

โครงการวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่10/2563

เรื่อง การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินระหว่างข้อมูลดาวเทียม SMAP
และข้อมูลจากการตรวจวัดในพื้นที่ปลูกพืชไร่

Comparison of Soil Moisture Content between the SMAP Satellite Data
and the Direct Measurements in Field Crop Area

โดย

นางสาวณธศร

สุริยะโชติตระกูล

นางสาวชลชลิตา

ศิริสาขา

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

เพื่อความสมบูรณ์แห่งวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน)

พุทธศักราช 2563

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินระหว่างข้อมูลดาวเทียม SMAP และข้อมูลจากการตรวจวัดในพื้นที่ปลูกพืชไร่

Comparison of Soil Moisture Content between the SMAP Satellite Data
and the Direct Measurements in Field Crop Area

นามผู้ทำโครงการ	นางสาวณศร	สุริยะโชติตระกูล
	นางสาวชลชลิตา	ศิริสาขา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รศ.ดร.เอกสิทธิ์ โสมสิตสกุลชัย)

...../...../.....

กรรมการ

.....

(อ.ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

...../...../.....

.....

(อ.ดร.เกษรรา สิริโชค)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา

.....

(ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์)

...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง : การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินระหว่างข้อมูลดาวเทียม SMAP และข้อมูลจากการตรวจวัดในพื้นที่ปลูกพืชไร่

จัดทำโดย : นางสาวณชศร สุริยะโชติตระกูล
นางสาวชลชลิตา ศิริสาขา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ :

(รศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

...../...../.....

ความชื้นดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากช่วยเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชจากรากไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช โครงการงานวิศวกรรมนี้มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม SMAP ในพื้นที่ปลูกพืชไร่ พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ปลูกพืชไร่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือ 1. ตรวจวัดปริมาณความชื้นในดินในพื้นที่ปลูกพืชไร่โดยวิธี Water Content และ เครื่อง TDR 2. รวบรวมข้อมูลความชื้นดินของดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) และ 3. เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) วิธี water content และ เครื่อง TDR การดำเนินงานได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากดาวเทียมกับข้อมูลที่ตรวจวัดโดยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR) ทำการตรวจวัด 19 จุด จุดละ 3 ครั้ง เก็บข้อมูลในวันที่ 13 เมษายน 2564 มีพื้นที่ส่วนใหญ่แห้งแล้งมากและมีฝนตกในตอนกลางคืนของวันที่เก็บข้อมูล ข้อมูลความชื้นดินที่ได้จากเครื่อง TDR มีค่าความชื้นดินโดยปริมาตรสูงสุดเท่ากับ 0.175 ค่าความชื้นดินโดยปริมาตรต่ำสุดเท่ากับ 0.009 และมีค่าความชื้นดินโดยปริมาตรเฉลี่ยเท่ากับ 0.058 ค่าความชื้นดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมที่เวลาเดียวกับการตรวจวัดเท่ากับ 0.143 และ 0.139 ความชื้นดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมสูงกว่าข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง TDR ผลการเปรียบเทียบได้ค่า RMSE เท่ากับ 0.092 m^3/m^3 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าข้อกำหนดของเครื่องมือของดาวเทียม ($0.04 m^3/m^3$)

ABSTRACT

Title : Comparison of Soil Moisture Content between the SMAP Satellite Data
and the Direct Measurements in Field Crop Area

By : Miss Nathasorn Suriyachottrakul
 Miss Chonchalita Sirisakha

Project Advisor :

(Assoc. Prof. Dr. Ekasit Kositsakulchai)

...../...../.....

Soil moisture affects the plant growth due to its role in the transportation of nutrients from roots to different plant organs. The goal of this Senior Project was to validate the soil moisture data from the SMAP satellite in field crop area. The study area in Huai Krachao District, Kanchanaburi was dominated by field crops. The objectives were (1) to determine the soil moisture contents in the study area using direct sampling method and the time domain reflectometer (TDR), (2) to collect satellite soil moisture data of Soil Moisture Active Passive (SMAP) satellites, and (3) to compare the moisture content between the SMAP data and the TDR data. The satellite soil moisture data were compared with those measured by the TDR. The TDR measurements in 19 locations with 3 repetitions were conducted on April 13, 2021. Field crops (sugarcane, cassava) in the study area were harvested. Some lands were preparing for the next cropping season. Soil was found very dry. The highest soil moisture of TDR was $0.175 \text{ m}^3/\text{m}^3$, the lowest was $0.009 \text{ m}^3/\text{m}^3$, and the average was $0.058 \text{ m}^3/\text{m}^3$. The SMAP soil moisture in the same measured time ranged from $0.139 \text{ m}^3/\text{m}^3$ to $0.143 \text{ m}^3/\text{m}^3$. The SMAP data were higher than those of TDR measurements with the RMSE of $0.092 \text{ m}^3/\text{m}^3$. It was below the expected accuracy of the satellite requirements ($0.04 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้ ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆษิตสกุลชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยชี้แนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการจัดทำโครงการวิศวกรรมชลประทานตลอดการดำเนินการวิจัย จนโครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ และ อาจารย์ ดร.เกศวรา สิทธิโชค อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบจบ และให้คำแนะนำแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องในการจัดทำโครงการวิศวกรรมชลประทานนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนเป็นอย่างดี รวมถึงบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

นางสาวณธศร สุริยะโชติตระกูล

นางสาวชลลลิตา ศิริสาขา

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เนื้อหา	
บทคัดย่อ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ.....	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	viii
บทนำ	12
1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา.....	12
1.2 วัตถุประสงค์.....	12
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	13
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	13
ตรวจเอกสาร.....	14
2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
2.2 การวัดความชื้นด้วยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR)	15
2.3 ข้อมูลความชื้นดิน SMAP	17
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	19
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	19
3.2 วิธีดำเนินการ.....	22
ผลและวิจารณ์	26
4.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องตรวจวัดความชื้น Time Domain Reflectometry (TDR)	26
4.2 การตรวจวัดความชื้นดินในภาคสนามโดยใช้เครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR).....	27
4.3 ข้อมูลความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)	28
4.4 เปรียบเทียบข้อมูลความชื้นดินระหว่างการตรวจวัดโดยเครื่อง Time Domain Reflectometry .	29

สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผล.....	33
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	33
เอกสารอ้างอิง.....	34
ภาคผนวก.....	35
ประวัติของผู้วิจัย.....	69

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดงความชื้นโดยปริมาตรของดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดิน และจากการวัดโดยเครื่อง TDR..	26
ตารางผนวกที่ ข1	แสดงค่าความชื้นดินที่ใช้เครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) ในการ ตรวจวัด.....	45
ตารางผนวกที่ ค1	แสดงค่าความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP).....	67
ตารางผนวกที่ ง1	ข้อมูลฝนสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทุมทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2564.....	68

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1	แสดงพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดความชื้น	13
ภาพที่ 2	กราฟแสดงถึงค่า R-Squared	15
ภาพที่ 3	ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดค่าความชื้นโดยเครื่อง TDR และวิธีการใช้ Neutron probe	16
ภาพที่ 4	เครื่องวัดความชื้นในดิน TDR ทำงานโดยระบบมัลติเพล็กซ์	16
ภาพที่ 5	แสดงข้อกำหนดภารกิจ SMAP	17
ภาพที่ 6	แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ SMAP	18
ภาพที่ 7	เครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR).....	19
ภาพที่ 8	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลชนิด 2 ตำแหน่ง.....	19
ภาพที่ 9	กระป๋องเก็บตัวอย่าง	20
ภาพที่ 10	Soil core sampler.....	20
ภาพที่ 11	ตุ๊อบ	21
ภาพที่ 12	อุปกรณ์สำหรับเจาะนำเครื่อง TDR.....	21
ภาพที่ 13	ค้อนยาง	21
ภาพที่ 14	การใช้เครื่อง TDR ตรวจวัดความชื้นในดิน.....	22
ภาพที่ 15	การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core sampler และเก็บตัวอย่างดิน.....	22
ภาพที่ 16	เว็บไซต์ Earthdata และแถบเมนู Earthdata Search	23
ภาพที่ 17	แถบค้นหาข้อมูลดาวเทียม.....	23
ภาพที่ 18	แถบค้นหาข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลด.....	24
ภาพที่ 19	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
ภาพที่ 20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นโดยปริมาตรที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดิน และ จากเครื่องวัด ความชื้นดิน TDR	27
ภาพที่ 21	กราฟแสดงความชื้นดินจากข้อมูลดาวเทียม SMAP บริเวณพื้นที่ศึกษาในวันที่ 12-15 เมษายน 2564	28
ภาพที่ 22	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 9.....	29
ภาพที่ 23	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 14.....	30
ภาพที่ 24	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 16.....	30
ภาพที่ 25	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 2.....	31
ภาพที่ 26	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 10.....	31
ภาพที่ 27	สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 15.....	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 28 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินโดยปริมาตรที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง TDR และจากดาวเทียม SMAP	32
ภาพผนวกที่ ก1 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 1	36
ภาพผนวกที่ ก2 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 1	36
ภาพผนวกที่ ก3 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 1	37
ภาพผนวกที่ ก4 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 2	37
ภาพผนวกที่ ก5 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 2	37
ภาพผนวกที่ ก6 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 2	38
ภาพผนวกที่ ก7 ตัวอย่างดินจุดที่ 3	38
ภาพผนวกที่ ก8 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 3	38
ภาพผนวกที่ ก9 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 3	39
ภาพผนวกที่ ก10 ตัวอย่างดินจุดที่ 4	39
ภาพผนวกที่ ก11 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 4	39
ภาพผนวกที่ ก12 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 4	40
ภาพผนวกที่ ก13 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 5	40
ภาพผนวกที่ ก14 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 5	40
ภาพผนวกที่ ก15 ตัวอย่างดินจุดที่ 6	41
ภาพผนวกที่ ก16 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 6	41
ภาพผนวกที่ ก17 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 7	41
ภาพผนวกที่ ก18 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 7	42
ภาพผนวกที่ ก19 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 8	42
ภาพผนวกที่ ก20 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 8	42
ภาพผนวกที่ ก21 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 9	43
ภาพผนวกที่ ก22 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 9	43
ภาพผนวกที่ ก23 ตัวอย่างดินจุดที่ 10	43
ภาพผนวกที่ ก24 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 10	44
ภาพผนวกที่ ก25 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 11	44
ภาพผนวกที่ ก26 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 11	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

ความชื้นในดิน (Soil Moisture) หรือ ส่วนของน้ำที่พบอยู่ในช่องว่างระหว่างดิน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากน้ำในดินเป็นตัวช่วยในการละลายธาตุอาหาร และเคลื่อนย้ายอาหารของพืชจากรากขึ้นไปสู่ส่วนต่างๆของพืช ปริมาณความชื้นในดินขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ได้รับกับปริมาณน้ำที่สูญหายไปจากการระเหยและการคายน้ำของพืชเช่นกัน

ดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) เป็นดาวเทียมสังเกตการณ์และเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินบนพื้นผิวโลก ข้อมูลที่ได้มีความละเอียดในระดับประมาณ 25 ตารางกิโลเมตร ดาวเทียมใช้เวลา 2-3 วันเพื่อโคจรเก็บข้อมูลความชื้นในดินของทั้งโลก ซึ่งดาวเทียม SMAP จะช่วยให้สามารถทำนายปริมาณน้ำและตรวจสอบความแห้งแล้งในอนาคต

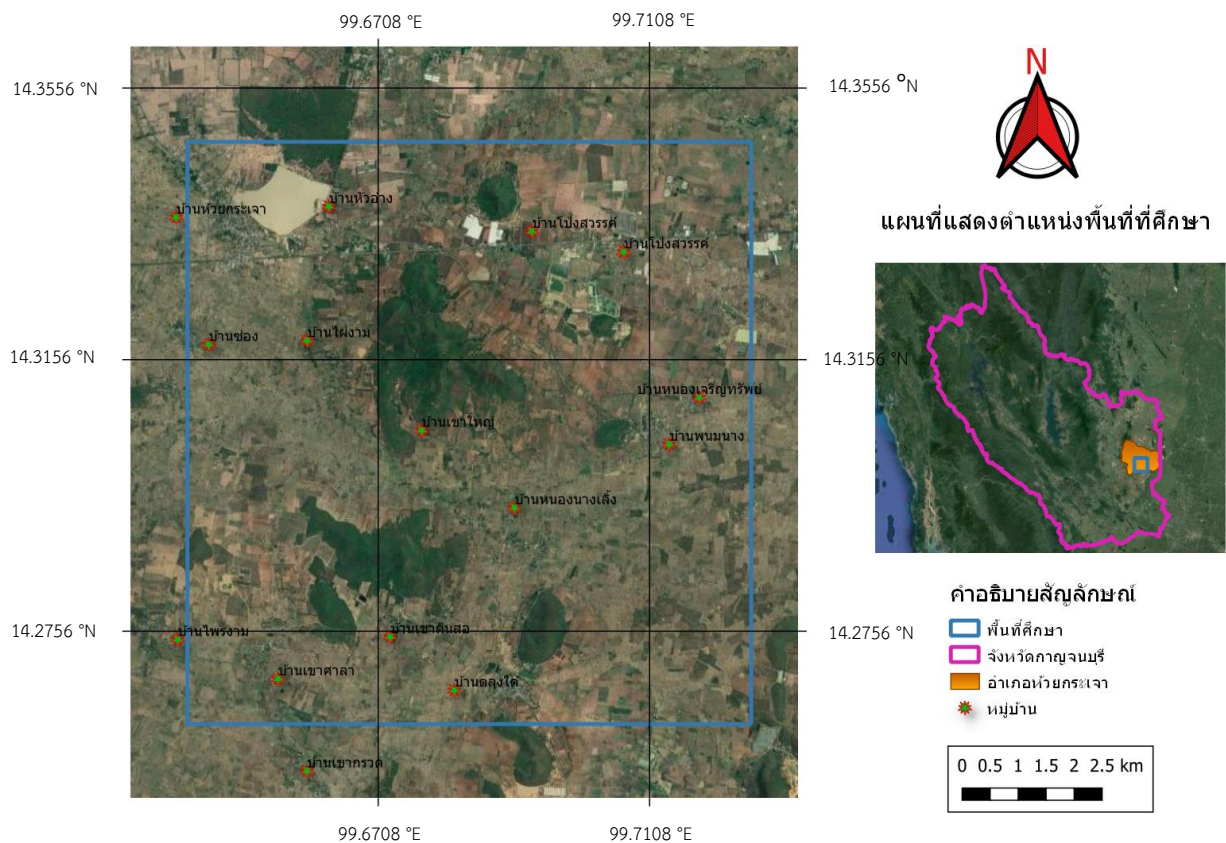
ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์หลากหลายของข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) จึงได้มีการวิจัยที่จะสนับสนุนความน่าเชื่อถือของข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) ว่ามีความน่าเชื่อถือเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำนายหรือตรวจสอบต่างๆ โดยการตรวจวัดข้อมูลปริมาณความชื้นในดินด้วยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR)

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ตรวจวัดปริมาณความชื้นในดินในพื้นที่ปลูกพืชไร่โดยวิธี Water Content และ เครื่อง TDR
- 2) รวบรวมข้อมูลความชื้นดินของดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)
- 3) เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) วิธี water content และ เครื่อง TDR

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) ตรวจสอบวัดปริมาณความชื้นในดินโดยปริมาตรด้วยเครื่อง TDR และโดยวิธี Water Content ในพื้นที่ปลูกพืชไร่
- 2) พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ในอำเภอห้วยกระเจา บริเวณบางส่วนของตำบลดอนแสลบ วังไผ่ และห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดความชื้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ข้อมูลปริมาณความชื้นในดินที่รวบรวมและวิเคราะห์สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในผลิตภัณฑ์ข้อมูล Soil Moisture Active Passive (SMAP) ของ NASA

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรม (เอกสิทธิ์ โขสิตสกุลชัย, 2559) ปริมาณน้ำในดินอาจนิยามได้หลายลักษณะ ดังนี้ ปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตร (volumetric soil water content), ปริมาณน้ำในดินโดยการชั่ง (gravimetric water content), ระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำ (degree of saturation), ความลึกของน้ำเทียบเท่า (equivalent depth of water)

ปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตร (volumetric soil water content, θ_v) คำนวณจากปริมาตรของน้ำ (V_w) ต่อปริมาตรรวมของดิน (V_t) (สมการที่ 1)

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} \quad \text{สมการ (1)}$$

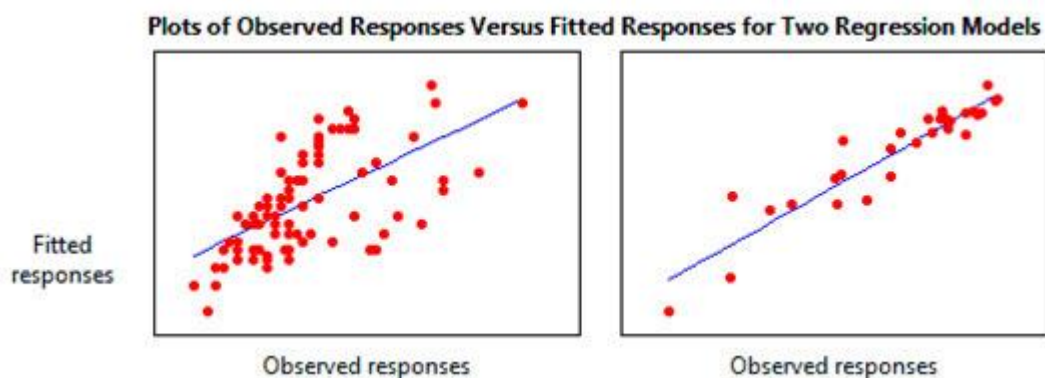
ปริมาณน้ำในดินโดยการชั่ง (gravimetric water content, θ_m) เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำ (m_w) ต่อมวลของอนุภาคดินแห้ง (m_s) (สมการที่ 2) คำว่า ดินแห้ง หมายถึง ดินที่ได้ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105–110°C ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) เดิมเรียกปริมาณน้ำในดินโดยน้ำหนัก หรืออาจเรียกปริมาณน้ำในดินโดยมวล (เพื่อให้สอดคล้องกับนิยามทางฟิสิกส์)

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_s} \quad \text{สมการ (2)}$$

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (A_s) แล้ว การหาปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตรจะง่ายขึ้นโดยทำการหาปริมาณน้ำในดินโดยการชั่งซึ่งสะดวกกว่าเสียก่อน (วิบูลย์ บุญยธโรกุล, 2526) แล้วแปลงเป็นปริมาณน้ำในดินโดยปริมาตรด้วยการคูณด้วยความถ่วงจำเพาะปรากฏ (สมการที่ 3)

$$\theta_v = A_s \theta_m \quad \text{สมการ (3)}$$

จากบทความ (Minitab Inc ,2013) แสดงให้เห็นถึงค่า R-Squared คือ ตัวสถิติที่ใช้วัดว่าตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้นี้มีความสมรूपกับข้อมูลมากน้อยอย่างไร หรือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเชิงซ้อน (coefficient of multiple determination) ได้ทำการทำแผนภาพที่แสดงถึงค่า R-Squared ในแผนภาพนี้เป็นการพลอตค่าข้อมูลที่สังเกตได้และค่าข้อมูลที่คำนวณได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งสอง แผนภาพนี้มีค่า R-Squared แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 กราฟแสดงถึงค่า R-Squared

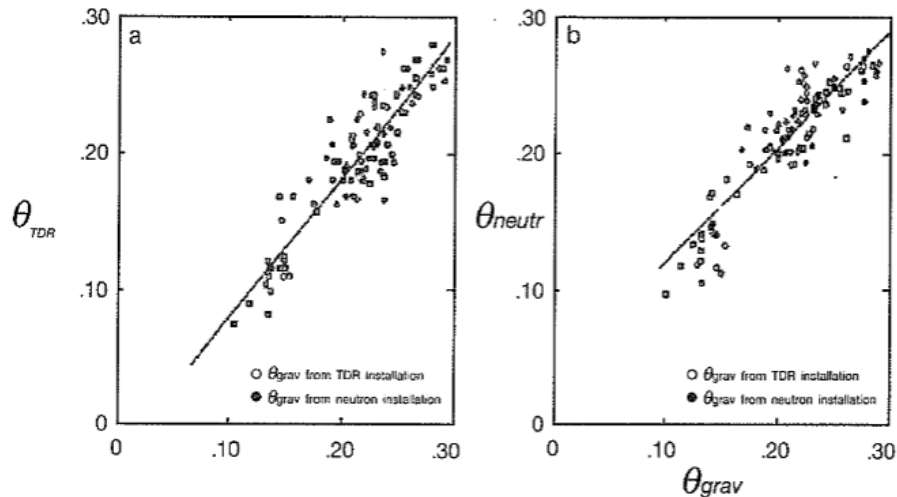
ที่มา : Minitab Inc (2013)

สรุปได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ยังมีค่ามาก หมายความว่าตัวแบบสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก (หรือ ค่าสังเกตจะอยู่บน เส้นตรงของตัวแบบ) ในทางทฤษฎีถ้าตัวแบบสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 100% หมายความว่า ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับค่าที่สังเกตได้ ดังนั้นค่าข้อมูลที่สังเกตได้จะอยู่บนเส้นตรงของตัวแบบคณิตศาสตร์ทุกจุด

2.2 การวัดความชื้นด้วยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR)

เป็นการวัดที่อาศัยการวัดค่า dielectric constant แล้วนำค่าที่ได้มา calibrate กับค่าความชื้นในดิน โดยปริมาตรที่ได้จากการชั่งน้ำหนัก จะได้ค่าความชื้นดินที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งสมการของการ calibrate แตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของดิน

จากบทความ (วิทยา ตรีโลเกศ และ ปานชีวัน ปอนพังกา , 2546) ได้มีการทดสอบความแม่นยำของเครื่อง TDR ว่าเครื่อง TDR สามารถนำมาใช้วัดความชื้นในดินที่ภาคสนามได้ดีเท่ากับการวัดความชื้นในดินด้วยวิธีการใช้ Neutron probe



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดค่าความชื้นโดยเครื่อง TDR และวิธีการใช้ Neutron probe
ที่มา : วิทยา ตริโลเกศ และ ปานชีวัน ปอนพังกา (2546)

โดยเครื่องวัดความชื้นในดิน TDR ทำงานโดยระบบอัตโนมัติ และ มัลติเพล็กซ์ (multiplex system) มี 2 ระบบ คือ

- 1) Analog system ส่งสัญญาณจากความต่างศักย์จากเครื่อง TDR มายัง data logger (Figure 1.1A) ระบบนี้จะแสดงผลการวัดออกมาเป็นจุดตัด XY
- 2) Digital system จะอ่านผลจากการวัดออกมาเป็นจุดตัด XY และตัวเลขเชื่อมโยง กับคอมพิวเตอร์ (Figure 1.2D)

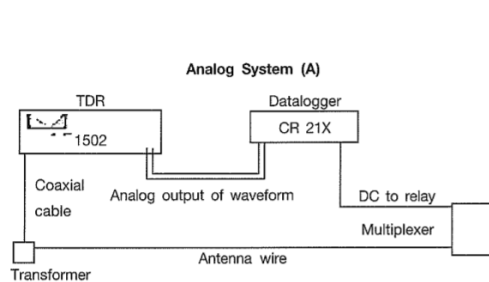


Figure 1.1A. Analog Time Domain Reflectometry (TDR) automatic system controlled by data logger

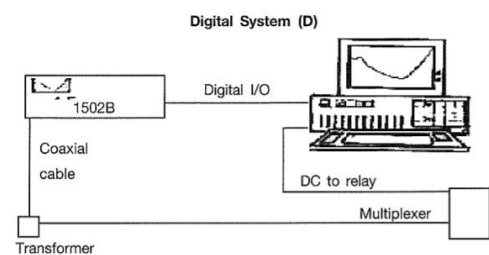


Figure 1.2D. Digital Time Domain Reflectometry (TDR) automatic system controlled by computer (Baker and Allmaras, 1990)

ภาพที่ 4 เครื่องวัดความชื้นในดิน TDR ทำงานโดยระบบมัลติเพล็กซ์
ที่มา : วิทยา ตริโลเกศ และ ปานชีวัน ปอนพังกา (2546)

จากบทความ (N. H. H. Abdullah, 2020) ได้มีการศึกษาการหาค่าความชื้นในดินเหนียวด้วยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR) พบว่ามีข้อจำกัดในการวัดปริมาณความชื้นในดินโดยใช้ TDR สำหรับดินที่มีปริมาณน้ำสูง ดินที่มีปริมาณน้ำในดินสูงอัตราส่วนของน้ำที่ถูกผูกไว้ต่อน้ำทั้งหมดมีค่าน้อยทำให้การประเมินได้ค่าที่สูงเกินไป

2.3 ข้อมูลความชื้นดิน SMAP

ผลิตภัณฑ์ข้อมูล Soil Moisture Active Passive (SMAP) ของ NASA (Reichle, 2018) ใช้ L-band radar และ L-band radiometer ร่วมกันในการตรวจวัดข้อมูลความชื้นดิน โดย SMAP radiometer วัดข้อมูลการเปล่งรังสีช่วงไมโครเวฟจากพื้นผิว ~5 cm มีความละเอียดประมาณ ~40 km ขณะที่ SMAP L-band SAR ให้ข้อมูลความละเอียด ~1 ถึง 3 km

จากบทความ (Steven K. Chan, Senior Member, 2016) ได้มีการประเมินผลิตภัณฑ์ความชื้นในดินของดาวเทียม SMAP กล่าวไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ความชื้นในดินแบบเรดิโอมิเตอร์ (radiometer) เป็นผลิตภัณฑ์ความชื้นในดินที่ใช้งานได้เพียงอย่างเดียวสำหรับข้อมูลดาวเทียม SMAP โดยงานวิจัยนี้ได้คำนวณค่าความแม่นยำของการดึงความชื้นในดินโดยเฉลี่ยจาก CVs หรือ root-mean-square difference (ubRMSD) ได้เท่ากับ 0.038 m³ / m³ ซึ่งเข้าใกล้ข้อกำหนดภารกิจ SMAP ที่ 0.040 m³ / m³

จากบทความ (Entekhabi, D, 2010) ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับดาวเทียม SMAP

Scientific Measurement Requirements	Instrument Functional Requirements
Soil Moisture: ~±0.04 m ³ m ⁻³ volumetric accuracy in the top 5 cm for vegetation water content ≤ 5 kg m ⁻² ; Hydrometeorology at ~10 km resolution; Hydroclimatology at ~40 km resolution	L-Band Radiometer (1.41 GHz): Polarization: V, H, U Resolution: 40 km Radiometric Uncertainty*: 1.3 K L-Band Radar (1.26 GHz): Polarization: VV, HH, HV (or VH) Resolution: 10 km Relative accuracy*: 0.5 dB (VV and HH) Constant incidence angle** between 35° and 50°
Freeze/Thaw State: Capture freeze/thaw state transitions in integrated vegetation-soil continuum with two-day precision, at the spatial scale of landscape variability (~3 km).	L-Band Radar (1.26 GHz): Polarization: HH Resolution: 3 km Relative accuracy*: 0.7 dB (1 dB per channel if 2 channels are used) Constant incidence angle** between 35° and 50°
Sample diurnal cycle at consistent time of day (6am/6pm Equator crossing); Global, ~3 day (or better) revisit; Boreal, ~2 day (or better) revisit	Swath Width: ~1000 km Minimize Faraday rotation (degradation factor at L-band)
Observation over minimum of three annual cycles	Baseline three-year mission life
* Includes precision and calibration stability ** Defined without regard to local topographic variation	

ภาพที่ 5 แสดงข้อกำหนดภารกิจ SMAP

ที่มา : Entekhabi, D, 2010

Product Name	Short Description	Spatial Resolution
L1A_S0	Radar raw data in time order	–
L1A_TB	Radiometer raw data in time order	–
L1B_S0_LoRes	Low resolution radar σ_0 in time order	5x30 km
L1B_TB	Radiometer T_B in time order	36x47 km
L1C_S0_HiRes	High resolution radar σ_0 (half orbit, gridded)	1-3 km
L1C_TB	Radiometer T_B (half orbit, gridded)	36 km
L2_SM_P	Soil moisture (radiometer, half orbit)	36 km
L2_SM_A/P	Soil moisture (radar/radiometer, half orbit)	9 km
L3_FT_A	Freeze/thaw state (radar, daily composite)	3 km
L3_SM_P	Soil moisture (radiometer, daily composite)	36 km
L3_SM_A/P	Soil moisture (radar/radiometer, daily composite)	9 km
L4_SM	Soil moisture (surface & root zone)	9 km
L4_C	Carbon net ecosystem exchange (NEE)	9 km

ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ SMAP

ที่มา : Entekhabi, D, 2010

งานวิจัยนี้เลือกใช้ L4_SM ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ระดับ 4 มีข้อมูลความชื้นในดินที่พื้นผิว (surface soil moisture) ลึก 5 เซนติเมตรจากผิวดิน และ ความชื้นในดินในเขตราก (root zone soil moisture) ลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ข้อมูลมีขนาดจุดภาพประมาณ 9 km ระยะเวลาที่ต้องรอประมวลผล (latency) ไม่เกิน 7 วัน (จากการติดตามข้อมูลสามารถโหลดได้หลังถ่ายภาพประมาณ 3 วัน)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 1) Time domain reflectometry (TDR) ยี่ห้อ IMKO รุ่น HD2 & Soil moisture probe รุ่น TRIME-PICO 64



ภาพที่ 7 เครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR)

ที่มา : <http://envcoglobal.com>

- 2) เครื่องชั่งดิจิตอล



ภาพที่ 8 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3) ครอบป้องกันตัวอย่างดิน



ภาพที่ 9 ครอบป้องกันตัวอย่าง

ที่มา : <https://www.cst.co.th>

4) Soil core sampler



ภาพที่ 10 Soil core sampler

ที่มา : <https://www.soilmoisture.com>

5) ตู้สำหรับอบตัวอย่างดิน



ภาพที่ 11 ตู้อบ

ที่มา : <http://research.rid.go.th>

6) อุปกรณ์สำหรับเจาะนำเครื่อง TDR



ภาพที่ 12 อุปกรณ์สำหรับเจาะนำเครื่อง TDR

7) ค้อนยาง



ภาพที่ 13 ค้อนยาง

3.2 วิธีดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างและหาความชื้นในดินด้วยเครื่อง TDR

- ใช้เครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) ตรวจสอบวัดความชื้นดินในพื้นที่พืชไร่ และบันทึกค่า



ภาพที่ 14 การใช้เครื่อง TDR ตรวจสอบวัดความชื้นในดิน

- เก็บตัวอย่างดินบริเวณเดียวกับที่ใช้เครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) โดยใช้ Soil core sampler และเก็บตัวอย่างใส่กระป๋องเก็บดิน



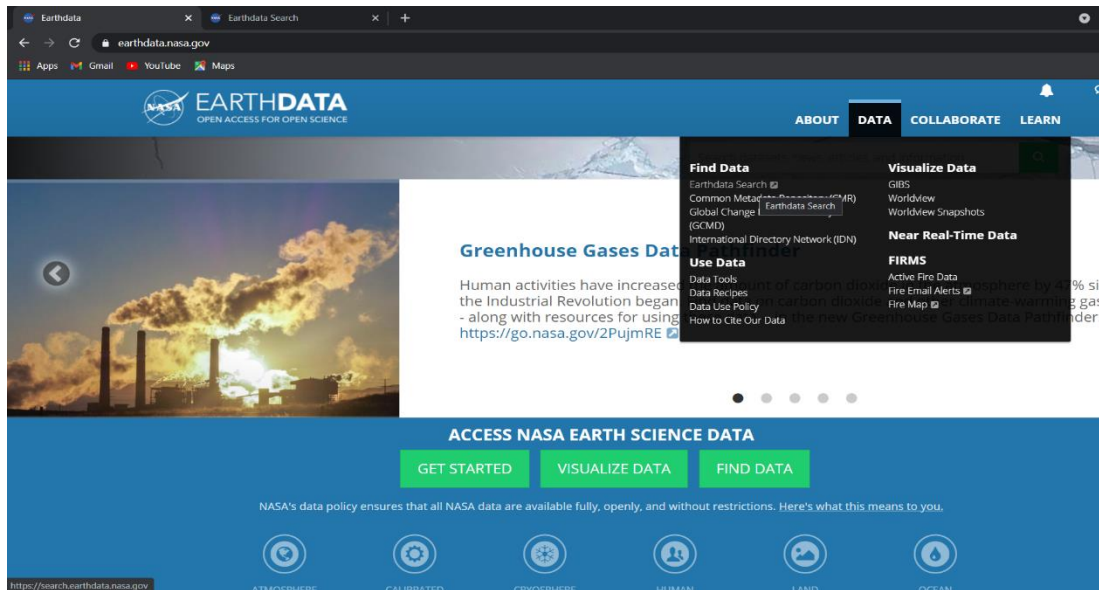
ภาพที่ 15 การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core sampler และเก็บตัวอย่างดิน

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินที่เก็บได้มาในทันที และบันทึกค่า
- อบตัวอย่างดินที่เก็บมา ที่อุณหภูมิ 105-110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างดินออกจากตู้อบแล้วทำการชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน

2) รวบรวมข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)

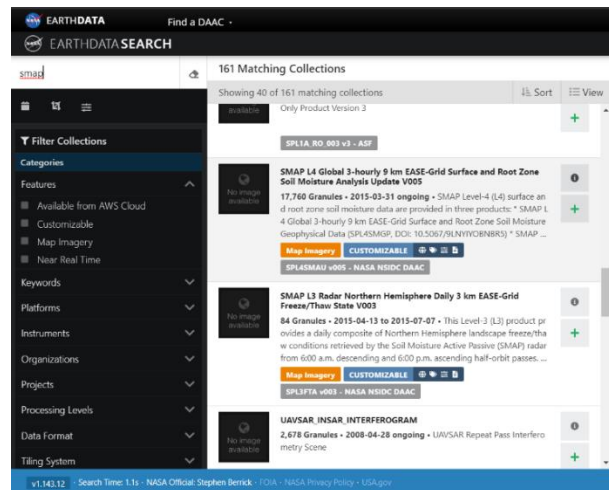
- เข้าสู่เว็บไซต์ <https://earthdata.nasa.gov/> เลือเมนู DATA และเลือกแถบเมนู

Earthdata Search



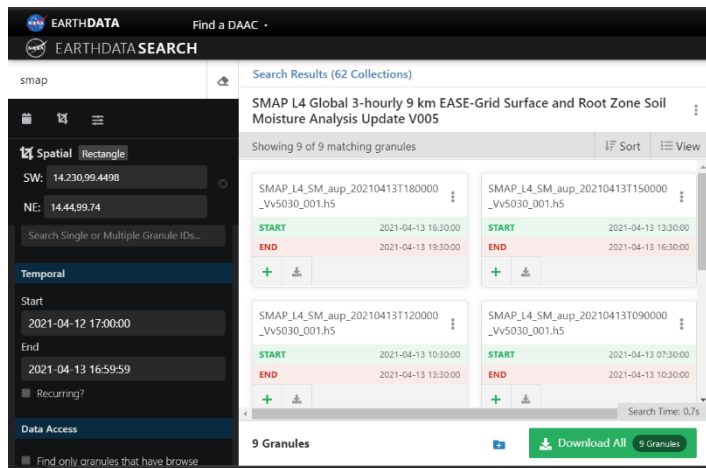
ภาพที่ 16 เว็บไซต์ Earthdata และแถบเมนู Earthdata Search

- ค้นหาข้อมูลดาวเทียมโดยเลือกใช้ข้อมูล SMAP L4 Global 3-hourly 9km EASE-Grid Surface and Root Zone Soil Moisture Analysis Update V005



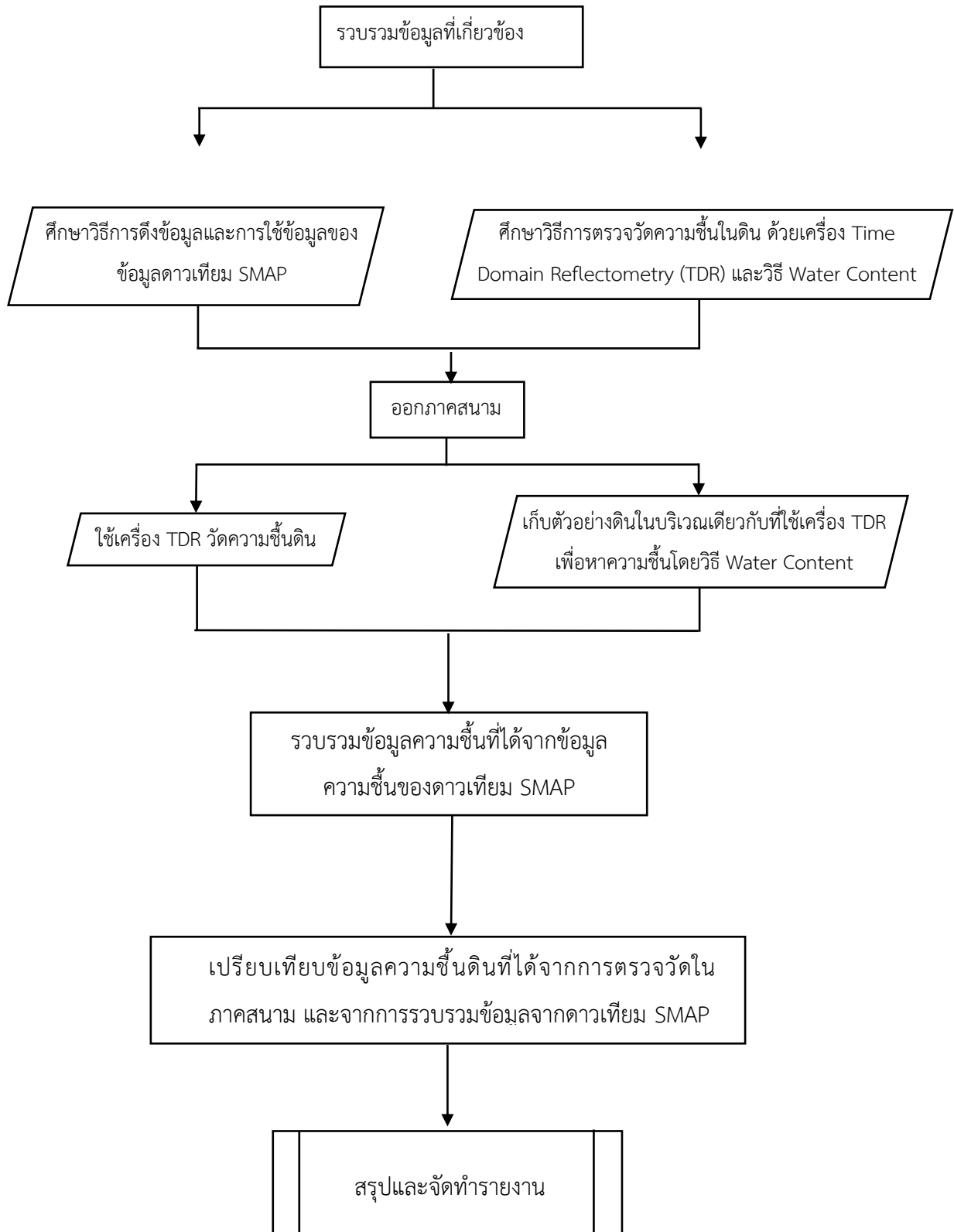
ภาพที่ 17 แถบค้นหาข้อมูลดาวเทียม

- กำหนดข้อมูลที่ต้องการลงในแถบค้นหา โดยกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการข้อมูลเป็นวันที่ดำเนินการในขั้นตอนที่ 1 และกำหนดพื้นที่แบบรูปสี่เหลี่ยม ดังภาพที่ 15 ระบุพิกัด SW และ NE เป็นพิกัดของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 18 แถบค้นหาข้อมูลที่ต้องการดาวนิโหลด

- ดาวนิโหลดข้อมูลดาวเทียมที่ต้องการ
- 3) เปรียบเทียบข้อมูลความชื้นดินที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนาม และจากการรวบรวมข้อมูลจากดาวเทียม SMAP



ภาพที่ 19 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

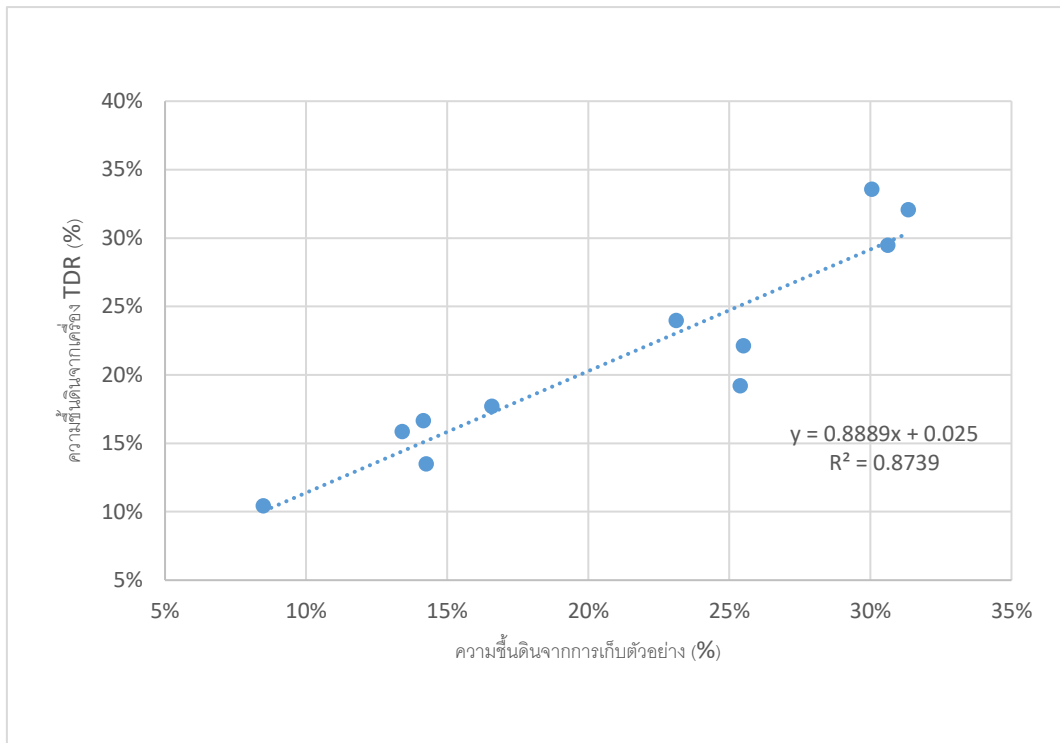
4.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความชื้น Time Domain Reflectometry (TDR)

การทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความชื้นทำโดยการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil core sampler แล้วจึงใช้เครื่อง TDR วัดความชื้นในบริเวณเดียวกันกับจุดที่เก็บตัวอย่าง โดยความชื้นจากการเก็บตัวอย่างดิน และค่าความชื้นจากการวัดโดยเครื่อง TDR แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความชื้นโดยปริมาตรของดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดิน และจากการวัดโดยเครื่อง TDR

No.	Weight (g.)	D (cm.)	H (cm.)	V (cm ³)	Weight (g.)		ความชื้นดิน (%)		เวลา	หมายเหตุ
	Can+Ring				Can+Ring+Soil ก่อนอบ	Can+Ring+Soil หลังอบ	เก็บตัวอย่าง	TDR		
1	80.64	5.38	3.013	68.502	212.03	190.56	31.342	32.070	11.08	เป็นดินในพื้นที่นาข้าว เก็บจากอำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2564
2	72.65	5.38	3.013	68.502	216.57	195.98	30.058	33.567	11.40	
3	70.03	5.38	3.013	68.502	181.24	163.77	25.503	22.133	12.30	
4	73.52	5.38	3.013	68.502	197.9	186.54	16.584	17.710	12.56	
5	74.76	5.38	3.000	68.20	218.34	201.02	25.396	19.200	9.57	เป็นดินร่วนปนทราย เก็บจากแปลงทดลอง ภาควิชาวิศวกรรม ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 21 พฤษภาคม 2564
6	74.24	5.38	3.000	68.20	206.23	185.35	30.616	29.463	10.06	
7	71.24	5.38	3.000	68.20	199.19	189.53	14.165	16.660	10.27	
8	68.81	5.38	3.000	68.20	187.83	178.68	13.417	15.867	10.47	
9	72.79	5.38	3.000	68.20	167.99	162.2	8.490	10.428	11.05	
10	72.86	5.38	3.000	68.20	208.8	193.03	23.124	23.970	11.16	
11	73.68	5.38	3.000	68.20	190.47	180.74	14.267	13.490	11.29	

สามารถวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นโดยปริมาตรที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง กับค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง TDR โดยพบว่ามีค่า Coefficient of Determination (r^2) เท่ากับ 0.8739 ดังแสดงในภาพที่ 18



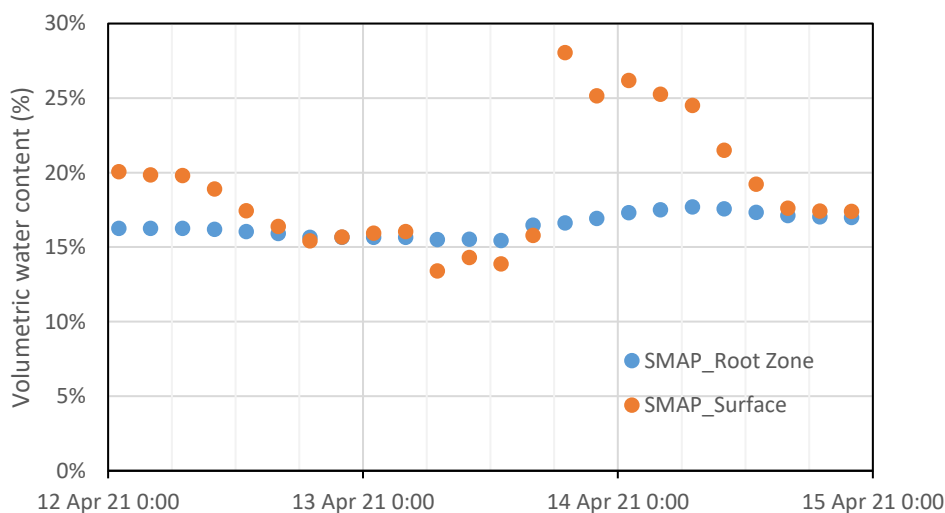
ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นโดยปริมาตรที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดิน และจากเครื่องวัดความชื้นดิน TDR

4.2 การตรวจวัดความชื้นดินในภาคสนามโดยใช้เครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR)

จากการลงพื้นที่ตรวจสอบความชื้นดินที่บางส่วนของตำบลอนแสลบ วังไผ่ และห้วยกระเจา อำเภอห้วยกระเจาจังหวัดกาญจนบุรี ในวันที่ 13 เมษายน 2564 โดยทำการสำรวจ 19 จุด กระจายทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษาพบว่า ค่าความชื้นดินเฉลี่ยต่ำสุดที่ตำแหน่งที่ 2 พิกัด 14.343 °N 99.645 °E มีค่าความชื้นเท่ากับ 0.87 % ค่าความชื้นดินเฉลี่ยสูงสุดที่ตำแหน่งที่ 16 พิกัด 14.269 °N 99.668 °E มีค่าความชื้นเท่ากับ 17.51 % และ ค่าความชื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.85 %

4.3 ข้อมูลความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)

จากข้อมูลดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP) ในวันที่ 13 เมษายน 2564 มีความชื้นดินต่ำสุดเท่ากับ 13.39 % ที่เวลา 07.00 – 10.00 น. ค่าความชื้นดินสูงสุดเท่ากับ 28.05 % ที่เวลา 19.00 -22.00 น. และค่าความชื้นดินในช่วงที่ตรงกับการทำงานในข้อ 4.1 อยู่ในช่วงเวลา 10.00 – 13.00 น. และ 13.00 – 16.00 น. ซึ่งมีค่าความชื้นดินเท่ากับ 14.31% และ 13.87 % ตามลำดับ ในพื้นที่ศึกษาจะมีค่าความชื้นสูงในตอนกลางคืนและจะลดลงเรื่อย ๆ ในตอนกลางวันเนื่องจากการระเหยออกไปของน้ำบริเวณผิวดิน ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ค่าความชื้นดินในชั้น Surface ในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าชั้น Root Zone และในช่วงที่พื้นที่มีฝนจะทำให้ค่าความชื้นดินมีค่าสูงขึ้นกว่าปกติอย่างเห็นได้ชัดจากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลา 18.00 – 00.00 น.ของวันที่ 13 เมษายน 2564 มีฝนตกลงมาทำให้ค่าความชื้นดินชั้น Surface มีค่าสูงขึ้นมาก โดยมีฝนตกประมาณ 2.8 มิลลิเมตร ดังข้อมูลฝนสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2564 (ตารางผนวก ที่ ค1)



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความชื้นดินจากข้อมูลดาวเทียม SMAP บริเวณพื้นที่ศึกษาในวันที่ 12-15 เมษายน 2564

4.4 เปรียบเทียบข้อมูลความชื้นดินระหว่างการตรวจวัดโดยเครื่อง Time Domain Reflectometry (TDR) กับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)

จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินโดยปริมาตรระหว่างการตรวจวัดโดยเครื่อง TDR และข้อมูลจากดาวเทียม SMAP จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินตำแหน่งที่ 9 14 และ 16 (ภาพผนวกที่ ข1) มีค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ใกล้เคียงกับค่าที่ได้หลังการตรวจวัดด้วยเครื่อง TDR ซึ่งค่าความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม SMAP ชั้น Surface ในพื้นที่ศึกษามีค่า 14.31% และ 13.87% ช่วงเวลา 10.00-13.00 น. และ 13.00-16.00 น. ตามลำดับ จากการตรวจวัดโดยเครื่อง TDR ตำแหน่งที่ 9 14 และ 16 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 13.48% 14.66% และ 17.51% ตามลำดับ ค่า RMSE เท่ากับ 1.748 1.479 และ 3.650 ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ 9 14 และ 16 มีสภาพพื้นที่คล้าย ๆ กันคือ เป็นพื้นที่ที่เพิ่งเริ่มการเพาะปลูกอ้อย จึงมีการนำฟางมาคลุมหน้าดินเป็นการรักษาความชื้นดินไม่ให้น้ำบริเวณผิวดินระเหยออกไป และเป็นบริเวณที่ไม่ใช่เงาฝนเหมือนกับตำแหน่งอื่นๆ (ดังภาพที่ 19 20 และ 21) ส่วนตำแหน่งที่มีค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP แตกต่างกับค่าที่ได้หลังการตรวจวัดด้วยเครื่อง TDR มากคือตำแหน่งที่ 2 10 และ 15 (ภาพผนวกที่ ข1) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 0.87% 0.55% และ 1.43% ตามลำดับ ค่า RMSE เท่ากับ 13.445 13.319 และ 12.441 ตามลำดับ โดยตำแหน่งที่ 2 และ 10 มีสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ที่เตรียมเริ่มฤดูกาลเพาะปลูก โดยในการเริ่มเพาะปลูกดินต้องมีลักษณะเป็นดินแห้งจึงไม่มีการให้น้ำมาเป็นเวลานานเพื่อเตรียมเพาะปลูก ซึ่งส่งผลให้ความชื้นในดินมีค่าน้อยมากจนเกือบไม่มีความชื้น (ดังภาพที่ 22 และ 23) และในตำแหน่งที่ 15 มีสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่บริเวณแนวเขาทำให้บริเวณนี้มีเศษหินปนอยู่ประจวบกับที่สภาพดินเป็นดินทรายอยู่แล้ว ทำให้ดินไม่สามารถเก็บความชื้นไว้ได้ (ดังภาพที่ 24) ในงานวิจัยนี้ทำการตรวจวัดความชื้น 19 จุดทั่วพื้นที่การศึกษามีค่า RMSE เท่ากับ 9.266 ซึ่งค่าที่สมควรเข้าใกล้ 0



ภาพที่ 22 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 9



ภาพที่ 23 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 14



ภาพที่ 24 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 16



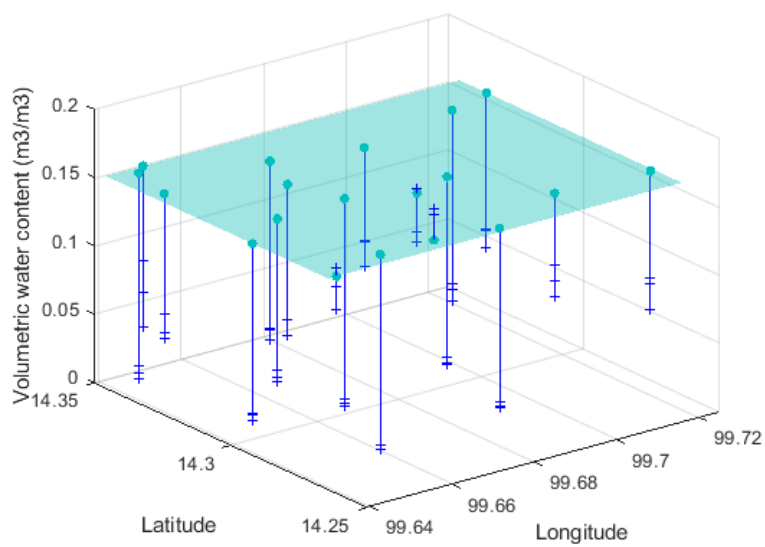
ภาพที่ 25 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 26 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 10



ภาพที่ 27 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 15



ภาพที่ 28 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินโดยปริมาตรที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง TDR และจากดาวเทียม SMAP

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการตรวจวัดปริมาณความชื้นดินในพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ด้วยเครื่อง TDR และรวบรวมข้อมูลจากดาวเทียม SMAP เมื่อนำมาเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นดินที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง TDR เท่ากับ 13.48% 14.66% และ 17.51% ที่ตำแหน่งที่ 9 14 และ 16 ตามลำดับ ใกล้เคียงกับข้อมูลความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP โดยในช่วงเวลาศึกษาพื้นที่ตำแหน่งที่ 9 14 และ 16 เป็นพื้นที่ที่มีความชื้นสะสมในดินอยู่ตลอด และมีค่าความชื้นในดินที่ค่อนข้างคงที่ โดยค่า RMSE ของงานวิจัยนี้ เท่ากับ 9.266% หรือ 0.09266 ซึ่งข้อกำหนดภารกิจ SMAP ต้องการความแม่นยำ เท่ากับ 0.04 แสดงให้เห็นว่ามีความคลาดเคลื่อนที่มากกว่าข้อกำหนดภารกิจ SMAP แต่ค่าที่ได้ค่อนข้างมีความใกล้เคียง ดังนั้นข้อมูลดาวเทียม SMAP จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำนายหรือเป็นการคาดการณ์แนวโน้มต่างๆ เพื่อเป็นตัวช่วยประกอบการตัดสินใจได้ แต่ในการตรวจสอบข้อมูลที่ต้องการความแม่นยำมาก การใช้เครื่อง TDR เพื่อตรวจวัดค่าความชื้นดินหรือลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบยังคงเป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำมากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูล เพื่อเพิ่มชุดข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น
- 2) ควรเลือกพื้นที่ที่จะศึกษาให้เหมาะสมกับอุปกรณ์หรือวิธีที่เลือกใช้ในการตรวจวัด เช่น การศึกษาประเภทของดินในพื้นที่ที่จะศึกษาก่อน
- 3) ข้อมูลดาวเทียม SMAP ไม่เหมาะที่จะนำข้อมูลมาใช้เปรียบเทียบข้อมูลในพื้นที่ที่มีค่าความชื้นในดินที่ไม่คงที่ เช่น พื้นที่ที่มีฝนตกและแดดจัดสลับกันในเวลาอันสั้น

เอกสารอ้างอิง

- วิทยา ตรีโลเกศ และ ปานชีวัน ปอนพังกา.2546.การใช้ Time Domain Reflectometry (TDR) ในการวัดความชื้นในดิน.วารสารวิชาการเกษตร. 21(3): 270-280.
- สุเจนต์ พรหมเหมือน, จอมภพ แววศักดิ์, ศุภกร กตาทิการกุล และสุทธิษา ก้อนเรือง. การศึกษาความชื้นของดินโดยอาศัยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลและการตรวจวัดภาคพื้นดินด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเอง:กรณีศึกษาจังหวัดพัทลุง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (ฉบับพิเศษ). 21(3): 224-232.
- เอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย. 2559. การเคลื่อนที่ของน้ำในดินและการประยุกต์สำหรับการระบายน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- Colliander, A., Fisher, J.B., Halverson, G., Merlin, O., Misra, S., Bindlish, R., Jackson, T.J., Yueh, S. 2017. Spatial Downscaling of SMAP Soil Moisture Using MODIS Land Surface Temperature and NDVI During SMAPVEX15. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 14(11): 2107-2111.
- Entekhabi, D. 2010. The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. **PROCEEDINGS OF THE IEEE**, 98(5):704-716.
- Minitab Inc. 2013. **Regression Analysis: How Do I Interpret R-squared and Assess the Goodness-of-Fit**: <https://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/regression-analysis-how-do-i-interpret-r-squared-and-assess-the-goodness-of-fit>, September 10, 2020.
- Montzka, C., Rötzer, K., Boga, H., Sanchez, N., Vereecken, H. 2018. A New Soil Moisture Downscaling Approach for SMAP, SMOS, and ASCAT by Predicting Sub-Grid Variability. **Remote Sensing**, 10(3): 427.
- N. H. H. Abdullah. 2018. Determination of Soil Water Content Using Time Domain Reflectometer (TDR) for Clayey Soil. **AIP Conference Proceedings**, 020016: 1-6.
- Steven K. Chan, Senior Member. 2016. Assessment of the SMAP Passive Soil Moisture Product. **IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING**, 54(8): 4994-5007.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดความชื้น TDR



ภาพผนวกที่ ก1 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 1



ภาพผนวกที่ ก2 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 1



ภาพผนวกที่ ก3 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 1



ภาพผนวกที่ ก4 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 2



ภาพผนวกที่ ก5 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 2



ภาพผนวกที่ ก6 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 2



ภาพผนวกที่ ก7 ตัวอย่างดินจุดที่ 3



ภาพผนวกที่ ก8 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 3



ภาพผนวกที่ ก9 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 3



ภาพผนวกที่ ก10 ตัวอย่างดินจุดที่ 4



ภาพผนวกที่ ก11 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 4



ภาพผนวกที่ ก12 ลักษณะพื้นที่บริเวณจุดที่ 4



ภาพผนวกที่ ก13 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 5



ภาพผนวกที่ ก14 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 5



ภาพผนวกที่ ก15 ตัวอย่างดินจุดที่ 6



ภาพผนวกที่ ก16 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 6



ภาพผนวกที่ ก17 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 7



ภาพผนวกที่ ก18 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 7



ภาพผนวกที่ ก19 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 8



ภาพผนวกที่ ก20 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 8



ภาพผนวกที่ ก21 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 9



ภาพผนวกที่ ก22 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 9



ภาพผนวกที่ ก23 ตัวอย่างดินจุดที่ 10



ภาพผนวกที่ ก24 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 10



ภาพผนวกที่ ก25 การเก็บตัวอย่างดินจุดที่ 11



ภาพผนวกที่ ก26 การวัดความชื้นโดยเครื่อง TDR จุดที่ 10

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบความชื้นดินด้วยเครื่องวัดความชื้น TDR

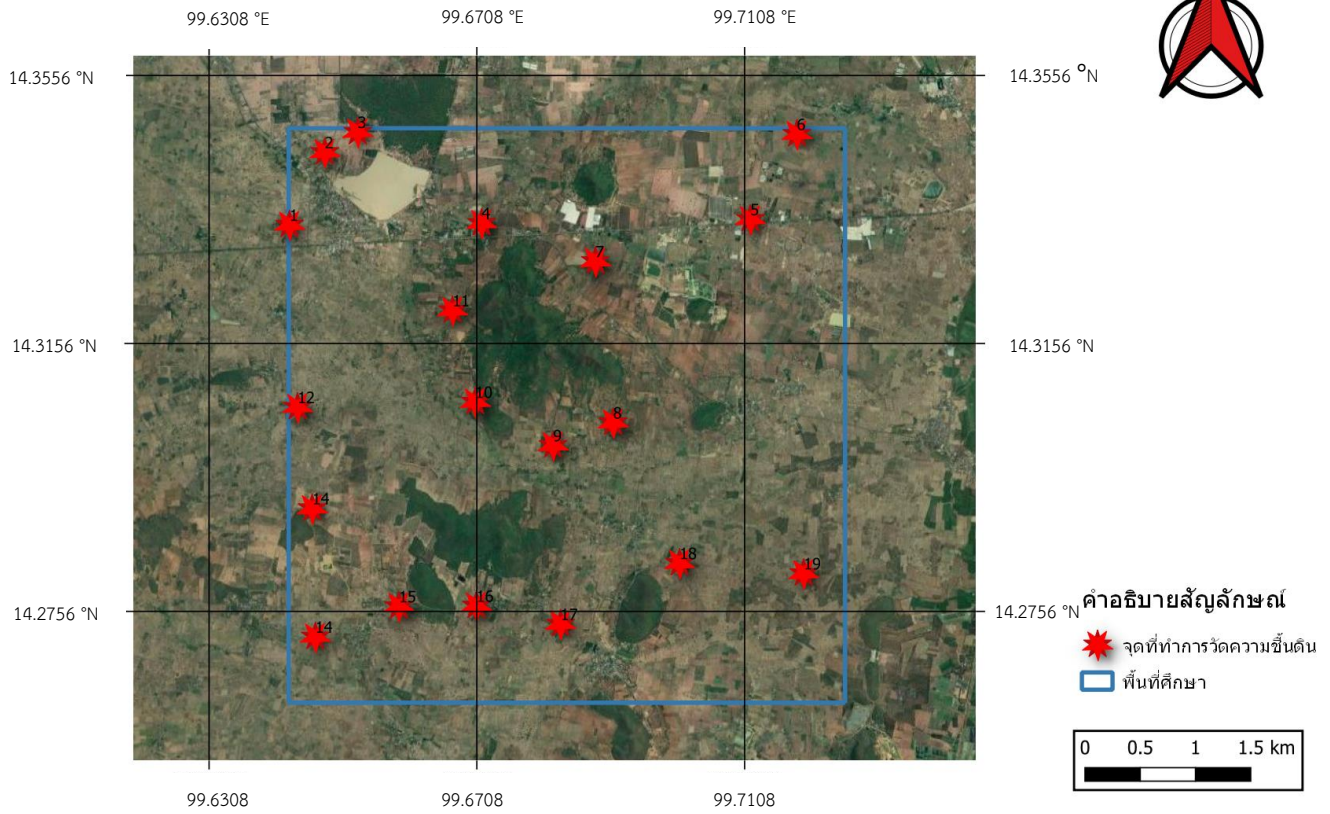
ตารางผนวกที่ ข1 แสดงค่าความชื้นดินที่ใช้เครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) ในการตรวจวัด

ตำแหน่งที่	ครั้งที่	ความชื้นดิน (%)	เฉลี่ย	พิกัด
1	1	5.29	5.65	14.329,99.642
	2	6.71		
	3	4.94		
2	1	0.84	0.87	14.343,99.645
	2	0.43		
	3	1.34		
3	1	3.69	6.19	14.346,99.648
	2	8.61		
	3	6.27		
4	1	3.29	2.96	14.331,99.669
	2	3.15		
	3	2.45		
5	1	1.53	2.21	14.332,99.714
	2	2.37		
	3	2.72		
6	1	5.56	5.04	14.336,99.725
	2	5.43		
	3	4.12		
7	1	8.69	8.05	14.325,99.688
	2	6.83		
	3	8.63		
8	1	2.25	1.97	14.299,99.691
	2	1.88		
	3	1.77		
9	1	12.62	13.48	14.295,99.681
	2	15.86		
	3	11.96		
10	1	0.86	0.55	14.302,99.668
	2	0.31		
	3	0.49		

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงค่าความชื้นดินที่ใช้เครื่องมือ Time Domain Reflectometry (TDR) ในการตรวจวัด
(ต่อ)

ตำแหน่งที่	ครั้งที่	ความชื้นดิน (%)	เฉลี่ย	พิกัด
11	1	5.58	5.22	14.317,99.664
	2	4.45		
	3	5.64		
12	1	3.60	3.95	14.301,99.651
	2	3.86		
	3	4.40		
13	1	2.95	2.87	14.292,99.639
	2	2.56		
	3	3.10		
14	1	13.10	14.66	14.264,99.641
	2	14.72		
	3	16.16		
15	1	1.57	1.43	14.269,99.655
	2	1.54		
	3	1.18		
16	1	17.83	17.51	14.269,99.668
	2	17.33		
	3	17.38		
17	1	2.49	2.55	14.266,99.682
	2	2.82		
	3	2.35		
18	1	9.09	9.10	14.276,99.702
	2	10.28		
	3	7.93		
19	1	5.40	6.79	14.274,99.724
	2	7.68		
	3	7.28		

แผนที่แสดงตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นด้วยเครื่อง TDR



ภาพผนวกที่ ข1 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดความชื้นด้วยเครื่อง TDR



ภาพผนวกที่ ข2 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 1 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข3 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 1 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข4 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 2 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข5 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 2 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข6 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 3 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข7 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 3 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข8 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 4 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข9 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 4 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข10 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 5 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข11 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 5 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข12 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 6 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข13 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 6 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข14 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 7 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข15 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 7 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข16 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 8 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข17 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 8 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข18 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 9 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข19 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 9 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข20 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 10 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข21 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 10 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข22 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 11 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข23 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 11 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข24 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 12 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข25 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 12 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข26 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 13 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข27 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 13 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข28 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 14 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข29 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 14 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข30 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 15 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข31 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 15 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข32 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 16 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข33 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 16 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข34 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 17 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข35 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 17 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข36 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 18 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข37 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 18 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3



ภาพผนวกที่ ข38 สภาพพื้นที่ตำแหน่งที่ 19 ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ ข39 ค่าความชื้นดินจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ TDR ที่ตำแหน่งที่ 19 จำนวนสามครั้ง (ก) ครั้งที่ 1 (ข) ครั้งที่ 2 และ (ค) ครั้งที่ 3

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค1 แสดงค่าความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม Soil Moisture Active Passive (SMAP)

วันที่	เวลา	ความชื้นดิน (%)	
		root zone	surface
12/4/2021	01.00-04.00	0.1626	0.2006
	04.00-07.00	0.1625	0.1985
	07.00-10.00	0.1626	0.1980
	10.00-13.00	0.1620	0.1890
	13.00-16.00	0.1605	0.1743
	16.00-19.00	0.1591	0.1639
	19.00-22.00	0.1566	0.1542
	22.00-01.00	0.1566	0.1567
13/4/2021	01.00-04.00	0.1566	0.1594
	04.00-07.00	0.1566	0.1604
	07.00-10.00	0.1551	0.1339
	10.00-13.00	0.1553	0.1431
	13.00-16.00	0.1544	0.1387
	16.00-19.00	0.1647	0.1578
	19.00-22.00	0.1662	0.2805
	22.00-01.00	0.1692	0.2515
14/4/2021	01.00-04.00	0.1730	0.2618
	04.00-07.00	0.1750	0.2525
	07.00-10.00	0.1769	0.2450
	10.00-13.00	0.1756	0.2150
	13.00-16.00	0.1733	0.1922
	16.00-19.00	0.1712	0.1761
	19.00-22.00	0.1703	0.1741
	22.00-01.00	0.1698	0.1740

ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ ง1 ข้อมูลฝนสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2564

Date	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
01D	-	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
02D	-	0.0	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
03D	0.0	0.0	2.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
04D	0.0	0.0	0.0	9.8	-	-	-	-	-	-	-	-
05D	0.0	0.0	0.0	18.2	-	-	-	-	-	-	-	-
06D	0.0	0.0	0.0	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-
07D	0.0	0.0	0.0	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-
08D	0.0	1.2	0.0	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
09D	0.0	0.0	0.0	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-
10D	0.0	0.0	0.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-
11D	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
12D	0.0	0.0	0.6	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-
13D	0.0	0.0	0.0	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-
14D	0.0	0.0	0.0	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-
15D	0.0	3.2	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
16D	0.0	0.2	0.0	16.2	-	-	-	-	-	-	-	-
17D	0.0	4.6	0.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
18D	0.0	34.2	0.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
19D	0.0	0.0	0.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
20D	0.0	0.0	0.0	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-
21D	0.0	0.0	0.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
22D	0.0	2.0	0.0	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
23D	0.0	0.0	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
24D	0.0	0.0	0.0	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-
25D	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
26D	1.0	0.0	0.0	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-
27D	1.0	0.0	0.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
28D	0.6	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
29D	10.6		2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30D	0.0		0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31D	0.0		5.8		-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	13.2	45.4	11.8	92.2	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564

ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย : ณศร สุริยะโชติตระกูล อายุ : 22 ปี
 ที่อยู่ : 49/5 หมู่ 6 ตำบลสวนกล้วย อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110
 โทรศัพท์ : 080-079-1123
 E-mail : nathasorn.s@ku.th

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาต้น : โรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง ราชบุรี
 ระดับมัธยมศึกษาปลาย : โรงเรียนจุฬารามราชวิทยาลัย เพชรบุรี
 ระดับอุดมศึกษา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ชื่อผู้วิจัย : ชลชลิตา ศิริสาขา อายุ : 22 ปี
 ที่อยู่ : 47/348 ถนนนิมิตใหม่ แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพฯ 10510
 โทรศัพท์ : 095-909-8833
 E-mail : chonchalita.s@ku.th

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาต้น : โรงเรียนสตรีศรีบูรณาบำเพ็ญ กรุงเทพมหานคร
 ระดับมัธยมศึกษาปลาย : โรงเรียนสตรีศรีบูรณาบำเพ็ญ กรุงเทพมหานคร
 ระดับอุดมศึกษา : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน