รูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน และจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำในระบบน้ำหยดของมันสำปะหลัง

นายธวัชชัย สมองดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2559

SOIL MOISTURE DISTRIBUTION PATTERN AND CRITICAL SOIL MOISTURE CONTENT FOR DRIP IRRIGATION OF CASSAVA

Tawutchai Samongdee

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2016

รูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน และจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำในระบบน้ำหยดของมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ธีรยุทธ เกิดไทย)
กรรมการ

(อ. ดร.แหวนพลอย จินากูล)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
และพัฒนาความเป็นสากล

(ศ. ดร.หนึ่ง เตียอำรุง)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ธวัชชัย สมองดี : รูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน และจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำในระบบน้ำหยดของมันสำปะหลัง (SOIL MOISTURE DISTRIBUTION PATTERN AND CRITICAL SOIL MOISTURE CONTENT FOR DRIP IRRIGATION OF CASSAVA) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา, 61 หน้า.

ระบบน้ำหยดได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับพืชหลายชนิดรวมทั้งมันสำปะหลัง แต่การให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ ต้องมีข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำและพืช เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน การเคลื่อนที่และกระจายตัวของความชื้นในดิน การใช้น้ำของพืช และจุดวิกฤติความชื้นในดินของพืช ซึ่งข้อมูลการเคลื่อนที่และกระจายตัวของความชื้นในดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการให้ระบบน้ำหยด และข้อมูลจุดวิกฤติความในชื้นดินของมันสำปะหลังยังมีการศึกษาน้อยมาก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือเพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน และหาจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด โดยมี 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ทดสอบรูปแบบการเคลื่อนที่และการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดที่มีอัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วัดความชื้นในดินที่ความลึก 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร และระยะห่างจากหัวน้ำหยด 0, 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร โดยวัดความชื้นในดินก่อนให้น้ำ และหลังจากให้น้ำทุก 60 นาที เป็นเวลา 360 นาที และหลังจากให้น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำข้อมูลความชื้นมาประเมินรูปแบบการกระจายตัว ซึ่งพบว่าในดินทรายร่วนมีการกระจายตัวของจุดความชื้นชลประทาน (field capacity; FC) ไปในทิศทางแนวตั้งมากกว่าทิศทางแนวนอน ส่วนการกระจายตัวของความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายมีทิศทางการกระจายตัวลงในแนวตั้งและแนวนอนที่ความเร็วใกล้เคียงกัน การทดลองที่ 2 ทำการทดสอบผลของระดับความชื้นในดินที่มีการเริ่มให้น้ำในระบบน้ำหยดต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ในดิน 2 ชนิด (ดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย) โดยมีระดับความชื้นที่เริ่มให้น้ำ 4 ระดับคือ 50% 40% 30% และ 20% ของ available water holding capacity (AWHC) ปลูกมันสำปะหลังภายใต้สภาพโรงเรือน ติดตั้งระบบน้ำหยดและให้น้ำเมื่อถึงระดับความชื้นที่กำหนด หรือจนถึงจุดความชื้นชลประทานแล้วทำการบันทึกข้อมูลความชื้นในดิน คำนวณหาปริมาณและความถี่ในการให้น้ำ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง การเหนี่ยวนำปากใบ และศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลัง ผลการทดลองพบว่าระดับความชื้นที่ให้น้ำ 4 ระดับ มีปริมาณและความถี่การให้น้ำของมันสำปะหลังต่างกัน ในดินทรายร่วนมีความถี่การให้น้ำมากกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย นอกจากนี้ความชื้นที่ให้น้ำ 4 ระดับ ในดินทรายร่วนเมื่อให้น้ำที่ 50% 40% และ 30% AWHC ส่งผลให้การ

เจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน เมื่อให้น้ำที่ 20% AWHC ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำที่สุด สำหรับในดินร่วนเหนียวปนทรายการให้น้ำที่ 50% AWHC ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังสูงที่สุด แต่เมื่อให้น้ำที่ 40% 30% และ 20% AWHC ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังน้อยกว่าที่ 50% AWHC ผลการทดลองสามารถนำมาประเมินความชื้นที่จุดวิกฤติอย่างคร่าวๆในดินทรายร่วนคือ 20% AWHC หรือ 5.78% โดยปริมาตร ส่วนดินร่วนเหนียวปนทรายคือ 40% AWHC หรือ 22.37% โดยปริมาตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา ธวัชชัย สมองดี

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

TAWUTCHAI SAMONGDEE : SOIL MOISTURE DISTRIBUTION PATTERN AND CRITICAL SOIL MOISTURE CONTENT FOR DRIP IRRIGATION OF CASSAVA.THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THITIPORN MACHIKOWA, Ph.D., 61 PP.

CASSAVA/SOIL MOISTURE DISTRIBUTION/AVAILABLE WATER HOLDING CAPACITY (AWHC)/LOAMY SAND AND SANDY CLAY LOAM/DRIP IRRIGATION

Drip irrigation is the most effective irrigation systems for several crops including cassava. However, effective water management requires information on the soil water and plant relationship such as the soil water holding capacity, characteristics of the soil moisture movement and distribution, crop water requirement and critical moisture level for the crop. The objectives of this study were to characterize the soil moisture distribution pattern and to determine the critical soil moisture level of cassava. Two experiments were conducted under greenhouse conditions. In the first experiment, the characteristics of soil moisture distribution from drip irrigation were evaluated in loamy sand and sandy clay loam soils. The drip irrigation system with the discharge rate of 2 liters per hour was installed in both soils. The soil moisture content at the depths of 10, 20, 30 and 40 cm and the horizontal distance of 10, 20, 30 and 40 cm from the dripper were recorded before irrigation and every 60 minutes after irrigation for 360 minutes and at 24 hours. The patterns of soil moisture distribution were evaluated from the recorded soil moisture contents. The results showed that, in the loamy sand, there was more vertical movement of the soil moisture than horizontal

movement, while in sandy clay loam, even movement of soil moisture in both directions was found. In the second experiment, the effects of the water supply under drip irrigation at different soil moisture levels on cassava cv. Rayong 72 were evaluated in two textured soils. The soil moisture at 50% 40% 30% and 20% of available water holding capacity (AWHC) were assigned to be the levels of re-watering. Cassava was grown under drip irrigation system and water was applied to field capacity when the soil moisture reached the designed levels. The cassava growth, the dry weight, the stomatal conductance and the leaf water potential were determined. The results indicated that, the different water application treatments and soil textures led to different amounts and frequencies of the water supply and had significant effects on cassava. In loamy sand, the water supply at 50% 40% and 30% AWHC, cassava had similar growth, dry matter, stomatal conductance and leaf water potential characters. When the water was supplied at 20% AWHC, cassava had the lowest growth and dry matter, stomatal conductance and leaf water potential. In sandy clay loam, the water supply at 50% AWHC led to the highest cassava growth and dry matter, stomatal conductance and leaf water potential. When water was supplied at 40 30 and 20% AWHC, there were significant effects on cassava growth, dry matter, stomatal conductance and leaf water potential characteristics. From the results, the critical moisture level for cassava can be roughly estimated as 20% AWHC or 5.78% by volume in loamy sand and 40 % AWHC or 22.37% by volume in sandy clay loam.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Crop Production Technology Student's Signature ธัชชัย สมองดี

Academic Year 2016 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติพร มะชิโกวา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

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

ขอขอบคุณ คุณอุทัย พลแสงจันทร์ และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณ พี่น้องบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆ ให้การปฏิบัติงานเป็นไปได้ด้วยดี ให้คำปรึกษาด้านวิชาการและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่มอบทุนอุดหนุนโครงการวิจัย เพื่อสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธวัชชัย สมองดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์ทั่วไปของมันสำปะหลัง 3

2.2 ส่วนประกอบของดิน 4

2.3 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน 8

2.4 น้ำในดิน 12

2.5 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช 20

2.6 การให้น้ำแก่พืช 22

3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 ทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยระบบน้ำหยด 28

3.2 ระดับความชื้นในดิน และความถี่การให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยระบบน้ำหยด 29

4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยระบบน้ำหยด 33

4.2 ระดับความชื้นในดิน และความถี่การให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยระบบน้ำหยด 42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5 บทสรุป 55
รายการอ้างอิง 56
ภาคผนวก 59
ประวัติผู้เขียน 61

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As) ชนิดต่าง ๆ 7
2 ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณ 11
3 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ 14
4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชนิดต่างๆ 60
5 กำหนดการให้น้ำแก่มันสำปะหลัง 31
6 คุณสมบัติของดิน 33
7 การกำหนดความชื้น และศักย์น้ำ ในดินทรายร่วนและดินร่วนเหนียวปนทราย 43
8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลัง ในดิน 2 ชนิด 49
9 ลักษณะทางสรีรวิทยาของมันสำปะหลังที่มีระดับการให้น้ำต่างกัน ในดิน 2 ชนิด 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของดินโดยปริมาตร 5
2.2 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับการเรียกชื่อดิน 6
3 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่มีการให้น้ำจากผิวดิน 9
4 ลักษณะพื้นที่เปียกน้ำของระบบน้ำหยด และแบบหัวฉีดฝอยเล็ก 9
5 กราฟหาความกว้างพื้นที่เปียกน้ำของน้ำหยด 10
6 ลักษณะการแผ่กระจายความชื้นของดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนดินเหนียว ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังให้น้ำ 12
7 ความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ 15
8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช 24
9 ดินทรายร่วน (A) ดินร่วนเหนียวปนทราย (B) 27
10 แผนผังการติดตั้ง access tube เพื่อวัดความชื้นในดิน 28
11 ระดับความชื้นที่ยอมให้พืชในแต่ละกรรมวิธี 29
12 การปลูกมันสำปะหลังลงในกระถาง 30
13 จำลองรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วนที่เวลาต่างกัน 35
14 จำลองรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายที่เวลาต่างกัน 38
15 ความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อมีการใช้แรงดึงที่ต่างกัน 42
16 รอบเวรของการให้น้ำโดยกำหนดจากความชื้นในดินทรายร่วน 44
17 รอบเวรของการให้น้ำโดยกำหนดจากความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทราย 45
18 ปริมาณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดินทรายร่วน 46
19 ปริมาณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดินร่วนเหนียวปนทราย 47
20 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วน 48
21 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย 48
22 น้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วน 50
23 น้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย 50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

24 การใช้น้ำของมันสำปะหลังต่อวันในดินทรายร่วน 54
25 การใช้น้ำของมันสำปะหลังต่อวันในดินร่วนเหนียวปนทราย 54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้ประเทศไทยปีละกว่า 7 หมื่นล้านบาท และเป็นพืชหลักของเกษตรกรไทยกว่า 4 แสนครอบครัว โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 9.3 ล้านไร่ ผลผลิต 31.1 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 3.6 ตัน/ไร่ ผลผลิตส่วนใหญ่ส่งออกในรูปมันเส้น แป้งมันสำปะหลัง และมันสำปะหลังอัดเม็ด ไทยจัดเป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลก คือ 6.4 ล้านตันในปี 2559 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ในส่วนของความต้องการด้านพลังงานทดแทนในประเทศ และนโยบายที่ต้องการสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตภัณฑ์ เช่น เอทานอล บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมาก และสามารถปลูกได้ในดินทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทรายและดินร่วนปนทราย แต่ควรมีฝนตกไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร/ปี ถ้ามีน้ำน้อยกว่า 800 มิลลิเมตร/ปี มันสำปะหลังจะชะงักการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งลดลง (Alves, 2002; Hillock et al., 2002) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตและประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังในปี 2559 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนๆ น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น เพื่อที่จะให้ผลผลิตเพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศและส่งออก การเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตด้านพันธุ์ การปรับปรุงดิน การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย และการจัดการทางด้านอื่นๆ ซึ่งการปรับปรุงดิน และการให้น้ำถือเป็น ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง พบว่าการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อเพิ่มการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้าง และลักษณะของเนื้อดิน การให้น้ำเสริมตามความต้องการน้ำของมันสำปะหลัง โดยเน้นการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิด ประสิทธิภาพสูงสุด เช่นระบบน้ำหยดซึ่งเป็นระบบการให้น้ำที่ใช้น้ำน้อย มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง (สุดชล วุ้นประเสริฐ, 2554) ปัจจุบันเกษตรกรบางส่วนได้นำระบบน้ำหยดเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรมีปริมาณที่จำกัด เนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน หรือมีพื้นที่กักเก็บน้ำในฤดูฝนน้อย ทำให้เกษตรกรต้องให้น้ำแก่มันสำปะหลังอย่างประหยัด และการที่เกษตรกรให้น้ำแก่มันสำปะหลังนั้นก็ยังให้น้ำไม่ถูกวิธี คือให้น้ำตามประสบการณ์ ทำให้ปริมาณน้ำที่พืชได้รับไม่เหมาะสม เช่น ให้น้ำในปริมาณที่น้อยเกินไป ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืช หรือให้น้ำในปริมาณที่มากเกิน ทำให้เกินความต้องการน้ำของพืช และสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์

การให้น้ำที่ถูกต้องเหมาะสม จำเป็นที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดิน-น้ำ-พืช คือ 1) คุณสมบัติของดิน เกี่ยวกับความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ของดิน การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำ อัตราการให้น้ำที่เหมาะสม และออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืช 2) คุณสมบัติของพืช เช่น การใช้น้ำของพืช ความสามารถในการทนแล้ง และระยะวิกฤติของพืช ดังนั้นการกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นการให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ในช่วงระหว่างความชื้นชลประทาน (field capacity; FC) กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point; PWP) การให้น้ำแก่พืชให้เมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤติ และปริมาณน้ำที่ให้จะต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤติ มีผลกระทบต่อพืช โดยทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิต และคุณภาพลดลง แต่การที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤติหรือยัง ต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ทางตรงและทางอ้อม การวัดความชื้นในดินทางตรง คือ วิธีวัดโดยน้ำหนัก (gravimetric method) วิธีนี้จะเสียเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างมาก ส่วนการวัดความชื้นในดินทางอ้อม ได้แก่ การอ่านค่าจากเครื่องมือต่างๆ ซึ่งจะกระทำได้สะดวก รวดเร็ว และสามารถเข้าดูข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์ได้ อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นในดินมักมีราคาสูง และผู้ใช้งานต้องมีความรู้ถึงจะสามารถใช้เครื่องมือวัดความชื้นในดินได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย

1.2.2 เพื่อหาจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังโดยระบบน้ำหยด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์ทั่วไปของมันสำปะหลัง

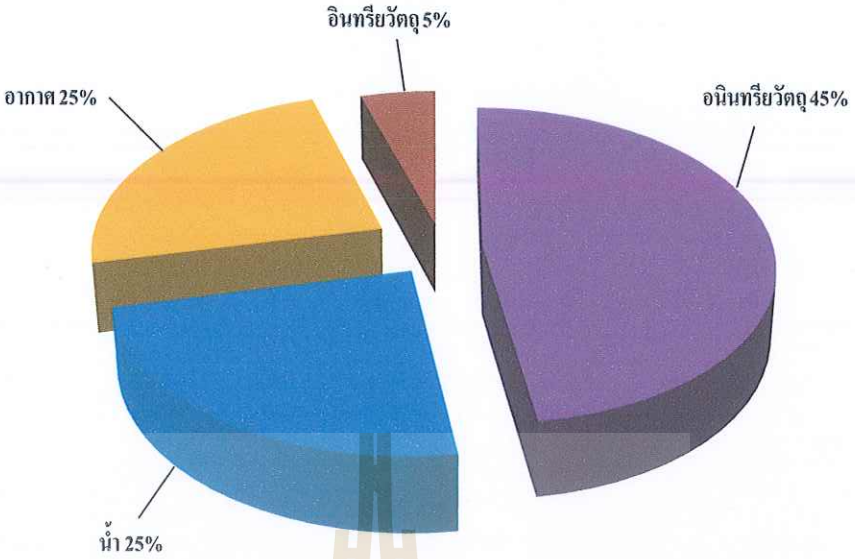
มันสำปะหลังมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* (L.) *Crantz* (Cassava หรือ Tapioca) จัดเป็นไม้พุ่มยืนต้น มีอายุอยู่ได้หลายปี และเป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง รากมันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ รากหาอาหาร หรือรากพิเศษ (adventitious roots) จะเจริญไปในแนวลึกมากกว่าแนวราบ เพื่อหาน้ำ และอาหารเพื่อเลี้ยงลำต้น และส่วนเหนือดิน ส่วนรากสะสม (storage root) จะเจริญไปแนวราบรอบต้นมากกว่าลงลึก มีหน้าที่สะสมแป้งไว้ในราก เมื่ออายุ 1.5-2 เดือน รากจะเริ่มมีการสะสมแป้งหลังจาก 3 เดือน จำนวนหัวจะไม่เพิ่มแต่จะเพิ่มขนาดของหัว จำนวนหัวเฉลี่ยประมาณ 5-20 หัว ซึ่ง ขนาด รูปร่าง จำนวนหัว และเปอร์เซ็นต์แป้ง มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ เช่นเดียวกับสีของลำต้น และความสูง การแตกกิ่ง ถ้าแตกกิ่งน้อยจะมีลำต้นสูง ถ้าแตกกิ่งมากต้นจะเตี้ย บนลำต้นมีก้านใบ เมื่อแก่จะหลุดร่วงไปทำให้มีลักษณะขรุขระรอบลำต้น ใบเป็นใบเดี่ยว แผ่ออกเป็นแฉก (lope) 3-9 แฉก ยาว 4-20 เซนติเมตร กว้าง 1-6 เซนติเมตร ก้านใบยาว 5-30 เซนติเมตร สีของก้านไปแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ช่อดอกเป็นแบบ panicle เกิดตรงจุดที่มีการแตกกิ่ง มันสำปะหลังเป็นพืชผสมข้ามแบบ monoecious ดอกตัวผู้กับดอกตัวเมียอยู่แยกดอกกัน แต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน ผลเป็น capsule เมื่อผลแห้งจะแตกออกดีดเมล็ดกระจายไป เมล็ดมีสีน้ำตาลคล้ายเมล็ดละหุ่ง

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลัง คือ เขตร้อนช่วงบริเวณเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ ที่ความสูงระดับน้ำทะเล 2,000 เมตร อุณหภูมิ 16-38°C, pH 4.5-5 ปลูกได้ในดินทุกชนิด และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทราย และดินร่วนปนทราย แต่ควรมีฝนตกไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร/ปี ถ้ามีน้ำน้อยกว่า 800 มิลลิเมตร/ปี จะอยู่ในสภาวะขาดน้ำทำให้ การเกิดปิดปากใบ และการสังเคราะห์แสงลดลง หากพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำจะส่งผลให้มีการปิดของปากใบ และมีผลทำให้ปริมาณ CO_2 ลดลง ทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สลดลงด้วย เนื่องจาก CO_2 จะผ่านเข้าทางปากใบ ดังนั้นเมื่อพืชควบคุมการคายน้ำซึ่งมีผลให้การสังเคราะห์แสงลดลงด้วย (Alves, 2002; Hillock et al., 2002) นอกจากนี้ CO_2 จะถูกนำไปใช้กับการสร้างราก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชอนไชเพื่อดูดน้ำ และธาตุอาหาร ถ้าสภาวะขาดน้ำยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้มันสำปะหลังจะมีการพัฒนาทางใบลดลงจนถึงหยุดการเจริญเติบโต มีการร่วงหล่นของใบเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งลดลง (สายัณห์ สดุดี, 2532; Hillock et al., 2002)

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพบทั่วทุกภาคของประเทศไทยยกเว้นภาคใต้ คิดเป็นพื้นที่ปลูกประมาณ 7.9 ล้านไร่ ผลผลิตรวมกว่า 30.23 ล้านตัน พื้นที่ที่มีการปลูกมากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็น 54.5% รองลงมาคือภาคกลาง 25.6% และภาคเหนือ 19.9% พื้นที่รวม 48 จังหวัด ในปี พ.ศ. 2556 จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ กำแพงเพชร กาญจนบุรี สระแก้ว และนครสวรรค์ เนื้อที่เพาะปลูกของ 6 จังหวัดนี้ เมื่อรวมกันแล้วมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลกครองอันดับ 1 รองลงมาคือ เวียดนาม ไนจีเรีย กัมพูชา อินโดนีเซีย และบราซิล มันสำปะหลังที่ผลิตได้ในประเทศจะถูกแปรรูปเป็นมันเส้นมันอัดเม็ด แป้งมัน ซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ทั้งในหมวดอาหาร อุตสาหกรรมยา อาหารสัตว์ สารความหวาน สิ่งทอ กระดาษ ผงชูรส ฯลฯ และอุตสาหกรรมเอทานอล โดยมีสัดส่วนการใช้ในประเทศประมาณร้อยละ 25 และส่งออกไปต่างประเทศร้อยละ 75 ทั้งในรูปมันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลังดิบ แป้งแปรรูป สาคู และกากมัน ในปี 2559 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรวม 9.7 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศมูลค่ารวมกว่า 79,000 ล้านบาท ปริมาณการส่งออกสูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากข้าว และมีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับที่ 3 รองจากยางพาราและข้าว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ตลาดส่งออกที่สำคัญที่ไทยส่งผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปขาย คือ จีน อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น ไต้หวัน มาเลเซีย และสหภาพยุโรป ปัจจุบันจีนเป็นตลาดสำคัญที่รองรับผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยเกือบทั้งหมด ทั้งในรูปมันสำปะหลัง หรือมันเส้น และมันอัดเม็ด

2.2 ส่วนประกอบของดิน

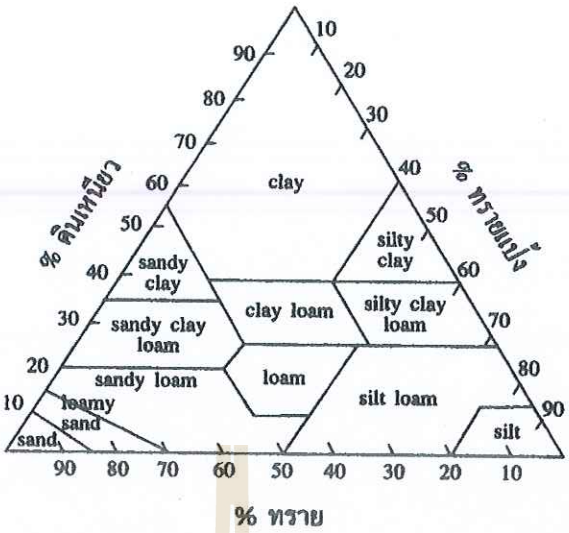
การปลูกมันสำปะหลังให้ได้ผลผลิตสูง การปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ถือว่าเป็นอีกวิธีการที่เพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น ซึ่งดินประกอบไปด้วย อินทรียวัตถุ อนินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศ ดังรูปที่ 1 อินทรียวัตถุ เมื่อย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วจะให้ธาตุอาหาร และยังเป็นตัวสำคัญในการควบคุมโครงสร้างของดินว่าเป็นโครงสร้างที่มีความพรุน หรือความหนาแน่น ซึ่งมีผลกระทบต่อการกำหนดการให้น้ำแก่พืช รวมถึงการควบคุมความชื้นในดิน สำหรับอนินทรียวัตถุเป็นแหล่งของแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อดิน มีผลทำให้สามารถจำแนกดินได้ว่าเป็นดินเหนียว ดินร่วน ดินทราย นอกจากนี้อนุภาคดินที่เกิดจากการวางและเรียงตัวโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดช่องว่างในดินได้



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของดินโดยปริมาตร

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน คุณสมบัติทางกายภาพของดินมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศในดิน ซึ่งมีผลต่อการเลือกระบบการให้น้ำแก่พืช ปริมาณน้ำที่ให้ได้สูงสุดที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้ โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องพิจารณา ได้แก่

1) เนื้อดิน คือลักษณะของเนื้อดินที่ระดับชั้นต่างๆ ในบริเวณเขตรากพืช เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องรู้ เพราะลักษณะของเนื้อดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มเอาไว้ได้สำหรับให้พืชนำไปใช้และยังมีอิทธิพลต่อการไหลซึมของน้ำลงไปในดินอีกด้วยเนื้อดินเป็นคุณสมบัติของดินที่บอกถึงความหยาบหรือความละเอียดของดิน ปกติแล้วดินประกอบด้วยส่วนผสมของอนุภาคหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ทราย (sand) ตะกอนทราย (silt) และดินเหนียว (clay) ในการแบ่งแยกหรือจำแนกเนื้อดิน แบ่งได้เป็น 2 ระบบใหญ่ คือ ระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (United State Department of Agriculture; USDA) และระบบสากล (International Society of Soil Science; ISSS) เนื่องจากการจำแนกเนื้อดินของ 2 ระบบต่างกันเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาได้จัดทำระบบการจำแนกดินเป็นสัดส่วนตามเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว ดินทราย และตะกอนทราย ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับการเรียกชื่อดิน (ที่มา: บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546)

2) โครงสร้างของดิน คือการเรียงตัว และเกาะตัวของเม็ดดินจนดินกลายเป็นก้อน ซึ่งอาจเป็นรูปก้อนกลม ก้อนเหลี่ยม แบบแผ่น หรือแบบแท่ง โครงสร้างของดินเกี่ยวข้องกับอัตราการซึมของน้ำในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งที่ใช้ในการเลือกวิธีการให้น้ำชลประทาน และการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

3) ความถ่วงจำเพาะของดิน คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักดินต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเม็ดดิน จำแนกได้เป็นความถ่วงจำเพาะแท้จริงกับความถ่วงจำเพาะปรากฏ โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1 และ 2

Rs = Ws/Vsγw..... (สมการที่ 1)

As =Ws/Vγw..... (สมการที่ 2)

เมื่อ **Rs** = real specific gravity = ความถ่วงจำเพาะแท้จริง

As = apparent specific gravity = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

Ws = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

Vs = ปริมาตรของเม็ดดินเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน

γw = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

จากสมการที่ 1 และ 2 พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะแท้จริงและความถ่วงจำเพาะปรากฏแตกต่างกันตรงวิธีคิดปริมาตรเท่านั้น ประโยชน์ของความถ่วงจำเพาะ ใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะให้กับพืช โดยเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร เพื่อใช้กำหนดระยะเวลาในการให้น้ำได้ถูกต้อง เพื่อสะดวกในการคำนวณส่วนใหญ่ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏประกอบการคำนวณ ซึ่งมีช่วงค่าตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As) ชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As)	
	ช่วงค่าปกติ	ค่าเฉลี่ย
ดินทราย (sand)	1.55 - 1.80	1.65
ดินร่วนปนทราย (sandy loam)	1.40 - 1.60	1.50
ดินร่วน (loam)	1.35 - 1.50	1.40
ดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam)	1.30 - 1.40	1.35
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (silty clay)	1.25 - 1.35	1.30
ดินเหนียว (clay)	1.20 - 1.30	1.25

ที่มา : บุญมา ป้านประดิษฐ์ (2546)

4) ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และพลังงานกำกับก้อนดิน โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำกับขนาดรัศมีของช่องว่างที่มีน้ำอยู่ จะสามารถใช้ประเมินความสามารถในการอุ้มน้ำของดินได้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องว่างกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน ซึ่งเมื่อทราบช่องว่างจะหาสัดส่วนของช่องว่าง และคำนวณปริมาณน้ำที่ดินอุ้มไว้ได้ (สุนทรี อัครธนกุล, 2529)

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของดิน คือคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในดิน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเหมาะสมในการปลูกพืช ได้แก่

1) สภาพกรด-ด่างของดิน หรือปฏิกิริยาดิน คือสมบัติของดินที่แสดงว่าดินเป็นกรดหรือด่าง และสภาพกรดหรือด่างนั้นมีความรุนแรงมากหรือน้อยเพียงใด สภาพกรด-ด่างของดินหรือปฏิกิริยาดินเป็นสมบัติทางเคมีที่สำคัญมาก เนื่องจากเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่มีอยู่เดิมและปุ๋ยที่ใส่ในดิน

2) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน หรือ CEC (cation exchange capacity) เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัสในดินมีประจุลบจึงสามารถดูดซับแคตไอออน เช่น โพแทสเซียมไอออน แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออนซึ่งมีประจุบวกไว้ที่ผิว มีผลดี 2

ประการคือ 1) แคตไอออนที่อนุภาคดินดูดซับไว้นี้ยังคงเป็นประโยชน์ต่อพืช และ 2) ช่วยดูดซับให้ไอออนดังกล่าวคงอยู่กับดินไม่ถูกน้ำชะล้างเมื่อฝนตกหรือมีการรดน้ำ

3) ความเค็มของดิน ความเค็มของดินเกิดขึ้นเมื่อดินนั้นสะสมเกลือที่ละลายได้ง่ายในปริมาณที่สูงเกินไป เกลือที่มักสะสมในดิน ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) แคลเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ดินเค็ม คือดินซึ่งมีเกลือที่ละลายอยู่มากจนเป็นอันตรายต่อพืช สำหรับประเทศไทยเกลือที่พบในดินเค็มส่วนใหญ่ คือโซเดียมคลอไรด์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

2.3 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

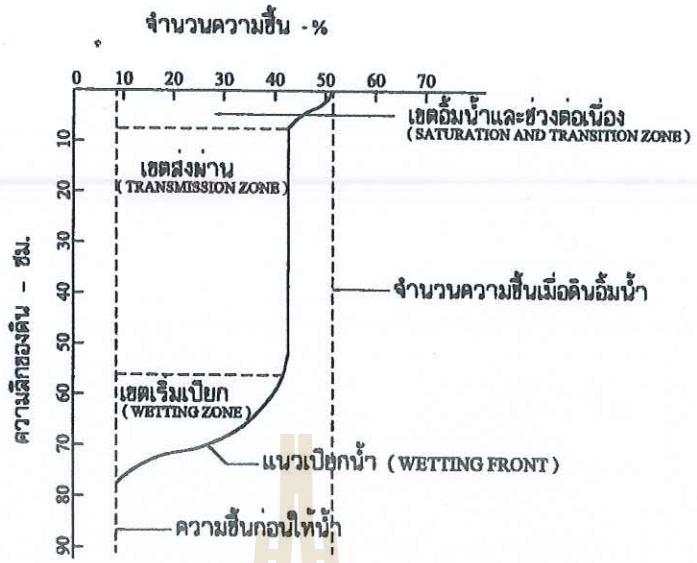
การทราบถึงการเคลื่อนที่ของน้ำในดินจะเป็นประโยชน์ในการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำ และเลือกอัตราการให้น้ำให้เหมาะสม โดยพิจารณาจาก 2 ประเด็นหลักๆ คือ รูปแบบการแพร่กระจายน้ำ และอัตราการดูดซึม

2.3.1 รูปแบบการแพร่กระจายน้ำ เพื่อทราบว่าทิศทางการไหลของน้ำภายใต้สภาวะและชนิดดินต่างๆ เป็นประโยชน์ในการเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบต่างๆ ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำในดินไม่มีทิศทางการไหลที่แน่นอนอย่างไรก็ตาม สรุปได้ว่าการแพร่กระจายของน้ำจะแบ่งได้เป็น 3 โซนใหญ่ คือ

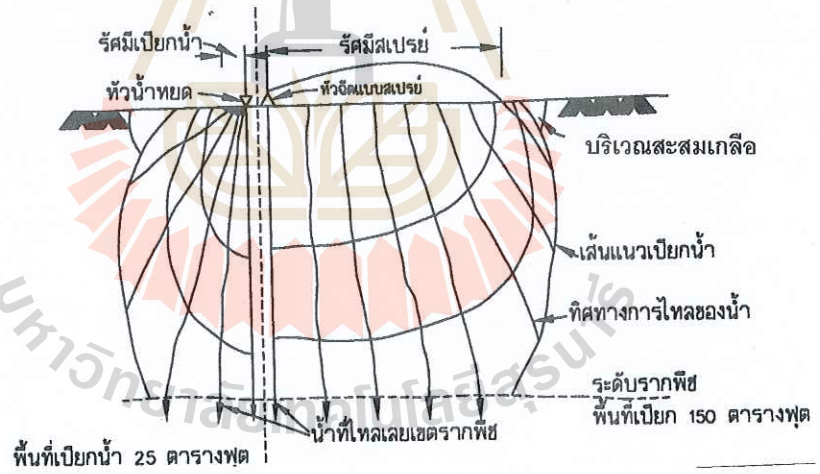
1) เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง (saturation and transition zone) คือส่วนที่เป็นชั้นดินบาง ๆ ตอนผิวบนของดินซึ่งสัมผัสกับน้ำ

2) น้ำเขตส่งผ่าน (transmission zone) คือส่วนที่เป็นตัวนำน้ำจากบริเวณที่ให้น้ำไปสู่บริเวณที่แห้งกว่า

3) เขตเริ่มเปียก (wetting zone) คือส่วนที่กำลังได้รับน้ำจากเขตส่งผ่าน ความชื้นในดินส่วนนี้จะอยู่ระหว่างความชื้นของดินเดิมและความชื้นของดินในเขตส่งผ่าน และแนวเปียกน้ำ (wetting front) คือแนวเขตที่ความชื้นในเขตเริ่มเปียกแผ่ไปถึงแนวเปียกน้ำนี้จะมองเห็นได้ชัดถ้าดินเดิมนั้นแห้งมาก ซึ่งถ้าพิจารณารูปตัดของดินตามรูปที่ 3 จะทำให้เข้าใจทิศทางการไหลของน้ำได้ดียิ่งขึ้น

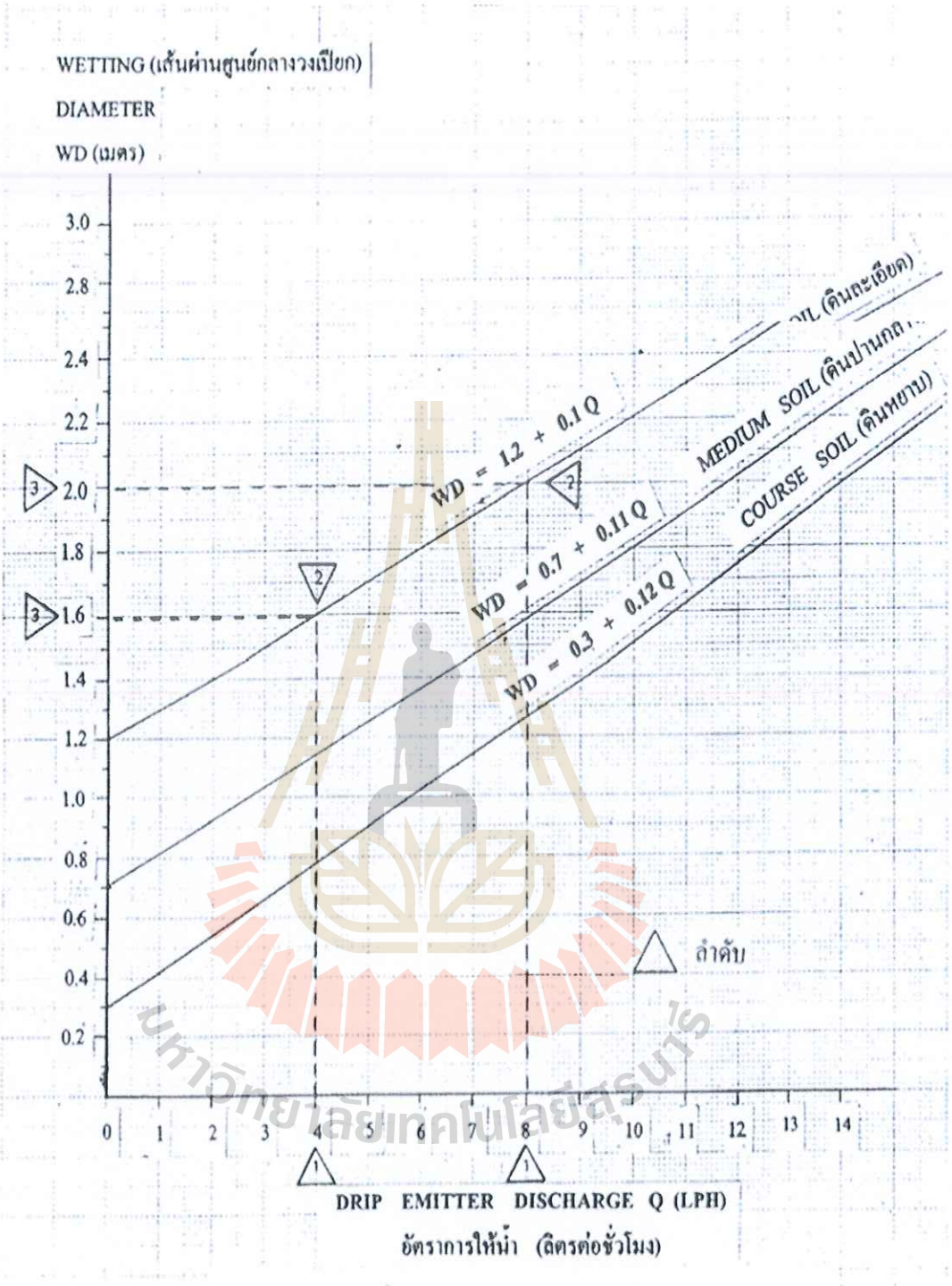


รูปที่ 3 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่มีการให้น้ำจากผิวดิน (ที่มา: บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546)



รูปที่ 4 ลักษณะพื้นที่เปียกน้ำของระบบน้ำหยด และแบบหัวฉีดฝอยเล็ก (ที่มา: บุญมา ป้าน-ประดิษฐ์ , 2546)

ยกตัวอย่าง เช่น ในกรณีของการให้น้ำแบบหยด และแบบฉีดฝอยเล็ก ลักษณะการแพร่กระจายน้ำจะแตกต่างกัน พิจารณาได้ตามรูปที่ 4 ซึ่งความกว้างของวงเปียกในดินชนิดต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของหัวน้ำหยด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟหาความกว้างพื้นที่เปียกน้ำของน้ำหยด (ที่มา: ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545)

2.3.2 อัตราการดูดซึม อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวดินเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดของโลก เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของดินที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหา

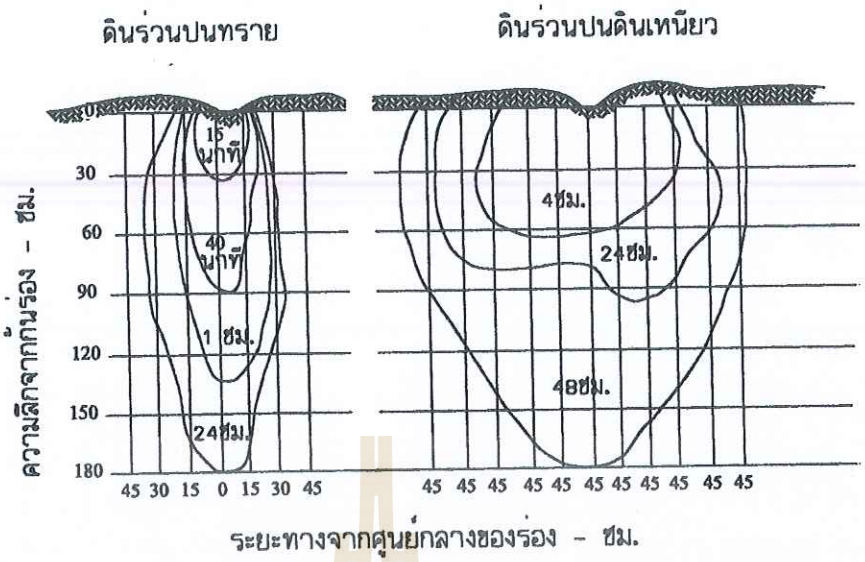
ระยะเวลาการให้น้ำแก่พืชว่าการให้น้ำแต่ละครั้งจะให้นานเท่าใด โดยเฉพาะการให้น้ำแบบผิวดินประเภทร่องคู และแบบผืน รวมทั้งการให้น้ำแบบฉีดฝอยด้วย ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็เพื่อใช้เลือกออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืช เช่น กรณีดินมีอัตราการซึมมากกว่า 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ควรเลือกการให้น้ำแบบหยดหรือฉีดฝอยแทนการให้น้ำแบบผิวดิน เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดซึมของน้ำในดิน ได้แก่ โครงสร้างของดิน ลักษณะเนื้อดิน สภาพผิวดิน ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ ความลึกของน้ำที่ขังอยู่เหนือผิวดิน โดยดินที่มีโครงสร้างประเภทความพรุนสูง อัตราการซึมของน้ำจะสูงตามไปด้วย ลักษณะเนื้อดินหยาบจะซึมได้เร็วกว่าเนื้อดินละเอียด ดินที่สภาพผิวดินได้มีการพรวนเป็นประจำจะดูดซึมน้ำได้ดีกว่าดินที่อยู่ตามปกติ เป็นต้น ซึ่งมีค่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณ

ชนิดของดิน	อัตราการซึมโดยประมาณ (มม./ชั่วโมง)
ดินร่วนปนทราย	เฉลี่ย 25
ดินร่วน	เฉลี่ย 20
ดินร่วนปนเหนียว	เฉลี่ย 15
ดินเหนียว	เฉลี่ย 5

ที่มา : บุญมา ป้านประดิษฐ์ (2546)

ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำที่ผ่านผิวดิน จะมีประโยชน์ 2 ประการ คือ 1) ใช้พิจารณาว่าจะให้น้ำแก่พืชนานเท่าใด 2) ใช้ในการเลือกหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสมกับต้นพืช โดยต้องมีอัตราการจ่ายน้ำน้อยกว่าอัตราการซึมของดิน ซึ่งถ้าหากเลือกใช้อัตราการจ่ายน้ำมากกว่าอัตราการซึมน้ำของดินจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่า ทำให้สิ้นเปลืองน้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อต้นพืชได้ รูปที่ 6 เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาการไหลของน้ำที่ความลึก 180 เซนติเมตร พบว่าดินร่วนปนทรายจะมีรูปร่างเรียวแคบตามแนวดิ่ง ความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางเปียกน้ำประมาณ 90 เซนติเมตร และใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ส่วนดินร่วนปนดินเหนียวจะใช้เวลานานถึง 48 ชั่วโมง และให้เส้นผ่านศูนย์กลางถึง 150 เซนติเมตร



รูปที่ 6 ลักษณะการแผ่กระจายความชื้นของดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนดินเหนียว ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังให้น้ำ (ที่มา: บุญมา ป้านประดิษฐ์, 2546)

2.4 น้ำในดิน

2.4.1 ลักษณะของน้ำในดิน น้ำอยู่ในดินได้เพราะคุณสมบัติของโมเลกุลของน้ำสามารถสร้างพันธะยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของน้ำด้วยกันเอง และโมเลกุลที่ประกอบเป็นพื้นผิวอื่นๆ โดยเฉพาะถ้าสารที่เกาะติดนั้นมีผิวประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน ซึ่งผิวของอนุภาคของดินมีอะตอมของออกซิเจนอยู่โดยรอบนอก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ และดูดซึมไว้เป็นชั้นๆ โดยรอบของอนุภาคดิน แต่การดูดด้วยแรงดูดซับ (absorptive force) ระหว่างน้ำกับอนุภาคดินผันแปรกับระยะห่างจากผิวอนุภาคดินกล่าวคือ น้ำส่วนที่อยู่ห่างจากผิวอนุภาคดินจะถูกดูดซับด้วยแรงที่น้อยลงกว่าส่วนที่อยู่ใกล้ผิวอนุภาคดิน ดังนั้นโมเลกุลของน้ำบริเวณรอบนอกจึงสูญเสียไปได้ง่าย โดยเมื่อดินได้รับความชื้นน้ำจะซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่วระหว่างโมเลกุลของน้ำกับเม็ดดิน การที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ หรือดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้แรงมากกว่าแรงที่น้ำดูดยึดกับอนุภาคของดิน ซึ่งขนาดของแรงที่จะใช้อยู่ในรูปของแรงดึงขนาดต่าง ๆ กัน และขึ้นกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือยิ่งดินมีความชื้นมาก น้ำที่เกาะอยู่กับเม็ดดินก็จะมีความหนามากขึ้น โมเลกุลของน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินมากจะไม่ได้รับอิทธิพลจากแรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลของดิน ดังนั้นน้ำที่อยู่ห่างจากเม็ดดินจะถูกทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลก แต่เมื่อความชื้นในดินลดลงแรงยึดเหนี่ยวจากแรงดูดซับของดินจะมีอิทธิพลมากขึ้น

ซึ่งแรงดึงความชื้น หมายถึงแรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินดูดยึดน้ำไว้ และเป็นแรงที่จะต้องใช้เพื่อที่จะดูดเอาความชื้นซึ่งมักจะวัดเป็นบาร์ (bar) หรือบรรยากาศ (atmosphere)

2.4.2 ชนิดของน้ำในดิน แบ่งตามความสามารถของดินที่ดูดยึดน้ำไว้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1) น้ำอิสระ (gravitational water หรือ free water) คือน้ำที่ถูกแรงยึดเหนี่ยวของดินมากกว่า -0.3 บาร์ แต่น้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกทำให้น้ำไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าอย่างอิสระ ในดินทรายค่านี้อยู่ระหว่าง -0.1 ถึง -0.2 บาร์ (1 บาร์ = 0.1 J/กรัม = 0.987 บรรยากาศ = 0.001 บาร์) น้ำชนิดนี้ถ้าหากอยู่ในดินนานเป็นอันตรายต่อพืช โดยมีผลทำให้พืชขาดอากาศหายใจ และเกิดการชะล้างแร่ธาตุอาหารพืชไปจากดินได้ง่าย

2) น้ำซับ (capillary water) คือน้ำที่เกิดในสภาพเมื่อฝนหยุดตก หรือหยุดให้น้ำแก่พืช ซึ่งน้ำจะถูกระบายสู่ส่วนล่างใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมง ความหนาแน่นของน้ำที่เกาะยึดกับอนุภาคดินจะถูกยึดด้วยดินเพียงช่องว่างขนาดเล็กด้วยแรงดูดซับที่สูงมากพอที่จะต่อต้านแรงฉุดของแรงดึงดูดของโลก ความชื้นของน้ำซับ พบว่าอนุภาคของดินมีแรงดึงต่อน้ำประมาณ 0.3 บาร์ และเรียกความชื้นช่วงนี้ว่า "ความชื้นชลประทาน หรือความจุความชื้นในสนาม"

3) น้ำเยื่อ (hygroscopic water) เป็นน้ำที่เกาะติด หรือชิดกับอนุภาคของผิวดิน และปรากฏในชั้นที่บางมากทำให้พืชไม่สามารถนำน้ำไปใช้ได้ โดยแรงดูดยึดอนุภาคของดินมีค่าประมาณ 31 บาร์

2.4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถของดินที่เก็บน้ำ หรืออุ้มน้ำไว้ให้แก่พืช ความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นในดินที่มีความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร หรือความชื้นในสภาพที่ดินดูดยึดไว้ด้วยแรงดึงความชื้นตั้งแต่ 0.3 บรรยากาศ ถึง 15 บรรยากาศ เป็นความชื้นที่เป็นประโยชน์ปริมาณสูงสุดของความชื้นที่ดินแต่ละชนิดสามารถดูดยึดไว้เป็นประโยชน์ต่อพืช ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้าง และลักษณะของเนื้อดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือขนาด และปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินจากตารางที่ 3 พบว่า เนื้อดินที่มีความละเอียดสูงมีค่าความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สูงกว่าดินเนื้อหยาบ เช่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินทราย และดินเหนียว พบว่าดินเหนียวมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าดินทราย แสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมด ส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้และใช้ไม่ได้ของดินชนิดต่างๆ นั้นแสดงในตารางที่ 4 แสดงผลเช่นเดียวกับตารางที่ 3 คือดินเนื้อละเอียดจะพบว่าปริมาณการอุ้มน้ำในดินทั้งหมดสูงกว่าในดินเนื้อหยาบ เนื่องจากดินเหนียวมีอนุภาคเล็ก จึงทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าดินทรายจึงดูดยึดน้ำไว้ในดินได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (ความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวถาวร)

เนื้อดิน	As	FC	PWP	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้		
				Pw	Pv	d
				Pw=Fc-Pw	Pv=PwxAs	D=PwxAsxD/100
ดินทราย	1.65	9	4	5	8	0.8
	(1.55-1.80)	(6-12)	(2-6)	(4-6)	(6-10)	(0.6-1.0)
ดินร่วนปนทราย	1.50	14	6	8	12	1.2
	(1.40-1.60)	(10-18)	(4-8)	(6-10)	(9-15)	(0.9-1.5)
ดินร่วน	1.40	22	10	12	17	1.7
	(1.35-1.50)	(18-26)	(8-12)	(10-14)	(14-20)	(1.4-2.0)
ดินร่วนปนดินเหนียว	1.35	27	13	14	19	1.9
	(1.30-1.40)	(23-31)	(11-15)	(12-16)	(16-22)	(1.6-2.2)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	1.30	31	15	16	21	2.1
	(1.25-1.35)	(27-35)	(13-17)	(14-18)	(18-23)	(1.8-2.3)
ดินเหนียว	1.25	35	17	18	23	2.3
	(1.20-1.30)	(31-39)	(15-19)	(16-20)	(20-35)	(2.0-3.5)

หมายเหตุ : As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ, FC = ความชื้นชลประทาน (% น้ำหนักดินแห้ง), PWP = ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (% น้ำหนักดินแห้ง), Pw = ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยน้ำหนักดินแห้ง), Pv = ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร) และ d = ความสูงของน้ำในดินที่ความลึก 1 เซนติเมตร

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม และคณะ (2545)

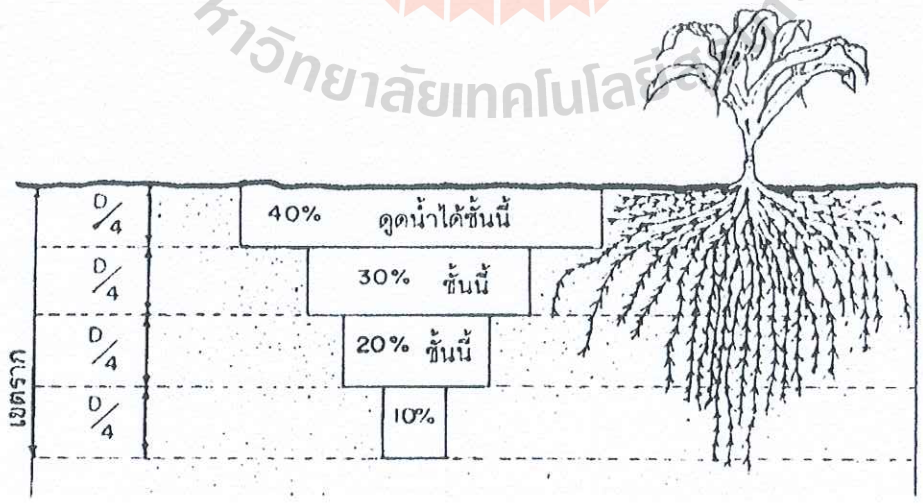
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชนิดต่างๆ

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
ดินร่วนปนตะกอนทราย	3.40-4.00	1.70-2.00	1.70-2.00
ดินร่วนปนดินเหนียวปนตะกอนทราย	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

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม และคณะ (2545)

2.4.4 การดูดน้ำของพืชจากดินในชั้นต่างๆ เนื่องจากว่ารากพืชแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในตอนบนของเขตราก และในบริเวณโคนต้น ดังนั้นพืชจะดูดน้ำจากดินในชั้นนี้ไปใช้อย่างรวดเร็ว นอกจากความชื้นที่พืชดูดไปใช้แล้ว ดินยังสูญเสียน้ำโดยการระเหยไปจากผิวดินอีก ขณะที่ความชื้นของดินในชั้นนี้ค่อยๆลดลง ความชื้นที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงต้องมาจากดินในชั้นที่อยู่ต่ำลงมาในดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอ และยังมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ แต่พืชจะดูดน้ำไปใช้ช้ากว่ามาก ถ้าแบ่งความลึกของเขตรากออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชใช้ทั้งหมดมาจากดินในชั้นแรกนับจากผิวดินลงมา 30 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่สอง 20 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่สาม และ 10 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่สี่ตามลำดับ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ (ที่มา: กรมชลประทาน, 2554)

2.4.5 ความชื้นในดิน จากชนิดของน้ำในดินสามารถพิจารณาระดับความชื้นในดิน หรือความชื้นที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพื่อประโยชน์ในการกำหนด หรือคำนวณปริมาณน้ำในดินที่ระดับความชื้นต่างๆ คือ

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

2) ความชื้นชลประทาน หรือความจุความชื้นในสนาม (field capacity) เป็นความชื้นในดินที่เหลืออยู่หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายจากช่องว่างขนาดใหญ่ หรือเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่ดินสามารถอุ้มไว้ และต้านทานแรงดึงดูดของโลก โดยในช่องว่างขนาดเล็กมีน้ำอยู่เต็ม ส่วนช่องว่างขนาดใหญ่มีอากาศอยู่เต็ม โดยแรงดึงดูดความชื้นเท่ากับ 0.3 บรรยากาศ แต่ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของเนื้อดิน เช่น ดินเนื้อหยาบจะมีค่าแรงดึงความชื้นประมาณ 0.1 บรรยากาศ ส่วนดินเหนียวหรือดินค่อนข้างเหนียวมีค่าถึง 0.6 บรรยากาศ ซึ่งระดับความชื้นชลประทาน เป็นระดับสูงสุดของความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water)

3) จุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) เป็นความชื้นในดินที่พืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ ทำให้พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่า "จุดเหี่ยวถาวร" เป็นพิกัดล่างสุดของความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยมีแรงดึงความชื้นเท่ากับ 15 บรรยากาศ

4) ความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (available moisture) น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ capillary water ที่อยู่ระหว่าง field capacity และ permanent wilting point ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าความชื้นในดินทั้งสองนี้คือ ความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้

2.4.6 การตรวจสอบความชื้นในดิน การหาค่าความชื้นในดินมีหลายวิธีทั้งทางตรง และทางอ้อม การวัดระดับความชื้นในดินทางตรง คือ วิธีวัดโดยน้ำหนัก (gravimetric method) เป็นการวัดความชื้นโดยตรง ซึ่งประกอบด้วย การเก็บตัวอย่างดินตรงตำแหน่ง และนำตัวอย่างดินใส่ในกระป๋องความชื้น (moisture can) ซึ่งมีฝาปิดสนิท เพื่อป้องกันการระเหยน้ำ นำมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วเอาเข้าตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำหนักของน้ำที่หายไปต่อน้ำหนักดินแห้งคูณด้วย 100 จะเป็นความชื้นของดินโดยน้ำหนัก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Donahue et al., 1971) การหาค่าความชื้นในดินโดยวิธีนี้จะไม่สะดวกในกรณีที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างดินบริเวณนั้นอย่างสม่ำเสมอ โดยต้องทำการขุด หรือเจาะดินตัวอย่างขึ้นมาทุกครั้งที่ทำการศึกษา ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลมีความเสียหาย และเสียเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างมาก แต่

อย่างไรก็ตามวิธีนี้คงใช้กันโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวก อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2542; Topp, 1993) ส่วนการวัดความชื้นในดินทางอ้อม ได้แก่ การอ่านค่าจากเครื่องมือต่างๆ ซึ่งจะกระทำได้สะดวก และรวดเร็วกว่า ซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่

1) เทนซิโอมิเตอร์ (Tensiometer) เป็นเครื่องมือวัดความเครียดเมตริก (metric suction) ของความชื้นในดินที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อกำหนดตาราง และปริมาณการให้น้ำชลประทานแก่พืช และยังสามารถใช้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับความชื้นในดินได้อย่างกว้างขวาง ความเครียดเมตริกของความชื้นในดินเกิดจากการที่อนุภาคของดินดูดยึดความชื้นไว้ที่ผิวของอนุภาค และในช่องว่างขนาดเล็กในดิน (capillary pores) จึงทำให้ความชื้นในดินอยู่ในสภาวะที่ไม่อิสระ ซึ่งจะมีผลถึงความยากง่ายในการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้จากดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ กล่าว คือ พืชจะต้องใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำอย่างน้อยเท่ากับความเครียดของน้ำในดินจึง จะดูดน้ำไปใช้ได้ การบอกปริมาณน้ำในดินเพียงอย่างเดียวเป็นการไม่เพียงพอ เพราะเราไม่ทราบว่าน้ำในดินขณะนั้นมีระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยแค่ไหนแต่ถ้าเราบอกเป็นระดับ ความเครียดของน้ำในดิน บอกให้ทราบถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืชในขณะนั้นๆ ซึ่งระดับความเครียดเมตริกของน้ำในดินสามารถวัดโดยเทนซิโอมิเตอร์ (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2544)

2) แท่งวัดความต้านทาน (electric resistance block) ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ที่ฝังอยู่ในแท่งวัสดุพรุน และมีสายไฟฟ้าต่อออกมาจากภายนอก โดยแท่งวัสดุพรุนอาจเป็นพวกยิปซัม ไฟเบอร์กลาส ไนลอน หรือเทปลอน และมีมิเตอร์วัดความต้านทานไฟฟ้า (Hassett and Banwart, 1992) การวัดความชื้นโดยวิธีนี้ต้องการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดิน กับค่าความต้านทานที่อ่านได้จากการวัด เส้นโค้งที่สร้างขึ้นมาสำหรับดินหนึ่งควรใช้เฉพาะกับดินนั้น ถ้าเปลี่ยนชนิดของดินก็ควรสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าขึ้นมาใหม่ เพราะลักษณะเฉพาะตัวทางความชื้นของดิน รวมทั้งปริมาณเกลือในดินแต่ละแห่งจะไม่เหมือนกัน แม้แต่ใช้วัดในดินเดียวกัน แท่งวัสดุพรุนเหมาะกับการใช้งานเมื่อดินมีระดับความชื้นในดินอยู่ระหว่างจุดเหี่ยวถาวร และจุดซึ่งต่ำกว่าความจุความชื้นสนามเล็กน้อย ถ้าระดับความชื้นในดินมีค่าต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร หรือใกล้เคียงกับความจุความชื้นสนาม ความไวของเครื่องมือจะลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การวัดความชื้นในดินโดยวิธีนี้จะวัดความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืชมากกว่าจะทำการหาความชื้นในดิน หรือปริมาณน้ำที่แท้จริง (นิวัติ เรืองพานิช, 2515)

3) เครื่องวัดความชื้นในดินด้วยนิวตรอน (neutron moisture meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดระดับความชื้นโดยอาศัยหลักการชนระหว่างนิวตรอนความเร็วสูง นิวตรอนความเร็วสูงจะถ่ายทอดพลังงานของมันให้ไฮโดรเจนอะตอม แล้วตัวมันเองเป็นนิวตรอนความเร็วต่ำ จำนวนของนิวตรอนจึงผันแปรโดยตรงกับประดับความชื้นในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Kramer, 1978) ค่าที่ได้จากเครื่องมือไม่ใช่ค่าความชื้นในดิน จึงทำให้ต้องมีการสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าสำหรับ

ดินชนิดนั้นขึ้นมาเสียก่อน สำหรับปัจจุบันบางเครื่องมีหน่วยประเมินผลอยู่ภายใน จึงทำให้สามารถรู้ค่าความชื้นได้ทันที เมื่อนับจำนวนนิวตรอนความเร็วต่ำเสร็จ การวัดความชื้นด้วยนิวตรอนเป็นการวัดที่สะดวกในการวัดภาคสนาม สามารถวัดได้มากแห่งโดยสภาพดินไม่เสียหาย ปราศจากการเสี่ยงทางด้านข้อมูล แต่ทั้งนี้การวัดด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะต่อการวัดความชื้นตรงผิวดินเพราะให้ค่าที่คลาดเคลื่อนได้ รวมทั้งผู้ใช้อาจได้รับอันตรายจากรังสีนิวตรอนหากขาดมาตรการป้องกันที่ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2542)

4) เครื่องมือวัดความชื้นแบบ Profile Probe เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีหลักการทำงานโดยใช้วัดค่าความชื้นดินแบบ volumetric soil moisture content (m^3m^{-3} หรือ %Vol.) ใช้แท่งวัดความชื้นดินมีขนาดไม่น้อยกว่า 100 ซม. โดยสามารถวัดค่าความชื้นดินได้ 6 ระดับ 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร มีช่วงการวัดความชื้นดิน 0 ถึง 1.0 m^3m^{-3} หรือ 100 %Vol. โดยมีช่วงการวัดที่แม่นยำในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 0.4 m^3m^{-3} หรือ 0 ถึง 40%Vol. มีค่าผิดพลาด (accuracy) ± 0.04 m^3m^{-3} หรือ 4% ที่ช่วงอุณหภูมิใช้งาน 0-40°C เมื่อใช้งานร่วมกับ access tube หลังจากปรับมาตรฐานกับชนิดของดินที่ต้องวัดค่าความชื้น มีช่วงเวลาในตอบสนองไม่เกิน 1 วินาที (บริษัท ไทยวิกตอรี่, 2555)

5) เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ TDR (time domain reflectometry) เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีการทำงานโดยใช้วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโมเลกุลน้ำเพื่อใช้ประมาณความชื้นในดิน อุปกรณ์ในการวัดความชื้นของ TDR ประกอบด้วย แท่งโลหะ (rods) สายส่งสัญญาณ (transmission lines) และส่วนแสดงผล (TDR cable tester) การทำงานจะมีการแพร่ของกระแสไฟฟ้าไปสู่ดิน และมีการย้อนกลับมายังที่ปลายของสายส่ง เทคนิคในการวัดของ TDR คือ การวัดความเร็วของการแพร่สัญญาณที่มีสัญญาณความถี่สูง การวัดความชื้นในดินโดยวิธีนี้จึงมีประสิทธิภาพสูง โดยความเร็วของการแพร่จะลดลงในวัตถุที่มี dielectric constant ที่สูงกว่า สำหรับค่า dielectric constant ของน้ำมีค่าประมาณ 80 องค์ประกอบที่เป็นของแข็งในดินมีค่า dielectric constant อยู่ระหว่าง 2-7 และอากาศมีค่า dielectric constant เท่ากับ 1 (Topp, 1993)

6) เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ FDR (frequency domain reflectometer) วิธีนี้ใช้หลักการเดียวกับ TDR แต่เปรียบเทียบความถี่ของคลื่นสะท้อนที่เปลี่ยนไป แทนเวลาสะท้อนกลับของคลื่น FDR ใช้คลื่นความถี่วิทยุ (RF) เพื่อวัดความเก็บประจุของดิน ใช้กระแสไฟฟ้าผ่านโลหะเหล็กปลายแหลม หรือคลื่นอื่นๆ แต่ด้วยวิธีการนี้ใช้ความแตกต่างระหว่างคลื่นที่ออก และคลื่นความถี่กลับ สามารถวัดเพื่อตรวจสอบความชื้นในดิน เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ FDR ทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้อง และ FDR มีเวลาตอบสนองได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเทียบกับ TDR

2.4.7 ปัจจัยที่มีผลต่อความชื้นในดิน สิ่งสำคัญต่อปริมาณของความชื้นที่พบในดินอย่างหนึ่งคือ การซึมของน้ำ หรือการเคลื่อนย้ายน้ำลงดิน ซึ่งน้ำที่มีการซึมลงดินนี้เองจะเป็นส่วนของ

ความชื้นในดิน กล่าว คือ ถ้าปริมาณการซึมน้ำมีมากก็จะทำให้มีปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว สำหรับปัจจัยพื้นฐานในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของน้ำลงดิน ได้แก่

1) อนุภาคของเม็ดดิน Donahue (1971) ได้รายงานว่าสัดส่วนของดินทราย และดินเหนียว มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านแตกต่างกัน (soil permeability) จากการศึกษาของ วิชา นิยม (2523) พบว่าภูมิอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของดินน้อยกว่าสภาพภูมิประเทศ ปริมาณอนุภาคทราย และอนุภาคดินเหนียวใกล้เคียงกันในสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกัน แต่ความต่างของระดับพื้นที่ที่สูงกว่า มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากกว่า ส่วนปริมาณอนุภาคทรายจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม สำหรับดินตอนบนมีอนุภาคขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนดินตอนล่างจะมีการสะสมดินเหนียว

2) โครงสร้างของดิน คุณสมบัติของดินที่มีเนื้อหยาบ หรือดินที่มีโครงสร้างดีจะมีสัดส่วนของช่องขนาดใหญ่ (macropores) อยู่มากทำให้นำน้ำได้ดีดินพวกนี้จึงมีอัตราการแทรกซึมสูง ตรงข้ามกับดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างไม่ดี คือ ดินไม่จับตัวกันเป็นก้อนจึงมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดเล็ก (micropores) อยู่มาก สภาพนำน้ำของดินมีค่าต่ำ ดินจะมีอัตราการแทรกซึมน้ำต่ำ ปริมาณช่องว่างในดินจะลดลงโดยการอัดตัวของดิน และแปรผันกับความลึก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535)

3) อินทรียวัตถุในดิน ถ้ามีอินทรียวัตถุในดินมากจะช่วยในการซึมน้ำลงสู่ดินเร็วขึ้น อินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณที่มาก คือ ประมาณ 6–20 เท่าของน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ดูดซับน้ำได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นอนุภาคของอินทรียวัตถุประกอบกันเป็นโครงสร้างมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดีอยู่มาก โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีมากบริเวณใกล้ผิวดิน และลดลงตามระดับความลึก (เกษม จันทร์แก้ว และเพิ่มศักดิ์ มกราภิรมย์, 2522; คณาจารย์ภาควิชา-ปฐพีวิทยา, 2535)

4) ความลึกของดินจนถึงชั้นหินแข็ง ชั้นดินที่มีความลึกน้อยให้น้ำผ่านได้น้อยกว่าชั้นดินที่ลึก และความสามารถในการเก็บกักน้ำขึ้นอยู่กับชนิดดิน และความลึกของดิน จากการศึกษาของบุญฤทธิ์ ภูริยากร (2525) พบว่าความหนาแน่นของอนุภาคดินจะเพิ่มขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความลึกของดิน

5) ปริมาณน้ำในดิน หรือปริมาณความชื้นในดินมีบทบาทอย่างมาก เพราะความชื้นในดินมีผลต่อสมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินทั้งการนำน้ำเข้าเก็บในดิน และความสามารถดูดน้ำของดิน เมื่อเริ่มต้นจะเกิดการซึมน้ำเท่านั้น ถ้าดินแห้งจะให้อัตราการซึมน้ำสูงมาก เนื่องจากแรงดึงดูดภายในเม็ดดิน และแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้สมรรถนะการซึมน้ำผ่านผิวดินสูงด้วย เมื่อดินเริ่ม

เปียกพวกสารคอลลอยด์ต่างๆ ที่เม็ดดินพองตัวซึ่งอาจมีส่วนในการไปอุดรูดินทำให้ลดการซึมน้ำผ่านผิวดิน อีกทั้งมีส่วนทำให้แรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง (เกษม จันทร์แก้ว, 2515)

6) ลักษณะและปริมาณพืชคลุมดิน เช่น หญ้า หรือป่า มีแนวโน้มในการทำให้การซึมน้ำผ่านผิวดินสูงและมากขึ้น เพราะพืชคลุมดินนี้นอกจากจะป้องกันมิให้ฝนตกกระทบดินโดยตรงแล้วยังช่วยเสริมสร้างให้เกิดชั้นของอินทรียวัตถุ โดยชนิดของพืชคลุมดินมีความสำคัญต่อการซึมน้ำผ่านผิวดินมากกว่าชนิดดิน (เกษม จันทร์แก้ว, 2515)

7) สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันทำให้การซึมน้ำลงดินแตกต่างกัน ทำให้เกิดความผันแปรของน้ำในดินเป็นอย่างมาก โดยสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันมีโอกาสการซึมน้ำได้น้อยกว่าพื้นราบที่มีชนิดดินเดียวกัน (วิชา นิยม, 2523)

8) ปริมาณน้ำฝน ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากการซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น (วีระ พุกจรูญ และ ธรรม-มนูญ แก้วอำพุท, 2536)

2.5 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีการง่ายๆ ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สลับซับซ้อน ไปจนถึงวิธีการที่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ และมีราคาแพงสำหรับการตรวจวัด ซึ่งไม่ว่าจะเป็นวิธีใดก็ตามสุดท้ายผลลัพธ์ที่ได้จะต้องเป็นค่าการใช้น้ำของพืชที่มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงค่าความเป็นจริงมากที่สุด และสามารถนำไปใช้งานได้จริง เป็นต้น หากจะแยกการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชออกตามวิธีการดำเนินการ สามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

2.5.1 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการตรวจวัดโดยตรง การวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยตรงอาจทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ตลอดจนมีปัญหาเข้ามาเกี่ยวข้องต่างๆ กัน วิธีการที่นิยมใช้กันโดยทั่วๆ ไปในงานด้านเกษตรชลประทาน และวิศวกรรมชลประทาน ได้แก่ การวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysimeter tank) การศึกษาจากค่าความชื้นในดิน และการศึกษาจากแปลงทดลอง ซึ่งวิธีนี้ให้ผลที่ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง แต่มีข้อจำกัด คือวิธีนี้ให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับสภาพพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดเท่านั้น นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานาน และใช้แรงงานมาก

2.5.2 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration; ETo) อาจทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งสูตรที่ใช้ขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องของผลลัพธ์ ข้อมูลภูมิอากาศที่มีอยู่ และความสามารถในการนำไปใช้งาน เป็นต้น สูตรหรือวิธีการที่นิยมใช้กันในงานด้านชลประทานและเกษตรชลประทานซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้

กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ด้วยกัน 7 วิธีการ คือ Modified Penman, E–pan, Penman Monteith, Blaney Criddle, Thornthwaite, Hargreaves และ Radiation โดยวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ

1) ใช้ข้อมูลศักย์การระเหยน้ำของพืช หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยมีหลักการและแนวคิด คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 อย่าง คือสภาพของดิน ชนิด และอายุของพืช สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช และการจัดการการเพาะปลูก ซึ่งวิธีนี้สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืชในสภาพพื้นที่ต่างๆ กันได้รวดเร็ว และสะดวกกว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการวัดโดยตรง และสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$ETc = Kc*ETp \quad \text{..... (สมการที่ 3)}$$

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ETp = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ (Potential Evapotranspiration)

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient; Kc) หมายถึง ค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ที่ทำการทดลอง และตรวจวัดได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysiometer) กับผลการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) โดยค่า Kc เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิด และอายุของพืชเพียงอย่างเดียว (ดิเรก ทองอร่าม คณะ, 2545; Allen et al., 1998) เนื่องจาก ETc และ ETp เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ คล้ายคลึงกัน โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$Kc = ETc/ETp \quad \text{..... (สมการที่ 4)}$$

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration; ETo หรือ potential evapotranspiration; ETp) หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึง โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลา และพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างพอที่จะไม่ทำให้การระเหย และการคายน้ำของพืชต้องกระทบจากอิทธิพลภายนอก เช่น การพัดผ่านของลม เนื่องจากต้องการให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว เช่น อิทธิพลที่เกิดจากการแผ่รังสี อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม เป็นต้น ดังนั้นการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อ้างอิง จะเป็นการนำเอาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น ของสถานที่ที่ใช้ทดลอง หรือ สถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน

2) โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 5

ETc = Kp*Epan*Kc..... (สมการที่ 5)

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

3) โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเอ (K'p) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 6

ETc = K'p*Epan..... (สมการที่ 6)

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

K'p = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ

Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ

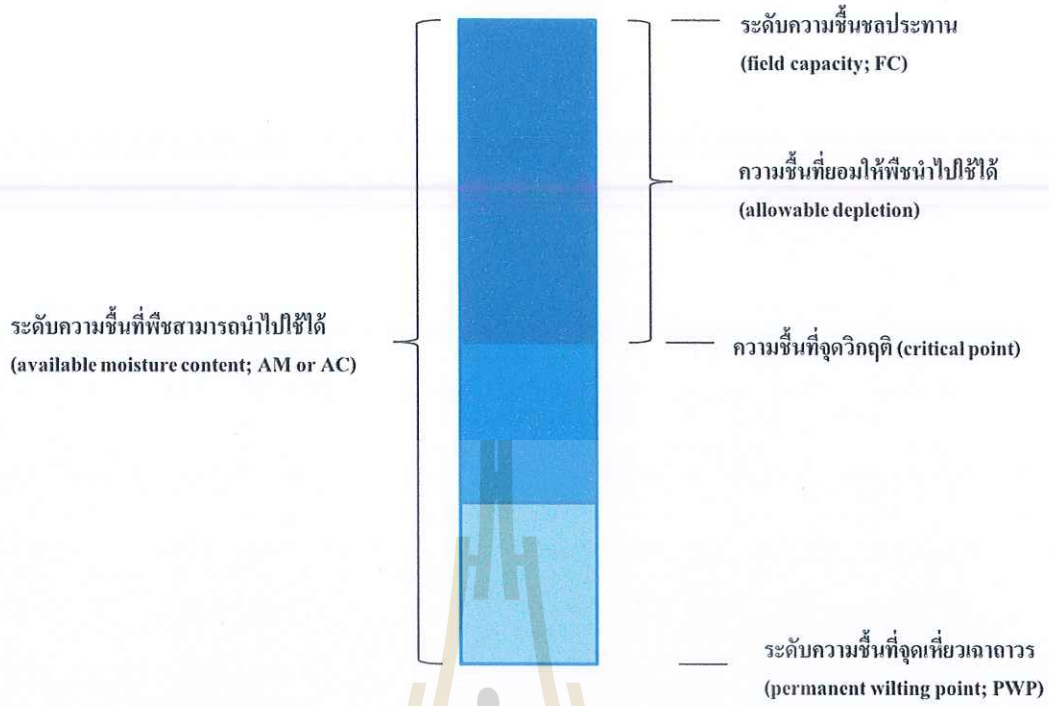
2.6 การให้น้ำแก่พืช

2.6.1 หลักการใช้น้ำของพืช การใช้น้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมากที่สุดเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ออกดอกออกผลและค่อยๆ ลดลงเมื่อผลแก่และถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ซึ่งแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแตกใบ ช่วงออกดอก และช่วงออกผล สำหรับช่วงแตกใบยังแบ่งออกเป็น 2 ช่วงย่อยคือ เมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว ส่วนช่วงออกดอก และช่วงออกผลแบ่งออกเป็น 2 ช่วงย่อยได้เช่นเดียวกันคือ ช่วงที่ผลหรือเมล็ดยังสดอยู่ และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้ง

การใช้น้ำในขณะที่พืชยังเล็กอยู่นั้นใช้ปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะมาจากการระเหยจากผิวดิน เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ในระยะหลังของช่วงแตกใบและในช่วงออกดอกพืชจะมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้น ในช่วงออกผลการใช้น้ำของพืชจะลดลง

เพราะพืชมีการเจริญเติบโตน้อยลงแต่จะลดไม่มากนักในระยะที่ผลยังสดอยู่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช แต่การใช้น้ำจะลดลงมากในช่วงผลแห้ง

2.6.2 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช การกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การชลประทานมีผลกระทบโดยตรงต่อการปลูกพืชให้เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงตลอดจนเพื่อให้ได้ประโยชน์จากน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ การที่จะกำหนดการให้น้ำให้ถูกต้องเหมาะสม จำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดิน-น้ำ-พืช เป็นอย่างดี เรื่องดินจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติของดินในแปลงเพาะปลูกเกี่ยวกับขีดความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ของดิน ความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ ลักษณะการดูดซึมน้ำของดินความสามารถในการระบายน้ำของดิน และคุณภาพน้ำชลประทานตลอดจนรอบเวรในการส่งน้ำชลประทาน คุณสมบัติบางประการของพืช เช่น การใช้น้ำของพืช ความสามารถในการทนแล้ง และระยะวิกฤติของพืช การชลประทานขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งการกำหนดการให้น้ำที่ไม่เหมาะสม นอกจากจะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังก่อให้เกิดผลเสียหายแก่พืชและผลผลิตตลอดจนอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำตามมาอีกด้วย เมื่อไรจึงควรทำการให้น้ำและต้องให้เป็นปริมาณเท่าใด ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการกำหนดการให้น้ำแก่พืช หรือการชลประทาน รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช คือการให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) กับความชื้นชลประทาน (FC) การให้น้ำแก่พืชจะเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงใกล้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช โดยทั่วๆ ไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไป เรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (allowable soil moisture deficiency หรือ allowable depletion) ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอาความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ไปหมดแล้ว คือความชื้นที่จุดวิกฤติ (critical moisture level หรือ critical point)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช (ที่มา: กรม ชลประทาน, 2554)

จากรูปที่ 8 สรุปได้ว่าการให้น้ำแก่พืชต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤติ และปริมาณน้ำที่ให้ต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤติ ส่งผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตของพืชทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิตและคุณภาพลดลง แต่การที่จะทราบว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤติ ต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ซึ่งมีทางทำได้ 3 วิธีคือ การวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส และวิธีสุดท้ายคือการวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่างความชื้นชลประทานถึงความชื้นที่จุดวิกฤติจะเปลี่ยนไปตามชนิดและลักษณะของดิน

2.6.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำ การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ต้องคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อส่งให้แก่พืชโดยยึดหลักการคือ ต้องส่งน้ำให้แก่พืชในปริมาณที่พอดี ตรงตามช่วงเวลา และความต้องการของพืชเป็นสำคัญ (สมการที่ 7)

$$d = Pw \times As \times D/100 \quad \text{(สมการที่ 7)}$$

เมื่อ d = ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้แก่พืช (มิลลิเมตร)

Pw = ค่าความชื้นที่จะต้องเพิ่มเติมให้แก่ดินจนถึงระดับความชื้นชลประทาน (เปอร์เซ็นต์)

As = ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

D = ค่าความลึกของเขตรากพืชหรือความลึกของดินที่ต้องการให้น้ำซึมลงไปถึง หลังการให้น้ำ (มิลลิเมตร)

2.6.4 วิธีการให้น้ำแก่พืช การเลือกวิธีการให้น้ำ หรือ การจัดการระบบการให้น้ำแก่พืช มีหลักเกณฑ์และวิธีการหลายอย่าง ซึ่งต้องพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ ชนิดของพืชที่จะปลูก วิธีการเกษตรกรรม ค่าลงทุนระบบให้น้ำผลตอบแทน ตลอดจนน้ำต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืช การเลือกวิธีการให้น้ำที่ไม่เหมาะสม นอกจากจะทำให้ค่าลงทุนสูงและได้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าแล้ว บางครั้งยังอาจทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสียหาย ยกตัวอย่างเช่น หากเลือกวิธีการให้น้ำแบบสปิงเกอร์ในแปลง อ้อยที่มีการปลูกเป็นแถว เมื่ออ้อยเจริญได้ระยะหนึ่ง สปิงเกอร์ไม่สามารถที่ให้น้ำแก่อ้อยได้สม่ำเสมอ ผลผลิตจะไม่ได้ตามที่คาดการณ์ไว้ อย่างไรก็ตาม วิธีการให้น้ำแบบสปิงเกอร์อาจเหมาะกับพืชชนิดอื่น ซึ่งวิธีการให้น้ำแต่ละวิธีก็มีข้อดี-ข้อเสีย และลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป 4 วิธีการ ดังนี้

1) การให้น้ำแบบใต้ดิน (sub-surface irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำโดยการยกระดับน้ำใต้ดินให้ขึ้นมาสู่ระดับเขตรากพืชได้ คือประมาณ 30-60 เซนติเมตร เพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้ได้ การให้วิธีนี้ลักษณะเนื้อดินจะต้องมีความสม่ำเสมอ ใช้กับดินที่มีค่าการซึมซับน้ำสูง จะต้องมีดันทึบน้ำอยู่ชั้นล่าง การควบคุมความชื้นในดินทำได้โดยเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ ซึ่งทำได้ทั้งแบบคูเปิด และการฝังท่อใต้ดิน

2) วิธีการให้น้ำแบบผิวดิน (surface irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำในลักษณะที่ปริมาณน้ำไหลไปบนผิวดิน และซึมลงไปในดินบริเวณที่น้ำขังหรือไหลผ่าน เพื่อให้ดินเก็บความชื้นไว้ให้กับพืช การให้น้ำแบบผิวดินที่นิยมใช้จะมีอยู่ 3 รูปแบบ คือการให้น้ำแบบร่องคู การให้น้ำแบบเป็นผืน และการให้น้ำแบบเป็นอ่าง โดยมีข้อดี และข้อเสียดังนี้

ข้อดีของวิธีการให้น้ำแบบผิวดิน คือสามารถใช้ได้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด และมีความคล่องตัวสูงในการให้น้ำ คือสามารถให้น้ำแก่พืชเสร็จในระยะเวลาเพียงวันเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง เช่น 7 วัน หรือ 10 วันครั้ง

ข้อเสียของวิธีการให้น้ำแบบผิวดิน คือต้องการการปรับพื้นที่ให้เรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง และอาจจะไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นเกินไป

3) วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler irrigation) หรือแบบสปิงเกอร์ เป็นวิธีการให้น้ำโดยน้ำจะถูกสูบผ่านท่อไปยังพื้นที่เพาะปลูกด้วยแรงดันสูง และให้ฉีดพ่นเป็นฝอยออกทางหัวฉีด แล้วให้ฉีดน้ำแผ่กระจาย ตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการกระจายน้ำสม่ำเสมอ

เป็นรูปสายเหลี่ยม เมื่อวางหัวทับซ้อนแล้วจะได้อัตราของน้ำที่ตกลงบนพื้นสม่ำเสมอ อัตราของน้ำที่ไหลลงพื้นจะต้องน้อยกว่าอัตราซึมของน้ำที่เข้าไปในดิน

ข้อดีของการชลประทานแบบฉีดฝอย คือการวัดปริมาณน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า จึงควบคุมการให้น้ำได้ถูกต้องยิ่งขึ้น มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง และสามารถที่จะออกแบบระบบให้น้ำให้มีความคลาดเคลื่อนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่าการให้น้ำแบบผิวดิน

ข้อเสียของการชลประทานแบบฉีดฝอย คือใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาก ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก และต้องระวังเรื่องการลักขโมยอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ มักจะสูงกว่าการให้น้ำทางผิวดิน น้ำที่ใช้ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอยต้องมีความดันมากพอควร ซึ่งในการนี้ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ

4) วิธีการชลประทานแบบหยด (drip or trickle irrigation) เป็นการให้น้ำแก่พืชเฉพาะในเขตรากพืช โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำให้แก่พืชครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้งอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า หัวจ่ายน้ำ (emitter) จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้ก็เพื่อที่จะรักษาระดับความชื้นของดิน บริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดไปใช้ได้อย่างง่าย สร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ พอเหมาะ และเป็นไปตามความต้องการของพืช โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ 1) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยอัตราทีละน้อย ๆ (น้อยกว่า 250 ลิตร/ชั่วโมง) 2) เป็นวิธีการให้น้ำที่ใช้เวลานาน (นานมากกว่า 30 นาที) 3) เป็นวิธีการให้น้ำช่วงบ่อยครั้ง (ไม่เกิน 3 วันครั้ง) 4) เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืชหรือเขตพุ่มใบ (เปียกอย่างน้อย 60%) 5) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยระบบท่อที่ใช้แรงดันต่ำ (แรงดันที่หัวจ่ายน้ำไม่เกิน 20 เมตร)

ข้อดีของระบบให้น้ำแบบหยด คือประหยัดน้ำ เนื่องจากการให้น้ำแบบนี้ เป็นการให้น้ำเปียกเฉพาะบริเวณเขตราก ความต้องการน้ำของพืชขึ้นอยู่กับขนาดทรงพุ่มของพืช ซึ่งจะใช้น้ำน้อยมากเมื่อพืชยังอายุน้อย และประหยัดพลังงาน เนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าการให้น้ำแบบวิธีอื่น จึงใช้พลังงานในการสูบน้ำน้อยลง

ข้อเสียของระบบให้น้ำแบบหยด คือการอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่ทำให้ระบบการให้น้ำแบบหยดไม่ประสบผลสำเร็จ ถึงแม้การกรองน้ำจะเป็นวิธีที่ดีในการลดปัญหาการอุดตัน แต่บางกรณีใช้วิธีการกรองอย่างเดียวไม่เพียงพอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

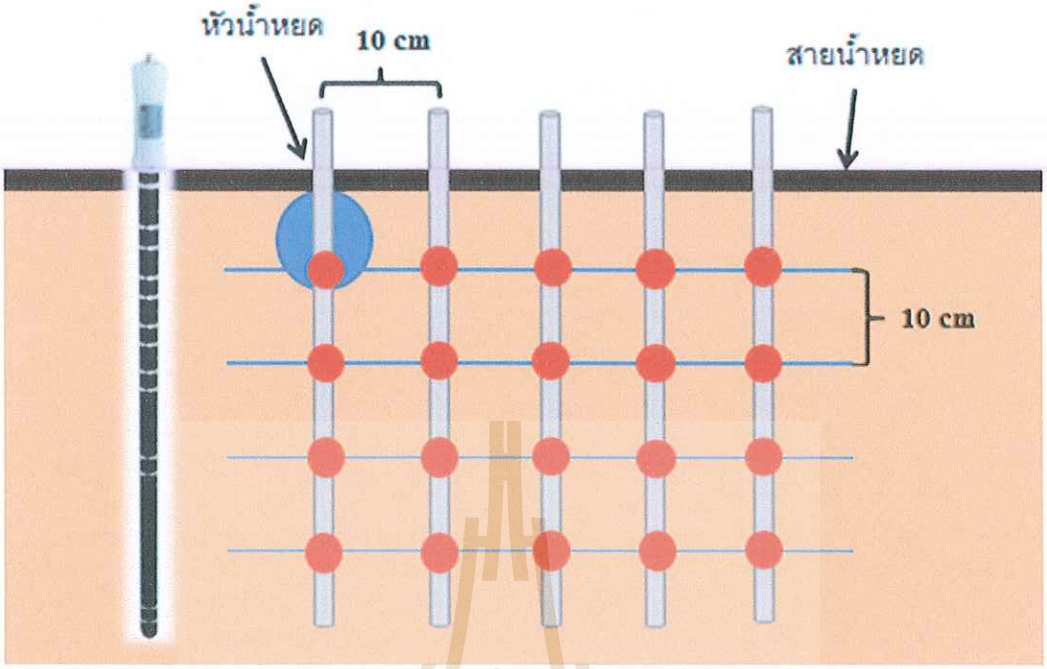
บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยระบบน้ำหยด

3.1.1 วิธีการทดลอง ทำการทดลองในโรงเรือน ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยนำดิน 2 ชนิด ได้แก่ ดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย ใส่ลงในกระบะขนาด 7x5 เมตร และลึก 50 เซนติเมตร (รูปที่ 9) ติดตั้งระบบน้ำหยดที่มีอัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง พร้อมฝังท่อวัดความชื้น (access tube) บริเวณตรงหัวน้ำหยด และระยะห่างจากหัวน้ำหยด 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร ทำการวัดความชื้นในดินที่ระยะห่างจากหัวน้ำหยด 0, 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร และวัดความชื้นที่ระดับความลึกดิน 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร (รูปที่ 10) กำหนดการให้น้ำโดยการวัดความชื้นในดิน เมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร

รูปที่ 9 ดินทรายร่วน (A) ดินร่วนเหนียวปนทราย (B)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 10 แผนผังการติดตั้ง access tube เพื่อวัดความชื้นในดิน

3.1.2 การเก็บข้อมูล

3.1.2.1 คุณสมบัติของดินก่อนทำการทดลอง ได้แก่

1) ความพรุนของดิน (porosity) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์
2) ความหนาแน่นรวม (bulk density) มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
3) สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร/ชั่วโมง
4) ความชื้นที่ระดับสนาม (field capacity) มีหน่วยเป็น %Vol.
5) ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) มีหน่วยเป็น %Vol.
6) ชนิดของเนื้อดิน
7) ความเป็นกรด-ด่างของดิน
8) อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน

3.1.2.2 ความชื้นในดินก่อนและหลังให้น้ำ ที่ระยะห่างจากหัวน้ำหยด 0, 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร วัดความชื้นที่ระดับความลึกดิน 10, 20, 30 และ 40 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Profile probe (รุ่น PR2/6) วัดทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และวัดอีกครั้งที่เวลา 24 ชั่วโมง หน่วยของความชื้นเป็น %Vol. ทำการเก็บข้อมูล 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์การกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยโปรแกรม soil moisture contour mapping (ปรเมศวร์ หอแก้ว, ติดต่อส่วนตัว) ทำให้เห็นผลการจำลองสำหรับอัตราการซึมผ่านของความชื้นในดินทั้งก่อนให้น้ำ และหลังให้น้ำ

3.2 การทดลองที่ 2 ระดับความชื้นในดิน และความถี่การให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังโดยระบบน้ำหยด

3.2.1 แผนการทดลอง ทำการทดลองในดิน 2 ชนิด คือดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย ในดินแต่ละชนิด มีจำนวน 5 ซ้ำ 5 ทรีตเมนต์ โดยมีทรีตเมนต์การทดลองดังต่อไปนี้

T1 : ให้น้ำเมื่อระดับน้ำในดินลดลงถึง 50% AWHC

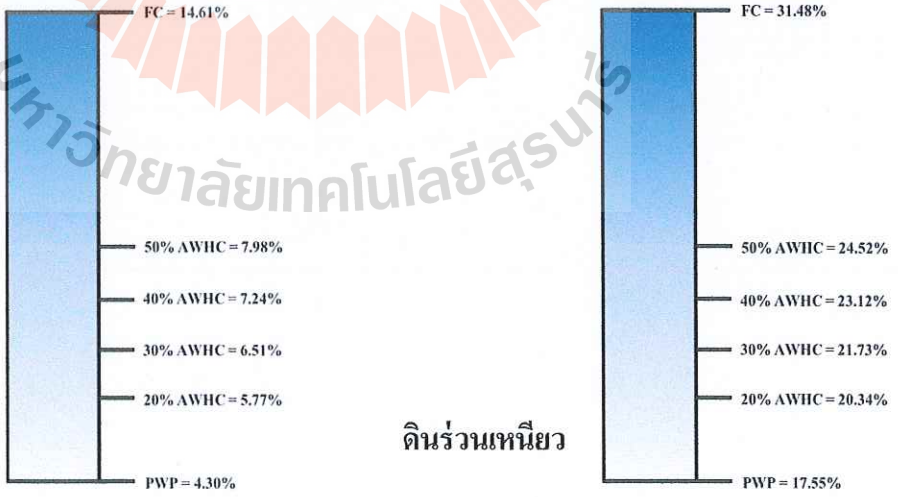
T2 : ให้น้ำเมื่อระดับน้ำในดินลดลงถึง 40% AWHC

T3 : ให้น้ำเมื่อระดับน้ำในดินลดลงถึง 30% AWHC

T4 : ให้น้ำเมื่อระดับน้ำในดินลดลงถึง 20% AWHC

T5 : ไม่ให้น้ำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสามารถในทนต่อสภาพการขาดน้ำได้สูง ดังนั้นระดับความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ จะเริ่มตั้งแต่ 50% ไปจนถึง 20% ซึ่งจากคำนวณเป็นปริมาณความชื้นในดิน แต่ละกรรมวิธี จะมีความชื้น (%Vol.) ตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 ระดับความชื้นที่ยอมให้พืชในแต่ละกรรมวิธี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2 วิธีการทดลอง

1) ทำการทดลองในโรงเรือน ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยนำดิน 2 ชนิด ได้แก่ ดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย ชั่งปริมาตรดิน 100 กิโลกรัม ใส่ลงในกระถางปริมาตร 130 ลิตร สูง 65 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร แบ่งเป็นดินทรายร่วน 25 กระถาง และดินร่วนเหนียวปนทราย 25 กระถาง

2) ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 อายุ 10 เดือน ในวันที่ 29 สิงหาคม 2559 ใช้วิธีการปลูกแบบปักตรงด้วยท่อนพันธุ์ซึ่งตัดท่อนให้มีความยาว 30 เซนติเมตร ปลูกลงตรงกลางกระถาง ที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร (รูปที่ 12)

3) ติดตั้งระบบน้ำหยดโดยมีอัตราการไหลของหัวน้ำหยดเท่ากับ 2 ลิตร/ชั่วโมง พร้อมทั้งติดตั้งท่อวัดความชื้น access tube ลึก 100 เซนติเมตร เพื่อทำการวัดความชื้นในดินโดยหัววัดค่าวัดความชื้นดินแบบ Profile Probe (รุ่น PR2/6) ขนาด 100 เซนติเมตร ที่ระดับความลึกจากผิวหน้าดิน 0-40 เซนติเมตร และระยะห่างจากต้น คือ 15x15 เซนติเมตร จากนั้นให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดเพื่อให้มันสำปะหลังงอก

4) เมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 8 สัปดาห์ ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด โดยจะให้น้ำจนถึงระดับความชื้นชลประทาน และให้น้ำครั้งต่อไปเมื่อน้ำในดินลดลงถึงระดับความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ตามทรีตเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยใช้เครื่องวัดความชื้นในดินตรวจสอบความชื้นในดินเพื่อกำหนดการให้ปริมาณน้ำน้ำครั้งต่อไป (ตารางที่ 5)

รูปที่ 12 การปลูกมันสำปะหลังลงในกระถาง

ตารางที่ 5 กำหนดการให้น้ำแก่มันสำปะหลัง

ทรีตเมนต์	ความชื้น (%Vol.)	ปริมาณน้ำ (L)
ดินทรายร่วน		
T1 50%AWHC	7.98	1.95
T2 40%AWHC	7.24	2.43
T3 30%AWHC	6.51	2.74
T4 20%AWHC	5.77	3.13
ดินร่วนเหนียวปนทราย		
T1 50%AWHC	24.52	3.27
T2 40%AWHC	23.12	4.44
T3 30%AWHC	21.73	5.18
T4 20%AWHC	20.34	5.92

3.2.3 การเก็บข้อมูล

3.2.3.1 ปริมาณความชื้นในดิน เก็บข้อมูลความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Profile Probe (รุ่น PR2/6) ขนาด 100 ซม. และอ่านค่าจากเครื่องอ่านความชื้นในดิน (HH2) มีหน่วยของความชื้นเป็น %Vol. ตามระดับความลึกจากผิวหน้าดิน และระยะห่างจากต้นที่กำหนด ทำการเก็บข้อมูลเวลา 17.00 นาฬิกา เก็บข้อมูลทุกๆ 2 วัน

3.2.3.2 การเจริญเติบโต และน้ำหนักแห้ง บันทึกข้อมูลทุกเดือนหลังจากการปลูกเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่เก็บได้แก่

1) ความสูงต้น วัดจากโคนต้นที่อยู่ส่วนเหนือดินจนถึงยอดหรือใบที่สูงที่สุด ทำการสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย
2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้น ใช้เวอร์เนียร์วัดต้นที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ โดยวัดเหนือจากจุดที่แตกต้นขึ้นไป 10 เซนติเมตร ทำการสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย
3) จำนวนกิ่ง นับจำนวนกิ่งที่แตกออกมาจากท่อนพันธุ์ ทำการสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย
4) ผลผลิต วัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก หัว เหง้า ลำต้น และใบ ทำการสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.2.3.3 ลักษณะทางสรีรวิทยา สุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ และวัดค่าในใบที่ 3-5 จากยอดของต้นมันสำปะหลัง โดยเก็บ 2 ลักษณะดังนี้

1) อัตราการคายน้ำของปากใบ เก็บข้อมูลค่าเหนี่ยวนำปากใบ (stomatal conductance) ด้วยเครื่อง AP4 Leaf Porometer ทำการเก็บข้อมูลโดยสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ และวัดค่าในใบที่ 3-5 จากยอดของต้นมันสำปะหลังเวลา 09.00–10.00 น. El-Sharkawy, M.A. (2007). เก็บข้อมูลทุกๆ 2 วัน

2) ศักย์ของน้ำในใบ เก็บข้อมูลศักย์ของน้ำในใบด้วยเครื่อง (Pressure bomb) ทำการเก็บข้อมูลโดยสุ่มวัด 4 ต้นต่อซ้ำ และวัดค่าในใบที่ 3–5 จากยอดของต้นมันสำปะหลังเวลา 05.00-06.00 น. และ 13.00-14.00 น. เก็บข้อมูลทุกๆ 2 วัน

3.2.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

- เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้โปรแกรม spss v. 14 ของปริมาณการให้น้ำ ลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลัง ในดินทรายร่วนและดินร่วนเหนียวปนทราย
- หาจุดความชื้นวิกฤติ โดยวัดจากจุดความชื้นในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยระบบน้ำหยด

4.1.1 คุณสมบัติของดิน ก่อนทำการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ได้นำกลุ่มชุดดินที่ 18 และ 40 มาวิเคราะห์ พบว่าความพรุนของกลุ่มชุดดินที่ 18 (ดินทรายร่วน) และ 40 (ดินร่วนเหนียวปนทราย) มีค่าอยู่ที่ 40% และ 52% ความหนาแน่นรวมของกลุ่มชุดดินที่ 18 และ 40 มีค่าอยู่ที่ 1.65 และ 1.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัว (Ks) ดินทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน พบว่ากลุ่มชุดดินที่ 18 มีค่าเท่ากับ 8.82 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และกลุ่มชุดดินที่ 40 มีค่าเท่ากับ 3.47 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ความชื้นในดินที่ความชื้นชลประทาน (FC) ของกลุ่มชุดดินที่ 18 และ 40 มีค่า 14.61% และ 31.48% ที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) มีค่า 4.30% และ 17.55% ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์กับพืชไว้ได้สูงสุด (AWHC) ของกลุ่มชุดดินที่ 18 มีค่าเท่ากับ 21.46% และกลุ่มชุดดินที่ 40 มีค่าเท่ากับ 49.04% ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของดิน

กลุ่มชุดดิน	Porosity (%)	Bulk density (g/cm^3)	Ks (cm/h)	FC (%Vol.)	PWP (%Vol.)	AWHC (%Vol.)
18	40	1.65	8.82	14.61	4.30	21.46
40	52	1.35	3.47	31.48	17.55	49.04

กลุ่มชุดดิน	Practical size Distribution, %			Soil Textures	pH	OM (%)	Avail.P (ppm.)	Exch.K (ppm.)	Exch.Ca (ppm.)	Exch.Mg (ppm.)
	Sand	Silt	Clay							
18	88	9	3	ทรายร่วน	5.7	0.2	13.1	22.5	318.9	35.4
40	68	15	17	ร่วนเหนียวปนทราย	7.3	0.9	39.4	90.5	3909.2	136.5

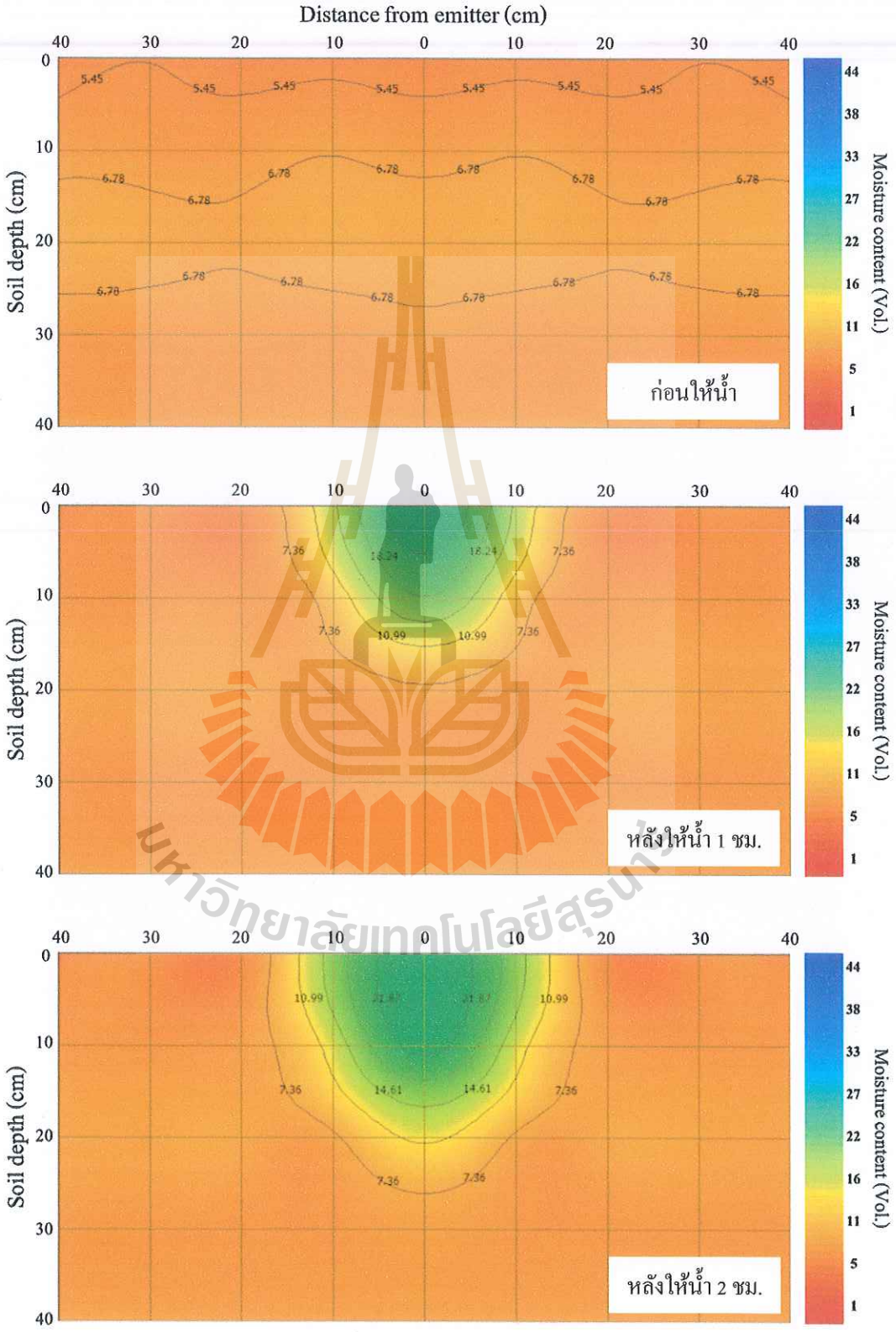
ลักษณะของเนื้อดินในการทดลองในครั้งนี้เป็นกลุ่มชุดดินที่ 18 และ 40 ซึ่งในกลุ่มชุดดินที่ 18 เป็นดินทรายร่วน ส่วนในกลุ่มชุดดินที่ 40 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อนำดินทั้ง 2 ชนิดมาวิเคราะห์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินทรายร่วนมีค่าเป็นกรดอ่อน ส่วนดินร่วนเหนียวปนทรายมีค่าเป็นกลาง สำหรับความอุดมสมบูรณ์ในดินพบว่าดินร่วนเหนียวปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าดินทรายร่วน โดยมีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 6

4.1.2 รูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทรายโดยการให้น้ำหยด

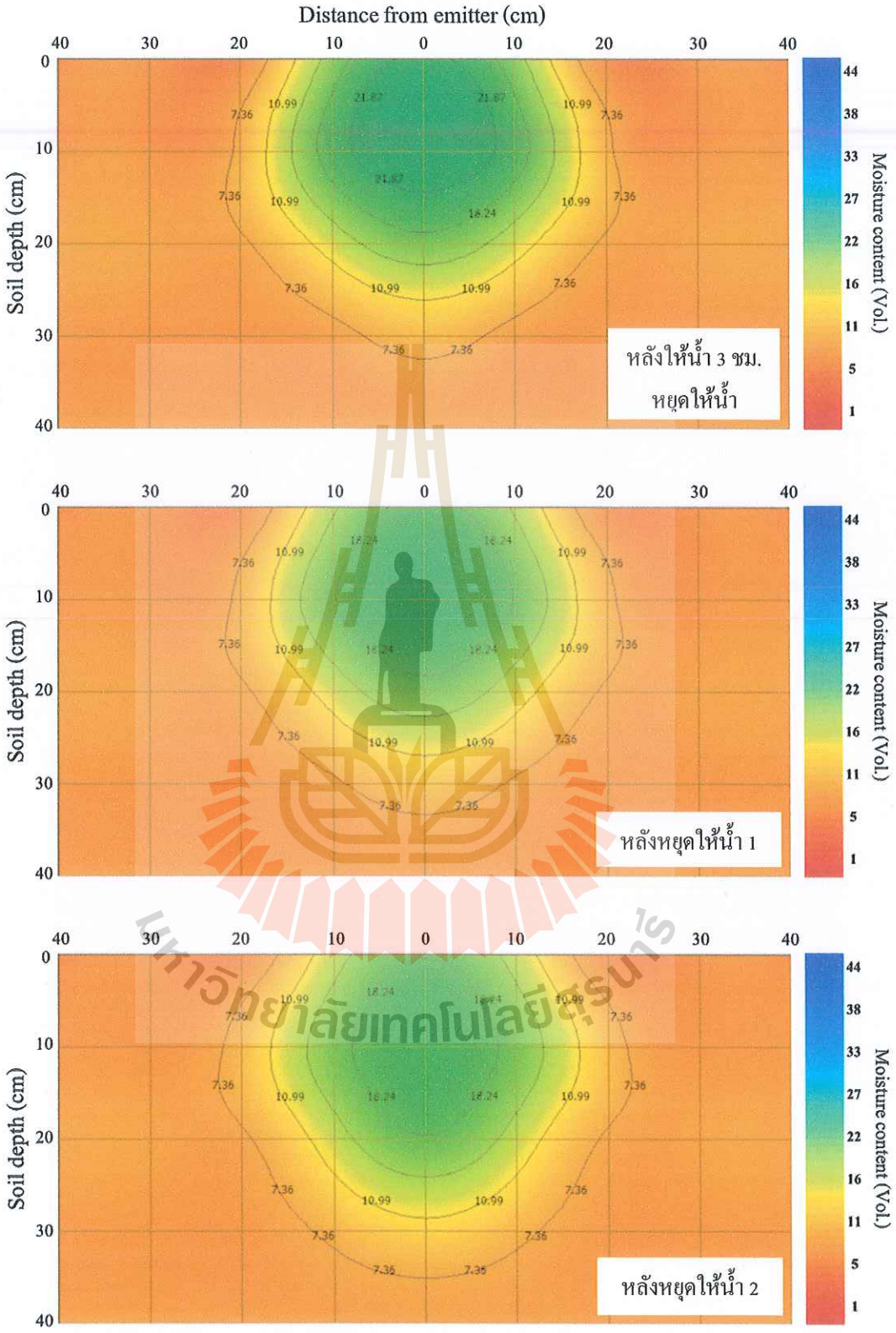
1) การกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน ในดินชนิดนี้ก่อนการให้น้ำมีความชื้นในดินอยู่ระหว่าง 5.45%-6.78% ซึ่งใกล้เคียงกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร (4.30%) และความชื้นในดินสูงสุดจะอยู่บริเวณความลึกที่ 10-20 เซนติเมตร เมื่อให้น้ำผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ความชื้นชลประทาน (14.61%) กระจายตัวลงในแนวตั้ง 12 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 10 เซนติเมตร เมื่อให้น้ำผ่านไป 2 ชั่วโมง ความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 16 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 11 เซนติเมตร เมื่อให้น้ำผ่านไป 3 ชั่วโมง พบว่าความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 22 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 15 เซนติเมตร เมื่อวัดความชื้นในดินหลังจากหยุดให้น้ำ 1 ชั่วโมง ความชื้นชลประทานไม่มีการกระจายตัวลงในแนวตั้งและแนวนอน โดยพบการกระจายความชื้นเหมือนกับการให้น้ำ 3 ชั่วโมง แต่หลังจากหยุดให้น้ำ 2-3 ชั่วโมง พบวาความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 25 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอนลดลงจาก 15 เซนติเมตร เหลือเพียง 12 เซนติเมตร และเมื่อวัดความชื้นหลังจากหยุดให้น้ำผ่านไป 1 วัน ความชื้นในดินที่ความชื้นชลประทานลดลง ทั้งกระจายตัวลงในแนวตั้ง และกระจายออกในแนวนอน เหลือเพียง 21 และ 10 ตามลำดับ (รูปที่ 13)

สรุปในเบื้องต้นได้ว่า การกระจายตัวของความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง และกระจายออกในแนวนอนตามลำดับของเวลา โดยกระจายความชื้นชลประทานไปในทิศทางแนวตั้งมากกว่าทิศทางในแนวนอน

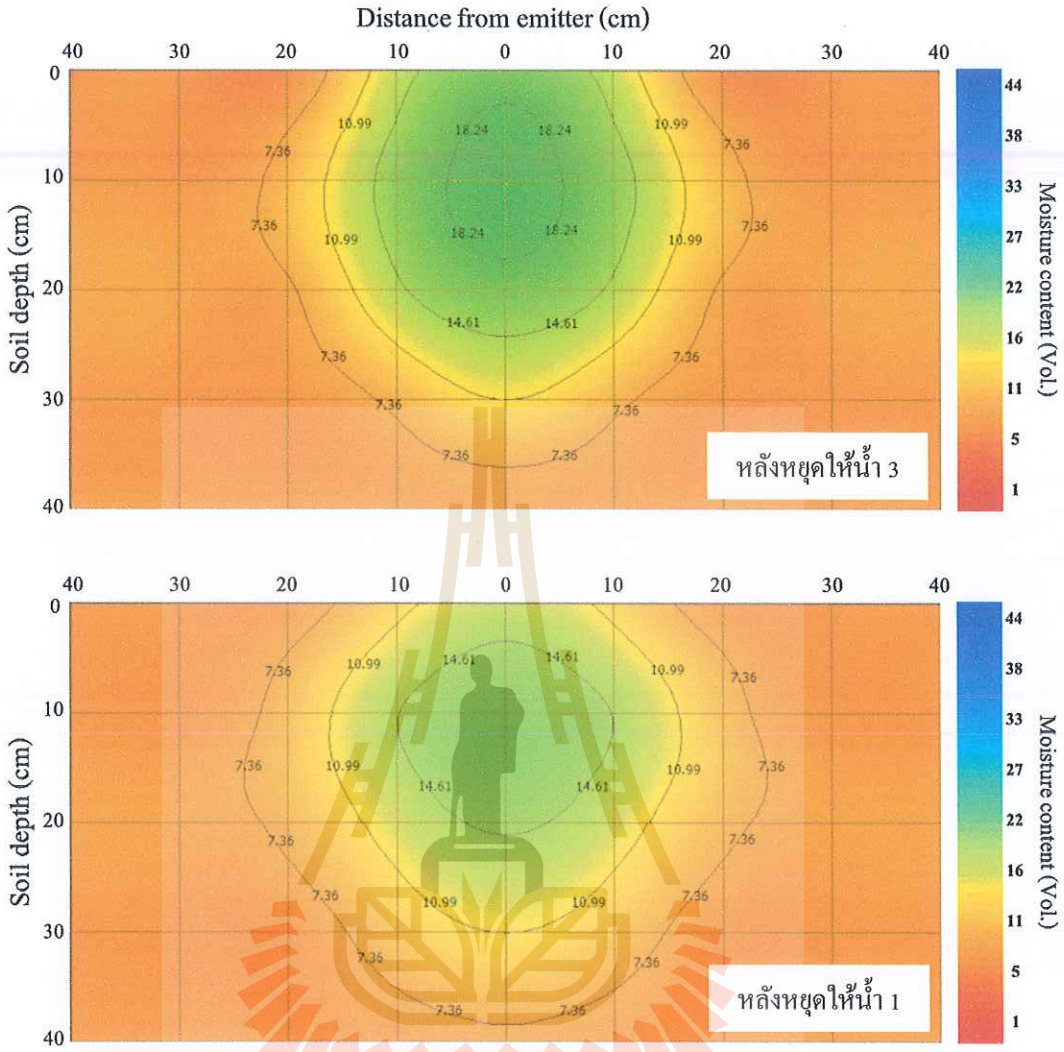
ดินทรายร่วน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 13 จำลองรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วนที่เวลาต่างกัน

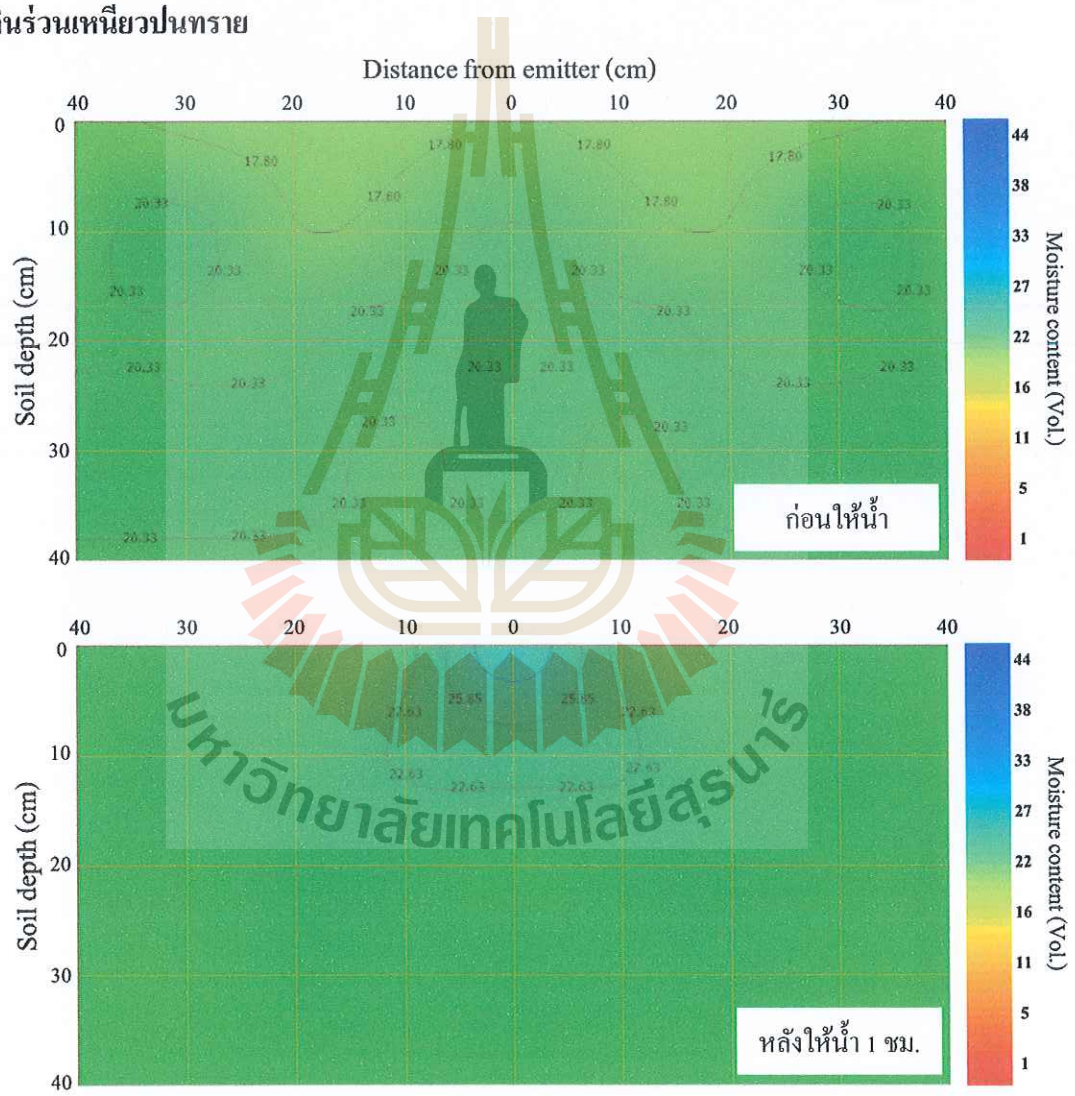
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) การกระจายตัวของความชื้นดินร่วนเหนียวปนทราย ในดินร่วนเหนียวปนทรายก่อนการให้น้ำพบว่ามีความชื้นในดินอยู่ระหว่าง 17.80%-20.33% ซึ่งใกล้เคียงกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร (17.55%) และความชื้นในดินสูงสุดอยู่บริเวณความลึกที่ 10-40 เซนติเมตร หลังจากนั้นให้น้ำ เมื่อให้น้ำผ่านไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ความชื้นชลประทาน (31.48%) กระจายตัวลงในแนวตั้ง 5 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 5 เซนติเมตร เมื่อให้น้ำผ่านไป 2 ชั่วโมง ความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 11 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 11 เซนติเมตร เมื่อให้น้ำผ่านไป 3 ชั่วโมง พบว่าความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 15 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 15 เซนติเมตร หลังจากหยุดให้น้ำ 1-3 ชั่วโมง ความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 17 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 17 เซนติเมตร หลังจากหยุดให้น้ำ 3 ชั่วโมง ความชื้น

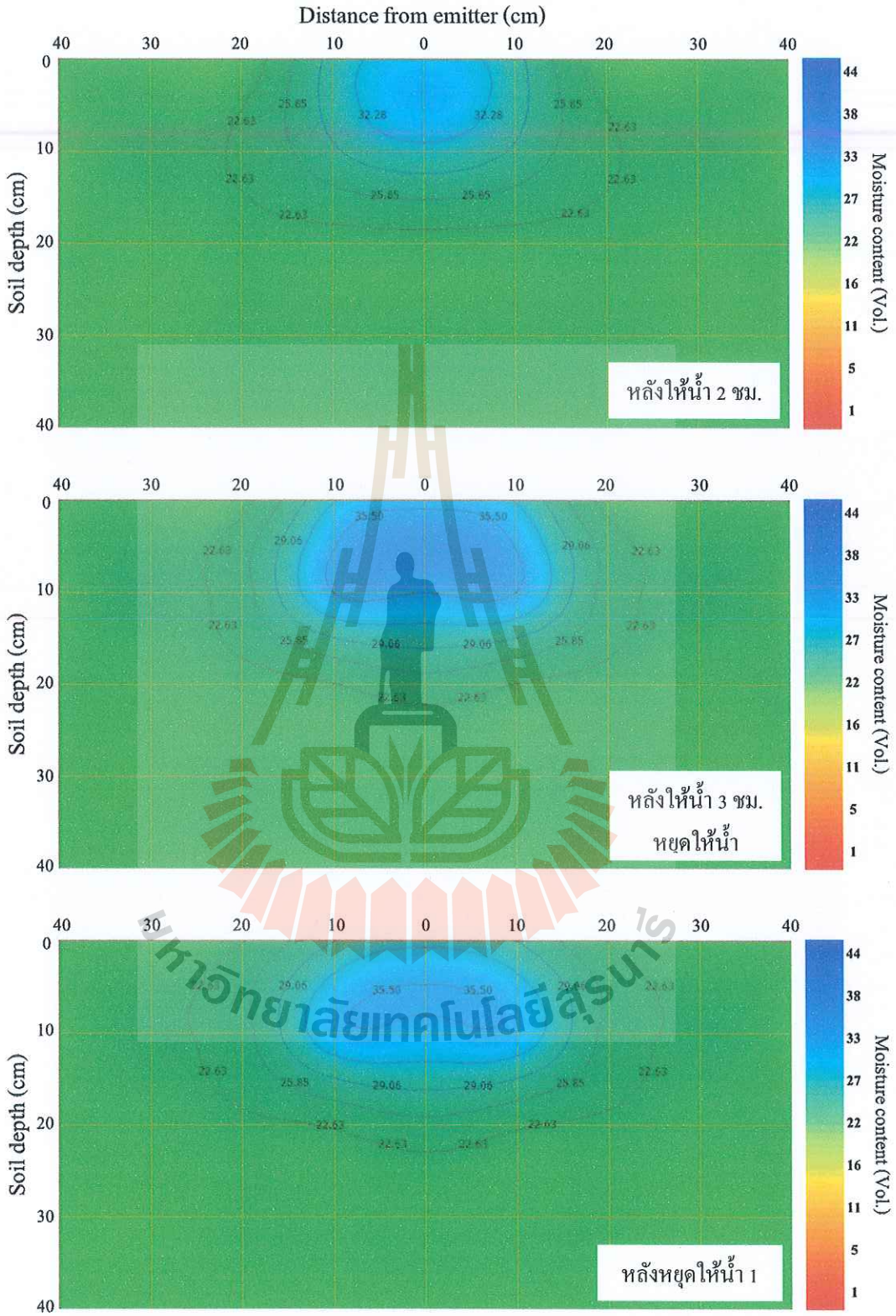
ชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง 17 เซนติเมตร และกระจายออกในแนวนอน 17 เซนติเมตร หลังจากหยุดให้น้ำผ่านไป 1 วัน ความชื้นชลประทานลดลง ทั้งกระจายตัวลงในแนวตั้ง และกระจายออกในแนวนอนเหลือเพียง 15 เซนติเมตร (รูปที่ 14)

สรุปในเบื้องต้นได้ว่า การกระจายตัวของความชื้นชลประทานกระจายตัวลงในแนวตั้ง และกระจายออกในแนวนอนตามลำดับของเวลา โดยกระจายความชื้นชลประทานไปในทิศทางแนวตั้งและทิศทางในแนวนอน ที่ความเร็วใกล้เคียงกัน

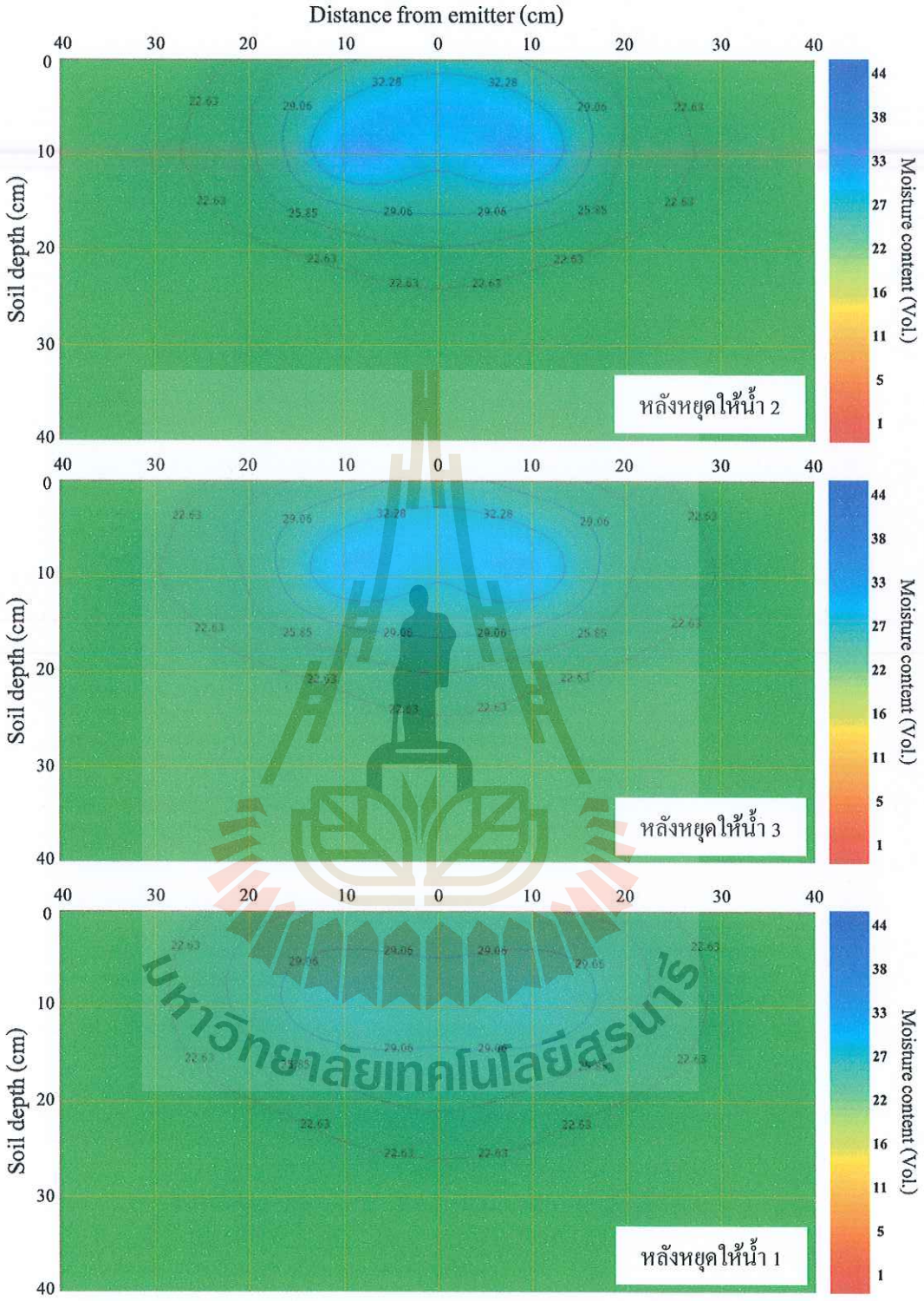
ดินร่วนเหนียวปนทราย



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 14 จำลองรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายที่เวลาต่างกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลของการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย มีความแตกต่างกัน เห็นได้ว่าการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน กระจายความชื้นลงในแนวตั้งมากกว่าในแนวนอน ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายมีการกระจายความชื้นลงในแนวตั้งและแนวนอนที่ความเร็วใกล้เคียงกัน จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทั้ง 2 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยความพรุนของดินทรายร่วนเท่ากับ 40% มีช่องว่างขนาดใหญ่ (macropore) จำนวนมาก ส่วนความพรุนของดินร่วนเหนียวปนทรายเท่ากับ 52% มีช่องว่างขนาดเล็ก (micropore) จำนวนมาก ซึ่งช่องว่างขนาดใหญ่เป็นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำ ในขณะที่ช่องว่างขนาดเล็กจะยึดความชื้นในดินไว้ ดังนั้นน้ำในดินทรายร่วนจะเคลื่อนที่ได้เร็ว ตรงข้ามกับดินเหนียวที่น้ำเคลื่อนที่ได้ช้า แต่สามารถดูดยึดความชื้นในดินได้มากกว่าดินทราย สัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัว หรือความซึมได้ของน้ำ พบว่าในดินทรายร่วนมีค่า 8.82 เซนติเมตร/ชั่วโมง และดินร่วนเหนียวมีค่า 3.47 เซนติเมตร/ชั่วโมง ดังนั้นความสามารถที่มวลดินยอมให้น้ำซึมผ่านไปได้ ดินทรายร่วนน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย ส่วนดินร่วนเหนียวปนทรายน้ำสามารถซึมผ่านได้ยาก ปริมาณอินทรียวัตถุในดินทรายมีอยู่ 0.2% และ 0.9% ในดินร่วนเหนียวปนทราย ดังนั้นดินร่วนเหนียวปนทรายมีความสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมากกว่าดินทรายร่วน เนื่องจากเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นอนุภาคของอินทรียวัตถุยังประกอบกันเป็นโครงสร้างมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดีอยู่มาก สอดคล้องกับหลายงานทดลอง (Bennie and Scholtz, 2003; Skaggs et al., 2010; Mirjat et al., 2010; Ghobari and Marazky, 2012) ซึ่งพบว่าการเคลื่อนที่ของน้ำในดินที่มีเนื้อดินทรายมาก ทำให้น้ำเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งมากกว่าแนวนอน โดยการที่น้ำเคลื่อนที่ลงในแนวตั้งมากกว่าแนวนอน เนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อน้ำในช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินทราย (Bennie and Scholtz, 2003)

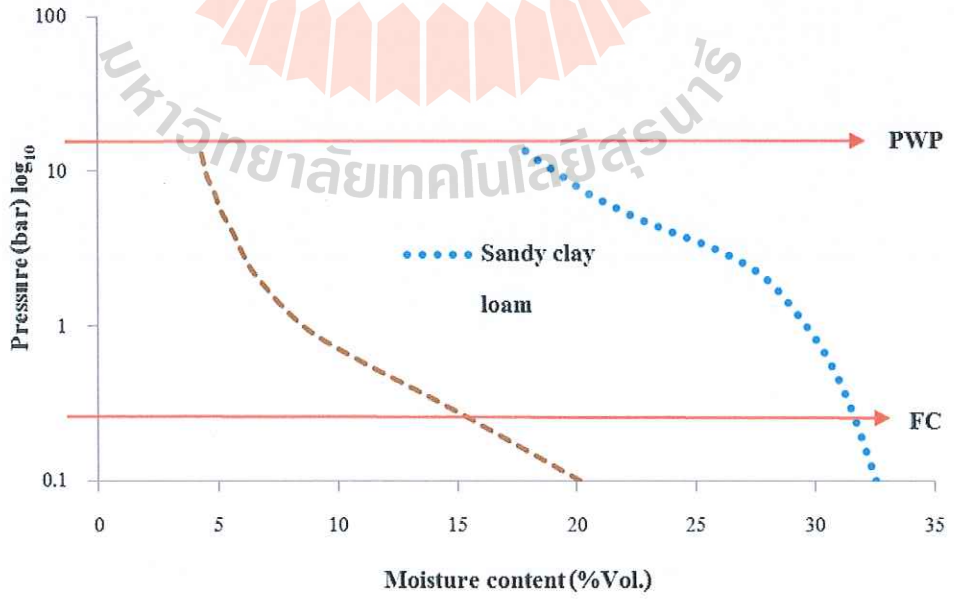
ซึ่งการกระจายตัวของความชื้นในดิน หรือทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน มีประโยชน์มากในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ไม่เพียงแต่การให้น้ำแก่พืช ปัจจุบันมีระบบการให้ปุ๋ยไปพร้อมกับน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ย (สุดชล วุ้นประเสริฐ, 2554) และการประยุกต์ใช้สารกำจัดศัตรูพืช การควบคุมเชื้อโรคไส้เดือนฝอยและวัชพืชไปพร้อมกับน้ำ (Ajwa et al., 2002; Trout, 2006) ดังนั้น การกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

4.2 การทดลองที่ 2 หาจุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังโดยระบบน้ำหยด

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้น และศักย์น้ำในดิน

เมื่อทดสอบใช้แรงดึง (เพื่อเอาน้ำออก) ระดับต่างๆ ในดิน 2 ชนิด พบว่าระดับความชื้น และศักย์น้ำในดินมีความสัมพันธ์แบบตรงกันข้าม เมื่อมีความชื้นในดินสูงศักย์น้ำในดินจะต่ำ โดยความชื้นในดินทรายร่วนลดลงจากความชื้นชลประทานอย่างรวดเร็วที่แรงดึง 0.3-2 บาร์ จากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ และคงที่จนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายความชื้นลดลงเร็วที่แรงดึง 2-5 บาร์ จากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ และคงที่ เมื่อใกล้ถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร (รูปที่ 15) ซึ่งที่แรงดึงเท่ากันความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายสูงกว่าดินทรายร่วน และที่ระดับความชื้นเท่ากัน ดินร่วนเหนียวปนทรายจะมีแรงดึงน้ำสูงกว่าดินทรายร่วน อย่างไรก็ตามลักษณะความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน ซึ่งคุณสมบัติของดินทรายร่วนและดินร่วนเหนียวปนทรายอธิบายอย่างละเอียดในตารางที่ 6

จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความชื้น และศักย์น้ำในดิน พบว่าดิน 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน โดยดินร่วนเหนียวปนทรายมีความชื้นชลประทาน จุดเหี่ยวเฉาถาวร และความสามารถในการอุ้มน้ำในดินสูงกว่าในดินทรายร่วน เนื่องจากน้ำที่อยู่ในดินร่วนเหนียวปนทรายถูกยึดเหนี่ยวไว้ในช่องว่างขนาดเล็กซึ่งมีแรงดึงน้ำสูงกว่าดินทรายร่วน ดังนั้นมันสำปะหลังสามารถนำน้ำจากดินทรายร่วนไปใช้ได้ง่ายกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย



รูปที่ 15 ความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อมีการใช้แรงดึงที่ต่างกัน

4.2.2 การกำหนดความชื้น และศักย์น้ำในดิน

จากการกำหนดระดับความชื้นที่ให้น้ำแก่มันมันสำปะหลังในดิน 2 ชนิด พบว่าความชื้นในดินทรายร่วน ซึ่งกำหนดการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC มีค่าความชื้นในดิน7.98, 7.24, 6.51, 5.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าศักย์น้ำในดิน 2.50, 2.75, 3.60, 4.85 บาร์ ตามลำดับ ส่วนความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายกำหนดการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC มีค่าความชื้นในดิน 24.52, 23.12, 21.73, 20.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าศักย์น้ำในดิน 3.75, 4.60, 5.75, 7.40 บาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

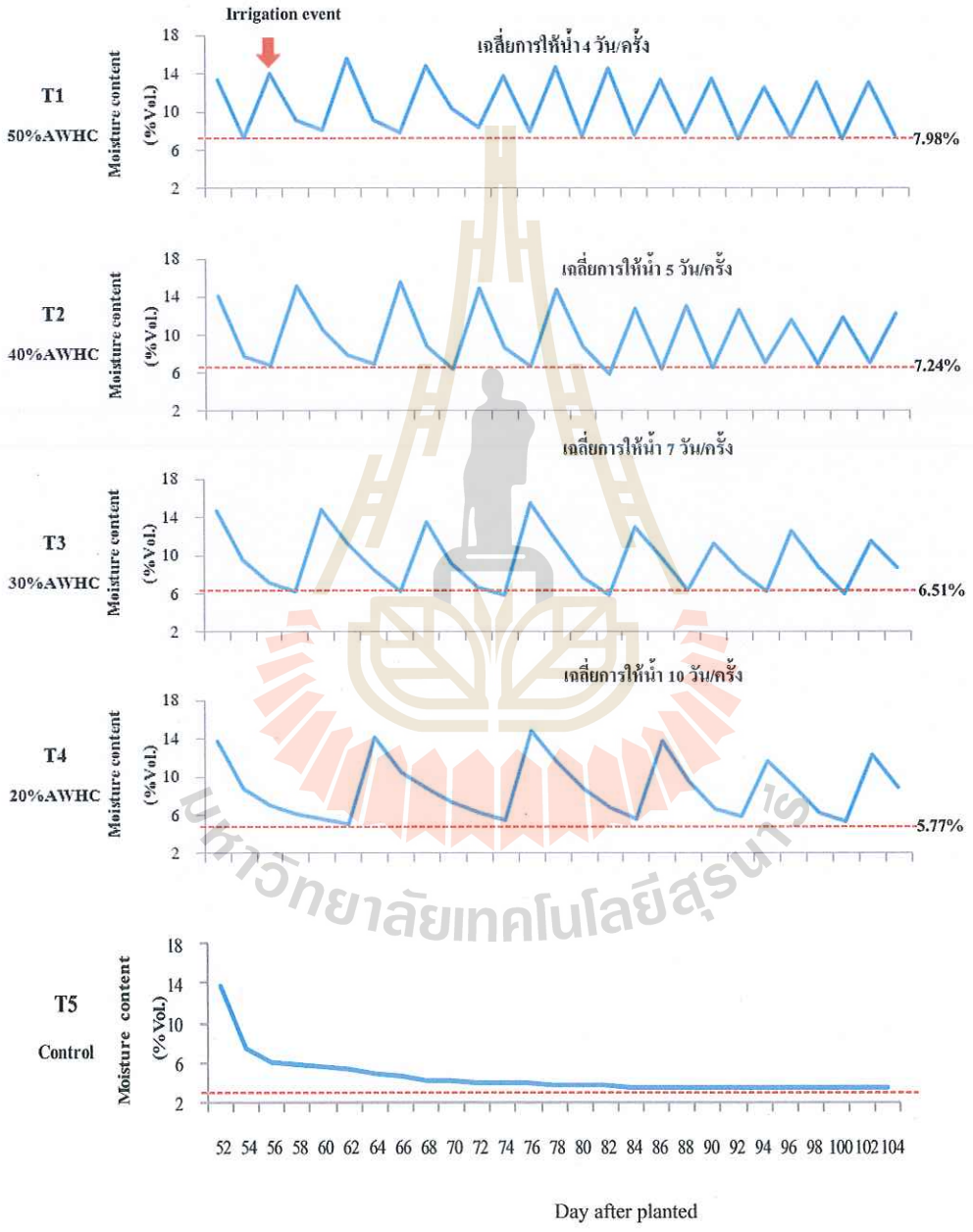
ตารางที่ 7 การกำหนดความชื้น และศักย์น้ำ ในดินทรายร่วนและดินร่วนเหนียวปนทราย

Treatments	Soil Moisture content (%Vol.)	Soil water potential (bar)
Loamy Sand		
T1 50%AWHC	7.98	-2.50
T2 40%AWHC	7.24	-2.75
T3 30%AWHC	6.51	-3.60
T4 20%AWHC	5.77	-4.85
Sandy Clay loam		
T1 50%AWHC	24.52	-3.75
T2 40%AWHC	23.12	-4.60
T3 30%AWHC	21.73	-5.75
T4 20%AWHC	20.34	-7.40

จากการเก็บข้อมูลรอบเวรการให้น้ำ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 52 วัน พบว่ารอบเวรการให้น้ำในดิน 2 ชนิดแตกต่างกัน โดยในดินทรายร่วนเมื่อให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC มีระยะเวลาการให้น้ำเฉลี่ยที่ 4, 5, 7, 10 วัน/ครั้ง และจำนวนการให้น้ำ 12, 11, 8, 6 ครั้ง ตามลำดับ (รูปที่ 16) ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายจากการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC มีระยะเวลาการให้น้ำเฉลี่ยที่ 8, 13, 16, 23 วัน/ครั้ง และจำนวนการให้น้ำ 6, 4, 4, 3 ครั้ง ตามลำดับ (รูปที่ 17) ซึ่งระยะเวลาของการให้น้ำแตกต่างกัน มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้ อายุของมันสำปะหลัง อุณหภูมิ หรือปริมาณแสงในวันนั้นๆ เพราะว่าในวันที่อุณหภูมิสูง หรือวันที่มีแสงมาก มันสำปะหลังสามารถนำน้ำขึ้นไปใช้ได้ปกติ ทำให้ความชื้นในดินลดลงมาก จึงทำให้รอบเวรการให้น้ำมีความถี่มาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

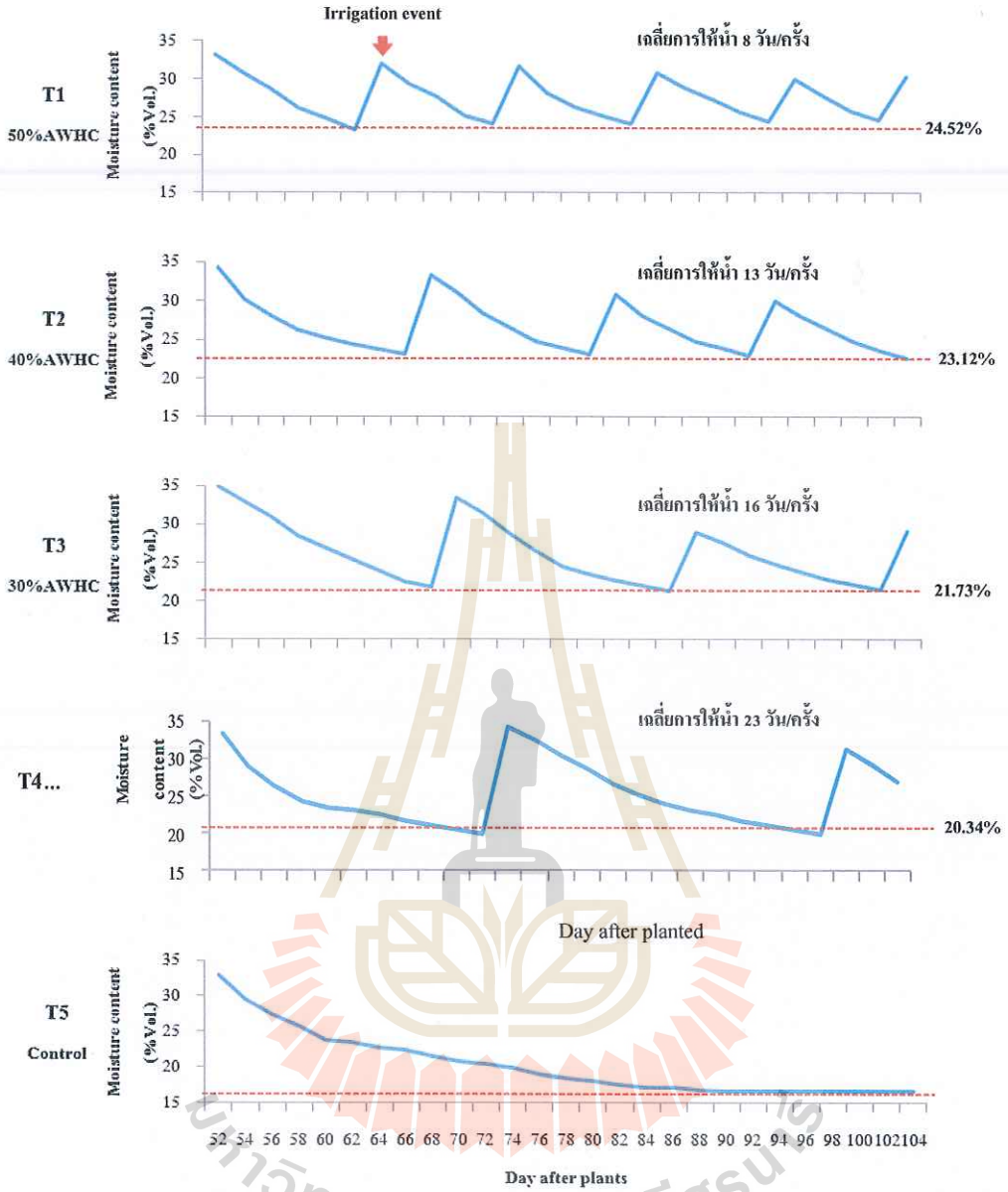
เมื่อเปรียบเทียบรอบเวร และระยะเวลาของการให้น้ำในดิน 2 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยในดินทรายร่วนมีจำนวน และระยะเวลาของการให้น้ำถี่กว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังสามารถนำน้ำในดินทรายร่วนไปใช้ได้ง่ายกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย



หมายเหตุ : เส้นประสีแดง = ระดับความชื้นที่ให้น้ำ

รูปที่ 16 รอบเวรของการให้น้ำโดยกำหนดจากความชื้นในดินทรายร่วน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



หมายเหตุ : เส้นประสีแดง = ระดับความชื้นที่ให้น้ำ

รูปที่ 17 รอบเวรของการให้น้ำโดยกำหนดจากความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทราย

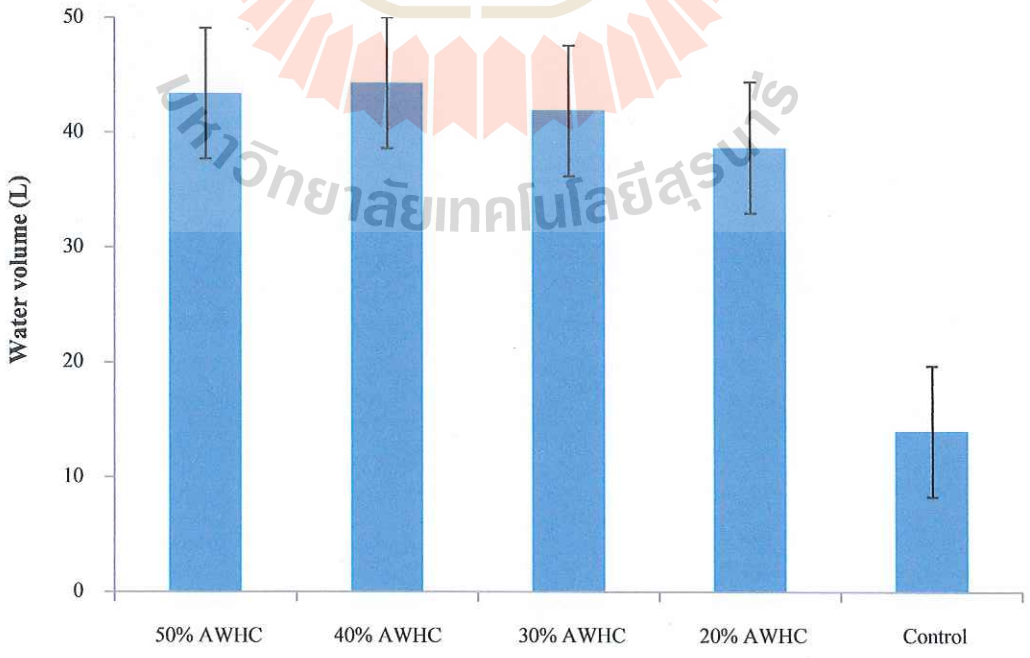
การให้น้ำที่ระดับความชื้นเดียวกันในดิน 2 ชนิด มีรอบเวรการให้น้ำที่ต่างกัน เพราะว่าในดินทรายร่วนประกอบไปด้วยช่องขนาดใหญ่จำนวนมาก เนื่องจากมีอนุภาคดินขนาดใหญ่ จึงระบายน้ำและระบายอากาศดีแต่อุ้มน้ำได้น้อย น้ำในดินที่ดูดยึดไว้จะสูญเสียไปอย่างรวดเร็ว เช่น ระบายลงสู่ส่วนลึก (drainage) (มีการควบคุมการระบายลงสู่ส่วนลึกที่ 40 เซนติเมตร) ถูกรากพืชดูดไปใช้และคายน้ำออกทางใบ (transpiration) และระเหยออกผิวหน้าดินโดยตรง (evaporation) ระดับความชื้นของดินจึงลดลงเร็ว ทำให้รอบเวรการให้น้ำในดินทรายร่วนมีความถี่มาก ตรงกันข้ามในดินร่วนเหนียวปนทรายจะมีช่องขนาดเล็กอยู่มาก เนื่องจากอนุภาคดินมีขนาดเล็ก จึงระบายน้ำและระบาย

อากาศไม่ดีแต่อุ้มน้ำได้มาก ทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวของน้ำในดินไว้สูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดังนั้นระดับความชื้นของดินจึงลดลงช้า ทำให้ในดินร่วนเหนียวปนทรายมีรอบเวรการให้น้ำที่ห่างกว่าดินทรายร่วน

4.2.3 การใช้น้ำของมันสำปะหลัง

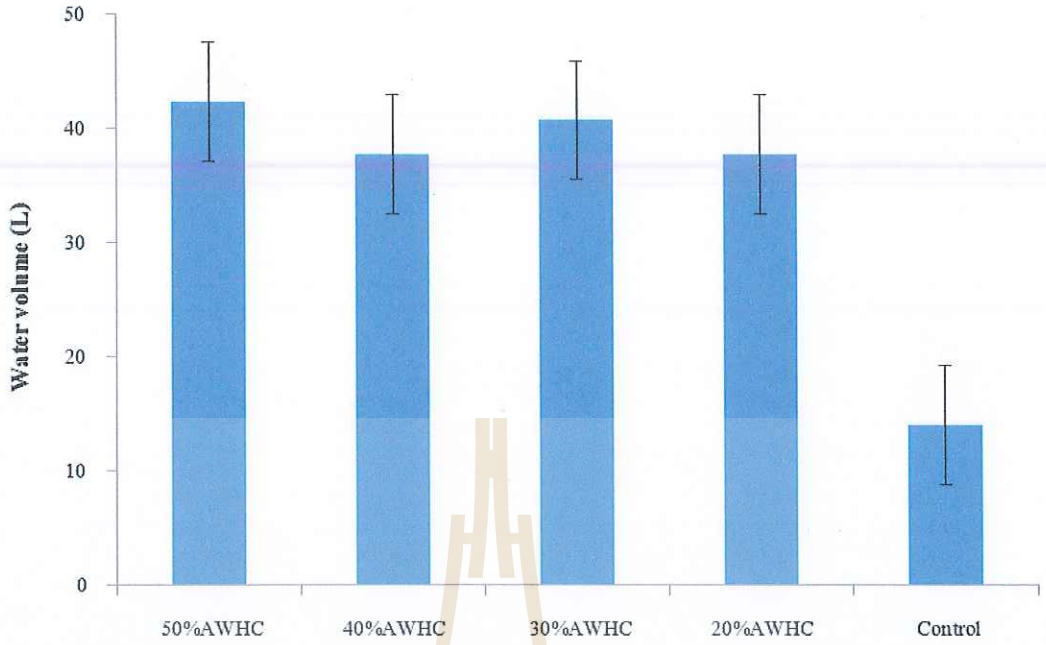
จากการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้แก่มันสำปะหลัง พบว่าปริมาณการให้น้ำในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทรายมีความแตกต่างกัน โดยในดินทรายร่วนปริมาณการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC คือ 38.7-44.3 ลิตร และทรีตเมนต์ควบคุม คือไม่ให้น้ำ มีปริมาณการให้น้ำต่ำที่สุดคือ 14 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบทรีตเมนต์ที่มีการให้น้ำ เห็นได้ว่าการให้น้ำที่ 50, 40, 30% AWHC มีปริมาณการให้น้ำใกล้เคียงกัน ส่วนการให้น้ำที่ 20% AWHC มีปริมาณการให้น้ำต่ำที่สุด (38.7 ลิตร) ดังแสดงในรูปที่ 18 ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทราย พบปริมาณการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC คือ 38.8-42.3 ลิตร และทรีตเมนต์ควบคุม มีปริมาณการให้น้ำต่ำที่สุดคือ 14 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบทรีตเมนต์ที่มีการให้น้ำ พบว่าการให้น้ำที่ 50% AWHC มีปริมาณการให้น้ำสูงที่สุด (42.3 ลิตร) ส่วนการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC มีปริมาณการให้น้ำใกล้เคียงกัน (รูปที่ 19)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดิน 2 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วนมีการใช้น้ำมากกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย เนื่องจากในดินทรายร่วนมีรอบเวรการให้น้ำถี่กว่าดินร่วนเหนียวปนทราย ถึงแม้ปริมาณน้ำที่ให้ต่อครั้งในดินร่วนเหนียวปนทรายจะมากกว่าในดินทรายร่วนก็ตาม



รูปที่ 18 ปริมาณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดินทรายร่วน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

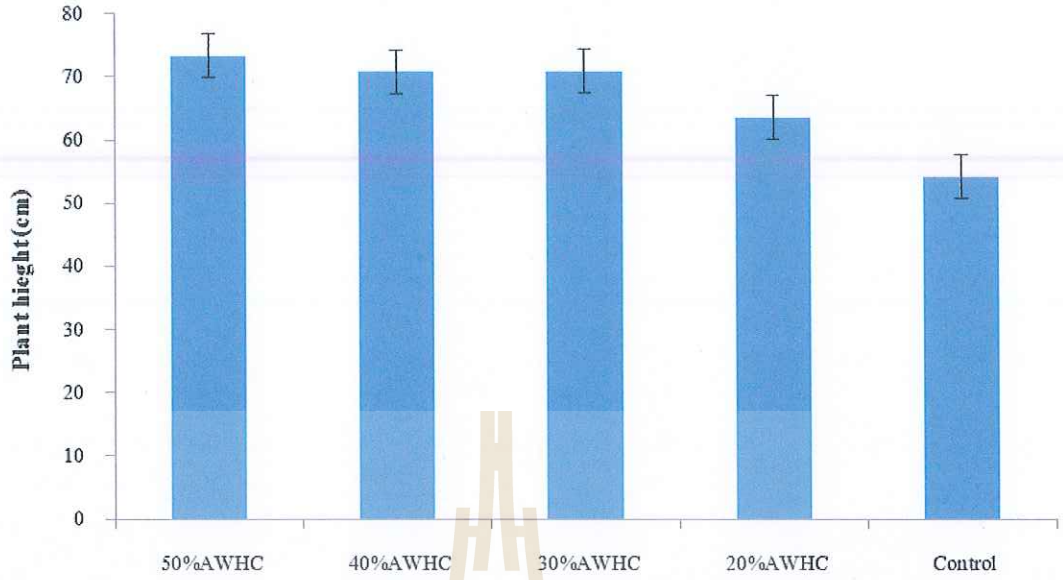


รูปที่ 19 ปริมาณการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดินร่วนเหนียวปนทราย

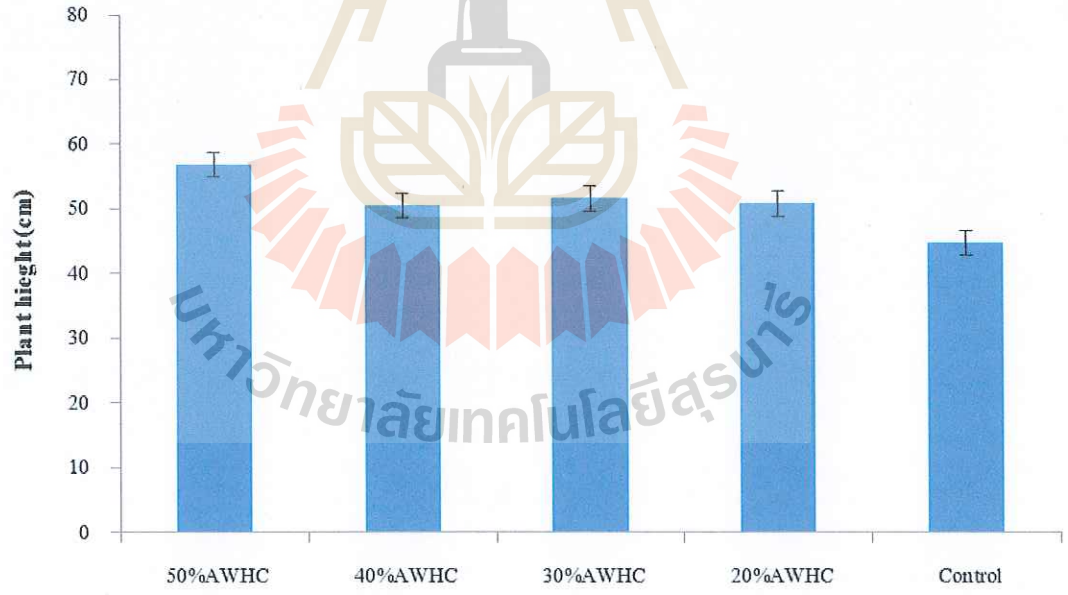
4.2.4 การเจริญเติบโต และน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลัง

ความสูงต้น จากการเก็บข้อมูลความสูงในดินทรายร่วน พบว่าการให้น้ำที่ 50, 40, 30% AWHC ต้นมันสำปะหลังมีความสูงใกล้เคียงกัน (70.8-73.3 เซนติเมตร) ส่วนการให้น้ำที่ 20% AWHC มีความสูง 63.5 เซนติเมตร และทรีตเมนต์ควบคุม มีความสูงน้อยที่สุด (54.2 เซนติเมตร) ดังแสดงในรูปที่ 20 ส่วนความสูงของมันสำปะหลังในดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่าการให้น้ำที่ 50% AWHC มีความสูงที่สุด (56.9 เซนติเมตร) รองลงมาเป็นการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC มีความสูง 50.5-51.6 เซนติเมตร ส่วนทรีตเมนต์ควบคุมมีความสูงน้อยที่สุด (47.7 เซนติเมตร) ดังแสดงในรูปที่ 21

เมื่อเปรียบเทียบความสูงมันสำปะหลังที่ปลูกในดินต่างชนิดกัน พบว่าการปลูกในดินทรายร่วนมีความสูงต้นมากกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย เนื่องจากการให้น้ำในดินทรายร่วนมีปริมาณมากกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย จึงมีผลทำให้มันสำปะหลังในดินทรายร่วนมีความสูงต้นมากกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย



รูปที่ 20 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วน



รูปที่ 21 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น จากการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่มีระดับการให้น้ำต่างกัน เมื่อมันสำปะหลังอายุ 52 วัน (ตารางที่ 8) ซึ่งพบว่าที่ระดับการให้น้ำต่างกัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวน

กิ่งต่อต้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากระดับน้ำที่ให้ต่างกัน จึงมีการเจริญเติบโตต่างกัน และทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นแตกต่างกัน

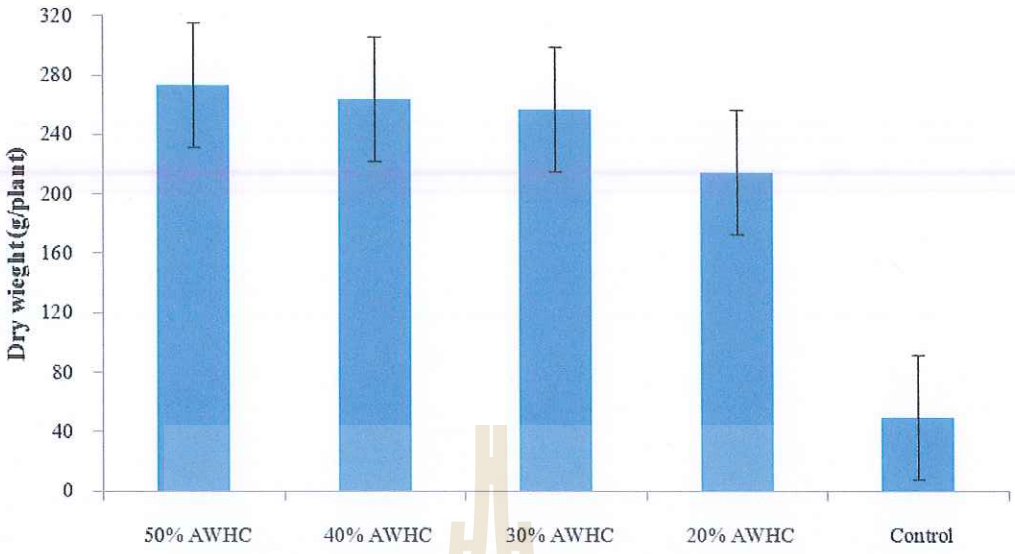
เมื่อเปรียบเทียบการปลูกมันสำปะหลังในดิน 2 ชนิด พบว่าเมื่อมีการให้น้ำ 50, 40, 30, 20% AWHC ในดินทรายร่วนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 11.14-10.96 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย (8.41-9.09 มิลลิเมตร) อย่างไรก็ตามจำนวนกิ่งต่อต้นในดินร่วนเหนียวปนทรายมีจำนวนมากกว่าในดินทรายร่วน แสดงว่ามันสำปะหลังที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นน้อย จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่า เนื่องจากในดินมีปริมาณธาตุอาหารจำกัด ส่งผลให้ต้นมันสำปะหลังที่จำนวนกิ่งน้อยจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกว้างกว่าต้นที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นมาก

ตารางที่ 8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลัง ในดิน 2 ชนิด

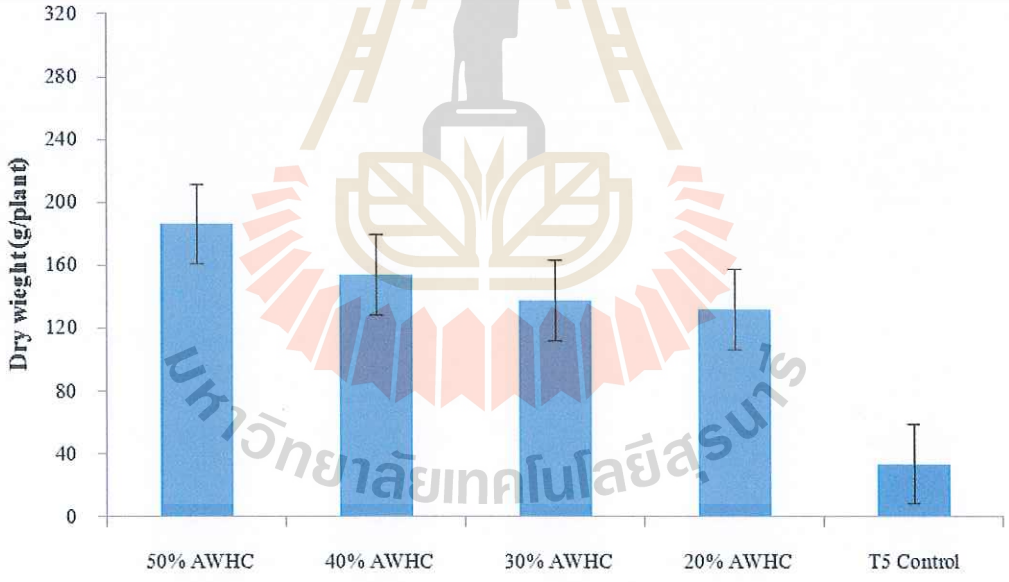
ระดับที่ให้น้ำ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มม.)		จำนวนกิ่งต่อต้น	
	ดินทรายร่วน	ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินทรายร่วน	ดินร่วนเหนียวปนทราย
50% AWHC	11.14	9.09	2.80	3.20
40% AWHC	10.55	8.83	2.60	3.20
30% AWHC	10.26	8.97	2.80	2.80
20% AWHC	10.96	8.41	2.60	2.80
Control	9.57	8.00	2.60	3.00
CV (%)	5.92	5.19	4.09	6.67

น้ำหนักแห้ง เมื่อวัดน้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลัง (ใบ, ต้น, ราก, เหง้า และหัว)ในดินทรายร่วน พบว่าน้ำหนักแห้งรวมของทรีตเมนต์ที่มีการให้น้ำที่ 50, 40, 30, 20% AWHC มีค่า 256.50-273.35 กรัม/ต้น ในขณะที่การให้น้ำ 20% AWHC มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (214.43 กรัม/ต้น) แสดงในรูปที่ 22 ส่วนมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อมีการให้น้ำ 50% AWHC มีน้ำหนักแห้งรวมมากที่สุด คือ 194.95 กรัม/ต้น ซึ่งแตกต่างจากการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC ซึ่งมีค่าระหว่าง 153.59-132.04 กรัม/ต้น (รูปที่ 23)

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วน พบว่ามีน้ำหนักแห้งรวมสูงกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งสอดคล้องกับการให้น้ำแก่มันสำปะหลังในดินทรายร่วนที่มีปริมาณการให้น้ำมากกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย



รูปที่ 22 น้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วน



รูปที่ 23 น้ำหนักแห้งรวมของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนทราย

จากผลของการเจริญเติบโต และน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลัง พบว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในดินทรายร่วนมีการเจริญเติบโตมากกว่าดินร่วนเหนียวปนทราย เนื่องจากการให้น้ำในดินทรายร่วนมีความถี่ในการให้น้ำมากกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ให้มีปริมาณมากกว่า และเป็นผลดีในการส่งเสริมการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำที่ระดับเดียวกัน ดังนั้นการให้น้ำถี่จะดีกับการเจริญเติบโตของความสูงต้น และน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.5 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของมันสำปะหลัง

การเปิดปิดของปากใบ จากการเก็บข้อมูลการเหนี่ยวนำปากใบในดินทรายร่วน พบว่าการให้น้ำที่ 50, 40, 30% AWHC มีค่าการเหนี่ยวนำปากใบใกล้เคียงกัน (0.023-0.030) และการให้ที่ 20% AWHC มีค่าการเหนี่ยวนำปากใบต่ำสุด (0.015) ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายการให้น้ำที่ 50% AWHC มีค่าการเหนี่ยวนำปากใบสูงสุด (0.038) รองลงมาเป็นการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC (0.010–0.028) ดังแสดงในตารางที่ 10

ศักย์ของน้ำในใบ จากการเก็บข้อมูลศักย์ของน้ำในใบช่วง (predawn)ในดิน 2 ชนิด พบว่ามีความสัมพันธ์แบบตรงกันข้ามคือ เมื่อใช้แรงดันต่ำ (เพื่อผลักน้ำในใบออก) แสดงว่ามีศักย์ของน้ำในใบสูง ดังนั้นการให้น้ำที่ 50, 40, 30 % AWHC มีค่าศักย์ของน้ำในใบใกล้เคียงกัน (-3.63-3.33) และการให้ที่ 20% AWHC มีค่าศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุด (-5.00) ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายการให้น้ำที่ 50% AWHC มีค่าศักย์ของน้ำในใบสูงที่สุด(-4.06) รองลงมาเป็นการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC (-5.26-4.80) ดังแสดงในตารางที่ 9

ผลของการตอบสนองทางสรีรวิทยาในมันสำปะหลังที่มีระดับการให้น้ำต่างกัน พบว่าในดินทรายร่วนการให้น้ำที่ 20% AWHC มีค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำกว่าการให้น้ำที่ระดับอื่น ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทรายการให้น้ำที่ 40, 30, 20% AWHC มีค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำกว่าการให้น้ำที่ระดับ 50% AWHC แสดงว่าที่ระดับการให้น้ำที่เท่ากันในดิน 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากในดินทรายร่วนมีแรงยึดเหนี่ยวของน้ำในดินต่ำ จึงถูกรากพืชดูดไปใช้และคายน้ำออกทางใบได้ง่ายกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 9 ลักษณะทางสรีรวิทยาของมันสำปะหลังที่มีระดับการให้น้ำต่างกัน ในดิน 2 ชนิด

Treatments	Stomata conductance of CO_2 (mol. $m^{-2}s^{-1}$)	Leaf water potential (bar)
Loamy sand		
T1 50%AWHC	0.030	-3.33
T2 40%AWHC	0.028	-3.40
T3 30%AWHC	0.023	-3.63
T4 20%AWHC	0.015	-5.00
Control	0.013	-5.18
CV (%)	34.84	22.04
Sandy clay loam		
T1 50%AWHC	0.038	-4.06
T2 40%AWHC	0.028	-4.80
T3 30%AWHC	0.015	-5.26
T4 20%AWHC	0.010	-5.26
Control	0.010	-5.12
CV (%)	61.27	10.32

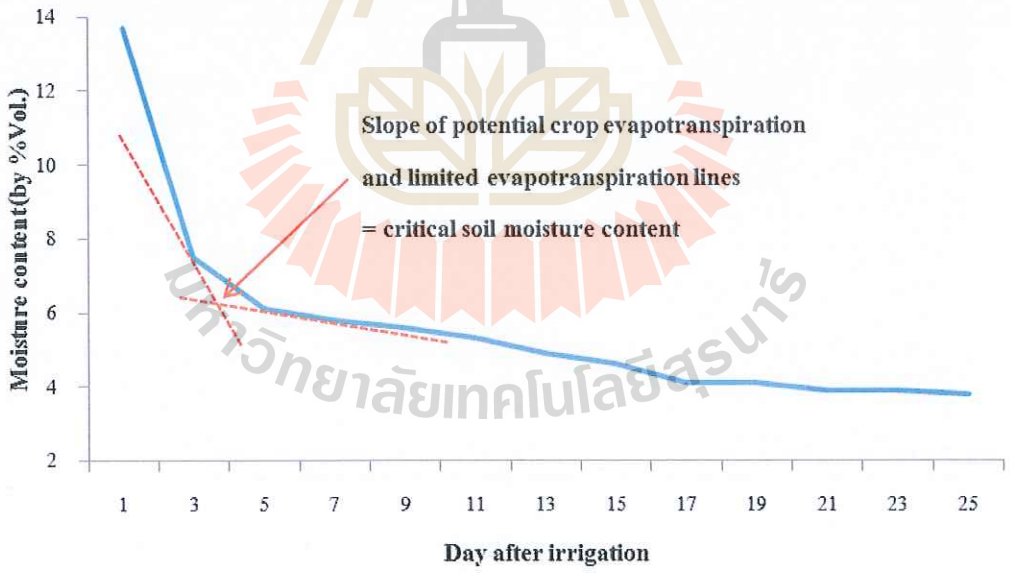
4.2.6 การหาจุดความชื้นวิกฤติในดิน

จากการตรวจสอบความชื้นของการปลูกมันสำปะหลังที่ไม่มีการให้น้ำในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย โดยมีการให้น้ำจนถึงความชื้นชลประทานแล้ววัดความชื้นที่ลดลงในดินที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร เก็บข้อมูล 2 วันครั้งเป็นระยะเวลา 25 วัน พบว่าความชื้นหลังให้น้ำในดินทรายร่วนเท่ากับ 13.8%Vol. จากนั้นความชื้นดินลดลงอย่างรวดเร็วใน 3 วันแรก อย่างไรก็ตามวันที่ 4 ความชื้นในดินลดลงอย่างช้าๆ เมื่อลากเส้นเพื่อหาจุดวิกฤติ ดัดแปลงวิธีการจาก (Lincoln, 2006) โดยวัดจากจุดความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นำข้อมูลมาประเมิน โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 คือความชื้นดินลดลงอย่างรวดเร็ว ช่วงที่ 2 คือความชื้นในดินลดลงอย่างช้าๆ จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองช่วงมาแปลงเป็นเส้นสมการ และแก้สมการ พบว่ามีจุดตัดที่ 5.78%Vol. หรือ 20% AWHC ถือได้ว่าเป็นจุดวิกฤติของดินทรายร่วน (รูปที่ 24) ส่วนความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายหลังการให้น้ำ พบว่ามีความชื้นในดินเท่ากับ 31.2%Vol. จากนั้นความชื้นในดินลดลงเร็วใน 8 วันแรก ต่อมาในวันที่ 9 ความชื้นในดินมีการลดลงอย่างช้าๆ เมื่อลากเส้นเพื่อหาจุดวิกฤติ (ใช้วิธีการ

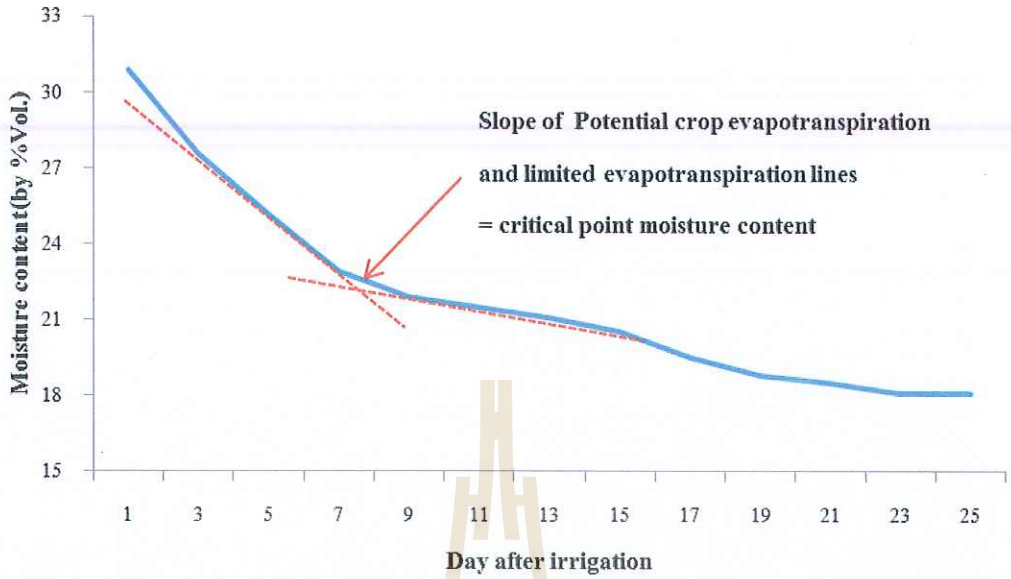
เดียวกับดินทรายร่วน) โดยวัดจากจุดความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว พบว่ามีจุดตัดที่ 22.37% หรือ 38% AWHC ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดความชื้นวิกฤติของดินร่วนเหนียวปนทราย (รูปที่ 25)

จุดความชื้นวิกฤติ ถือว่าเป็นจุดเริ่มของการทำให้มันสำปะหลังนำน้ำไปใช้ได้น้อยกว่าปกติ การให้น้ำแก่พืชต้องเริ่มทำก่อนความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤติ และปริมาณน้ำที่ให้ต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤติ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืชทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิต และคุณภาพลดลง (กรมชลประทาน, 2554)

เมื่อนำจุดความชื้นวิกฤติของดินทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลัง ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จากการเปรียบเทียบในดินทรายร่วน พบว่าการให้น้ำที่ 20% AWHC ทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ซึ่งตรงกับจุดความชื้นวิกฤติของดินทรายร่วนที่ 20% AWHC ส่วนในดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่าการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบเริ่มลดลงมากตั้งแต่ 40% AWHC ซึ่งใกล้เคียงกับจุดความชื้นวิกฤติของดินร่วนเหนียวปนทราย คือ 38% AWHC



รูปที่ 24 การใช้น้ำของมันสำปะหลังต่อวันในดินทรายร่วน



รูปที่ 25 การใช้น้ำของมันสำปะหลังต่อวันในดินร่วนเหนียวปนทราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 รูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย

ผลของการทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของความชื้นในดินทรายร่วน และดินร่วนเหนียวปนทรายด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งตรวจสอบความชื้นในดินก่อน และหลังการให้น้ำเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าความชื้นในดินทรายร่วนมีการกระจายตัวของความชื้นชลประทานไปในทิศทางแนวตั้งมากกว่าทิศทางในแนวนอน ส่วนความชื้นในดินร่วนเหนียวปนทรายมีการกระจายความชื้นในดินที่ระดับความชื้นสนามไปในทิศทางแนวตั้ง และทิศทางในแนวนอน ที่ความเร็วใกล้เคียงกัน

5.2 จุดความชื้นวิกฤติของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

5.2.1 ปริมาณและความถี่การให้น้ำ รอบเวรการให้น้ำในดิน 2 ชนิด และระดับความชื้นที่ให้น้ำ 4 ระดับมีความแตกต่างกัน พบว่าดินทรายร่วนจึงมีปริมาณและความถี่การให้น้ำมากกว่าในดินร่วนเหนียวปนทราย

5.2.2 การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และการตอบสนองทางสรีรวิทยา ระดับความชื้นที่ให้น้ำ 4 ระดับในดิน 2 ชนิด พบว่าระดับความชื้นให้น้ำที่ 20% AWHC ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำที่สุด สำหรับในดินร่วนเหนียวปนทรายระดับความชื้นให้น้ำที่ 40% 30% และ 20% AWHC ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง ค่าการเหนี่ยวนำปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในใบของมันสำปะหลังต่ำที่สุด

5.2.3 จุดความชื้นวิกฤติในดิน ผลการทดลองสามารถนำมาประเมินความชื้นที่จุดวิกฤติอย่างคร่าวๆในดินทรายร่วนคือ 5.78% โดยปริมาตร หรือ 20% AWHC ส่วนดินร่วนเหนียวปนทรายคือ 22.37% โดยปริมาตร หรือ 40% AWHC

รายการอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2554). **คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช**. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์กรมชลประทาน.

เกษม จันทร์แก้ว และเพิ่มศักดิ์ มกราภิรมย์. (2522). **ปริมาณน้ำในช่วงแล้งฝนจากป่าดิบเขาดอยปุย เชียงใหม่.** การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 34 ภาควิชาอนุรักษวิทยา. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. (2515). **อุทกวิทยาลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2535). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2541). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 8. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

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

นิพนธ์ ตั้งธรรม. (2542). **อุทกวิทยาดินลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. (2515). **หลักการจัดการลุ่มน้ำ.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

บริษัท ไทยวิกตอรี่. (2555). **คู่มือการใช้งานเครื่องวัดความชื้นในดิน (MOISTURE METER).** เขตราชเทวี. กรุงเทพฯ.

บุญมา ป้านประดิษฐ์. (2546). **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

บุญฤทธิ์ ภูริยากร. (2525). **การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินในป่าธรรมชาติตามลักษณะการใช้ที่ดินที่สะแกราช ปักธงชัย นครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

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

วิชา นิยม. (2523). **ลักษณะน้ำไหลในพื้นที่ป่าไม้ และไร่เลื่อนลอยบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อม สะแกราช.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วีระ พุกจรูญ และธรรมมนูญ แก้วอำพุท. (2536). **ปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ไร่ร้างและสวนป่าสนสามใบชั้นอายุต่างๆ.** อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่.

สายัณห์ สดุดี. (2532). **สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช.** คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์, วิทยาเขตหาดใหญ่. 217 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร.** ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุดชล วุ้นประเสริฐ. (2554). **การจัดการดิน และน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยตอ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุนทรี อัครธนกุล. (2529). **หลักการปฐพีฟิสิกส์.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2544). **เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer.** Available : http://www.kmitl.ac.th/ ~ kasoil/SoilRes/Tesiometer.htm.

Ajwa, H.A., Trout, T., Mueller, J., Wilhelm S., Nelson, S.D., Soppe, R. and Shatley, D. (2002). Application of alternative fumigants through drip irrigation systems. **Phytopathology**. 92:1349–1355.

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

Alves, A. A. C. (2002). Cassava botany and physiology. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. pp. 67-89.

Bennie, ATP. And Scholtz, D. (2003). **Waterverspreiding onder druppers op verskillende gronde van die Vrystaat.** Msc. Tesis. Universiteit van die Vrystaat.

Donahue R.L., J C. Shckluna and L.S. Robertson. (1971). **Soil and Introduction to Plant Growth.** Prentice-hall,Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

El-Sharkawy, M.A. (1997). Response of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) to water stress and fertilization. **Photosynthetica**. 34 (2): 233-239.

El-Sharkawy, M.A. (2007). Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Plant Physiol.** 19(4): 257-286.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

El-Sharkawy, M.A. (2012). Stress-Tolarent Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology Breeding Research in Crop Improvement. **Open Journal of Soil Science**. 2: 162-186.

Ghobari, H.M.A. and El-Marazky, M.H.A. (2012). Surface and subsurface irrigation systems wetting patterns as affected by irrigation scheduling techniques in an arid region. **African Journal of Agricultural Research Vol.** 7(44), pp. 5962-5976.

Hassett, I.J. and Banwart, W.L. (1992). **Soil and Theirs Environment.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Hillock, R.J., Thresh, J. and M.and Bellotti, A. C. (2002). **Cassava: Biology, Production and Utilization.** Wallingfrod, US; New York. 332 p.

Kramer, P.J. (1978). **Plant and Soil Water Relationship : A Modem Synthesis.** Tata McGrawhill publishing. Co., Ltd., New Delhi.

Lincoln, Z. (2006). **Practical determination of soil field capacity for sandy soils using soil moisture measurements.** Visiting Scholar UF/IFAS Agricultural and Biological Engineering Department.

Mirjat, M.S., Mirjat, M.U. and Chandio, F.A. (2010). Water distribution pattern, discharge uniformity and application efficiency of locally made emitters used in a trickle subunit. Pak. J. **Agri., Agril. Engg.**, Vet. Sci., 2010, 26 (1): 1-15.

Skaggs, T.H., Trout, T.J. and Rothfuss, Y. (2004). Drip Irrigation Water Distribution Patterns: Effects of Emitter Rate, Pulsing, and Antecedent Water. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 74:1886-1896.

Topp, G.C. (1993). **Soil Water Content.** pp. 541-557. In M.R. Carter Zed.X. Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Publishers, Boca Rotan.

Trout, T.J. (2006). Fumigant use in California: **Response to the phase-out.** ap. 18. In Proc. Annu. Int. Res. Conf. on MeBr Alternatives and Emission Reductions, Orlando, FL.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การคำนวณหาค่าจุดความชื้นวิกฤติในดินทรายร่วน

จากสมการ **A = B**

เมื่อ A = ค่าของความชื้นในดินที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

B = ค่าของความชื้นในดินที่ลดลงช้า หรือคงที่

A = B

-6.2X+19.9 = -0.29X+6.41

X = 13.49/5.91

X = 2.28 (จำนวนวัน)

นำค่า X มาแทนที่ในสมการ เพื่อหาค่า Y

Y = -6.2*2.28+19.9

Y = 5.78 (ค่าความชื้นในดิน)

2. การคำนวณหาค่าจุดความชื้นวิกฤติในดินร่วนเหนียวปนทราย

จากสมการ **A = B**

เมื่อ A = ค่าของความชื้นในดินที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

B = ค่าของความชื้นในดินที่ลดลงช้า หรือคงที่

A = B

-2.64X+35.25 = -0.4X+24.3

X = 10.95/2.24

X = 4.80 (จำนวนวัน)

นำค่า X มาแทนที่ในสมการ เพื่อหาค่า Y

Y = -2.64*4.80+35.25

Y = 22.37 (ค่าความชื้นในดิน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายธวัชชัย สมองดี เกิดเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ.2534 ที่บ้านห้วยต้อน ตำบลห้วยต้อน อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ เริ่มศึกษาชั้นประถมปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนห้วยต้อนวิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนห้วยต้อนพิทยาคม จังหวัดชัยภูมิ และเมื่อปี พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ในปี พ.ศ. 2557 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขณะศึกษาได้รับทุน (OROG) ระดับบัณฑิตศึกษา และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา โดยระหว่างการศึกษาได้มีโอกาสเป็นวิทยากรให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัยแก่เกษตรกร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี