

**การประยุกต์ใช้ LiDAR sensor ร่วมกับระบบ IoT
ในการประเมินสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดิน (aquic condition)
เพื่อการจำแนกดินในสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกัน จังหวัดร้อยเอ็ด**

**Estimation of an Aquic Condition for Soil Classification in Different Landforms
using LiDAR Sensor and IoT System, Roi Et Province**

พิชามณูชู่ อินตะโม กฤติโสภณ ดวงกมล ยุพเยาว์ หัสจรรย์ และ สุวิชา พลฟักแพง

Pichamon Intamo, Kridsopon Duangkamol, Yooppayow Hussajun and Suwicha Polfukfang

บทคัดย่อ

สภาพการอิ่มตัวของน้ำของดินมีความสำคัญต่อการแปลผลสำหรับการใช้ประโยชน์ของดินทางการเกษตร การจำแนกสภาพแควิกสามารถยืนยันได้ด้วยการวัดค่าสภาพการอิ่มตัวของน้ำและรีดักชันของดิน ปัจจุบันพบว่าสามารถประเมินได้จากการวัดสีดินและลักษณะรีดักชันในสนามเพียงอย่างเดียว ทำให้ยากต่อการจำแนกสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดินในระดับอันดับย่อยและกลุ่มดินย่อย โดยเฉพาะดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สภาพพื้นที่เป็นที่ราบสลับที่ดอนและมีความต่างระดับกันน้อย ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการประเมินสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพการอิ่มตัวของน้ำจากข้อมูลที่ได้ด้วย LiDAR sensor ในชุดดินตัวแทน 4 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) ชุดดินร้อยเอ็ด (Re) (2 บริเวณ) ชุดดินชานี (Cni) และชุดดินห้วยแกลง (Ht) (2 บริเวณ) ทั้งหมด 6 บริเวณ แบ่งได้เป็น 3 สภาพภูมิลักษณะ ในพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด ติดตามระดับน้ำใต้ดินตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2564-มีนาคม 2565 นำข้อมูลน้ำใต้ดินมาวิเคราะห์ถึงสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดินและเปรียบเทียบกับค่าการจำแนกของชุดดินจัดตั้งของประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่าระดับน้ำใต้ดินตามสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกันมีความลึกระหว่าง 50-200 เซนติเมตรจากผิวดิน และเมื่อเปรียบเทียบการจำแนกของชุดดินจัดตั้งเดิมร่วมกับการประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำใต้ดิน พบว่าชุดดินกุลาร้องไห้ที่เป็นตัวแทนของดินบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพา มีการจำแนกเดิมเป็น Typic Natraqualfs สอดคล้องกับผลของระดับน้ำใต้ดินร่วมและลักษณะรีดักชันที่พบภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ชุดดินชานี และชุดดินร้อยเอ็ด เป็นตัวแทนของพื้นที่ส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ การจำแนกดินได้เป็น Aquic (plinthaquic) Haplustalfs อยู่ใน aquic subgroup และ Aeric Kandiaquults อยู่ใน aquic suborder ตามลำดับ ยกเว้นชุดดินร้อยเอ็ด บริเวณ อ.สุวรรณภูมิ (Re-02) มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ความลึกระหว่าง 100-150 เซนติเมตร เข้าเกณฑ์การจำแนกในระดับ aquic subgroup ส่งผลให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนการจำแนกดินในระดับชุดดิน และสมบัติการระบายน้ำของดิน สำหรับพื้นที่ส่วนสูงของพื้นที่เกือบราบ (ชุดดินห้วยแกลง) พบระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ชุดดินดังกล่าวไม่มีสภาพการขังน้ำตลอดความลึก 2 เมตร กล่าวได้ว่าชุดดินห้วยแกลงไม่มีสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดิน สอดคล้องกับการจำแนกดิน Typic (Kandic) Paleustults เป็นดินมีการระบายน้ำดี สำหรับการประเมินสภาพการอิ่มตัวของน้ำของดินด้วยการใช้ LiDAR sensor ในปีแรก ดินบริเวณพื้นที่ราบตะกอนน้ำพาและพื้นที่สูงของพื้นที่เกือบราบ กราฟของระดับน้ำใต้ดินมีความชัดเจนสอดคล้องกับการจำแนก แต่ในพื้นที่ส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ ยังคงไม่ชัดเจนควรมีการติดตามระดับน้ำมากกว่า 1 ปี

คำสำคัญ: LiDAR เซนเซอร์; สภาพการอิ่มตัวของน้ำ; ภูมิลักษณะ; พื้นที่เกือบราบ; น้ำใต้ดิน

^{1/} กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม 10900

Soil resources survey and research division, Land Development Department, Chatuchak, Bangkok 10900

ABSTRACT

Aquic conditions play an important role in the interpretation of soil for agricultural uses. The aquic condition was assessed with soil colors and redoximorphic features, which often limit for classified aquic suborder and aquic subgroup, especially paddy soils in Northeast Thailand, where are complicated landform. Therefore, sensor tools and technology were required for assessing aquic conditions of soils. The objective of this study was to evaluate the patterns of groundwater refer to an aquic condition of soil development by Light Detection and Ranging (LiDAR) sensor in 4 soil series consisting of Ki, Re, Cni, and Ht soil series at 6 areas and were exposed to 3 landform, Roi Et province. The experiments were conducted from May 2021 to March 2022. The data report of groundwater levels via sensors were used to analysis aquic condition with classification of established soil series.

The results showed that groundwater level at 3 landforms were 50 to 200 cm. A comparison between the groundwater level data from LiDAR sensor and aquic condition found that, Kula Ronghi series (Ki) at the alluvial plain was classified to Typic Natraqualfs correlating with the groundwater level patterns and redoximorphic features within 50 cm from surface soils. Chamni (Cni) and Roi-Et (Re) soil series were represented soils at the lower part of peneplain. The classification of soil were Aquic (plinthaquic) Haplustalfs and Aeris Kandiaquults, respectively. Except for Re series (02), where at Suwannaphum district was classified as aquic subgroup due to the groundwater deeper than 150 cm with regards to change soil series classification and drainage classes. The higher part of the peneplain (Huai Thalaeng soil series: Ht) were detected with a groundwater level more than 200 cm indicated that Ht series without the aquic condition. In terms of soil classification were Typic (Kandic) Paleustults, which refer to well drained. For the first year, the LiDAR sensor can be estimated aquic conditions at higher parts of peneplain and alluvial plain positions clearly. Moreover, at the lower parts of the peneplain should be monitoring groundwater levels for more than 1 year.

Keywords: LiDAR sensor; aquic condition; landform; peneplain; groundwater

คำนำ

ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์มาใช้ทางการเกษตรเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพมีมากยิ่งขึ้น การวางแผนการจัดการฟาร์มจึงมีความสำคัญมาก ซึ่งในการวางแผนจัดการฟาร์มจะเกี่ยวข้องกับการแปลความหมาย และการสำรวจดินแบบละเอียด มีการใช้ข้อมูลประกอบการพิจารณาหลายด้าน เช่น การปลูกพืช การไถพรวน การควบคุมน้ำทั้งบนดินและในดิน การระบายน้ำ และการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การแปลความหมายของการสำรวจดินชั้นละเอียด จะสามารถทำให้พยากรณ์เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ เช่น ข้อจำกัดและคุณภาพของดินที่มีผลต่อการใช้และการจัดการดิน ความเหมาะสมของดินต่อการเลือกใช้ที่ดินแบบต่างๆ การจัดการที่จำเป็นเพื่อให้ดินมีความสามารถให้ผลผลิตที่ดี และความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน (productivity) ภายใต้การจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้เกษตรกรนำไปใช้ได้ ผลของการสำรวจจำแนกดิน จำเป็นต้อง แจกแจงข้อจำกัดที่สำคัญที่สุด และคุณภาพที่เด่นที่สุดของดินชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้และการจัดการดินในการปลูกพืช โดยเฉพาะเรื่องของน้ำในดิน

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสภาพลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มที่ตอน ซึ่งมีความต่างระดับกันน้อย วัตถุประสงค์กำเนิดดินเกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และ/หรือ เคลื่อนย้ายมาในระยะทางไมไกลนักของหินตะกอน ดิน

ในภาคนี้มีการพัฒนาการสูง ระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีข้อจำกัดในเรื่องของน้ำในพื้นที่การเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการทำนาข้าว การสำรวจจำแนกดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีข้อจำกัดในการจำแนกดินนาในสนามของดินที่มีสมบัติเกี่ยวข้องกับสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน ที่จัดอยู่ในระดับอันดับดินย่อย (suborder) และกลุ่มดินย่อย (subgroup) ซึ่งในปัจจุบันการจัดตั้งชุดดินหลักของดินที่มีสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำได้จากการสังเกตลักษณะดินในสนามและวัดจากสีดินเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากสมบัติดังกล่าวส่งผลต่อการแปรผลในการใช้ประโยชน์ของดินเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน

สภาพแควิกหรือสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน (aquic condition) มีเกณฑ์ในการประเมินสำคัญ 3 ข้อ ประกอบด้วย 1) ความลึกของการแช่ขังน้ำในดิน 2) การเกิดสภาพรีดักชัน (reduction) ของดิน และ 3) การเกิดรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ลักษณะการขังน้ำในดิน แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ ขังตลอดช่วงหน้าตัดดิน (Endosaturation) ขังในตอนบนชั้นใดชั้นหนึ่ง (Episaturation) และขังในตอนบนเนื่องจากการค้ำน้ำในการปลูกพืช (Antric saturation) ลักษณะเด่นที่พบของสภาพแควิก คือ ดินมีสภาพขังน้ำต่อเนื่อง แสดงออกโดยสัญญาณที่แสดงว่าเกิดการออกซิเดชัน-รีดักชัน (redoximorphic feature) เช่น ดินมีสีเทาจัด คาร์รงค์ (chroma) เท่ากับ 2 หรือต่ำกว่า มีจุดประสีต่างๆ และ/หรือมีมวลก้อนกลมหรือสารพอกของเหล็กและแมงกานีส สภาพที่พบเป็นดินในพื้นที่ลุ่มที่มักมีการท่วมขังของน้ำเป็นเวลานานต่อปี หรือดินที่มีการตัดแปลงให้มีการขังน้ำเพื่อการใช้งานเฉพาะทาง (เอิบ, 2548)

Light Detection and Ranging sensor หรือ LiDAR sensor เป็นเซนเซอร์ที่มีการนำมาใช้ในการวัดระดับน้ำใต้ดิน มีหลักการทำงานโดยยิงแสงที่มีความยาวคลื่นคงที่ออกไป เมื่อตกกระทบวัตถุจะคำนวณระยะทางความห่างจากวัตถุกับเซนเซอร์ ใช้ระยะเวลาที่สั้น รวมทั้งมีองค์การวัดที่แคบ เหมาะสำหรับการวัดระดับน้ำที่ลึกมาก เช่น วัดระดับน้ำใต้ดิน พื้นที่ปลูกพืชไร่ ไม้ผล หรือพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น สอดคล้องกับการรายงานของ Jannata et al. (2020) ได้ทำการทดสอบศักยภาพของ LiDAR เซนเซอร์ในการวัดระดับน้ำในหลากหลายรูปแบบ พบว่าการใช้ LiDAR เซนเซอร์มีความแม่นยำสูง สำหรับการรายงานข้อมูลจะส่งข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ ในรูปแบบของ google sheet ที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ง่าย รวมถึงมี application ที่สามารถตรวจสอบระดับน้ำใต้ดินแบบเรียลไทม์ได้ การส่งข้อมูลกลับไปฐานข้อมูลน้ำใต้ดินสามารถกำหนดความถี่ของข้อมูลได้ เซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตรที่หลากหลาย Reddy et al. (2016) ได้นำเซนเซอร์มาใช้ติดตามระดับน้ำเพื่อการจัดการฟาร์มแบบแม่นยำในประเทศอินเดีย รวมทั้ง Kawakami et al. (2016) ได้นำเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำไปใช้ในพื้นที่ปลูกข้าว เพื่อวัดระดับน้ำในนาข้าว ร่วมกับระบบการส่งน้ำเข้าแปลงเมื่อระดับน้ำในแปลงต่ำลงในการทำฟาร์มเกษตรแบบแม่นยำของประเทศญี่ปุ่น

จากความสำคัญของปัญหาข้างต้น จึงเป็นที่มาของการประยุกต์ใช้ LiDAR sensor ร่วมกับระบบ IoT ในการประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำจนขาดออกซิเจน (aquic condition) ของดินที่มีสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน ในจังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อประเมินการจำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน ระหว่างระดับอันดับดินย่อยและกลุ่มดินย่อย ในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน ด้วยการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในการเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดินแบบเรียลไทม์ รวมทั้งเป็นการปรับปรุงฐานข้อมูลชุดดินหลักของภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ในการกำหนดเขตการใช้ที่ดิน (Zoning by Agri-Map) เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมถึงการบริหารจัดการทรัพยากรด้านการเกษตรได้อย่างสมดุลและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อติดตามระดับน้ำใต้ดินด้วยการประยุกต์ใช้ LiDAR เซนเซอร์ในการเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดินแบบเรียลไทม์
2. เพื่อประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน (aquic condition) ตามระบบอนุกรมวิธานดิน โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินร่วมกับการเกิดลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ของดิน ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกันของจังหวัดร้อยเอ็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. LiDAR sensor วัดระดับน้ำใต้ดิน รวมทั้งอุปกรณ์ในการติดตั้งเครื่องมือ และ smart phone
2. ฐานข้อมูลดิน และข้อมูลแผนที่ จังหวัดร้อยเอ็ด
 - ข้อมูลสมบัติดิน และภาพหน้าตัดดิน จากโครงการศึกษาดินตัวแทนหลักสำหรับพัฒนาการเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2548
 - แผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1: 100,000 และ 1: 25,000 (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2561)
 - แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน, 2559)
 - แผนที่ธรณีวิทยารายจังหวัด มาตรฐาน 1: 250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)
 - แผนที่ขอบเขตการปกครอง (กรมการปกครอง, 2556)
 - แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 50,000
 - แผนที่ค่าความสูงเชิงเลข 1: 25,000 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545)
 - สถิติภูมิอากาศจังหวัดร้อยเอ็ด (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565)

วิธีการ

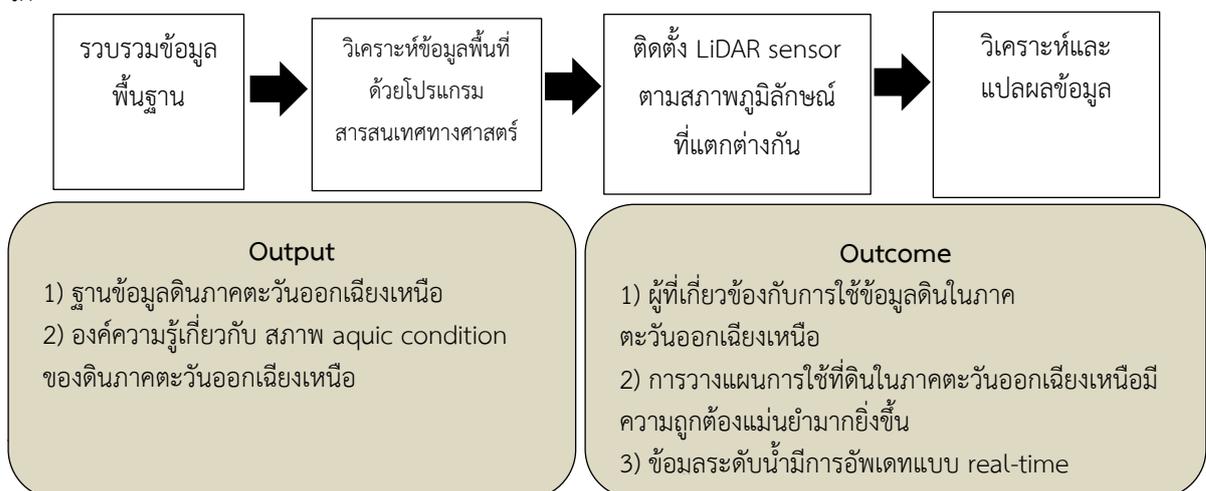
1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลการจำแนกดินที่มีสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจังหวัดร้อยเอ็ด
2. ทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่ศึกษาด้วยโปรแกรมจัดการข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อกำหนดบริเวณติดตั้ง LiDAR sensor
3. ติดตั้ง LiDAR sensor ตามสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกัน โดยการฝังท่อ PVC เพื่อส่งสัญญาณ ความยาวลึกลงไปใต้ดิน 2.0-2.5 เมตร และมีท่อโผล่เหนือดินลึก 1.0-1.5 เมตร ขึ้นกับลักษณะพื้นที่
4. วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน และนำมาเปรียบเทียบการจำแนกสภาพ aquic condition ของชุดดินจัดตั้งประเทศไทย เพื่อนำไปปรับปรุงฐานข้อมูลชุดดินหลักของประเทศไทยต่อไป

กรอบแนวคิด (Conceptual Framework)

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย 1 ปี (พ.ศ. 2564-2565)

Goal: ปรับปรุงฐานข้อมูลดินที่จำแนกอยู่ใน aquic suborder และ aquic subgroup

Hypothesis: การติดตามการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินด้วย LiDAR sensor แบบเรียลไทม์ (real-time) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นพื้นที่เกือบราบ (peneplain) สามารถใช้ประเมินสภาพ aquic condition ของดินได้



ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการติดตามการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินด้วย LiDAR sensor แบบเรียลไทม์ ในพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด ตลอดระยะเวลา 11 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2564 – มีนาคม 2565 ซึ่งมีจุดดินตัวแทน 4 จุดดิน 6 บริเวณ ได้แก่ จุดดินกุลาร่องไห้ (Ki) จุดดินร้อยเอ็ด 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณ อ.จันทาร (Re-01) และ อ.สุวรรณภูมิ (Re-02) จุดดินข่านิ (Cni) และจุดดินห้วยแกลง 2 บริเวณ ได้แก่ อ.สุวรรณภูมิ (Ht-01) และ อ.พนมไพร (Ht-02) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ กำเนิดมาจากหมวดหินมหาสารคาม (Maha Sarakarm Formation, Ktms) ทั้งหมด ยกเว้นจุดดินจุดดินกุลาร่องไห้ ที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ (alluvium) พื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพภูมิลักษณะ (landform) เป็นแบบพื้นที่เกือบราบ (peneplain) ซึ่งเป็นภูมิประเทศที่เกิดจากการผุพังด้วยกระบวนการกร่อนทำลายโดยน้ำ ทำให้พื้นที่เดิมซึ่งเคยสูงในอดีตมีลักษณะสูง-ต่ำแตกต่างกันมากในปัจจุบัน ทำให้ยากต่อการพิจารณาสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน จากการติดตามระดับน้ำใต้ดินทำให้ทราบถึงระดับความลึกของน้ำ และระยะเวลาที่น้ำแข็งบริเวณ ความลึกตามเกณฑ์การ จำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน การทดลองนี้เป็นแนวโน้มของการศึกษาในช่วงปีที่ 1 โดยมีผลการทดลอง ดังนี้

1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดร้อยเอ็ด

จากภาพที่ 1 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือนของจังหวัดร้อยเอ็ด ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2564 - มีนาคม 2565 พบว่าในช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 340 มิลลิเมตร และพบว่าในช่วงเดือน ธันวาคมและเดือนมกราคมไม่มีฝนตก ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของทั้งปีเท่ากับ 1,124.5 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565) จากการพิจารณาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละเดือน คาดการณ์ว่าระดับน้ำใต้ดินน่าจะสูงขึ้นในช่วงระหว่างเดือน กันยายน และลดลงช่วงเดือนธันวาคม

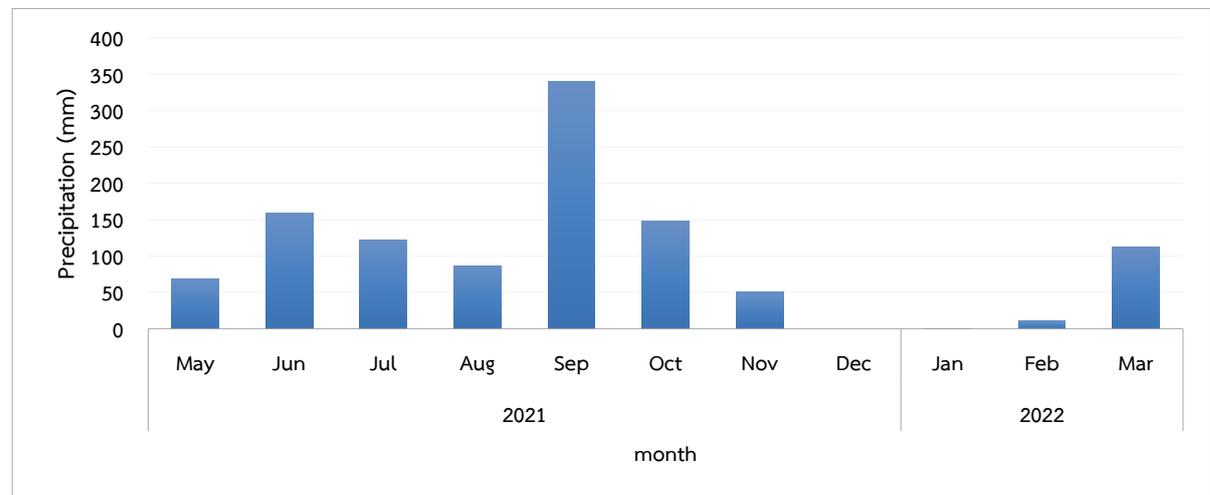


Figure 1 Average precipitation (mm) at Roi Et province from May 2021 – March 2022.

2. การติดตามระดับน้ำใต้ดินด้วย LiDAR sensor ในการเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดินแบบเรียลไทม์

2.1 รูปแบบการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดิน จากการใช้ LiDAR sensor ในการติดตามการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินของจุดดินกุลาร่องไห้ (Ki) จุดดินข่านิ (Cni) ทำการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินอย่างละ 1 จุด ส่วนจุดดินร้อยเอ็ด (Re) และจุดดินห้วยแกลง (Ht) ทำการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน จุดดินละ 2 จุด จากกราฟ (Fig. 2) พบว่าระดับน้ำใต้ดินแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พบบระดับน้ำใต้ดินภายใน 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ประกอบด้วย จุดดินกุลาร่องไห้ จุดดินร้อยเอ็ด (01) และจุดดินข่านิ สำหรับกลุ่มที่ 2 พบบระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 150 เซนติเมตรจากผิวดิน ได้แก่ จุดดินร้อยเอ็ด (02) และจุดดินห้วยแกลง (01, 02) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแบบของระดับน้ำใต้ดินร่วมกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Fig. 1 และ Fig. 2) พบว่าระดับน้ำใต้ดินไม่มีความสอดคล้องกับ

ปริมาณน้ำฝน ยกเว้นชุดดินกุลาร้องไห้ มีการชั่งน้ำบริเวณผิวดิน ในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวได้ทำนาข้าวจึงทำให้กราฟแสดงระดับน้ำที่ผิวดิน ซึ่งกล่าวได้ว่าบริเวณที่ตั้งของชุดดินกุลาร้องไห้ มีการชั่งน้ำของดินแบบชั่งในตอบนบน ที่เกิดจากการคั่งน้ำในการปลูกพืช (Antric saturation)

เมื่อพิจารณากระดับน้ำใต้ดินในแต่ละสภาพภูมิลักษณะ (Fig. 2) ระดับน้ำใต้ดินมีความสอดคล้องกับระดับความสูงต่ำของสภาพภูมิลักษณะ โดยเฉพาะสภาพภูมิลักษณะที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม (alluvial plain) ซึ่งมีชุดดินกุลาร้องไห้เป็นตัวแทน ระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นใกล้ผิวดินมากที่สุด ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำใต้ดินทั้งปีเท่ากับ 58 เซนติเมตรจากผิวดิน และสภาพภูมิลักษณะที่เป็นพื้นที่ส่วนสูงของพื้นที่เกือบราบ (higher part of peneplain) ซึ่งมีชุดดินห้วยแกลงเป็นตัวแทน มีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่าพื้นที่ส่วนอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของระดับน้ำใต้ดินทั้งปีอยู่ที่ระดับความลึก 205-216 เซนติเมตรจากผิวดิน สำหรับสภาพภูมิลักษณะที่เป็นพื้นที่ส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ (lower part of peneplain) มีชุดดินร้อยเอ็ด และชุดดินขานี เป็นตัวแทนของพื้นที่ดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยของระดับน้ำใต้ดินทั้งปีอยู่ระหว่าง 56-174 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งเป็นช่วงที่กว้าง จึงควรมีการติดตามระดับน้ำใต้ดินเพิ่มเติมในปีต่อไปเพื่อให้มีข้อมูลเพิ่มเติม และมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สำหรับสภาพภูมิลักษณะที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งมีชุดดินกุลาร้องไห้เป็นตัวแทน ชุดดินดังกล่าวมีข้อจำกัดทางการเกษตร หรือเป็นดินเค็ม ดังนั้นควรมีการติดตามระดับน้ำอย่างใกล้ชิดในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม (Fig. 2) เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งเป็นบริเวณที่รากพืชเจริญเติบโต สารละลายเกลืออาจจะอยู่ใกล้ผิวดิน และส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกพืชได้

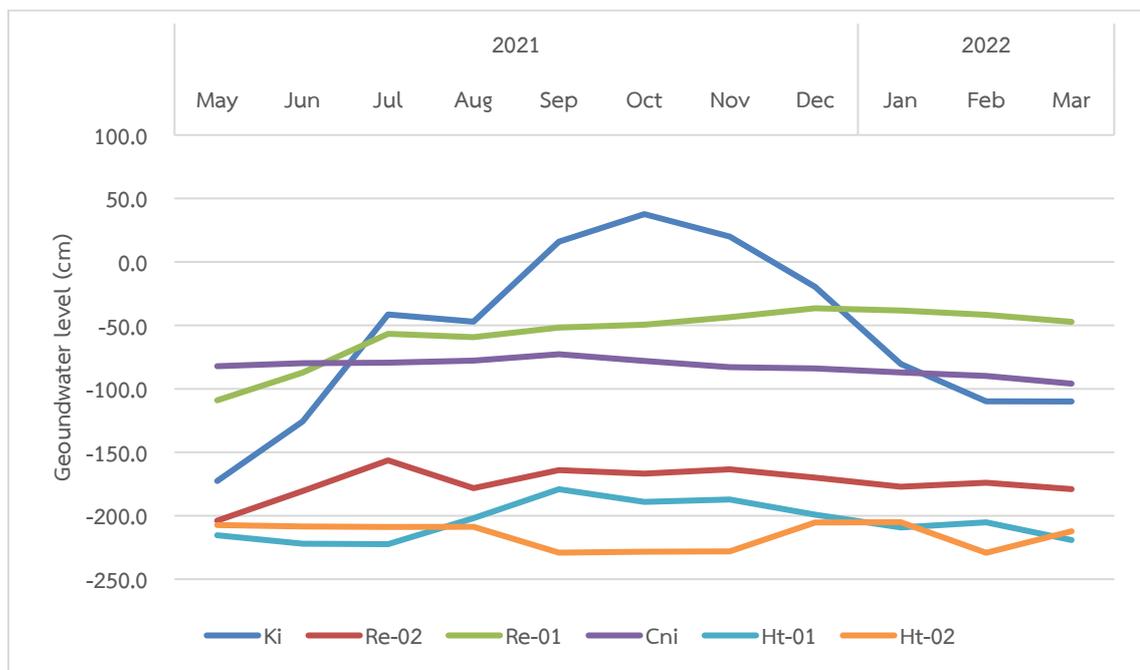


Figure 2 Patterns of groundwater level (cm) measured by LiDAR sensor from May 2021 – March 2022.

2.2 ระยะเวลาการขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินน้อยกว่า 50 เซนติเมตรจากผิวดิน จากการพิจารณาถึงระยะเวลาที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ระหว่าง 0-50 เซนติเมตร ในรอบ 11 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2021 - มีนาคม 2022 เพื่อใช้เป็นลักษณะวินิจฉัยสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน ดังภาพที่ 3 พบว่าชุดดินกุลาร้องไห้ และชุดดินร้อยเอ็ด (01) มีระดับน้ำใต้ดินที่ความลึกระหว่าง 0-50 เซนติเมตรจากผิวดินเป็นระยะเวลานานกว่า 5 เดือน ส่วนชุดดินอื่นๆ ระดับน้ำใต้ดินพบลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร ซึ่งไม่เข้าลักษณะวินิจฉัยของสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินในระดับ suborder

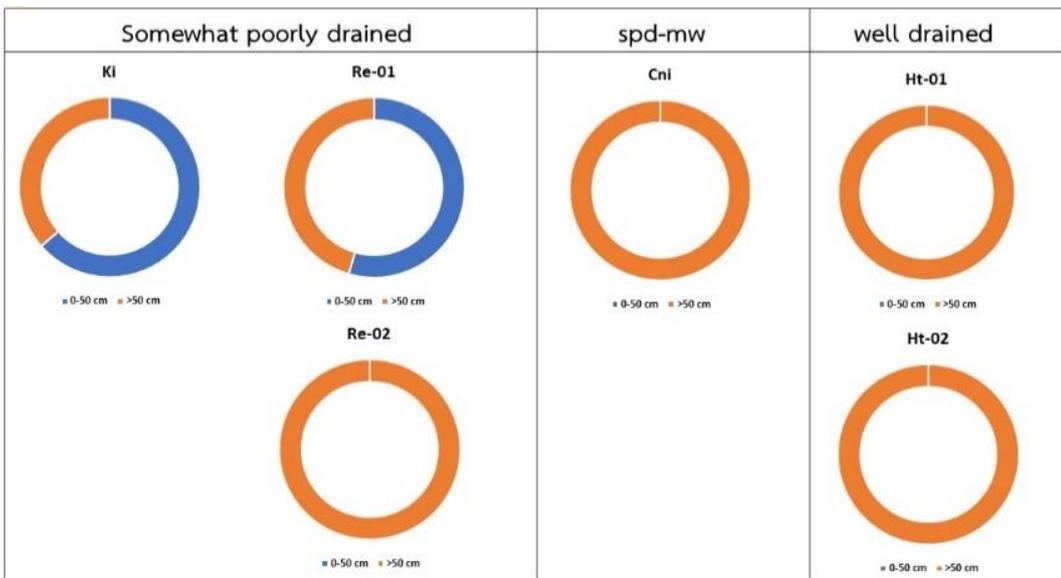


Figure 3 Periods of ground water rise <50 cm from surface soils from May 2021 – March 2022.
Remarks: somewhat poorly drained (spd); moderately well drained (mw); well drained (wd)

2.3 การเกิดลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ของดิน ซึ่งเกิดจากสภาพการเปียกและแห้งสลับกัน ทำให้สารประกอบของเหล็กและแมงกานีสอยู่ในรูปรีดักชัน (reduction) เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ และอยู่ในรูปออกซิเดชัน (oxidation) เมื่อดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ส่งผลให้ดินมีสีเทา และมีจุดประสีแดง สีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีดำในหน้าตัดดิน จากการพิจารณาลักษณะรีดอกซ์ที่พบภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ตามเกณฑ์การจำแนกสภาพการขังน้ำของดิน ร่วมกับระดับน้ำใต้ดินภายในความลึกดังกล่าว จากภาพที่ 3 พบว่าชุดดินกุลาร้องไห้ และชุดดินร้อยเอ็ด (01) มีการขังน้ำที่ระดับความลึกน้อยกว่า 50 เซนติเมตรเป็นระยะเวลาหนึ่งในรอบปี เมื่อพิจารณาภาพหน้าตัดดินของชุดดินกุลาร้องไห้ และชุดดินร้อยเอ็ด (01) (Fig. 4) พบจุดประเกิดขึ้นภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน กล่าวได้ว่าชุดดินกุลาร้องไห้ และชุดดินร้อยเอ็ด (01) เกิดลักษณะรีดอกซ์ขึ้นภายในหน้าตัดดิน

จากเกณฑ์การประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน มีลักษณะสำคัญ 3 ข้อ ประกอบด้วย 1) ความลึกของการขังน้ำในดิน 2) การเกิดสภาพรีดักชันของดินและ 3) การเกิดรีดอกซ์ ในอดีตการศึกษาเกี่ยวกับความเปียกของดินส่วนใหญ่จะทำในขณะออกสนาม ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงเวลาหนึ่งในรอบปีเท่านั้น ดังนั้นการประยุกต์ใช้ LiDAR sensor มาช่วยในการวัดระดับน้ำใต้ดิน สามารถติดตามระดับความลึกของการขังน้ำในดิน รวมทั้งระยะเวลาที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำได้ ข้อมูลดังกล่าวเป็นลักษณะสำคัญ 2 ใน 3 ข้อที่ใช้ประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน ข้อมูลมีความต่อเนื่องและเป็นปัจจุบันมากที่สุด นอกจากใช้เป็นเกณฑ์การประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินแล้ว ข้อมูลน้ำใต้ดินมีความสำคัญต่อการประเมินการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืช รวมถึงช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของดินได้ (เอิบ, 2548)

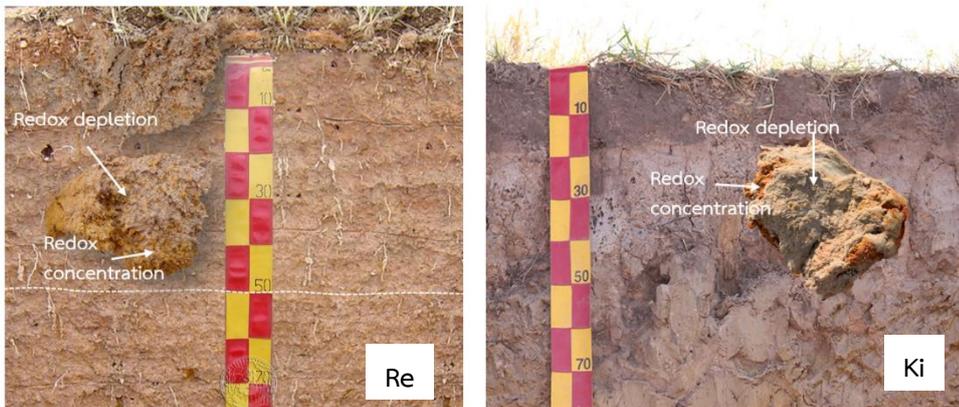


Figure 4 Redoximorphic feature of Re and Ki soil series at 50 cm from surface soil.

3. การประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน (aquic condition) ตามระบบอนุกรมวิธานดิน โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินร่วมกับการเกิดลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ของดิน ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกันของจังหวัดร้อยเอ็ด

จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลการขึ้นลงของน้ำใต้ดินจากการประยุกต์ใช้ LiDAR sensor ร่วมกับข้อมูลการจำแนกดินของชุดดินหลักประเทศไทยเดิม ตามระบบอนุกรมวิธานดิน (2014) ที่เกี่ยวข้องกับการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินในระดับอันดับดินย่อย (suborder) และกลุ่มดินย่อย (subgroup) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน มีลักษณะสำคัญ 3 ข้อ ประกอบด้วย 1) ความลึกของการแช่ขังน้ำในดิน 2) การเกิดสภาพรีดอกซ์ชั้น และ 3) การเกิดลักษณะรีดอกซ์ พบว่า

ชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) การจำแนกเดิม คือ Typic Natraqualfs ซึ่งจำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินอยู่ใน aquic suborder ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการขึ้นลงของน้ำใต้ดิน (Fig. 2) และระยะเวลาที่น้ำใต้ดินอยู่น้อยกว่า 50 เซนติเมตรในช่วงเวลาหนึ่งในรอบปี (Fig. 3) รวมทั้งเกิดจุดประในหน้าตัดดินที่แสดงถึงการเกิดสภาพรีดอกซ์ชั้นในดินที่ความลึกน้อยกว่า 50 เซนติเมตรตามเกณฑ์การจำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน

ชุดดินร้อยเอ็ด (Re) ซึ่งมีพื้นที่ตัวแทนทั้งหมด 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณ อ.จันทาร (01) และ อ.สุวรรณภูมิ (02) การจำแนกเดิม คือ Aeric Kandiaquults แต่จากการติดตามระดับน้ำใต้ดินพบว่าระดับความลึกของน้ำใต้ดินแตกต่างกัน โดยชุดดินร้อยเอ็ดที่อยู่ในพื้นที่ อ.จันทาร (Re-01) พบน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดิน เมื่อพิจารณาการขังน้ำพบว่าลักษณะตรงตามเกณฑ์การจำแนกของสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน จัดอยู่ใน aquic suborder สำหรับชุดดินร้อยเอ็ด ในพื้นที่ อ.สุวรรณภูมิ (Re-02) จากกราฟพบว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าความลึกระหว่าง 100-150 เซนติเมตร ซึ่งไม่เข้าเกณฑ์การจำแนกในระดับ aquic suborder แต่เข้าเกณฑ์การจำแนกในระดับ aquic subgroup

ชุดดินขำนิ (Cni) การจำแนกเดิม คือ Aquic Haplustalfs ซึ่งจำแนกสภาพการขังน้ำอยู่ใน aquic subgroup ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการขึ้นลงของน้ำใต้ดิน (Fig. 2) ระดับน้ำใต้ดินอยู่ระดับความลึก 72.8-95.9 เซนติเมตรจากผิวดิน จากกราฟของระดับน้ำใต้ดินสอดคล้องกับลักษณะการจำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินที่จัดอยู่ใน aquic subgroup

ชุดดินห้วยแกลง (Ht) ซึ่งมีพื้นที่ตัวแทนทั้งหมด 2 บริเวณ การจำแนกเดิม คือ Typic (Kandic) Paleustults เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ชุดดินดังกล่าวไม่มีสภาพการขังน้ำตลอดความลึก 2 เมตร และดินมีการระบายน้ำอยู่ในระดับดี (well drained)

จากข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ได้ในปีที่ 1 สามารถนำมาพิจารณาร่วมกับการเกิดลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ของดิน ในการประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินในการจำแนกในระดับอันดับย่อย และกลุ่มดินย่อยได้ ยกเว้นผลการศึกษาในชุดดินร้อยเอ็ด บริเวณ อ.สุวรรณภูมิ ที่ระดับน้ำใต้ดินไม่สอดคล้องกับผลการจำแนกดินของชุดดินจัดตั้งเดิม จึงควรมีการติดตามระดับน้ำใต้ดินในปีต่อไป เพื่อให้มีข้อมูลระดับน้ำใต้ดินต่อเนื่องเพิ่มมากขึ้น

สำหรับการแปลผลข้อมูลสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินและการจำแนกดินที่ส่งผลต่อการระบายน้ำของดินในสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกัน พบว่าชุดดินกุลาร้องไห้ อยู่บริเวณที่ราบตะกอนน้ำพา มีสภาพความชื้นดินเป็น aquic (Typic Natraqualfs) เป็นดินที่มีการแช่ขังน้ำอย่างชัดเจน อย่างน้อยในช่วงฤดูฝน ลักษณะความชื้นเช่นนี้จะมีการระบายน้ำของดินตั้งแต่การระบายน้ำเลวมาก (very poorly drained) ถึงการระบายน้ำค่อนข้างเลว (somewhat poorly drained) สำหรับพื้นที่ในส่วนสูงถัดขึ้นมาจากพื้นที่ราบตะกอนน้ำพา ได้แก่ พื้นที่ส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ ประกอบด้วยชุดดินร้อยเอ็ด และชุดดินขำนิ โดยชุดดินร้อยเอ็ดมีการจำแนกได้เป็น Aeric Kandiaquults พบว่ามีสภาพความชื้นดินเป็น aquic เช่นเดียวกับชุดดินกุลาร้องไห้ เป็นดินที่มีการแช่ขังน้ำอย่างชัดเจน รวมทั้งมีการระบายน้ำค่อนข้างเลว (somewhat poorly drained) จากข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน ชุดดินร้อยเอ็ด บริเวณ อ.จันทาร (Re-01) สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ที่นำมาใช้จำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินในระดับอันดับดินย่อย ส่วนชุดดินขำนิ มีการจำแนกได้เป็น Aquic (plinthaquic) Haplustalfs สภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินจะใช้ระดับกลุ่มดินย่อย เนื่องจากเป็นบริเวณที่ต่ำสุดของดินตอนที่อยู่ต่อเนื่องกับบริเวณที่ลุ่ม มีน้ำแช่ขังแต่ไม่นานพอที่จะเป็น aquic suborder สอดคล้องกับข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่ไม่พบการแช่ขังในช่วงความลึกระหว่าง 0-50 เซนติเมตร (Fig. 2 และ 3) ทั้งนี้การจำแนกอยู่ใน aquic subgroup บ่งบอกถึงการระบายน้ำของดิน จัดอยู่ในชั้นการระบายน้ำดี

ปานกลางถึงค่อนข้างเลว (moderately well drained – somewhat poorly drained) สำหรับสภาพภูมิลักษณะที่สูงที่สุดของพื้นที่ศึกษา มีชุดดินห้วยแกลงเป็นชุดดินตัวแทน มีการจำแนกได้เป็น Typic (Kandic) Paleustults จากข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน (Fig. 2 และ 3) ไม่พบลักษณะวินิจฉัยที่แสดงถึงสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินทั้งในระดับอันดับดินย่อย และระดับกลุ่มดินย่อยซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการจำแนกเดิม ดินจัดอยู่ใน Typic subgroup ดินมีการระบายน้ำดี (well drained)

สภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินมีความสำคัญต่อการแปลผลสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในแต่ละสภาพภูมิลักษณะ กล่าวได้ว่าดินที่อยู่ในส่วนสูงกว่าของสภาพภูมิลักษณะ จะมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า และดินแห้งเร็วกว่าดินที่อยู่ในส่วนต่ำของสภาพภูมิลักษณะ จากการติดตามระดับน้ำใต้ดินของชุดดินข้างต้น ทำให้เห็นแนวโน้มของระดับน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อ การเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะชุดดินห้วยแกลง ซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 100 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลให้พืชขาดน้ำในช่วงฤดูแล้ง สำหรับชุดดินกุลาร้องไห้ ชุดดินร้อยเอ็ด และชุดดินชานี สามารถทำการเพาะปลูกพืชได้ในช่วงฤดูฝนเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินขึ้นสูง ร่วมกับได้รับน้ำฝน ซึ่งเพียงพอต่อการเพาะปลูกพืช เช่น การทำนาปี แต่ไม่ควรทำนาในช่วงฤดูแล้ง เพราะระดับน้ำใต้ดินลึก และไม่มีน้ำฝนเพียงพอ อาจทำให้พืชขาดน้ำได้ นอกจากนี้อาจมีข้อจำกัดสำหรับการปลูกพืชหลังนา เนื่องจากดินมีความชื้นไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกพืช

การประยุกต์ใช้ข้อมูลน้ำใต้ดินสามารถสนับสนุนข้อมูลที่มีความต่อเนื่องและเป็นปัจจุบัน ในการศึกษา ลักษณะวินิจฉัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านการสำรวจจำแนกดินโดยตรง ช่วยให้การแปลผลข้อมูลดินมีความละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลการติดตามระดับน้ำใต้ดินด้วย LiDAR sensor สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆ เช่น การวางแผนการใช้ที่ดินทางการเกษตร สนับสนุนข้อมูลที่เกี่ยวกับการระบายน้ำ และความชื้นของดิน ซึ่งนำไปสู่การวางแผนปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ในงาน zoning by Agri-map รวมทั้งการติดตามระดับน้ำใต้ดินเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเลือกพื้นที่ขุดบ่อน้ำขนาดเล็กในไร่นา เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูกพืช รวมทั้งสามารถเป็นข้อมูลสนับสนุนงานด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำได้

สรุป

การประเมินสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน (aquic condition) โดยการประยุกต์ใช้ LiDAR ร่วมกับการเกิดลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic feature) ของดิน ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิลักษณะที่แตกต่างกันของจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 6 บริเวณ พบว่ามี 5 บริเวณ ที่ชุดดินในแผนที่ชุดดินมีการจำแนกดินที่สอดคล้องกับผลการศึกษา และมี 1 บริเวณ ที่ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับการจำแนกดินในแผนที่ชุดดินเดิม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ที่ราบตะกอนน้ำพา (alluvial plain) มีสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ได้แก่ ชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) จากการศึกษาพบดินมีสภาพ aquic condition ภายใน 50 เซนติเมตรบางช่วงเวลาของปี และพบการเกิดลักษณะรีดอกซ์ของดิน ตามเกณฑ์การจำแนกดิน เข้าเกณฑ์การจำแนกอันดับ aquic suborder สอดคล้องกับการจำแนกของชุดดินกุลาร้องไห้ ที่มีการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยเป็น Typic Natraqualfs

2. บริเวณพื้นที่ส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ (lower part of peneplain) มีสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ราบเรียบ ศึกษาชุดดินตัวแทนของพื้นที่ 3 บริเวณ ได้แก่ ชุดดินชานี (Cni) 1 บริเวณ และชุดดินร้อยเอ็ด (Re) 2 บริเวณ พบว่า

2.1 ชุดดินชานี (Cni) มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ระดับความลึก 72.8-95.9 เซนติเมตรจากผิวดิน พบว่าลักษณะตรงตามเกณฑ์การจำแนกสภาพ aquic condition ของดิน ที่จัดอยู่ใน aquic subgroup สอดคล้องกับการจำแนกของชุดดินชานี ที่มีการจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยเป็น Aquic (plinthaquic) Haplustalfs

2.2 ชุดดินร้อยเอ็ด (Re) บริเวณ อ.จันทาร (Re-01) ดินพบ aquic condition ภายใน 50 เซนติเมตร บางช่วงเวลาของปี และพบ redoximorphic feature ตามเกณฑ์การจำแนกดิน เข้าเกณฑ์การจำแนกอันดับ aquic suborder สอดคล้องกับการจำแนกในระดับอันดับดินย่อยเป็น Aeric Kandiaquults

2.3 ชุดดินร้อยเอ็ด (Re) บริเวณ อ.สุวรรณภูมิ (Re-02) พบว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ความลึกระหว่าง 100-150 เซนติเมตร ซึ่งไม่เข้าเกณฑ์การจำแนกอันดับ aquic suborder แต่เข้าเกณฑ์การจำแนกในระดับ aquic subgroup ส่งผลให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนการจำแนกดินในระดับชุดดิน และสมบัติการระบายน้ำของดิน

3. บริเวณพื้นที่ส่วนสูงของพื้นที่เกือบราบ (higher part of peneplain) มีสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ได้แก่ ชุดดินห้วยแกลง (Ht) ซึ่งมีพื้นที่ตัวแทนทั้งหมด 2 บริเวณ เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ชุดดินดังกล่าวไม่มีสภาพการขังน้ำตลอดความลึก 2 เมตร คือไม่มีสภาพ aquic condition ของดิน มีแนวโน้มที่ดินแห้งรวมกัน > 90 วันในรอบปี สอดคล้องกับจำแนกดินเป็น Typic (Kandic) Paleustults ดินมีการระบายน้ำดี (well drained)

4. สภาพภูมิประเทศที่อยู่บริเวณส่วนต่ำของพื้นที่เกือบราบ (lower part of peneplain) การจำแนกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำของดินมีแนวโน้มสอดคล้องกับการจำแนกในระดับ aquic subgroup เนื่องจากความชื้นและระยะเวลาในการขังน้ำไม่เข้าเกณฑ์การจำแนกในระดับ aquic suborder

เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. 2556. **แผนที่ขอบเขตการปกครอง**. กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพมหานคร.
- กรมทรัพยากรธรณี. 2559. **แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000**. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. **สถิติภูมิอากาศจังหวัดร้อยเอ็ด (2564-2565)**. กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพมหานคร.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. **แผนที่ค่าความสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1:25,000**. กรุงเทพมหานคร.
- กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. 2559. **ประเภทการใช้ที่ดินพื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือ**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน. 2561. **แผนที่ทรัพยากรดินของประเทศไทย ปี 2561**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- เอิบ เขียววีร์นรมณ์. 2548. **การสำรวจดิน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Jannata M.S., R.A. Salam and A. Suhendi. 2020. Study on the Near-IR Light Detection and Ranging (LiDAR) Potential Use as Water Level Sensor. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**. 1-5. doi:10.1088/1755-1315/704/1/012040
- Kawakami Y., F. Takashi, N. Hideto, T. Kitamura, K. Kurosawa, K. Kazuma, T. Naoto and M.S. Tanaka. 2016. Rice Cultivation Support System Equipped with Water-level Sensor System. **IFAC - Paper Online**. 49(16): 143-148. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.027>
- Reddy K.Y., L.N. Reddy, S. Nagothu and S.B.R. Nakka. 2016. Sensors for Water Monitoring for Improved on Farm Water Management. **2nd World Irrigation Forum (WIF2) 6-8 November 2016**, Chiang Mai, Thailand.