ที่ใช้ (มล.) x 0.064 x100}}{\text{ปริมาณน้ำคั้นมะเขือเทศ (มล.)}}$$

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) นำน้ำคั้นที่ได้วัดปริมาณ TSS โดยใช้เครื่อง Hand Refractmeter อ่านค่าที่ได้เป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix)

3.5 น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน (total dry weight) โดยตัดต้นมะเขือเทศหลังเก็บจากเก็บเกี่ยวผลผลิต รุ่นที่ 2 แล้วที่ตำแหน่งผิวดิน นำส่วนเหนือดินไปอบที่อุณหภูมิ 70^{o}C เป็นเวลา 72 ชม. จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้ง

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง นำข้อมูลต่าง ๆ ของ 2 กรรมวิธี โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และคำนวณค่า standard error ของทั้ง 2 กรรมวิธี และทำกราฟ โดยโปรแกรม SigmaPlot 10.0

3.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

3.2.1 ศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามความต้องการของมะเขือเทศ

เลือกมูลไก่ และรำข้าวเป็นวัสดุในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารสูง และหาง่ายในท้องถิ่น โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการหมักวัสดุสด และวัสดุที่ผ่านการหมักแห้งมาก่อน ซึ่งอาจช่วยให้กระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเร็วขึ้น เนื่องวัสดุที่ใช้หมักผ่านการกระบวนการย่อยสลายมาบ้างแล้ว

1. แผนการทดลอง

เปรียบเทียบการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จำนวน 2 กรรมวิธี โดยทำการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีการทดลอง คือ

กรรมวิธีที่ 1 หมักวัสดุสด

กรรมวิธีที่ 2 หมักวัสดุที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมวัสดุอินทรีย์ เก็บตัวอย่างวัสดุอินทรีย์ที่จะหมักมาวิเคราะห์ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยอัตราส่วน ปุ๋ยอินทรีย์:น้ำ เท่ากับ 1:10 ด้วยเครื่อง pH Meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วน ปุ๋ย:น้ำ เท่ากับ 1:10 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด % P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K โดยย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

2.2 การหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ในแต่ละกรรมวิธีจะใช้สัดส่วนของวัสดุหมักเท่ากัน คือ มูลไก่สด:รำข้าว อัตรา 1:1 โดยกรรมวิธีที่ 1 จะใช้วัสดุสดในการหมัก ส่วนกรรมวิธีที่ 2 จะนำวัสดุสดไปผ่านกระบวนการหมักแห้งแบบมีอากาศ เป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อเร่งอัตราการย่อยสลาย ก่อนนำมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และอัตราส่วนของวัสดุที่หมักในน้ำ คือ 4 กิโลกรัม:120 ลิตร ดำเนินการหมักแบบไม่ใช้อากาศ และเติมกากน้ำตาลเพื่อช่วยเร่งกระบวนการหมัก เพราะเป็นแหล่งพลังงานหรืออาหารของจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้นกว่าการย่อยสลายตามสภาพธรรมชาติทั่วไป ใช้อัตราส่วนวัสดุหมักต่อกากน้ำตาล 100:1 ทำการหมักในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร หมักเป็นระยะเวลา 56 วัน

3. การเก็บข้อมูล

หลังจากหมักวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ทุก 7 วัน ได้แก่ วิเคราะห์ pH ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ด้วยวิธี Molybdenum blue วิเคราะห์ K, Ca, Mg และ Na โดยวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบกรรมวิธีโดยการหาค่าเฉลี่ย และค่า standard error ของทั้ง 2 กรรมวิธี และทำกราฟ โดยโปรแกรม SigmaPlot 10.0 และเปรียบเทียบปริมาณของธาตุอาหารที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศ เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ย ไปทดสอบต่อในการทดลองที่ 2.2

3.2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill)

1. แผนการทดลอง

เลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากการทดลองที่ 3.2.1 โดยดูจากสัดส่วนของธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกับความต้องการของมะเขือเทศ มาใช้ในการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ดังต่อไปนี้

กรรมวิธี 1 ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 7)

กรรมวิธี 2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (โดยมี N เท่ากับกรรมวิธีที่ 1)

กรรมวิธี 3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี ในอัตราส่วน 1:1 ของ N (โดยให้ N ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+ปุ๋ยเคมีเท่ากับกรรมวิธีที่ 1)

กรรมวิธี 4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมปุ๋ยเคมี (โดยการเติมธาตุอาหารหลักในส่วนที่ขาดให้ได้ตามกรรมวิธีที่ 1)

ตารางที่ 7 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

	ค่าวิเคราะห์ดิน	อัตราปุ๋ยที่ใส่
1)	อินทรียวัตถุในดิน (%)	
	< 1.5	ปุ๋ย N 24 กิโลกรัม/ไร่
	1.5-2.5	ปุ๋ย N 18 กิโลกรัม/ไร่
	> 2.5	ปุ๋ย N 12 กิโลกรัม/ไร่
2)	ฟอสฟอรัส (mg kg^{-1})	
	< 10	ปุ๋ย P_2O_5 16 กิโลกรัม/ไร่
	10-20	ปุ๋ย P_2O_5 8 กิโลกรัม/ไร่
	> 20	ปุ๋ย P_2O_5 4 กิโลกรัม/ไร่
3)	โพแทสเซียม (mg kg^{-1})	
	< 60	ปุ๋ย K_2O 12 กิโลกรัม/ไร่
	60-100	ปุ๋ย K_2O 16 กิโลกรัม/ไร่
	> 100	ปุ๋ย K_2O 6 กิโลกรัม/ไร่

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ดำเนินการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากวัสดุสดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1

2.2 การปลูก ทำการปลูกมะเขือเทศที่ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2556 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ย 29.3^{O}C อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด คือ 35.5 และ 23.1^{O}C เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย เตรียมดินโดยการไถพลิกหน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดินและตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ ต่อจากนั้นไถพรวนเพื่อย่อยดินให้ละเอียด ยกแปลงทดลองขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 5 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร ระยะห่างระหว่างซ้ำ 1 เมตร ทำการวางระบบน้ำหยดบนดินเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติก ทำการเจาะรูพลาสติกคลุมแปลง ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างต้น 50 ซม. นำกล้ามะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟคโกล อายุ 30 วัน ย้ายปลูก 1 ต้นต่อหลุม การให้น้ำเหมือนการทดลองที่ 1

2.4 การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธี หลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ แบ่งใส่ทุกสัปดาห์ผ่านทางระบบน้ำ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการให้ปุ๋ย มะเขือเทศจะได้รับธาตุอาหารตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารที่มะเขือเทศได้รับในแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	N (กก./ไร่)			P_2O_5 (กก./ไร่)			K_2O (กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	รวม	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	รวม	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	รวม
T1 ปุ๋ยเคมี	24	0	24	8	0	8	16	0	16
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	0	24	24	0	20	20	0	42	42
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	12	12	24	4	10	14	8	21	29
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมเคมี	15	9	24	0	8	8	0	16	16

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนปลูกและหลังปลูก โดยทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH Meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง EC Meter ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) วิธี Walkley and Black ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี BrayII ปริมาณ K, Ca และ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย NH_4OAC เข้มข้น 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และปริมาณ Fe, Mn Fe และ Cu สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2 วัดการเจริญเติบโต ทำตามเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.3 ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ทำตามเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.4 น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน ทำตามเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.5 วิเคราะห์ปริมาณ N, P และ K ในใบมะเขือเทศ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมะเขือเทศรุ่นที่ 2 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบเพิ่งเริ่มแก่ และก้านใบ (สมศักดิ์ มณีพงศ์, 2537) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ

3 ต้น นำมาล้างและอบแห้งที่อุณหภูมิ 70^{O}C เป็นเวลา 72 ชม. บดละเอียด แล้วนำมาวิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl (Bremner, 1996) วิเคราะห์ P ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัด % P ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Hesse, 1971) วิเคราะห์ K ย่อยด้วย HNO_3+$HClO_4$ อัตราส่วน 5:3 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.14 for window และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan' New Multiple Range, Test) ของปริมาณธาตุอาหารในดิน ข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพของผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารในใบมะเขือเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

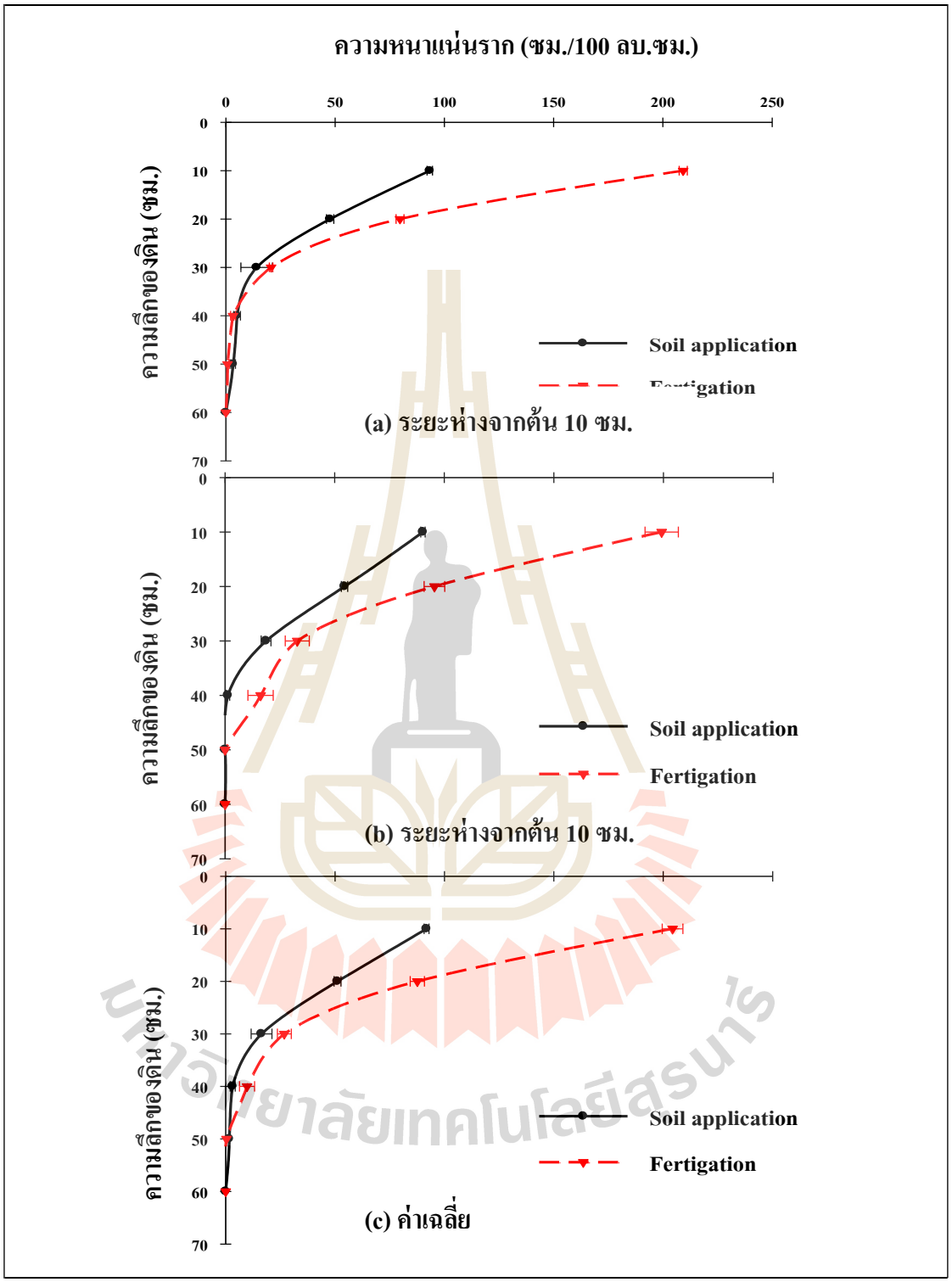
บทที่ 4
ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศ และธาตุอาหารพืช ภายใต้ระบบน้ำหยด

การปลูกมะเขือเทศในระบบน้ำหยด ได้มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย แต่ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกที่ทำให้มะเขือเทศใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ โดยเฉพาะข้อมูลของระบบราก และการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชยังมีน้อย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญต่อการดูดใช้ธาตุอาหารพืช จึงได้มีการศึกษาประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำกับทางดิน และศึกษาความสัมพันธ์ของการกระจายตัวของราก ขนาดของราก และการกระจายตัวของธาตุอาหารหลัก N, P และ K ในดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศ

1. ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ

จากการวัดความหนาแน่นรากที่ระยะห่างจากต้น 10 และ 20 ซม. จากระดับความลึก 0-60 ซม. พบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ และทางดินส่งผลทำให้ปริมาณความหนาแน่นรากของมะเขือเทศแตกต่างกันทุกระดับความลึก ยกเว้นที่ระดับ 50-60 ซม.ซึ่งมีปริมาณรากเล็กน้อย ทั้งในระยะห่างจากโคน 10 ซม. 20 ซม. และค่าเฉลี่ย (รูปที่ 1) โดยวิธีให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะมีความหนาแน่นรากมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน 50.5% ของค่าเฉลี่ยของระยะห่างจากโคนต้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Hartz (2008) รายงานว่า การให้ K ในระบบน้ำหยดในแปลงปลูกมะเขือเทศไม่เพียงแต่จะเพิ่มผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน แต่ยังช่วยเพิ่มจำนวนรากจากการดูดธาตุอาหารด้วย ดังนั้นการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำส่งผลให้มะเขือเทศ มีการพัฒนาระบบรากดีกว่า ทำให้มีความหนาแน่นรากในดินมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยความลึก 10 ซม. จะพบปริมาณความหนาแน่นรากมากที่สุด เนื่องจากรากของมะเขือเทศส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวดิน ถึงแม้ว่าความลึกของรากอาจจะลึก 40-100 ซม. (สมบูรณ์ มั่นความดี, ม.ป.ป.) สอดคล้องกับการทดลองของ Oliveira, Calado and Portas (1996) ที่พบว่าปริมาณของรากมะเขือเทศส่วนใหญ่ ประมาณ 88%-96% จะอยู่บริเวณผิวดิน 40 ซม. และปริมาณรากจะลดลงตามระดับความลึกของดิน ดังนั้นการให้ปุ๋ยทางน้ำมีผลให้รากเกิดการกระจายตัวมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน



รูปที่ 1 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก

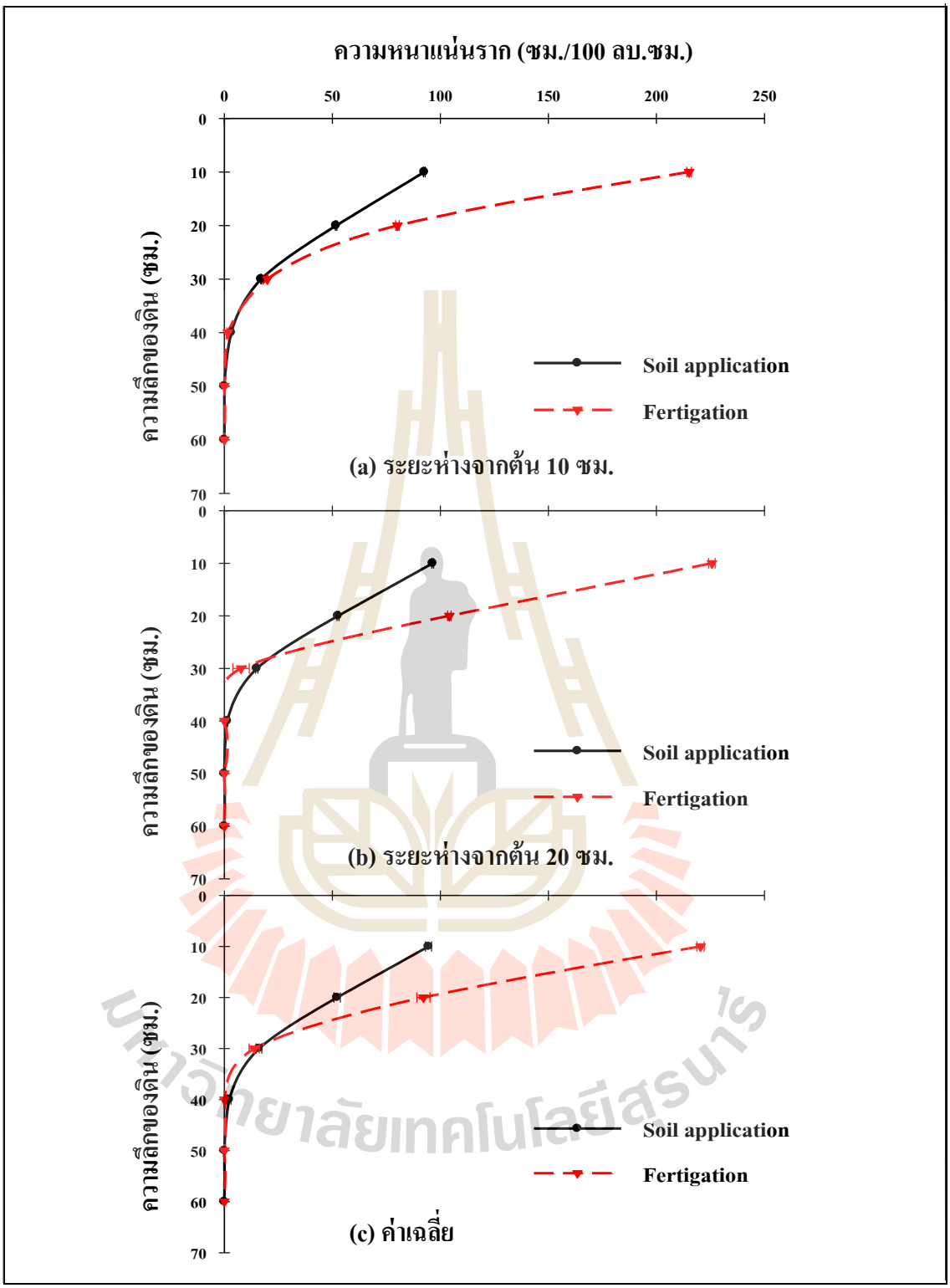
หมายเหตุ : I = Standard error

2. ความหนาแน่นรากแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรากมะเขือเทศ

การทดลองนี้นอกจากวัดความหนาแน่นของรากทั้งหมดแล้ว ได้มีการศึกษาความหนาแน่นรากของรากขนาดเล็ก (0.01-1.00 มม.) ขนาดกลาง (1.01-2.00 มม.) และรากขนาดใหญ่ (2.10-3.00 มม.) โดยพบว่า การให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำและทางดิน ส่งผลให้มีปริมาณความหนาแน่นรากของมะเขือเทศขนาดต่าง ๆ แตกต่างกัน โดยวิธีการให้ทางระบบน้ำจะมีความหนาแน่นของรากขนาดเล็กมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน 49.4% และรากขนาดกลาง 56.9% ส่วนในรากขนาดใหญ่ กลับพบว่า การให้ปุ๋ยทางดินมีความหนาแน่นรากมากกว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ ถึง 66.3% ดังรูปที่ 2, 3 และ 4

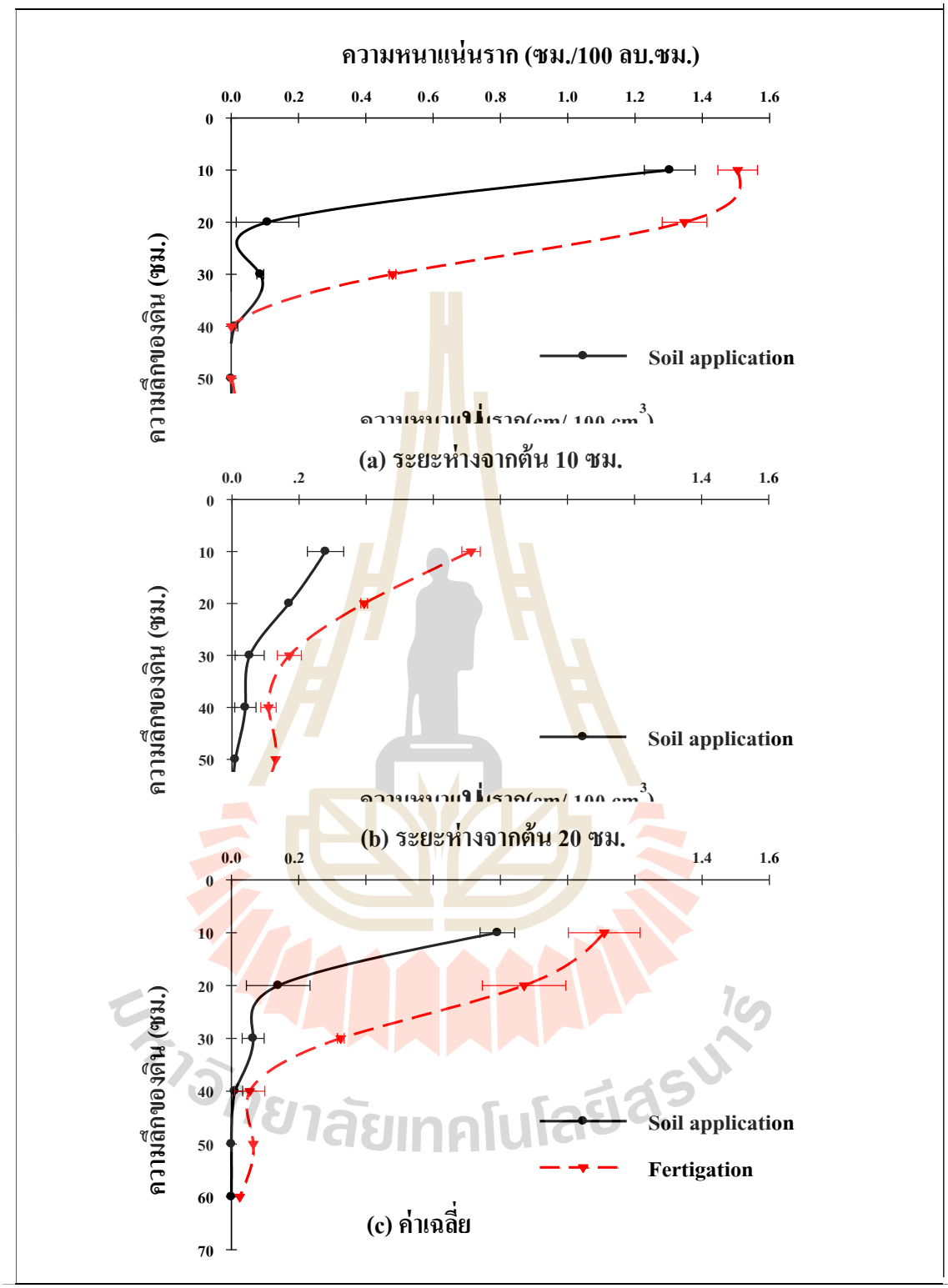
จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างรากขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งรากขนาดเล็กจะมีความสำคัญต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารมากกว่ารากที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากรากที่มีรัศมีเล็กกว่า จะมีความแตกต่างระหว่างค่าพลังงานของน้ำในดินกับที่ผิวรากสูงกว่ารากขนาดใหญ่ ผลการทดลองจึงเป็นการสนับสนุนว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำนอกจากเพิ่มปริมาณรากทั้งหมดแล้ว เป็นการเพิ่มรากที่มีความสามารถในการดูดธาตุอาหารพืชอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



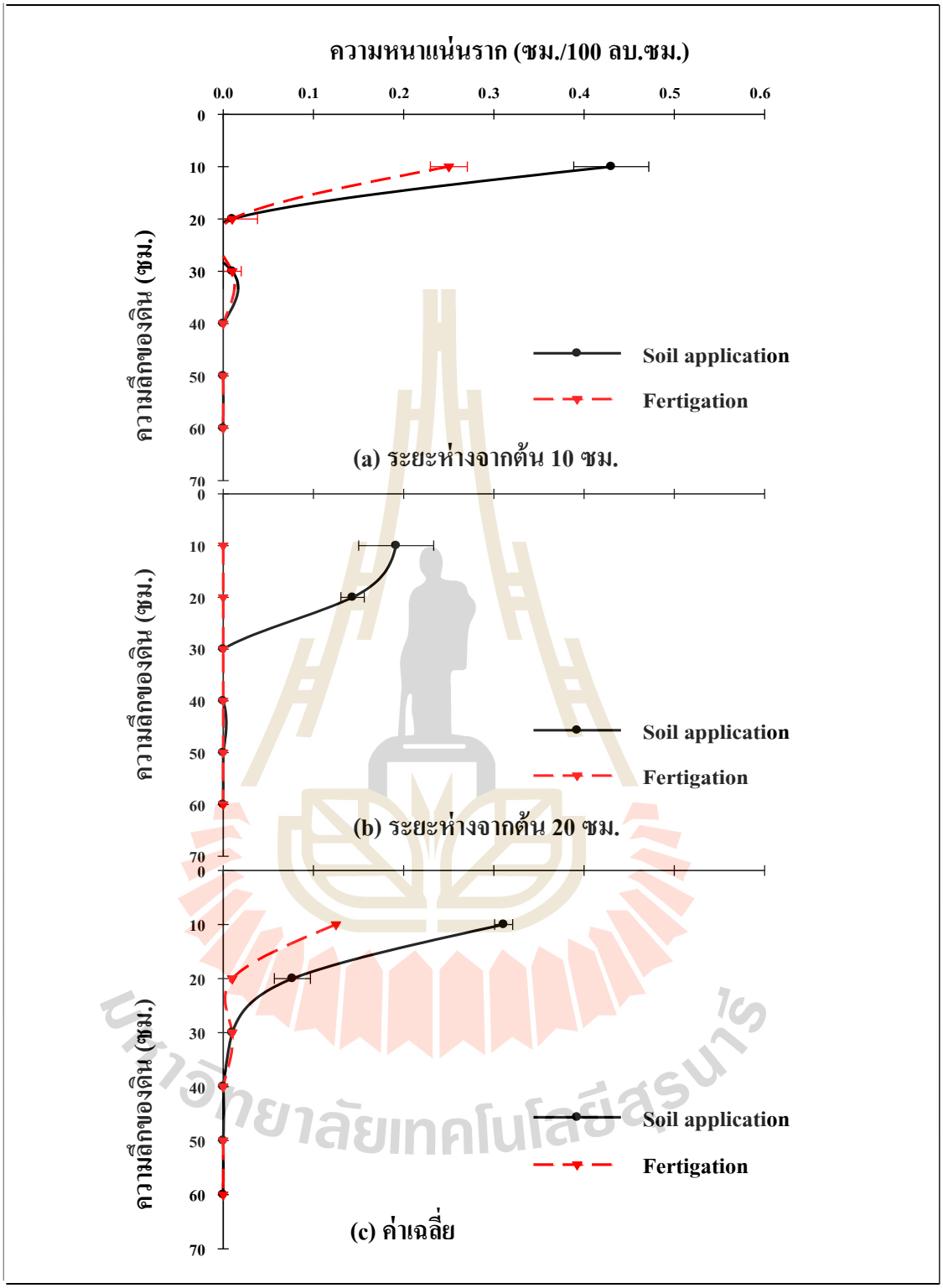
รูปที่ 2 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 0.01-1.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error



รูปที่ 3 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 1.01-2.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error



รูปที่ 4 ความหนาแน่นรากของมะเขือเทศ ขนาด 2.10-3.00 มม. จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error

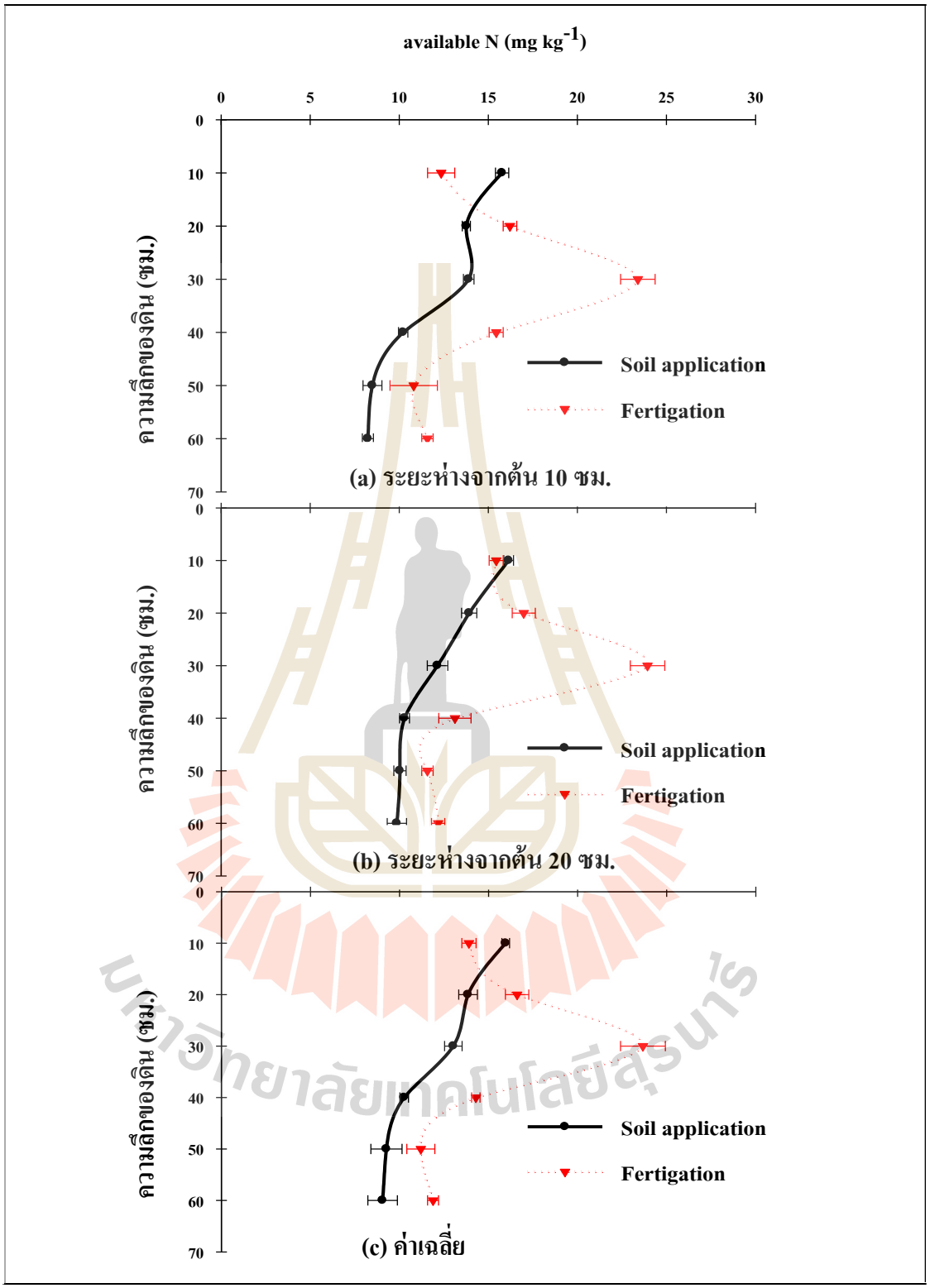
3. ปริมาณธาตุอาหารในดิน

3.1 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (available N) ในดิน

จากการเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินและทางระบบน้ำ โดยให้ปุ๋ยสูตร และปริมาณที่เท่ากัน ทำการศึกษาวัดปริมาณธาตุอาหาร N, P และ K ในรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช โดยทำการวัดปริมาณธาตุอาหารหลังจากมีการให้ปุ๋ยแล้ว 3 วัน ในช่วงการออกดอกของมะเขือเทศ รุ่นที่ 1 เพื่อให้ปุ๋ย N ซึ่งให้ในรูปของปุ๋ยยูเรียเป็นส่วนใหญ่ มีการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท

จากการวัด N ในรูปที่พืชดูดใช้ พบว่ามีปริมาณแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการให้ปุ๋ย การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีความเข้มข้นของ N ที่เป็นประโยชน์มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดินทุกระดับความลึกและทุกระยะห่างจากต้น (รูปที่ 5) แสดงว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีการกระจายของปุ๋ย N ได้มากกว่า และมีการเปลี่ยนรูปจากยูเรียมาเป็นแอมโมเนียมและไนเตรทได้เร็วกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน การที่มีการเปลี่ยนรูปจากยูเรียมาเป็นแอมโมเนียม และไนเตรทมากกว่า อาจเป็นเพราะว่ายูเรียที่ให้ไปกับระบบน้ำมีการละลาย และกระจายไปตามความชื้นของดิน ทำให้สัมผัสกับจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ยูรีเอส (urease) และก่อให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนยูเรียมาเป็นแอมโมเนียม และไนเตรทได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งยูเรียจะแพร่กระจายได้ต้องมีน้ำมากพอ เพราะน้ำเป็นตัวจำกัดประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรีย (Craswell and Vlek, 1978) และจากงานทดลองการให้ปุ๋ยแบบเม็ดทางดินและการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำที่ระดับ 0%, 50%, 75% และ 100% พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ 100% มีปริมาณ NO_3^- ที่ผิวดินมากที่สุด และปริมาณ NO_3^- ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ความลึก 0-40 ซม. จากผิวดิน (Badr, Abou Hussein, and EI-Tohamy, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



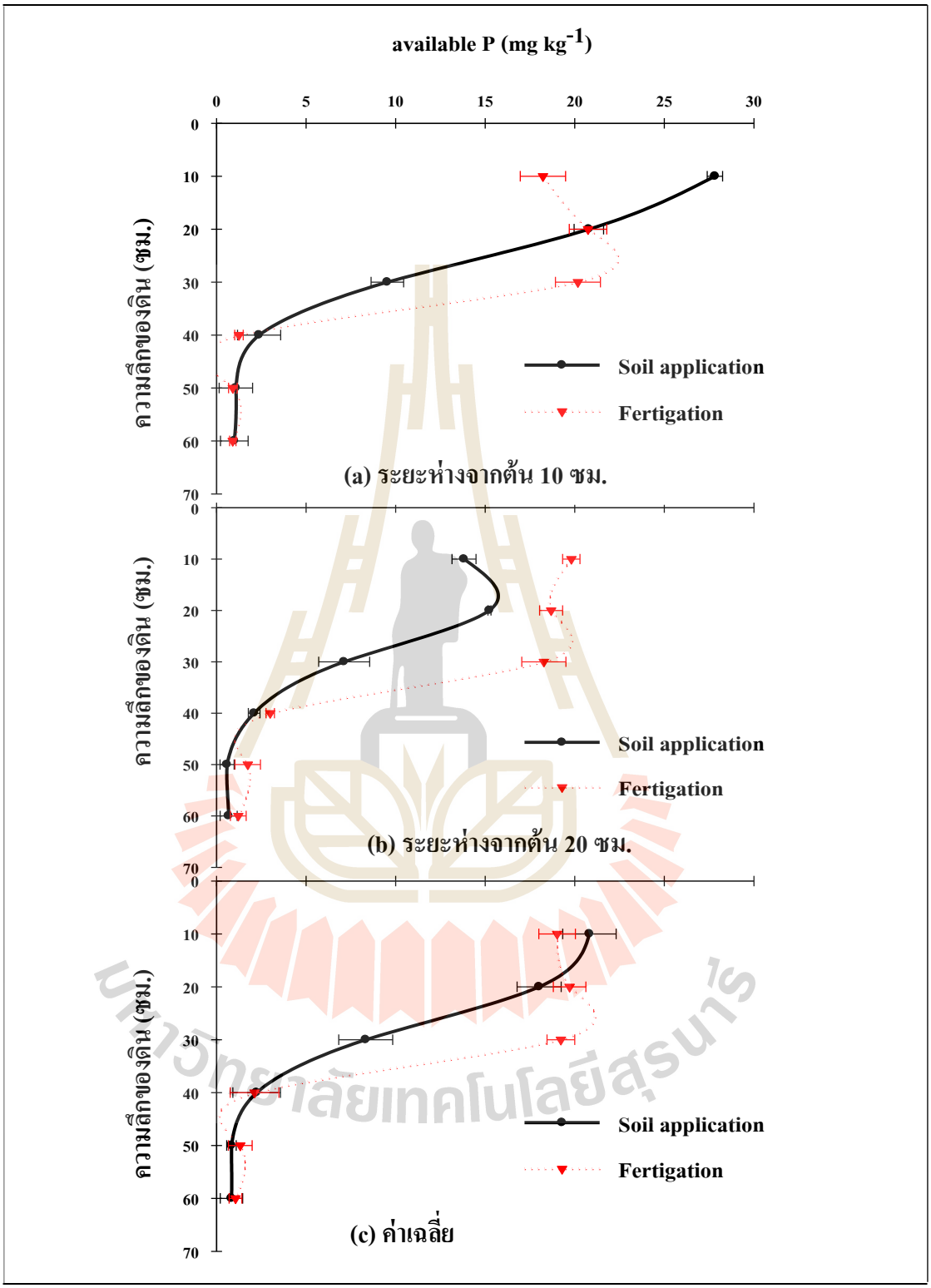
รูปที่ 5 ปริมาณ available N ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลัง ย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error

3.2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ในดิน

จากการวัดปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พบว่าการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ จะส่งผลให้มีปริมาณ available P ในดินแตกต่างกัน (รูปที่ 6) โดยการให้ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำจะมี available P ในดินสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดินในทุกระดับความลึก และทุกระยะห่างจากต้น ยกเว้นที่ระดับผิวดิน 10 ซม. ของระยะห่างจากต้น 10 ซม. จะพบว่าการให้ปุ๋ยทางดินจะมีปริมาณ P ตกค้างในดินสูงกว่าการให้ทางระบบน้ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ P เป็นธาตุที่ถูกดูดยึดได้ง่ายในดินส่วนใหญ่ (Papadopoulos and Ristimaki, 1998) และมักจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน และเปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำยาก จึงทำให้ P เคลื่อนที่ได้ยาก และส่วนใหญ่ตกค้างที่ผิวดิน แต่หากให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำก็จะทำให้ P สามารถแพร่ไปพร้อมกับน้ำ ทำให้ปุ๋ยที่ให้มีการกระจายตัวทั้งลงลึกและด้านข้างได้มากกว่า ทั้งมีรายงานสนับสนุนว่า การให้ปุ๋ย P ผ่านทางระบบน้ำจะทำให้ P สามารถเคลื่อนที่ได้เพิ่มขึ้น 5-10 เท่า (Rauschkolb et al., 1976)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



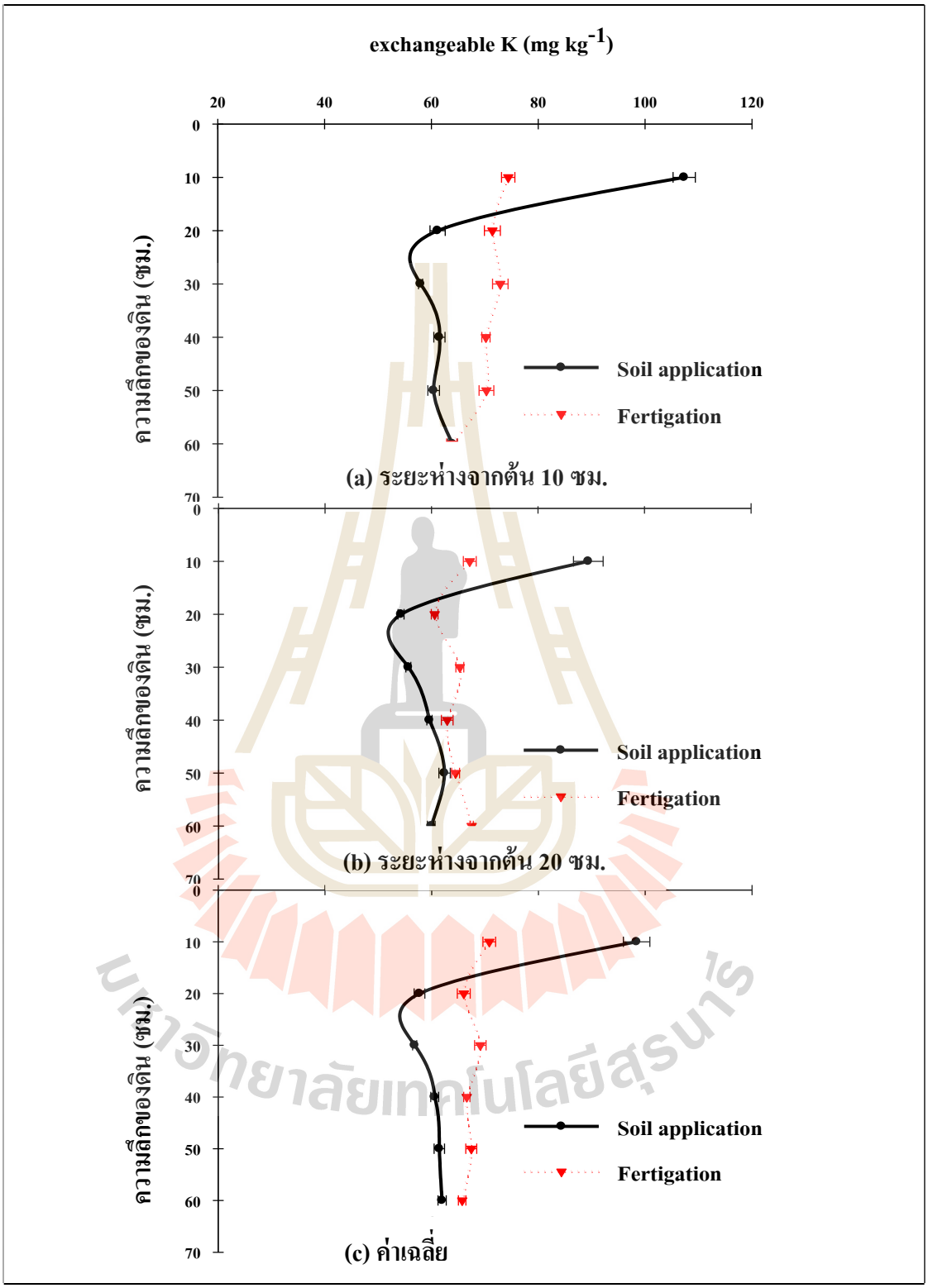
รูปที่ 6 ปริมาณ available P ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน และทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วัน หลังย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error

3.3 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) ในดิน

จากผลการทดลองการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ พบว่าการให้ปุ๋ยที่ต่างกันจะส่งผลให้ปริมาณ exchangeable K ในดินแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 7 โดยที่ระดับความลึก 10 ซม. จะพบว่าการให้ปุ๋ยทางดินมีปริมาณ exchangeable K ตกค้างที่ผิวดินมากกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และที่ระดับความลึก 20-60 จะพบว่าปริมาณ exchangeable K ในดินของกรรมวิธีการให้ปุ๋ยทางดินมีน้อยกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก K เป็นธาตุอาหารประจุบวก จึงทำให้การกระจายตัวของ K อาจไม่รวดเร็วเท่ากับ N เพราะถูกดูดยึดได้ง่ายจากประจุลบของแร่ดินเหนียว หากมีการให้ปุ๋ยทางดินจะทำให้การกระจายตัวของ K น้อยกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ทำให้โอกาสที่ K จะถูกดูดยึดไว้ที่ผิวดินจึงมีสูงกว่า และจากการทดลองเห็นได้ว่าการให้ปุ๋ย K ผ่านทางระบบน้ำ จะทำให้ K เคลื่อนย้ายไปทั้งด้านข้าง และด้านล่างของดินได้มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดินคล้ายกับ N และ P

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 7 ปริมาณ exchangeable K ในดินจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและทางระบบน้ำ เมื่ออายุ 35 วันหลังย้ายปลูก

หมายเหตุ : I = Standard error

4. การเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

จากการวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ พบว่าวิธีการให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน (การให้ปุ๋ยทางดิน และปุ๋ยทางระบบน้ำ) ส่งผลให้ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของต้นแตกต่างกัน โดยวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มะเขือเทศมีความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้งของต้นสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน (ตารางที่ 9) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ สุมิตรา จันไทย (2555) ที่พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้น้ำหนักแห้งต้นมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน และจากหลายการทดลอง พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้ประหยัดปุ๋ย และเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศ (Bar Yosef and Sagiv (1982); Ibrahim (1992); Lara et al. (1996); Locascio et al. (1997) และ Hebbar et al. (2004) นอกจากนี้ Badr et al. (2010) ศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหาร และผลผลิตของมะเขือเทศภายใต้วิธีการให้ปุ๋ย และระดับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในสภาพแห้งแล้ง โดยพบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ 100% ส่งผลให้จำนวนผลต่อต้น ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน 100%, 50% และทางระบบน้ำ 50%

ตารางที่ 9 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)
T1 ปุ๋ยเคมีทางดิน	98 ± 0.37	8.73 ± 0.08	90 ± 0.11
T2 ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ	103 ± 0.24	9.02 ± 0.05	109 ± 0.05

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± Standard error

5. ผลผลิตของมะเขือเทศ

จากผลการวิเคราะห์พบว่า การให้ปุ๋ยทางดินและทางระบบน้ำ ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตแตกต่างกัน (ตารางที่ 10) โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มะเขือเทศมีผลผลิต (6,823 กิโลกรัม/ไร่) สูงกว่าให้ปุ๋ยทางดิน (5,664 กิโลกรัม/ไร่) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มะเขือเทศมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลสูงกว่าปุ๋ยทางดิน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 70.0 และ 68.1 กรัม/ผล ตามลำดับ ซึ่งตรงกับการทดลองของ Shedeed et al., (2009) และการทดลองของ Hebbar et al. (2004) ที่พบว่าการให้ N, P และ K ในระบบน้ำส่งผลให้ผลผลิตของมะเขือเทศมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยแบบหว่านถึง 33 % นอกจากนี้มีรายงานว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน เพราะมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่า (Malik et al., 1994) โดยเฉพาะ N และ K ที่มีการเคลื่อนที่ได้ดีในดิน มักเกิดการสูญเสียได้ง่ายจากการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งจากการศึกษาของ Hebbar et

al. (2004) รายงานว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถลดการสูญเสีย NO_3^- และ K ลงลึกเกินระดับราก โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะเพิ่ม N, P และ K ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในบริเวณเขตราก (Shedeed et al., 2009) ดังนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจึงสามารถลดการสูญเสียปุ๋ยไปจากดิน แต่สำหรับการทดลองนี้ การสูญเสียจากการให้ปุ๋ยทางดินอาจไม่ใช่ปัจจัยที่สำคัญ เพราะการทดลองทำในฤดูแล้ง และการให้น้ำไม่เกินความสามารถของดินที่อุ้มน้ำ ปัจจัยที่ทำให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่า เกิดจากการกระจายตัวของปุ๋ย และระบบรากที่ดีกว่าซึ่งได้กล่าวมาแล้ว และยังมีรายงานโดย Gardenas et al. (2005) ว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำช่วยให้พืชได้รับปุ๋ยโดยตรงพร้อมกับน้ำ และมีการกระจายของปุ๋ยอยู่บริเวณเขตรากพืช ทำให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 10 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตของมะเขือเทศ

กรรมวิธี	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)
T1 ปุ๋ยเคมีทางดิน	68.1 ± 0.12	5,664 ± 3.6
T2 ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ	70.0 ± 0.28	6,823 ± 7.1

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± Standard error

6. คุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ

จากการวัดคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ความแน่นเนื้อ และของแข็งที่ละลายในน้ำของผลมะเขือเทศ พบว่าวิธีการให้ปุ๋ยไม่ทำให้คุณภาพของมะเขือเทศแตกต่างกัน (ตารางที่ 11) ยกเว้นปริมาณกรดของผลมะเขือเทศ ซึ่งพบว่าวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีปริมาณกรดมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน แสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำนอกจากทำให้ผลผลิต และการดูดซึมธาตุอาหาร N, P และ K ดีขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้นได้ (Papadopoulos, Ristimaki and Sonneveld, 2000)

ตารางที่ 11 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยต่อคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศ

กรรมวิธี	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ของแข็งที่ละลายในน้ำ (°Brix)	ปริมาณกรด (%)
T1 ปุ๋ยเคมีทางดิน	50.5 ± 0.08	21.7 ± 0.24	25.4 ± 0.24	8.90 ± 0.18	4.0 ± 0.0	0.42 ± 0.01
T2 ปุ๋ยเคมีทางระบบน้ำ	51.2 ± 0.12	21.5 ± 0.18	26.1 ± 0.17	9.03 ± 0.27	4.0 ± 0.0	0.43 ± 0.01

หมายเหตุ : ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย ± Standard error

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของรากมะเขือเทศ และธาตุอาหารพืชภายใต้ระบบน้ำหยด พบว่าการกระจายตัวของรากมะเขือเทศในดินส่วนใหญ่ จะอยู่ที่ระดับความลึก 0-40 ซม. ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวัดการกระจายตัวของธาตุอาหารพืชของวิธีการให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำ อีกทั้งการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำหยดทำให้มะเขือเทศมีการกระจายตัวของราก และธาตุอาหารพืชที่ดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดินโดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันมากกว่า และยังทำให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ทั้งนี้เนื่องจากเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชนั้นจะเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายราก ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการดูดซึม และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (Adiku et al., 2001) สอดคล้องกับการทดลองของ Badr, Abou Hussein, and EI-Tohamy (2010) พบว่าการให้ปุ๋ยมะเขือเทศผ่านทางระบบน้ำ จะทำให้มะเขือเทศได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ มากกว่าวิธีการให้ปุ๋ยแบบเม็ด

การให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำหยดสำหรับการผลิตมะเขือเทศนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูง และมีผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การให้ปุ๋ยระบบน้ำมีการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างน้อยกว่าการให้ทางดิน จึงทำให้พืชได้รับธาตุอาหารสูงกว่า การสูญเสียปุ๋ยน้อยกว่า และอาจเป็นเพราะการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีการกระจายการให้ปุ๋ยบ่อย ๆ ครั้ง การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจึงมีโอกาสสูญเสียน้อยกว่า อาจไม่ใช่เป็นเพราะวิธีการให้ที่ทำให้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน แต่การทดลองในครั้งนี้มีการให้ปุ๋ยทั้งทางดินและทางระบบน้ำด้วยจำนวนครั้งและปริมาณปุ๋ยที่เท่ากัน แต่ต่างกันโดยวิธีการให้ปุ๋ยซึ่งเป็นการทดสอบถึงประสิทธิภาพของวิธีการให้ปุ๋ยอย่างแท้จริง ซึ่งผลการทดลองก็ยังพบว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีประสิทธิภาพดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดินเช่นกัน โดยทำให้มีทั้งการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ประกอบกับทำให้มีระบบรากที่หนาแน่น และกระจายตัวมากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารพืชมีประสิทธิภาพส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโต และผลผลิตดีกว่า เนื่องจากการกระจายตัวของปุ๋ยที่ให้ในระบบน้ำ มี

แนวโน้มที่จะอยู่ในตำแหน่งที่เราต้องการหรือเขตราก ซึ่งจะช่วยให้พืชสามารถใช้ปุ๋ยได้ดี (Clark et al., 19991)

4.2 การทดลองที่ 2 การพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

4.2.1 การทดลองที่ 2.1 ศึกษาวิธีการและระยะเวลาการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อผลิตมะเขือ เท ศ ภายใต้การให้ปุ๋ยระบบน้ำหยด

1. คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้หมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้หมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำพบว่า มูลไก่สดเป็นวัสดุที่มีความเป็นด่างสูง (7.82) ปริมาณอินทรียวัตถุสูง (42.0%) ปริมาณ N สูง (2.89%) ปริมาณ P สูง (1.58%) และปริมาณ K สูง (2.62%) รำข้าวมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (76.0%) ปริมาณ N สูง (1.92%) ปริมาณ P สูง (1.76%) และปริมาณ K สูง (1.52%) ปุ๋ยหมักมูลไก่ผสมรำข้าวมีความเป็นกรด-ด่างปานกลาง (6.58) ปริมาณอินทรียวัตถุสูง (48.2%) ปริมาณ N สูง (2.76%) ปริมาณ P สูง (1.63%) และปริมาณ K สูง (2.35%) ส่วนกากน้ำตาลมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (62.0%) ปริมาณ N ต่ำ (0.56%) ปริมาณ P ต่ำ (0.008%) แต่ปริมาณ K สูง (2.45%) ปริมาณ C:N ratio สูง (64.2) (ตารางที่ 12) ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูง นอกจากนี้ยังมีปริมาณ K สูง ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณ K ให้แก่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ เนื่องจากเป็นพืชที่มักได้รับผลกระทบจากการขาดธาตุนี้

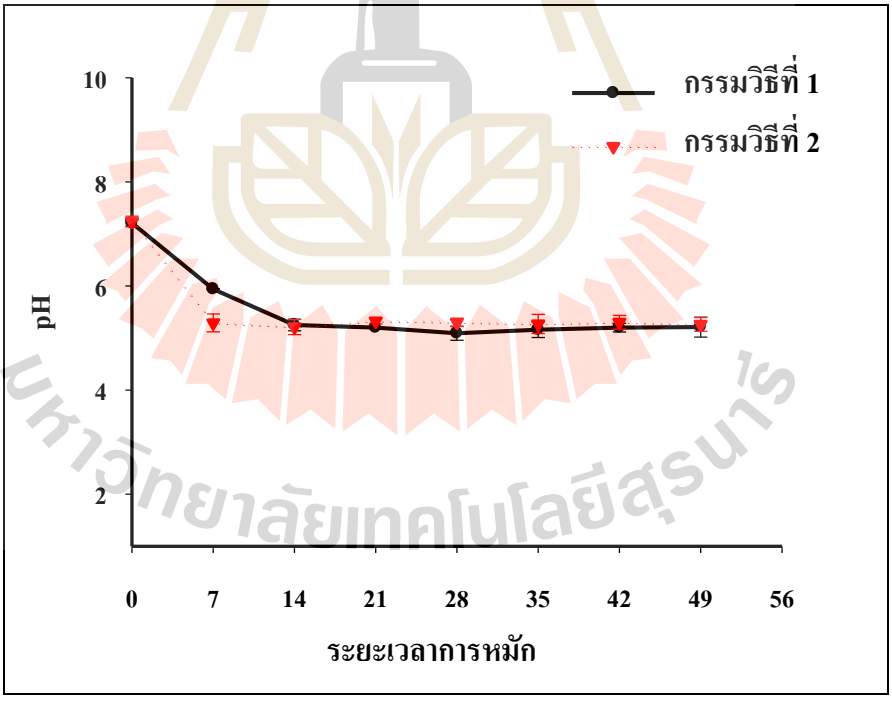
ตารางที่ 12 สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

สมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์			
	มูลไก่สด	รำข้าว	ปุ๋ยหมักมูลไก่ผสมรำข้าว	กากน้ำตาล
Moisture (%)	37.8	8.99	24.0	-
pH	7.82	5.94	6.58	5.27
EC (dS/m)	8.28	1.51	11.5	7.50
Organic matter (%)	42.0	76.0	48.2	62.0
Total N (%)	2.89	1.92	2.78	0.56
P (%)	1.58	1.76	1.60	0.008
K (%)	2.62	1.52	2.34	2.45
C:N ratio	8.43	22.9	9.44	64.2

2. คุณสมบัติต่าง ๆ ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

2.1 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันในระยะแรกของการหมัก โดยกรรมวิธีที่ 1 มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และคงที่หลังจากระยะเวลา 14 วัน โดยมีค่าเฉลี่ย pH 5.17 ส่วนกรรมวิธีที่ 2 มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่า pH คงที่ภายในระยะเวลาเพียง 7 วัน โดยมีค่าเฉลี่ย pH 5.13 ดังรูปที่ 8 สาเหตุที่ค่า pH ของกรรมวิธีที่ 1 ลดลงเร็วกว่ากรรมวิธีที่ 2 เพราะว่าการใช้วัสดุหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อน จะทำให้ระยะเวลาการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำสั้นลง และการที่ pH ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าลดลงนั้น เนื่องจากจุลินทรีย์หลายชนิดที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างกรดทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก (Mahmood et al., 2010) ซึ่งพบมากในระยะเริ่มต้นของการหมัก และลดปริมาณและชนิดลงในระยะเวลาต่อมา ดังนั้น pH ของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำจึงลดลงให้ระยะแรก และคงที่ในเวลาต่อมา นอกจากนี้ pH ในช่วงนี้ยังเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ก่อโรคเจริญเติบโตได้น้อยอีกด้วย

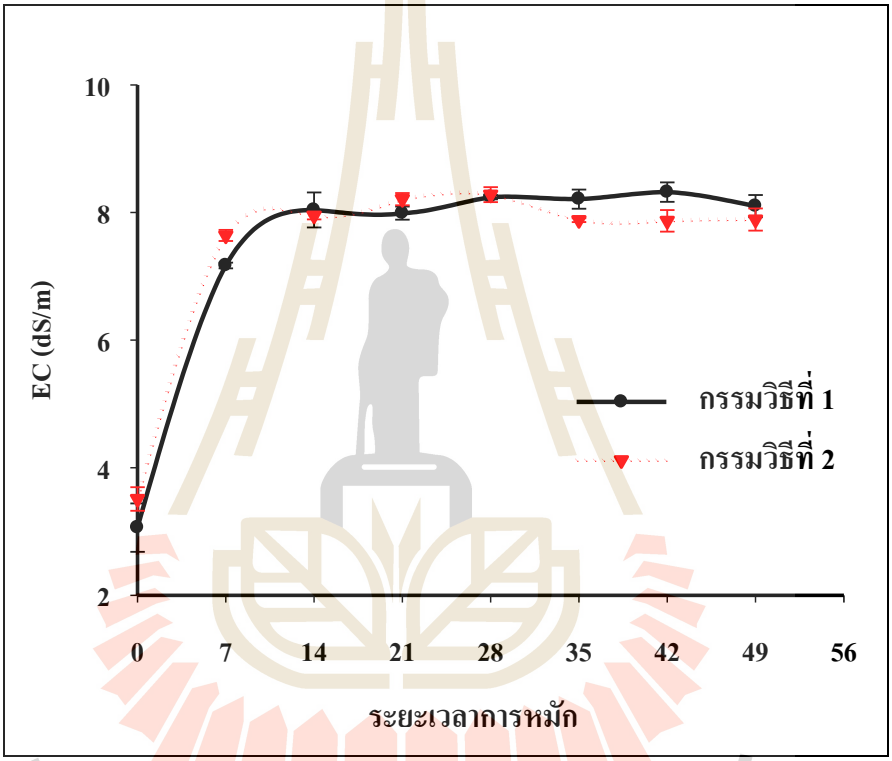


รูปที่ 8 pH ของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error

2.2 ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของทั้ง 2 กรรมวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน เช่นเดียวกันค่าความเป็นกรด-ด่างดังแสดงในรูปที่ 9 การที่ค่า EC ของสารละลายสูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารจากวัสดุที่ใช้หมัก ซึ่งจะออกมาอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่เป็นประจุต่าง ๆ กรรมวิธีที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นของค่า EC เร็วกว่ากรรมวิธีที่ 1 เล็กน้อย



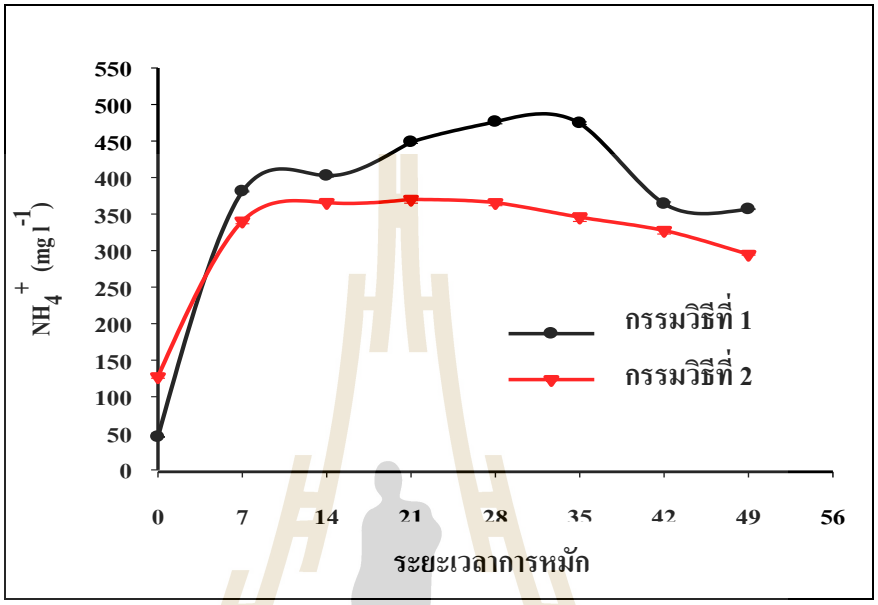
รูปที่ 9 ค่า EC ของสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error

2.3 ปริมาณ available N

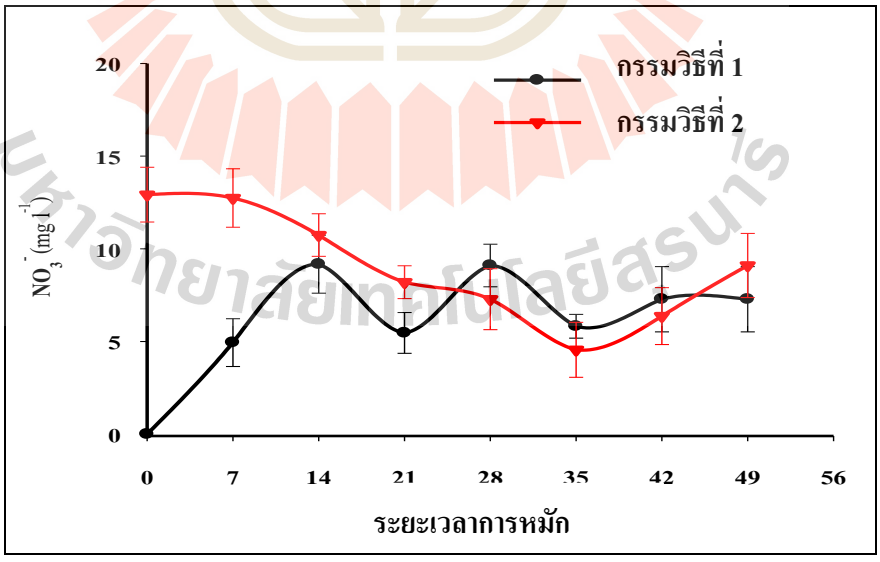
ในการวิเคราะห์ปริมาณ available N (NH_4^+ และ NO_3^-) ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำในทั้ง 2 กรรมวิธี พบว่า NH_4^+ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยกรรมวิธีที่ 1 จะมีปริมาณสูงสุดสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 แต่กรรมวิธีที่ 1 จะใช้ระยะเวลาการหมัก (42 วัน) มากกว่ากรรมวิธีที่ 2 (21 วัน) และหลังจากนั้นก็จะลดลง ในขณะที่ปริมาณ NO_3^- กลับมีปริมาณน้อยมาก และลดลงเล็กน้อยไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 กรรมวิธี (รูปที่ 10 และ 11) จากการที่ NO_3^- ลดลงอาจเป็นเพราะไม่มีการแปรสภาพ NH_4^+ มาเป็น

NO_3^- หรือเกิดการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) จากกระบวนการ Denitrification มากกว่าการแปรสภาพ NH_4^+ มาเป็น NO_3^- (ชุติมณฑน์ ชูพุดซา, 2553)



รูปที่ 10 ปริมาณ NH_4^+ ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error

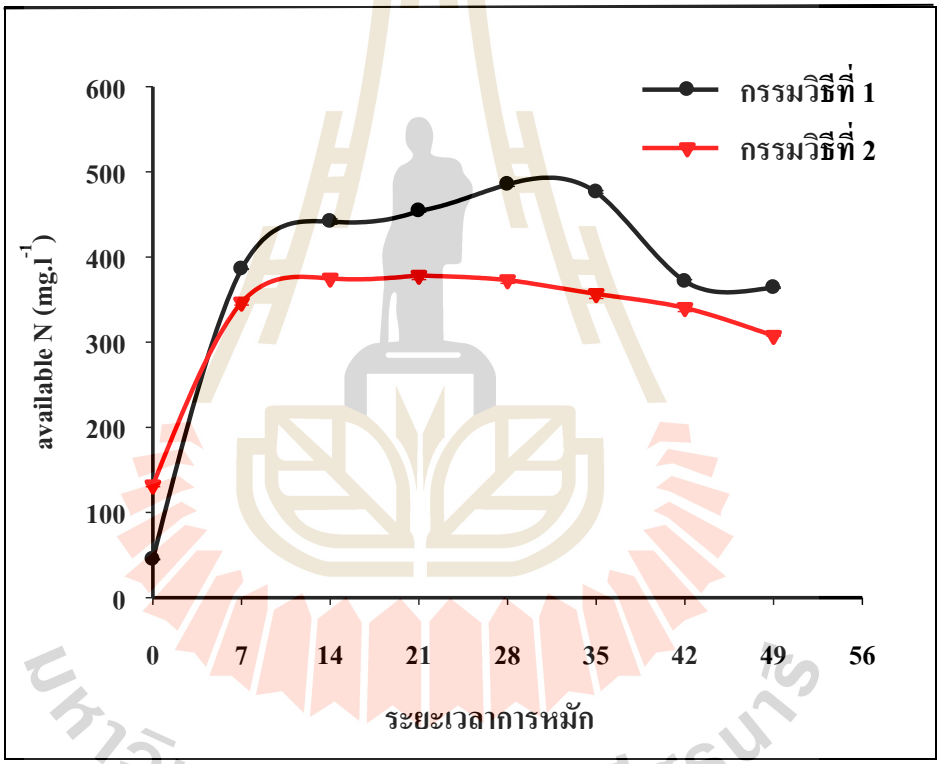


รูปที่ 11 ปริมาณ NO_3^- ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error

2.4 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

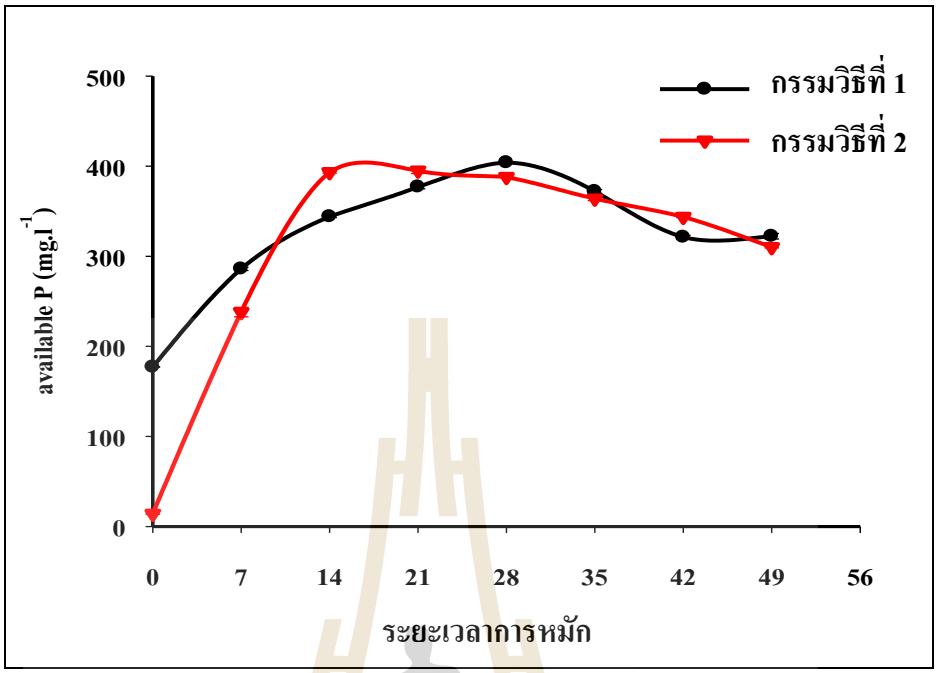
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ available N, available P และ exchangeable K ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และสูงที่สุดที่ระยะเวลา 28 วันของการหมัก หลังจากนั้นก็จะลดลง (รูปที่ 12, 13 และ 14) ส่วนกรรมวิธีที่ 2 จะมีปริมาณ available N และ available P สูงที่สุดที่ระยะเวลา 21 วัน หลังจากนั้นก็จะลดลง ต่างจาก exchangeable K จะมีปริมาณสูงที่สุดที่ระยะเวลา 14 วันของการหมัก หลังจากนั้นก็จะลดลงเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าการหมักแบบกรรมวิธีที่ 1 ที่ระยะเวลา 28 วัน จะให้ปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 ที่ระยะเวลา 21 วัน



รูปที่ 12 ปริมาณ available N ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

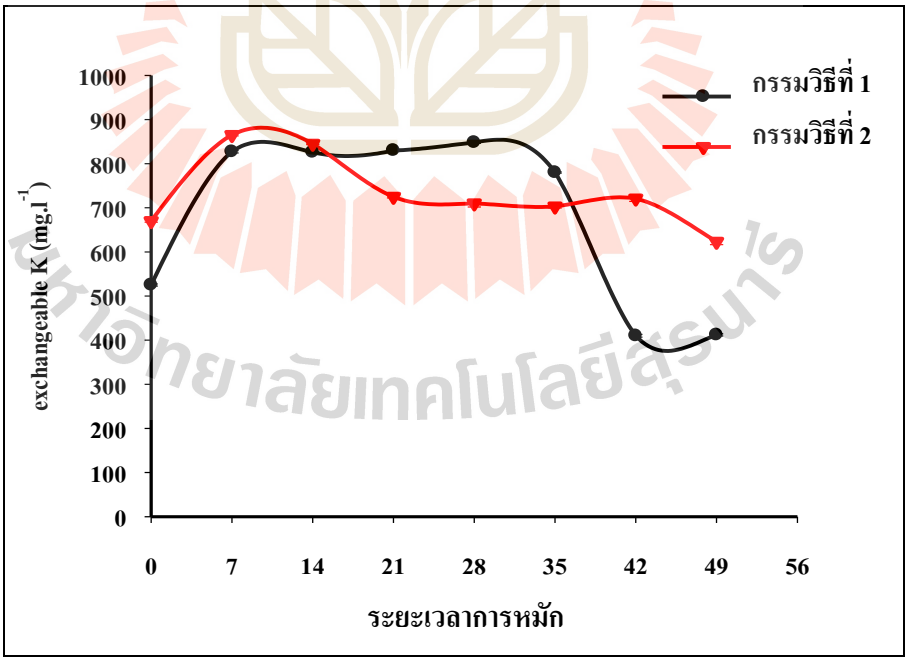
หมายเหตุ : I = Standard error

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 13 ปริมาณ available P ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error



รูปที่ 14 ปริมาณ exchangeable K ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หมายเหตุ : I = Standard error

3. การเปรียบเทียบปริมาณของธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับ ความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศ เพื่อคัดเลือก 1 สูตร ไปทดสอบต่อในการทดลองที่ 2.2

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 2 กรรมวิธีในทุก 7 วัน เปรียบเทียบกัน โดยคัดเลือกจากระยะเวลาที่ปลดปล่อยธาตุอาหารหลักออกมาได้สอดคล้องกับความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศมากที่สุดในแต่ละกรรมวิธี ทำให้ได้สูตรปุ๋ยที่ดีที่สุดจากทั้ง 2 กรรมวิธี คือ สูตรที่ 1 ที่ระยะเวลาการหมักที่ 28 วัน และสูตรที่ 2 ที่ระยะเวลาการหมักที่ 21 วัน ดังตารางที่ 13 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศ พบว่าปุ๋ยจากการหมักในกรรมวิธีที่ 1 มีสัดส่วนหรือสมดุลธาตุอาหารดีกว่า ปริมาณธาตุอาหารมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 (ตารางที่ 14) ดังนั้นจึงเลือกสูตรปุ๋ยจากสูตรที่ 1 ไปทดสอบต่อในการทดลองที่ 2.2

ตารางที่ 13 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำสูตรที่เหมาะสมกับความต้องการของมะเขือเทศมากที่สุดจาก 2 กรรมวิธี

คุณสมบัติทางเคมี	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ระยะเวลาหมัก 28 วัน	ระยะเวลาหมัก 21 วัน
EC (dS/m)	8.24	8.21
pH	5.09	5.33
NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)	476	370
NO_3^- ($mg.l^{-1}$)	9.10	8.20
total available N ($mg.l^{-1}$)	485	378
P ($mg.l^{-1}$)	404	395
K ($mg.l^{-1}$)	848	725
Ca ($mg.l^{-1}$)	270	150
Na ($mg.l^{-1}$)	63	68
Mg ($mg.l^{-1}$)	188	171

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของธาตุอาหารที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกับความต้องการธาตุอาหารของมะเขือเทศระหว่างสูตรปุ๋ยของสูตรที่ 1 และ 2

ปริมาณธาตุอาหาร	สูตรธาตุอาหารตามต้องการมะเขือเทศ	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2	
		หมัก 28วัน	สัดส่วนธาตุอาหาร	หมัก 21 วัน	สัดส่วนธาตุอาหาร
N (กก./ไร่)	24	485	9	378	8
P_2O_5 (กก./ไร่)	8	404	8	395	8
K_2O (กก./ไร่)	16	848	16	725	15

ในการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารหลักในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อมะเขือเทศกับสัดส่วนของธาตุอาหารหลักในวัสดุหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พบว่า P และ K มีสัดส่วนการปลดปล่อยที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจาก K เป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ น้อยมาก จึงอยู่ในสารละลายได้ดี ส่วน P ได้สัดส่วนของธาตุอาหารในสารละลายปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ค่อนข้างตรงกับสัดส่วนของวัสดุหมัก ถึงแม้ว่า P จะเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยาได้ง่ายกับธาตุอื่น โดยเฉพาะ Ca อาจเนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่า pH เป็นกรด จึงไม่ทำปฏิกิริยากับ Ca ส่วน Fe และ Al ในวัสดุหมัก เช่น มูลไก่ มีปริมาณ Fe (0.54%) และ Al (0.11%) ต่ำ (Martin et al., 1983) จึงอาจไม่มีการทำปฏิกิริยาเกิดขึ้น หรือเกิดน้อยเช่นกัน แต่ N กลับลดลงในอัตราส่วนที่มากเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนธาตุอาหารในวัสดุหมัก อาจเป็นเพราะมีการสูญเสีย N ในรูป N_2 ที่สูง สอดคล้องกับการศึกษาของชุติมณฑน์ ชูพุดซา (2553) ซึ่งพบว่าการลดลงของ NO_3^- จากการนำปุ๋ยอินทรีย์มาหมักน้ำในสภาพการหมักแบบมีอากาศ และไม่มีอากาศ อาจเป็นเพราะเกิดการสูญเสีย NO_3^- ในรูปของ N_2 จากกระบวนการ Denitrification

4.2.2 การทดลองที่ 2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในระบบน้ำหยดที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill)

1. คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง

คุณสมบัติของดินแสดงในตารางที่ 15 โดยดินที่ใช้จัดเป็นเนื้อดินร่วนเหนียวปนทรายเป็นชุดดินจัตุรัสที่ (Chatturat soil series:Ct, Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs) มีค่า pH 6.53 EC 0.25 dS/m ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ (1.18 %) available P (14.12 mg kg^{-1}) มีค่าปานกลาง exchangeable K (59.1 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ exchangeable Ca (830 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ exchangeable Mg (76.10 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ available Fe (10.22 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ available Mn 7.65 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ available Cu (0.19 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ available Zn (0.52 mg kg^{-1}) มีค่าต่ำ โดยในภาพรวมจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ตารางที่ 15 คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกมะเขือเทศ

คุณสมบัติของดิน		ค่าวิเคราะห์	ค่าที่เหมาะสม (Jones, 2008)
pH		6.53	6.5-7.5
EC	(dS/m)	0.25	-
Organic matter	(mg kg^{-1})	1.18	-
available P	(mg kg^{-1})	14.12	60-70
exchangeable K	(mg kg^{-1})	59.10	60-700
exchangeable Ca	(mg kg^{-1})	830	1,000
exchangeable Mg	(mg kg^{-1})	76.10	350-700
available Fe	(mg kg^{-1})	10.22	-
available Mn	(mg kg^{-1})	7.65	5-20
available Cu	(mg kg^{-1})	0.19	-
available Zn	(mg kg^{-1})	0.52	-

2. การเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

ผลการใช้ปุ๋ยด้วยวิธีต่าง ๆ ให้ผลการเจริญเติบโตทางความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ลำต้น เปอร์เซ็นต์การรับแสง และน้ำหนักแห้งต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เติมธาตุอาหารพืชส่งผลให้ความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น เปอร์เซ็นต์การรับแสง และน้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุดคือ 107 ซม. 9.13 ซม. 67.1% และ112 กรัม/ต้น ตามลำดับ สูงกว่าการให้ปุ๋ยวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยเคมี ส่วนในการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอย่างเดียวกลับทำให้การเจริญเติบโตดังกล่าวต่ำที่สุดคือ ความสูง 93 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 7.95 ซม. เปอร์เซ็นต์การรับแสง 52.2% และน้ำหนักแห้งต้น 106 กรัม/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	เปอร์เซ็นต์การรับแสง (LI)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)
T1 ปุ๋ยเคมี	107a	9.05a	65.8a	111a
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	93c	7.95b	52.2c	106b
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1) N	100b	8.18b	60.7b	107b
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	107a	9.13a	67.1a	112a
CV (%)	3.29	3.15	3.89	7.07

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ผลผลิตของมะเขือเทศ

จากการให้ปุ๋ยด้วยวิธีต่าง ๆ ผ่านทางระบบน้ำ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืชให้ได้ตามค่าวิเคราะห์ดินมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตสูงที่สุดคือ 71.7 กรัม และ 7,875 กิโลกรัม/ไร่ และการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอย่างเดียวทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตต่ำที่สุดคือ 64.5 กรัม และ 6,484 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอย่างเดียวทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตต่ำที่สุด อาจเนื่องจากการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียวนั้น มีสัดส่วนและปริมาณธาตุอาหาร N, P และ K ที่แตกต่างจากความต้องการของมะเขือเทศมากสุด (ตารางที่ 17) โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหาร P และ K ที่มะเขือเทศได้รับ จะสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งการที่มะเขือเทศได้รับ K ในปริมาณมาก ๆ จะไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผล แต่หากมะเขือเทศได้รับ P ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้มะเขือเทศสามารถใช้ธาตุอาหารพืชตัวอื่น ๆ ได้น้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Mn และ Fe นอกจากนี้แล้วเมื่อมีการให้ P ในดินในปริมาณมาก ๆ ก็จะไปขัดขวางการดูด Fe, B และ Zn ที่ราก การเคลื่อนย้ายจากรากสู่ส่วนเหนือดิน ตลอดจนการเข้าสู่กระบวนการเมแทบอลิซึม ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศที่ลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552)

ตารางที่ 17 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตของมะเขือเทศ

กรรมวิธี	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ผลผลิต(กก./ไร่)
T1 ปุ๋ยเคมี	71.0a	7,632ab
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	64.5b	6,484b
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	68.3ab	7,330ab
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	71.7a	7,875a
CV (%)	2.35	8.55

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. คุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลผลิต พบว่าการใช้ปุ๋ยด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ผ่านทางระบบน้ำไม่มีผลต่อค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) และความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศ (ตารางที่ 18) แต่มีแนวโน้มพบว่ากรรมวิธีที่มีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำร่วมด้วยจะมีความแน่นเนื้อสูงกว่ากรรมวิธีให้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องจากในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะมีปริมาณ K สูง ซึ่งปริมาณของ K จะมีผลต่อความแน่นเนื้อของผล และหากไม่มีสมดุล N และ K ก็จะทำให้ความแน่นเนื้อของผลน้อยลง (Jones, 2008) นอกจากนี้พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณกรดของผลมะเขือเทศมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียว มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำของผลมะเขือเทศสูงที่สุดคือ 4.3°Brix ทั้งนี้อาจเนื่องจากสัดส่วน K ที่สูงกว่าทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของภาณุมาศ โคตรพงศ์ และคณะ (2546) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ N และ K เพิ่มขึ้น เพราะปริมาณของ K ที่เพิ่มขึ้นไปช่วยส่งเสริมกระบวนการเคลื่อนย้ายกลูโคสในโฟลเอ็มของต้นไปยังผล (ยงยุทธ โอสถสภา, 2552) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำของผลที่สูงนี้ จะมีค่าใกล้เคียงกับข้อกำหนดสำหรับมะเขือเทศอุตสาหกรรม (≥ 5°Brix) ในระยะผลสุกแดง (บุญส่ง เอกพงษ์, 2557) จึงจัดได้ว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียวอาจช่วยเพิ่มคุณภาพของมะเขือเทศให้สามารถใช้ในอุตสาหกรรมได้เร็วขึ้น ส่วนมะเขือเทศบริโภคผลโต จะมีการบริโภคทั้งในรูปสลัดผักและใช้เป็นองค์ประกอบในอาหาร จึงยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจน ส่วนใหญ่จะคัดจากขนาดผลใหญ่ และในการวัดปริมาณกรดในทุกกรรมวิธี พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำทุก ๆ กรรมวิธีจะมีปริมาณกรดในผลไม่แตกต่างกัน แต่มากกว่ากรรมวิธีให้ปุ๋ยเคมีอย่าง

เดียว ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณ K ที่มากในปุ๋ยอินทรีย์น้ำทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น (ภาณุมาศ โคตรพงศ์และคณะ, 2546)

ตารางที่ 18 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศ

กรรมวิธี	ค่าสี			ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ของแข็งที่ละลายในน้ำ (^{0}Brix)	ปริมาณกรด (%)
	L*	a*	b*			
T1 ปุ๋ยเคมี	51.4	21.0	26.6	8.98	4.0c	0.43c
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	51.6	20.6	26.9	9.71	4.3a	0.49a
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	50.7	21.4	26.0	9.53	4.1b	0.49a
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	52.1	19.0	26.2	9.48	4.0c	0.47ab
CV (%)	4.31	10.89	2.01	6.63	1.96	5.12

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMR

5. ปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ N, P และ K ในใบมะเขือเทศ พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำไม่ส่งผลต่อปริมาณ N ในใบ แต่ส่งผลให้มีปริมาณ P และ K ในใบแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 19) โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียวมีปริมาณ P และ K ในใบสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียวจะมีสัดส่วน K สูงที่สุด อีกทั้งช่วงที่ปลูกมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างวันเหมาะสมต่อการดูดธาตุอาหาร (NH_4^+, NO_3^-, P และ K) ของรากมะเขือเทศ (Jones, 2008) จึงทำให้มีการดูด K สะสมไว้สูงที่สุดเช่นกัน และสาเหตุที่มีปริมาณ N ในใบที่ต่ำกว่าระดับ N ที่เพียงพอสำหรับมะเขือเทศ อาจเนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่ระหว่างการพัฒนาผล การดูด N จึงชะลอตัว และ N ก็จะถูกเคลื่อนย้ายจากกิ่งก้าน (vine) ในปริมาณมากเพื่อไปส่งเสริมการเจริญของผล (Hartz, 2008) และถึงแม้วิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงอย่างเดียวจะมีปริมาณ K ที่ให้กับมะเขือเทศที่สูง และมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ก็ไม่ทำให้มะเขือเทศแสดงอาการผิดปกติจาก K

ตารางที่ 19 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศ

กรรมวิธี	ปริมาณธาตุอาหารในใบ (%)		
	N	**P**	**K**
T1 ปุ๋ยเคมี	4.03	0.38b	3.40bc
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	4.10	0.49a	3.65a
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	3.96	0.38b	3.49b
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	4.01	0.39b	3.34c
CV (%)	4.63	8.09	3.21
ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในใบมะเขือเทศ	4.6	0.3	3.3

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

6. คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่าไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณ available P แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีปริมาณ exchangeable K ในดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพราะการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะให้ P และ K แก่มะเขือเทศในสัดส่วนที่สูงกว่า (ตารางที่ 20) และเมื่อมะเขือเทศดูดใช้ไม่หมดจึงเกิดการสะสมในดิน แต่การที่ปริมาณ available P ไม่สูงขึ้น อาจเป็นเพราะว่ามีการเปลี่ยนไปอยู่ในรูป unavailable P จากการตรึงของแร่ดินเหนียวหรือทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ เช่น Fe, Al และ Mn แล้วตกตะกอนเป็น Fe, Al และ Mn-phosphate ที่เป็นสารประกอบไม่ละลายน้ำ (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการให้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวกับการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช ซึ่งได้รับสัดส่วน และปริมาณ N, P และ K เท่ากัน กลับพบว่าวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืชมีปริมาณ P และ K ตกค้างในดินมากกว่าการให้ปุ๋ยเคมี อาจเนื่องมาจากการให้ธาตุอาหารของวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำนั้นจะคำนวณให้เฉพาะในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังมีธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกปลดปล่อยมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งอาจถูกย่อยสลายในภายหลังจากการให้ปุ๋ย จึงทำให้พบ P และ K ตกค้างในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

ตารางที่ 20 ผลของวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อคุณสมบัติของดินหลังปลูกมะเขือเทศ

กรรมวิธี	pH	EC (dS/m)	OM (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})
ดินก่อนการทดลอง	6.53	0.25	1.18	14.1	59.1
T1 ปุ๋ยเคมี	6.38	0.30	1.08	27.4	63.6c
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	6.37	0.31	1.09	32.4	98.8a
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	6.55	0.31	1.10	30.9	96.1a
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	6.45	0.31	1.08	29.9	74.4a
CV (%)	2.86	6.13	9.02	15.4	12.7

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMR

7. ต้นทุนของวิธีการให้ปุ๋ยสำหรับการปลูกมะเขือเทศในระบบน้ำหยด

จากการคำนวณต้นทุนการให้ปุ๋ย พบว่าการให้ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีมีต้นทุนการให้ปุ๋ยในการปลูกมะเขือเทศที่แตกต่างกันคือ การให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอย่างเดียวจะให้ต้นทุนสูงที่สุด คือ 2,125 บาท/ไร่ และต่ำที่สุดในกรรมวิธีของการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช คือ 1,272 บาท/ไร่ (ตารางที่ 21) ซึ่งกรรมวิธีนี้มีต้นทุนการให้ปุ๋ยต่ำกว่าการให้ปุ๋ยเคมี อีกทั้งยังให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตสูงที่สุดดังตารางที่ 13 ดังนั้นในการนำปุ๋ยอินทรีย์น้ำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตนั้น ไม่ควรนำปุ๋ยอินทรีย์น้ำมาใช้เดี่ยว ๆ แต่ต้องนำมาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และวิธีการที่ให้ผลต่างระหว่างต้นทุนการให้ปุ๋ยและมูลค่าผลผลิตสูงที่สุด คือกรรมวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช ดังนั้นวิธีการนี้จึงอาจเป็นทางเลือกให้เกษตรกรในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง อีกทั้งยังสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศทั้งในการบริโภคผลสดและทำซอสมะเขือเทศอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 21 แสดงต้นทุนในวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ต้นทุนการให้ปุ๋ย	สูตร 12-60-0 (บาท)	สูตร 46-0-0 (บาท)	สูตร 0-0-60 (บาท)	มูลไก่ (บาท)	รำข้าว (บาท)	กากน้ำตาล (บาท)	รวมต้นทุน	ผลผลิต	มูลค่า	ผลต่าง
T1 ปุ๋ยเคมี	800	838	560	-	-	-	1,988	7,632	61,056	53,424
T2 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ	-	-	-	625	1,458	42	2,125	6,484	51,872	45,388
T3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ+เคมี (1:1)N	401	419	280	313	729	21	2,057	7,330	58,640	51,310
T4 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช	0	568	0	238	556	16	1,272	7,875	63,000	55,125

หมายเหตุ: ปุ๋ยเคมี สูตร 12-60-0 ราคา 60 บาท/กก. สูตร 46-0-0 ราคา 14 บาท/กก. สูตร 0-0-60 ราคา 19 บาท/กก. มูลไก่ ราคา 0.5 บาท/กก. รำข้าว ราคา 3.5 บาท/กก. และผลผลิตมะเขือเทศ ราคา 8 บาท/กก.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยทางระบบน้ำ และการพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำหรับการผลิตมะเขือเทศในระบบน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยมีการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศดีกว่า และพบว่าการกระจายตัวของรากและธาตุอาหารพืชดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยวิธีให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะมีความหนาแน่นรากรวม รากขนาดเล็กและรากขนาดกลาง มากกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ส่วนรากขนาดใหญ่กลับพบว่าการให้ปุ๋ยทางดินมีความหนาแน่นรากมากกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำจะทำให้ธาตุอาหารพืชในดินมีการกระจายตัวทางด้านข้าง และด้านล่างดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน

2) การหมักปุ๋ยทั้ง 2 วิธีการ คือ หมักวัสดุสดและหมักวัสดุที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อน จะทำให้ได้ปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกัน แต่ระยะเวลาการหมักจากวัสดุที่ผ่านกระบวนการหมักแห้งมาก่อนจะเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักจากวัสดุสดโดยตรง และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่หมักวัสดุสดจะมีสัดส่วนของธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกับความต้องการของมะเขือเทศมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยที่ได้จากทั้ง 2 กรรมวิธีก็อาจสามารถนำมาปรับใช้ในการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำได้ ทั้งนี้การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น ระยะเวลาการหมักหรือ ความสะดวกในการหมักปุ๋ย และสัดส่วนธาตุอาหารที่พืชต้องการ

3) การให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืชผ่านทางระบบน้ำ ทำให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว แต่มีแนวโน้มที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สำหรับคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ (ความแน่นเนื้อ ของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณกรดของผล) พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีแนวโน้มดีกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

4) การให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารพืช เป็นวิธีที่มีต้นทุนการให้ปุ๋ยต่ำกว่าการให้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และยังเป็นวิธีการที่ให้ผลผลิต และคุณภาพสูง ดังนั้นวิธีการให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเติมธาตุอาหารที่ขาด จึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง

รายการอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2547). **ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1)**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 51 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. (2549). **คู่มือปุ๋ยอินทรีย์**. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 162 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. (2548). **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ.

ชุติมณฑน์ ชูพุดซา. (2553). ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*). **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**. 73 หน้า.

ดนัย วรรณวนิช. (2552). **การใช้สารอินทรีย์ทดแทนสารเคมีในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำตื้น**. [ออนไลน์]. http://www.research.rmutt.ac.th/archives/3459 เมื่อ 20 ส.ค. 55.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งสกุล, นาวี จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. (2545). **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. ว.เคหการเกษตร. 470 หน้า.

ดิเรก ทองอร่าม. (2547). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 724 หน้า.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. (2550). **คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่ธรรมชาติของดินและปุ๋ย**. โครงการรวมพลังพลิกฟื้นผืนดินเกษตรไทย. กรุงเทพฯ. 22 หน้า.

นิพนธ์ ไชยมงคล. (2526). **มะเขือเทศ**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

บุญส่ง เอกพงษ์. (2557). **มะเขือเทศอุตสาหกรรมลูกผสมเปิดพันธุ์ใหม่ UBU 406**. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16(1): 76-82.

ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน. (2553). **การผลิตพริกหวานปลอดสารพิษโดยใช้น้ำสกัดทางชีวภาพในระบบไฮโดรโปนิกส์เพื่อทดแทนการใช้สารละลายปุ๋ยเคมีของเกษตรกรตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่.** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.research.cmru.ac.th/ris/resout/arc/O-NRCT-5-4-52.pdf เมื่อ 20 พ.ย. 54.

ภาณุมาศ โคตรพงศ์, ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อรุณศิริ กำลัง และจันทร์จรัส วีรสาร. (2546). ผลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41** (หน้า 197-203). กรุงเทพฯ: สาขาพืช สาขาส่งเสริม และนิเทศศาสตร์เกษตร.

มงคล ตั๊ะอุ่น. (2549). **การประยุกต์ใช้น้ำสกัดชีวภาพเพื่อการเกษตร**. ว.ศูนย์บริการวิชาการ, 14:20-25.

มนตรี ค้ำชู. (2538). **หลักการชลประทานแบบหยด.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2552). **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 529 หน้า.

ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์. (2548). ผลของสารอินทรีย์สกัดและสารสกัดจากดินร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คในการ ปลูกพืชแบบไร้ดิน. **วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 176 หน้า.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. (2552). **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 261 หน้า.

วิเชียรฝอยพิกุล. (2536). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิชาวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. (2538). **การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับหญ้ากินนีที่ปลูกบนดินกำแพงแสน**. ว.เกษตรศาสตร์. 29: 182-192.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2538). **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 หน้า.

สมบูรณ์ มั่นความดี. (ม.ป.ป.). **ความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ พืช**. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา ด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน. 31 หน้า.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2537). **การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 200 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. (2555). **ข้อมูลสถิติการเกษตร**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th-/main.php?filename=journal_all เมื่อ 11 พ.ย.55.

สุดชล วุ้นประเสริฐ. (2552). **การวิเคราะห์ดินและพืช**. เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 312551 การวิเคราะห์ดินและพืช. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 102 หน้า.

สุมิตรา จันไทย. (2555). ผลของความถี่ของการให้น้ำ ปุ๋ยทางระบบน้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการผลิตมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) ในระบบน้ำหยด. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**. 70 หน้า.

สุรชัย พัฒนพิบูล. (2546). ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักบางชนิดในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 113 หน้า.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. (2551). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 253 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2550). การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ. **เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. 26 หน้า.

Adiku, S.G.K., Ozier-Lafontaine, H., Bajazet, T. (2001). Patterns of root growth and water uptake of a maize–cowpea mixture grown under greenhouse conditions. **Plant Soil.** 235: 85–94.

Asher, C., Greendon, N. and Menzies, N. (2002). **How to unravel and sole fertility problems**. CIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Monograph No. 83, Canberra, Australia.

Badr, M.A., Abou Hussein, S.D. and EI-Tohamy, W.A. (2010). Nutrient uptake and yield of tomato under various method of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands. **Gesunde Pflanzen. J.** 62: 11-19.

Bar-Yosef, B. and Sagiv, B. (1982). Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system. **I. Nitrogen. Agron. J**. 74: 633-639.

Black, C.A. (1965). **Method of soil analysis In: the series Agronomy American Society of Agronomy Inc**, Medison, Wisconsin, USA.

Bremner, J.B. (1996). Nitrogen-total In: Methods of soil analysis. Part 3. **Chemical methods-SSSA book series on 5**. Chapter 37: 1085-1121.

Clark, G.A., Stanley, C.D., Maynard, D.N., Hochmuth, G.J., Hanlon, E.A. and Haman, D.Z. (1991). Water and fertilizer management of microirrigated fresh market tomatoes. **Am. Soc. Agr. Engin**. 34: 429-435.

Craswell, E.T., Vlek, P.L.G. (1978). Fate of fertilizer nitrogen applied to wetland rice. In **Nitrogen and rice, Symposium proceedings** (pp. 175-193). Manila, Philippines: International Rice Research Institute.

Dumas, y., Damado, M., Lucca, G.D. and Grolier, P. (2003). effect of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **J. Sci. Food Agr**. 83: 369-382.

Elmstrom, G.W., Locascio, S.J., and Myer, J.M. (1981). Watermelon response to drip and sprinkler irrigation. **Proc. Fla. State Hort. Soc**. 94: 161-163.

Gardenas, A., Hopmans, J.W., Hanson, B.R. and Simunek, J. (2005). Two-dimensional modeling of nitrate leaching for difference fertigation strategies under micro-irrigation. **Agric. Water. Manage.** 74: 219-249.

Graetz, D.A., Fiskell, J.G.A., Locascio, S.J., Zur, B. and Meyers, J.M. (1978). Chloride and bromide movement with trickle irrigation of bell peppers. **Proc. Fla. State Hort. Soc**. 91: 319-322.

Harland, G. and Larrinua, S. (2009). **The Tomato**. A guide to the pleasures of choosing, growing and cooking. London.

Hartz, T. (2008). Efficient fertigation management for drip-irrigated processing tomatoes. **UCCE Vegetable Notes Fresno, Tulare and Kings Counties**. 4: 2-3.

Hartz, T.K. and Hanson, B. (2009). Drip irrigation and fertigation management of processing tomato. **University of California Vegetable Research and Information Center.**

Hebbar, S.S., Ramachandrappa, B.K., Nanjappa, H.V. and Prabhakar, M. (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **J. Europ Agronomy**. 21: 117-127.

Hesse, P.R. (1971). Total elemental analysis and some trace elements. **A test book of soil chemical analysis**. pp. 371-475.

Hochmuth, G. J. (1992). Fertilizer Management for Drip-irrigated Vegetables in Florida. **Hort Technol**., 2(1): 27-32.

Huett, D.O., Maier, L.N.A., Sparrow, A. and Piggott, T.J. (1997). Vegetable crop, pp. 383-461. *In:*Plant Analysis: an interpretation Manual (D.J. Reuter and J.B. Robinson eds.) Inkata Press, Melbourne.

Ibrahim, A. (1992). Fertilization and irrigation management for tomato production under arid conditions. **Egyptian J. Soil Sci**. 32: 81-96.

Jones, J.B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. **CRC Press LLC**, Boca Raton, Florida.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Jones, J.B. (2008). **Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden**. printed in the United States of America on acid-free paper.

Jones, J.B., Jones, R.E.S. and Zitter, T.A. (1991). Compendium of Tomato Diseases. APS Press, Saint Paul, Minnesota, USA.

Lara, D., Adjanohoun, A. and Ruiz, J. (1996). Response of tomatoes sown in the non-optimal season to fertigation on a compacted red ferralitic soil. **Cultivar Tropicales.** 17: 8-9.

Locascio, S.J., Myers, J.M. and Kostewicz, S.R. (1981). Quantity and rate of water application for drip irrigated tomatoes. **Pro. Fla. State Hort. Soc**. 91: 163-166.

Locascio, S.J., Olson, S.M., Rhoads, F.M., Stanley, C.D. and Csizinszky, A.A. (1985). Water and fertilizer timing for trickle-irrigated tomatoes. **Proc. Fla. State Hort. Soc**. 98: 237-239.

Locascio, S.J., Hochmuth, G., Rhoads, F.M., Olson, S.M., Smajstrla, A.G. and Hanlon, E.A. (1997). Nitrogen and potassium application scheduling effect on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. **J. Hort. Sci**. 32: 230-235.

Mahmood, T., Ur Rehman, S.M., Cheema, U.I. and Bangash, N. (2010). Biosynthesis of enzyme ionic plasma for wastewater treatment using fruit and vegetable waste. **Int. j. agric. biol**., 12(2): 194-198.

Malik, R.S., Kumar, K. and Bhandari, A.R. (1994). Effect of urea application through drip irrigation system on nitrate distribution in loamy sand soils and pea yield. **J. Indian Soc. Soil Sci.** 42: 6-10.

Martin, J.H.Jr., Loehr, R.C. and Pilbeam, T.E. (1983). Animal manures as feedstuffs: nutrient characteristics. **Agricultural Wastes**, 6: 131-166.

Nelson, P.V. (1991). **Greenhouse operation and manament**. 4th ed Engewood Cliffs, N.J. Prentice Hall.

Oliveira, M.R.G., Calado, A.M. and Portas, C.A.M. (1996). Tomato root distribution under drip irrigation. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**., 121(4): 644-648 .

Ozier-Lafontaine, H., Lecompte, F., Sillon, J.F. (1999). Fractal analysis of the root architecture of Gliricidia sepium for the spatial prediction of root branching, size and mass: model development and evaluation in agroforestry. **Plant Soil**. 209: 167-179.

Papadopoulos, I. and Ristimaki, L. (1998). Nitrogen and phosphorus fertigation of tomato and eggplant. **In Proc**. of the HIS. Belgium, 2-9 Aug., 1998.

Papadopoulos, I., Ristimaki, L. and Sonneveld, C. (2000). Nitrogen and phosphorous fertigation of tomato and eggplant. **Acta Hort**. 511: 73-79.

Peraud, N., Locascio, S.J. and Geraldson, C.M. (1977). Influence of fertilizer rate and placement and irrigation method on plant nutrient status, soil soluble salt and root distribution of mulched tomatoes. **Soil and Crop Sci. Soc. Fla**. 36: 122-125.

Persaud, N., Locascio, S.J. and Geraldson, C.M. (1976). Effect of rate and placement of nitrogen and potassium on yield of mulched tomato using different irrigation methods. **Proc. Fla. State Hort. Soc**. 89: 135-138.

Price, M.L. and Nathan, D. (1984). Chicken Manure Tea: Research Report. USA [On-line]. Available : http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.echocommunity.org%2Fresource%2Fcollection%2FE66CDFDB-0A0D-4DDE-8AB1-74D9D8C3EDD4%2FChicken_ManureTea.pdf&ei=uKmCUYnkD4OsrAehoHABQ&usg=AFQjCNFPVMrvRNawzI5-pPNhwQcNH5m0R3g&sig2=ecKwueGPdOsJOt4z2oZ_rQ&bvm=bv.45960087,d.bmk.

Qureshi, M.E., Wegener, M.K., Harrison, S.R. and Bristow, K.L. (2001). Economic evaluation of alternative irrigation systems for sugarcane in the Burdekin delta innorth Queensland, Australia, In: Water Resource Management,Eds: C.A. Brebbia, K. Anagnostopoulos, K. Katsifarakis and A.H.D. Cheng, **WIT Press**, Boston. pp. 47-57.

Rauschkolb, R.S., Rolston, D.E., Miller, R.J., Carlton, A.B. and Burau, R.G. (1976). Phosphorus fertilization with drip irrigation. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 40: 68-72.

Sapir, E. and Eliezer, Y. (1995). **Drip Irrigation**. Israel Ministry of Agriculture. 61 p.

Shedeed, S.I., Zaghloul, S.M. and Yassen, A.A. (2009). Effect of method and rate of fertilizer application under drip irrigation on yield and nutrient uptake by tomato. **Ozean J. Appl. Sci**. 2: 139-147.

Singh, M., Gumber, R.K., Brar, A.S., and Siag, M. (2007). Efficacy of fertilizer application in cotton under drip and flood irrigation system. Punjab Agricultural University[Online]. Available: http://wcrc.confex.com/wcrc/2007/techprogram/P1238.HTM.

Styer, R.C. and Koranski, D.S. (1997). **Plug and Transplant Production a Grower's Guide**. Ball publishing, United States of America.

Sweeney, D.W., Graetz, D.A., Bottcher, A.B., Locascio, S.J. and Campbell, K.L. (1987). Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. **Hort Sci**. 22: 27-29.

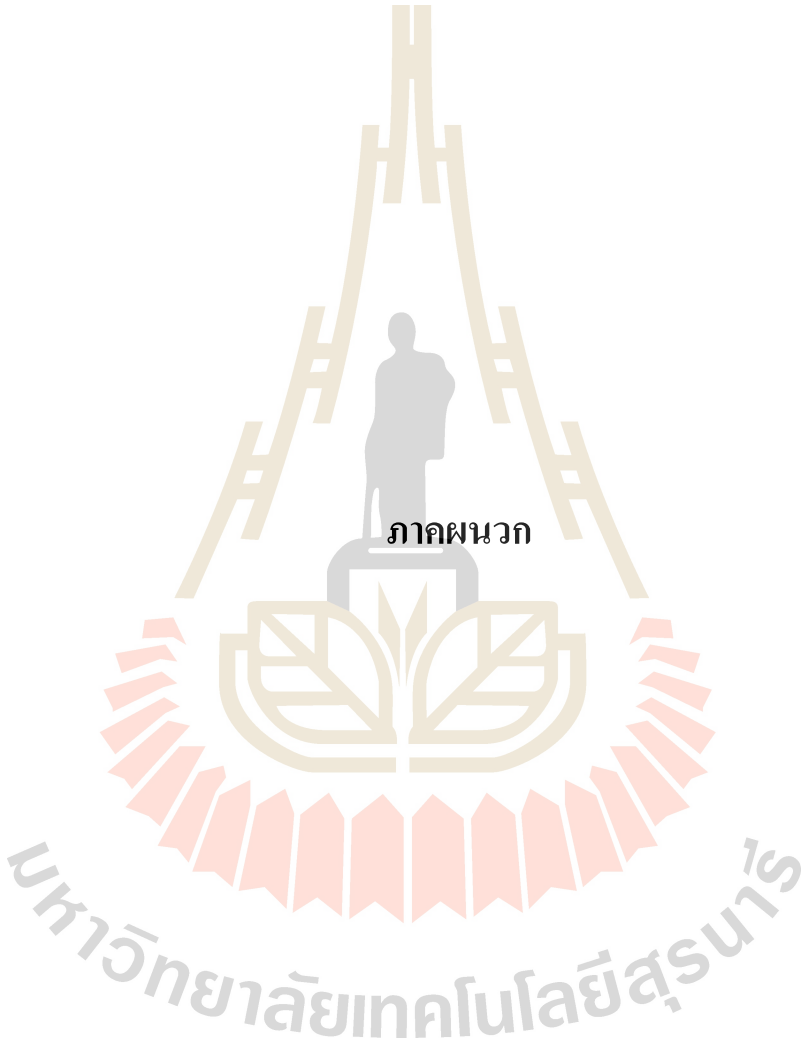
Tani, M., Sakamoto, N., Kishimoto, T., and Umetsu, K. (2006). Utilization of anaerobically digested slurry combined with other waste following application to agricultural land. **Int. Congr**. **Ser**. 1293: 331-334 pp.

Taylor, M.D. and Locascio, S.J. (2004). Blomssom-end rot: a calcium deficiency. **J. Plant Nutr**., 27(1): 123-139.

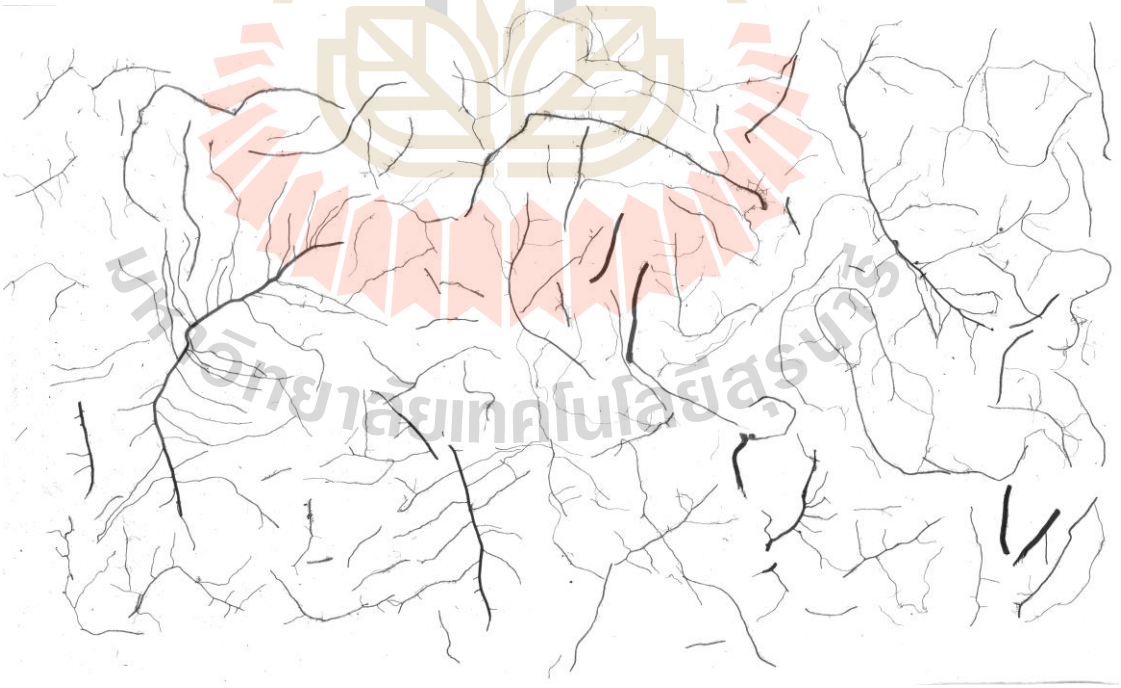
Zhang, R., El-Mashad, H.M., Hartman, K., Wang, F., Liu, G., Choate, C. and Gamble, P. (2007). Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. **Bioresour**. **Technol**. 98: 929-935.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก



รูปที่ 1 รากของมะเขือเทศก่อนการวัดความหนาแน่นราก



รูปที่ 2 รูปภาพการสแกนรากของมะเขือเทศเพื่อหาความหนาแน่นราก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3 สภาพแปลงทดลองที่ให้ปุ๋ยทางดิน

รูปที่ 4 สภาพแปลงทดลองที่ให้ปุ๋ยผ่านระบบน้ำหยด

รูปที่ 5 ผลผลิตมะเขือเทศ

รูปที่ 6 แสดงการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวยุวดี หริมเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2531 ที่อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา เริ่มศึกษาชั้นประถมปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนบ้านหนองตะเภา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนสุรธรรมพิทักษ์ จังหวัดนครราชสีมา และเมื่อปี พ.ศ.2553 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2554 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนจาก กวช. ระดับบัณฑิตศึกษา และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี