ผลของความถี่ของการให้น้ำ ปุ๋ยทางระบบน้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการผลิตมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) ในระบบน้ำหยด

นางสาวสุมิตรา จันไทย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

EFFECTS OF WATER APPLICATION FREQUENCY, FERTIGATION AND ORGANIC SOIL AMENDMENTS ON TOMATO (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION

Sumitra Chanthai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

ผลของความถี่ของการให้น้ำ ปุ๋ยทางระบบน้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการผลิตมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) ในระบบน้ำหยด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.รุจ มรกต)
ประธานกรรมการ

_____

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

_____

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.ธีรยุทธ เกิดไทย)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สุมิตรา จันไทย : ผลของความถี่ของการให้น้ำ ปุ๋ยทางระบบน้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการผลิตมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) ในระบบน้ำหยด (EFFECTS OF WATER APPLICATION FREQUENCY, FERTIGATION AND ORGANIC SOIL AMENDMENTS ON TOMATO (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ, 71 หน้า.

สภาพอากาศร้อน และแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ชักนำให้พืชมีปริมาณความต้องการใช้น้ำสูง จึงจำเป็นต้องให้น้ำในปริมาณที่มาก แต่ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อมีการให้น้ำในปริมาณที่มากกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจะเกิดการสูญเสียน้ำ และธาตุอาหารเกินกว่าระยะของเขตรากพืช ในสภาวะดังกล่าวต้องให้น้ำในปริมาณต่ำแต่ให้บ่อยครั้ง จึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองแรงงาน และสูญเสียน้ำจากการรั่วไหลจากระบบน้ำ การใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินอาจจะสามารถลดความถี่ของการให้น้ำได้ และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินให้สูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการทดลองในดินร่วนปนทราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด การใช้วัสดุปรับปรุงดิน และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ โดยมีการทดลอง 2 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และชนิดของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศ วางแผนการทดลองแบบ split splot ใน Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ วิธีการให้น้ำหยด มี 2 วิธี คือ 1) น้ำหยดบนผิวดิน และ 2) น้ำหยดใต้ดิน sub plot คือ ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน 4 ชนิด คือ 1) ขุยมะพร้าว 2) ขี้เถ้าแกลบ 3) ขี้เลื่อย และ 4) ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ผลการทดลองพบว่าวิธีการให้น้ำที่ต่างกัน (การให้น้ำหยดบนผิวดิน และใต้ดิน) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และคุณภาพผลผลิต แต่พบว่าการเจริญเติบโต ผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และคุณสมบัติของดินมีการตอบสนองต่อชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน โดยการใส่ขุยมะพร้าวส่งผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด แต่วัสดุปรับปรุงดินไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot ใน Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ จัด main plot แบบ combination treatment โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการให้ปุ๋ยมี 2 วิธี ได้แก่ 1) การให้ปุ๋ยทางดิน และ 2) การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณ และความถี่

ของการให้น้ำมี 3 ระดับ คือ 1) ให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช (ETc) 15 มม. 2) ให้น้ำที่ ETc 25 มม. และ 3) ให้น้ำที่ ETc 35 มม. และsub plot คือ การใส่วัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ ใส่ และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ขุยมะพร้าว) พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้ความสูง ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ความเข้มข้นของ N P และ K ในใบพืช มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน ส่วนการให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช 15 มม. ทำให้การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าที่ ETc 25 มม. และ 35 มม. ตามลำดับ และการใส่ขุยมะพร้าวส่งผลให้การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว เพราะสามารถเพิ่มความสามารถของการอุ้มน้ำของดิน และลดความหนาแน่นของดิน และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยพบว่าถ้าไม่มีการใช้วัสดุปรับปรุงดินความถี่ของการให้น้ำมีอิทธิพลอย่างมาก ต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศ แต่ถ้ามีการใส่วัสดุปรับปรุงดินอิทธิพลของความถี่ของการให้น้ำจะมีน้อยลง จึงสรุปได้ว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินสามารถลดความถี่ของการให้น้ำโดยไม่กระทบต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

SUMITRA CHANTHAI : EFFECTS OF WATER APPLICATION FREQUENCY, FERTIGATION AND ORGANIC SOIL AMENDMENTS ON TOMATO (*Lycopersicon esculuentum* Mill.) PRODUCTION UNDER DRIP IRRIGATION. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SODCHOL WONPRASAID, Ph.D., 71 PP.

TOMATO/CROP EVAPOTRANSPIRATION (ETc)/WATER HOLDING CAPACITY (WHC)/PLANT WATER REQUIRIMENT/SANDY SOIL

Hot and dry conditions in the Northeast of Thailand lead to high plant water requirement. To meet this requirement, high amount of water has to be applied. However, most soils in the Northeast have sandy textures with low water holding capacity (WHC). When the amount of water applied is greater than the soil WHC, there will be water and nutrient loss due to leaching. Under these conditions, low amount of water (less than soil WHC) has to be frequently applied, which may lead to higher labor cost and water loss from irrigation system. Organic soil amendments can improve the soil WHC and may then reduce the frequency of water application. In this study, two experiments were conducted in sandy loam soil with the objectives to investigate the effect of drip irrigation methods, water application frequency, organic soil amendments and fertigation on yield and quality of tomato. In Experiment 1, the experimental design was split plot in RCBD with 3 replications. The main plots included 2 methods of drip irrigation (surface and sub-surface drip irrigation). The sub plots consisted of 4 methods of organic soil amendments (coir dust, rice ash, sawdust and without organic soil amendments). The results showed that the effects of drip irrigation methods on plant growth, total yields, water use efficiency (WUE) and yields quality were not significantly different**.** Plant growth, total yields, WUE and

soil properties responded to soil amendments. Coir dust application gave the highest plant growth parameters, fruit yield and WUE, while sawdust application gave the lowest growth parameters, fruit yield and WUE. However, both factors had no effect on fruit quality. In Experiment 2, the effects of organic soil amendments, water application frequency, and fertigation on yield and yield quality of tomato were investigated. The experimental design was split plot in RCBD with 3 replications. The main plots were the combination treatments of 2 factors. Factor 1 was 2 fertilizer application methods (soil application and fertigation) and Factor 2 was 3 water application frequencies (at cumulative crop evapotranspiration (ETc) 15, 25 and 35 mm). The sub plots were with and without organic soil amendments (coir dust). The results showed that fertigation gave higher plant height, WUE, fertilizer use efficiency (FUE), concentration of N, P and K in plant leaves, and fruit yield, compared to solid fertilizer application. Water application at ETc 15 mm gave higher plant growth, WUE, FUE and yield than ETc 25 mm and 35 mm did. Coir dust incorporation resulted in greater plant growth, WUE, FUE and yield than the control because it could increase the available water holding capacity (AWHC), and decrease bulk density of the soil. There was an interaction between water application frequency and organic soil amendments on yield and WUE. Without organic soil amendments**,** a large effect of water application frequency on yield and WUE was found, but with organic soil amendments the effect was smaller. From the results of this experiment, it can be concluded that organic soil amendments could reduce the frequency of water application without any effect on tomato yield and WUE.

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2011 Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติพร มะชิโกวา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนวลปรางค์ อุทัยดา คุณสมยง พิมพ์พรม คุณสหรัฐ นภากาศ และคุณสุชาดา อุดมพร เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ คุณอุทัย พลแสงจันทร์ และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณ พี่น้องบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตแก่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มอบทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุมิตรา จันไทย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ 4

2.2 วัสดุปรับปรุงดิน 6

2.3 ความต้องการน้ำของพืช 10

2.4 การให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ 18

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและคุณภาพมะเขือเทศ 22

3.2 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ 24

4 ผลการการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 ผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต และคุณภาพมะเขือเทศ 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ 37
5 บทสรุป 51
รายการอ้างอิง 52
ภาคผนวก 61
ประวัติผู้เขียน 71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ หรือความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวถาวร 14

2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และใช้ไม่ได้ของดินแต่ละชนิด 15

3 ความต้องการน้ำของมะเขือเทศ 26

4 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ 26

5 คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกมะเขือเทศ 29

6 คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดิน 30

7 ผลของวิธีการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 33

8 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 33

9 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ และปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 35

10 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง 37

11 คุณสมบัติของดิน และขุยมะพร้าวสำหรับปลูกมะเขือเทศ 38

12 ความถี่ของการให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ให้ 38

13 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 42

14 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศ 45

15 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังปลูกมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 48
17 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกมะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ 50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช 16

2 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ต่อผลผลิตของมะเขือเทศ 43

3 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศ 46

4 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณน้ำ เมื่อมีการใช้แรงดันที่ต่างกัน 49

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

มะเขือเทศเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ที่จัดอยู่ในตระกูล Solanaceae เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมของประเทศไทย (ธำรง เครือชุมพล, 2551) ทั้งการบริโภคสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มะเขือเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด ชอบดินร่วนปนทรายอินทรียวัตถุมาก ระบายน้ำดี ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วง 6.0-6.8 และความชื้นของดินพอเหมาะต้องการแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตระหว่าง 21-25 องศาเซลเซียส ถ้าความชื้นของอากาศและอุณหภูมิสูง ความชื้นในดินต่ำจะทำให้ผลผลิตคุณภาพลดลงและทำให้เกิดโรค (ปรัชญา รัศมีธรรมรงศ์, 2551)

การปลูกมะเขือเทศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักประสบปัญหาในเรื่องน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มีน้อย การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ประกอบกับดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก ดังนั้นพืชมักจะประสบกับภาวการณ์ขาดแคลนน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามศักยภาพและขาดคุณภาพ โดยทั่วไปเกษตรกรจะปลูกมะเขือเทศในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง ทำให้มะเขือเทศมีปริมาณการใช้น้ำสูง จำเป็นต้องให้น้ำในปริมาณที่มาก และพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการให้น้ำตามผิวดิน ทำให้มีปริมาณการสูญเสียน้ำมาก ประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำ และส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการให้น้ำจึงมีความจำเป็นต้องใช้วิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ และใช้น้ำในปริมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด โดยการให้น้ำแบบประหยัด (Micro irrigation) ซึ่งหมายถึง การให้น้ำในอัตราการไหลต่ำ ๆ และการกระจายตัวของน้ำอยู่ในวงจำกัด ทั้งความกว้าง และความลึก ครอบคลุมพื้นที่ราก 60-80% การให้น้ำแบบนี้ช่วยลดการสูญเสียของน้ำจากการซึมลงลึกเกินระดับราก (percolation) การไหลบ่าไปตามผิวดิน (run off) และการระเหยจากผิวดิน (soil evaporation) นอกจากนี้การให้น้ำแบบประหยัดยังสามารถให้ปุ๋ยในระบบน้ำได้ ซึ่งการให้ปุ๋ยในระบบน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืช เพราะสามารถควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ยได้สม่ำเสมอ ให้ปุ๋ยตรงกับจุดที่พืชดูดใช้ได้ง่ายและควบคุมความชื้นได้เหมาะสม ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการสูญเสียไปกับการชะล้างน้อย ดังนั้นเทคนิคการให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำมักจะมีศักยภาพสูงสำหรับพืชที่ปลูกในเขตชลประทาน

ปัจจุบันยังไม่มีคำแนะนำที่เหมาะสม ถึงปริมาณการให้น้ำ ความถี่ของการให้น้ำที่เหมาะสมกับสภาพของดิน สภาพภูมิอากาศ ชนิด และอายุของพืช ซึ่งผลรวมของปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณการให้น้ำ และความถี่ของการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งในสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พืชจะมีปริมาณการใช้น้ำสูง จำเป็นต้องให้น้ำในปริมาณที่มาก แต่ในดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีการอุ้มน้ำน้อย ดังนั้นการให้น้ำในแต่ละครั้งถ้าเกินความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จะเกิดการสูญเสียน้ำจากการซึมผ่านลึกลงเกินกว่าระดับของรากพืช นอกจากสูญเสียน้ำยังสูญเสียธาตุอาหารพืชที่ให้ร่วมกับน้ำ ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นต้องให้น้ำแก่พืชบ่อยครั้งในปริมาณที่ไม่เกินความสามารถของดินที่จะดูดยึดไว้ (Water holding capacity) แต่การให้น้ำถี่เกินไปเป็นการสิ้นเปลืองทั้งแรงงาน และสูญเสียน้ำจากการรั่วไหลจากระบบน้ำ หรือระเหยจากผิวดิน การแก้ไขอาจทำได้โดยใส่วัสดุปรับปรุงดินที่เป็นสารอินทรีย์ลงไปในดิน เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือเศษเหลือจากพืช อินทรียวัตถุเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ในดิน และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้การอุ้มน้ำดีขึ้น การระบายน้ำ และอากาศดีขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527)

นอกจากปัญหาเรื่องน้ำ การให้ปุ๋ยทางดินในดินที่มีการอุ้มน้ำ และธาตุอาหารต่ำมักมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยต่ำ การแก้ไขสามารถทำได้โดยการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ เพราะสามารถกระจายการให้ปุ๋ยได้หลายครั้ง ซึ่งช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้าง และการตรึงของอนุภาคดิน โดยจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงขึ้น การให้ปุ๋ยทางน้ำโดยทั่วไปให้ตามคำแนะนำของบริษัทขายปุ๋ย ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีอยู่ ส่งผลให้การให้ธาตุอาหารบางตัวอาจเกินความต้องการของพืช ทำให้สิ้นเปลืองค่าปุ๋ย และมีผลตกค้างในดิน ทำให้ดินเค็ม หรือเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ส่งผลให้การผลิตไม่มีความยั่งยืน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลของการให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศโดยมุ่งประเด็นการหาปริมาณความถี่การให้น้ำ การแก้ไขการสูญเสียน้ำ และหาอัตราการให้ปุ๋ยในระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดินโดยทดสอบกับมะเขือเทศ ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชผักอายุยาว และมีผลตอบแทนที่สูง เพื่อใช้เป็นข้อมูล และแหล่งความรู้ในเรื่องของการใช้น้ำแบบประหยัด และการใช้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการให้น้ำแบบประหยัดต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

2. เพื่อศึกษาการใช้วัสดุปรับปรุงดิน และความถี่ของการให้น้ำ ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

3. เพื่อศึกษาผลของการให้ปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำต่อประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษา 2 การทดลองในสภาพแปลงในดินร่วนทราย คือการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำและการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ โดยพันธุ์มะเขือเทศที่ใช้คือเพอร์เฟกโกลด์ (ลูกท้อ) ซึ่งเป็นมะเขือเทศที่ใช้ทำซอสมะเขือเทศและเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงชนิดของวัสดุปรับปรุงดินที่เหมาะสม และวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมในการปลูกมะเขือเทศ

2. ทราบวิธีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่มีประสิทธิภาพ ความถี่ของการให้น้ำในการผลิตมะเขือเทศ และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแนะนำแก่เกษตรกรผู้ผลผลิตมะเขือเทศได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะเขือเทศ

มะเขือเทศ เป็นพืชในตระกูล Solanaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculuentum* Mill. จัดเป็นพืชล้มลุกอายุ 1 ปี ลำต้นตั้งตรงมีลักษณะเป็นพุ่ม มีขนอ่อนปกคลุม ใบเป็นใบประกอบออกสลับกัน ใบย่อยมีขนาดไม่เท่ากัน บางใบเล็กรียาว บางใบกลมใหญ่ ปลายใบแหลม ขอบใบเป็นหยักลึกคล้ายฟันเลื่อยมีขนอ่อน ๆ ออกดอกเป็นช่อ หรือดอกเดี่ยว บริเวณซอกใบ ดอกมีสีเหลือง มีกลีบเลี้ยงสีเขียวประมาณ 5-6 กลีบ ผลเป็นผลเดี่ยว มีขนาดรูปร่าง และสีต่างกัน ซึ่งมีขนาดเล็กประมาณ 3 ซม. จนถึงใหญ่ประมาณ 10 ซม. รูปร่างมีทั้งกลม กลมแบน หรือกลมรี ผิวนอกเป็นมัน ผลดิบมีสีเขียว หรือเขียวอมเทา เมื่อสุกจะมีสีเหลือง ส้ม หรือแดง ดังนั้นในผลมะเขือเทศจึงมีสารไลโคพีน (lycopene) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังมีวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินเอ และวิตามินซีโดยเฉพาะวิตามินเอ และวิตามินซี มีในปริมาณสูง มีกรดมาลิค กรดซิตริก ซึ่งให้รสเปรี้ยว และมีกลูตามิค (glutamic) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนช่วยเพิ่มรสชาติให้อาหาร และยังประกอบด้วยสารเบต้าแคโรทีน และแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นต้น โดยผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ช่วงแสง การจัดการน้ำ และธาตุอาหารในดิน ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์ (2551) พบว่า การปลูกมะเขือเทศที่อุณหภูมิแตกต่างกันจะทำให้ผลผลิต และคุณภาพแตกต่างกัน โดยผลผลิต และคุณภาพจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งในระยะติดผลอุณหภูมิที่เหมาะสม กลางวัน 26.5 ºC กลางคืน 15-20 ºC และนอกจากนี้อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อปริมาณ N ในพืช โดยในสภาพอุณหภูมิสูง สารประกอบ N จะเปลี่ยนรูปเป็น NO_3^- มากทำให้ปริมาณโปรตีน N ลดลงส่งผลให้พืชขาด N มีผลต่อการติดผล การพัฒนาของผล และการสังเคราะห์สารเคมีบางตัวในผลมะเขือเทศ

มะเขือเทศชอบดินร่วนที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วง 6.0-6.8 และความชื้นพอเหมาะ ต้องการแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต ระหว่าง 21-24 ºC (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, 2551)

การผลิต และการส่งออกมะเขือเทศ

แหล่งผลิตมะเขือเทศที่สำคัญคือจังหวัดนครราชสีมา หนองคาย สกลนคร เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) ในประเทศไทยปี 2553 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 39,250 ไร่

พื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 38,352 ไร่ โดยมีผลผลิตประมาณ 126,945 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 3,310 กก. ปริมาณการส่งออกมะเขือเทศในปี 2553 ประมาณ 6,550 ตัน คิดเป็นมูลค่า 241 ล้านบาท โดยแบ่งเป็นมะเขือเทศสดหรือแช่แข็ง 427 ตัน มูลค่า 10 ล้านบาท มะเขือเทศปรุงแต่ง 5,602 ตัน คิดเป็นมูลค่า 219 ล้านบาท และน้ำมะเขือเทศ 521 ตัน มูลค่า 11 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

ปัญหาการผลิตมะเขือเทศ

1. ดิน มะเขือเทศสามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนปนทรายอินทรียวัตถุมาก ระบายน้ำดี ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วง 6.0-6.8 (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, 2551) และความชื้นของดินพอเหมาะ แต่ในการปลูกมะเขือเทศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังประสบปัญหาในเรื่องดิน เนื่องจากดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย ซึ่งข้อจำกัดของดินทราย คือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (Shedeed, 2009) Locascio (2012) รายงานว่าดินเนื้อหยาบ (coarse-textured sand) มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพียง 8-15% โดยปริมาตร ขณะที่ดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินสูงถึง 40% โดยปริมาตร นอกจากนี้ ดินทรายยังมีปัญหาการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะ N ซึ่งจะถูกชะล้างลงใต้ดินได้ง่าย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำมีมากกว่าดินเหนียว แต่สามารถลดการสูญเสียได้โดยการแบ่งใส่ปุ๋ย N บ่อยครั้งหรือใช้ปุ๋ยละลายช้า หรือใส่วัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (cation exchange capacity, CEC) สูง เช่น แร่ดินเหนียว อินทรียวัตถุ เพื่อช่วยในการดูดซับ และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์แก่พืช ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน (soil organic matter) เป็นตัวบ่งบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะ N นอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินยังเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความร่วนซุย ความเสถียรของเม็ดดินต่อการทำลายโดยขบวนการของน้ำ การอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น และเป็นตัวชี้วัดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรในดินว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งดินโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนระหว่าง C:N ประมาณ 10:1 เราสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้หลายวิธี เช่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ประเภทปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด แต่ในประเทศเขตร้อนชื้นเป็นการยากที่จะยกระดับอินทรียวัตถุในดิน เพราะอินทรียวัตถุมีอัตราการสลายอย่างรวดเร็ว มีการชะล้างพังทลายสูงและที่สำคัญดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 80% จัดเป็นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่อินทรียวัตถุหรือวัสดุปรับปรุงดินจำนวนมากเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดิน และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

2. น้ำ การปลูกมะเขือเทศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสบปัญหาอากาศร้อน และแห้งแล้ง จึงทำให้มะเขือเทศมีความต้องการการใช้น้ำสูง แต่ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายจึงไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก ดังนั้นพืชมักขาดแคลนน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามศักยภาพของพืช โดยจากการทดลองของ Nuruddin et al. (2003) ทำการปลูก

มะเขือเทศที่มีปริมาณน้ำที่ระดับ 65 และ 80% ของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยทำการให้น้ำแก่มะเขือเทศ 5 วิธีคือ 1) ไม่ให้มะเขือเทศได้รับสภาพเครียดน้ำ 2) มะเขือเทศได้รับสภาพเครียดน้ำตั้งแต่ระยะเจริญเติบโตทางด้านลำต้น 3) มะเขือเทศได้รับสภาพเครียดน้ำตั้งแต่ระยะออกดอก 4) มะเขือเทศได้รับสภาพเครียดน้ำในช่วงติดผล และ5) มะเขือเทศได้รับสภาพเครียดน้ำเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกแก่ พบว่าที่ระดับ 65 และ 80% ของน้ำในดินที่พืชสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้ ไม่ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ แต่ต้นมะเขือเทศที่ได้รับสภาพเครียดน้ำตั้งแต่ระยะเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะมีปริมาณผลผลิตต่ำ และมีขนาดผลเล็ก ในขณะที่ต้นมะเขือเทศที่ได้รับสภาพเครียดน้ำตั้งแต่ระยะออกดอกจะมีผลขนาดใหญ่กว่าสภาพไม่เครียดน้ำ และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำ และมีผลสีแดงมากกว่าในสภาพเครียดอื่น ๆ เมื่อสุกแก่ และ Delfine et al. (2000) ทำการปลูกพริกในสภาวะขาดน้ำพบว่า น้ำหนักแห้งต้น ขนาดผล และผลผลิตรวมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดสภาวะเครียดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น นอกจากนี้ เมื่อเกิดสภาวะเครียดน้ำในช่วงติดดอกจะส่งผลให้น้ำหนักผลสด และจำนวนผลต่อต้นลดลง

3. ปุ๋ย เนื่องจากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทราย ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ดังนั้น การให้ปุ๋ยทางดินในดินที่มีการอุ้มน้ำและธาตุอาหารต่ำมักมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยต่ำ การแก้ไขปัญหาสามารถทำได้โดยการให้ปุ๋ยในระบบน้ำซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถกระจายการให้ปุ๋ยได้หลายครั้ง ดังนั้นจึงสามารถลดการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้าง และการตรึงของอนุภาคดิน จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงขึ้น

2.2 วัสดุปรับปรุงดิน

วัสดุปรับปรุงดิน คือวัสดุใดก็ตามที่ใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สภาพทางเคมี ทางกายภาพและชีวภาพของดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งอาจมีธาตุอาหารพืชปะปนอยู่ในวัสดุนั้นหรือไม่มีก็ได้ แต่วัตถุประสงค์การใช้วัสดุปรับปรุงดินจะไม่เน้นการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืช วัสดุปรับปรุงดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. วัสดุปรับปรุงสภาพทางเคมีของดิน ได้แก่ วัสดุที่ใช้ปรับปรุงสภาพความเป็นกรด–ด่าง และความเค็มของดิน ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม พืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติได้ หรือเจริญเติบโตไม่ถึงศักยภาพที่ควรจะเป็นสารที่ใช้ปรับปรุงสภาพทางเคมีของดิน เช่น ปูนขาว (lime)

2. วัสดุปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน ได้แก่ วัสดุที่ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านความโปร่ง ความร่วนซุยหรือความแน่นทึบของดิน ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทอากาศ การอุ้มน้ำของดิน และการรักษาความชื้นในดิน ซึ่งการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดินมีหลายชนิด เช่น การปรับปรุงการเกิดแผ่นแข็ง (crust) บนผิวหน้าดิน ซึ่งเป็นปัญหาต่อการปลูกพืชโดยพบมากในพื้นที่แถบแห้งแล้ง และกึ่งแห้งแล้ง มีผลกระทบต่อพืชโดยตรงคือเป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ด

และการแทงโผล่ของต้นกล้าออกมาพ้นผิวดิน ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการใช้วัสดุปรับปรุงดิน เพื่อลดปัญหาการเกิดแผ่นแข็งบนผิวหน้าดินคือ

2.1 เพิ่มความเสถียรของก้อนดินให้มีความคงทนไม่แตกยุ่ยง่ายเมื่อโดนเม็ดฝนหรือน้ำชลประทานตกกระแทก

2.2 ทำให้อนุภาคดินที่แขวนลอยในน้ำเกิดการฟุ้งกระจาย (dispersion) น้อยลง ทำให้อนุภาคดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคดินเหนียวเกิดการเกาะกันเป็นกลุ่มมวลดิน (flocculation) ทำให้เมื่อแห้งลงไม่เกิดการฉาบเคลือบผิวดินเป็นกลุ่มมวลดิน หรืออุดรูอากาศในดินบริเวณผิวดินโดยเฉพาะในดินเหนียว

วิธีการป้องกันหรือลดปัญหาการเกิดแผ่นแข็งบนผิวหน้าดินทำได้หลายวิธี เช่น การพรวนดิน การใช้วัสดุคลุมดิน และการใช้สารปรับปรุงดินไม่ว่าจะเป็นอินทรียวัตถุ สามารถแก้ไขปัญหาการเกิดแผ่นแข็งบนผิวดินได้ผลดี แต่ข้อจำกัดก็คือปัญหาการจัดหาเพื่อให้ได้มา และค่าใช้จ่ายในการใส่ เนื่องจากการขนส่ง และปริมาณการใช้ต้องใช้ปริมาณมาก ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติตามข้อจำกัด ดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านเทคนิค

วัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุดทางทฤษฎีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- เมื่อนำมาใช้จะมีคุณสมบัติรักษาอัตราส่วนของน้ำ และอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก อัตราส่วนของน้ำ : อากาศที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณ 50:50
- ต้องไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนาน ๆ
- ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ
- รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวกทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก
- ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืชเจือปนอยู่
- มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร
- มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดิน
- ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรค และแมลง
- อุ้มน้ำได้ดี

จากคุณสมบัติเหล่านี้ ยังไม่มีวัสดุปรับปรุงดินชนิดใดที่มีคุณสมบัติครบดังที่กล่าวมา บางครั้งอาจใช้วิธีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีแต่ละชนิดมาผสมกันเพื่อให้ได้วัสดุปรับปรุงดินที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น แต่ในงานทดลองนี้ไม่สามารถใช้วัสดุปรับปรุงดินแต่ละชนิดมาผสมกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติครบดังที่กล่าวมา เนื่องจากจะส่งผลให้ขนาดของการทดลองมีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้นจึงใช้หลักการในการเลือกวัสดุปรับปรุงดินตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ คือมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดี

2. ข้อจำกัดด้านราคา

- ราคาของวัสดุปรับปรุงดินที่นำมาใช้ และรวมถึงค่าขนส่ง
- ค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ เช่น วัสดุปรับปรุงดินบางชนิดต้องการที่เก็บที่ดี จึงต้องรวมค่าโรงเรือนในการเก็บรักษา ต้องพิจารณาถึงอายุการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการกำจัดโรคและแมลง เมื่อจะนำวัสดุมาใช้ (อิทธิสุนทร นันทกิจและคณะ, 2544) ซึ่งวัสดุปรับปรุงดินที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี ซึ่งได้แก่

ขุยมะพร้าว

1. แหล่งกำเนิด : จากโรงงานทำเบาะ และที่นอน
2. คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์
   - pH 6-7
   - คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ
   - คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง เมื่อขุยมะพร้าวผ่านขบวนการสลายตัว
   - ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ
   - ความพรุนสูง
   - มีความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้ แต่ใช้ระยะเวลานาน
3. ลักษณะการนำไปใช้ : ใช้ทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุปลูก
4. อายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง
5. ราคาถูก
6. ข้อดี
   - น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้
   - ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก
   - ราคาถูก
7. ข้อเสีย
   - อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่รากพืช
   - มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้ และเกิดการอัดตัวแน่นหลังการย่อยสลาย
   - ยากในการกำจัดโรคและแมลง
   - ปัจจุบันประเทศศรีลังกาได้มีการผลิตขุยมะพร้าวอัดเป็นแท่งวัสดุปลูกออกจำหน่ายไปต่างประเทศเพื่อใช้ปลูกมะเขือเทศ แตงกวา ฯลฯ จากการศึกษาของ Lal et al. (2002) พบว่า การใส่ขุยมะพร้าวในดินสามารถลดการระเหยของน้ำจากดิน และรักษาอุณหภูมิในดิน นอกจากนี้ยัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สามารถลดความหนาแน่นรวม ความเป็นกรด เพิ่มความพรุน ความจุความชื้นสนามและเพิ่มธาตุประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้

ขี้เถ้าแกลบ

1. แหล่งกำเนิด : จากโรงสีข้าว
2. คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์
   - pH 7.0-8.5 มีความแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับอายุของกองขี้เถ้าแกลบ ถ้ามีอายุมากจะมีการชะล้างโดยฝนมาก pH จะลดลง
   - คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดี
   - ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ
   - ความพรุนสูง
   - ความคงทนของโครงสร้างดี มีการสลายตัวน้อย แต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก
3. ลักษณะการนำไปใช้ : ใช้เป็นวัสดุปลูก
4. อายุการใช้งาน 2-4 ครั้ง
5. ราคาถูก
6. ข้อดี
   - น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้
   - ความสามารถในการอุ้มน้ำดี
   - มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้น้อย และเกิดการอัดตัวไม่มากนัก
   - ราคาถูก
7. ข้อเสีย
   - ยากในการกำจัดโรคและแมลง
   - ก่อนนำมาใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อนเพื่อลดค่า pH ให้อยู่ที่ประมาณ 6.0

จากการศึกษาของ Sinkevicien et al. (2009) พบว่าขี้เถ้าแกลบสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินให้มีโครงสร้างที่ดี โดยเพิ่มความพรุน และสามารถปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นได้ โดยทำให้ความสามารถในการเกาะกันเป็นเม็ดดินได้ดีขึ้น และลดการฟุ้งกระจายของเม็ดดิน และจากการศึกษาของ ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และคณะ (2551) ทำการเปรียบเทียบการใช้วัสดุปรับปรุงดิน 3 ชนิด คือ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และขี้เถ้าแกลบ ในแปลงสาธิตเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมมะลิในพื้นที่ดินเค็ม พบว่าผลผลิตข้าวหอมมะลิเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต โดยตำรับที่ใช้ปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงที่สุด 678 กก./ไร่ รองลงมา คือการใช้ปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ถึง 508.58 กก./ไร่ และการใช้ขี้เถ้าแกลบ 2 ตันต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 456.33 กก./ไร่

ขี้เลื่อย

1. แหล่งกำเนิด : จากโรงเลื่อยต่าง ๆ มีความแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อไม้
2. คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์
   - pH 4.2-6.0 มีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อไม้ และอายุของขี้เลื่อย
   - คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมากจนอาจมากเกินไป จนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ
   - คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูงเมื่อขี้เลื่อยผ่านขบวนการสลายตัว
   - ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ
   - ความพรุนสูง
   - ความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้
3. ลักษณะการนำไปใช้ : ใช้ทำปุ๋ยหมัก และใช้เป็นวัสดุปลูกโดยปกติก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อยให้ขี้เลื่อยสลายตัวก่อนประมาณ 6 เดือน
4. อายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง
5. ราคาถูกมาก
6. ข้อดี
   - น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้
   - ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก
   - ราคาถูก
7. ข้อเสีย
   - มีความแปรปรวนในด้านองค์ประกอบมาก
   - มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น

จากการศึกษาใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุคลุมดิน พบว่าสามารถรักษาอุณหภูมิในดินได้ดี เนื่องจากมีสีจาง แต่เมื่อใช้ต้องมีการจัดการปุ๋ย N ที่ดี (พรรณี หงส์น้อย และคณะ, 2545) เนื่องจากขี้เลื่อยมีอัตราส่วนของ C:N สูง เมื่อใส่ลงในดินจะทำให้จุลินทรีย์ในดินดึง N จากดินไปใช้ในขบวนการย่อยสลายมีผลทำให้พืชขาด N ชั่วคราว ซึ่งถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ย N พืชจะขาดธาตุ N จนกว่าจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีกิจกรรมลดลง จึงจะได้ N กลับคืนสู่ดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) นอกจากวัสดุปรับปรุงดินที่กล่าวมาข้างต้นยังมีวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นที่สามารถเลือกใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการใช้ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก

2.3 ความต้องการน้ำของพืช

คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช

ลักษณะของน้ำในดิน

น้ำอยู่ในดินได้เพราะคุณสมบัติของโมเลกุลของน้ำสามารถยึดติดกันได้เอง และสามารถเกาะติดกับผิวของวัสดุอื่นได้ดี ถ้าสารที่เกาะติดนั้นมีผิวประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน และสร้างพันธะให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำและผิววัตถุ เนื่องจากการที่ผิวของอนุภาคของดินมีอะตอมของออกซิเจนอยู่โดยรอบนอก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ และดูดซับไว้เป็นชั้น ๆ โดยรอบของอนุภาคดิน แต่การดูดด้วยแรงดูดซับ (absorptive force) ระหว่างน้ำกับอนุภาคดินผันแปรกับระยะห่างจากผิวอนุภาคดินกล่าวคือ น้ำส่วนที่อยู่ห่างจากผิวอนุภาคดินจะถูกดูดซับด้วยแรงที่น้อยลงกว่าส่วนที่อยู่ใกล้ผิวอนุภาคดิน ดังนั้นโมเลกุลของน้ำบริเวณรอบนอกจึงสูญเสียไปได้ง่าย โดยเมื่อดินได้รับความชื้นน้ำจะซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับเม็ดดิน การที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ หรือดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้แรงมากกว่าแรงที่น้ำดูดยึดกับอนุภาคของดิน ซึ่งขนาดของแรงที่จะใช้อยู่ในรูปของแรงดึงขนาดต่าง ๆ กัน และขึ้นกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือยิ่งดินมีความชื้นมาก น้ำที่เกาะอยู่กับเม็ดดินก็จะมีความหนามากขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินมากจะไม่ได้รับอิทธิพลจากแรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลของดิน ดังนั้นน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินจะถูกทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือไหลไปสู่เม็ดดินที่มีน้ำเกาะติดบางกว่าได้ง่าย แต่เมื่อความชื้นในดินลดลงแรงยึดเหนี่ยวจากแรงดูดซับของดินจะมีอิทธิพลมากขึ้น ซึ่งแรงดึงความชื้นหมายถึงแรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินดูดยึดน้ำไว้ และเป็นแรงที่จะต้องใช้เพื่อที่จะดูดเอาความชื้นซึ่งมักจะวัดเป็นบาร์ (bar) หรือบรรยากาศ (atmosphere)

ชนิดของน้ำในดิน

แบ่งตามความสามารถของดินที่ดูดยึดน้ำไว้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. น้ำอิสระ (gravitational water หรือ free water) คือน้ำที่ถูกแรงยึดเหนี่ยวของดินมากกว่า -1/3 bars แต่น้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกทำให้น้ำไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าอย่างอิสระ ในดินทรายค่านี้อยู่ระหว่าง -0.1 ถึง -0.2 bars (1 bar = 0.1 J/กรัม = 0.987 atm = 0.1 MPa) น้ำชนิดนี้ถ้าหากอยู่ในดินนานจะเป็นอันตรายต่อพืช โดยมีผลทำให้พืชขาดอากาศหายใจ และเกิดการชะล้างแร่ธาตุอาหารพืชไปจากดินได้ง่าย

2. น้ำซับ (capillary water) คือน้ำที่เกิดในสภาพเมื่อฝนหยุดตก หรือหยุดให้น้ำแก่พืช ซึ่งน้ำจะถูกระบายสู่ส่วนล่างใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมง ความหนาแน่นของน้ำที่เกาะยึดกับอนุภาคดินจะถูกยึดด้วยดินเพียงช่องว่างขนาดเล็กด้วยแรงดูดซับที่สูงมากพอที่จะต่อต้านแรงฉุดของแรงดึงดูดของโลก ความชื้นของน้ำซับ พบว่าอนุภาคของดินมีแรงดึงต่อน้ำประมาณ 1/3 บาร์ และเรียกความชื้นช่วงนี้ว่า “ความชื้นชลประทาน หรือความจุความชื้นในสนาม (field capacity)”

3. น้ำเยื่อ (hygroscopic water) เป็นน้ำที่เกาะติดหรือชิดกับอนุภาคของผิวดินและปรากฏในชั้นที่บางมากทำให้พืชไม่สามารถนำน้ำไปใช้ได้ โดยแรงดูดยึดอนุภาคของดินมีค่าประมาณ 31 บาร์

จากข้อมูลชนิดของน้ำในดินทำให้ทราบว่าน้ำที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการให้น้ำแก่พืชมากที่สุด คือ น้ำซับ น้ำอิสระ ส่วนน้ำเยื่อพืชไม่สามารถดูดน้ำไปใช้ได้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญทางการผลิตพืช

ระดับความชื้นที่สำคัญของดิน

จากชนิดของน้ำในดินสามารถพิจารณาระดับความชื้นในดินตามลักษณะของน้ำ หรือความชื้นที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพื่อประโยชน์ในการกำหนดหรือคำนวณปริมาณน้ำในดินที่ระดับความชื้น ต่าง ๆ คือ

1. จุดความชื้นอิ่มน้ำ หรือจุดความชื้นเมื่อดินอิ่มน้ำ (water saturated) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณช่องว่างระหว่างเม็ดดินทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยน้ำ โดยมีอากาศอยู่ในช่องว่างขนาดเล็ก ในปริมาณน้อยมาก โดยถ้าดินมีความสามารถในการระบายน้ำได้ดี ปริมาณน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

2. ความชื้นชลประทาน หรือความจุความชื้นในสนาม (field capacity) เป็นความชื้นในดินที่เหลืออยู่หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายจากช่องว่างขนาดใหญ่ หรือเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่ดินสามารถอุ้มไว้ และต้านทานแรงดึงดูดของโลก โดยในช่องว่างขนาดเล็กมีน้ำอยู่เต็ม ส่วนช่องว่างขนาดใหญ่มีอากาศอยู่เต็ม ซึ่งโดยปกติจะเป็นความชื้นหลังจากที่ฝนตกหนัก หรือหยุดให้น้ำ 2-3 วัน ซึ่งจัดเป็นความชื้นชลประทาน โดยแรงดึงดูดความชื้นที่ความจุความชื้นชลประทานมีค่า 1/3 บรรยากาศ แต่ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของเนื้อดิน เช่น ดินเนื้อหยาบจะมีค่าแรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บรรยากาศ ส่วนดินเหนียวหรือดินค่อนข้างเหนียวมีค่าถึง 0.6 บรรยากาศ ซึ่งระดับความชื้นชลประทาน เป็นระดับสูงสุดของความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water)

3. จุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) เป็นความชื้นในดินที่พืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ ทำให้พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่า “จุดเหี่ยวถาวร” เป็นพิกัดล่างสุดของความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยมีแรงดึงความชื้นเท่ากับ 15 บรรยากาศ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

หมายถึงความสามารถที่ดินสามารถเก็บน้ำ หรืออุ้มน้ำไว้ให้แก่พืชดูดใช้ หรือความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นในดินที่ความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวถาวร หรือความชื้นในสภาพที่ดินดูดยึดไว้ด้วยแรงดึงความชื้นตั้งแต่ 1/3 บรรยากาศ ถึง 15 บรรยากาศ เป็นความชื้นที่เป็นประโยชน์ปริมาณสูงสุดของความชื้นที่ดินแต่ละชนิดสามารถดูดยึดไว้เป็นประโยชน์ต่อพืช

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช) = ความชื้นในดินที่ความชื้นชลประทาน-ความชื้นในดินที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือเป็นความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินที่มีผลต่อการอุ้มน้ำของดิน

เนื้อดินมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ หรือกักเก็บน้ำเพื่อให้พืชใช้ประโยชน์โดยดินเนื้อหยาบมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด โดยเฉพาะดินทรายซึ่งมีปริมาณของอินทรียวัตถุต่ำทำให้มีผลต่อการอุ้มน้ำของดิน โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินทรายของ Shedeed (2009) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินทราย มีค่า 0.12% ส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินมีค่า 6.1% โดยปริมาตร และจากตารางที่ 1 พบว่าเนื้อดินที่มีความละเอียดสูงมีค่าความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สูงกว่าดินเนื้อหยาบ เช่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทราย และดินเหนียว พบว่าดินเหนียวมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าดินทราย โดยดินเหนียวมีค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ 1.25 ความชื้นที่จุดชลประทาน 35% โดยน้ำหนักดินแห้ง ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร 17% โดยน้ำหนักดินแห้ง และค่าความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 18 % น้ำหนักดินแห้งหรือ 23% โดยปริมาตร หรือคิดเป็นความสูงของน้ำในดิน 2.3 มม./ซม.ดิน ส่วนดินทรายมีค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏสูงที่สุด 1.65 ความชื้นที่จุดชลประทาน 9% โดยน้ำหนักดินแห้ง ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร 4% โดยน้ำหนักดินแห้ง และค่าความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มีค่าต่ำกว่าดินเหนียว โดยมีค่า 5% โดยน้ำหนักดินแห้ง หรือ 8% โดยปริมาตร หรือมีค่าความสูงของน้ำในระดับ 0.8 มม./ซม.ดิน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าดินเหนียวถึง 2.875 เท่า และในตารางที่ 2 แสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมด ส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และใช้ไม่ได้ของดินชนิดต่าง ๆ โดยจากตารางที่ 2 แสดงผลเช่นเดียวกับตารางที่ 1 คือดินเนื้อละเอียดจะพบความสูงของปริมาตรน้ำในดินทั้งหมดสูงกว่าในดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมด ในช่วง 0.65-1.50 มม./ซม.ดิน น้ำที่พืชนำไปใช้ได้อยู่ในช่วง 0.35-0.85 มม./ซม.ดิน และที่พืชใช้ไม่ได้ในช่วง 0.30-0.65 มม./ซม.ดิน ส่วนดินเหนียวมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดในช่วง 3.80-4.15 มม./ซม.ดิน น้ำที่พืชนำไปใช้ได้ 1.50-1.6 มม./ซม.ดิน แต่จะมีปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ไม่ได้สูง โดยอยู่ในช่วง 2.30-2.55 มม./ซม.ดิน เนื่องจากดินเหนียวมีอนุภาคเล็ก จึงทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าดินทรายจึงดูดยึดน้ำไว้ในดินได้เป็นอย่างดี ดังนั้น จึงควรเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินทราย เพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และลดการให้น้ำบ่อยครั้งในดินทราย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ หรือความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวถาวร (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545)

เนื้อดิน	AS	FC	PWP	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% นน. ดินแห้ง) PAW(1)	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร) PAW(2)	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (มม. /ซม.ดิน) D $D=\frac{PAW(2)xAS}{100}$
	(1)	(2)	(3)	(4)=(2)-(3)	(5)=(4)x(1)	(6)=$\frac{(4)x(1)x10}{100}$
ดินทราย	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	0.8 (0.6-1.0)
ดินร่วนปนทราย	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	1.2 (0.9-1.5)
ดินร่วน	1.40 (1.35-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	1.7 (1.4-2.0)
ดินร่วนปนดินเหนียว	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	1.9 (1.6-2.2)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	2.1 (1.8-2.3)
ดินเหนียว	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-35)	2.3 (2.0-3.5)

หมายเหตุ AS : ความถ่วงจำเพาะปรากฏ, FC: ความชื้นชลประทาน (% นน. ดินแห้ง), PW : ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (% นน. ดินแห้ง), PAW(1): ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยน้ำหนักดินแห้ง), PAW(2): ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร), D: ความสูงของน้ำในดินที่ความลึก 1 ซม.

