



วารสารแก่นเกษตร  
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

# Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



การประยุกต์ใช้ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มของดินในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือ

## Application of moisture data from SMAP satellites to monitor soil salinity changes in salt-affected areas

เกรียงไกร จุเฉวย<sup>1</sup>, เกียรติศักดิ์ สนศรี<sup>1</sup>, ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์<sup>2</sup>, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย<sup>1</sup>, สิริรณา ช่วงโสภาส<sup>1</sup> และ นภาพร พันธุ์กมลศิลป์<sup>1\*</sup>

Kriangkrai Juchoie<sup>1</sup>, Kiattisak Sonsri<sup>1</sup>, Yutthana Phankamolsil<sup>2</sup>, Tawatchai Inboonchuay<sup>1</sup>, Sirinapa Chungopast<sup>1</sup> and Napaporn Phankamolsil<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand 73140

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี 71150

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering and Disaster Management, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi, Thailand 71150

**บทคัดย่อ:** ความชื้นดินมักมีความสัมพันธ์กับระดับความเค็มของดินในพื้นที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลความชื้นในดินที่ได้จากดาวเทียมมาใช้อย่างแพร่หลาย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียม SMAP 2) หาความสัมพันธ์ของความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียมกับความแปรปรวนของค่าความเค็มของดิน และ 3) ประยุกต์ใช้ค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินความเค็มของดิน ทำการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยกำหนดจุดศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากเกลืออย่างชัดเจนจำนวน 4 จุด เก็บข้อมูลจุดละ 3 ซ้ำ ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ทุกๆ 7 วัน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2565 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2566 จำนวน 16 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นในดินที่ได้โดยตรงมีค่าอยู่ในช่วง 6.04 ถึง 27.94 % และความชื้นในดินที่ได้จากดาวเทียม SMAP มีค่าอยู่ในช่วง 19.95 ถึง 32.31 % โดยค่าความชื้นจะมีความผันแปรตามปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ ค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 30.3 ถึง 125.7 dS/m ซึ่งเห็นว่าในช่วงที่ทำการศึกษาพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 จุดศึกษามีค่าความเค็มเกินข้อกำหนดจัดเป็นดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ เมื่อค่าความชื้นดินเพิ่มขึ้นดินมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าลดลงจึงมีความสัมพันธ์เชิงลบในสมการเส้นตรงระหว่างค่าความชื้นในดินที่ได้โดยตรงกับค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่า  $R^2$  ( $P < 0.01$ ) ดังนี้ จุดที่ 1 0.4773, จุดที่ 2 0.7345, จุดที่ 3 0.6821, จุดที่ 4 0.8564 และระหว่างค่าความชื้นในดินที่ได้จากดาวเทียม SMAP กับค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่า  $R^2$  ( $P < 0.01$ ) ดังนี้ จุดที่ 1 0.8779, จุดที่ 2 0.8222, จุดที่ 3 0.6204, จุดที่ 4 0.7471 จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มในการใช้ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP แทนข้อมูลความชื้นที่ได้โดยตรงจากการเก็บตัวอย่างดินในภาคสนาม ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มของดินได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้สมการ  $X-11.12 = Y$  ( $X$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม และ  $Y$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรง)

**คำสำคัญ:** ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ; ความชื้นในดิน; ดาวเทียม SMAP

\* Corresponding author: [agmpp@ku.ac.th](mailto:agmpp@ku.ac.th)

Received: date; February 9, 2024 Revised: date; August 5, 2024

Accepted: date; August 5, 2024 Published: date; October 7, 2024

**ABSTRACT:** Soil moisture usually relates to soil salinity levels in areas affected by salts. Presently, soil moisture data measured by satellites are widely used. Thus, the objectives of this research were to 1) find the relationship between the directly measured soil moisture and soil moisture obtained from SMAP satellite, 2) observe the relationship between the soil moisture obtained from two methods and soil salinity variability, and 3) apply the soil moisture values obtained from SMAP satellite to assess soil salinity. Four study locations were conducted in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus where they were affected by salt. Soil samples at the depth of 0–10 centimeters were collected in triplicate every 7 days between November 2022 and February 2023, in a total of 16 times. The results found that directly obtained soil moisture values ranged from 6.04–27.94% and soil moisture obtained from SMAP satellite ranged from 19.95–32.31%. The moisture values varied according to rainfall in the area. The electrical conductivity values ranged from 30.3–125.7 dS/m, indicating that all study locations had salinity values exceeding standards, which could be classified as salt-affected soils during the study period. When soil moisture value increased, electrical conductivity value decreased resulting in the negative relationship in linear equation between directly obtained soil moisture value and electrical conductivity value, with  $R^2$  value ( $P < 0.01$ ) of 0.4773 (Point 1), 0.7345 (Point 2), 0.6821 (Point 3), 0.8564 (Point 4) and that between soil moisture values obtained from the SMAP satellite and electrical conductivity with  $R^2$  value ( $P < 0.01$ ) of 0.8779 (Point 1), 0.8222 (Point 2), 0.6204 (Point 3), 0.7471 (Point 4). These findings suggest the possible utilization of soil moisture data from SMAP satellites instead of moisture data obtained directly from soil sampling in the field to quickly monitor the changes in soil salinity using an equation of  $X-11.12=Y$  ( $X$ =soil moisture measured by satellite and  $Y$ =soil moisture measured directly).

**Keywords:** salt-affected soils; soil moisture; SMAP satellite

## บทนำ

ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ จัดเป็นดินปัญหาทางการเกษตร ที่พบแจกกระจายและเป็นปัญหาสำคัญของโลก ซึ่งพบได้มากในเขตร้อน แห้งแล้ง และกึ่งแห้งแล้ง รวมทั้งในประเทศไทย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Tully et al., 2019) ความรุนแรงและผลกระทบอันเกิดจากการสะสมเกลือในดิน จะส่งผลให้ดินมีค่าความเค็มสูงขึ้น (พิชัย, 2540) พืชทั่วไปเจริญเติบโตได้น้อยลงเมื่อระดับความเค็มของดินเพิ่มขึ้น และพืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตในดินที่มีความเค็มได้ดี (Arunin and Pongwichian, 2015; Machado and Serralheiro, 2017) จากข้อมูลการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมาพบว่าค่าความเค็มของดินและการสะสมเกลือที่ผิวดินจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยจะผันแปรตามความชื้นของดินและปริมาณน้ำฝน ทั้งนี้เนื่องจากเกลือที่สะสมในดินส่วนใหญ่เป็นเกลือที่ละลายน้ำง่ายจึงสามารถละลายและเคลื่อนย้ายได้ในหน้าตัดดิน ความเค็มของดินจึงมีความแปรปรวนไปตามฤดูกาลและความลึกจากผิวดินได้ (กนกวรรณ, 2555; Fu et al., 2020)

ความชื้นในดิน (soil moisture: SM) มีบทบาทสำคัญในการบ่งบอกระดับความเค็มของดินภาคสนาม เนื่องจากความเค็มและการสะสมเกลือของดินจะแปรปรวนตามความชื้นของดิน (Ghazali et al., 2020) ดังนั้นในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือจะมีการสะสมเกลือและความเค็มลดลงในช่วงฤดูฝน จากการที่น้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างเกลือให้ละลายและเคลื่อนที่ลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไปจนพ้นเขตรากพืช และเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งและฤดูร้อนดินจะมีความชื้นลดลงจากการระเหยของน้ำในดิน (Puengspan et al., 1992; Chaganti et al., 2015) เกลือในดินจะละลายและเคลื่อนที่ขึ้นมาพร้อมการระเหยของน้ำด้วย ทำให้เกลือกลับขึ้นมาสะสมในชั้นดินตื้นบนเพิ่มมากขึ้น จนเกิดเป็นคราบเกลือและส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืช (Wang et al., 2022) นอกจากข้อมูลความชื้นในดินสามารถนำมาใช้ในการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นข้อมูลสนับสนุนการแจ้งเตือนเกษตรกรล่วงหน้า เกี่ยวกับแนวโน้มปัญหาของน้ำต่อภาคการเกษตรได้อีกด้วย (Dandridge et al., 2020; Endsley et al., 2020)

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรมีความก้าวหน้ามากขึ้น การนำข้อมูลจากดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์จึงมีความสำคัญโดยภาพรวม เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบข้อมูลความชื้นในดินจากดาวเทียมได้หลายแหล่ง (Hajj et al., 2018) และมีความสะดวกต่อการใช้งานครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (Kellner et al., 2012) เพิ่มความสามารถในการทำนาย ตรวจสอบความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคต (อุมาพร, 2557) สามารถดาวน์โหลดได้ทางอินเทอร์เน็ต ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP มีการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลกับค่าความชื้นที่ตรวจวัดจากเครื่องมือวัดความชื้นภาคสนาม Time Domain Reflectometry (TDR) พบว่าค่าที่ได้มีความสัมพันธ์ระดับพอใช้มีค่า  $R^2 = 0.752$  (เอกสิทธิ์ และคณะ, 2564) การใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SMAP จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับ

สนใจ เนื่องจากเป็นดาวเทียมที่สามารถตรวจวัดความชื้นของดินได้ มีการโคจรผ่านโลกและเก็บข้อมูลทุกๆ 3 ชม. ตามช่วงเวลา (time series) มีค่าความชื้นในดิน 3 ระดับชั้น คือ 1) ความชื้นในดินที่พื้นผิว (surface soil moisture) เฉลี่ย 0-10 เซนติเมตร แนวตั้งกับผิวดิน 2) ความชื้นในดินในเขตราก (root zone soil moisture) เฉลี่ย 0-100 เซนติเมตร แนวตั้งกับผิวดิน และ 3) ความชื้นทั้งหน้าตัดดิน (profile soil moisture) เฉลี่ย 0-200 เซนติเมตร สามารถดาวน์โหลดฟรีได้จาก [www.earthdata.nasa.gov/SMAP](http://www.earthdata.nasa.gov/SMAP) หลังจากวันที่ดาวเทียมสำรวจประมาณ 3 วัน ช่วยให้การหาค่าความชื้นในดินสะดวก รวดเร็วมากขึ้น และยังสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในดินได้ตลอดเวลา (Reichle et al., 2019)

ดังนั้นหากนำข้อมูลความชื้นของดินมาประยุกต์ใช้ในการประเมินความเค็มของดิน ในพื้นที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือได้ ก็จะสามารถทำนายค่าความเค็มของดินที่ผันแปรไปในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความชื้นของดินในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือ การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาค่าความสัมพันธ์ของค่าความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียม SMAP 2) หาค่าความสัมพันธ์ของค่าความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียมกับความแปรปรวนของค่าความเค็มของดิน และ 3) ประยุกต์ใช้ค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินความเค็มของดิน การประยุกต์ใช้ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินความเค็มของดิน โดยทำการเปรียบเทียบความชื้นในดิน (SM) ซึ่งตรวจวัดจากวิธีการทางตรง (ซึ่งอบ) กับข้อมูลความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP โดยใช้ข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ของคอมโพสิตรายวันระดับ 4 ของผลิตภัณฑ์เรดิโอเมเตอร์ความชื้นในดินแบบแอคทีฟพาสซีฟ SMAP ผลิตภัณฑ์ SM (L4\_SM\_P) ที่ความถี่ระดับ 0-10 เซนติเมตร ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยา และหาความสัมพันธ์กับค่าระดับความเค็มของพื้นที่ซึ่งมีการเก็บข้อมูลทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2565 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 โดยเมื่อสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ที่สามารถใช้ในการทำนายค่าความเค็มของดินในพื้นที่ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ จะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการจัดการแก้ไขปัญหาดินที่มีผลกระทบจากเกลือได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การจัดการน้ำในช่วงเวลาวิกฤต เป็นต้น

## วิธีการศึกษา

### การเก็บตัวอย่างดิน

วางแผนการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 4 จุดศึกษา ได้แก่ จุดที่ 1 พิกัด 14.03031° N, 99.98380° E จุดที่ 2 พิกัด 14.03751° N, 99.97448° E จุดที่ 3 พิกัด 14.03221° N, 99.95928° E และ จุดที่ 4 พิกัด 14.02312° N, 99.95720° E ดำเนินการการเก็บตัวอย่างดินทุกๆ 7 วัน ที่ความลึก 0-10 ซม. เพื่อติดตามค่าความชื้นในดินที่ได้โดยตรงกับที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP และค่าความเค็ม (จากการวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน ตั้งแต่วันที่ 12 เดือนพฤศจิกายน 2565 ถึงวันที่ 25 เดือนกุมภาพันธ์ 2566 รวมทั้งสิ้น 16 ครั้ง ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดำเนินการเก็บข้อมูล 3 ซ้ำ วางเป็นสามเหลี่ยมต่อกัน แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร (Figure 1) เพื่อประเมินความชื้นในดิน (SM) ที่ตรวจวัดจากวิธีการทางตรง (ความชื้นในดินโดยมวล) (Black, 1965) และค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินในสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินทั้งสองวิธีกับค่าสภาพการนำไฟฟ้าในแต่ละจุดในพื้นที่ศึกษา โดยการหาความสัมพันธ์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

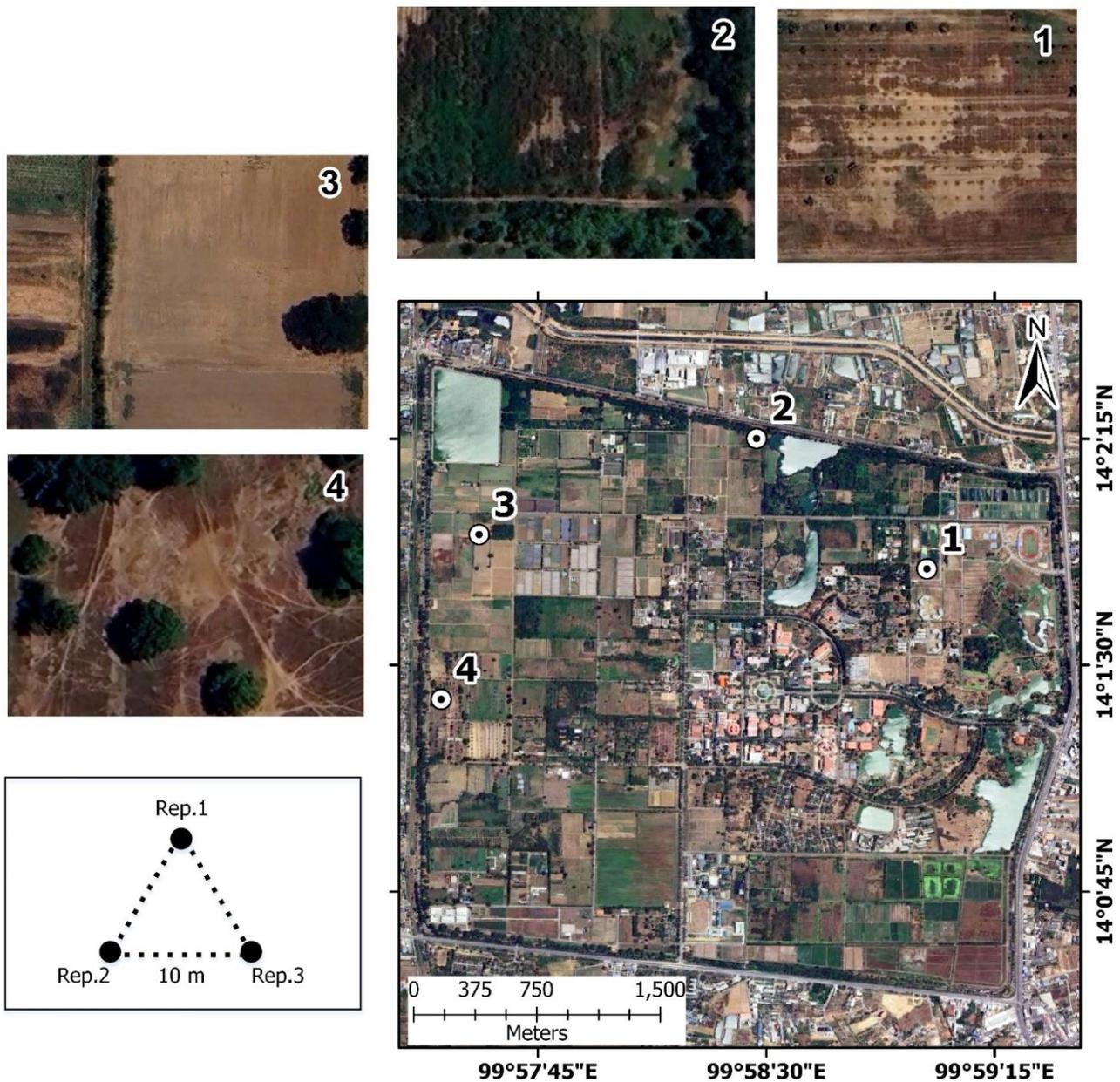
### การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ดำเนินการวิเคราะห์ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ( $EC_e$ ) โดยใช้สารสกัดดินอิ่มตัวด้วยน้ำ วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง electrical conductivity bridge (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) โดยใช้ดินในบีกเกอร์ปริมาณ 400-500 กรัม ค่อย ๆ เทน้ำกลั่นลงไปดิน และกวนดินจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นนำไปสกัดด้วยเครื่องอัดน้ำออกจากดิน แล้วจึงนำสารละลายที่ได้มาวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Electrical Conductivity meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ความชื้นในดินโดยมวลดำเนินการวิเคราะห์โดยนำดินที่เก็บจากภาคสนามมาหาค่าความชื้นดิน ด้วยวิธี gravimetric method (Black, 1965) โดยการอบตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ชั่งน้ำหนักดินก่อนอบและหลังอบ นำค่าที่ได้แต่ละค่า มาคำนวณหาความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้นในดิน} = (\text{ปริมาณน้ำในดิน} / \text{น้ำหนักดินแห้ง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$* \text{ปริมาณน้ำในดิน} = \text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}$$



**Figure 1** Four studied locations of salt-affected soils in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus and model for collection of soil samples with 3 replications for each location. (modified from: เกียรติกร และคณะ, 2566).

## การเก็บข้อมูลข้อมูลจากดาวเทียม SMAP

ข้อมูล SMAP (Soil Moisture Active Passive) เป็นข้อมูลสำรวจปริมาณความชื้นในดินบนพื้นผิวโลกขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) (Entekhabi et al., 2014) ข้อมูล SMAP มีระบบบันทึกสัญญาณแบบ L-band radar และ L-band radiometer ร่วมกัน โดย SMAP radiometer ตรวจวัดข้อมูลการเปล่งรังสีช่วงคลื่นไมโครเวฟจากพื้นผิว ที่ประมาณ 5 cm ความละเอียดประมาณ 40 km ส่วน SMAP L-band SAR ให้ข้อมูลความละเอียดประมาณ 1 ถึง 3 km ปัจจุบันข้อมูล SMAP ถูกพัฒนาและปรับปรุงให้มีคุณภาพสูงขึ้นถึงระดับที่ 4 (SMAP L4) (Reichle et al., 2018) ในงานวิจัยนี้ ได้นำข้อมูลระดับนี้มาใช้คือ SMAP L4 Global 3-hourly 9 km EASE-Grid Surface and Root Zone Soil Moisture Geophysical Data ซึ่งมีคุณลักษณะของขนาดจุดภาพ (spatial resolution) 9 km ระบบพิกัดอ้างอิงแบบ World Geodetic System 1984 (WGS 84) การบันทึกข้อมูลเป็นราย 3 ชั่วโมง (ข้อมูล 1 วัน มีชุดข้อมูลจำนวน 8 ชุด โดยข้อมูลชุดแรกเริ่มบันทึกที่เวลา 00:00:00-03:00:00) ระยะเวลาที่รอประมวลผล (latency) น้อยกว่า 7 วัน บันทึกข้อมูลความชื้น 3 ระดับชั้น คือ (1) ความชื้นในดินที่พื้นผิว (surface soil moisture) เฉลี่ย 0-10 cm แนวดิ่งกับผิวดิน (2) ความชื้นในดินในเขตราก (root zone soil moisture) เฉลี่ย 0-100 cm แนวดิ่งกับผิวดิน และ (3) ความชื้นทั้งหน้าตัดดิน (profile soil moisture) เฉลี่ย 0-200 cm

กระบวนการนำข้อมูล SMAP มาวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนแรก ให้เลือกเข้าเว็บไซต์แอปพลิเคชัน Earthdata (<https://www.earthdata.nasa.gov/>) สำหรับดาวน์โหลดข้อมูล โดยกำหนดเวลาบันทึกข้อมูลในระหว่างวันที่วันที่ 12 พฤศจิกายน 2565 ถึง 25 กุมภาพันธ์ 2566 ช่วงเวลาตั้งแต่ 09:00-12:00 น. ทุก 7 วัน รวม 16 ครั้ง เลือกชนิดข้อมูลเป็นปริมาณความชื้นในดินที่พื้นผิว (surface soil moisture) กำหนดชนิดไฟล์นำออกเป็น TIFF รายละเอียดข้อมูลแสดงดัง **Table 1** ขั้นตอนที่สอง เป็นการอ่านข้อมูล SMAP โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ขั้นตอนนี้ ได้นำเข้าข้อมูล 2 ชนิด คือ ปริมาณความชื้นในดินจากข้อมูล SMAP และข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างดินจำนวน 4 จุด ซึ่งได้สร้างเป็น shapefile (ไฟล์แผนที่แบบ vector ชนิด point และกำหนดระบบพิกัดอ้างอิงเป็นแบบ UTM/WGS 1984 Zone 47) จากนั้นใช้ฟังก์ชัน extraction ในชุดวิเคราะห์ spatial analyst tools นำค่าปริมาณความชื้นในดินจาก SMAP ที่ตำแหน่งพิกัดเดียวกันขึ้นมาแสดงผล พื้นที่วิทยาเขตกำแพงแสนมีขนาดพื้นที่ประมาณ 7,800 ไร่ หรือประมาณกว้าง 3.5 กิโลเมตร ยาว 3.5 กิโลเมตร (**Figure 1**) ระยะห่างระหว่างจุดศึกษาทั้ง 4 จุดศึกษาจึงมีค่าต่ำกว่า 9 กิโลเมตร จึงได้ค่าปริมาณความชื้นในดินจาก SMAP จาก grid เดียวกัน เป็นค่าเดียวกัน

**Table 1** Details of the SMAP dataset

Dataset	Day/Month/Year	Times
SMAP_L4_SM_gph_20221112T103000_Vv7030_001	12/11/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221119T103000_Vv7030_001	19/11/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221126T103000_Vv7030_001	26/11/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221203T103000_Vv7030_001	3/12/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221210T103000_Vv7030_001	10/12/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221217T103000_Vv7030_001	17/12/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221224T103000_Vv7030_001	24/12/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20221231T103000_Vv7030_001	31/12/2022	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230107T103000_Vv7030_001	7/1/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230114T103000_Vv7030_001	14/1/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230121T103000_Vv7030_001	21/1/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230128T103000_Vv7030_001	28/1/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230204T103000_Vv7030_001	4/2/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230211T103000_Vv7030_001	11/2/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230218T103000_Vv7030_001	18/2/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.
SMAP_L4_SM_gph_20230225T103000_Vv7030_001	25/2/2023	09.00 a.m. - 12.00 p.m.

### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าความเค็มกับค่าความชื้นดิน

ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับค่าสภาพการนำไฟฟ้าในแต่ละจุดในพื้นที่ศึกษาโดยการหาสหสัมพันธ์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ (จันทนา และ ศรีสุณี, 2566)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยากำแพงแสน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในอากาศ และปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา แสดงดัง **Figures 2, 3**

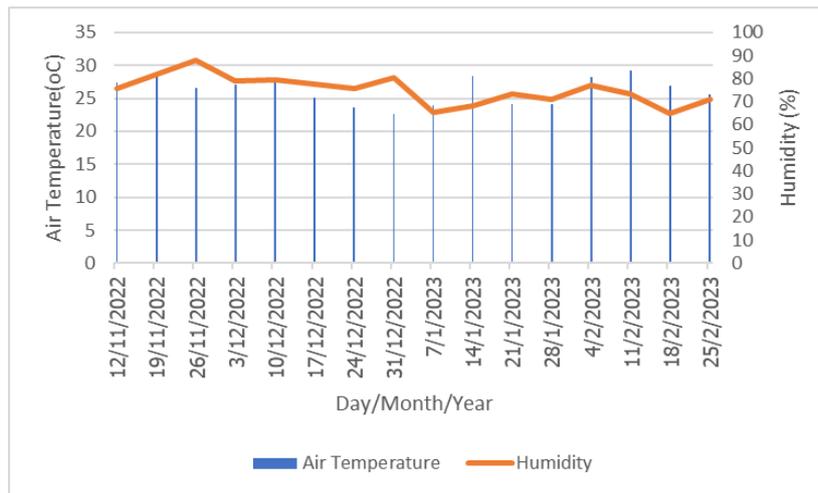


Figure 2 Air temperature and humidity during the studied period. (modified from: เกรียงไกร และคณะ, 2566).

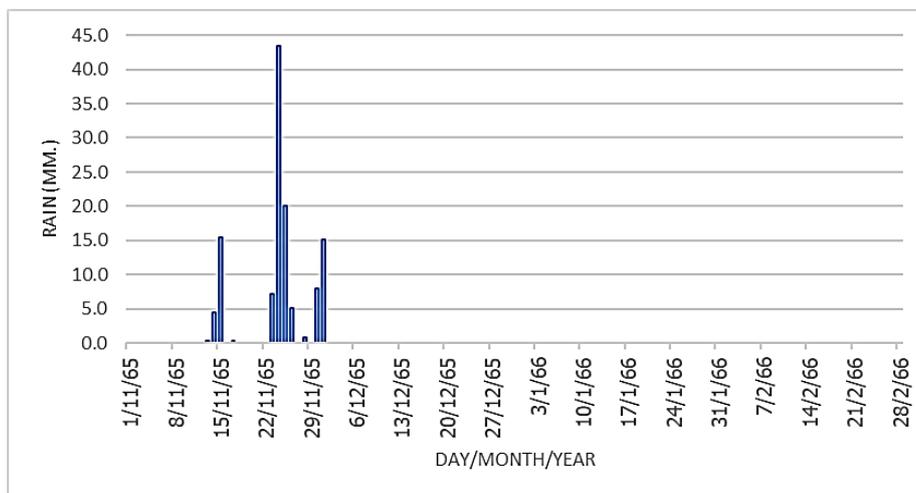


Figure 3 Amount of rainfall during the studied period. (modified from: เกรียงไกร และคณะ, 2566).

จากข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษาพบว่า อุณหภูมิในรอบวันจะค่อยๆ สูงขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 8.00 น. และอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 12.00 น. จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง ในระหว่างการทดลองพบว่า อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 35.1 °C อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 17.2 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.2 °C ซึ่งอุณหภูมิจะแปรผกผันกับความชื้นสัมพัทธ์ เมื่ออุณหภูมิต่ำความชื้นสัมพัทธ์จะสูง และเมื่ออุณหภูมิสูงความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำ ในระหว่างการทดลองพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 100% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 37% และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 75% ปริมาณน้ำฝนตลอดระยะเวลา 4 เดือนที่ทำการศึกษา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2565 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2566 มีฝนตกทั้งหมด 10 วัน ในวันที่ 24 พฤศจิกายน 2565 มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดเท่ากับ 43.4 mm หลังจากวันที่ 1 ธันวาคม 2565 ไม่มีรายการปริมาณน้ำฝน (Figures 2, 3) (เกรียงไกร และคณะ, 2566)

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นดิน และค่าความเค็ม (จากสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินอิมิตัวด้วยน้ำ) ในดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ แสดงดัง Table 2

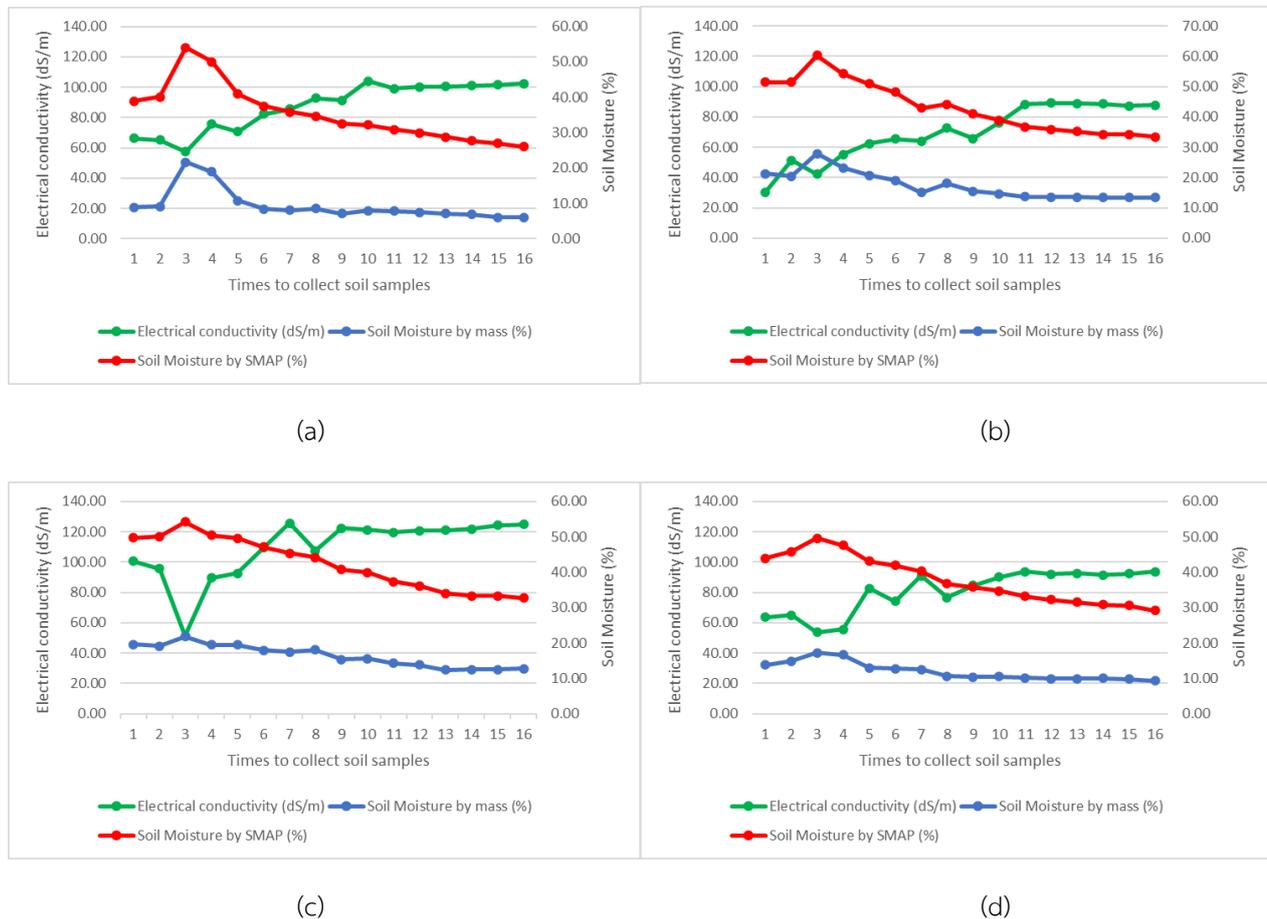
**Table 2** Soil moisture and electrical conductivity values at each time of soil collection (16 times)

Times	Point 1			Point 2			Point 3			Point 4		
	SM (%)		EC <sub>e</sub> (dS/m)									
	MASS	SMAP		MASS	SMAP		MASS	SMAP		MASS	SMAP	
1	8.86	30.11	66.38	21.30	30.11	30.30	19.63	30.11	100.73	13.80	30.11	63.57
2	9.09	30.97	65.16	20.46	30.97	51.48	19.14	30.97	95.58	14.83	30.97	64.98
3	21.71	32.31	57.43	27.94	32.31	42.26	21.90	32.31	51.23	17.26	32.31	53.62
4	18.99	30.98	75.61	23.24	30.98	55.37	19.45	30.98	89.50	16.68	30.98	55.72
5	10.81	30.13	70.68	20.79	30.13	62.31	19.43	30.13	92.66	12.97	30.13	82.68
6	8.38	29.17	82.13	19.03	29.17	65.53	17.98	29.17	109.55	12.73	29.17	74.07
7	8.06	27.81	85.66	15.14	27.81	64.02	17.50	27.81	125.70	12.46	27.81	90.88
8	8.58	26.10	92.75	18.05	26.10	72.51	18.06	26.10	107.55	10.67	26.10	76.56
9	7.11	25.42	91.48	15.55	25.42	65.60	15.38	25.42	122.35	10.40	25.42	84.59
10	7.94	24.30	103.95	14.66	24.30	76.23	15.59	24.30	121.35	10.45	24.30	90.25
11	7.79	23.05	98.99	13.68	23.05	88.42	14.23	23.05	119.70	10.14	23.05	93.81
12	7.50	22.39	100.25	13.53	22.39	89.26	13.81	22.39	120.65	9.87	22.39	92.07
13	7.09	21.64	100.42	13.50	21.64	88.87	12.34	21.64	121.06	9.94	21.64	92.48
14	6.84	20.80	101.13	13.47	20.80	88.48	12.54	20.80	121.85	9.99	20.80	91.53
15	6.12	20.81	101.64	13.42	20.81	87.09	12.46	20.81	124.36	9.80	20.81	92.42
16	6.04	19.95	102.35	13.48	19.95	87.72	12.79	19.95	124.87	9.27	19.95	93.76
average	9.43	26.00	87.25	17.33	26.00	69.71	16.39	26.00	109.29	11.95	26.00	80.81

Remarks: EC<sub>e</sub> and MASS SM were modified from เกียรติเกียรติ และคณะ (2566).

การติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นดินระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2565 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2566 แสดงดัง **Figure 4** ค่าความชื้นดินในช่วงแรกมีค่าต่ำทั้งสองวิธีแล้วเพิ่มมากขึ้นในช่วงที่มีฝนตก และค่อยๆ ลดลงเนื่องจากหลังวันที่ 1 ธันวาคม 2565 ไม่มีรายงานปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ โดยพบว่าในการเก็บดินครั้งที่ 1 ดินมีค่าความชื้นดินค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเวลาการเก็บตัวอย่างในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งมีค่าระหว่าง 8.86-21.30 % ส่วนความชื้นที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP มีค่าเท่ากับ 30.11 % โดยความชื้นดินที่วัดได้โดยตรงหลังการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 3 ดินมีความชื้นค่อยๆ ลดลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกจุดเก็บตัวอย่างดิน ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างดินมีความชื้นแตกต่างกัน พบว่าจุดที่ 4 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด รองลงมาคือจุดที่ 1, จุดที่ 3 และจุดที่ 2 ตามลำดับ ความชื้นในดินที่วัดได้โดยตรงมีค่าอยู่ในช่วง 6.04 ถึง 27.94 % (**Figure 4**) ส่วนความชื้นที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP มีค่าเท่ากับ 32.31 % โดยความชื้นดินที่วัดได้โดยตรงในจุดเก็บตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างดินที่ 2 มีค่าความชื้นดินสูงที่สุด และจุดเก็บตัวอย่างดินที่ 1 มีค่าความชื้นดินต่ำที่สุด ค่าความชื้นดินในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจนในการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 3 สอดคล้องกับข้อมูลฝนที่มีรายงานปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ 43.4 mm ก่อนวันเก็บตัวอย่างดิน (ฝนตกวันที่ 24 พฤศจิกายน เก็บตัวอย่างวันที่ 26 พฤศจิกายน 2565) หลังจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 3 ความชื้นดินมีแนวโน้มลดลงในทุกจุดเก็บตัวอย่าง (**Figure 4**) สอดคล้องกับข้อมูลฝน ซึ่งไม่มีรายงานข้อมูลฝนตกหลังวันที่ 1 ธันวาคม 2566 (**Figure 3**) การผันแปรของค่าความชื้นดินตามเวลาในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเป็นไปในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะมีความชื้นของดินในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความแตกต่างของสมบัติดินบางประการ เช่น เนื้อดิน ตำแหน่งบนภูมิประเทศย่อย และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (เกียรติเกียรติ และคณะ, 2566) ค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ได้ค่าเป็นค่าเดียวกันทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากอยู่ใน grid เดียวกัน ในพื้นที่ศึกษาพบว่าค่าความชื้นจากดาวเทียม SMAP มีค่าสูงกว่าค่าความชื้นที่วัดโดยตรงเฉลี่ยเท่ากับ 55.59% ทั้งนี้ค่าความชื้นจากดาวเทียม SMAP ที่ได้เป็นค่าเชิงพื้นที่ที่เฉลี่ยโดยรวม เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์พื้นที่ในวิทยาเขตกำแพงแสน พบว่าในวิทยาเขตกำแพงแสน มีพื้นที่บ่อน้ำจำนวนมากหลายบ่อซึ่งจะเป็นพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ทำให้ค่าความชื้นเชิงพื้นที่โดยภาพรวมมีค่าสูงกว่าค่าจริง ซึ่งหาก

ทำการวิเคราะห์สัดส่วนของพื้นที่บ่อน้ำโดยละเอียด แล้วปรับค่าความชื้นตามสัดส่วนด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์พื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์จะสามารถประมาณค่าความชื้นที่แท้จริงของพื้นที่ได้ และหากเป็นพื้นที่ที่เป็นพื้นดินและการใช้ประโยชน์รูปแบบเดียวกันค่าความชื้นที่ได้ทั้ง 2 วิธีจะมีความใกล้เคียงกันมากกว่าในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นข้อควรระวังในการนำข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP มาใช้ ประเด็นสำคัญคือความสม่ำเสมอของสภาพการใช้ประโยชน์ใน grid เดียวกัน



**Figure 4** Soil Moisture and electrical conductivity values at each time of soil collection (16 times). (a) Point 1, (b) Point 2, (c) Point 3, and (d) Point 4.

การติดตามค่าความเค็มของดินจากค่าสภาพการนำไฟฟ้าพบว่า สภาพการนำไฟฟ้าแต่ละจุดที่ศึกษามีความแตกต่างกัน มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 30.3 ถึง 125.7 dS/m (Figure 4) แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่นี้เฉพาะพืชที่ทนเค็มจัดจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้ (ไชยสิทธิ์, 2545) โดยพบว่าจุดที่ 2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด รองลงมาคือจุดที่ 4, จุดที่ 1 และจุดที่ 3 ตามลำดับ ค่าสภาพการนำไฟฟ้าแปรผกผันกับค่าความชื้นดิน โดยเมื่อความชื้นในดินมีค่าน้อยลง จะเห็นได้ว่าค่าสภาพไฟฟ้าที่วัดได้จะมีค่ามากขึ้นไปด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อความชื้นในดินมากขึ้น ค่าสภาพการนำไฟฟ้าก็จะน้อยลงไปด้วย (Figure 4) การผันแปรของสภาพการนำไฟฟ้าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลามีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 มีค่าความเค็มจากการตรวจวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงที่สุดในทุกช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง ยกเว้นในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างดินหลังฝนตก 43.4 มม 2 วัน ซึ่งพบว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าของจุดที่ 3 มีค่าน้อยกว่าในจุดที่ 1 และจุดที่ 4 โดยที่เมื่อพิจารณาความชื้นดินร่วมด้วยพบว่าจุดที่ 3 มีค่าความชื้นดินในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 ใกล้เคียงกับจุดที่ 1 มีค่าน้อยกว่าจุดที่ 2 และมากกว่าจุดที่ 4 จากข้อมูลมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณการกระจายของฝนที่ตกในวิทยาเขตกำแพงแสนอาจมีความแตกต่างกัน และแตกต่างจากที่สถานีอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดได้

อีกประการหนึ่งคือในปริมาณน้ำฝนที่เท่ากันอาจทำให้ดินเปลี่ยนแปลงความชื้นได้แตกต่างกันเมื่อดินมีเนื้อดินแตกต่างกัน และประการสุดท้ายการเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อฝนตกลงสู่ดินอาจเคลื่อนที่ได้แตกต่างกันเมื่อพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลื่อนนั้นมีรูปแบบการสะสมเกลือที่ผิวหน้าแตกต่างกัน จุดเก็บตัวอย่างดินที่ 1, 3 และ 4 มีลักษณะของพื้นที่ เนื้อดิน (loam) และรูปแบบการสะสมเกลือที่ผิวหน้าคล้ายกัน ในขณะที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลักษณะพื้นที่มีความแตกต่าง พื้นที่เป็นที่ต่ำของระบบ ไกล่แหล่งน้ำ มีพืชปกคลุมพื้นที่มากที่สุด และมีเนื้อดินละเอียดกว่าจุดอื่นๆ (sandy clay loam) (เกรียงไกร และคณะ, 2566)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นดินที่วัดโดยตรงกับที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP และความเค็มที่ตรวจวัดจากค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินอิมตัวในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงดัง Figure 5

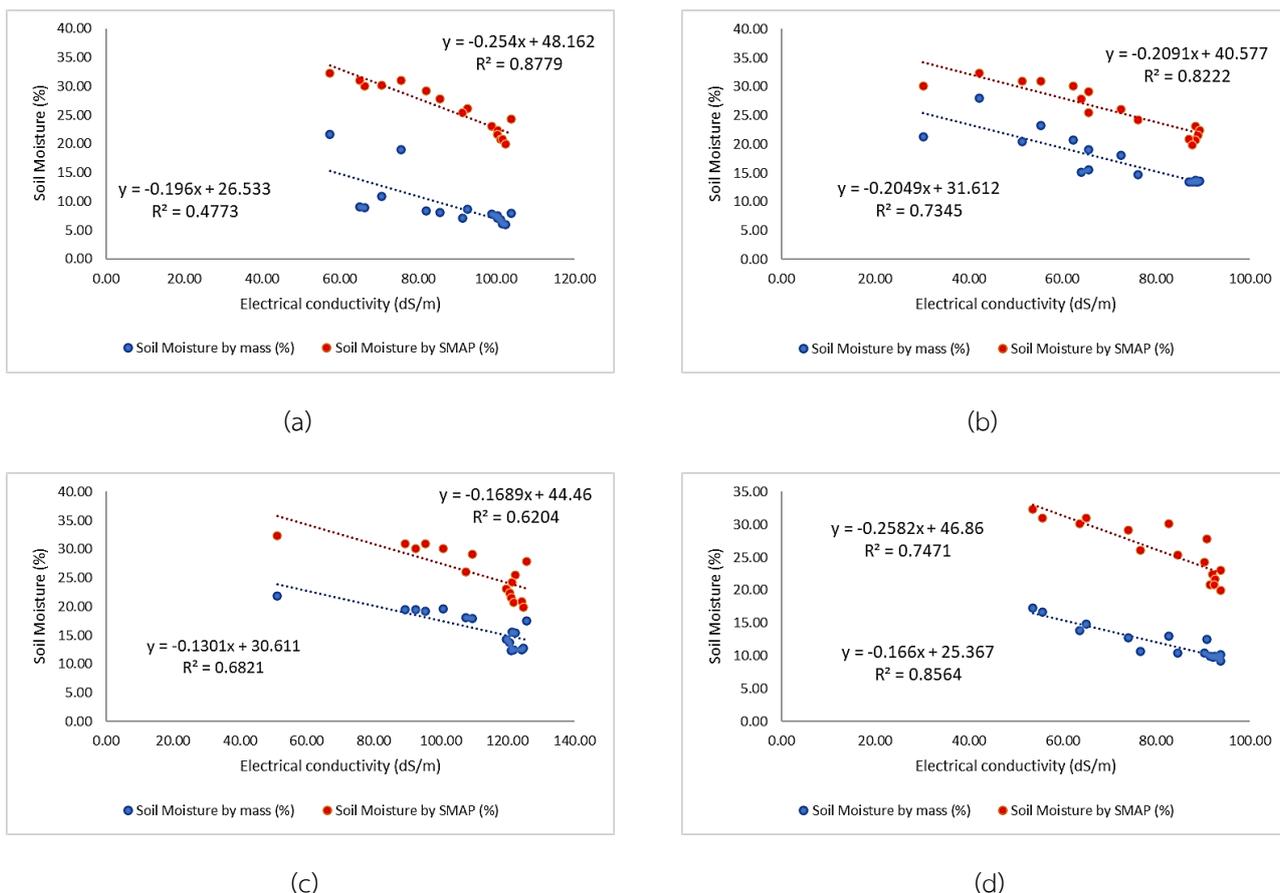
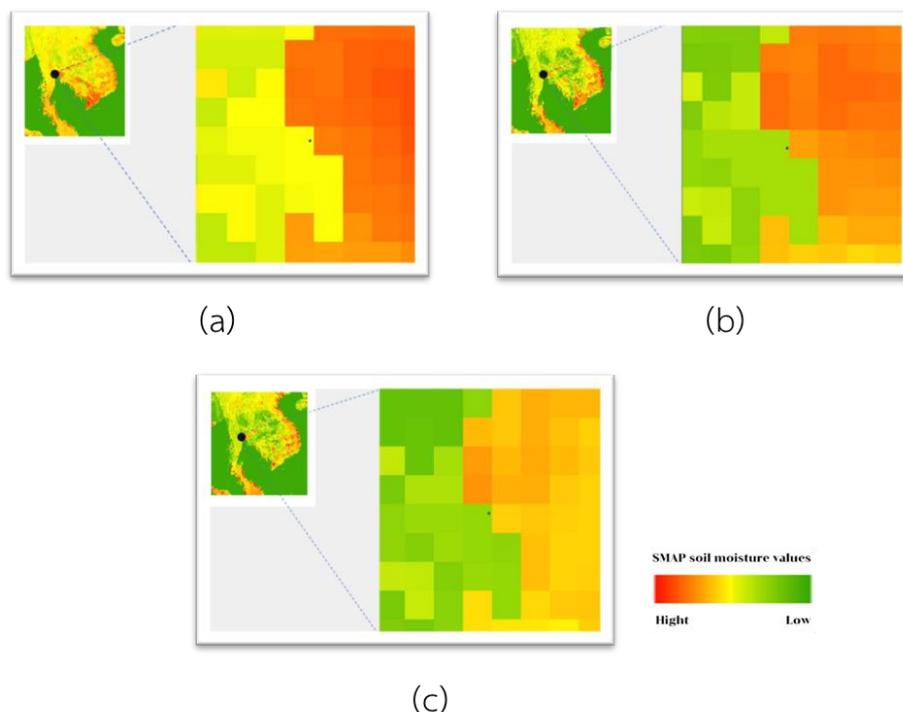


Figure 5 The correlation between soil moisture and electrical conductivity. (a) Point 1, (b) Point 2, (c) Point 3, and (d) Point 4.

จาก Figure 5 จะเห็นได้ว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินที่ได้โดยตรงกับค่าสภาพการนำไฟฟ้าเป็นเชิงลบ มีค่า  $R^2$  ( $P < 0.01$ ) ในแต่ละจุดศึกษา ดังนี้ 0.4773, 0.7345, 0.6821, 0.8564 ตามลำดับ สำหรับค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP กับค่าสภาพการนำไฟฟ้าเป็นเชิงลบ มีค่า  $R^2$  ( $P < 0.01$ ) ในแต่ละจุดศึกษา ดังนี้ 0.8779, 0.8222, 0.6204, 0.7471 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นค่าความเค็มของดินจะลดลง (เกรียงไกร และคณะ, 2566) สอดคล้องกับรายงานของ Yang et al. (2022) ที่พบว่าหลังฤดูฝนดินมีค่าการนำไฟฟ้าที่อิมตัวด้วยน้ำต่ำกว่าฤดูแล้ง แสดงว่าหลังฤดูฝนความเค็มที่ผิวดินถูกชะล้างบางส่วนและถูกสะสมในดินชั้นล่าง จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มที่จะนำสมการของแต่ละพื้นที่ไปประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ความรุนแรงของความเค็มที่เพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นดินลดลง และในทำนองเดียวกันสามารถแทนค่าสมการเพื่อทำนายความชื้นดินที่ต้องทำให้เพิ่มขึ้นที่จะสามารถลดค่าความเค็มลง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินได้ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินและความเค็มของดินในแต่ละจุด

ศึกษามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากความแตกต่างของสมบัติดิน เช่น เนื้อดิน สภาพพื้นที่จริง ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และ จำนวนพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ อย่างไรก็ตามจากการติดตามข้อมูลในช่วงฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อนของการศึกษา จะเห็นได้ว่าเมื่อมีฝนตกในพื้นที่ปริมาณ 43.4 mm ในวันที่ 24 พฤศจิกายน 2565 ส่งผลให้ความชื้นของดินที่เก็บตัวอย่างในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2565 เปลี่ยนแปลงจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งก่อนหน้าระหว่าง 2.43-12.62 % ส่วนความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP เปลี่ยนแปลงจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งก่อนหน้าเท่ากับ 1.34 % โดยความชื้นของดินที่เก็บตัวอย่างในจุดที่ 1 และ 2 มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินเกิดขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 12.62 และ 7.88 % ตามลำดับ การควบคุมความชื้นในดินที่มีผลกระทบจากเกลือจะช่วยลดปัญหาเรื่องความเค็มของดินได้ จากสมการเส้นตรงสามารถแทนค่าความชื้นในดิน เพื่อหาจุดวิกฤตของค่าความเค็มของจุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ได้ ค่าความชื้นในดินที่ได้โดยตรงเท่ากับ 26, 31, 30.1 และ 25 % ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความชื้นในดินที่ได้โดยตรงที่จะทำให้ดินมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 4 dS/m ทำให้ได้ค่าความเค็มของดินในจุดที่ 1-4 อยู่ที่ 2.72, 2.99, 3.93 และ 2.21 dS/m ตามลำดับ (เกรียงไกร และคณะ, 2566) ส่วนความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP เท่ากับ 47.2, 40, 45 และ 47 % ตามลำดับ เป็นค่าความชื้นที่จะทำให้ดินมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 4 dS/m ทำให้ได้ค่าความเค็มของดินในจุดที่ 1-4 อยู่ที่ 3.79, 2.79, 3.72 และ 3.33 dS/m ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่าความชื้นวิกฤตของจุดศึกษาที่ 1-4 คือ เมื่อดินมีความชื้นที่ได้โดยตรงเท่ากับ 26, 31, 30.1 และ 25 % ตามลำดับ และเมื่อดินมีความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP เท่ากับ 47.2, 40, 45 และ 47 % ตามลำดับ หากต่ำกว่านี้จะเริ่มมีปัญหาเรื่องความเค็มของดิน

จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP จะมีค่ามากกว่าค่าความชื้นในดินที่วัดได้โดยตรง เนื่องจากพื้นที่เก็บตัวอย่างในแต่ละจุดมีพื้นที่ขนาดเล็กโดยมีพื้นที่ประมาณ 10 ตารางเมตร แสดงลักษณะเด่นของเกลือชัดเจน และไม่ค่อยมีพืชปกคลุม ทำให้วัดค่าความชื้นในดินได้น้อยกว่าค่าความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP เนื่องจากภาพที่ได้จากดาวเทียม SMAP มีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าโดยมีค่าประมาณ 10 ตารางกิโลเมตร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทุกจุดที่เก็บตัวอย่าง ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยความชื้นในดินต่อพื้นที่ค่าเดียวเท่านั้นทุกจุดเก็บตัวอย่าง ประกอบกับในพื้นที่ศึกษามีแหล่งน้ำจำนวนมาก พืชพรรณที่ปกคลุมในพื้นที่อีกจำนวนมาก รวมถึงปัจจัยอย่างอื่น ส่งผลให้ค่าความชื้นในดินที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม SMAP มีค่าที่มากกว่าค่าความชื้นในดินที่วัดได้โดยตรง เท่ากับ  $X-11.12 = Y$  ( $X$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม และ  $Y$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรง) อย่างไรก็ตามข้อมูลความชื้นที่ได้จากดาวเทียม SMAP สามารถบอกความแตกต่างของความชื้นในแต่ละช่วงเวลาได้ (Figure 6) โดยเมื่อเปรียบเทียบสีของความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม SMAP จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน เมื่อดินมีความชื้นมาก (ความชื้นดินสูงสุดระหว่างการศึกษ) เท่ากับ 32.31% ในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2565 แสดงดัง Figure 6a เมื่อดินมีความชื้นลดลง เท่ากับ 25.42% ในวันที่ 7 มกราคม 2566 แสดงดัง Figure 6b และเมื่อดินมีความชื้นลดลง (ความชื้นดินต่ำสุดระหว่างการศึกษ) เท่ากับ 19.95% ในวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2566 แสดงดัง Figure 6c อย่างไรก็ตามหากพื้นที่ศึกษามีความสม่ำเสมอเชิงพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP จะมีความใกล้เคียงกับความชื้นที่วัดโดยตรงมากขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีความแม่นยำสูงขึ้นหากนำเทคนิคการวิเคราะห์พื้นที่และการประมาณค่าพื้นที่น้ำและต้นไม้จากการคำนวณ โดยภาพรวมอาจกล่าวได้ว่าการนำความสัมพันธ์ของค่าความชื้นและความเค็มไปหาค่าวิกฤตของความชื้นต่อค่าความเค็มของดินแต่ละจุด สามารถใช้เป็นแนวทางจัดการค่าความเค็มเพื่อลดปัญหาดินเค็มเบื้องต้นได้ รวมทั้งการจัดการน้ำที่ดีก็จะช่วยลดผลกระทบของความเค็มต่อพืชและช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพื่อทดสอบความแม่นยำของค่าที่ได้จากสมการโดยการทำการทดลองให้ค่าความชื้นในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลือและติดตามค่าความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไป และควรเลือกกำหนดพื้นที่ที่มีระดับความเค็มระดับต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันจากความเค็มน้อยไปถึงความเค็มมาก เพื่อทดสอบความแม่นยำของข้อมูล



**Figure 6** Soil moisture values obtained from the SMAP satellite. (a) Highest soil moisture value obtained on December 26, 2022, (b) Moderate soil moisture value obtained on January 7, 2023, and (c) Lowest soil moisture value obtained on February 25, 2023.

**สรุป**

จากการศึกษาสามารถหาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียม SMAP พบว่าข้อมูลความชื้นดินที่ได้จากดาวเทียม SMAP มีค่าสูงกว่าความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรง เท่ากับ  $X-11.12 = Y$  ( $X$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม และ  $Y$ =ความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรง) แสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินข้อมูลความชื้นที่ได้โดยตรงจากการเก็บตัวอย่างดินในภาคสนามเพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มของดิน ความสัมพันธ์ของความชื้นดินที่ตรวจวัดทางตรงและที่ได้จากดาวเทียมกับความแปรปรวนของค่าความเค็มของดิน แสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นและความเค็มของดินมีความผันแปรตามเวลา โดยมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงลบ กล่าวคือ ความชื้นในดินมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสภาพการนำไฟฟ้าซึ่งใช้ชี้บ่งความเค็มจะลดลง จากความสัมพันธ์สอดคล้องกันของความชื้นดินที่ได้จาก 2 แบบแสดงถึงความเป็นไปได้ในการใช้ข้อมูลความชื้นจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินข้อมูลความชื้นที่ได้โดยตรงจากการเก็บตัวอย่างดินในภาคสนามเพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มของดิน และสามารถประยุกต์ใช้ค่าความชื้นดินจากดาวเทียม SMAP ในการประเมินความเค็มของดินได้จากการใช้สมการความสัมพันธ์ และการหาค่าความชื้นวิกฤตในพื้นที่

**คำขอบคุณ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ พิภอ่อน. 2555. การแพร่กระจายและสมบัติของดินที่มีผลกระทบจากเกลือ ในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- เกรียงไกร จุเฉย, นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และสิรินภา ช่างโสภาส. 2566. ติดตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มของดินและความสัมพันธ์กับค่าความชื้นดินในดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. น. 2092-2101. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 20 7-8 ธันวาคม 2566. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จันทนา ปัญญาวารภรณ์ และศรีสุนี วุฒิมงคลโยธิน. 2566. การพัฒนาโปรแกรมเติมค่าสูญหายข้อมูลฝนรายวันจากวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผันและวิธีถ่วงน้ำหนักสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 18: 70-81.
- ไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2540. การอ่านและการใช้แผนที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- อุมาพร จารุสมบัติ. 2557. ดาวเทียมดวงใหม่ ตรวจวัดความชื้นของดิน. วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 42: 16-21.
- เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย, อิศเรศ กะการดี, กฤตกานต์ เคลือบมณี, ชลชลิตา ศิริสาขา, ณธศร สุริยะโชติตระกูล, รณชัย กล่อมจิต, ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์, มารุต ราชมณี, บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และสรรธาร พงสิทธิ์. 2564. การศึกษาเปรียบเทียบความชื้นในดินจากข้อมูลดาวเทียม SMAP กับการตรวจวัดด้วย TDR ในพื้นที่นาข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10: 9-24.
- Arunin, S., and P. Pongwichian. 2015. Salt-affected soils and management in Thailand. *Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan.* 69: 319-325.
- Black, C. A. 1965. *Method of soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
- Chaganti, V. N., D. M. Crohn, and J. Simunek. 2015. Leaching and reclamation of a biochar and amended saline-sodic soil with moderate SAR reclaimed water. *Agricultural Water Management.* 158: 255-265.
- Dandridge, C., B. Fang, and V. Lakshmi. 2020. Downscaling of SMAP soil moisture in the Lower Mekong River Basin. *Water.* 12: 56.
- Entekhabi, D., S. Yueh, P. E. O'Neill, K. H. Kellogg, A. Allen, R. Bindlish, M. Brown, S. Chan, A. Colliander, and W. T. Crow. 2014. *SMAP Handbook: Soil Moisture Active Passive.* National Aeronautics and Space Administration, USA.
- Fu, Z., P. Wang, J. Sun, Z. Lu, H. Yang, J. Liu, J. Xia, and T. Li. 2020. Composition, seasonal variation, and salinization characteristics of soil salinity in the Chenier Island of the Yellow River Delta. *Global Ecology and Conservation.* 24: e01318.
- Ghazali, M. F., K. Wikantika, A. B. Harto, and A. Kondoh. 2020. Generating soil salinity, soil moisture, soil pH from satellite imagery and its analysis. *Information Processing in Agriculture.* 7: 294-306.
- Hajj, M. E., N. Baghdadi, M. Zribi, N. R. Fernández, J. P. Wigneron, A. Al-Yaari, A. A. Bitar, C. Albergel, and J. C. Calvet. 2018. Evaluation of SMOS, SMAP, ASCAT and Sentinel-1 Soil Moisture Products at Sites in Southwestern France. *Remote Sensing.* 10: 569.

- Kellner, O., D. Niyogi, M. Lei, and A. Kumar. 2012 . The role of anomalous soil moisture on the inland reintensification of Tropical Storm Erin (2007). *Natural Hazards*. 63: 1573–1600.
- Machado, R. M. A., and R. P. Serralheiro. 2017. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*. 3: 30.
- Puengpan, N., T. Subhasaram, P. Patcharapreecha, and H. Wada. 1992. Characteristics of salt-affected soils in Northeast Thailand with special reference to soilplant relationships, pp. 97-105. In: Proceedings of Symposium “Strategies for Utilization of Salt Affected Land”. 17-25 May 1992, Bangkok, Thailand.
- Reichle, R., G. De Lannoy, R. D. Koster, W. T. Crow, J. S. Kimball, and Q. Liu. 2018. SMAP L4 Global 3-hourly 9km EASE-Grid Surface and Root Zone Soil Moisture Analysis Update, Version 4. [Indicate subset used]. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center.
- Reichle, R. H., Q. Liu, R. D. Koster, W. T. Crow, and G. J. M. De Lannoy, J. S. Kimball, J. V. Ardizzone , D. Bosch, A. Colliander, M. Cosh, J. Kolassa, S. P. Mahanama, J. Prueger, P. Starks, and J. P. Walker. 2019. Version 4 of the SMAP Level-4 Soil Moisture algorithm and data product. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 11: 3106–3130.
- Tully, K. L., D. Weissman, W. J. Wyner, J. Miller, and T. Jordan. 2019. Soils in transition: saltwater intrusion alters soil chemistry in agricultural fields. *Biogeochemistry*. 142: 339–356.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Department of Agriculture Handbook No. 60, Washington, U.S.
- Yang, Y., M. Maki, R. Ye, D. Saito, T. Nontasri, M. Srisutham, S. Sritumboon, S. Sukchan, K.i Yoshida, K. Oki, and K. Homma. 2022. Yearly change in severely salt-damaged areas in paddy fields in Ban Phai in Northeast Thailand. *Hydrological Research Letters*. 16: 7–11.
- Wang, N., J. Peng, J. Xue, X. Zhang, J. Huang, A. Biswas, Y. He, and Z. Shi. 2022. A framework for determining the total salt content of soil profiles using time-series Sentinel-2 images and a random forest-temporal convolution network. *Geoderma*. 409: 115656.