การใช้ค่าดรรชนีความชื้นในดิน (SMI) เพื่อติดตามสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตร กรณีศึกษา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

Using Soil Moisture Index and Geographic Information System for Presenting Agricultural Drought Situation Case Study : Kraseaw Operation and Maintenance Project, Suphanburi Province

นายวศัน สดศรี
นางสาวประภาพรรณ ซื่อสัตย์
สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน
WASAN SODSRI
PRAPAPAN SUESAT

Office of Research and Development, Royal Irrigation Department

บทคัดย่อ

การใช้ค่าดรรชนีความชื้นในดิน (Soil Moisture Index) เพื่อติดตามสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตร กรณีศึกษา : โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าดรรชนีความชื้นในดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินค่าดรรชนีความชื้นในดิน และเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงโดยตรง (Gravimetric Sampling) กับค่าความชื้นที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำ ของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี โดยวางแผนและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินระดับการสำรวจและจำแนกดินแบบการสำรวจดินค่อนข้างหยาบ (Detailed Reconnaissance Survey) รวมทั้งสิ้น 54 จุด เก็บตัวอย่างดินจุดละ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 30 และ 60 เซนติเมตร เพื่อหาค่า SMI จัดทำแผนที่ด้วยวิธีการแทรกค่า (Interpolation Methods) ในระบบสารสนเทศ-ภูมิศาสตร์ และดำเนินการทดสอบร้อยละความคลาดเคลื่อนทางสถิติร่วมด้วย เพื่อหา ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่ได้โดยการแทรกค่าจำนวน 10 รูปแบบ ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่มีความคลาดเคลื่อนทางสถิติต่ำสุด ได้แก่ รูปแบบที่ใช้ค่ายกกำลัง 2 และจำนวนจุดข้างเคียง 44 จุด โดยแผนที่แสดงค่า SMI มีการรายงานผลทุก 10 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคม – สิงหาคม 2560

แผนที่นำเสนอค่า SMI ที่ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร แบ่งระดับความแล้งทางการเกษตรออกเป็น 4 ระดับ (สีเข้มไปสีอ่อนตามลำดับ) ได้แก่ ระดับปกติ แล้งเล็กน้อย แล้งปานกลาง และแล้งรุนแรง โดยในพื้นที่แล้งรุนแรงนี้จะเป็นพื้นที่ที่ความชื้นในดินลดลงน้อยกว่า ร้อยละ 50 ของ Available Moisture Capacity ซึ่งเป็นจุดวิกฤตที่ทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตร

การเปรียบเทียบค่า SMI ที่ได้จากการวัดค่าความชื้นในดินโดยตรง และค่า SMI ที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis) 4 รูปแบบ คือ วิธี Linear, Inverse, Quadratic และ Cubic พบว่าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ค่า Sig. ได้แก่ .005, .001, .003 และ .003 ตามลำดับ และค่า R Square ได้แก่ .186, .232, .263 และ .263 ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรนั้นทุกรูปแบบมีค่า Sig. เป็น .000 แต่มีค่า R Square เป็น .746, .709, .747 และ .747 ตามลำดับ และที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำสามารถอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงด้วยสมการรูปแบบ Quadratic มีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$\hat{Y} = 4.453 + 0.560X - 0.021X^2$$

ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ทุกระดับความลึกมีค่า Sig. เป็น .000 โดยที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร มีค่า R Square เป็น .180, .306, .322 และ .331 และที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีค่า R Square เป็น .463, .444, .470 และ .479 ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรนั้นค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำมีโอกาสอธิบายความผันแปรของ ค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงด้วยสมการรูปแบบ Cubic มีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$\hat{Y} = 16.625 + 5.532X + 0.566X^2 + 0.021X^3$$

Abstract

The monitoring in drought of agriculture problems was the using of Soil Moisture Index (SMI) in Kaseaw Operation and Maintenance projects, Supanburi province. The objective of study was to investigate the soil moisture index with the utilization of Geographic Information Systems (GIS). This plan was applied by the comparison of the soil moisture between gravimetric sampling and the moisture of soil water balance estimation. Moreover, this scheme was set by the soil sampling points in the level of survey and soil classification in Detailed Reconnaissance Survey including 54 soil data points; the point of two deep levels (30 cm and 60 cm) in order to measure SMI and manipulate map with Interpolation Methods in GIS. In statistics, the percentage error was calculated by inserting ten computational types. The results revealed that the lowest overall mean percentage error was the square of statistical data type and 44 access point effects. The map of SMI had reported every ten days from January to August 2017.

The map showed that SMI at 30 cm and 60 cm depth could classify four drought levels to explain the severity and appropriate the response level to drought conditions as normal conditions, dry conditions, very dry conditions, extremely dry conditions. The red zone in the area of soil moisture index that was lower than 50% of Available Moisture Capacity of critical point that caused drought in agriculture.

The SMI comparison obtained the measurement of soil moisture in the field and water balance estimation which were compared with that from four Regression Analysis methods; Linear, Inverse, Quadratic and Cubic. The experiment in Operation and Maintenance Branch (Office 2) part showed 30 cm depth of soil analysis that was analyzed as Sig. (.005, .001, .003, and .003) and R Square (.186, .232, .263, .263). In part of 60 cm depth, it was analyzed as Sig. (.000, .000, .000, and .000) and R Square (.746, .709, .747, .747). The SMI at 60 cm depth from water balance system was able to explain the SMI variance of the moisture index in this quadratic function.

$$\hat{Y} = 4.453 + 0.560X - 0.021X^2$$

The experiment in Operation and Maintenance Branch (Office 3), 30 cm depth of soil analysis that was analyzed as Sig. (.000, .000, .000, and .000) and R Square (.180, .306, .322, .331). In part of 60 cm depth, it was analyzed as Sig. (.000, .000, .000, and .000) and R Square (.463, .444, .470, .479). The SMI at 60 cm depth in water balance estimation would probably justify the SMI of moisture index in this cubic function.

$$\hat{Y} = 16.625 + 5.532X + 0.566X^2 + 0.021X^3$$

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สภาวะแล้งทางการเกษตรอันเกิดจากปัญหาภัยแล้ง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อ ภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยสภาวะแล้งทางการเกษตรที่เกิดขึ้นจะพิจารณา ค่าความชื้นในดินที่ระดับรากพืชลดลงจนถึงจุดแห้งเหี่ยว (Wilting Point) หรือต่ำกว่า ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการสภาวะแล้งทางการเกษตรอย่างเหมาะสม มาตรการหนึ่งคือ การติดตามสถานการณ์โดยการหาค่าดรรชนีแล้ง ที่สามารถบอกถึงช่วงเวลาเริ่ม – สิ้นสุด ขอบเขตพื้นที่และระดับความรุนแรง ซึ่งการประยุกต์ใช้ค่าดรรชนีความชื้นในดิน (Soil Moisture Index ; SMI) ร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อนำเสนอในรูปแบบแผนที่ จัดเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความน่าสนใจสำหรับใช้ในการติดตามสถานการณ์ภัยแล้งได้

จากสภาพของปัญหาภัยแล้งในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี 2558 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดแนวทางการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้งปี 2558/ 2559 โดยให้ผู้ใช้น้ำทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ และภาคส่วนอื่น ๆ เตรียมพร้อมรับสถานการณ์น้ำน้อยในช่วงฤดูแล้งตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2558 เป็นต้นมา (เดลินิวส์, 2558) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นพื้นที่ชลประทานแห่งหนึ่งในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่อาจประสบปัญหาภัยแล้ง จากข้อมูลวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2559 พบว่ามีปริมาณน้ำในเขื่อนกระเสียว 72 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้อยกว่า ณ วันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2558 อยู่ 57 ล้านลูกบาศก์เมตร (กรมชลประทาน, 2559) หากมีการบริหารจัดการในสภาวะแล้งทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ชลประทานที่อยู่ในความรับผิดชอบของทางโครงการ ฯ ได้

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค่าดรรชนีความชื้นในดินของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี
2. เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินค่าดรรชนีความชื้นในดินของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำ

3. ขอบเขตการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินค่าดรรชนีความชื้นในดิน เป็นข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร ระหว่างเดือนมกราคม – สิงหาคม 2560

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

เพื่อนำไปใช้ในการติดตามสถานการณ์ภัยแล้งทางการเกษตร โดยสามารถนำแผนที่แสดงค่า SMI ไปใช้เป็นส่วนประกอบการให้คำแนะนำแก่เกษตรกร และเป็นข้อมูลกำหนดแนวทางวางแผนการให้น้ำแก่พืช สำหรับการบริหารจัดการสภาวะแล้งทางการเกษตรให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์และสภาพพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

5. การตรวจสอบเอกสาร

1. ค่าดรรชนีความชื้นในดิน (Soil Moisture Index; SMI) เป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นของสภาวะแล้งทางการเกษตรจะใช้ข้อมูลความชื้นดินที่มีอยู่จริง (Actual Water Content) ร่วมกับค่าความชื้นความจุสนาม (Field Capacity; FC) และจุดแห้งเหี่ยว (Wilting Point; WP) เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าดรรชนีความชื้นในดิน (Soil Moisture Index; SMI) โดยกำหนดให้ SMI มีค่าอยู่ระหว่าง 5.0 และ -5.0 โดย SMI มีค่า 5.0 เมื่อมีความชื้นในดินมีค่าที่ FC และ SMI มีค่า -5.0 เมื่อความชื้นในดินเท่ากับ WP โดยค่า SMI ที่มีค่าเป็นบวกหมายถึงความชื้นในดินมีเพียงพอสำหรับพืช แต่หากมีค่าเป็นลบหมายถึงความชื้นในดินไม่เพียงพอสำหรับพืช (Eric *et al*, 2008.)

ค่าดรรชนีความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช หาได้จากเงื่อนไขความชื้นในดิน ได้แก่ ความชื้นในดินที่มีอยู่จริง ความชื้นความจุสนาม และจุดแห้งเหี่ยว ตามการกำหนดของ Sridhar *et al.* (2008) ดังนี้

$$SMI = \left[\frac{5(SM - WP)}{(FC - WP)} - 5 \right]$$

SM คือ ค่าความชื้นในดิน
WP คือ ค่าจุดแห้งเหี่ยว
FC คือ ค่าความชื้นความจุสนาม

2. การแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้ดังนี้ (ชฎา, 2555)

2.1 Global Method เป็นการประมาณค่าโดยการใช้ค่าของจุดควบคุมเพื่อสร้างสมการหรือแบบจำลอง สำหรับการคำนวณหรือการประมาณค่าไปยังจุดที่ยังไม่ทราบค่า การประมาณค่าแบบโลกมี 2 วิธีการ คือ Trend Surface Analysis และ Regression Model

2.2 Local Method เป็นการใช้ค่าตัวอย่างของจุดควบคุมเพื่อคำนวณค่าของจุดที่ต้องการทราบ ดังนั้นจำนวนการสุ่มตัวอย่างจึงมีความสำคัญ การประมาณค่าแบบท้องถิ่นมี 5 วิธีการที่นิยมใช้ คือ Thiessen Polygon, Density Estimation, Inverse Distance Weight, Thin-plate Splines (Regularized Spline หรือ Regularized Spline with Tension), Kriging

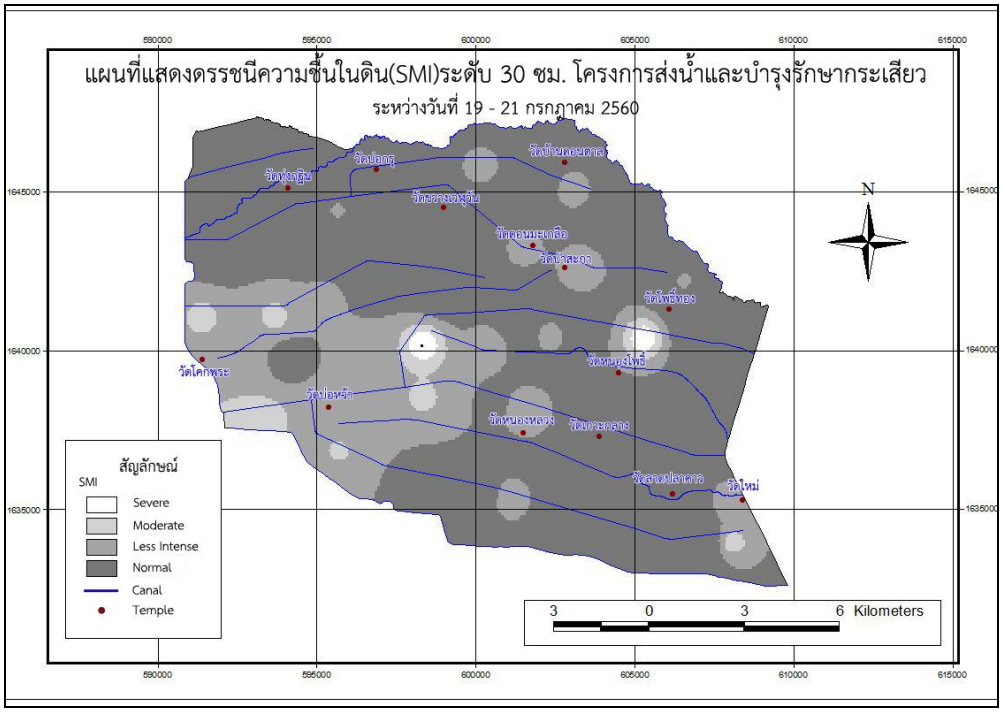
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบการประมาณค่าความชื้นในดินจากระบบสมดุลน้ำ ที่ใช้ตัวแปรอุตุนิยมวิทยา ท่าพระ จังหวัดขอนแก่น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความชื้นในดินที่ได้จากการตรวจวัดจริงในบริเวณดังกล่าว ระหว่างเดือนมกราคม 2553 – มิถุนายน 2554 แยกตามระดับความลึกของชั้นดิน 10, 20, 30, 40, 60 และ 100 เซนติเมตร พบความเหมาะสมสูงสุดที่ระดับชั้นดินความลึก 60 เซนติเมตร โดยมีค่า R^2 0.61 ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าความชื้นในดินจากระบบสมดุลน้ำ แทนค่าความชื้นในดินที่ได้จากการตรวจวัดจริงไปประกอบการคำนวณค่า SMI เพื่อใช้ติดตามสภาวะแล้งทางการเกษตรโดยเฉพาะพืชไร่ ซึ่งมีระบบรากกระจุกตัวอยู่ที่ระดับความลึกใกล้เคียง 60 เซนติเมตร (อนุรัตน์ และคณะ, 2554)

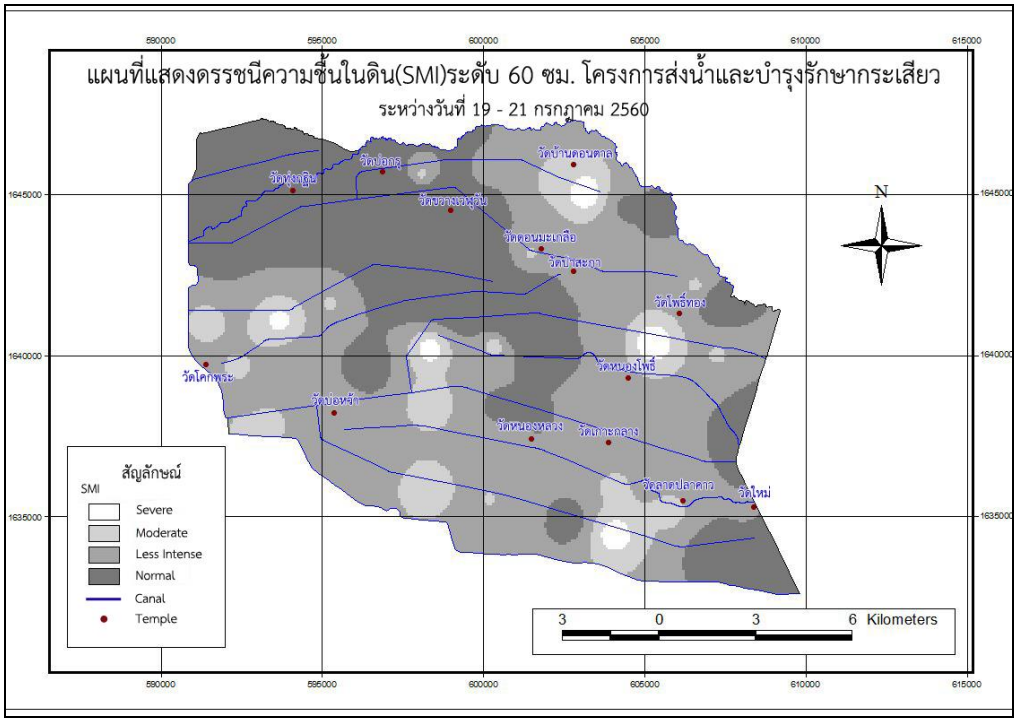
7. วิธีการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี
2. วางแผนและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี ในอัตรา 2,500 ไร่/ 1 จุด (การสำรวจดินแบบหยาบ (Reconnaissance Survey)) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)
3. ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินโดยเก็บตัวอย่างดินจุดละ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 30 และ 60 เซนติเมตร
4. ทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ ฝ่ายดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน
5. เก็บตัวอย่างดินทุก ๆ 10 วันในจุดเก็บตัวอย่างเดิมทั้ง 2 ระดับความลึก ได้แก่ 30 และ 60 เซนติเมตร เพื่อนำมาทดสอบหาค่า Soil Moisture ด้วยวิธีการวัดความชื้นของดินโดยตรง (Gravimetric Sampling)
6. นำผลการทดสอบตัวอย่างดินมาคำนวณค่าดรรชนีความชื้นในดิน (Soil Moisture Index; SMI)
7. นำผลการคำนวณค่าดรรชนีความชื้นในดินชนิดข้อมูลจุด (Point Data) มาแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยใช้วิธีการแทรกค่า (Interpolation Methods) จากนั้นจัดทำแผนที่แสดงค่าดรรชนีความชื้นในดิน
8. รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนและค่าระเหยน้ำรายวันในช่วงเวลาเดียวกับการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อเปรียบเทียบการใช้ค่าความชื้นดินที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริง

8. ผลการศึกษา



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงค่า SMI ระดับความลึก 30 เซนติเมตร วันที่ 19 – 21 กรกฎาคม 2560



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงค่า SMI ระดับความลึก 60 เซนติเมตร วันที่ 19 – 21 กรกฎาคม 2560

แผนที่แสดงค่า SMI นำเสนอภาพแผนที่ที่ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร แบ่งระดับความแล้งทางการเกษตรออกเป็น 4 ระดับ (สีเข้มไปสีอ่อนตามลำดับ) ได้แก่ ระดับปกติ แล้งเล็กน้อย

แล้งปานกลาง และแล้งรุนแรง ตัวอย่างแผนที่แสดงดังภาพที่ 1 และ 2 พื้นที่ Normal และ Less Intense คือ บริเวณที่มีความชื้นในดินเพียงพอกับการเกษตรในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนในพื้นที่ Moderate และ Severe มีสภาพแล้ง ปานกลางถึงรุนแรง โดยในพื้นที่ Severe นี้จะเป็นพื้นที่ซึ่งความชื้นในดินลดลงน้อยกว่าร้อยละ 50 ของ Available Moisture Capacity พืชจะเกิดความลำบากในการดูดน้ำไปใช้และจะส่งผลต่อผลผลิตของพืช ซึ่งเป็นจุดวิกฤตที่ทำให้เกิดสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตร โดยกำหนดการให้น้ำของพืชนั้น อภิชาต และคณะ (2524) กล่าวว่าอาจต้องให้น้ำเมื่อดินยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่ร้อยละ 65 - 70 ดังนั้นจากภาพแผนที่ก็อาจพิจารณาการเริ่มให้น้ำแก่พื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ในพื้นที่ Moderate เป็นต้น

การเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำพบว่าค่า SMI ที่ได้จากการหาค่าความชื้นจะสูงกว่าค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำ เมื่อนำค่า SMI ในพื้นที่พืชไร่ทั้งหมดที่ได้จากการหาค่าความชื้นและการประมาณค่าสมดุลน้ำมาเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง โดยให้ตัวแปรอิสระคือ ค่า SMI ค่าที่ได้จากระบบสมดุลน้ำ และตัวแปรตาม คือ ค่า SMI ที่ได้จากการหาค่าความชื้น แบ่งตามพื้นที่รับผิดชอบ ได้แก่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 และ 3 จะแสดงข้อมูลดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงกับค่าที่ได้ จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำด้วยการวิเคราะห์ถดถอย พื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2

รูปแบบ	ระดับความลึก 30 เซนติเมตร			ระดับความลึก 60 เซนติเมตร		
	R Square	F	Sig.	R Square	F	Sig.
Linear	.186	8.936	.005	.746	111.662	.000
Inverse	.232	11.751	.001	.709	92.557	.000
Quadratic	.263	6.791	.003	.747	54.576	.000
Cubic	.263	6.791	.003	.747	54.576	.000

การวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรงใช้ค่า Sig ในการทดสอบสมมติฐานหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y ในแต่ละรูปแบบ และค่า R Square ใช้อธิบายความแปรปรวนระหว่างตัวแปร X และตัวแปร Y ที่แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปร X ที่มีต่อตัวแปร Y เพื่อหารูปแบบสถิติที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล โดยจากตารางที่ 1 ในเขตพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 ที่ระดับ 30 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร พบว่าค่า R Square ที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรสูงกว่าระดับ 30 เซนติเมตรทุกรูปแบบ ในส่วนของค่า Sig. ทุกรูปแบบแสดงถึงค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำสามารถอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig < .05) ถึงอย่างไรก็ตามค่า R Square ในทุกรูปแบบที่ความลึก 30 เซนติเมตรนั้นมีค่าต่ำ แต่ที่ระดับความลึกระดับ 60 เซนติเมตร นั้นมีค่าสูง โดยรูปแบบที่มีค่า R Square สูงที่สุดได้แก่ Quadratic และ Cubic ที่มีค่า R Square .747 แสดงให้เห็นว่าค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรนี้ สามารถอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงได้ร้อยละ 74.70 ครั้งนี้จึงเลือกใช้รูปแบบ Quadratic เนื่องจากรูปแบบของสมการมีความสะดวกต่อการนำไปใช้ มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\hat{Y} = 4.453 + 0.560X - 0.021X^2$$

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง ของข้อมูลในเขตพื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ที่ระดับ 30 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร พบว่าค่า R Square ที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรสูงกว่าระดับ 30 เซนติเมตร ทุกรูปแบบ ในส่วนของค่า Sig. ทุกรูปแบบแสดงถึงค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำสามารถอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงอย่างไรก็ตามค่า R Square ที่ระดับความลึกระดับ 60 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าระดับความลึก 30 เซนติเมตรในทุกรูปแบบ โดยรูปแบบที่มีค่า R Square สูงที่สุดได้แก่ Cubic ที่มีค่า R Square .479 แสดงให้เห็นว่าค่า SMI ที่ได้จากระบบสมดุลน้ำที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรนี้ มีโอกาสอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงได้ โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\hat{Y} = 16.625 + 5.532X + 0.566X^2 + 0.021X^3$$

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงกับค่าที่ได้ จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำด้วยการวิเคราะห์ถดถอย พื้นที่ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3

รูปแบบ	ระดับความลึก 30 เซนติเมตร			ระดับความลึก 60 เซนติเมตร		
	R Square	F	Sig.	R Square	F	Sig.
Linear	.180	25.180	.000	.463	90.536	.000
Inverse	.306	50.764	.000	.444	84.008	.000
Quadratic	.322	27.057	.000	.470	46.090	.000
Cubic	.331	18.632	.000	.479	31.568	.000

จากผลการการเปรียบเทียบค่าดรรชนีความชื้นในดินที่ได้จากการวัดค่าความชื้นจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณค่าระบบสมดุลน้ำด้วยการวิเคราะห์ถดถอยในครั้งนี้ เห็นได้ว่าที่ระดับ 60 เซนติเมตร มีโอกาสอธิบายความผันแปรของค่า SMI ที่หาจากค่าความชื้นจริงได้ ซึ่งความสอดคล้องกับการศึกษาของอนุรัตน์ และคณะ (2554) ที่พบว่าค่าความชื้นที่ได้จากระบบสมดุลน้ำในระดับ ความลึก 60 เซนติเมตรมีค่าการยอมรับสูงที่สุด และสามารถใช้ค่าความชื้นที่ได้จากสมดุลน้ำไปประกอบการคำนวณค่า SMI เพื่อใช้ติดตามสภาวะแล้งทางการเกษตรโดยเฉพาะพืชไร่ได้

ส่วนค่า SMI ที่ได้จากการประมาณค่าสมดุลน้ำที่ระดับ 30 เซนติเมตร ไม่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดค่าความชื้นอาจเกิดจาก การคำนวณหาค่าการคายระเหยของน้ำที่ได้มาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณนั้น ใช้สมการ Panman Monteith ซึ่งรูปแบบสมการคำนวณจากค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็วลมที่ระดับสูงจากพื้นดิน 2 เมตร อุณหภูมิของอากาศ (°C) ที่เป็นตัวแทนของจังหวัดสุพรรณบุรี เป็นต้น หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศช่วงระยะ 30 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2524 – 2553 ด้วยสภาพอากาศและพันธุ์พืชเปลี่ยนไป อาจทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงในบางพื้นที่ของจังหวัดสุพรรณบุรีได้ ส่งผลให้ค่าที่ได้จากการประมาณค่าสมดุลน้ำนั้นไม่สามารถใช้แทนค่าที่ได้จากการวัดความชื้นโดยตรงได้

9. บรรณานุกรม

กรมชลประทาน. (2559). ตารางสรุปข้อมูลอ่างขนาดใหญ่ทั่วประเทศ. ศูนย์ประมวลและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ แหล่งที่มา : http://water. rid.go.th/flood/flood/res_table.htm, 8 มกราคม 2559.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2556). การสำรวจและจำแนกดิน, แหล่งที่มา : http://osl101. ldd.go.th/ survey_1/ survey.htm, สืบค้น 19 ธันวาคม 2556.

ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. (2555). ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เดลินิวส์. (2558). มาตรการเตรียมรับภัยแล้ง 2558/59. แหล่งที่มา : https://www. dailynews. co.th /agriculture/353059, 9 ตุลาคม 2558.

อนุรัตน์ ศฤงคารภาษิต, วิรัช วรานุจิตต์ และมนูญ ปางพรม. (2554). ประเมินการใช้ค่าดัชนีความชื้นในดินแบบสมดุลน้ำที่จังหวัดขอนแก่น. เอกสารผลงานอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศลากรสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

อภิชาต อนุกูลอำไพ, วิบูลย์ บุญธโรกุล, วราวุธ วุฒิวณิชย์, โกวิทย์ ท้วมเสงี่ยม และมนตรี ค้ำชู. 2524. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, กรุงเทพ.

Eric D. Hunt., Kenneth G. Hubbard, Donald A. Wilhite, Timothy J. Arkebauer and Allen L. Dutcher. (2008). The Development and Evaluation of a Soil Moisture Index. Int. J. Climatal. Published online in Wiley Interscience. www.interscience. wiley.com.DOI:10. 1002/joc.174

Sridhar, V., Hubbard, K.G., You, J. & Hunt, E.D. (2008). Development of the Soil Moisture Index to Quantify Agricultural Drought and Its “User Friendliness” in Serverity – Areas- Duration Assessment. Journal of Hydrometrology 9.