ตารางที่ 2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และใช้ไม่ได้ของดินแต่ละชนิด (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545)

เนื้อดิน	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มม. /ซม.ดิน)		
	รวมทั้งหมด	พืชนำเอาไปใช้ได้	พืชใช้ไม่ได้
ดินทราย	0.65-1.50	0.35-0.85	0.30-0.65
ดินร่วนปนทราย	1.50-2.30	0.75-1.15	0.75-1.00
ดินร่วน	2.30-3.40	1.15-1.70	1.15-1.50
ดินร่วนปนดินเหนียว	3.40-4.00	1.70-2.00	1.70-2.00
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	3.60-4.15	1.50-1.80	2.10-2.35
ดินเหนียว	3.80-4.15	1.50-1.60	2.30-2.55

คุณสมบัติของพืชที่เกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (evapotranspiration หรือ consumptive use) การคายระเหยน้ำเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช = การระเหย (evaporation) + การคายน้ำ (transpiration)

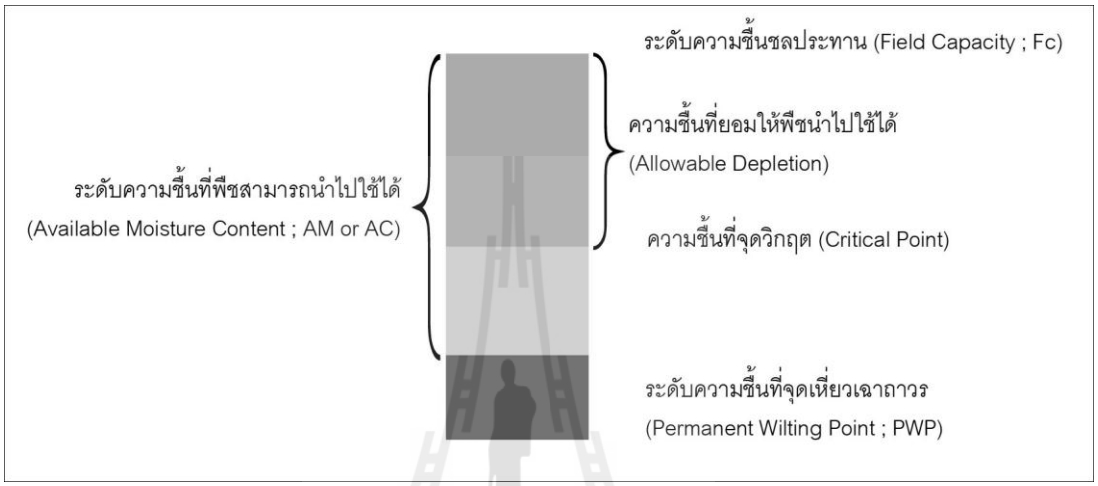
ตัวแปรที่ทีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช

1. สภาพดิน เช่น ดินทรายมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้น้อยกว่าดินเหนียว
2. พืช เช่น พืชต่างชนิด อายุ ระยะการเจริญเติบโต ย่อมต้องการน้ำในปริมาณที่ต่างกัน
3. สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้นในอากาศ และลม
4. การจัดการเพาะปลูก

การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

การกำหนดการให้น้ำแก่พืชต้องทราบถึง 1) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน 2) ความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ 3) ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน และ4) ความสามารถในการระบายน้ำของดิน และนอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องทราบถึงปริมาณและคุณภาพน้ำชลประทาน โดยการให้น้ำแก่พืช คือ การให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) กับความชื้นชลประทาน (FC) หรืออยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ โดยการให้น้ำแก่พืชเริ่มให้เมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร โดยการกำหนดระดับการให้น้ำที่เข้าใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวรขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลงประมาณ 50-70% ของความชื้นที่

พืชดูดไปใช้ได้ (ธีระพล ตั้งสมบุญ, 2549) ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไปเรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (allowable soil moisture deficiency หรือ allowable depletion) ส่วนความชื้นที่อยู่ในดินหลังจากที่พืชดูดความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้หมด เรียกว่า ความชื้นที่จุดวิกฤต (critical moisture level หรือ critical point)



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการ คือ

1. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการวัดตรง มี 3 ลักษณะ คือ การศึกษาจากปริมาณความชื้นในดิน โดยทำการศึกษาจากแปลงทดลอง และทำการวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysiometer) ซึ่งวิธีนี้ให้ผลที่ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่มีข้อจำกัด คือวิธีนี้จะให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับสภาพพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดเท่านั้น นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานาน และใช้แรงงานมาก

2. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ สามารถเลือกใช้ได้ 3 วิธี คือ

2.1 ใช้ข้อมูลศักย์การระเหยน้ำของพืช หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยมีหลักการ และแนวคิด คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 อย่าง คือสภาพของดิน ชนิด และอายุของพืช สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช และการจัดการการเพาะปลูก ซึ่งวิธีนี้สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

ในสภาพพื้นที่ต่าง ๆ กันได้รวดเร็ว และสะดวกกว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการวัดโดยตรง

$$ETc = Kc*ETp\text{.....(สมการที่ 1)}$$

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ETp = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Potential Evapotranspiration

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient; Kc) หมายถึง ค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ที่ทำการทดลอง และตรวจวัดได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysiometer) กับผลการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) โดยค่า KC เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิด และอายุของพืชเพียงอย่างเดียว (Allen et al. 1998; ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545) เนื่องจาก ET และ ETp เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ คล้ายคลึงกัน

$$Kc = ET/ETp\text{.....(สมการที่ 2)}$$

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration; ETo) หรือ potential evapotranspiration; ETp หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึง โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลา และพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างพอที่จะไม่ทำให้การระเหย และการคายน้ำของพืชต้องกระทบจากอิทธิพลภายนอก เช่น การพัดผ่านของลม เนื่องจากต้องการให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว เช่น อิทธิพลที่เกิดจากการแผ่รังสี อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม เป็นต้น ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง จะเป็นการนำเอาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น ของสถานที่ที่ใช้ทดลอง หรือ สถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน

2.2 โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

$$ETc = Kp*Epan*Kc\text{.....(สมการที่ 3)}$$

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

2.3 โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเอ (K'p)

$$ETc = K'p*Epan \quad \text{.....(สมการที่ 4)}$$

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

K'p = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

2.4 การให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ

การให้น้ำแบบประหยัด (micro irrigation) เป็นการให้น้ำแบบฉีดฝอย น้ำเหวี่ยง และน้ำหยดที่ใช้แรงดันต่ำ มีอัตราการกระจายน้ำต่ำ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง หัวจ่ายน้ำจะเป็นแบบ minisprinkler, microsprinkler microjet, microspray, mistspray และการให้น้ำแบบหยด (drip irrigation) เป็นการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งด้วยอัตราการให้น้ำที่ต่ำไม่ครอบคลุมเต็มพื้นที่เขตรากทั้งหมด ปริมาณของดินเปียกอยู่ในวงจำกัด และไม่มีการซ้อนทับ (overlap) ดังนั้นการให้น้ำจะใช้ปริมาณพื้นที่น้อย และมีโอกาสสูญเสียน้ำน้อยมาก (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545) การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับไม้ยืนต้น เช่น ไม้ผลต่าง ๆ พืชผัก และพืชไร่

สำหรับไม้ยืนต้นหัวฉีดที่เหมาะสมจะเป็นแบบ minisprinkler และ microsprinkler ซึ่งจะมีการควบคุมการกระจายของน้ำคลุมพื้นที่เขตรากระหว่าง 60-80% และอัตราการกระจายน้ำต้องไม่เกินความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน สำหรับพืชไร่ และพืชผัก ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมเป็นแบบหัวน้ำหยด โดยมีหลักการ คือให้ความชื้นแก่ดินในรูปกรวยตัดแล้วให้รากพืชเจริญเติบโตอยู่ภายในกรวยความชื้นนั้น

การให้น้ำในระบบน้ำหยด

ข้อดี

1. ประหยัดน้ำมากกว่าทุก ๆ วิธี ไม่ว่ารดด้วยมือหรือใช้สปริงเกลอร์ หรือวิธีอื่นใดก็ตาม และแก้ปัญหาภาวะวิกฤตการขาดแคลนน้ำในบางฤดูซึ่งเริ่มเกิดขึ้นในปัจจุบัน

2. ประหยัดต้นทุนในการบริหารจัดการ กล่าวคือ ลงทุนครั้งเดียวแต่ให้ผลคุ้มค่าในระยะยาว การติดตั้งอุปกรณ์ไม่ยุ่งยาก ติดตั้งครั้งเดียวและใช้งานได้ตลอดอายุ สามารถควบคุมการ เปิด-ปิดน้ำ โดยใช้ระบบ manual และ automatic หรือ micro controler โดยเฉพาะระบบตั้งเวลาและตรวจจับความชื้นทำให้ประหยัดค่าแรง โดยมีรายงานการใช้แรงงานดูแล และบำรุงรักษาระบบในแปลงองุ่นที่รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐ พบว่า ใช้แรงงาน 1 แรง ต่อพื้นที่ 50 เอเคอร์ (100 ไร่) ต่อวัน

3. ใช้ได้กับพื้นที่ทุกประเภทไม่ว่าดินร่วน ดินทราย หรือดินเหนียว รวมทั้งดินเค็มและดินด่าง โดยน้ำหยดจะไม่ละลายเกลือมาตกค้างอยู่ที่ผิวดิน

4. สามารถใช้กับพืชประเภทต่าง ๆ ได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นพืชที่ต้องการน้ำขัง

5. เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ ต้องการใช้น้ำอย่างประหยัด

6. ให้ประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูงที่สุด 75-95% ซึ่งทำให้มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด และเมื่อเทียบกับการปล่อยน้ำท่วมขัง มีประสิทธิภาพเพียง 25-50% ในระบบสปริงเกลอร์ แบบติดตายตัวมีประสิทธิภาพ 70-80 % และในระบบสปริงเกลอร์แบบเคลื่อนย้ายมีประสิทธิภาพ 65-75%

7. ประหยัดเวลาทำงาน ไม่ต้องคอยเฝ้า ใช้เวลาไปทำงานอย่างอื่นได้เต็มที่ไปพร้อม ๆ กับการให้น้ำ

8. ลดการระบาดของศัตรูพืชบางชนิดได้ดี เช่น โรคพืช และวัชพืช (Locascio, 2005)

9. ได้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ระบบชลประทานแบบอื่น ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพในขณะเดียวกันก็ประหยัดต้นทุนน้ำ ทำให้มีกำไรสูงกว่า (Locascio, 2005)

10. ระบบน้ำหยดสามารถให้ปุ๋ยและสารเคมีอื่นละลายไปกับน้ำพร้อม ๆ กัน ส่งผลให้ธาตุอาหารพืชกระจายอยู่ในบริเวณเขตรากพืช และสามารถให้ปุ๋ยตามความต้องการของพืชได้ด้วย (Or and Coelho 1996; Boyhan and Kelley, 2001) ส่งผลให้ผลผลิตพืชสูง และลดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน (Bar-Yosef, 1977) และทำให้ไม่ต้องเสียเวลาใส่ปุ๋ย พ่นยาอีก ทั้งนี้ต้องติดตั้งอุปกรณ์จ่ายปุ๋ย (injector) เข้ากับระบบ

แต่เนื่องจากระบบน้ำหยดเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับเกษตรไทย จึงมีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ต้นทุนสูงในระยะแรก การติดตั้งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญมาให้คำแนะนำ และเกษตรกรจะต้องมีความรู้เรื่องปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดที่ปลูก เช่น มะเขือเทศมีความต้องการน้ำตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต หรือตลอดระยะปลูก 500-650 ลบ.ม./ไร่ หรือต้องมีความสูงของน้ำในดินที่ระดับ 31.25-40.62 ซม./ซม.ดิน (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545) ดังนั้นการกำหนดการให้น้ำแก่พืชจึงต้องรักษาระดับน้ำในดินให้อยู่ในระดับความสูงดังกล่าว เพื่อให้อยู่ในเขตรากพืช นอกจากนี้เกษตรกรต้องมีการค้นคว้าหาแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบติดตั้งและบริหารระบบ ดังนั้น จึงต้องคำนึงถึงการจัดการระบบ เช่น ระยะเวลาให้น้ำ การใช้ปุ๋ยชนิด

ปุ๋ย ตลอดจนต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการดูดใช้ปุ๋ย หรือสารเคมีของพืช เพื่อให้พืชได้รับปุ๋ยอย่างเพียงพอทุกช่วงการเจริญเติบโต

โดยระบบการให้น้ำหยดมี 2 ระบบ คือ ระบบที่ให้บนผิวดิน (surface drip irrigation) และระบบที่ให้ใต้ผิวดิน (sub-surface drip irrigation) ซึ่งระบบที่ให้น้ำใต้ดินเป็นระบบที่ปรับปรุงจากการให้น้ำบนผิวดิน โดยการฝั่งท่อน้ำหยดไว้ใต้ผิวดิน โดยวิธีนี้เป็นการให้น้ำที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำ เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำของพืช และสะดวกในการจัดการดูแลรักษา เช่น การปลูกใหม่ หรือการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวโดยไม่จำเป็นต้องรื้อถอนระบบน้ำ และมีการศึกษาพบว่าการให้น้ำหยดใต้ผิวดินทำให้มีผลตอบแทนที่คุ้มค่าในพืชหลายชนิด (Ayars et al., 1999) แต่ข้อเสียของการใช้ระบบให้น้ำใต้ผิวดินคือ การที่รากชอนไชเข้าไปในระบบการให้น้ำ แต่สามารถป้องกันได้โดยใช้ phosphoric acid ที่ความเข้มข้น 13-15 mg/L (Horwell et al., 1997)

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (fertigation) คือการให้ปุ๋ยโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบน้ำ ซึ่งเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้ก็จะมีการดูดธาตุอาหารขึ้นไปด้วย ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ทั้งน้ำและปุ๋ยไปพร้อมกันในเวลา และบริเวณที่พืชต้องการ ซึ่งการให้ปุ๋ยวิธีนี้สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย ลดการชะล้างปุ๋ยเกินกว่าระดับรากพืช และมีการแพร่กระจายของปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืชอยู่ (มนตรี ค้ำชู, 2538; Or and Coelho 1996; Boyhan and Kelley 2001) โดยระบบน้ำที่สามารถให้ปุ๋ยร่วมในระบบจะต้องเป็นการให้น้ำแบบประหยัดคือ ระบบน้ำหยดหรือ minisprinkler ซึ่งการให้ปุ๋ยในระบบน้ำเป็นการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (ทองดี บ้านดอน, 2540) เพราะจำกัดอัตราการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างปุ๋ยลึกลงไปเกินกว่าระดับราก และมีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอ สามารถลดแรงงานการให้ปุ๋ย และถ้ามีการลงทุนระบบน้ำอยู่แล้วก็ควรมีการให้ปุ๋ยของระบบน้ำไปพร้อมกัน เพราะมีการเพิ่มการลงทุนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีผลดีหลายด้านคือ สามารถลดแรงงานการให้ปุ๋ย เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้ 10-50% ลดอัตราจากการเค็มของปุ๋ยที่ให้ทางดิน ไม่ต้องนำรถเข้าไปใส่ปุ๋ยแปลงพืช ทำให้ลดอัตราการแน่นของดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) นอกจากนี้ ยังสามารถปรับสูตรปุ๋ยได้รวดเร็วทันความต้องการของพืช (Locasio, 2005) สามารถใช้ปุ๋ย จุลธาตุลงไปในระบบน้ำในรูปของเกลือละลายน้ำง่าย เช่น $ZnSO_4$ $MnSO_4$ และ $CuSO_4$ ทำให้ประหยัดการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ และยังสามารถแบ่งให้ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช Hartz et al. (1993) รายงานว่าการแบ่งให้ปุ๋ยแก่พริกทำให้ผลผลิตพริกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุ N และ K ที่มีการเคลื่อนย้ายได้ดีในดิน ทำให้เกิดการสูญเสียไปในดินเกินกว่าระยะรากโดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบ (Drost and Koening 2001; Hanson et al. 2006) Hebbar et al. (2004) รายงานว่าผลผลิตมะเขือเทศ ที่ให้ N P และ K ไปในระบบน้ำ มีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน 33% และการแบ่งใส่ N และ K ในช่วงการเจริญเติบโตของพืชในระบบน้ำในดินทรายส่งผลให้ผลผลิตมะเขือเทศสูง และมีคุณภาพดีกว่าการให้

ปุ๋ยทางดิน (Locasio et al. 1997) เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถลดการสูญเสีย N และ K จากบริเวณรากพืชในดินทราย และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K (Badr et al. 2010) แต่ข้อเสียการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำคือ ปุ๋ยต้องละลายน้ำหมด และมีความบริสุทธิ์สูง (อิทธิสุนทร, 2550) ดังนั้นจึงทำให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีราคาแพง แต่ถ้าสามารถผสมปุ๋ยเองจากแม่ปุ๋ย ซึ่งปัจจุบันหาซื้อได้ง่ายขึ้น ก็จะสามารถทำให้ปุ๋ยราคาถูกลง แต่ผู้ที่จะทำได้จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของปุ๋ยเป็นอย่างดี นอกจากนั้นแล้วจะต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติของดินและน้ำ เพราะคุณสมบัติของดินและน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ ดังนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะให้ผลดีคุ้มค่าหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ โดยเฉพาะประเภทของระบบการให้น้ำที่จะมีการใช้ปุ๋ยควบคู่กันไป ชนิดปุ๋ยเคมีที่จะใช้ชนิดดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทเนื้อดิน คุณภาพของน้ำชลประทาน ชนิดพืช และวิธีการปลูกพืช เป็นต้น (ปิยะ ดวงพัตรา, 2538)

การสำรวจ และการวิเคราะห์ดินและน้ำ เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การให้น้ำแบบประหยัดและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำประสบความสำเร็จ เพราะสามารถนำมาใช้ในการปรับสภาพของน้ำให้มีความเหมาะสม อาจจะต้องมีการบำบัดน้ำก่อนนำมาใช้ การเลือกใช้ชนิดของปุ๋ย และอัตราของปุ๋ยให้เหมาะกับคุณสมบัติของดินและน้ำเป็นส่วนที่สำคัญ เช่น ถ้าน้ำมี pH สูง การใช้ปุ๋ย N และ P อาจจะใช้ในรูปของกรด HNO_3 และ H_2PO_4 และถ้าน้ำมีปริมาณธาตุอาหารปะปนอยู่ก็จำเป็นต้องลดธาตุอาหารชนิดนั้น ๆ ในปุ๋ยที่ใส่ลงไป

ดังนั้น การที่จะทำให้ระบบการให้น้ำแบบประหยัด และการให้ปุ๋ยทางน้ำประสบความสำเร็จจึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณและความถี่ของการให้น้ำ ชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสม สูตรและอัตราการให้ปุ๋ย ระยะเวลาการใช้ปุ๋ย ซึ่งยังไม่มีคำแนะนำจากทางราชการ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาค้นคว้าถึงการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในพืชที่สำคัญ และมีผลตอบแทนสูง เช่น มะเขือเทศ และมุ่งเน้นให้ได้วิธีการคำแนะนำอย่างง่ายแก่เกษตรกรที่จะสามารถนำไปใช้โดยไม่ต้องมีความรู้ความเข้าใจที่มากนัก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot ใน Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 8 ตำรับการทดลอง ดังต่อไปนี้

Main plot คือวิธีการให้น้ำมี 2 ระดับ คือ

- การให้น้ำหยดบนผิวดิน
- การให้น้ำหยดใต้ผิวดิน

Sub plot คือชนิดของวัสดุปรับปรุงดินมี 4 ระดับ ได้แก่

- ขุยมะพร้าว
- ขี้เถ้าแกลบ
- ขี้เลื่อย
- ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน

2. วิธีการทดลอง

2.1 ทำการทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทำการเตรียมดินซึ่งได้แก่ การไถพลิกหน้าดินและตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อฆ่าเชื้อโรค และกำจัดวัชพืช ไถพรวนเพื่อย่อยดินให้ละเอียด ยกแปลงทดลองขนาดกว้าง 1 ม. ยาว 17 ม. จำนวน 16 แปลง และแถวคุม 3 แปลง แต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อย 4 แปลง ขนาด 1x5 ตร.ม. ระยะห่างระหว่างแปลง 0.8 ม. ระยะห่างระหว่างซ้ำ 1 ม. หลังการเตรียมดินใส่ปุ๋ยอินทรีย์ตรา มทส. 3,000 กก./ไร่ และวัสดุปรับปรุงดินแต่ละตำรับการทดลอง 3,000 กก./ไร่ คลุกเคล้าให้เข้ากับดินที่ระดับ 0-15 ซม. วางระบบน้ำหยดบนดิน และใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ซม. จากนั้นใช้แผ่นพลาสติกคลุมแปลง ทำการเจาะรูพลาสติกคลุมแปลงเป็นแบบแถวคู่สับหว่างห่างกัน 70 ซม. แต่ละหลุมในแถวเดียวกันห่างกัน 50 ซม. ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และสารกำจัดวัชพืช คาร์โบฟูราน อัตรา 4 กก./ไร่ ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินรองก้นหลุมก่อนย้ายกล้าปลูก

2.2 การปลูก ทำการปลูกเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2552 โดยนำกล้ามะเขือเทศลูกท้อ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ อายุ 30 วัน ย้ายปลูก 1 ต้น/หลุม ปลูกในสภาพแวดล้อมปกติ โดยกำหนดการให้น้ำ

ตามความต้องการน้ำของพืช ซึ่งให้ตามสูตร ETc = ETp x Kc แต่กำหนดการให้น้ำที่ความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนเมษายนเท่ากับ 3.76 มม./วัน หรือประมาณ 6 ลบ.ม./ไร่/วัน โดยในช่วงสัปดาห์แรกให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ครั้งละ 3 ลบ.ม./ไร่ ช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 7 ให้น้ำสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 18 ลบ.ม./ไร่ ช่วงสัปดาห์ที่ 7 ไปแล้วให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละประมาณ 42 ลบ.ม./ไร่ โดยปริมาณน้ำตลอดระยะเวลาการปลูกประมาณ 900 ลบ.ม/ไร่ ส่วนการให้ปุ๋ยหลังย้ายปลูก 1 เดือน ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสูตร 15-15-15 อัตรา 112 กก./ไร่ ให้ทุก 7 วัน จนครบอายุการเก็บเกี่ยว สัปดาห์ละ 7 กก./ไร่ จำนวน 16 สัปดาห์ การจัดการโรค และแมลง เมื่อเริ่มพบการระบาดของโรค และแมลง ใช้สารเคมีพ่นตามลักษณะที่พบ

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนปลูก โดยทำการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ด้วยวิธี Bray II (Bray et al., 1945) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K Ca) โดยสกัดดินด้วย NH_4OAC เข้มข้น 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) และวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง (available Fe Mn Cu และ Zn) สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Lindsay et al., 1978)

3.2 ความสูงต้น ทำการวัดความสูงต้นทุก 7 วัน เริ่มวัดหลังย้ายปลูก 1 เดือน โดยการสุ่มวัดจากต้นที่อยู่ตรงกลางของแปลงย่อย จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย วัดความสูงจากผิวดินไปจนถึงข้อสุดท้ายของยอดที่สูงที่สุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.3 ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมะเขือเทศมีอายุ 45-65 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิต 2 รุ่น (แต่ละรุ่นเก็บได้ 6 ครั้ง) เก็บเกี่ยวผลผลิตใน 2 ระยะ ระยะเริ่มสุก (breaker, pink) และระยะสุก (red ripe) สุ่มเก็บเกี่ยวจากต้นที่อยู่ตรงกลางของแปลงย่อย จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย บันทึกผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล % ผลเสีย ปริมาณกรด (tritratable acidity, TA) ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (total soluble solid, TSS)

- วัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i ใช้หัววัดแบบ Needle (P/2N) ความเร็วหัววัด 1.0 มม. ระยะทางที่กด 12 มม.โดยโดยสุ่มวัดตำรับการทดลองละ 5 ผล

- ปริมาณ Tritratable Acidity โดยนำมะเขือเทศมาคั้นน้ำกรองด้วยสำลี นำน้ำคั้นมา 10 มม. หยด phenolphthalein 1% 2-3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ หลังจากนั้นนำมาไตรเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N คำนวณหา %TA ตามสูตร

$$\%TA = \frac{(N\ NaOH)\ (ml\ NaOH)\ (meq.wt.tartaric\ acid) \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นที่ใช้}}$$

เมื่อ N NaOH คือ normality ของสารละลายด่าง NaOH

ml NaOH คือ ปริมาณของสารละลายด่างที่ใช้ในการไตเตรทเป็นมิลลิลิตร

meq.wt ของกรด tartaric = 0.075

- ปริมาณ Total Soluble Solids จากน้ำคั้นมะเขือเทศในแต่ละกรรมวิธีการทดลองด้วย Hand Refractometer โดยหน่วยที่วัดได้เป็น °Brix

3.4 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ตัดต้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปหมดแล้วที่ตำแหน่งผิวดิน นำส่วนเหนือดินทั้งหมดล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°ซ นาน 48 ชม. และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3.5 วิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบ หลังจากเก็บผลผลิตรุ่นที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างต้นมะเขือเทศ ส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด ในระยะเก็บเกี่ยว ตำรับการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น อบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท บดตัวอย่างให้ละเอียดและวิเคราะห์ไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ฟอสฟอรัส ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Barton) และการวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม โดยใช้เครื่อง Flame photometer (โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช, 2546)

3.6 ปริมาณน้ำตลอดระยะเวลาการปลูก

3.7 ปริมาณน้ำฝนตลอดระยะเวลาการปลูก

3.8 คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยหาได้จาก ประสิทธิภาพการใช้น้ำ = ผลิตผลทั้งหมด/ปริมาณน้ำที่ให้ทั้งหมด

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS for Window (version 13.0) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.2 การทดลองที่ 2 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยทางน้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot ใน Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยจัด main plot มี 2 ปัจจัย โดยจัดทั้ง 2 ปัจจัยในลักษณะ combination treatments โดยมีตำรับการทดลองดังต่อไปนี้

Main plot

ปัจจัยที่ 1 คือวิธีการให้ปุ๋ย มี 2 ระดับ

- การให้ปุ๋ยทางดินตามค่าวิเคราะห์ดิน (S)
- การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (F)

ปัจจัยที่ 2 คือปริมาณ และความถี่ของการให้น้ำ มี 3 ระดับ

- ให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช (ETc) 15 มม.
- ให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช (ETc) 25 มม.
- ให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช (ETc) 35 มม.

Sub plot คือการใส่วัสดุปรับปรุงดิน มี 2 ระดับ คือ

- ไม่ใส่ขุยมะพร้าว
- ใส่ขุยมะพร้าว

(เลือกขุยมะพร้าวมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินในการทดลองที่ 2 เนื่องจากการทดลองที่ 1 การใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ทำให้ได้ผลผลิตมะเขือเทศสูงที่สุด)

2. วิธีการทดลอง

2.1 ทำการทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทำการเตรียมดินซึ่งได้แก่ การไถพลิกหน้าดิน และตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อฆ่าเชื้อโรค และกำจัดวัชพืช ไถพรวนเพื่อย่อยดินให้ละเอียด ยกแปลงทดลองให้มีขนาดแปลงย่อยกว้าง 1 ม. ยาว 5 ม. จำนวน 36 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลง 0.8 ม. ระยะห่างระหว่างซ้ำ 1 ม. ใส่ขุยมะพร้าว 3,000 กก./ไร่ คลุกเคล้าให้เข้ากับดินที่ระดับ 0-15 ซม. วางระบบน้ำหยดบนดิน จากนั้นใช้แผ่นพลาสติกคลุมแปลง ทำการเจาะรูพลาสติกคลุมแปลงเป็นแบบแถวคู่สับหว่างห่างกัน 70 ซม. แต่ละหลุมในแถวเดียวกันห่างกัน 50 ซม. และคาร์โบฟูราน 4 กก./ไร่ ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากับดินรองก้นหลุมก่อนย้ายกล้าปลูก

2.2 การปลูก ทำการปลูกมะเขือเทศในวันที่ 29 ธันวาคม 2553 โดยนำกล้ามะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ อายุ 30 วัน ย้ายปลูก 1 ต้นต่อหลุม ปลูกในสภาพแวดล้อมปกติ กำหนดการให้น้ำตามความต้องการน้ำของพืช (ETc = ETpxKc) ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ในแต่ละเดือนความต้องการน้ำของพืชมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นกับสภาพอากาศที่ต่างกัน และโดยปกติจะขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำ (Kc) ซึ่งขึ้นกับช่วงอายุพืช แต่การทดลองนี้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำของมะเขือเทศมีค่า 0.67 ตลอดฤดูปลูก เนื่องจากมีการคลุมด้วยพลาสติก และการตัดแต่งกิ่งตลอดฤดูกาลปลูก ส่วนการให้ปุ๋ยทำการให้ปุ๋ยทางทางดินและทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยค่าวิเคราะห์ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 1.28% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 54.4 มก./กก. และค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 74.0 มก./กก. ดังตารางที่ 11 จึงกำหนดการให้ปุ๋ยทั้งทางดินและทางระบบน้ำในอัตรา ปุ๋ย N 24 กก./ไร่ ปุ๋ย P_2O_5 4 กก./ไร่ และปุ๋ย K_2O 16 กก./ไร่ ดังในตาราง

ที่ 4 ทั้งในตำรับการให้ปุ๋ยทางดิน และทางระบบน้ำ การให้ปุ๋ยทางดินให้ปุ๋ย P_2O_5 4 กก./ไร่พร้อมปลูกครั้งเดียว ส่วน ปุ๋ย N และK แบ่งให้ 2 ครั้ง คือ 1) พร้อมปลูก และ 2) ก่อนออกดอกครั้งที่ 1 (อายุ 40 วันหลังย้ายปลูก)โดยใส่ปุ๋ย N และ K อย่างละครึ่งเท่า (N 12 กก./ไร่ และ K_2O 8 กก./ไร่) ส่วนการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำแบ่งให้ตามความถี่ของการให้น้ำ แต่กำหนดให้ปริมาณปุ๋ยที่ได้รับทั้งหมดมีค่าเท่ากันทุกความถี่การให้น้ำ การจัดการโรค และแมลง เมื่อเริ่มพบการระบาดของโรคและแมลง ใช้สารเคมีพ่นตามลักษณะที่พบการจัดการโรคและแมลง เมื่อเริ่มพบการระบาดของโรคและแมลง ใช้สารเคมีพ่นตามลักษณะที่พบ

ตารางที่ 3 ความต้องการน้ำของพืช (ETc = ETpxKc)

ข้อมูล	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
ETp (มม./วัน)	3.86	5.11	5.25	5.61	5.10
Kc	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
ETc (มม./วัน)	2.59	3.42	3.52	3.76	3.42

ตารางที่ 4 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของมะเขือเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ค่าวิเคราะห์ดิน	อัตราปุ๋ยที่ใส่
1) อินทรียวัตถุในดิน (OM, %)	
< 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 (P, ppm)	
< 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 (K, ppm)	
< 60	ปุ๋ย K_2O 12 กก./ไร่
60-100	ปุ๋ย K_2O 16 กก./ไร่
> 100	ปุ๋ย K_2O 6 กก./ไร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. การเก็บข้อมูล

3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนปลูก โดยทำการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ด้วยวิธี Bray II (Bray et al., 1945) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K Ca) โดยสกัดดินด้วย NH_4OAC เข้มข้น 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของดินก่อนปลูกในตารางที่ 7

3.2 วัดความสูงต้นทุก 7 วัน เริ่มวัดหลังย้ายปลูก 1 เดือน โดยการสุ่มวัดจากต้นที่อยู่ตรงกลางของแปลงย่อย จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย วัดความสูงจากผิวดินไปจนถึงข้อสุดท้ายของยอดที่สูงที่สุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.3 ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมะเขือเทศมีอายุ 65-85 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิต 2 รุ่น (แต่ละรุ่นเก็บได้ 6 ครั้ง) เก็บเกี่ยวผลผลิตใน 2 ระยะ ระยะเริ่มสุก (breaker, pink) และระยะสุก (red ripe) สุ่มเก็บเกี่ยวจากต้นที่อยู่ตรงกลางของแปลงย่อย จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย บันทึกผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล % ผลเสีย ปริมาณกรด (tritratable acidity, TA) ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (total soluble solid, TSS)

- วัดความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i ใช้หัววัดแบบ Needle (P/2N) ความเร็วหัววัด 1.0 มม. ระยะทางที่กด 12 มม. โดยสุ่มวัดตำรับการทดลองละ 5 ผล
- วัดปริมาณ Tritratable Acidity โดยใช้วิธีการเหมือนการทดลองที่ 1
- วัดปริมาณ Total Soluble Solids จากน้ำคั้นมะเขือเทศในแต่ละตำรับการทดลองด้วย Hand Refractometer โดยหน่วยที่วัดได้เป็น °Brix

3.4 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ตัดต้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปหมดแล้วที่ตำแหน่งผิวดิน นำส่วนเหนือดินทั้งหมดล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70°ซ นาน 48 ชม. และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3.5 วิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบ หลังจากเก็บผลผลิตรุ่นที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างต้นมะเขือเทศ ส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด ในระยะเก็บเกี่ยว ตำรับการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น อบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท บดตัวอย่างให้ละเอียดและวิเคราะห์ไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ฟอสฟอรัส ด้วยวิธี Vanadomolybdate (Barton) และการวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม โดยใช้เครื่อง Flame photometer (โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช, 2546)

3.6 ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดระยะเวลาการปลูก และบันทึกปริมาณน้ำฝนตลอดระยะเวลาการปลูก

3.7 วิเคราะห์ดินหลังปลูก โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) ความหนาแน่นของดิน (bulk density) และ ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำผ่านดิน (permeability) (กลุ่มวิจัยเกษตร และเคมี, 2551)

3.8 คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยหาได้จาก ประสิทธิภาพการใช้น้ำ = ผลิตผลทั้งหมด/ปริมาณน้ำที่ให้ทั้งหมดและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ Kโดยหาได้จากประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K = ผลิตผลทั้งหมด/ปริมาณปุ๋ย N P และ K ที่ให้ทั้งหมด

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS for Window (version 13.0) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด และการใช้วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

1. คุณสมบัติของดิน และวัสดุปรับปรุงดินก่อนการทดลอง

คุณสมบัติของดินแสดงในตารางที่ 5 โดยดินที่ใช้จัดเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย ในชุดดินจัตุรัสที่ (Chatturat soil series: Ct, Fine, mixed, active isohyperthermic Typic Haplustalfs) มีค่า pH 6.03 อินทรียวัตถุปานกลาง (1.98%) available P (27.47 มก./กก.) มีค่าสูง exchangeable K (92.0 มก./กก.) มีค่าปานกลาง exchangeable Ca (1,340 มก./กก.) มีค่าปานกลาง exchangeable Mg (88.34 มก./กก.) มีค่าต่ำ available Fe (13.38 มก./กก.) มีค่าปานกลาง available Mn (7.03 มก./กก.) มีค่าต่ำ available Cu (0.23 มก./กก.) มีค่าต่ำ available Zn (0.71 มก./กก.) มีค่าต่ำ โดยในภาพรวมจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และคุณสมบัติวัสดุปรับปรุงดิน แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกมะเขือเทศ

คุณสมบัติของดิน		ค่าวิเคราะห์	ค่าที่เหมาะสม (Jones, 2008)
pH		6.03	6.5-7.5
EC	(ไมโครซีเมนส์./ม.)	120	-
Organic matter	(%)	1.98	-
Available P	(มก. /กก.)	27.48	60-70
Exchangeable K	(มก. /กก.)	92.0	60-700
Exchangeable Ca	(มก. /กก.)	1340	1,000
Exchangeable Mg	(มก. /กก.)	88.34	350-700
Available Fe	(มก. /กก.)	13.38	-
Available Mn	(มก. /กก.)	7.03	5-20
Available Cu	(มก. /กก.)	0.23	-
Available Zn	(มก. /กก.)	0.71	-

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดิน

คุณสมบัติ	ขุยมะพร้าว	ขี้เถ้าแกลบ	ขี้เลื่อย
pH	6.01	9.79	7.33
EC (ไมโครซีเมนต์/ซม.)	1417	293	524
N (%)	0.36	0.08	0.27
P (%)	0.034	0.109	0.025
K (%)	1.889	0.710	0.252
Organic matter (%)	59.68	6.02	73.06
Organic carbon (%)	34.7	3.5	42.48
C:N	96:1	44:1	157:1

2. การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า วิธีการให้น้ำที่ต่างกัน (การให้น้ำหยดบนดิน และใต้ดิน) ไม่ส่งผลให้ความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ แต่การศึกษาของ Karimi et al. (2012) เปรียบเทียบวิธีการให้น้ำหยดบนผิวดิน และใต้ดินต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศ พบว่าการให้น้ำหยดใต้ดินทำให้การเจริญเติบโตสูงกว่า และมีผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน 7 ตัน/ไร่ Abdulrasoul et al. (2009) พบว่าการให้น้ำหยดใต้ดินในการปลูกมะเขือเทศในปี 2005-2006 ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน 9.8 และ 7.9 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งจากหลายการทดลองสรุปว่าผลผลิตของพืชในการปลูกด้วยระบบน้ำหยดใต้ดินมีค่าสูงกว่าการปลูกในระบบน้ำหยดบนผิว (Phene et al., 1987; Ayars et al., 1999; Machado et al., 2003; Al-Omran et al., 2005) Miguel et al. (2007) รายงานว่าการให้น้ำหยดใต้ดิน และบนดินในสภาวะสภาวะที่ให้น้ำ 100% ของความต้องการน้ำของพืชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อการให้ผลผลิตของมะเขือเทศ แต่ในสภาวะเครียด (ระดับ 50% ของความต้องการน้ำของพืช) พบความแตกต่างทางสถิติ โดยพบว่า ผลผลิตของมะเขือเทศที่ให้น้ำหยดใต้ดินสูงกว่าการให้น้ำบนผิวดินถึง 66.5% เนื่องจากการให้น้ำหยดใต้ดินมีความชื้นบริเวณเขตรากสูงกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน ซึ่งตรงกับการศึกษาของ (Phene et al., 1989; Ben-Asher and Phene, 1993) การให้น้ำหยดใต้ดินเป็นการลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยจากผิวดินในสภาวะเครียดน้ำ (Phene, 1995; Oliveira et al., 1996; Ayars et al., 1999) และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าการให้น้ำบนผิวดิน (Ayars et al., 1999; Enciso-Medina et al., 2002; Machado et al., 2003) ทำให้สามารถลดปริมาณการให้น้ำ และรักษาระดับของผลผลิตมะเขือเทศ (Kirda et al., 2004; Zegbe et al., 2006) ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศ อาจเนื่องมาจากมีการ

ให้น้ำที่มากเพียงพอตลอดระยะเวลาการปลูก (ประมาณ 900 ลบ.ม./ไร่) ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของมะเขือเทศทั้งการให้น้ำหยดบนผิวดินและใต้ดิน โดยมีรายงานว่า มะเขือเทศมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูก 500-650 ลบ.ม./ไร่ (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545) และนอกจากนี้ ทุกตำรับการทดลองมีการคลุมด้วยพลาสติกสีดำทำให้ลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน และรักษาความชื้นในดิน และสามารถควบคุมวัชพืชในแถวปลูกได้ (Mata et al., 2002; Maged, 2006) Lamm and Trooien (2003) รายงานว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน และมีการคลุมด้วยพลาสติกสีดำ ทำให้พืชลดการใช้น้ำลง 25% เนื่องจากการสูญเสียน้ำจากผิวดินมีน้อยจึงอาจทำให้วิธีการให้น้ำหยดบนผิวดิน และใต้ดิน ไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศแตกต่างกัน

ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวส่งผลให้ความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 95.56 ซม. 25.99 กรัม 83.75 กรัม และ 7.49 ตัน/ไร่ ตามลำดับ รองลงมาคือการใส่ขี้เถ้าแกลบ ส่วนการใส่ขี้เลื่อยทำให้ความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตต่ำที่สุด โดยมีค่าต่ำกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ตารางที่ 7) ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปรับปรุงดิน (ตารางที่ 6) พบว่าคุณสมบัติของ ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ และขี้เลื่อยมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า C:N โดยพบว่าขี้เลื่อยมีค่า C:N กว้างที่สุด (157:1) รองลงมาคือ ขุยมะพร้าว C:N (96:1) และขี้เถ้าแกลบ (44:1) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้วัสดุแต่ละชนิดมีอัตราการย่อยสลายที่แตกต่างกัน จากค่า C:N ขี้เลื่อยน่าจะเป็นวัสดุที่มีอัตราการย่อยสลายช้าที่สุด รองลงมา คือขุยมะพร้าว และขี้เถ้าแกลบตามลำดับ ถึงอย่างไรก็ตามค่า C:N ไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ แต่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งได้แก่ ขนาดของวัสดุ (particle size) ความสามารถในการเปียกน้ำ (ease of wetting) และองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ (chemical composition) โดยวัสดุที่มีส่วนประกอบของ polyphenol ย่อยยากที่สุด รองลงมา คือ lignin และย่อยง่ายที่สุด คือ cellulose (Mtambanengwe and Kirchmann, 1995; Tian et al., 1995) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าหลังปลูกมะเขือเทศ 45 วัน เริ่มสังเกตเห็นอาการ chorosis จากการขาด N ของตำรับการทดลองที่มีการใส่ขี้เลื่อย Michael et al. (1998) พบว่า พืชที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีขี้เลื่อยผสมทำให้พบอาการ chlorosis จากการขาด N มากที่สุด เนื่องจากขี้เลื่อยมีค่า C:N กว้าง แต่มีปริมาณลิกนินต่ำ โดยปกติมีค่า 20-30% (Glennie and Mc carth, 1962) ซึ่งทำให้มีการย่อยสลายและทำให้เกิดอัตราการ N immobilizationสูงในดิน (Prasad, 1997) Roberts and Stephenson (1948); Allison (1973) รายงานว่าการสูญเสีย N (available N) เริ่มเกิดขึ้น 40 วันแรก หลังจากใส่ขี้เลื่อยที่มีค่า C:N กว้างลงไปในดิน แต่ถ้ามี C:N แคบจะเริ่มมีการสูญเสีย N จากดินที่ 160 วัน และการขาด N อาจจะเกิดขึ้นในระยะ 1-4 ปี หรือมากกว่าหากมีการใส่ขี้เลื่อยในอัตราที่สูง ทำให้ขี้เลื่อยไม่เป็นที่แนะนำในการใส่ไปในดินเพื่อใช้

เป็นอินทรียวัตถุในระยะสั้น เนื่องจากเกิดกระบวนการ N immobilization ระยะยาว และทำให้พืชขาด N ได้ (Allison and Anderson, 1951; Davey, 1965; Armson and Sandreika, 1974; Williams and Hanks, 1976; Abd-el-malek and others, 1979; Cogger, 2005) การใช้ขี้เลื่อยจึงต้องมีการใส่ปุ๋ย N ลงไปในดินสูงกว่าปกติ Allison and Clover (1959) รายงานว่าเมื่อมีการใส่ขี้เลื่อยลงไปในดิน ควรใส่ปุ๋ย N ที่ความเข้มข้น 0.75%-1% แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณของขี้เลื่อยที่ใส่ลงไปในดิน Locascio et al. (1961) รายงานว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราของขี้เลื่อยที่ใส่ลงไปในดิน ทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศต่ำลง แต่เมื่อมีการเพิ่มอัตราของปุ๋ย N ลงไปในดินด้วยทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ในการทดลองนี้ ไม่เพียงพอต่อการทำงานของจุลินทรีย์จึงทำให้เกิดกระบวนการ N immobilization สูง และทำให้พืชขาด N จึงมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน และนอกจากนี้ Beardsell et al. (1979); Prasad (1979) รายงานว่าขี้เลื่อยมีเปอร์เซ็นต์ air-filled porosity สูง และมี available water content ต่ำ ทำให้พืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโต (Allaire et al., 2005; Dorais et al., 2005) ทำให้มีการเก็บรักษาน้ำในดินต่ำ จึงต้องให้น้ำในปริมาณต่ำ และบ่อยครั้ง (Favaro et al., 2002) ส่วนขุยมะพร้าวไม่พบปัญหาในการเกิด N immobilizationในช่วงระยะเวลาการปลูกมะเขือเทศ เนื่องจากมีปริมาณของ lignin สูง โดยทั่วไปมี lignin 65%-70% และ cellulos 25%-30% (Meerow, 1994) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำ และ ค่า CEC สูง จึงทำให้มะเขือเทศมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงที่สุด ส่วนขี้เถ้าแกลบมีค่า C:N ต่ำที่สุดทำให้เกิดการย่อยสลายง่ายกว่าขุยมะพร้าว และขี้เลื่อย แต่การย่อยสลายวัสดุที่มี C:N ต่ำ การเกิด N immobilization จะมีน้อยกว่าวัสดุที่มี C:N ที่สูง จึงทำให้การขาด N ในตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เถ้าแกลบไม่รุนแรงเหมือนกับการใช้ขี้เลื่อย และปริมาณของปุ๋ย N ที่ใส่เข้าไปน่าจะเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์จึงไม่ทำให้เกิดกระบวนการ N immobilization และพบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินแต่ละชนิดไม่ส่งผลให้คุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ผลของวิธีการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	ความสูง (ซม.)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ผลผลิต (กก./ไร่)
วิธีการให้น้ำ				
น้ำหยดบนผิวดิน	92.58	23.09	75.85	6.52
น้ำหยดใต้ดิน	92.95	23.24	73.38	6.57
ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน				
ขุยมะพร้าว	95.56a	25.99a	83.75a	7.49a
ขี้เถ้าแกลบ	95.03a	23.07b	75.50b	6.88b
ขี้เลื่อย	87.79b	20.78c	67.08c	5.48d
ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน	92.59ab	22.51b	69.66c	6.13c
CV (%)	5.59	5.91	5.38	4.85

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	TSS (% Brix)	TA (%)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ผลเสีย (%)
วิธีการให้น้ำ				
น้ำหยดบนผิวดิน	4.00	0.47	22.18	2.12
น้ำหยดใต้ดิน	3.95	0.46	22.51	2.13
ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน				
ขุยมะพร้าว	4.01	0.46	22.48	2.12
ขี้เถ้าแกลบ	4.03	0.47	22.67	2.13
ขี้เลื่อย	3.92	0.47	22.04	2.11
ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน	3.88	0.44	22.05	2.15
CV (%)	9.54	6.78	5.74	2.96

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะเขือเทศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า วิธีการให้น้ำที่ต่างกัน (การให้น้ำหยดบนดิน และใต้ดิน) ไม่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) แต่ในการศึกษาของ Ayars et al. (1999); Machado et al. (2003); Kirda et al. (2004); Abdulrasoul et al. (2009); Mohammad, (2012) Zegbe et al. (2006) พบว่า การให้น้ำหยดใต้ผิวดินส่งผลให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน โดย Abdulrasoul et al. (2009) รายงานว่า การให้น้ำหยดใต้ดินทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศสูงกว่าการให้น้ำหยดบนผิวดิน 24% ซึ่งในปี 2005 และ 33.7% ในปี 2006 ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณ soil water content สูงในบริเวณเขตราก จึงทำให้รากมีการแพร่กระจายได้ดี แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน เนื่องจากมีการคลุมแปลงทดลองด้วยพลาสติกสีดำ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดการสูญเสียน้ำจากผิวดินได้ดี โดยจากรายงานพบว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำจากผิวดินได้ถึง 25% (Lamm and Trooien, 2003) และวิธีการให้น้ำต่างกันไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นของ N P และ K ในใบแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากทั้งสองวิธีมีการควบคุมปริมาณการให้น้ำที่เท่ากัน ดังนั้นการซึมน้ำลงลึก การชะล้างปุ๋ย และโอกาสในการสูญเสียปุ๋ยจึงมีเท่ากัน

ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด (10.16 กก./ลบ.ม.) รองลงมา คือขี้เถ้าแกลบ (9.33 กก./ลบ.ม.) ส่วนการใส่ขี้เลื่อยทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (7.43 กก./ลบ.ม.) ต่ำกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน (8.31 กก./ลบ.ม.) (ตารางที่ 9) ซึ่งการใส่ขุยมะพร้าวหรือขี้เถ้าแกลบ อาจทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีทำให้ไม่มีการสูญเสียน้ำซึมลงไปลึกกว่าระดับราก ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิตสูง ในขณะที่ขี้เลื่อยอาจจะสามารถอุ้มน้ำได้ดี แต่เกิดการย่อยสลายเร็วจึงทำให้เกิดกระบวนการ N immobilization ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร N P และ K ของใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวและขี้เถ้าแกลบ ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของ N P และ K ในใบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินโดยพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวมีความเข้มข้นของ N P และ K ในใบสูงที่สุด โดยมีค่า 2.37% ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่สูงในตำรับการใช้ขุยมะพร้าว อาจเนื่องมาจากการอุ้มน้ำในดินที่สูงขึ้น ทำให้การชะล้างของปุ๋ยลงไปลึกกว่าระดับรากของพืชมีน้อยลงจึงทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่ขี้เลื่อยพบว่า การใส่ขี้เลื่อยส่งผลให้ความเข้มข้นของ P และ K ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน แต่พบว่ามีความเข้มข้นของ N ในใบต่ำกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดินโดยมีค่า 1.87% และมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะโดยปกติความเข้มข้นของ N ในใบมะเขือเทศควรอยู่ในช่วง 2.00-3.00% ส่วน P

และ K อยู่ในช่วงมาตรฐาน คือ P 0.20 - 0.35% และ K 2.50 – 4.00% (Burt et al., 1998) เนื่องจากการใส่ขี้เลื่อยทำให้เกิดกระบวนการ N immobilization จึงทำให้การใส่ปุ๋ยNเข้าไปในดิน จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ จึงมีการดึง N จากดินไปใช้ ส่งผลให้ N ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แสดงให้เห็นว่า ถ้ามีการใช้ขี้เลื่อยเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ต้องมีการจัดการปุ๋ย N ให้เพียงพอต่อจุลินทรีย์ดิน และเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชจึงจะไม่แสดงอาการขาด N Fog (1988) พบว่า การใส่ปุ๋ย N มีอิทธิพลโดยตรงต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน Roberts and Stephenson (1948); Allison (1973) รายงานว่า การปลูกพืชที่ใช้วัสดุจากเนื้อไม้ ต้องมีการจัดการปริมาณปุ๋ย N ให้เพียงพอต่อความต้องการ N ของจุลินทรีย์ และความต้องการของพืช เพื่อไม่ให้กระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช และป้องกันการขาดธาตุอาหารในดิน Handreck (1991) พบว่า พืชที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ได้จากเนื้อไม้มีแนวโน้มการขาด N จากกระบวนการ N immobilization เนื่องจากวัสดุที่ได้จากเนื้อไม้เป็นแหล่งที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนสูง แต่มีปริมาณ nutrients available ต่ำ ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ดึง NO_3^- และ NH_4^+ จากสารละลายในดิน ทำให้ความเข้มข้นของ inorganic N ไม่เพียงพอต่อพืช ส่งผลให้พืชขาด N (Gumi, 2001) และถ้ามีการใส่ปุ๋ย N ไม่เพียงพอก็จะเกิดปัญหาพืชขาด N อย่างรุนแรง (Bodman and Sharman, 1993; Handreck, 1993)

ตารางที่ 9 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ และปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศลูกท้อพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กก./ลบ.ม)	ปริมาณธาตุอาหารในใบ (%)		
		N	P	K
วิธีการให้น้ำ				
น้ำหยดบนผิวดิน	8.84	2.14	0.24	2.82
น้ำหยดใต้ดิน	8.92	2.06	0.24	2.76
ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน				
ขุยมะพร้าว	10.16a	2.37a	0.30a	2.93a
ขี้เถ้าแกลบ	9.33b	2.09b	0.23b	2.91a
ขี้เลื่อย	7.43d	1.87c	0.20c	2.68b
ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน	8.31c	2.04b	0.22b	2.57c
CV (%)	4.89	8.62	12.77	2.76

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติทางเคมีของดินพบว่า วิธีการให้น้ำที่ต่างกันคือ การให้น้ำหยดบนผิวดิน และน้ำหยดใต้ดินไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ส่วนวัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่า การใส่ขี้เถ้าแกลบและขี้เลื่อยส่งผลให้ค่า pH ของดินเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ได้ใส่วัสดุปรับปรุงดิน และตำรับที่ใส่ขุยมะพร้าว อาจเนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของขี้เถ้าแกลบ มีความเป็นด่างจัดมาก โดยค่า pH > 9.0 (กองวิเคราะห์ดิน, 2540) ซึ่งมีค่า 9.79 ส่วนขี้เลื่อยมีค่า 7.33 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกลาง (ตารางที่ 6) ดังนั้น เมื่อมีการใส่ลงไปในดินจึงมีผลในการเพิ่มค่า pH ในดิน ส่วนขุยมะพร้าวมีค่า pH 6.01 จึงไม่มีผลในการเพิ่มค่า pH ในดิน และวัสดุปรับปรุงดินทุกชนิดมีผลในการเพิ่มค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุปรับปรุงดิน แสดงให้เห็นว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินทำให้เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้ ยังเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และการเกาะกันเป็นเม็ดดินได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลของการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินส่งผลให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้น (Bollen, 1969; Allison, 1973; Rose et al., 1995; Christopher, 1996; Jacobs et al., 2003; Cogger, 2005; Riley and Steinfeld, 2005) ดังนั้นหลักการในการเลือกใช้วัสดุเพื่อการปรับปรุงดิน จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ ซึ่งหากต้องการให้ได้ธาตุอาหารลงในดินควรเลือกวัสดุที่มีค่า C:N แคบ อยู่ในช่วง 20:1 โดยไม่เกิน 30:1 เช่น การใส่กากพืชตระกูลถั่ว หรือปุ๋ยคอกเพื่อป้องกันการเกิดกระบวนการ N-immobilization และเมื่อมีการย่อยสลายก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่ดิน แต่ถ้าเลือกวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินควรเป็นวัสดุที่มีค่า C:N กว้าง แต่มีองค์ประกอบที่จุลินทรีย์ดินย่อยสลายได้ยาก เช่น lignin หรือมีคุณสมบัติในการป้องกันการย่อยสลายของจุลินทรีย์

ตารางที่ 10 ผลของวิธีการให้น้ำ วัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

ตำรับการทดลอง	pH	EC (ไมโครซีเมนต์/ม.)	OM (%)	P (มม./กก.)	K (มม./กก.)
วิธีการให้น้ำ					
น้ำหยดบนผิวดิน	6.55	60.91	1.99	11.42	68.45
น้ำหยดใต้ดิน	6.67	60.45	1.97	12.01	68.18
ชนิดของวัสดุปรับปรุงดิน					
ขุยมะพร้าว	6.03b	67.24a	2.17a	10.81bc	70.81a
ขี้เถ้าแกลบ	7.07a	56.66c	1.90b	13.47a	72.71a
ขี้เลื่อย	7.02a	62.68b	1.96a	12.12ab	66.92b
ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน	6.03b	51.60d	1.83b	9.18c	57.34c
CV (%)	3.35	6.42	6.75	14.70	6.24

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของวัสดุปรับปรุงดิน ความถี่ของการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยทางน้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศ

1. คุณสมบัติของดิน และวัสดุปรับปรุงดินก่อนการทดลอง

คุณสมบัติของดินแสดงในตารางที่ 11 โดยดินที่ใช้จัดเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย ในชุดดินจัตุรัสที่มีค่า pH ค่อนข้างสูง (7.8) อินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ (1.23%) จึงส่งผลให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินต่ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.4% โดยปริมาตร ส่วน available P (54.4 มก./กก.) มีค่าสูง exchangeable K (74.0 มก./กก.), exchangeable Ca (1,240 มก./กก.) มีค่าปานกลาง และคุณสมบัติของขุยมะพร้าว แสดงในตารางที่ 11 พบว่าในขุยมะพร้าวมีค่าอินทรียวัตถุสูง เท่ากับ 59.6% และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินสูงกว่าในดินถึง 7.75 เท่า โดยมีค่าเท่ากับ 88.35% โดยปริมาตร

ตารางที่ 11 คุณสมบัติของดิน และขุยมะพร้าวสำหรับปลูกมะเขือเทศ

คุณสมบัติ		ดิน	ขุยมะพร้าว
pH		7.81	6.01
EC	(ไมโครซีเมนต์/ม.)	113	1417
Organic matter	(%)	1.28	59.6
Organic carbon	(%)	0.74	34.7
N	(%)	0.06	0.36
C:N		12:1	96:1
Available P	(มก./กก.)	54.4	-
Exchangeable K	(มก./กก.)	74.0	-
Field capacity	(% โดยปริมาตร)	28.5	119
Permanent wilting point	(% โดยปริมาตร)	17.1	30.6
Water holding capacity	(% โดยปริมาตร)	11.4	88.3

2. ความถี่ของการให้น้ำ ปริมาณการให้น้ำต่อครั้ง และตามความต้องการน้ำของพืช

จากตารางที่ 12 พบว่า การให้น้ำที่ ETc 15 มม. ซึ่งมีความถี่ของการให้น้ำถี่ที่สุด คือ 3-5 วัน/ครั้ง โดยมีปริมาณการให้น้ำ 11.3-14.1 มม./ครั้ง ส่วน ETc 25 มม. มีความถี่ของการให้น้ำอยู่ในช่วง 6-9 วัน/ครั้ง และมีปริมาณการให้น้ำ 22.6-23.9 มม./ครั้ง และที่ ETc 35 มม. ซึ่งมีความถี่ของการให้น้ำห่างที่สุดโดยอยู่ในช่วง 9-13 วัน/ครั้ง และมีปริมาณการให้น้ำต่อครั้งสูงที่สุด คือ 31.7-33.8 มม./ครั้ง

ตารางที่ 12 ความถี่ของการให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ให้แก่มะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ระดับ ETc	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
			ความถี่ของการให้น้ำ (วัน/ครั้ง)		
ETc 15 มม.	5	4	4	3	4
ETc 25 มม.	9	7	7	6	7
ETc 35 มม.	13	10	9	9	10
			ปริมาณน้ำที่ให้ (มม./ครั้ง)		
ETc 15 มม.	13.0	13.7	14.1	11.3	13.7
ETc 25 มม.	23.3	23.9	24.6	22.6	23.9
ETc 35 มม.	33.7	34.2	31.7	33.8	34.2

3. การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต

จากการวิเคราะห์พบว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และทางดิน ส่งผลให้มะเขือเทศมีความสูงและผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มะเขือเทศมีความสูงและผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยมีค่าเท่ากับ 83.44 ซม. และ 7.64 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ให้ปุ๋ยทางดินสูง และผลผลิตมะเขือเทศมีค่า 66.38 ซม. และ 6.83 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 13) และนอกจากนี้ ยังพบว่าวิธีการให้ปุ๋ยที่ต่างกัน ยังส่งผลให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผลมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลมีค่า 82.33 กรัม/ผล ซึ่งมากกว่าวิธีการให้ปุ๋ยทางดินที่ทำให้มะเขือเทศมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผล 76.65 กรัม/ผล ซึ่งตรงกับการทดลองของ Shedeed et al., (2009) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าวิธีการให้ปุ๋ยต่างกัน ไม่ได้มีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งต้น แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งต้น มีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bar Yosef and Sagiv (1982); Ibrahim (1992); Lara et al. (1996); Locascio et al. (1997); Hebbar et al. (2004) Mmolawa and Or (2000) พบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ทำให้ประหยัดปุ๋ย เพิ่มผลผลิตของมะเขือเทศ และลดการสูญเสียปุ๋ยไปจากดิน โดย Badr et al. (2010) ศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหาร และผลผลิตของมะเขือเทศภายใต้วิธีการให้ปุ๋ย และระดับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในสภาพแห้งแล้ง โดยพบว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ 100% ส่งผลให้จำนวนผลต่อต้น ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน 100% การให้ปุ๋ยทางดิน 50% และทางระบบน้ำ 50% Hebbar et al. (2004) รายงานว่าการให้ N P และ K.ในระบบน้ำส่งผลให้ผลผลิตของมะเขือเทศมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยแบบหว่านเป็นแถวถึง 33% แสดงให้เห็นว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้พืชมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถแบ่งการให้ปุ๋ยได้หลายครั้ง จึงลดการสูญเสียปุ๋ยไปจากดิน ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยแก่มะเขือเทศได้ (Malik et al., 1994) โดยเฉพาะ N และ K ที่มีการเคลื่อนที่ได้ดีในดิน จึงทำให้เกิดการสูญเสียได้ง่าย ซึ่งจากการศึกษาของ Aramini et al. (1995) พบว่า เมื่อมีการเพิ่มการให้ปุ๋ย N และ K ในระบบน้ำมากกว่า 75% ทำให้ผลผลิตของมะเขือเทศเพิ่มขึ้น Hebbar et al. (2004) รายงานว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำสามารถลดการสูญเสีย NO_3^- และ K ลงลึกเกินระดับราก โดยการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำเพิ่ม N P และ K ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในบริเวณเขตราก (Shedeed et al., 2009) ดังนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจึงสามารถลดการสูญเสียปุ๋ยไปจากดิน โดย Gardenas et al. (2005) รายงานว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำทำให้มีการสูญเสียปุ๋ยไปจากดินในอัตราที่ต่ำ เนื่องจากพืชได้รับปุ๋ยโดยตรงพร้อมกับน้ำ และมีการกระจายของปุ๋ยอยู่บริเวณเขตรากพืช ทำให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ Phene and Beale (1976) รายงานว่า การให้น้ำในระบบน้ำหยด ซึ่งมีการรักษาความชื้น

อยู่บริเวณเขตรากพืช จึงส่งผลให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยที่ให้ไปพร้อมกับน้ำได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ส่งผลให้การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน

การให้น้ำเมื่อค่า ETc 15 25 และ 35 มม. ส่งผลให้ดัชนีพื้นที่ใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้น้ำที่ ETc 15 มม. ทำให้ดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าสูงที่สุด (3.58) ในขณะที่การให้น้ำที่ ETc 25 และ ETc 35 มม. มีค่าเท่ากับ 2.21 และ 1.38 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังส่งผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าการให้น้ำที่ ETc 15 มม. มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 88.13 กรัม/ผล และ 7.95 ตัน/ไร่ ตามลำดับ รองลงมา คือ ที่ ETc 25 มม. ส่งผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตมีค่า 83.32 กรัม/ผล และ 7.47 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และที่ ETc 35 มม. ส่งผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตเท่ากับ 67.01 กรัม/ผล และ 6.33 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 13) อย่างไรก็ตามการให้น้ำที่ความถี่ต่างกันไม่ส่งผลให้ความสูง และน้ำหนักแห้งต้นของมะเขือเทศ มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนการใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดินส่งผลให้ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว คิดเป็น 3.78%, 91.48%, 42.78%, 6.39% และ 27.97% ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ขุยมะพร้าวมีความสูงเท่ากับ 73.44 ซม. ดัชนีพื้นที่ใบ 1.41 น้ำหนักแห้งต้น 12.45 กรัม/ต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 79.49 กรัม/ผล และผลผลิต 6.36 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 13) ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของขุยมะพร้าวพบว่า ขุยมะพร้าวจัดเป็นวัสดุที่ปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางด้านเคมี และกายภาพ เช่น การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เนื่องจากเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดิน เพิ่มค่าการดูดยึดประจุบวกในดิน และลดความหนาแน่นของดิน (Cresswell, 2006) โดยThampan (1981) รายงานว่า การใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดิน 2% ของน้ำหนักดินสามารถเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินถึง 40% ดังนั้น การใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดิน จึงทำให้การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ โดยจากการศึกษาครั้งนี้ พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่วัสดุปรับปรุงดินและความถี่ของการให้น้ำต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศ (รูปที่ 2 และ 3) ซึ่งพบว่า เมื่อมีการใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดินในทุกระดับความต้องการน้ำของพืช (ETc) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิตสูงกว่าไม่มีการใส่ขุยมะพร้าว โดยเฉพาะที่ ETc 35 มม. หรือการให้น้ำห่างที่สุดทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศเพิ่มขึ้นถึง 64.49% จึงส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 64.51% เช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการให้น้ำห่าง หรือที่ ETc 35 มม. และมีการใส่ขุยมะพร้าวจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ขุยมะพร้าวในตำรับที่ให้น้ำ ที่ ETc 15 และ 25 มม. โดยพบว่าที่ ETc 15 มม. เมื่อมีการใส่ขุยมะพร้าวทำให้

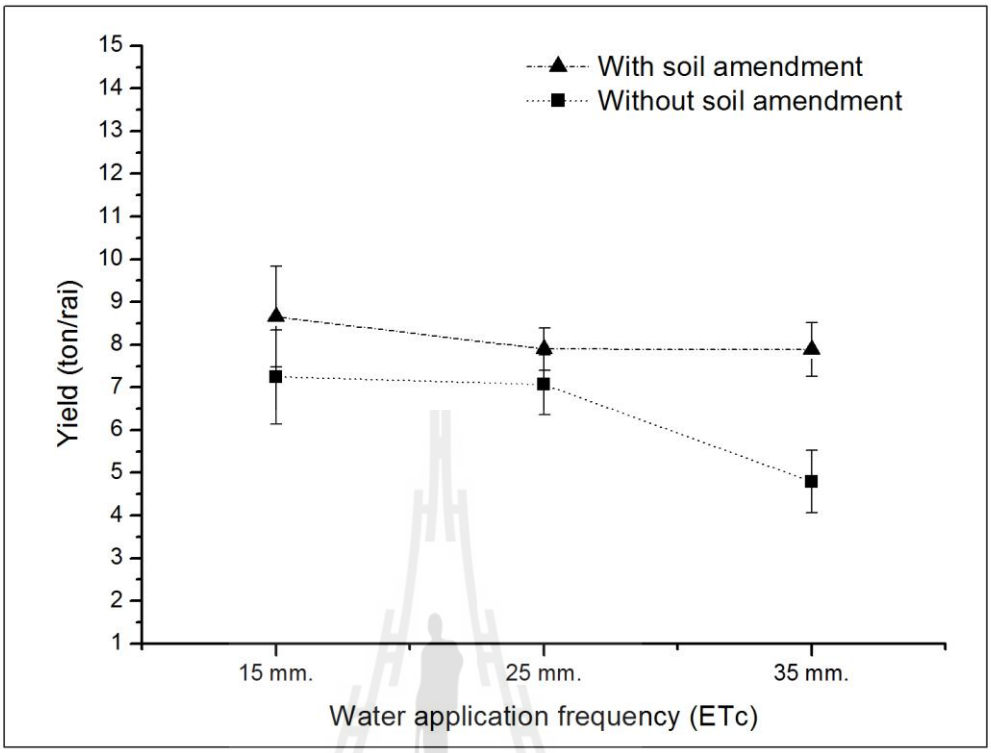
ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 19.51% และผลผลิตเพิ่มขึ้น 19.48% ส่วนที่ ETc 25 มม. การใส่ขุยมะพร้าวทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 12.79% และผลผลิตเพิ่มขึ้น 11.76% ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ขุยมะพร้าว พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และผลผลิตของมะเขือเทศที่ ETc 35 มม. (ให้น้ำ 9-13 วัน/ครั้ง) มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากการให้น้ำในตำรับการทดลองนี้ จะทำการให้น้ำเมื่อระดับปริมาณน้ำในดินเหลืออยู่น้อยกว่า 50% ของความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ซึ่งเข้าใกล้จุดเหี่ยวถาวร จึงทำให้พืชดูดใช้น้ำได้ยาก และเมื่อมีการให้น้ำต้องให้ในปริมาณสูงเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืช และรักษาปริมาณน้ำให้อยู่ระดับชลประทานแต่สภาพดินเป็นดินทรายที่มีการอุ้มน้ำต่ำ (11.4% โดยปริมาตร) ทำให้เมื่อมีการให้น้ำในอัตราที่สูงจึงเกิดการสูญเสียน้ำซึมลงลึก ซึ่งจากการคำนวณจะลงไปลึกเกินกว่าระยะราก ที่ระดับ 80 ซม. ทำให้ลดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในบริเวณเขตรากพืช และยังทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับน้ำด้วย โดยเฉพาะธาตุ N และ K ที่มีการเคลื่อนย้ายได้ดีในดิน จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและผลผลิตลดต่ำลง Santos et al. (1997); Shedeed et al. (2009) รายงานว่า การเคลื่อนที่ของ NO_3^- ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดินและการเคลื่อนที่ของน้ำ ดังนั้นเมื่อเกิดการสูญเสียน้ำลงลึก NO_3^- ก็จะเคลื่อนที่ไปกับน้ำอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การให้น้ำที่ ETc 15 มม. เกิดการซึมผ่านแค่ในระดับ 35 ซม. จึงไม่มีการสูญเสียปุ๋ย แต่เมื่อมีการใส่ขุยมะพร้าวลงในดินความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้นเป็น 17.4% ส่งผลให้การให้น้ำที่ ETc 35 มม. สามารถลดการซึมลงลึกของน้ำลงไปไม่เกิน 40 ซม. ทำให้น้ำ และปุ๋ยเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น จากการทดลองนี้ จึงสรุปได้ว่า ในดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อมีการใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดินสามารถทำให้ดิน มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับน้ำไว้ในบริเวณของรากมะเขือเทศได้นานกว่าปกติ ดังนั้นการใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดินจึงสามารถลดความถี่ของการให้น้ำแก่มะเขือเทศได้จาก 3-4 วัน เป็น 9-13 วัน โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และผลผลิตของมะเขือเทศ

ตารางที่ 13 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำและวัสดุปรับปรุงดินต่อความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล และผลผลิตของมะเขือเทศลูกท้อพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	ความสูง (ซม.)	ดัชนีพื้นที่ใบ	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
วิธีการให้ปุ๋ย					
ทางระบบน้ำ	83.4a	2.20	14.40	82.3a	7.64a
ทางดิน	66.3b	1.91	12.56	76.6b	6.83b
ความถี่การให้น้ำ					
ETc 15 มม.	76.5	2.58a	17.47	88.1a	7.95a
ETc 25 มม.	75.4	2.21b	11.83	83.3a	7.47a
ETc 35 มม.	73.9	1.38b	11.12	67.0b	6.33b
วัสดุปรับปรุงดิน					
ใส่ขุยมะพร้าว	76.2a	2.70a	17.77a	84.6a	8.14a
ไม่ใส่ขุยมะพร้าว	73.4b	1.41b	12.45b	79.5b	6.36b
CV (%)	2.97	43.9	42.26	8.3	10.47

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ต่อผลผลิตของมะเขือเทศ

หมายเหตุ : I = standard deviation

3. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะเขือเทศ

วิธีการให้ปุ๋ยส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และปริมาณความเข้มข้นของ P และ K ในใบมีค่าแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และปริมาณความเข้มข้นของ N ในใบ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14)โดยวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และปริมาณความเข้มข้นของ N P และ K มีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่า 13.8 กก./ลบ.ม. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K เท่ากับ 319 กก./กก. N 1915 กก./กก. P และ 638 กก./กก. K และปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหาร N P และ K ในใบ มีค่า 4.18 %, 0.26 % และ 3.46 % ตามลำดับ ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Vasane et al. (1996); Hebbar et al. (2004); Shedeed et al. (2009) ซึ่งพบว่าปริมาณการ uptake และ recovery (%) ของธาตุอาหารในดิน และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของมะเขือเทศในการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดินที่ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดเหมือนกันโดย Hebbar et al. (2004)

พบว่า ความเข้มข้นของ N P และ K ในใบมะเขือเทศในตำรับที่ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำมีค่าสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำป้องกันการสูญเสีย NO_3^- จากบริเวณเขตราก (Li et al., 2004; Shedeed et al., 2009) Ben-Gal et al. (2003) รายงานว่า การแบ่งให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสทางระบบน้ำในความเข้มข้นต่ำ แต่ให้บ่อยครั้ง สามารถเพิ่มการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดิน และเพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและสามารถลดอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดิน ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน

การให้น้ำเมื่อค่า ETc 15, 25 และ 35 มม. ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และความเข้มข้นของ P ในใบของมะเขือเทศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และความเข้มข้นของ N ในใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการให้น้ำที่ ETc 15 มม. ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และความเข้มข้นของ P ในใบสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 14.29 กก./ลบ.ม. และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และK เท่ากับ 331 กก./กก. N 1987 กก./กก. P และ 662 กก./กก. K ตามลำดับ ความเข้มข้นของ P และ N ในใบมีค่า 0.25% 4.15% ตามลำดับ รองลงมาคือ ETc 25 มม. พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 13.49 กก./ลบ.ม. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K เท่ากับ 311 กก./กก. N 1867 กก./กก. P และ 623 กก./กก. K ตามลำดับ ความเข้มข้นของ P และ N ในใบ มีค่า 0.23% และ 4.21% ตามลำดับ ส่วนที่ ETc 35 มม. พบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ 11.47 กก./ลบ.ม. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K เท่ากับ 264 กก./กก. N 1584 กก./กก. P และ 528 กก./กก. K และความเข้มข้นของ P และ N ในใบมีค่า 0.20% และ 3.62% ตามลำดับ (ตารางที่ 14) แต่พบว่า การให้น้ำที่ ETc 15 25 และ 35 มม. ไม่ส่งผลให้ความเข้มข้นของ K ในใบแตกต่างกันทางสถิติ

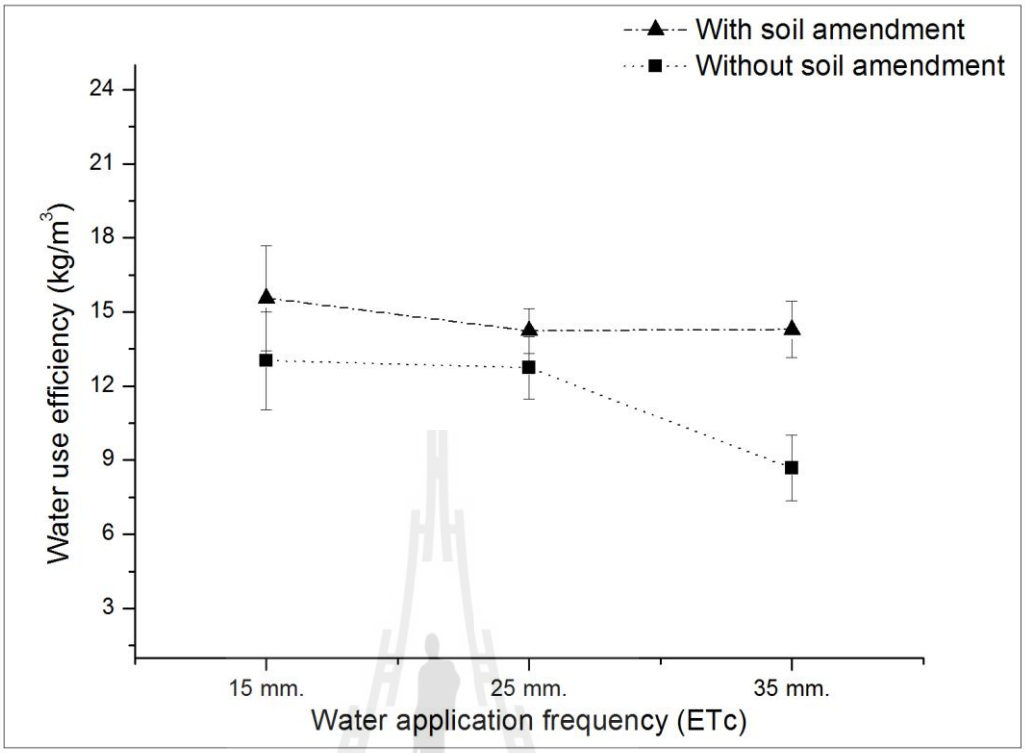
การใส่วัสดุปรับปรุงดินทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวลงไปในดินทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว โดยการใส่ขุยมะพร้าวทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 14.69 กก./ลบ.ม. ส่วนตำรับที่ไม่มีการใส่ขุยมะพร้าวทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยกว่าโดยมีค่า11.48 กก./ลบ.ม. (ตารางที่ 14) และพบว่า การใส่ขุยมะพร้าวทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย N P และ K สูงกว่า การไม่ใส่ขุยมะพร้าว โดยมีค่าเท่ากับ 339 กก./กก. N 2,036 กก./กก. P และ 678 กก./กก. K ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ไม่มีการใส่ขุยมะพร้าว พบว่ามะเขือเทศมีประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย N P และ K เท่ากับ 265 กก./กก. N 1,591 กก./กก. P และ 530 กก./กก. K และนอกจากนี้ ส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของ P มีค่า 0.23% ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว อย่างไรก็ตามการใส่ขุยมะพร้าวไม่ทำให้ความเข้มข้นของ N และ K ในใบแตกต่างจากการไม่ใส่ขุยมะพร้าว

ตารางที่ 14 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และปริมาณธาตุอาหารในใบของมะเขือเทศ

ตำรับการทดลอง	WUE	FUE (กก./กก. ปุ๋ย)			ปริมาณธาตุอาหารในใบ (%)		
	(กก./ลบ.ม.)	N	P	K	N	P	K
วิธีการให้ปุ๋ย							
ทางระบบน้ำ	13.8a	319a	1915a	638a	4.18a	0.26a	3.46a
ทางดิน	12.3b	285b	1711b	570b	3.81b	0.20b	2.82b
ความถี่การให้น้ำ							
ETc 15 มม.	14.3a	331a	1987a	662a	4.15a	0.25a	3.31
ETc 25 มม.	13.4a	311a	1867a	623a	4.21a	0.23b	3.21
ETc 35 มม.	11.4b	264b	1584b	528b	3.62b	0.20c	2.89
วัสดุปรับปรุงดิน							
ใส่ขุยมะพร้าว	14.6a	339a	2036a	678a	4.08	0.23a	3.17
ไม่ใส่ขุยมะพร้าว	11.4b	265b	1591b	530b	3.90	0.21b	3.11
CV (%)	10.45	10.46	10.47	10.47	14.17	14.08	9.11

WUE: water use efficiency; FUE: fertilizer use efficiency

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



รูปที่ 3 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของมะเขือเทศ

หมายเหตุ : I = standard deviation

4. คุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศ

วิธีการให้ปุ๋ยที่ต่างกัน ไม่ส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณกรด ความแน่นเนื้อ น้ำหนักเฉลี่ยผล และ เปอร์เซ็นต์ผลเสีย แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hebbar et al., 2004 ที่พบว่า วิธีการให้น้ำแต่ละวิธีไม่ส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณกรด ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์ผลเสียที่เกิดจากแมลงแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยผล และ เปอร์เซ็นต์ผลเสีย (blossom end rot) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าการให้น้ำที่ ETc 35 มม. มีค่า blossom end rot สูงที่สุด 1.81% ส่วนที่ ETc 25 มม. เท่ากับ 1.30% และ ETc 15 มม. เท่ากับ 1.23% และการใส่วัสดุปรับปรุงดินไม่ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณกรด ความแน่นเนื้อ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผล และ เปอร์เซ็นต์ผลเสียแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศเพอร์เฟกโกลด์

Treatment	ของแข็งที่ละลายในน้ำ (%)	ปริมาณกรด (%)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ผลเสีย (%)	
				ก้นเน่า	แมลง
วิธีการให้ปุ๋ย					
ทางระบบน้ำ	3.85	0.55	22.34	1.44	2.21
ทางดิน	4.20	0.49	23.20	1.45	2.14
ความถี่การให้น้ำ					
ETc 15 มม.	4.11	0.51	25.69	1.23a	2.19
ETc 25 มม.	4.07	0.5	22.32	1.30a	2.17
ETc 35 มม.	3.90	0.54	20.31	1.81b	2.16
วัสดุปรับปรุงดิน					
ใส่ขุยมะพร้าว	3.81	0.53	20.43	1.43	2.13
ไม่ใส่ขุยมะพร้าว	4.25	0.51	25.11	1.46	2.22
CV (%)	16.62	13.52	15.11	10.98	18.3

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

5. คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ และการให้ปุ๋ยทางดิน ไม่ส่งผลให้ค่า การซึมน้ำของดิน (permability) ความหนาแน่นดิน (bulk density) และเปอร์เซ็นต์ปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (plant available water content) ของดินแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) โดยมีค่า การซึมน้ำของดิน, ความหนาแน่นดิน และเปอร์เซ็นต์ปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ มีค่าเท่ากับ 64.69 มม./ชม. 1.23 กรัม/ลบ.ซม. และ15.06 (%) ตามลำดับ ส่วนวิธีการให้ปุ๋ยทางดินมีค่าการซึมน้ำของดิน 61.69 มม./ชม. ความหนาแน่นดิน 1.18 กรัม/ลบ.ซม. และปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ 13.93 % ตามลำดับ

การให้น้ำที่ ETc 15 25 และ ETc 35 มม. ไม่ส่งผลให้การซึมน้ำของดิน ความหนาแน่นดิน และ เปอร์เซ็นต์ปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16)

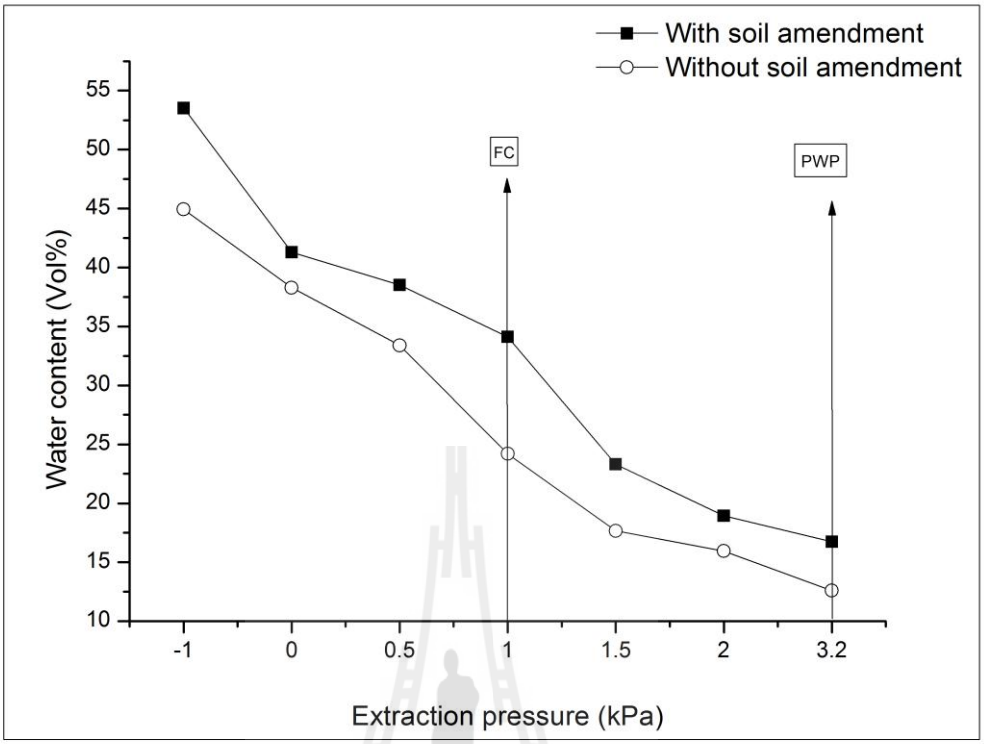
ส่วนการใส่วัสดุปรับปรุงดินส่งผลให้ค่าการซึมน้ำของดิน ความหนาแน่นดิน และเปอร์เซ็นต์ปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 16) โดย

พบว่า ใส่ขุยมะพร้าวสามารถเพิ่มค่าการซึมน้ำของดินได้เป็น 2 เท่า โดยเพิ่มจาก 40.58 มม./ชม. เป็น 85.79 มม./ชม. และลดความหนาแน่นของดินจาก 1.44 กรัม/ลบ.ซม. เป็น 0.97 กรัม/ลบ.ซม. และสามารถเพิ่มค่าปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ จาก 11.6% เป็น 17.39 % ซึ่งจากรูปที่ 4 แสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดิน เมื่อใช้แรงดึงต่างๆ ซึ่งเปรียบเทียบในตำรับที่ใส่ขุยมะพร้าว และไม่ใส่ขุยมะพร้าว พบว่า ที่ระดับแรงดึงที่เท่ากันส่งผลให้ปริมาตรน้ำในดิน (%โดยปริมาตร) ในดินที่มีการใส่ขุยมะพร้าวมีค่าสูงกว่าที่ไม่ใส่ขุยมะพร้าว แสดงว่าการใส่ขุยมะพร้าวลงในดินสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของดินให้สูงขึ้นได้

ตารางที่ 16 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติกายภาพของดินหลังปลูกมะเขือเทศ พันธุ์เพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	การซึมน้ำดิน (มม./ชม.)	ความหนาแน่นดิน (กรัม/ลบ.ซม.)	น้ำที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร)
วิธีการให้ปุ๋ย			
ทางระบบน้ำ	64.69	1.23	15.06
ทางดิน	61.69	1.18	13.93
ความถี่การให้น้ำ			
ETc 15 มม.	70.74	1.16	14.89
ETc 25 มม.	70.57	1.26	14.46
ETc 35 มม.	48.26	1.20	14.13
วัสดุปรับปรุงดิน			
ใส่ขุยมะพร้าว	85.79a	0.97b	17.39a
ไม่ใส่ขุยมะพร้าว	40.58b	1.44a	11.60b
CV (%)	16.62	9.12	32.83

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



รูปที่ 4 ผลของการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณน้ำ เมื่อมีการใช้แรงดันที่ต่างกัน
หมายเหตุ ค่า extraction pressure (kPa) คำนวณจาก $\log_{10}$

2. คุณสมบัติทางเคมี

วิธีการให้ปุ๋ยส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17)

การให้น้ำ ไม่ทำให้ค่า pH, EC, %OM, exchangeable K และ exchangeable Ca แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าค่า available P มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย ETc 35 มม. มีค่า available P ในดินสูงที่สุด (18.34 มก./กก.) รองลงมา คือที่ ETc 25 มม. (10.40 มก./กก.) และที่ ETc 15 มม. (10.40 มก./กก.) ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

วัสดุปรับปรุงดินไม่ทำให้ค่า pH EC ของดิน แตกต่างกันทางสถิติ แต่ส่งผลให้ค่า %OM available P exchangeable K และ exchangeable Ca แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ขุยมะพร้าวมีค่า %OM, available P, exchangeable K และexchangeable Ca เท่ากับ 1.55%, 10.38 มก./กก. , 74.26 มก./กก. และ813.7 มก./กก. ตามลำดับ โดยการใส่ขุยมะพร้าวทำให้ค่า %OM, exchangeable K และ exchangeable Ca เพิ่มสูงขึ้นจากตำรับควบคุม

ตารางที่ 17 ผลของวิธีการให้ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ และวัสดุปรับปรุงดิน ต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกมะเขือเทศเพอร์เฟกโกลด์

ตำรับการทดลอง	pH	EC (ไมโครซีเมนต์/ม.)	OM (%)	P (มม./กก.)	K (มม./กก.)	Ca (มม./กก.)
วิธีการให้ปุ๋ย						
ทางระบบน้ำ	6.26a	55.06b	1.23	9.77b	57.57b	723.2b
ทางดิน	5.93b	68.04a	1.02	16.19a	71.84a	829.2a
ความถี่การให้น้ำ						
ETc 15 มม.	6.14	57.59	1.09	10.19b	60.73	733.4
ETc 25 มม.	6.19	67.10	1.21	10.40b	69.44	777.1
ETc 35 มม.	5.97	59.95	1.08	18.34a	63.94	818.1
วัสดุปรับปรุงดิน						
ใส่ขุยมะพร้าว	6.00	62.91	1.55a	10.38b	74.26a	813.7a
ไม่ใส่ขุยมะพร้าว	6.19	60.19	0.71b	15.58a	55.14b	738.2b
CV (%)	4.3	22.38	40.75	33.74	41.17	9.11

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุป

จากการศึกษาผลของวิธีการให้น้ำแบบประหยัด การใช้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ความถี่ของการให้น้ำ และการใช้วัสดุปรับปรุงดิน ต่อผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศในดินร่วนทรายในสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การให้น้ำหยดใต้ผิวดิน และบนผิวดิน ไม่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของมะเขือเทศ และคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

2) ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเมื่อเทียบกับ ขี้เถ้าแกลบ และขี้เลื่อย เนื่องจากส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำ การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของมะเขือเทศ และคุณสมบัติทางเคมีของดินดีที่สุด และวัสดุทั้ง 3 ชนิด ไม่ส่งผลให้คุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

3) การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางผิวดิน แต่ไม่ส่งผลให้คุณภาพของมะเขือเทศมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

4) การให้น้ำที่ความต้องการน้ำของพืช (ETc) 15 และ 25 มม. ทำให้มะเขือเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศสูงกว่าการให้น้ำที่ ETc 35 มม.

5) การใส่ขุยมะพร้าวลงในดินสามารถเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เพิ่มการซึมน้ำดิน ลดความหนาแน่นของดิน และทำให้การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย และการให้ผลผลิตของมะเขือเทศมีค่าสูงกว่าการไม่ใส่ขุยมะพร้าว

6) พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของความถี่ของการให้น้ำ และการใส่ขุยมะพร้าว โดยพบว่าเมื่อมีการใส่ขุยมะพร้าวลงในดินสามารถลดความถี่ของการให้น้ำได้ (9-13 วัน) โดยไม่กระทบต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพของมะเขือเทศ

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2527). **คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. สำนักงานเลขานุการ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพ.

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

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. (2551). **คู่มือวิธีวิเคราะห์ดิน**. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์

โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช.(2546). **คู่มือวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช**.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งสกุล, นาวี จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. (2545). **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. วารสารเคหการเกษตร. 4708.

ทองดี บ้านดอน. (2540). **เทคโนโลยีระบบน้ำ**. วารสารเคหการเกษตร. 21: 157-165.

ธีระพล ตั้งสมบุญ. (2549). **การใช้น้ำของพืช**. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำด้านเกษตรชลประทาน. กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน. สำนักอุทกวิทยา และบริหารน้ำ.

ธำรง เครือชุมพล. (2551). **พริก**. ทับทิมทองการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. (2551). การ**ปลูกและขยายพันธุ์พริก พืชเศรษฐกิจรสร้อนแรงสร้างเงินล้าน**. สำนักพิมพ์เพชรกะรัต. กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2538). การให้ปุ๋ยทางระบบชลประทาน. **หลักการ และวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 273-276.

พรรณี หงส์น้อย. (2545). การปรับปรุงดินเค็มในภาคกลางเพื่อปลูกแคตาลูป.**การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37**.

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

ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์, เมธี มณีวรรณ, พรรณีย์ หงส์น้อย และอรุณี ยูวะนิยม. (2551). เปรียบเทียบการใช้วัสดุปรับปรุงดิน 3 ชนิด ในแปลงสาธิตเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมมะลิในพื้นที่ดินเค็ม [ออน-ไลน์]. ได้จาก. **www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/.../R4203A124.pdf.**

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). **ธาตุอาหารพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2553). **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553**. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. เอกสารสถิติเลขที่ 416.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2544). การปลูกพืชในวัสดุปลูก. **เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยี-การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2550). การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ. **เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยี-การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

Abd-el-Malek, Y., Monib, M., Hosny, I. and Girgis, S.A. (1979). Effect of organic matter supplementation on nitrogen transformations in soils. I. Chemical and bacteriological changes. **Zentralbl Bakteriol Naturwiss**. 134 : 209-216.

Abdulrasoul, M.A., Harbi, A. R., Mahmoud, A., Nadeem, M. and Ali, A.E. (2010). Impact of irrigation water quality, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. **Turk J Agric**. 34 : 59-73.

Allaire, S.E., Caron, J., Menard, C. and Dorais, M. (2005). Potential replacements for rockwool as growing substrate for greenhouse tomato. **Can. J. Soil Sci**. 85 : 67-74.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. **FAO**. Rome.

Allison, F.E. and Anderson, M.S. (1951). The use of sawdust for mulches and soil improvement. Washington (DC): **USDA Agricultural Research Administration. Circular.** 891.p 1-19.

Allison, F.E. and Clover, R.G. (1959). Rates of decomposition of shortleaf pine sawdust in soil at various levels of nitrogen and lime. **Soil Sci**. 89: 194-201.

Allison, F.E. (1973). Soil organic matter and its role in crop production. New York (NY) : **Elsevier Scientific**.

Al-Omran, A.M., Sheta, A.S., Falatah , A.M. and Al-Harbi, A.R. (2005). Effect of drip irrigation on squash *(Cucurbita pepo)* yield and water use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. **Agric Water Manage.** 73 : 43-55.

Aramini, G., Catania, F., Colloca, L., Oppedisano, R. and Paone, R. (1995). Fertilizer trial on

tomatoes for fresh consumption. **Colture-Protette**. 24 : 83-86.

Armson, K.A. and Sandreika, V. (1974). Forest tree soil management and related practices. Toronto (Ontario): Ontario Ministry of Natural Resources, **Public Service Center**.179 p.

Ayars, J.E., Phen, R.B., Hutmacher, K.R., Davis, R.A., Schoneman, S.S., Vail and Mead., R.M. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of reswarch at the Water Management Research Laboratory. **Agric Water Manage**. 42: 1-27.

Badr, M.A., Abou Hussein, S.D. and EI-Tohamy, W.A. (2010). Nutrien 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. (1977). Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in sand dunes: water, N and P distribution in the soil and uptake by plants. **Agron. J**. 69 : 486-491.

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.

Beardsell, D.V., Nichols, D.C. and Jones, D.L. (1979). Physical properties of nursery potting mixes. **Sci. Hort**. 11 : 1-8.

Ben-Asher, J. and Phene, C.J. (1993). The effect of surface drip irrigation on soil water reging, evaporation and transpiration. In: **Proceedings, 6th International Conference on Irrigation**, Tel-Aviv, Israel, 1993. 35-42.

Ben-Gal, A. and Dudley, M. L. (2003). Phosphorus availability under continuous point source irrigation**. Soil. Soc. Am. J**. 67 : 1449-1456.

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

Bodman, K. and Sharman, K.V. (1993). Container media management. **Queensland Department of Primary Industries**. Cleveland.

Bollen, W.B. (1969). Properties of tree barks in relation to their agricultural utilization. Portland (Or) : USDA Forest Service, **Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station**. Research Paper PNW-77. 36.

Boyhan, G., Granberry, Darbie and Kelley, T. (2001). Onion production guide, Bulletin 1198. **College of Agricultural and Envionmental Sciences**, University of Georgia, p. 56.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of

phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59 : 39-45.

Burt, C., Connor, K. and Ruehr, T. (1998). Fertigation. The irrigation training and research center. California Polytechnic State University (Cal Poly).

Christopher, T.B.S. (1996). Stabilizing effect of organic matter [On-line]. Available: http://www.agri.upm.edu.my/chris/as/om_stable.html

Cogger, C. (2005). Home gardener's guide to soila and fertilizers. Pullman (WA): Washington State.University[Online].Available: http://www.ci.olympia.Wa.Us//media/Files/PublicWorks/PDFs/WaterResources/Guideto Soils-and-Fertilizers.ashx (accessed 1 Dec 2009).

Cresswell, D.C. (2006). Coir dust-a viable alternative to peat. **Biological and Chemical Research Institute**. 25 : 5-11.

Davey, C.B. (1965). Functions and management of organic matter in forest nursery soil. In: Leaf AL, editor. **Proceedings nursery soil improvement sessions**; 1965 Jan 25-28; Syracuse, New York. Syracuse (NY): State University College of Forestry at Syracuse University, Department of Silviculture.

Delfine, S., A. Alvino., F. Loreto., M. Centritto and G. Santarelli. (2000). Effect of water stress on the yield and photosynthesis of field-grown sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Acta Hort**. 537 : 223-229.

Dorais, M., Caron, J. and Begin, G. (2005). Equipment performance for determining water needs of tomato plants grown in sawdust based substrates and rockwool. **Acta Hort. (ISHS)**. 691 : 293-304.

Drost, D. and Koenig, R. (2001). Improving onion productivity and N use efficiency with a polymer coated nitrogen source. In: **Presented at the Westerm Management Conference**, Salt Lake City, UV March. 8-9.

Enciso- Medina, J., B.L. Unruh, J.C. Henggeler and W.L. Multer. (2002). Effect of row pattern an spacing on water use efficiency for subsurface drip irrigation cotton. **Transactions of the ASAE**, 45 : 1397-1404.

Favaro, J.C., Buyatti, M.A. and Acosta, M.R. (2002). Evaluation of sawdust-based substrates for the production of seedings. **Investigation Agraria production vegetables**, 17 : 367-373.

Fog, K. (1988). The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter.

Biolog. Rev. **Camb. Philos. Soc**. 63 : 433-462

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.

Glennie, D.W. and Mc carthy, J.L. (1962). Chemistry of lignin. In libby, C.E. (ed). Pulp and paper science and technology. New York: **Megraw-Hill Book company**, Inc, DP. 82-107.

Gumi, N. (2001). Toresa and other woodfibre products: advantages and drawbacks and drawbacks when used in growing media. In Proc. Int. Peat Symposium, Peat in Horticulture, Peat and it's alternative in growing media (G. Schilewski, ed.). **Dutch National committee, International Peat Society**, pp. 39-44.

Handreck, K.A. (1991). Nitrogen drawdown key to optimum growth. **Austral. Hort**. 89b : 38-43

Handreck, K.A. (1993). Use of the nitrogen drawdown index to predict fertilizer nitrogen requirements in soilless potting media. Commun. **Soil Sci. Plant anal**. 24 : 2137-2151.

Hanson, B.R., Simunek, J. and Hoppmans, J.W. (2006) Evaluation of urea-ammonium-nitrate fertigation with drip irrigation using numerical modeling. **Agric Water Manage.** 86 : 102-113.

Hartz, T.K., M. LeStrange, and May, D.M. (1993). Nitrogen requirements of drip-irrigated pepper. **Hort Science.** 28 : 1097-1099

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.

Howell, T.A., Schneider, A.D. and Evett, S.R. (1997). Subsurface and surface microirrigation of corn: Sourthern high plains. **Trans. ASAE.** 40 : 6336-641.

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

Jacobs, D.F., Rose, R., Haase, D.L. and Morgan, P.D. (2003). Influence of nursery soil amendments on water relations, root architectural development, and field performance of Douglas-fir transplants. **New Forests**. 26 : 263-277.

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

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.

Karimi, M. (2012). Effect of difference water level and plastic mulch on yield and water use efficiency of tomato in surface and subsurface drip irrigation methods. **Agric Scien. J.** 1 : 1-5.

Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R. and Ozguven, A.I. (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. **Agric Water Manage.** 69 : 191-201

Lal, R. and Unger. (2002). Soil temperature,Soil moisture and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. **Plant and Soil**. 40 : 129-143.

Lamm, F.R. and Trooien, T.P. (2003). Subsurface drip irrigation for corn productivity: a review of 10 years of research in Kansas. **Irrig. Sci.** (22) : 195-200.

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.

Li, J., Zhang, J. and Rao, M. (2004). Wetting paterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. **Agric Water Manage**. 67 : 89-104.

Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 42 : 421-428.

Locascio, S.J., Nettles, V.F. and Neller, J.R. (1961). The effect of sawdust incorporation in a soil on growth of irish potatoes and sweet corn. **Florida Agriculture Experiment Station Journal**. 1343 : 197-201

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.

Locascio, S.J. (2005). Management of irrigation for vegetables: past, present, and future. **HortTechnology.** 15 : 477-481

Locascio, S.J. (2012). Fertigation in Micro-irrigated Horticultural Crops: Vegetables. **Horticultural Sciences**.146-155.

Machado, R.M.A., Rosario, M., Oliveira, G. and Portas, C.A.M. (2003). Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation**. Plant and Soil**. 255. 333-341.

Maged A. E. (2006). Effect of mulch types on soil environmental conditions and their effect on the growth and yield of cucumber plants. **J. Applied Sciences Research**. 2(2) : 67-73.

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.

Mata V. H., Nunez, R .E. and Sanches, P. (2002). Soil temperature and soil moisture in Serrano pepper *(Capsicum annuum L.)* With fertigation and mulching. **Proceeding of the 16th International Pepper Conterence Tompico, Tamaulipas**, Mexico, November 10-12.

Meerow, A.W. (1994). Growth of two sub-tropical ornamental plants using coir (coconut mesocarp pith) as a peat substitute. **Hort. Sci**. 29 : 1484-1486.

Michael, B. T. and Mervyn, I. S. (1998). A review of Factors Influencing Organic Matter Decomposition and Nitrogen Immobilisation in Container Media. **Combined Proceedings International Plant Propagators' Society**. 48, 1998.

Miguel , A. and Fracisco, M. (2007). Reponse of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. **Journal of applied horticulture** 9 : 97-100.

Mtambanengwe, F. and Kirchmann, H. (1995). Litter from a tropical savanna woodland (miombo): Chemical composition and C and N mineralization. **Soil Biol**. Biochem. 27 : 1639-1651.

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

Or, D. and Coelho, F.E. (1996). Soil water dynamics under drip irrigation: transient flow and uptake models. **Trans. ASAE** 39 : 2017-2025.

Phene, C.J. and Beale, D.W. (1976). High-frequency irrigation for water nutrient management in humid regions. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 40 : 430-436.

Phene CJ., Davis, K.R., Hutmacher, R.B. and Mc-Cormick, R.L. (1987) Advantages of subsurface drip irrigation for processing tomatoes. **Acta Hort** 200 : 101-113.

Phene, C.J., R.L. Mccornic, K.R. Divis, J. Pierro and Meek, D.w. (1989). A lysimeter feedback system for procise evapotransspiration measurement and irrigation control. **Transactions ASAE.** 32 : 477-484.

Phene, C.J. (1995). The sustainability and potential of subsurface drip irrigation. In: Microirrigation for a Collaborative Research and Development Applications in Arid Lands, **Santa Barbara**, California, USA, pp 93-110.

Prasad, M. (1979). Physical properties of media for container-grown crops. New Zealand peats and wood wastes. **Sci. Hortic**. 10 : 317-323.

Prasad, M. (1997). Nitrogen Fixation of various materials from a number of European countries by three nitrogen fixation tests. **Acta Hort. (ISHS)**. 450, 353-362.

Riley, L.E. and Steinfeld, D. (2005). Effects of bareroot nursery practices on tree seedling root development: an evolution of cultural practices at J Herbert stone Nursery. **New Forests**. 30 : 107-126.

Roberts, A.N. and Stephenson, R.E. (1948). Sawduust and other wood wastes as mulches for horticultural crops. Corvallis (OR): **Oregon State Horticultural Society Proceedings**. Annual Report 40. p 28-35.

Rose, R., Haase, D. and Boyer, D. (1995). Organic matter management in forest nurseries: theory and practices. Corvallis (OR): **Oregon State University, Nursery Technology Cooperative**. P 20-24.

Santos, D.V., Sousa, P.L. and Smith, R.E. (1997). Model simulation of water and nitrate movement in a level-basin under fertigation treatment. **Agricultural Water Manage**. 32 : 293-306.

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 Journal of Applied Sciences**. 2 : 139-147.

Sinkeviciene, A. (2009). The influence of soil amendment on soil properties and crop yield. **Agronomy Research.** 7 : 485-491.

Thampan, P.K. (1981). Hand Book of Coconut Pal. **Oxford and IBH Publishing**. New York. Tian, G., L. Brussaard, and B.T. Kang. (1995). An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the sub-humid tropics. **Applied Soil Ecol**. 2 : 25-32.

Vasane, S.R., Bhoi, P.G., Patil, A.S. and Tumbar, A.D. (1996). Effect of liquid fertilizer through drip irrigation on yield and NPK uptake of tomato. **J Maharashtra Agric Univ.** 21 : 488-489.

Williams, R.D. and Hanks, S.H. (1976). (slightly revised 1994) Hardwood nursery guide. Washington (DC): USDA Forest Service. **Agriculture Handbook.** 473. p 5.

Zegbe, J.A., Behboudian, M.H. and Clothier, B.E. (2006). Yield and fruit quality in processing tomato under partial rootzone drying. **Euro J of Horti Scie.** 71 : 252-258.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์มะเขือเทศที่ปลูกในการทดลอง

พันธุ์มะเขือเทศที่ปลูกในการทดลองคือ มะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกโกลด์ เป็นมะเขือเทศลูกท้อ ลูกผสมที่มีคุณสมบัติที่โดดเด่นคือ เนื้อผลหนา แน่น ผลสุกมีสีแดงอมส้ม

ลักษณะประจำพันธุ์คือ ต้นสูงใหญ่ แตกแขนงดี ข้อถี่และต่อยอดดี ขนาดผลยาว 70-120 กรัม ติดผลดก ทนทานโรค ผลดิบสีเขียว-เขียวอ่อน ผลสุกสีแดง-แดงอมส้ม ผลผลิตสดเก็บไว้ได้นานโดยขั้วผลไม่เน่าสามารถส่งไปขายที่ตลาดได้นาน อายุเก็บเกี่ยว 60-65 วันหลังย้ายกล้าปลูก

ภาคผนวกที่ 2 แสดงการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

รูปที่ 1 ระยะติดผล

รูปที่ 2 ชุดจ่ายปุ๋ยในระบบน้ำ

รูปที่ 3 สภาพแปลงทดลอง

รูปที่ 4 ผลผลิตมะเขือเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวกที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (potential evapotranspiration, ETp) ของแต่ละจังหวัด

(หน่วย: มม./วัน)

ที่	สถานี	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	เชียงราย	2.99	4.46	4.88	5.63	5.08	4.75	4.35	4.01	4.27	3.92	3.49	2.92
2	แม่ฮ่องสอน	3.30	4.79	5.35	6.16	5.20	4.62	4.23	3.95	4.15	3.95	3.73	3.12
3	เชียงใหม่	3.34	4.47	5.29	5.98	5.16	4.79	4.34	3.93	4.13	3.95	3.65	3.11
4	แม่สะเรียง	3.46	4.96	5.75	6.36	5.34	4.49	4.08	3.85	4.17	4.11	3.90	3.32
5	ลำปาง	3.50	4.96	5.37	6.14	5.39	5.04	4.63	4.26	4.33	4.03	3.76	3.22
6	น่าน	3.28	4.75	5.22	5.88	5.10	4.78	4.37	4.00	4.20	4.05	3.71	3.12
7	แพร่	3.48	4.89	5.48	6.26	5.42	4.82	4.58	4.18	4.26	4.03	3.84	3.31
8	อุตรดิตถ์	3.67	5.00	5.31	6.01	5.17	4.66	4.30	3.99	4.26	4.26	4.09	3.52
9	ตาก	3.71	5.25	5.87	6.58	5.37	5.00	4.64	4.33	4.26	3.90	3.73	3.33
10	พิษณุโลก	3.63	4.93	5.31	5.83	5.13	4.77	4.38	4.05	4.27	4.16	4.02	3.48
11	แม่สอด	3.76	5.21	5.70	6.31	5.26	4.51	4.12	3.80	4.22	4.20	4.10	3.56
12	เพชรบูรณ์	3.81	5.11	5.67	6.00	5.15	4.67	4.25	3.93	4.09	4.22	4.13	3.60
13	เขื่อนภูมิพล	3.75	5.46	5.99	6.57	5.36	4.93	4.60	4.53	4.33	4.04	3.86	3.40
14	เลย	3.82	5.21	5.53	6.09	5.38	5.16	4.93	4.59	4.64	4.49	4.13	3.53
15	อุดรธานี	3.61	4.89	5.32	5.79	5.08	4.81	4.50	4.13	4.37	4.31	4.04	3.43
16	นครพนม	3.66	4.75	5.05	5.53	4.98	4.47	4.24	3.92	4.24	4.25	4.02	3.46
17	สกลนคร	3.68	4.93	5.26	5.75	4.97	4.76	4.55	4.16	4.40	4.35	4.08	3.48
18	มุกดาหาร	3.82	5.00	5.37	5.74	5.02	4.71	4.37	4.13	4.50	4.36	4.24	3.67
19	ขอนแก่น	3.78	5.11	5.41	5.90	5.22	4.93	4.72	4.29	4.39	4.22	4.19	3.63
20	ร้อยเอ็ด	3.83	5.00	5.32	5.69	5.11	4.90	4.62	4.18	4.30	4.26	4.19	3.69
21	อุบลราชธานี	4.02	5.18	5.35	5.59	5.01	4.66	4.52	4.15	4.30	4.32	4.40	3.87
22	สุรินทร์	3.85	4.96	5.22	5.39	4.83	4.56	4.36	4.04	4.13	4.06	3.97	3.56
23	นครราชสีมา	3.86	5.11	5.25	5.61	5.10	5.03	4.71	4.32	4.40	4.10	4.05	3.62
24	ซับม่วง	3.64	4.68	4.74	5.09	4.68	4.72	4.41	4.03	4.17	3.84	3.72	3.37
25	ชัยภูมิ	4.04	5.36	5.55	5.97	5.54	4.99	4.63	4.30	4.33	4.34	4.32	3.84
26	นครสวรรค์	3.95	5.32	5.78	6.22	5.37	5.07	4.63	4.31	4.23	4.06	4.04	3.65
27	ลพบุรี	4.23	5.43	5.70	5.95	5.20	4.94	4.56	4.25	4.38	4.29	4.35	4.12
28	สุพรรณบุรี	4.14	5.25	5.60	6.08	5.41	5.16	4.81	4.57	4.47	4.26	4.25	3.91
29	ปราจีนบุรี	4.27	5.25	5.19	5.39	4.90	4.52	4.25	5.08	4.23	4.23	4.47	4.11

ภาคผนวกที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (potential evapotranspiration, ETp) ของแต่ละจังหวัด (ต่อ) (หน่วย : มม./วัน)

ที่	สถานี	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
30	กาญจนบุรี	4.20	5.39	5.69	6.07	5.27	4.92	4.64	4.36	4.43	4.09	4.04	3.75
31	ดอนเมือง	4.20	5.29	5.43	5.65	5.10	4.99	4.67	4.29	4.41	4.22	4.21	3.82
32	กรุงเทพ	3.85	4.86	4.92	5.19	4.65	4.57	4.27	4.06	4.09	3.86	3.95	3.63
33	อรัญประเทศ	4.07	5.29	5.37	5.53	5.08	4.80	4.43	4.16	4.38	4.19	4.18	3.77
34	ชลบุรี	4.23	5.00	5.40	5.69	4.94	4.97	4.62	4.38	4.37	4.23	4.35	4.18
35	สัตหีบ	4.25	5.57	5.52	5.68	4.88	5.25	4.88	4.69	4.61	4.29	4.57	4.47
36	จันทบุรี	4.13	4.79	4.49	4.85	4.27	4.09	3.90	3.72	3.90	3.98	4.26	4.08
37	คลองใหญ่ ตราด	3.99	4.64	4.42	4.56	4.16	4.00	3.84	3.59	3.88	3.90	4.07	3.97
38	เกาะสีชัง	4.30	5.36	5.36	5.69	5.01	5.06	4.70	4.47	4.46	4.42	4.49	4.24
39	หัวหิน	4.09	5.18	5.31	5.58	4.90	4.85	4.47	4.27	4.39	4.09	4.16	3.97
40	ประจวบคีรีขันธ์	4.03	5.04	5.13	5.47	4.96	4.83	4.58	4.41	4.65	4.17	4.27	4.10
41	ชุมพร	3.77	4.75	4.89	5.13	4.47	4.33	4.10	4.83	4.25	3.91	3.77	3.57
42	สุราษฎร์ธานี	3.88	5.11	5.11	5.16	4.57	4.53	4.34	4.32	3.79	3.95	3.67	3.45
43	นครศรีธรรมราช	3.74	4.89	5.06	5.08	4.60	4.67	4.56	4.36	3.35	3.99	3.65	3.45
44	สงขลา	4.18	5.14	4.94	4.90	4.35	4.42	4.36	4.30	2.64	4.00	3.77	3.73
45	นราธิวาส	3.89	4.86	4.88	5.14	4.46	4.49	4.36	4.24	3.89	4.08	3.82	3.56
46	ระนอง	4.18	5.18	5.10	5.09	4.17	3.92	3.78	3.65	3.63	3.70	3.59	3.86
47	ภูเก็ต	4.61	5.68	5.38	5.17	4.26	4.40	4.27	4.27	2.72	4.06	4.13	4.26
48	สนามบินภูเก็ต	4.32	5.36	5.07	4.93	4.40	4.24	4.12	4.03	2.92	3.88	4.00	3.95
49	ตรัง	4.50	5.64	5.35	5.16	4.23	4.03	4.12	3.97	2.41	3.92	3.89	3.96

ที่มา : ดิเรก และคณะ, 2545

ภาคผนวกที่ 4 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (crop coefficient; Kc) ของมะเขือเทศ

สัปดาห์ที่	ค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient; Kc)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.59	0.66	.0.74	0.59	0.66	0.63	0.73
2	0.66	0.73	0.86	0.76	0.82	0.69	0.82
3	1.74	0.83	0.92	0.76	0.83	0.77	0.91
4	0.82	0.92	1.02	0.84	0.90	0.84	1.01
5	0.91	0.96	1.23	1.12	0.98	0.87	1.12
6	0.98	1.03	1.22	1.18	0.96	0.98	1.21
7	1.05	1.13	1.35	1.27	1.05	1.05	1.30
8	1.10	1.16	1.41	1.33	1.03	1.13	1.36
9	1.12	1.23	1.48	1.26	1.15	1.20	1.41
10	1.12	1.20	1.52	1.17	1.14	1.17	1.41
11	1.09	1.20	1.49	1.11	1.11	1.17	1.37
12	1.04	1.15	1.52	0.97	1.02	1.09	1.31
13	0.96	1.08	1.34	0.98	0.98	1.00	1.22
14	0.85	1.00	1.25	0.85	0.88	0.92	1.08
15	0.72	0.84	1.30	0.76	0.76	0.78	0.92
เฉลี่ย	0.92	1.00	1.23	0.97	0.95	0.95	1.15

ที่มา : กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน,2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวกที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณรอบเวรการให้น้ำแก่มะเขือเทศ

ปลูกมะเขือเทศในดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นที่จุดความชื้นชลประทาน หรือ FC = 28.5% และจุดเหี่ยวเฉาถาวร หรือ P.W.P. = 17.1% (โดยปริมาตร) และมีจุดวิกฤติ = 50% ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์โดยมีความต้องการน้ำวันละ 5 มม./วัน จะต้องให้น้ำกี่ครั้ง ห่างกันเท่าใด และให้น้ำครั้งละกี่ลูกบาศก์เมตรในพื้นที่ 10 ไร่ (สมมุติดินมีความชื้นก่อนการให้น้ำครั้งแรก = 10%)

1. มะเขือเทศระดับความลึกของราก = 30 ซม.
   การให้น้ำจะให้สูงสุดคือที่ระดับ F.C. ลึก 30 ซม.
   ปริมาณน้ำที่ให้ = F.C. – จุดวิกฤต และให้ทุกครั้งที่ระดับน้ำถึงจุดวิกฤต

2. ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ = F.C. – P.W.P.
   = 28.5 – 17.1 = 11.4%
   จุดวิกฤต = $\frac{50 \times 11.4}{100}$ = 5.7%
   … ความชื้นที่จุดวิกฤต = 17.1 + 5.7 = 22.8%
   … ต้องให้น้ำทุกครั้งที่มีความชื้นต่ำกว่า 22.8%

3. การให้น้ำครั้งแรกจะให้น้ำจนถึงจุด F.C. โดยมีการให้น้ำ
   = F.C. – ความชื้นที่มีอยู่
   = 28.5 – 10 = 18.5%
   พื้นที่ 10 ไร่ ลึก 30 ซม. มีปริมาตรดิน
   = 10 x 1,600 x .3
   = 4,800 ลบ.ม.
   ... ต้องให้น้ำครั้งแรก = $\frac{4,800 \times 18.5}{100}$ = 888 ลบ.ม.

4. การให้น้ำครั้งต่อไป เมื่อน้ำในดินลดลงถึงจุดวิกฤต หรือเหนือกว่าเล็กน้อย
   การใช้น้ำของพืชวันละ 5 ม.ม. = 0.005 เมตร
   ... ในพื้นที่ 10 ไร่ จะใช้น้ำวันละ = 10 x 1,600 x .005 เมตร
   = 80 ลบ.ม.

จากจุด F.C. ถึงจุดวิกฤตมีปริมาตรน้ำ

$= 28.5 - 22.8 = 5.7\%$

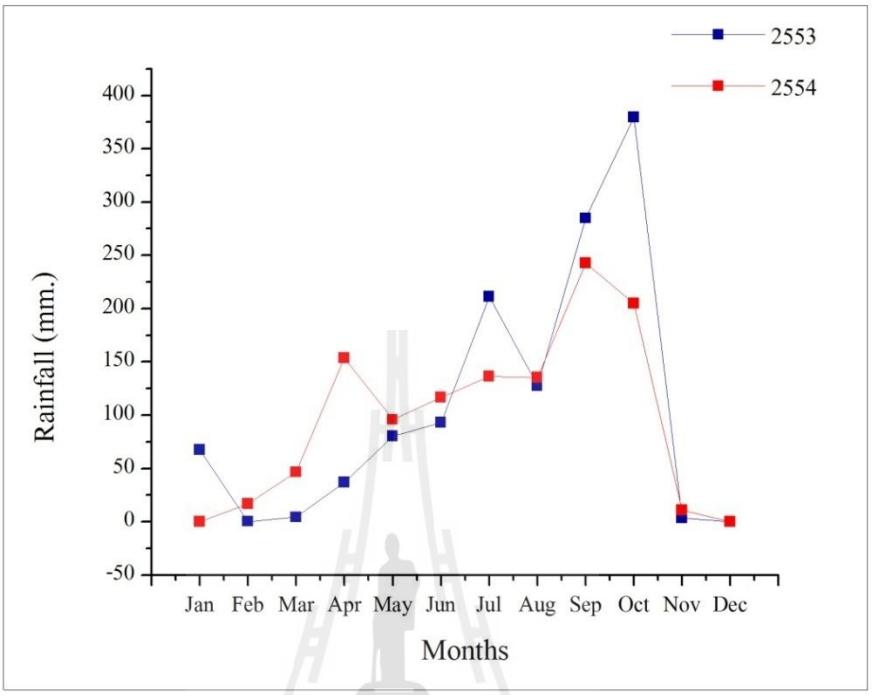
$= \frac{5.7 \times 10 \times 1{,}600 \times 0.3}{100} = 273.6$ ลบ.เมตร

... การให้น้ำครั้งหนึ่งจะอยู่ได้ $= \frac{273.6}{80} = 3.42$ วัน

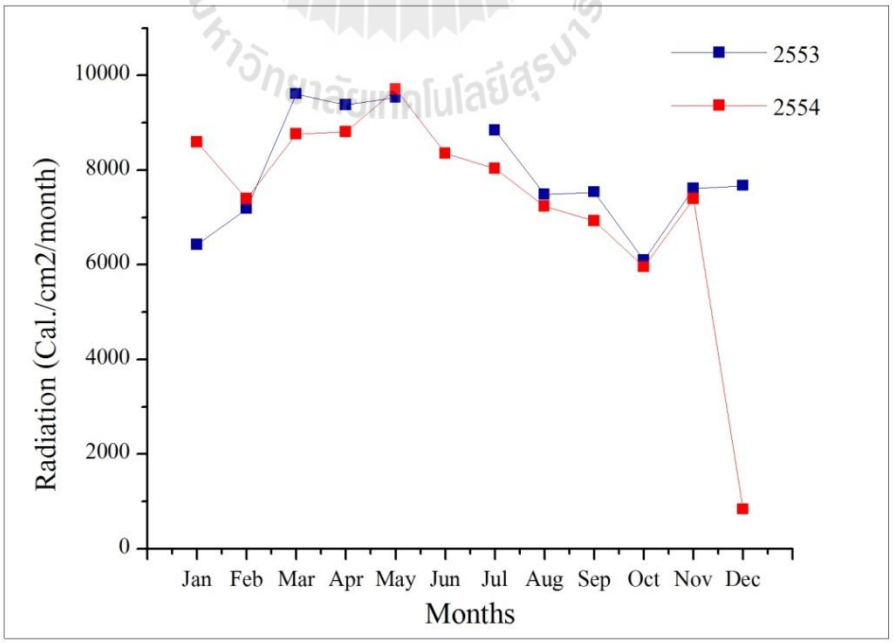
... ควรทำการให้น้ำทุกๆ 3 วัน โดยมีปริมาณการให้น้ำครั้งละ

$3 \times 80 = 240$ ลบ.ม.

ภาคผนวกที่ 6 แสดงปริมาณน้ำฝนและความเข้มแสงตลอดระยะเวลาการปลูก



รูปที่ 5 ปริมาณน้ำฝนตลอดระยะเวลาการปลูก



รูปที่ 6 ความเข้มแสงตลอดระยะเวลาการปลูก

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุมิตรา จันไทย เกิดเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2529 ที่บ้านโนนสวรรค์ ตำบลอุทัยสวรรค์ อำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู เริ่มศึกษาชั้นประถมปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนบ้านโนนสวรรค์ชัยมงคล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนฝั่งแดงวิทยาสรรค์ จังหวัดหนองบัวลำภู และเมื่อปี พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ปี พ.ศ. 2551 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนจาก วช. ระดับบัณฑิตศึกษา และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา ระหว่างที่ศึกษาได้เข้าร่วมประชุมในการประชุมวิชาการ 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International symposium on Agricultural Technology “Sufficiency Agriculture” ระหว่างวันที่ 25-27 สิงหาคม 2553 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พร้อมทั้งได้เข้าร่วมประชุมเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ เรื่อง Effects of fertigation, water application frequency and soil amendment on tomato production ในการประชุมวิชาการ The VII International Symposium on Mineral Nutrition of fruit Crop ระหว่างวันที่ 22-25 พฤษภาคม 2555 ณ โรงแรมมณีจันทร์ รีสอร์ท จังหวัดจันทบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี