# รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

# การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือและค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ดินเค็มบกภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของแสงภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

The study on the variation of in-land salt crusts and electrical conductivity values under the salt-affected areas of Northeast Thailand using Landsat 8 (OLI) imageries

# โดย

# นายธิเบต คงนาวัง นางฤดี โคตรชารี



ทะเบียนวิจัยเลขที่ 58 60 06 27 40006 019 105 01 13 กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

#### แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

 ทะเบียนวิจัยเลขที่ 58 60 06 27 40006 019 105 01 13
ชื่อแผนงานวิจัย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือและค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ดินเค็มบก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของแสงภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)
ชื่อผู้รับผิดชอบ นายธิเบต คงนาวัง หน่วยงาน กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 ผู้ร่วมดำเนินการ นางฤดี โคตรชารี หน่วยงาน กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5
เริ่มต้นเดือน มกราคม พ.ศ. 2558 สิ้นสุดเดือน กันยายน 2560 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 ปี สถานที่ดำเนินการวิจัย ตำบลขามป้อม อำเภอพระยืน ตำบลโคกสำราญ อำเภอบ้านแฮด และตำบลเมืองเพีย อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนก่น

พิกัด 244437E ถึง 258253E และ 1773959N ถึง 1810005N

# ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม (บาท)
2558	30,000	70,000	100,000
2559	30,000	70,000	100,000
2560	30,000	70,000	100,000
รวม	90,000	210,000	300,000

**แหล่งงบประมาณที่ใช้** โครงการปลูกไม้ยืนต้นทนเค็มเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็ม สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ\_\_\_\_\_

(นายธิเบต คงนาวัง) ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ\_\_\_\_\_

(\_\_\_\_\_)

ประธานคณะทำงานกลั่นกรองโครงการวิจัยระดับหน่วยงาน วันที่ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561 **ทะเบียนวิจัยเลขที่** 58 60 06 27 40006 019 105 01 13

**ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย)** การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือและค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ดิน เค็มบกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนของแสง ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

(ภาษาอังกฤษ) The study on the variation of in-land salt crusts and electrical conductivity values under the salt affected areas of Northeast Thailand using Landsat 8 (OLI) imageries reflectance analysis.

**สถาที่ดำเนินการ** ตำบลขามป้อม อำเภอพระยืน ตำบลโคกสำราญ อำเภอบ้านแฮด และตำบลเมืองเพีย อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนก่น

พิกัด 244437E ถึง 258253E และ 1773959N ถึง 1810005N

ผู้รับผิดชอบ	นายธิเบต คงนาวัง	Mr. Tibet Khongnawang
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางฤดี โคตรชารี	Mrs. Rudee Kodcharee

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อหาวิธีติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ดัชนีค่าการสะท้อนแสง ้จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ที่บันทึกไว้ในปี 2558 2559 และ 2560 เช่น ดัชนีคราบเกลือ (Salinity Index, SI) ดัชนีความสว่าง (Brightness Index, BI) ดัชนีค่าความแตกต่างพืชมาตรฐาน (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI) ดัชนีค่าความแตกต่างคราบเกลือมาตรฐาน (Normalized Differential Salinity Index, NDSI) ้และดัชนี้ความแตกต่างพืช (Different Vegetation Index, DVI) โดยเบื้องต้นทำการสกัดค่าดัชนีการสะท้อนแสง ณ จุด เก็บตัวอย่างดินจำนวน 68 69 และ 65 จุด ซึ่งเป็นจุดที่ทราบค่าการนำไฟฟ้า (Saturated electrical conductivity, ECe) ของดิน แล้วทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression analysis) ระหว่าง ้ ค่าตัวแปรทั้งสองค่า ผลการศึกษาพบว่า ดัชนี SI ให้ค่าความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงสุด โดยให้ความ เชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 80 ในทั้งสามปีวิจัย (R<sup>2</sup> = 0.84 0.82 และ 0.84) ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE = 0.08, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (ME = 0.1, 0.16 และ 0.13 ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทั้งยังให้ค่าทดสอบความถูกต้องของโมเดล (Lin's concordance) ที่ระดับความเชื่อมั่น มากกว่าร้อยละ 90 ในทุกปีการวิจัย และจากสมการเส้นตรงดังกล่าว ทำให้เราสามารถสร้างแผนที่การกระจายตัว ของดินเค็มบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ โดยพบว่าในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดประมาณ 75,986 ไร่ มีการกระจายตัวของดินเค็ม มากที่สุด (> 16 dS/m) ประมาณร้อยละ 2.5 ของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ดินเค็มมาก (8 - 16 dS/m) ร้อยละ 5 ของ พื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ดินเค็มปานกลาง (4 – 8 dS/m) ร้อยละ 14 ของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ดินเค็มน้อย (2 – 4 dS/m) ร้อยละ 22.5 ของพื้นที่ศึกษา และมีพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเกลือประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ศึกษา

คำสำคัญ: การประเมินคราบเกลือ, ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8(OLI), การจัดทำแผนที่ดินเค็ม, ดัชนีคราบเกลือ (Salinity Index), สมการการคาดการณ์ดินเค็ม

#### Abstract

This study is to deal with monitoring salt-affected areas in Northeast Thailand using remote sensing and GIS systems techniques. Regarding this, various indices had been extracted from Landsat 8 (OLI) imageries acquired on specific dates in 2015, 2016 and 2017 by USGS. The effective indices include Salinity Index (SI), Brightness Index (BI), Normalized Differential Vegetation Index (NDVI), Normalized Differential Salinity Index (NDSI) and Different Vegetation Index (DVI). First, all indices were extracted from the Landsat images on the 68, 69 and 65 sampling sites of research year 2015, 2016 and 2017 respectively, where saturated electrical conductivity (ECe) values were available. Then, correlation analysis was conducted between the soil ECe and the individual indices for determining the most useful index. The results shown that SI index given the highest coefficient of determination  $(R^2)$ around 0.84, 0.82 and 0.84 respectively, with a reasonable root mean square error (RMSE) at 0.08, 0.1 and 0.09 and mean error (ME) at 0.1, 0.16 and 0.13 respectively and we also tested the usefulness of salinity mapping using Lin's concordance which provided a very high coefficient of determination around 0.90 in all research years. The mapping results shown that, under the individual total areas of 12,158 ha, the variations of the very strongly saline areas were classified around 2.5%, whereas the strongly saline areas were just twice around 5% and around 14% were classified as the moderately saline areas. Whereas the slightly saline and non-saline areas were created around 22.5% and more than 50% respectively.

**Keywords:** soil salinity evaluation, Landsat 8(OLI), salinity mapping, salinity index, salinity prediction model

#### 1. หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือ สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งโดยเทคนิคการ สำรวจในพื้นที่จริงแล้วเก็บตัวอย่างดินภาคสนามมาวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ (Intensive techniques) และเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เพื่อให้ทราบถึงปริมาณคราบเกลือ และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามการศึกษาแบบละเอียดนั้นมีข้อจำกัดที่ต้องใช้เวลานานใน การดำเนินการ ทั้งยังไม่สามารถติดตามหรือคาดการย้อนหลังถึงข้อมูลการเกิดคราบเกลือในอดีตได้และ สิ้นเปลืองงบประมาณมากในการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีดินในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดด้าน ขนาดของพื้นที่ที่ไม่สามารถดำเนินการในพื้นที่ที่กว้างมากนักได้ ทำให้การติดตามนั้นไม่สามารถทำได้โดย สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ดินเค็มที่แท้จริงซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้น ตามปัจจัยด้านภูมิอากาศ พืชพันธุ์และปริมาณน้ำฝนในแต่ละภูมิภาค

การศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของคราบเกลือจากระยะไกลโดยศึกษาค่าการสะท้อนแสงของพื้น ผิวหน้าดินจากภาพถ่ายดาวเทียมควบคู่กับค่าการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีดินทางห้องปฏิบัติการ จึงเป็น ทางเลือกที่มีความสอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติและช่วยประหยัด ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ นอกจากนี้ยังช่วยให้ได้คำตอบในเชิงคาดการณ์ เพื่อการเตรียมการรับมือและ จัดการปัญหาจากผลกระทบของคราบเกลือที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม (Ding and Yu, 2014)

งานศึกษานี้จึงได้มุ่งเน้นติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ที่ถ่ายไว้ในช่วงเดือนใกล้เคียงกันในฤดูแล้ง ตั้งแต่ปี 2558 จนถึงปี 2560 เพื่อติดตามการ เปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือที่ทราบค่าการนำไฟฟ้าจากการประเมินด้วยวิธี ดัชนีคราบเกลือ (Salinity Index, SI) ดัชนีค่าความแตกต่างพืชมาตรฐาน (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI) ดัชนีค่าความ แตกต่างของคราบเกลือมาตรฐาน (Normalized Differential Salinity Index, NDSI) ดัชนีความสว่าง (Brightness Index, BI) และดัชนีความแตกต่างพืช (Different Vegetation Index, DVI) สัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าจากจุด ตรวจสอบภาคสนามที่ทราบค่าแล้ว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดการณ์ค่าการนำไฟฟ้าไปยังพื้นที่อื่นๆ

# 2. วัตถุประสงค์

- เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือและบ่งบอกแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง ในช่วง 3 ปี (2558-2560)
- เพื่อจัดทำแผนที่คราบเกลือที่สามรถแสดงขอบเขตสอดคล้องตามปริมาณคราบเกลือและค่า การนำไฟฟ้า
- เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ด้วยการใช้ดัชนีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ดัชนีคราบเกลือ (SI) ดัชนีค่าความแตกต่างพืชมาตรฐาน (NDVI) ดัชนีค่าความแตกต่างคราบ เกลือมาตรฐาน (NDSI) ดัชนีความสว่าง (BI) และดัชนีค่าความแตกต่างพืช (DVI)

#### 4)

# 3. การตรวจเอกสาร

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคราบเกลือบนผิวดินสามารถทำได้ทั้งการสำรวจพื้นที่เอง โดยนักสำรวจภาคสนามและการสำรวจจากระยะไกลโดยใช้การวิเคราะห์ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุบน พื้นผิว ซึ่งทั้งสองวิธีมีข้อแตกต่างกัน โดยปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลได้มีงานศึกษาที่ เกี่ยวข้องมากมาย ที่เป็นประโยชน์ต่องานศึกษานี้ Masoud (2014) ทำการคาดการณ์การกระจายตัวของเกลือในพื้นที่ดินเค็มน้อยในอดีต (ปี 2003 และ 2010) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซด 7 อีทีเอ็มพลัส (Landsat 7 ETM+) ด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ช่วงคลื่นผสม (Spectral mixture analysis) ควบคู่กับการใช้เครื่องอ่านค่าการสะท้อน ของดินภาคพื้นดิน (soil spectrometry) เปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าของดินจากห้องปฏิบัติการ ซึ่ง พบว่าระดับความเค็มของดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการสะท้อนแสง (r = -0.90) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นบนภาพถ่ายทั้งสองช่วงเวลา (2003 และ 2010) และภาพถ่าย ทั้งสองช่วงเวลาให้ผลการประเมินที่มีความถูกต้องสูงมาก ที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 84 นอกจากนี้ยังพบอีกว่า แร่ดินเหนียว (clay contents) อินทรียวัตถุ (organic matter) เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) ความชื้นและชนิดของแร่ดินเหนียว (clay type) มีผลต่อค่าการสะท้อนของแสงที่ช่วงคลื่น แตกต่างกัน ในขณะที่ Abdul-Qadir and Benni (2010) ค้นพบความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนของ แสงของเกลือกับค่าการนำไฟฟ้าของดิน ที่ระดับความเค็มมากกว่า 28 dS/m ขึ้นไปให้ค่าระดับความ เชื่อมั่นมากกว่า 87-95%

Wang et al. (2012) ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของเกลือชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการทึบแสง ได้แก่ เกลือโซเดียมซัลเฟต (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) เกลือโซเดียมคาร์บอเนต (Na<sub>2</sub>CO<sub>43</sub>) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่มีผลต่อค่าการสะท้อนแสงของดินภายใต้ระดับความชื้นที่แตกต่างกันและคำนวณกลับเพื่อหา ปริมาณเกลือในดินที่เก็บจากภาคตะวันออกของประเทศจีน พบว่าความชื้นและชนิดองค์ประกอบของ เกลือมีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงลดลงในทิศทางที่แตกต่างกันและความยาวคลื่นมีความจำเพาะต่อ ชนิดองค์ประกอบของเกลือ

Ding และ Yu (2014) รายงานว่าได้ทำการติดตามและประเมินการเปลี่ยนแปลงดินเค็มในฤดู แล้งและฤดูฝน ในโอเอซีสของประเทศจีน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM และ เครื่องมือวัดค่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnatic Induction) ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการ สะท้อนแสง (Spectral indices; SI, NDSI, BI, NDVI และ DVI) กับค่าการนำไฟฟ้าปรากฏ (Apparent electrical conductivity) พบว่ามีความสอดคล้องกับงานทดลองอื่น ๆ ที่กล่าวว่าความชื้นในดินหรือ ฤดูฝนมีผลทำให้ค่าการสะท้อนแสงของดินเค็มลดลงมากกว่าในฤดูแล้งซึ่งมีการสะสมของเกลือในดินสูง กว่า

Alldbed et al. (2014) ทำการประเมินพื้นที่ดินเค็มด้วยเทคนิค Salinity indices และ Vegetation indices บนภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ซึ่งเป็นภาพถ่ายที่มีคลื่นความถี่กว้าง ในพื้นที่ ปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของสถิติค่าการนำไฟฟ้าจริง (Actual EC) กับค่าการ นำไฟฟ้าประเมินโดยดัชนีดินเค็มและดัชนีพืช (Salinity and Vegetation indices) ให้ค่าสหสัมพันธ์สูง ในแปลงทดลองที่มีการเก็บตัวอย่างดินเพียงพอ

เพื่อศึกษาวิธีการติดตามหรือการประเมินคราบเกลือ ด้วยการสกัดค่าดัชนีการสะท้อนแสงจาก ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยการสร้างสมการเส้นตรงจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการ สะท้อนแสงกับค่าการนำฟ้าของดิน (ECe) แต่การสร้างโมเดลที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลต่อการคาดการณ์ที่ ผิดพลาดของข้อมูลได้ อย่างไรก็ตามเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการศึกษาวิจัยในลักษณะนี้โดย Ennaji, et al (2018) ที่ได้ทำการศึกษาการประเมินคราบเกลือด้วยการสกัดค่าดัชนีคราบเกลือ (salinity Index, SI) ดัชนี ความแตกต่างพืชพันธ์มาตรฐาน (Normalized Differential Salinity Index, NDSI) และ Landsat bands ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของดินกับค่า ดัชนีการสะท้อนแสง พบว่าให้ค่าความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นสูง หรือ R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.71 จากข้อมูล ดังกล่าวจึงความความเป็นไปได้สูงที่วิธีการดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้เพื่อการประเมินคราบเกลือในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้

# 4. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ 3 ปี (เริ่มเดือน มกราคม 2558 – เดือน กันยายน 2560)

### 5. อุปกรณ์และวิธีการ

### 5.1 อุปกรณ์

งานศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างค่าการสะท้อนแสงที่สกัดได้จาก ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OIL) กับค่าการนำไฟฟ้า (extracted electrical conductivity - ECe) ของดิน ที่เก็บได้จากพื้นที่ดินเค็ม ด้วยโปรแกรมปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งสรุปโดยสังเขปดังตารางที่ 1

การเก็บตัวอย่างดินสนาม	รายละเอียด	แหล่งที่มา
GPS	Garmin Etrex Legen G	Garmin Inc.
โทรศัพสมาร์ทโฟน	Apple Iphone v5-6	Apple Inc.
แผนที่จุดเก็บตัวอย่างดิน	ภาพถ่ายทางอากาศสี A1	
การวิเคราะห์ภาพถ่าย	รายละเอียด	แหล่งที่มา
คอมพิวเตอร์ แลปท้อป	Sony Vaio	Sony Inc.
ภาพถ่ายดาวเทียม landsat 8 (OLI)	19 เม.ย. 58	USGS
	5 เม.ย. 59	USGS
	19 ก.พ. 60	USGS
โปรแกรมระบบปฏิบัติการ	ENVI 5.x	Exelis VIS, 2010
	ArcGIS 10.4.1	ESRI, inc.
การวิเคราะห์สถิติ	รายละเอียด	แหล่งที่มา
โปรแกรมปฏิบัติการทางสถิติ	JMP Pro 13	JMP, 2017

# ตรารางที่ 1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

#### 5.2 วิธีการ

# 5.2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ของงานศึกษานี้ ครอบคลุมพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลือใน 3 ตำบล 3 อำเภอ ของจังหวัด ขอนแก่น ได้แก่ ตำบลขามป้อม อำเภอพระยืน ตำบลโคกสำราญ อำเภอบ้านแฮด และตำบลเมืองเพีย อำเภอบ้านไผ่ โดยตั้งอยู่บนพิกัดทางภูมิศาสตร์แบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator – UTM) ในช่วง 244437E ถึง 258253E และ 1773959N ถึง 1810005N โซนที่ 48N ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 75,986 ไร่

ลักษณะสภาพพื้นที่โดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ดอนสลับกับพื้นที่ลุ่ม มีความลาดชัน 0 – 5 เปอร์เซ็นต์ บางพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณด้านทิศเหนือของตำบลเมืองเพีย อำเภอบ้านไผ่ ต่อเนื่องมาจนถึงทิศ ตะวันตกและทิศเหนือของตำบลโคกสำราญ อำเภอบ้านแฮด เป็นบริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) ซึ่งมักจะเกิดน้ำท่วมทุก 5 - 10 ปี ลักษณะดินบริเวณพื้นที่ดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อเหนียวถึงดินร่วน เหนียวปนทรายแป้ง (clay – silty clay loam) ในกลุ่มชุดดินที่ 7 และ 15 บริเวณที่ราบลุ่มที่อยู่สูงถัดขึ้น ไป มีลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียวจนถึงดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนปนทราย (clay loam – sandy clay loam-sandy loam) ในกลุ่มชุดดินที่ 7 18 20 และ 22 ส่วนบริเวณพื้นที่ดอน ลักษณะดิน เป็นดินร่วนปนทราย ดินทรายปนร่วน และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy loam – loamy sand – sandy clay loam) ในกลุ่มชุดดินที่ 40 41 35 และ 36 ตามลำดับ สลับกันไปตลอดทั้งพื้นที่ศึกษา

สภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ถูกรองรับด้วยหน่วยหิน 2 กลุ่ม คือ หน่วยหินตะกอนน้ำพัด พาปัจจุบัน (Qa) ที่ครอบคลุมพื้นที่ราบลุ่มตอนกลางของพื้นที่ศึกษา หรือเป็นบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) และหน่วยหินมหาสารคาม (KTms) ครอบคลุมพื้นที่ราบที่อยู่สูงถัดขึ้นมาจนถึงพื้นที่ดอน

สภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) ณ วันที่เก็บข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ในวันที่ 19 เมษายน 2558 มีอุณหภูมิสูงสุด 41 องศา เซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 31 องศาเซลเซียส ไม่มีฝนตก และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 43% ความชื้นสัมพัทธ์ ต่ำสุด 18% และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (ปี 2557) 943 มิลลิเมตร วันที่ 5 เมษายน 2559 มีอุณหภูมิ สูงสุด 38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 28 องศาเซลเซียส ไม่มีฝนตก และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 45% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 25% และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (ปี 2558) 998 มิลลิเมตร วันที่ 19 กุมภาพัน 2560 มีอุณหภูมิสูงสุด 36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 21 องศาเซลเซียส ไม่มีฝนตก และมีความชื้น สัมพัทธ์สูงสุด 68% ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 24% และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (ปี 2559) 1,368 มิลลิเมตร

#### 5.2.2 การกำหนดจุดเก็บข้อมูลดินและการเก็บตัวอย่างดิน

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินโดยการสุ่มแบบมีเงื่อนไข (stratified randomization) ตามระดับค่า ปริมาณคราบเกลือบนแผนที่คราบเกลือของกรมพัฒนาที่ดิน คือ บริเวณที่พบคราบเกลือมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ บริเวณที่พบคราบเกลือร้อยละ 10 – 50 ของพื้นที่ บริเวณที่พบคราบเกลือร้อยละ 1 – 10 ของ พื้นที่ และบริเวณที่พบคราบเกลือน้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินในแต่ละปี จำนวน 90 จุด แต่เนื่องจากแผนที่คราบเกลือไม่ได้จำแนกขอบเขตชุมชนและแหล่งน้ำเอาไว้ ซึ่งเป็นผลทำให้ จุดเก็บตัวอย่างดินบางจุดถูกกำหนดลงบนพื้นที่ดังกล่าวและไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินได้ ดังนั้นจำนวนจุด เก็บตัวอย่างในแต่ละปีจึงมีจำนวนไม่เท่ากัน คือ 68 69 และ 65 จุด ในปี 2558 – 2560 ตามลำดับ จากนั้น จึงทำการเก็บตัวอย่างดินแบบผสม (composite sample) ตามจุดที่กำหนด ที่ระดับความลึก 0 – 0.10 เมตร พร้อมทั้งจดบันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS coordinate) ณ จุดเก็บตัวอย่างดินทุกจุด ด้วย GPS Garmin Etrex Legend G เสร็จแล้วนำส่งตัวอย่างดินไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาค่า ECe เพื่อใช้ ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ร่วมกับค่าดัชนีการสะท้อนแสงในแต่ละประเภทต่อไป (ดังภาพที่ 2)





#### 5.2.3 การเก็บค่าดัชนีการสะท้อนแสง (index reflectance)

ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ที่ใช้ในการศึกษานี้ ดาวน์โหลดได้จากเว็บไซด์ขององค์การ สำรวจธรณีวิทยา แห่งสหรัฐอเมริกา (US. Geological Survey) เป็นภาพถ่ายที่ถูกบันทึกไว้เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2558 วันที่ 5 เมษายน 2559 และ วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2560 ที่บันทึกภาพสิ่งปกคลุมพื้นผิว (land cover) ด้วยเครื่องมือ (sensor) ที่เรียกว่า Operational land imager (OLI) ใน Band 1 – 7 และ Band 9 ด้วยค่าความละเอียดภาพ 30 เมตร (visible NIR และ SWIR) และ 15 เมตร ใน Band 8 (Panchromatic) และ สำรวจด้วยเครื่องมือ Thermal Infrared (TIRs) ใน Band 10 – 11 ด้วยค่าความ ละเอียดภาพ 100 เมตร ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

เสร็จแล้วทำการเตรียมภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre-processing) โดยการทำ Radiometric calibration หรือการปรับแก้เชิงคลื่น เพื่อปรับแก้ค่าของจุดภาพที่คลาดเคลื่อนในขณะ บันทึกภาพ เช่น หมอก ควัน และ ไอน้ำ เสร็จแล้วทำการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศ (Atmospheric correction) ด้วยโมเดล FLAASH บนโปรแกรมปฏิบัติการ ENVI 5.1 (ดังภาพที่ 3)

Deve de	ความยาวคลื่น	เครื่องมือ	ความละเอียด
Bands	(ไมโครเมตร)	สำรวจ	(เมตร)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	OLI	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	OLI	30
Band 3 - Green	0.53 - 0.59	OLI	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	OLI	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	OLI	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	OLI	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	OLI	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	OLI	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	OLI	30
Band 10 - Thermal Infrared	10.60 - 11.19	(TIR) 1	100
Band 11 - Thermal Infrared	11.50 - 12.51	(TIR) 2	100

ตารางที่ 3 รายละเอียดองค์ประกอบภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

หลังจากนั้นทำการตัดขอบเขต พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และถนน โดยพิจารณาร่วมกับแผนที่สภาพ การใช้ทที่ดิน ของกรมพัฒนาที่ดินปี 2558 และพิจารณาตัดพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเกลือตามแผนที่ คราบเกลือของกรมพัฒนาที่ดินปี 2546 เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวให้ค่าการสะท้อนแสงที่สามารถรบกวนค่า การสะท้อนแสงของเกลือได้ เสร็จแล้วทำการวิเคราะห์ค่าดัชนี SI BI NDVI NDSI และ DVI ในการนี้เพื่อให้ ได้ค่าดัชนีการสะท้อนแสง (digital number) เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของดิน ด้วย สมการที่อธิบายไว้โดย Allbed. et all 2014 (ภาพที่ 3) ดังนี้

$$SI = \sqrt{B \ x \ R} \tag{1}$$

$$BI = \sqrt{R^2 + NIR^2} \tag{2}$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \tag{3}$$

$$NDSI = \frac{R - NIR}{R + NIR} \tag{4}$$

$$D \square = \square \square - \square \tag{5}$$

โดย B หมายถึง Blue band หรือ Band 2 R หมายถึง Red Band หรือ Band 4 NIR หมายถึง Near Infrared หรือ Band 5

เสร็จแล้วทำการจำแนกช่วงค่าพิกเซล (digital number - DN) ของแต่ละดัชนี โดยโปรแกรมปฏิบัติการ ArcGIS v10.4.1 5.2.4 การวิเคราะห์ดิน (soil analysis)

ตัวอย่างดินทั้งหมดที่ผ่านการตากในที่ร่มจนแห้ง (air dry) และถูกนำมาผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วถูกนำมาทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ เสร็จแล้วทำการสกัดเอาสารละลายที่ได้เพื่อวัดค่าการนำ ไฟฟ้า ECe ของดิน ด้วย EC meter

5.2.5 การวิเคราะห์สถิติและสร้างสมการเส้นตรง (Linear regression analysis)

เมื่อได้ค่าดัชนีการสะท้อนของแสงแบบต่าง ๆ และค่าการนำไฟฟ้าของดินจากห้องปฏิบัติการแล้ว นำมาทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ (correlation) เบื้องต้น โดยวิธี multivariate correlations ด้วย โปรแกรมปฏิบัติการ JMP Pro v13 เพื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกว่าดัชนีการสะท้อนของแสงแบบใดมีความ สอดคล้องกับค่า ECe ในระดับใด แล้วนำไปสู่การสร้างสมการเส้นตรง (linear regression) เพื่อใช้ในการ คาดการณ์ค่า ECe ของดินบริเวณพื้นที่ศึกษาต่อไป

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติของโมเดล ทำได้โดยการพิจารณาจากค่าความผิดพลาด กำลังสองเฉลี่ย (root mean square error - RMSE) และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (mean error - ME) ซึ่ง ค่าที่ใกล้เคียงกับศูนย์มากกว่า จะให้ค่าคาดการณ์ที่ถูกต้องมากกว่า นอกจากนี้ยังต้องทำการตรวจสอบ ระดับความสอดคล้อง ระหว่างค่า ECe ที่วัดได้ กับค่า ECe คาดการณ์ ว่ามีความสอดคล้องกันระดับใด ด้วย การคำนวณ Lin's concordance โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 มากกว่า มีความสอดคล้องมากกว่า

$$Pc = \frac{2S_{xy}}{S_x^2 + S_y^2 + (\overline{X} - \overline{Y})^2}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  และ ค่าเฉลี่ยของ ECe ที่วัดได้จากสนาม และ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของ ECe คาดการณ์ และ  $S_x^2$  และ  $S_y^2$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})$$



ภาพที่ 3 a-c แสดงภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8(OLI) พื้นฐาน และ d-f) แสดงภาพถ่ายดาวเทียมที่ ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและข้อมูลชั้นบรรยากาศ (Pre-processing) ของปี 2558-2560 ตามลำดับ

#### 6. ผลการศึกษาและวิจารณ์

### 6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของค่าดัชนีการสะท้อนของแสง (indices reflectance)

ตารางที่ 4 และภาพที่ 4a แสดงข้อมูลสถิติเบื้องต้นของดัชนีการสะท้อนแสง สกัดได้จากภาพถ่าย ดาวเทียม Landsat 8 (OLI) จำนวน 68 จุด ที่ตรงตามพิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินสนาม โดยดัชนี SI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.042 โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) คือ 0.00 และค่าสูงสุด (maximum) 0.194 มีค่ากลาง (median) 0.037 มีค่าความเบ้ (skewness) 2.107 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 106 สำหรับดัชนี BI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.315 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.173 และค่าสูงสุด (maximum) 0.523 มีค่ากลาง (median) 0.308 มีค่าความเบ้ (skewness) 1.388 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 19.856 ดัชนี NDVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.461 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.165 และค่าสูงสุด (maximum) 0.802 มีค่ากลาง (median) 0.466 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.009 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 30.543 ส่วนดัชนี NDSI มีค่าเฉลี่ย (mean) -0.461 มีค่าต่ำสุด (minimum) -0.802 และค่าสูงสุด (maximum) -0.165 มีค่า กลาง (median) -0.466 มีค่าความเบ้ (skewness) -0.009 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล -30.543 และ ดัชนี DVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.180 มีค่าความเบ้ (skewness) -0.009 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล -30.543 และ ดัชนี DVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.180 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.084 และค่าสูงสุด (maximum) 0.291 มี ค่ากลาง (median) 0.188 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.145 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 27.480

ตารางที่ 4 ข้อมูลทางสถิติพื้นฐานของตัวแปรดัชนีค่าการสะท้อนของแสง ณ จุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณ พื้นที่ศึกษาปี 2558

ค่าดัชนี	n	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ากลาง	ค่าสูงสุด	Skewness	CV (%)
SI	68	0.000	0.042	0.037	0.194	2.107	106.000
BI	68	0.173	0.315	0.308	0.523	1.388	19.856
NDVI	68	0.165	0.461	0.466	0.802	0.009	30.543
NDSI	68	-0.802	-0.461	-0.466	-0.165	-0.009	-30.543
DVI	68	0.084	0.180	0.188	0.291	0.145	27.480

ตารางที่ 5 และภาพที่ 4b แสดงข้อมูลสถิติเบื้องต้นของดัชนีการสะท้อนแสง ที่ได้จากภาพถ่าย ดาวเทียม Landsat 8 (OLI) จำนวน 69 จุด ตามพิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินสนาม โดยดัชนี SI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.048 โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) 0.00 และค่าสูงสุด (maximum) 0.190 มีค่ากลาง (median) 0.026 มีค่าความเบ้ (skewness) 1.229 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 112.225 สำหรับดัชนี BI มี ค่าเฉลี่ย (mean) 0.331 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.137 และค่าสูงสุด (maximum) 0.587 มีค่ากลาง (median) 0.327 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.359 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 27.457 สำหรับดัชนี NDVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.422 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.164 และค่าสูงสุด (maximum) 0.802 มีค่า กลาง (median) 0.881 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.727 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 33.581

1161		557					
ค่าดัชนี	n	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ากลาง	ค่าสูงสุด	Skewness	CV (%)
SI	69	0.000	0.048	0.026	0.190	1.229	112.225
BI	69	0.137	0.331	0.327	0.587	0.359	27.457
NDVI	69	0.164	0.422	0.428	0.881	0.727	33.581
NDSI	69	-0.164	-0.422	-0.428	-0.881	-0.727	-33.581
DVI	69	0.078	0.173	0.171	0.354	0.920	33.658

ตารางที่ 5 ข้อมูลทางสถิติพื้นฐานของตัวแปรดัชนีค่าการสะท้อนของแสง ณ จุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณ พื้นที่ศึกษาปี 2559

ส่วนดัชนี NDSI มีค่าเฉลี่ย (mean) -0.422 มีค่าต่ำสุด (minimum) -0.802 และค่าสูงสุด (maximum) -0.164 มีค่ากลาง (median) -0.881 มีค่าความเบ้ (skewness) -0.727 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล -33.581 และดัชนี DVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.173 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.078 และค่าสูงสุด (maximum) 0.354 มีค่ากลาง (median) 0.171 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.920 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 33.658

ตารางที่ 6 ข้อมูลทางสถิติพื้นฐานของตัวแปรดัชนีค่าการสะท้อนของแสง ณ จุดเก็บตัวอย่างดิน บริเวณ พื้นที่ศึกษาปี 2560

ค่าดัชนี	n	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ากลาง	ค่าสูงสุด	Skewness	CV (%)
SI	65	0.000	0.035	0.017	0.647	1.702	123.947
BI	65	0.026	0.291	0.308	0.487	-1.096	32.222
NDVI	65	-0.142	0.359	0.365	0.968	0.968	43.812
NDSI	65	-0.968	-0.359	-0.366	-0.141	-0.473	-43.812
DVI	65	-0.026	0.155	0.156	0.316	-0.189	37.306

ตารางที่ 6 และภาพที่ 4c แสดงข้อมูลสถิติเบื้องต้นของดัชนีการสะท้อนแสง ที่ได้จากภาพถ่าย ดาวเทียม Landsat 8 (OLI) จำนวน 65 จุด ตามพิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินสนาม โดยดัชนี SI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.035 โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) คือ 0.00 และค่าสูงสุด (maximum) 0.165 มีค่ากลาง (median) 0.017 มีค่าความเบ้ (skewness) 1.702 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 123.947 สำหรับดัชนี BI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.291 มีค่าต่ำสุด (minimum) 0.026 และค่าสูงสุด (maximum) 0.487 มีค่ากลาง (median) 0.308 มีค่าความเบ้ (skewness) -1.096 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 32.222 ส่วนดัชนี NDVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.359 มีค่าต่ำสุด (minimum) -0.142 และค่าสูงสุด (maximum) 0.968 มีค่า กลาง (median) 0.365 มีค่าความเบ้ (skewness) 0.968 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 43.812 ดัชนี NDSI มีค่าตรงข้ามกับ NDVI โดยมีค่าเฉลี่ย (mean) -0.359 มีค่าต่ำสุด (minimum) -0.968 และค่าการกระจาย (maximum) -0.141 มีค่ากลาง (median) -0.366 มีค่าความเบ้ (skewness) -0.437 และค่าการกระจาย ตัวของข้อมูล -43.182 และดัชนี DVI มีค่าเฉลี่ย (mean) 0.155 มีค่าต่ำสุด (minimum) -0.026 และ ค่าสูงสุด (maximum) 0.316 มีค่ากลาง (median) 0.156 มีค่าความเบ้ (skewness) -0.189 และค่าการ กระจายตัวของข้อมูล 37.306







ภาพที่ 4 a b และ c แสดงภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) และค่าดัชนีการสะท้อนแสง SI BI NDVI NDSI และ DVI ตามลำดับ ของปี 2558-2560 ตามลำดับ

# 6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

คุณสมบัติของค่าการนำไฟฟ้าของดิน ในการวิจัยปี 2558 จำนวน 68 จุด มีค่าเฉลี่ย (mean) 9.71 dS/m โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) 0.12 dS/m และค่าสูงสุด (maximum) 91.9 dS/m มีค่ากลาง (median) 3.15 dS/m มีค่าความเฉ (skewness) ของข้อมูล 3.18 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 194.00 สำหรับคุณสมบัติของค่าการนำไฟฟ้าของดิน ในการวิจัยปี 2559 จำนวน 69 จุด มีค่าเฉลี่ย (mean) 15.90 dS/m โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) 0.18 dS/m และค่าสูงสุด (maximum) 98.2 dS/m มีค่ากลาง (median) 4.73 dS/m มีค่าความเฉ (skewness) ของข้อมูล 1.86 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 151.40 และคุณสมบัติของค่าการนำไฟฟ้าของดิน ในการวิจัยปี 2560 จำนวน 65 จุด มีค่าเฉลี่ย (mean) 15.26 โดยมีค่าต่ำสุด (minimum) 0.12 dS/m และค่าสูงสุด (maximum) 114.10 dS/m มีค่ากลาง (median) 3.77 dS/m มีค่าความเฉ (skewness) ของข้อมูล 2.36 และค่าการกระจายตัวของข้อมูล 160.92 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สถิติเบื้องต้นค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe) ตามปีการวิจัย

ปีการวิจัย	จำนวนตัวอย่าง	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ากลาง	ค่าสูงสุด	Skewness	CV (%)
2558	68	0.12	9.71	3.15	91.90	3.18	194.00
2559	69	0.18	15.90	4.73	98.20	1.86	151.40
2560	65	0.12	15.26	3.77	114.10	2.36	160.92

# 6.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างค่า ECe กับค่าดัชนี (indices)

จากตารางที่ 8 การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองค่า คือ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe) ซึ่ง เป็นตัวแปรต้น กับค่าดัชนีคราบเกลือ (SI) ดัชนีค่าความแตกต่างพืชมาตรฐาน (NDVI) ดัชนีค่าความแตกต่างของ คราบเกลือมาตรฐาน (NDSI) ดัชนีความสว่าง (BI) และดัชนีความแตกต่างพืช (DVI) พบว่า ดัชนีคราบเกลือ (SI) มี ความสัมพันธ์เชิงเส้นสูงสุด กับค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe) ในทุกปีการวิจัย คือ มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อ เทียบกับค่าดัชนีตัวอื่น ๆ ที่มีความความสัมพันธ์ ต่ำกว่าร้อยละ 75 ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้พิจารณา เลือกดัชนีคราบเกลือ (SI) เป็นเครื่องมือในการจำแนกขอบเขตความเค็มของดินหรือระดับค่าการนำไฟฟ้า ของดิน

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ (correlation matrix) ระหว่างค่าดัชนีกับค่าการนำไฟฟ้า (ECe-dS/m) ของดินในแต่ละปี

ปีวิจัย	ความสัมพันธ์	ECe (dS/m)	SI	BI	NDVI	NDSI	DVI
2558	ECe (dS/m)	1	0.9058	0.7258	-0.6049	0.6049	-0.3417
2559	ECe (dS/m)	1	0.9077	0.7092	-0.6581	0.6581	-0.2207
2560	ECe (dS/m)	1	0.9167	0.5555	-0.3741	0.3741	-0.1245

#### 6.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear regression analysis)

ภาพที่ 5a-c แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า ECe ที่วัดได้จากตัวอย่างดิน และค่าดัชนีคราบ เกลือ (Salinity index-SI) ทั้ง 3 ปีวิจัยพบว่า ทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่นสูงมาก ซึ่ง ให้ค่าระดับความเชื่อมั่น (coefficient of determination) มากกว่าร้อยละ 80 (R<sup>2</sup> = 0.84 0.82 และ 0.84 ในปีวิจัย 2558-60 ตามลำดับ) โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE = 0.08, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (ME = 0.1, 0.16 และ 0.13 ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ กับเมื่อเปรียบเทียบผลการคาดการณ์กับค่า ECe จริง เพื่อทดสอบความถูกต้องของโมเดล (Lin's concordance) พบว่าให้ค่าความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 90 ในทุกปีการวิจัย ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถสร้างเป็นสมการเส้นตรง (linear regression model) เพื่อคาดการณ์ค่า ECe ได้ดังนี้

ปีวิจัย 2558	$ECe = (-0.07) + 0.82 \times SI$	(1)
ปีวิจัย 2559	$ECe = (-0.04) + 0.78 \times SI$	(2)
ปีวิจัย 2560	$ECe = (-0.03) + 0.86 \times SI$	(3)

ดังรายละเอียดค่าสถิติของสมการเส้นตรงที่สรุปไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าสถิติของสมการเส้นตรง ที่สร้างขึ้นจาก ค่าดัชนีคราบเกลือ (SI) และค่าการนำไฟฟ้าของ ดิน (ECe)

ปีการวิจัย	Parameter	Estimate	SE	t-ratio	probability > I t I	R <sup>2</sup>
2558	Intercept	-0.07381	0.014047	-5.25	<.0001*	0.84
	SI	0.82359	0.044344	18.57	<.0001*	
2559	Intercept	-0.03841	0.01679	-2.29	0.0253	0.82
	SI	0.78073	0.04408	17.71	<.0001*	
2560	Intercept	-0.02653	0.01387	-1.91	0.0604	0.84
	SI	0.86217	0.04736	18.20	<.0001*	



ภาพที่ 5 a c และ e แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้า(ECe)ของดิน และค่าดัชนีการสะท้อนแสง (SI) และภาพที่ 5 b d และ f แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า EC คาดการณ์ กับค่า ECe ที่วัดได้ของดิน ณ จุดสำรวจ ในปีสำรวจ 2558 2559 และ 2560 ตามลำดับ

### 6.5 การประเมินผลแผนที่ระดับค่าการนำไฟฟ้า (ECe) คาดการณ์

จากทั้งสามโมเดลสมการเส้นตรงดังกล่าว เมื่อทำการวัดค่าความสอดคล้องหรือความน่าเชื่อถือของ โมเดล (Lin's concordance) ระหว่างค่า ECe คาดการณ์ กับค่า ECe ที่วัดได้จริง พบว่า ให้ค่าความ น่าเชื่อถือมากกว่าร้อยละ 90 (R<sup>2</sup> = 0.91, 0.9 และ 0.91 ในปีการวิจัย 2558-60 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการคาดการณ์โดยโมเดล กับค่า ECe จริง พบว่า มีจำนวนร้อยละ 10 ของจุด สำรวจทั้งหมด (หรือ 7 จุดสำรวจของแต่ละปีวิจัย) ให้ค่าคาดการณ์สูงเกินความเป็นจริง ประมาณ 5 – 10 dS/m ในขณะที่อีกประมาณร้อยละ 10 ของจุดสำรวจทั้งหมด ให้ค่า ECe คาดการณ์ต่ำกว่าค่า ECe จริง ในช่วงเดียวกัน

จากความคลาดเคลื่อนดังกล่าว อาจมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ความชื้นของจุดเก็บตัวอย่าง ดินที่มีผลทั้งต่อการสะท้อนของแสง และรวมถึงการละลายความเข้มข้นของเกลือในดิน หรืออาจเกิดจาก ข้อจำกัดของเครื่องมือในการเก็บค่าพิกัดเซิงพื้นที่ เช่น GPS ที่มีข้อจำกัดในเรื่องของความแม่นยำและการ รับสัญญาณดาวเทียม เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือ ที่มีศักยภาพอื่นเข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลสนาม เช่น ASD FieldSpec spectroradiometer ซึ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บค่าการสะท้อนของแสงในสนาม หรือ EM38 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า ปรากฏ (apparent electrical conductivity - ECa) ที่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า ของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้ GPS ที่ให้ค่าความแม่นยำสูง เป็นต้น

#### 6.6 แผนที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ECe)

จากแผนที่ผลการศึกษาระดับความเค็มของดินในปีวิจัย 2558-60 ที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ เส้นตรง ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีคราบเกลือ (SI) และค่า ECe ที่วัดได้จริง ซึ่งพบว่า ระดับ ความเค็มของดินในระดับ เค็มมากที่สุด (> 16 dS/m) เค็มมาก (8-16 dS/m) และเค็มปานกลาง (4-8 dS/m) พบมากบริเวณตอนล่าง ขึ้นไปจนถึงตอนกลางของตำบลเมืองเพีย อำเภอบ้านไผ่ ในขณะที่ตอนบน ของพื้นที่ศึกษา พบส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินเค็มน้อยและไม่เค็ม สลับกับพื้นที่ดินเค็มมากที่สุด เค็มมาก และ เค็มปานกลาง ที่กระจายอยู่บริเวณด้านทิศตะวันออกของตำบลโคกสำราญ อำเภอบ้านแฮด และตอนล่าง ของตำบลขามป้อม อำเภอพระยืน ดังแสดงในภาพที่ 6

เมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่ดินเค็มทั้งสามปีวิจัย (ตารางที่ 9) พบว่า ในจำนวนพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 75,986 ไร่ มีการกระจายตัวของดินเค็มในแต่ละระดับแตกต่างกันไปในแต่ละปี โดยพบพื้นที่ดินเค็มมาก ที่สุด (> 16 dS/m) ประมาณร้อยละ 2.5 ของพื้นที่ศึกษา ในขณะที่พื้นที่ดินเค็มมาก (8 - 16 dS/m) มีการ กระจายตัวประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ดินเค็มปานกลาง (4 – 8 dS/m) ประมาณร้อยละ 14 ของพื้นที่ศึกษา ส่วนเป็นพื้นที่ดินเค็มน้อย (2 – 4 dS/m) ประมาณร้อยละ 22.5 ของพื้นที่ศึกษา และ เป็นพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเกลือประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ศึกษา



# ภาพที่ 6 แผนที่ระดับค่าการนำไฟฟ้าคาดการณ์ที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ ของปีวิจัย 2558 – 60 ตามลำดับ

หากพิจารณาเปรียบเทียบการกระจายตัวของดินเค็มในแต่ละปีวิจัยโดยภาพรวม พบว่า ปีการวิจัย 2558 มีการกระจายตัวของพื้นที่ดินเค็มในทุกระดับ มากกว่าพื้นที่ดินเค็มในปีวิจัยอื่น และตรงข้ามกับปีวิจัย 2559 ที่พบการกระจายตัวของดินเค็มน้อยที่สุดในทุกระดับค่าความเค็ม ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายดินเค็ม เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศโดยตรง กล่าวคือในปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก จะมีผลทำให้ดินเก็บกักความชื้นใน ดินได้สูง การปรากฏคราบเกลือบนผิวดินจะน้อยกว่าในปีที่มีความชื้นในดินต่ำกว่า

2558-60						
ปีการ			ECe (dS/m)			พื้นที่รวม
ີວິຈັຍ	0-2 dS/m	2-4 dS/m	4-8 dS/m	8-16 dS/m	> 16 dS/m	(ไร่)
2550	39,857	19,409	10,541	3,956	2,224	75.00/
2000	(52.45%)	(25.54%)	(13.87%)	(5.22%)	(2.92%)	15,980
2550	47,060	14,673	8,528	4,029	1,695	75.00/
2009	(61.93%)	(19.31%)	(11.22%)	(5.30%)	(2.23%)	75,980
	39,523	17,458	13,503	3,599	1,902	

(17.77%)

(4.74%)

(2.50%)

75,986

2560

(52.01%)

(22.98%)

ตารางที่ 9 ขนาดพื้นที่ดินเค็มที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SI จำแนกตามระดับความเค็มในช่วงปี 2558-60

#### 6.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ระดับความเค็ม (Accuracy assessment)

เพื่อตรวจสอบถูกต้องของแผนที่ในเชิงปริมาณ งานศึกษานี้ได้ทำการประเมินความถูกต้องของการ จำแนกระดับพื้นที่ดินเค็ม ในแต่ละระดับความเค็ม ด้วยการสุ่มจุดตรวจสอบแบบมีเงื่อนไข (stratified randomization) ตามจุดเก็บข้อมูลดินทั้งหมด 202 จุด ร่วมกับการใช้ขอบเขตระดับความเค็มของดินที่ได้ จากการจำแนก โดยมีจุดตรวจสอบในพื้นที่ดินเค็มมากที่สุด (>16 dS/m) 12 จุด ในพื้นที่ดินเค็มมาก (8-16 dS/m) 5 จุด ในพื้นที่ดินเค็มปานกลาง (4-8 dS/m) 10 จุด ในพื้นที่ดินเค็มน้อย (2-4 dS/m) 17 จุด และ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม (0-2 dS/m) 37 จุด รวมจุดตรวจสอบทั้งสิ้น 81 จุด

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของปี 2558 พบว่า ให้ความถูกต้องรวมร้อยละ 80.25 ของจุด ตรวจสอบทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่ดินเค็มมากที่สุด (>16 dS/m) มีความถูกต้องของแผนที่ร้อยละ 83.33 ใน พื้นที่ดินเค็มมาก (8-16 dS/m) และเค็มปานกลาง (2-4 dS/m) ให้ความถูกต้องร้อยละ 60 และพื้นที่ดิน เค็มน้อย มีความถูกต้องร้อยละ 82.35 ของจุดตรวจสอบในแต่ละระดับ ดังตารางที่ 10

. ในปี 25	58						
ปี 2558 <del>-</del>		E	Ce (dS/n	ร้อยละความ	จำนวนจุด		
	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	>16	_ ถูกต้อง	ตรวจสอบ
1) 0 - 2	32	2	2	0	0	88.89	36
2) 2 - 4	1	14	1	0	1	82.35	17
3) 4 - 8	4	1	6	2	0	46.15	13
4) 8 - 16	0	0	1	3	1	60.00	5
5) > 16	0	0	0	0	10	100.00	10
ร้อยละความถูกต้อง	86.49	82.35	60	60	83.33	65	81
จำนวนจุดตรวจสอบ	37	17	10	5	12	81	
ร้อยละความถูกต้องรวม						80.25	

ตารางที่ 10 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ระดับความเค็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนี SI ในปี 2558

จากการตรวจสอบความถูกต้องของปีวิจัย 2559 พบว่า ให้ความถูกต้องรวมร้อยละ 77.78 ของจุด ตรวจสอบทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่ดินเค็มมากที่สุด (>16 dS/m) มีความถูกต้องของแผนที่ร้อยละ 83.33 ของจุดตรวจสอบในระดับความเค็มนี้ ส่วนในพื้นที่ดินเค็มมาก (8-16 dS/m) ให้ความถูกต้องร้อยละ 60 และเค็มปานกลาง (2-4 dS/m) ให้ความถูกต้องร้อยละ 83.33 และพื้นที่ดินเค็มน้อยมีความถูกต้องร้อยละ 73.33 ของจุดตรวจสอบในแต่ละระดับ ดังรายละเอียดตารางที่ 11

ปี 2559			ร้อยละความ	จำนวนจุด			
	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	>16	ถูกต้อง	ตรวจสอบ
1) 0 - 2	29	1	0	0	0	96.67	30
2) 2 - 4	4	11	1	0	1	64.71	17
3) 4 - 8	3	1	10	1	0	66.67	15
4) 8 - 16	1	0	0	3	1	60.00	5
5) > 16	0	2	1	1	10	71.43	14
ร้อยละ	78.38	73.33	83.33	60	83.33	63	81
จำนวนจุดตรวจสอบ	37	17	10	5	12	81	
ร้อยละความถูกต้องรวม						77.78	

ตารางที่ 11 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ระดับความเค็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนี SI ในปี 2559

การตรวจสอบความถูกต้องของปีวิจัย 2560 พบว่า ให้ความถูกต้องรวมร้อยละ 74.07 ของจุด ตรวจสอบทั้งหมด ในพื้นที่ดินเค็มมากที่สุด (>16 dS/m) มีความถูกต้องของแผนที่ร้อยละ 66.67 ส่วนใน พื้นที่ดินเค็มมาก (8-16 dS/m) ให้ความถูกต้องร้อยละ 40 และเค็มปานกลาง (2-4 dS/m) ให้ความถูกต้อง ร้อยละ 90 และพื้นที่ดินเค็มน้อยมีความถูกต้องร้อยละ 58.82 ของจุดตรวจสอบในแต่ละระดับ ดัง รายละเอียดตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ระดับความเค็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ดัชนี SI ในปี 2560

ปี 2560	ECe (dS/m)					ร้อยละความ	จำนวนจุด
	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	>16	ถูกต้อง	ตรวจสอบ
1) 0 - 2	31	3	0	0	0	86.11	34.00
2) 2 - 4	1	10	1	1	0	76.92	15.00
3) 4 - 8	2	3	9	1	2	52.94	17.00
4) 8 - 16	1	1	0	2	2	33.33	6.00
5) > 16	0	0	0	1	8	88.89	9.00
ร้อยละ	83.78	58.82	90.00	40.00	66.67	60.00	81.00
จำนวนจุดตรวจสอบ	37	17	10	5	12	81.00	
ร้อยละความถูกต้องรวม							74.07

จากการประเมินความถูกต้องทั้งสามปีวิจัย แม้ว่าระดับความถูกต้องของแผนที่อยู่ในระดับที่ ยอมรับได้ (ความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70) แต่เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากการจำแนกด้วยวิธีดังกล่าว จะเห็นว่าเป็นผลจากปัจจัยหลัก คือ ช่วงค่าการสะท้อนแสงของคราบเกลือ ถูกรบกวนจากค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่อื่น เช่น พื้นที่ชุมชน ถนนลาดยาง สิ่งปลูกสร้าง และบริเวณ พื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม (bare soil) แม้ว่าในการศึกษานี้จะได้ทำการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการตัดพื้นที่ ชุมชน ถนน และสิ่งปลูกสร้าง ตลอดจนพื้นที่ที่เป็นที่ดอนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มออกไปเป็นส่วน ใหญ่ แต่ยังคงมีพื้นที่รบกวนที่ไม่สามารถตัดออกไปได้หลงเหลืออยู่ เช่น พื้นที่ถนนลูกรัง ทางลำเลียงในไร่นา และคันดินคูคลองที่ใช้เป็นทางสัญจร นอกจากนี้ปัจจัยรบกวนที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความชื้นในดิน (Masoud, 2014) ซึ่งจะเห็นได้จากบริเวณใกล้เคียงหรือรอบ ๆ แหล่งน้ำที่มีความชื้นอยู่มาก โดยเฉพาะ บริเวณรอบแก่งละว้า ที่อยู่ทางด้านทิศเหนือของตำบลเมืองเพียและเป็นเขตติดต่อกับตำบลโคกสำราญ แม้ว่าบริเวณนี้จะเป็นพื้นที่ดินเค็มปานกลางถึงเค็มจัด แต่ด้วยอิทธิพลของความชื้นในดิน ทำให้ค่าการ สะท้อนแสงด้วยดัชนี SI มีค่าต่ำ และไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

# 7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การประเมินคราบเกลือด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนี การสะท้อนของแสง ได้แก่ SI BI NDVI NDSI และ DVI ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ให้ความสอดคล้องกับการกระจายตัวของคราบเกลือในพื้นที่จริงได้แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากการ วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Multivariate correlation) ระหว่างค่าดัชนีการสะท้อนแสงแบบต่าง ๆ กับค่าการ นำไฟฟ้าของดิน (ECe) ทำให้เห็นว่าดัชนีคราบเกลือ (Salinity index, SI) ให้ค่าความสัมพันธ์กับการ กระจายตัวของดินเค็มตามความเป็นจริงมากที่สุด (ร้อยละ 90) ซึ่งนำไปสู่การสร้างสมการเส้นตรง (Linear regression model) ที่ให้ระดับความเชื่อมั่นสูง (R<sup>2</sup> = 0.84 0.82 และ 0.84 ตามลำดับ) ในทั้งสามปีการ วิจัย ซึ่งสมการดังกล่าวนี้ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายค่าการนำไฟฟ้าของดิน ตลอดจนใช้เป็นเครื่องมือใน และนำไปสู่การจัดทำเป็นแผนที่ดินเค็มที่แสดงขอบเขตค่าการนำไฟฟ้าของดิน ตลอดจนใช้เป็นเครื่องมือใน ถึงวิธีการนี้ว่าสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จากการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการ ทำนาย ยังจำเป็นจะต้องหาวิธีการที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดเหล่านั้น เช่น การใช้เครื่องมือวัดช่วงค่าการ สะท้อนแสงในห้องปฏิบัติการ (Analytical Spectral Device FieldSpec FR (ASD, USA) spectrometer) ที่สามารถนำช่วงค่าที่วัดได้มาหาความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า และค่าการสะท้อนแสงที่สกัดได้จาก ภาพถ่ายดาวเทียม (Wang, et al, 2012) เป็นต้น

# 8. ประโยชน์ที่ได้รับ

 ได้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการประเมินปริมาณคราบเกลือด้วยเทคนิคการรับรู้ จากระยะไกล เพื่อใช้ในการคาดการณ์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายดินเค็มและเตรียมการรับมือ จัดการพื้นที่ดินเค็มได้อย่างเหมาะสม

2) ได้ข้อมูลที่สามารถตีพิมพ์ในวารสารวิชาการได้

3) ใช้เพื่อเป็นวิธีการในการประเมินค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลืออื่น ๆ

 4) ได้แผนที่คราบเกลือและแผนที่ค่าการนำไฟฟ้าที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัจจัยที่ เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ การปรับปรุงคุณสมบัติดิน การปรับสภาพพื้นที่

5) ใช้เพื่อประเมินผลการดำเนินงานพัฒนาพื้นที่ดินเค็มของโครงการที่ได้ดำเนินการผ่านไปแล้ว

# 9. การเผยแพร่งานวิจัย

ผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้จะนำไปถ่ายทอดแก่กลุ่มเกษตรกรเป้าหมายหรือเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ ที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มและนักวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงให้เห็นถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงของพื้น ที่ดินเค็ม โดยรูปแบบการถ่ายทอดจะถ่ายทอดในรูปแบบของเอกสารคำแนะนำและแผนที่ นอกจากนี้ หลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยจะเผยแพร่ข้อมูลผลการวิจัยทางเว็บไซด์ของหน่วยงาน

#### 10. เอกสารอ้างอิง

- Abdul-Qadir, A.M. and T.J. Benni. 2010. MONITORING AND EVALUATION OF SOIL SALINITY IN TERM OF SPECTRAL RESPONSE USING LANDSAT IMAGES AND GIS IN MESOPOTAMIAN PLAIN/ IRAQ. *Journal of Iraqi Desert Studies*. 2, 19-32.
- Allbed, A., Kumar, L. and Aldakheel, Y.Y. (2014). Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*. 230–23, 1–8.
- Aldabaa, A.A.A., Weindorf, D.C., Chakraborty, S., Sharma, A. and Li, B. (2015). Combination of proximal and remote sensing methods for rapid soil salinity quantification. *Geoderma*. 239–240, 34–46.
- Ding, J. and Yu, D. (2014). Monitoring and evaluating spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the Werigan–Kuqa Oasis, China, using remote sensing and electromagnetic induction instruments. *Geoderma*. 235–236, 316–322.
- Ennaji, W., Barakat, A., Karaoui, I., El Baghdadi, M. and Arioua, A. 2018. Remote sensing approach to assess salt-affected soils in the north-east part of Tadla plain, Morocco. *GeoloGy, ecoloGy, and landscapes.* 2, 22-28.
- Masoud, A.A. (2014). Predicting salt abundance in slightly saline soils from Landsat ETM+ imagery using Spectral Mixture Analysis and soil spectrometry. *Geoderma*. 217– 218, 45–56.
- Wang, Q., Li, P. and Chen, X. (2012). Modeling salinity effects on soil reflectance under various moisture conditions and its inverse application: A laboratory experiment. *Geoderma*. 170, 103–111.