

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

การพัฒนาตัวชี้วัดการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ โดยใช้เกณฑ์
Land Degradation Neutrality (LDN) ในจังหวัดนครราชสีมา

Local Indicator Development of Land Degradation Assessment using LDN
Approach in Nakhon Ratchasima Province

โดย

นางสาวเสาวนีย์ ประจันศรี

นางสาวสยาม ไชยทิพย์

นายวิศิษฐ์ งามสม

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน (นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ)
ตำแหน่งเลขที่ 574
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ง
บทคัดย่อ	1
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	41
อุปกรณ์	41
วิธีการ	41
ระยะเวลาและสถานที่	45
ผลการศึกษา	47
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	90
ประโยชน์ที่ได้รับ	94
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก	109
ตารางภาคผนวก	109

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา ช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2532 – 2561)	35
2	กลุ่มชุดดิน พื้นที่เบ็ดเตล็ด และชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา	36
3	ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สะสมในดิน	44
4	การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545	47
5	การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550	49
6	การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560	50
7	ร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2560	52
8	เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560 และช่วงปี พ.ศ. 2550 - 2560	54
9	เกณฑ์การประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	55
10	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละกรณี ช่วงปี 2545 ถึง ปี 2560 และ ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560	56
11	เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ระหว่าง ปี พ.ศ. 2545 กับ ปี พ.ศ. 2560	57
12	เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 กับ ปี พ.ศ. 2560	57
13	ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560 และช่วงปี พ.ศ. 2550-2560	58
14	ช่วงชั้นระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP)	62
15	เนื้อที่ของระดับความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP) ช่วงปี 2550-2560	66
16	ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา	67
17	ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std.Deviation) ของคุณสมบัติในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน	71
18	A paired two-tailed Student's-t-test ของกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน	72
19	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 และ ปี 2560	77
20	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	77
21	ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน	78
22	สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลังดำเนินงาน ปี 2557	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลัง ดำเนินงาน ปี 2558	84
24	สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลัง ดำเนินงาน ปี 2559	85
25	การเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของดินเค็มในช่วงปี 2550 และ ปี 2560	86
26	ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline)	87
27	ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา (LDN baseline 2550- 2560)	89

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบการจัดทำตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ตามเป้าหมายที่ 15.3.1	14
2	แบบจำลองแนวคิดของประมาณค่าในช่วง	22
3	แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW	23
4	กราฟแสดงค่าที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW	23
5	แบบจำลองพื้นผิว และแนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Spline	24
6	เปรียบเทียบการประมาณค่าในช่วงแบบ Kriging กับ IDW	24
7	แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Kriging	25
8	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวจากการประมาณค่าด้วยวิธีต่าง ๆ	26
9	แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Natural Neighbors	26
10	แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Thiessen Polygon	27
11	ที่ตั้ง และอาณาเขตจังหวัดนครราชสีมา	32
12	ขั้นตอน และวิธีการพัฒนาตัวชี้วัด LDN ระดับพื้นที่	46
13	การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545	48
14	การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550	49
15	การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560	51
16	ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline) จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560 (ก) และช่วงปี 2550-2560 (ข)	59
17	ระดับความสามารถในการผลิตของที่ดิน (NPP) ในช่วงปี 2550 ถึง 2560 จังหวัดนครราชสีมา	63
18	เนื้อที่ระดับความสามารถในการผลิตของที่ดิน ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560	64
19	เปรียบเทียบระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ปี พ.ศ. 2550 (ก) และ ปี พ.ศ. 2560 (ข)	65
20	ตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP baseline) จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560	67
21	Box plots แสดงค่าความแปรปรวนของคุณสมบัติดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน (A) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (B) ความหนาแน่นของดิน (C) pH ของดิน (D) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	70
22	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน (FR = พื้นที่ป่าไม้ PF = พื้นที่นาข้าว FC = พื้นที่ปลูกพืชไร่ PT = พื้นที่ทุ่งหญ้า)	72
23	ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 จังหวัดนครราชสีมา	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2560 จังหวัดนครราชสีมา	75
25	ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline) ช่วงปี 2552-2560 จังหวัดนครราชสีมา	79
26	การแพร่กระจายคราบเกลือบนผิวดิน ปี 2550 จังหวัดนครราชสีมา	81
27	ระดับความรุนแรงของดินเค็ม ปี 2560 จังหวัดนครราชสีมา	86
28	ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม ช่วงปี 2550- 2560 จังหวัดนครราชสีมา	87
29	ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ณ ปีฐาน (2550-2560) จังหวัดนครราชสีมา	90

การพัฒนาตัวชี้วัดการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ โดยใช้เกณฑ์ Land Degradation Neutrality (LDN) ในจังหวัดนครราชสีมา

เสาวนีย์ ประจันศรี¹ สยาม ไชยทิพย์¹ และวิศิษฐ์ งามสม²

¹สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3

กรมพัฒนาที่ดิน

²กองแผนงาน

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของที่ดินในจังหวัดนครราชสีมา และจัดทำข้อมูลฐาน (LDN Baseline) ในระดับพื้นที่ โดยนำหลักการของ Land Degradation Neutrality (LDN) มาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล ร่วมกับการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ผลการวิจัยพบว่า ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี 2550-2560 (LUC baseline) มีพื้นที่เสื่อมโทรม จำนวน 213,644 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.67 ของเนื้อที่จังหวัด การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่มาจากการเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ชุ่มน้ำ ไปเป็นพื้นที่เกษตร มีจำนวนเนื้อที่ 117,046 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.91 ของเนื้อที่จังหวัด ตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP baseline) ในช่วงปี 2550 – 2560 มีพื้นที่เกิดความเสื่อมโทรม จำนวน 1,185,957 ไร่ หรือร้อยละ 9.26 ของเนื้อที่จังหวัด ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline) ในช่วงปี 2552 - 2560 มีพื้นที่ที่เกิดความเสื่อมโทรม หรือมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ลดลง มีเนื้อที่ 2,130,149 ไร่ หรือร้อยละ 16.63 ของเนื้อที่จังหวัด ตัวชี้วัดความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline) ในช่วงปี 2550 – 2560 มีพื้นที่เสื่อมโทรมจำนวน 562,298 ไร่ หรือร้อยละ 4.39 ของเนื้อที่จังหวัด และ ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) ในช่วงปี 2550 – 2560 จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดิน จำนวน 2,731,943 ไร่ หรือร้อยละ 21.33 ดังนั้นสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) จังหวัดนครราชสีมา ณ ปีฐาน (2550-2560) มีสัดส่วนพื้นที่เสื่อมโทรมร้อยละ 21.33 ของเนื้อที่ทั้งหมดของจังหวัด สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินในจังหวัดนครราชสีมา ส่วนใหญ่เกิดจากดินเค็ม การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน และเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่อื่น ๆ ไปเป็นพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่ใช้ตั้งถิ่นฐาน เช่น ชุมชน อุตสาหกรรม การใช้วิธีการประเมิน LDN สามารถระบุตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของดิน (Hotspot) และสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดิน ซึ่งข้อมูลนี้มีประโยชน์อย่างมากในการกำหนดเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดิน และการวางมาตรการในการจัดการ อนุรักษ์ฟื้นฟู ทรัพยากรดินอย่างเหมาะสมในอนาคต

คำสำคัญ: ความสมดุลการจัดการทรัพยากรที่ดิน ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ผลผลิตของที่ดิน
อินทรีย์คาร์บอน

Local Indicator Development of Land Degradation Assessment Using LDN Approach in Nakhon Ratchasima Province

Saowanee Prachansri^a, Siam Chaithip^a and Wisit Ngamsom^b

^a Land Development Regional Office3

Land Development Department

^b Planning Division

Abstract

This research aimed at assessing land degradation hotspots in Nakhon Ratchasima Province and creating local LDN Baseline. Land Degradation Neutrality (LDN) approach was applied to geographic information system together with remote sensing and field study. The findings revealed that indicator of land use changes during 2007-2017 (LUC baseline) showed the degraded land of 213,644 rais or 84,468.13 acres (1.67%). The land use was mostly changed from forest land, grassland, and wetland into agricultural land of 117,046 rais or 46,276.31 acres (0.91%). Indicator of land productivity (NPP baseline) during 2007-2017 indicated the degraded land of 1,185,957 rais or 468,890.17 acres (9.26%). In addition, indicator of soil carbon stock (SOC baseline) during 2007-2017 demonstrated the degraded land or decrease of soil organic carbon of 2,130,149 rais or 842,194.04 acres (16.63%). Indicator of severity of soil salinity (SIC baseline) during 2007-2017 showed the degraded land of 562,298 rais or 222,314.98 acres (4.39%). Also, indicator of land degradation (LDN baseline) during 2007-2017 demonstrated the degraded land of 2,731,943 rais or 1,080,124.50 acres (21.33%). In consequence, the land degradation in Nakhon Ratchasima Province (LDN baseline) at base year (2007-2017) was 21.33%. This degradation was mainly caused by soil salinity, salt stain distribution on the soil surface, and land use changes for different purposes such as cultivation and taking up residence e.g. communities and industries. Using LDN approach enabled the land degradation hotspots and causes to be identified. This information is extremely useful in setting goal to solve the problems of land degradation and lay down measures for soil resource management, conservation, and reclamation in the future.

Keywords: Land Degradation Neutrality (LDN), Land Degradation Indicator, Land Productivity, Soil Organic Carbon.

คำนำ

ประเทศไทยเป็นอีกหนึ่งประเทศในทวีปเอเชียที่กำลังเผชิญปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน สาเหตุที่สำคัญคือการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้มีการขยายตัวของการใช้ทรัพยากรดินเพื่อการผลิตอาหารอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ทรัพยากรดิน และที่ดินเกิดความเสื่อมโทรม (United Nations Environment Programme, 1997) จากการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2540) รายงานว่า มีพื้นที่ที่มีปัญหาดินเสื่อมโทรม ประมาณ 224.9 ล้านไร่ หรือร้อยละ 70.13 ของพื้นที่ทั้งประเทศ แบ่งเป็นพื้นที่ที่มีอินทรีย์วัตถุในดินต่ำกว่าร้อยละ 2 ประมาณ 191 ล้านไร่ หรือร้อยละ 60 อินทรีย์วัตถุในดินต่ำกว่าร้อยละ 1.5 มีประมาณ 98.7 ล้านไร่ โดยแต่ละภาคมีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่เท่ากัน ส่วนพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินในปี 2538 มีจำนวน 134.51 ล้านไร่ ในขณะที่ปี 2524 มีจำนวนเพียง 107 ล้านไร่ แสดงว่าช่วงระยะเวลา 14 ปี มีพื้นที่ถูกชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น 27 ล้านไร่ หรือเท่ากับร้อยละ 20.07 ของพื้นที่ประเทศ ถือว่าอยู่ในขั้นวิกฤติเพราะที่ดินเกิดความเสื่อมโทรมลงจนกลายเป็นดินที่มีปัญหาทางการเกษตร และในช่วงปี พ.ศ. 2545-2550 จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรลดลง โดยปี 2545 มีพื้นที่เกษตรประมาณ 151 ล้านไร่ ในขณะที่ปี 2550 พบว่าพื้นที่เกษตรลดลงเหลือ 150 ล้านไร่ และในปี 2560 พื้นที่เกษตรลดลงเหลือประมาณ 149 ล้านไร่ โดยพื้นที่เกษตรถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่นอกภาคเกษตรเพิ่มขึ้น เป็นผลจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้ภาคอุตสาหกรรมและบริการได้ขยายตัวเข้ามาใช้พื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทานเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้สูญเสียที่ดินเพื่อใช้ทำการเกษตรเท่านั้น แต่ยังเป็นการแก่งแย่งพื้นที่เกษตรกรรมที่ดีอีกด้วย และจากการประเมินสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับ Global data ในช่วงปี 2544-2558 จาก หน่วยงาน National Aeronautics and Space Administration พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดินร้อยละ 21.93 ของพื้นที่ประเทศ (TrendsEarth, 2018)

จากภาวะการณ์ความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นการป้องกันแก้ไข พื้นฟู จัดการทรัพยากรดินให้เกิดความยั่งยืน ประเทศไทยจึงได้เข้าร่วมโครงการนำร่องในการพัฒนาศักยภาพของประเทศภาคีสมาชิกอนุสัญญา UNCCD เพื่อจัดทำเป้าหมายความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) และจากมติการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย สมัยที่ 12 ได้กำหนดให้แนวคิดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน หลักการดำเนินงานของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย เชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDG) เป้าประสงค์ที่ 15.3 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างการสูญเสียที่เกิดจากความเสื่อมโทรมของที่ดินกับการพัฒนาหรือความอุดมสมบูรณ์ที่เกิดจากการฟื้นคืนความเสื่อมโทรมหรือดำเนินมาตรการจัดการที่ดินอย่างยั่งยืน และได้จัดทำแผนการดำเนินงาน LDN เพื่อขับเคลื่อนการจัดทำเป้าหมายความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน

ในปี 2560 ในขั้นตอนการจัดทำเป้าหมาย และมาตรการจะประกอบด้วยกิจกรรมหลักสำคัญ 4 กิจกรรม ได้แก่ การจัดทำข้อมูลฐาน (Baseline) เพื่อประเมินแนวโน้มความเสื่อมโทรมของที่ดิน ประเมินสภาพแวดล้อมที่เป็นตัวกระตุ้นความเสื่อมโทรมของที่ดิน ติดตามสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน การจัดทำเป้าหมายและมาตรการในการจัดการที่ดินที่เหมาะสม เพื่ออนุรักษ์ ลดผลกระทบ และฟื้นฟูที่ดิน และเสนอข้อคิดเห็นด้านวิชาการในการกำหนดนโยบาย แนวทาง หลักเกณฑ์ และกลไกการดำเนินงานตามพันธกรณีของอนุสัญญาฯ การขยายผลแนวคิดไปสู่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Leveraging) และการติดตามผลการดำเนินงาน โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมโทรมของที่ดิน จะถูกนำมาใช้ในการจัดทำข้อมูลฐาน (Baseline) และติดตามความเปลี่ยนแปลงของการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องจากปี 2558 ถึง 2573 ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตัวชี้วัดผลผลิตภาพของที่ดิน และตัวชี้วัดคาร์บอนในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560ก) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดิน หน่วยงานในการประสานการดำเนินงานตามอนุสัญญาว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย (UNCCD) ได้จัดทำตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัด ซึ่ง ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะใช้ฐานข้อมูลในระดับประเทศ (National- Tier 2) สำหรับตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน ใช้ฐานข้อมูลในระดับโลก (Global – Tier 1) ซึ่งการใช้ข้อมูลในระดับที่หยาบ อาจทำให้ผลการประเมินความเสื่อมโทรมในภาพรวมของประเทศมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการกำหนดเป้าหมายการจัดการทรัพยากรดิน และการติดตามผลสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดินในอนาคต

การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาพัฒนาตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัด และศึกษาตัวชี้วัดอื่นเพิ่มเติมที่มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดความเสื่อมโทรมเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีปัญหาการแพร่กระจายคราบเกลือหรือดินเค็มมากที่สุด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 27 ของพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีพื้นที่การแพร่กระจายคราบเกลือกว่า 11 ล้านไร่ (สมศักดิ์, 2550) ตัวชี้วัดทั้ง 4 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตัวชี้วัดผลผลิตภาพของที่ดิน และตัวชี้วัดคาร์บอนในดิน และตัวชี้วัดความรุนแรงของดินเค็ม โดยจะใช้วิธีการศึกษาข้อมูลในระดับพื้นที่ แบบละเอียด การสำรวจตรวจวัดข้อมูลในสนาม ตัวชี้วัดทั้ง 4 ตัวจะนำไปสู่การประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่ และจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (LDN baseline) เพื่อติดตามสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน ทำให้ประเทศสามารถกำหนดเป้าหมายในการฟื้นฟูและพัฒนาที่ดินได้ชัดเจนยิ่งขึ้น กำหนดมาตรการในแต่ละเป้าหมายเพื่อลดความเสื่อมโทรมของที่ดิน พร้อมทั้งขับเคลื่อน และขยายผลมาตรการจัดการที่ดินผ่านช่องทางต่าง ๆ และวิธีการที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาสถานะแวดล้อมในการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ เกิดการปฏิบัติงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการป้องกัน ลดผลกระทบ และฟื้นฟูความเสื่อมโทรมของที่ดิน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จตามเป้าประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยใช้เกณฑ์ตัวชี้วัดของ LDN
2. เพื่อจัดทำข้อมูลฐาน (LDN Baseline) ความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่

การตรวจเอกสาร

1. คำนิยาม

ดินเสื่อมโทรม หมายถึง ดินที่อยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น สมบัติทางเคมีของดินมีสภาพเป็นกรดจัด เค็มจัด ทางด้านกายภาพของดิน สูญเสียโครงสร้างเกิดการอัดตัวแน่น ขาดความโปร่งพรุน และดินอยู่ในสภาวะไม่สมดุล ความเสื่อมโทรมของดิน จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ความเสื่อมโทรมของที่ดิน เนื่องจากดินเป็นส่วนหนึ่งของที่ดิน ซึ่งมีนักวิทยาศาสตร์จากหลายหน่วยงาน ทั้งในประเทศไทยและในระดับสากล ได้ให้คำนิยามและความหมาย ของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินทั้งในแง่ของความเสื่อมโทรมของที่ดิน (Land degradation) และความเสื่อมโทรมของดิน (Soil degradation) ไว้หลายกรณีแตกต่างกันไป ดังนี้

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ : United Nations Environmental Program – UNEP (1992) ได้ให้ความหมายของความเสื่อมโทรมของที่ดิน หมายถึง การลดลงของศักยภาพของทรัพยากรดิน ซึ่งเกิดจากกระบวนการหนึ่งหรือหลายๆ กระบวนการประกอบกันที่ส่งผลกระทบต่อที่ดิน

Food and Agriculture Organization – FAO (1979) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดินว่า เป็นกระบวนการซึ่งมีผลทำให้ศักยภาพการผลิตของดินลดลง

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย : United Nations Convention to Combat Desertification-UNCCD (1994) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดินว่า เป็นการลดลงหรือสูญเสียประโยชน์ทางชีวภาพและทางเศรษฐกิจ และการสูญเสียความซับซ้อนของระบบนิเวศ ซึ่งรวมถึงดิน พันธุ์พืชและสัตว์ประจำท้องถิ่น และกระบวนการทางนิเวศวิทยา กระบวนการทางชีวเคมีวิทยา กระบวนการทางอุทกวิทยา ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ที่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและกิจกรรมของมนุษย์

Lal (1994) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของที่ดินว่า เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของดิน ทั้งทางกายภาพ (Physical) และชีว-เคมี (Bio-chemical) ที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์หรือธรรมชาติ ซึ่งหมายถึง การที่ทรัพยากรดินไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายในระบบนิเวศที่มี

การกักเก็บและการหมุนเวียนของน้ำ พลังงานและธาตุอาหาร ส่งผลให้การตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลงทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ

การประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่แห้งแล้ง : Land Degradation Assessment in Drylands – LADA (2005) ให้ความหมายของความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่แห้งแล้ง หมายถึง การลดลงหรือสูญเสียไปของกำลังผลิตด้านชีวภาพและเศรษฐกิจ รวมไปถึงการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่เกษตรน้ำฝน เกษตรชลประทาน พืชเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่ป่าไม้ในเขตแห้งแล้ง กึ่งแห้งแล้ง และกึ่งร้อนชื้นเขตแห้งแล้ง เนื่องจากการใช้ที่ดินและกระบวนการต่าง ๆ รวมทั้งกิจกรรมของมนุษย์

กรมพัฒนาที่ดิน (2540) ให้ความหมายของความเสื่อมโทรมของดิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของดินจนทำให้ดินนั้นมีคุณภาพลดลงจนไม่สามารถใช้เพื่อการเกษตรได้อย่างถาวรและให้ผลผลิตคงที่ตลอดไป เป็นผลมาจากขาดการจัดการดินที่ถูกต้อง และมีปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ความเสื่อมโทรมของดิน ปรากฏขึ้นหลายรูปแบบ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ดินแน่นตัว การอุ้มน้ำลดลง ซึ่งมีผลให้ดินบ่ม ซึ่งเป็นชั้นดินที่เหมาะสมที่สุดต่อการเกษตรสูญหายไป ความเสื่อมโทรมมาจากการชะล้างพังทลายของดินเป็นสาเหตุที่รุนแรงที่สุด

Oldeman et.al. (1991) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของดินว่า เป็นกระบวนการที่กล่าวถึงปรากฏการณ์ที่มนุษย์ชักนำไปประสิทธิภาพของดินในการรองรับการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคตลดลง

Blum (1997) ให้ความหมายความเสื่อมโทรมของดินว่า เป็นความเสื่อมโทรมของคุณภาพดินหรืออีกความหมายหนึ่งคือการที่ดินสูญเสียหน้าที่ในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าคุณภาพของดินอาจจะประเมินได้ในรูปของศักยภาพ ในการทำหน้าที่ของดินด้านต่าง ๆ

จากนิยามความเสื่อมโทรมของดินและที่ดินที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน คือ การลดลงของศักยภาพของทรัพยากรดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติหรือกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลงทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ

2. สาเหตุความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน

การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน เป็นผลกระทบในทางลบที่เกิดมาจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับทรัพยากรที่ดิน ผลกระทบดังกล่าวเกิดมาจากการกระทำของมนุษย์หรือเป็นไปตามธรรมชาติที่ขาดสมดุลกระบวนการดังกล่าวอาจเกิดขึ้นเพียงกระบวนการเดียวหรือเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน หรือเกิดต่อเนื่องกันแล้วแต่ความรุนแรงของปัจจัยที่มากระทบ การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน เกิดมาจากกระบวนการใหญ่ๆ 3 กระบวนการ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ก) ดังนี้

2.1 กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางกายภาพ ได้แก่ การชะล้างพังทลายของดิน หรือการกร่อนของดิน โครงสร้างของดินเสื่อมสภาพ การเหยียบย่ำจากสัตว์ หรือเครื่องจักร การสูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและอินทรีย์วัตถุจำนวนมาก หรือจากการไถที่ไม่เหมาะสม เกิดการแน่นทึบของดิน ผิวดินจับตัวเป็นแผ่น และดินขาดความชื้นอย่างรุนแรง

2.2 กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางเคมี ได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การขาดความสมดุลของธาตุอาหาร ดินเกิดสภาพเป็นกรด ด่างจัด ดินเค็ม ดินมีสารพิษหรือโลหะหนักปะปน เช่น สารหนู ตะกั่ว หรือแคดเมียม

2.3 กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมทางชีวภาพ ได้แก่ การลดลงของอินทรีย์วัตถุ ดินขาดอินทรีย์วัตถุ ดินมีการเปลี่ยนแปลงหรือขาดสมดุลของจุลินทรีย์ในดิน

3. สถานการณ์และแนวโน้มความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินของไทย

พิสุทธิ์ (2547) กล่าวถึง สถานการณ์เสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินของประเทศไทยในปัจจุบันว่ามี 2 ประการหลักดังนี้

1. การเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากการชะล้างพังทลายของดิน โดยการพัดพาของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย มีบันทึกมาตั้งแต่เริ่มแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับแรก ๆ ซึ่งถ้ามีการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มข้นและทั่วถึงตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การชะล้างพังทลายของดินคงไม่ปัญหา แต่สถานการณ์กลับตรงกันข้าม ยังมีการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น หรือมีการบุกเบิกพื้นที่ป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณต้นน้ำลำธารมากขึ้น อัตราการชะล้างพังทลายของดินในประเทศกลับเพิ่มขึ้นอย่างน่ากลัว ในบางกรณีถึงจุดที่ก่อให้เกิดอุทกภัย หรืออุบัติเหตุอย่างเลวร้าย อย่างเช่น การเกิดแผ่นดินถล่ม (Land slides) ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ.2532 หรือเมื่อปี พ.ศ.2544 ซึ่งเกิดเหตุการณ์ในทำนองเดียวกันในจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดแพร่ เป็นต้น

2. การเสื่อมโทรมอันเนื่องมาจากดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ ลักษณะทางกายภาพเสีย (Physical degradation) และมีสารพิษปะปนอยู่ในดิน เช่น เกลือ (Salinization) หรือกรด (Acidification) การเสื่อมโทรมประเภทนี้ มีผลมาจากการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกวิธี มีวิธีการจัดการที่ไม่เหมาะสม หรือปราศจากการทำนุบำรุงดินอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าลักษณะการเสื่อมโทรมของดินดังกล่าวจะมองเห็นไม่ค่อยเด่นชัดเหมือนกับการที่หน้าดินถูกชะล้างพังทลาย หรือถูกกัดกร่อนจนเป็นร่องลึก แต่ในปัจจุบันการเสื่อมโทรมดังกล่าวก็ได้เกิดขึ้นแล้ว และเกิดขึ้นได้กับดินทุกชนิดหากมีการจัดการหรือการใช้ที่ไม่เหมาะสม

การเสื่อมโทรมของที่ดินทั้ง 2 ประการดังที่กล่าวมาแล้ว จะส่งผลกระทบต่อตัวทรัพยากรที่ดินเอง ซึ่งเป็นเหตุให้ดินมีกำลังการผลิต (Productivity) ลดลง และต้องการการจัดการที่ดีเพื่อแก้ไขปัญหาการเสื่อมโทรมบางกรณี เช่น การชะล้างพังทลายของหน้าดิน นอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อตัวดินแล้ว ยังส่งผลกระทบ

ต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการสะสมตะกอน (Sedimentation) ในแหล่งน้ำ ส่วนการมีเกลือและกรดอยู่ในดิน ถ้ามีน้ำมาเกี่ยวข้อง ก็จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของเกลือ หรือกรดจากแห่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่ง ทำให้ดินในบริเวณอื่นได้รับผลกระทบตามไปด้วย ยิ่งไปกว่านั้น จะทำให้แหล่งน้ำต่าง ๆ มีคุณภาพต่ำ หากมีเกลือหรือกรดปะปนอยู่มากเกินไป นอกจากนี้ ที่ดินที่ใช้ในการเกษตรอยู่ในปัจจุบัน และที่ยังเหลือเป็นสภาพป่า มีดินที่เป็นปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินอินทรีย์ ดินต้นที่มีกรวดลูกรังปน และดินที่พบบนพื้นที่ภูเขาลาดชันรวมกันแล้วประมาณ 182 ล้านไร่ หรือร้อยละ 56.8 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้ติดตามสถานการณ์ของทรัพยากรดินไทยในปัจจุบันเห็นว่า มีแนวโน้มที่ทรัพยากรดินจะเกิดความเสื่อมโทรมในระดับที่สูงขึ้นในอนาคต โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรม สรุปได้ดังนี้

1. สาเหตุที่เกิดจากสมบัติของดินเอง ซึ่งครอบคลุมถึงความเสื่อมโทรมของดินทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ เช่น ดินทราย ดินเปรี้ยว เป็นต้น ตัวอย่างที่เห็นชัดคือ ดินเค็ม มีวัตถุต้นกำเนิดจากหินเกลือ (Rock salt) ที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ เมื่อหินสลายตัวจึงทำให้เกิดดินเค็มจัด สูญเสียสมดุลธาตุอาหาร อินทรีย์วัตถุต่ำมาก โครงสร้างทางกายภาพของดินแน่นทึบ ปลุกพืชไม่ได้ผล เพราะมีปัญหาความเป็นพิษจากเกลือ

2. สาเหตุจากการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสม เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการขยายที่ดินทำกินมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าไม้ต้นน้ำลำธารที่มีอยู่เพียง 14 ล้านไร่ ซึ่งสภาพภูมิประเทศสูงชัน โดยขาดการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ขาดการปรับปรุงบำรุงดินที่ดีมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายอย่างรุนแรง ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร

3. สาเหตุจากภัยพิบัติธรรมชาติ ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ ความเสื่อมโทรมของที่ดินในลักษณะนี้จะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน ภัยแล้ง ดินถล่ม และน้ำท่วมฉับพลันบ่อยครั้ง ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พื้นที่ที่ประสบภัย และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนนำไปสู่การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่ไม่สามารถประเมินค่าความเสียหายได้

4. ผลกระทบจากการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

ความเสื่อมโทรมของดิน นอกจากจะทำให้กำลังการผลิตหรือศักยภาพการผลิตพืชต่ำลง ทั้งทางปริมาณและคุณภาพหรืออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงและกว้างขวางทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้อีกด้วย กรมพัฒนาที่ดิน (2535) ได้รายงานและแบ่งผลกระทบไว้เป็น 3 ด้าน ได้แก่

4.1 ผลกระทบด้านกายภาพ ที่เกิดจากการใช้ที่ดินและการจัดการที่ดินที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ซึ่งเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสุดสูญเสียไป ทำให้ผลผลิตลดลงเรื่อย ๆ จนไม่สามารถใช้ในการเพาะปลูกได้อีก หน้าดินที่ถูกชะล้างจะตกลงไปเป็นตะกอนทับถม ก่อให้เกิดการตื้นเขินตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งประมาณว่ามีถึงปีละ 27 ล้านตัน ทำให้รัฐต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขุดลอกเป็นจำนวนมาก และเกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยเคมีในการบำรุงดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการปนเปื้อนของสารเคมีทั้งในดิน และน้ำมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ความเสื่อมโทรมของดินส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตร ประมาณว่าในแต่ละปีมีพื้นที่ที่ประสบปัญหาการชะล้างพังทลายจนมีผลผลิตลดลงมากถึงร้อยละ 25 จากผลผลิตเดิม ธาตุอาหารพืชในดินสูญเสียไปมีมูลค่าสูงถึง 3,774.37 ล้านบาท และส่งผลกระทบต่อเกษตรกรซึ่งเป็นประชากรส่วนใหญ่ของประเทศได้รับผลผลิตทางการเกษตรต่ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรมีฐานะยากจนและมีรายได้น้อยกว่าประชากรนอกการเกษตรหลายเท่า

4.3 ผลกระทบด้านสังคม เนื่องจากที่ดินที่มีศักยภาพใช้ทำการเกษตรได้ผลดี มีอยู่ค่อนข้างจำกัดเพียงร้อยละ 37 ของพื้นที่ประเทศ ในขณะที่ที่ดินประมาณร้อยละ 52 ถูกนำไปใช้ทางการเกษตร หรืออาจกล่าวโดยรวมว่าที่ดินที่ใช้ทำการเกษตรกันอยู่ถึงร้อยละ 25 ของพื้นที่ประเทศ เป็นดินที่มีศักยภาพต่ำ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรต่ำแต่ต้นทุนการผลิตสูง เป็นผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่มีฐานะยากจน มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากขึ้นเพื่อขยายพื้นที่ทำกินเพราะต้องการพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง บางกลุ่มต้องอพยพเข้าเมืองเพื่อหางานทำ ทั้งสองประเด็นดังกล่าวนี้เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบทางสังคมจนกลายเป็นปัญหาสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศตามมาอีกมากมาย

5. การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

Potisuwan (1994) ศึกษาการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินครั้งแรกของประเทศไทย โดยกองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน ได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลความเสื่อมโทรมของที่ดินของประเทศไทย ในด้านกายภาพ ได้แก่ ที่ตั้ง อากาศ ภูมิศาสตร์ของไทย ลักษณะภูมิประเทศ นโยบายด้านการจัดการที่ดิน ด้านที่ดิน สภาพการใช้ที่ดิน ประเมินความเหมาะสมของที่ดิน พื้นที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินปัญหา ภัยแล้ง การชะล้างพังทลายของดิน นิยามและการเกิดดินปัญหา ระดับความรุนแรง ของการชะล้างพังทลายของดิน ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินต่อการปลูกพืช การศึกษาตะกอนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในเขื่อน และการอนุรักษ์ดินและน้ำ

กรมพัฒนาที่ดิน ร่วมกับ Food and Agriculture Organization (FAO) และ The International Soil Reference and Information Center (ISRIC) (2540) ดำเนินโครงการ Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation in South and Southeast Asia (ASSOD) มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับ สถานะของทรัพยากรดินและที่ดินและแนวโน้มของความเสื่อมโทรมในภูมิภาค

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และสร้างความเข้มแข็งให้กับประเทศในการประเมินความเสื่อมโทรมของดิน (Lynden and Oldeman, 1997) ซึ่งการประเมินความเสื่อมโทรมครั้งนี้ได้ใช้หลักการประเมินเดียวกับการประเมินความเสื่อมโทรมของดินในระดับโลก หรือ Global Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation (GLASOD) โดยการศึกษาในระดับภูมิภาคทำให้ได้ข้อมูลที่จะเอืดยกว่า ซึ่งได้กำหนดสาเหตุของความเสื่อมโทรม ได้แก่ การชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ การชะล้างพังทลายของดินโดยลม ความเสื่อมโทรมทางกายภาพ และความเสื่อมโทรมทางเคมี จากผลการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ 15% ความเสื่อมโทรมทางเคมี >30% มีเนื้อที่ 25.5 ล้านเฮกตาร์ และ ความเสื่อมโทรมทางกายภาพ มีเนื้อที่ 7.3 ล้านเฮกตาร์

Sunan *et al.* (1999) ประเมินความเสื่อมโทรมที่ดินของประเทศไทย โดยประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินมีสาเหตุหลัก ได้แก่ การชะล้างพังทลายของดิน ความเสื่อมโทรมทางกายภาพ ความเสื่อมโทรมทางเคมี และความเสื่อมโทรมทางชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดินตามระดับความรุนแรงเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรงมาก โดยพื้นที่ความเสื่อมโทรมในระดับรุนแรงมาก เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน ร้อยละ 59.9 ของพื้นที่ประเทศ

Moncharoen *et al.* (1999) ได้ศึกษาข้อจำกัดของทรัพยากรดินเพื่อการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนในประเทศไทย โดยประเมินข้อจำกัดของที่ดิน และชั้นคุณภาพของที่ดิน จากการศึกษาทำให้ทราบข้อจำกัดของที่ดินโดยข้อจำกัดที่มากที่สุด หรือร้อยละ 29.91 คือพื้นที่ลาดชัน (Steep lands) รองลงมาเป็นดินที่มีศักยภาพในการอุ้มน้ำต่ำ (Low water holding capacity) ร้อยละ 27.59 และ 20.61 ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าพื้นที่ทำการเกษตร เพียงร้อยละ 6.6 ที่มีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อยจัดอยู่ในชั้นคุณภาพที่สองและสาม ส่วนพื้นที่ที่เหลือประมาณร้อยละ 26 จำเป็นต้องมีมาตรการจัดการดินเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร

FAO (2005) ได้คิดค้นวิธีการประเมินความเสื่อมโทรมของดินอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดทำโปรแกรม LADA (Regional Land Degradation Assessment in Drylands - LADA PROJECT) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประเมินความเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่แห้งแล้ง โดย FAO ได้จัดทำคู่มือ ซึ่งมีวิธีการและชุดเครื่องมือ สำหรับประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในระดับท้องถิ่น ซึ่งความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้าน กายภาพ เคมี ชีวภาพ และหรือความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงจากกระบวนการกร่อนดินแบบแผ่นรื้อ และร่องธารของน้ำ และการชะล้างและการทับถมดินจากลม ทำให้เกิดการสูญเสียดิน แต่ยังมีเปลี่ยนแปลงของดินจากบางกระบวนการที่ไม่สามารถเห็นได้โดยตรง เช่น ความอุดมสมบูรณ์ หรือธาตุอาหารที่กำลังแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของโลก ซึ่งกระบวนการทั้งหมดเป็นสาเหตุของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

สุชาติ และดวงใจ (2551) ได้ประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ 3 กลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อความเสื่อมโทรม เพื่อกำหนดค่าดัชนีความเสื่อมโทรมของที่ดิน ประกอบด้วย ปัจจัยภายใน เป็นลักษณะและสมบัติของดินเอง ปัจจัยสนับสนุน ได้แก่ การชะ

ล่างพังทลายของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของประชากร และปัจจัยเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง น้ำท่วม และดินถล่ม ผลการประเมินค่าดัชนีความเสื่อมโทรมของที่ดิน จำแนกพื้นที่เสื่อมโทรมออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสื่อมโทรมระดับคุณธรรมชาติ มีเนื้อที่ร้อยละ 47.29 ของเนื้อที่ประเทศ พื้นที่เสื่อมโทรมระดับเผ่าร้าง มีเนื้อที่ร้อยละ 41.47 พื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง มีเนื้อที่ร้อยละ 11.18 และพื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤต มีเนื้อที่ร้อยละ 0.06 ของเนื้อที่ประเทศ

6. ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน

ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) คือ แนวคิดในการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนเป้าหมายที่ 15.3 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 ซึ่งจากผลการประชุมคณะกรรมการอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย ครั้งที่ 2/2559 เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2559 ที่ประชุมได้มีมติให้ใช้ชื่อภาษาไทยที่เห็นว่า ครอบคลุมหลักการและวัตถุประสงค์ของ LDN คือ “ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน” ซึ่งเป็นการจัดทำเป้าหมายการดูแลฟื้นฟูความเสื่อมโทรมของที่ดินไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรมเพิ่มขึ้น ในการที่จะสำเร็จตามเป้าหมายที่ 15 ตัวชี้วัดที่ 15.3 ของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals - SDG) มีคำนิยามที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) เป้าหมายที่ 15.3 “ภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ.2030) การต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย ฟื้นฟูที่ดินและดินที่เสื่อมโทรม รวมทั้งที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากการแปรสภาพเป็นทะเลทราย ความแห้งแล้ง และน้ำท่วม และมุ่งมั่นเพื่อบรรลุเป้าหมายให้ที่ดินเสื่อมโทรมทั่วโลกเป็นกลาง”

2) นิยามของ LDN: “ความเสื่อมโทรมของที่ดินที่มีสถานะความเป็นกลาง (Land Degradation Neutrality) คือ สถานะของทรัพยากรที่ดินในเชิงคุณภาพและปริมาณ ที่จะสนับสนุนการทำงานของระบบนิเวศ และสร้างเสถียรภาพความมั่นคงทางอาหาร หรือเพิ่มขึ้น ตามลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในเชิงพื้นที่ เวลา และระบบนิเวศ”

จากเป้าหมายที่ 15.3 ของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งกำหนดให้การพัฒนาจะต้องบรรลุตามเป้าหมายความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (LDN) ภายในปี ค.ศ. 2030 ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่กำหนด ทิศทางการดำเนินงานของอนุสัญญาที่สำคัญเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว โดยการดำเนินงาน LDN มีความสัมพันธ์กับประเด็นหลัก 2 เรื่องดังนี้

1) สัมพันธ์กับการเข้าร่วมโครงการนำร่อง LDN จะช่วยพัฒนาศักยภาพในการวิเคราะห์/ประเมินข้อมูลความเสื่อมโทรมของประเทศโดยจะประเมินข้อมูลจากฐานข้อมูลในระดับโลกมาสู่ระดับประเทศ อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการดำเนินงานในระดับประเทศเพื่อนำปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากฐานข้อมูลในระดับโลก มาช่วยในการประเมินการกำหนดเป้าหมาย LDN เพื่อให้มีความละเอียด และถูกต้องมากขึ้น

2) สัมพันธ์กับการจัดทำแผนปฏิบัติการแห่งชาติอนุสัญญา UNCCD โดยอนุสัญญาฯ กำหนดให้ประเทศภาคีสมาชิกนำเป้าหมาย LDN ตัวชี้วัด และกิจกรรมในการจัดการที่ดินมาผนวกในแผนปฏิบัติการแห่งชาติของอนุสัญญา UNCCD ซึ่งในขณะนี้ กรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำร่างแผนปฏิบัติการแห่งชาติอนุสัญญา UNCCD ไว้แล้ว ซึ่งจะต้องนำเป้าหมาย LDN ตัวชี้วัด และกิจกรรมในการจัดการที่ดินมาผนวกเข้าสู่แผนปฏิบัติการแห่งชาติอนุสัญญา UNCCD

การจัดทำเป้าหมาย LDN จะต้องใช้ตัวชี้วัด 3 ประเภท ได้แก่

1) สิ่งปกคลุมที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน(Land cover and land use change : LUC)

2) ผลผลิตของที่ดิน (Land Productivity: LP) ซึ่งในระดับโลกกำหนดให้ใช้ NDVI เป็นเครื่องมือในการวัดผลผลิตการผลิของที่ดิน โดยจัดชั้น (Classes) ให้ทราบว่าพื้นที่ใดมีความเปลี่ยนแปลงผลผลิตการผลิที่ลดลง หรือมีความเสี่ยงต่อผลผลิตการผลิ ไม่เปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ที่จัดอยู่ในช่วงที่มีผลผลิตการผลิลดลง มีความเสี่ยงต่อปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดิน

3) การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน(Soil organic carbon stocks: SOC)

ตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภท แบ่งระดับการได้มาซึ่งฐานข้อมูลออกเป็น 3 ระดับ คือ

Tier 1 = ระดับ Global scale (default method) การได้มาซึ่งข้อมูลได้จากการใช้แบบจำลอง หรือจากการสำรวจระยะไกลในระดับหยาบ

Tier 2 = ระดับประเทศ การได้มาซึ่งข้อมูลเป็นข้อมูลจากสถิติระดับประเทศ หรือระดับลุ่มน้ำ

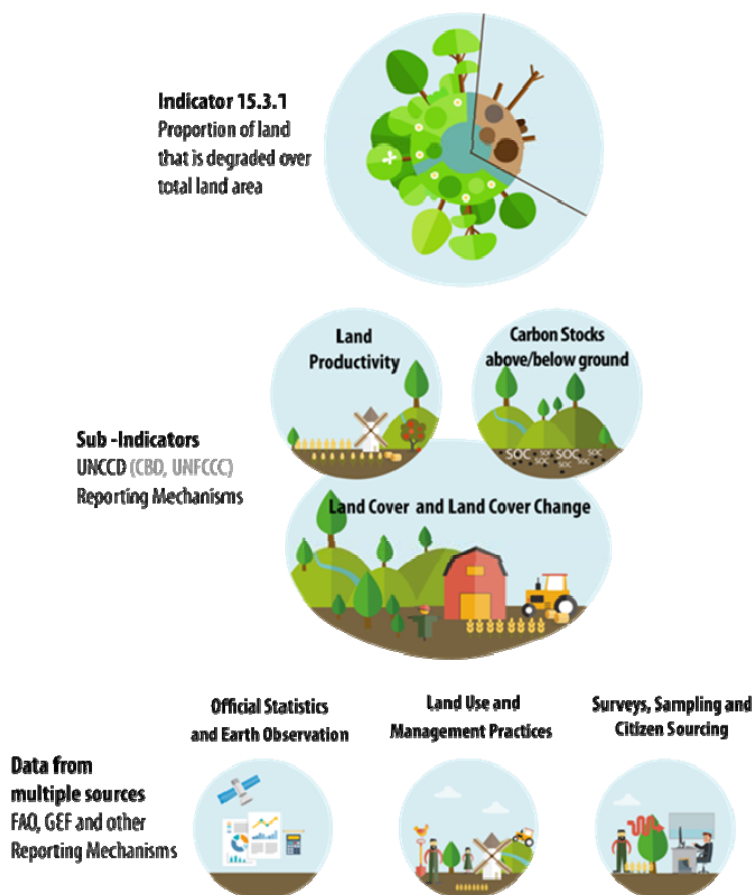
Tier 3 = ระดับละเอียด การได้มาซึ่งฐานข้อมูลได้จากการสำรวจภาคสนาม

ในขั้นแรกประเทศที่เข้าร่วมโครงการ จะได้รับข้อมูลตัวชี้วัดทั้ง 3 ประเภท ซึ่งเป็นข้อมูลในระดับโลก หรือ Global Scale (Tier1) เป็นข้อมูลจากปี ค.ศ. 2015 ย้อนหลังไป 10-15 ปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐาน (baseline) ในการจัดทำเป้าหมาย LDN อย่างไรก็ตามหากประเทศใดมีข้อมูลที่มีความละเอียดกว่าข้อมูลในระดับ Global Scale ก็สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์จัดทำเป้าหมาย LDN ได้ ซึ่งจะได้เป็นจำนวนพื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับประเทศ ต่อไปจะทำการประเมินความรุนแรงของปัญหา สาเหตุของปัญหา และนำมาสู่มาตรการในการแก้ไขปัญหาคความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยเป้าหมาย LDN จะใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับตัวชี้วัดที่ 15.3 ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDG) ซึ่งในระยะเวลา 15 ปี หรือ ปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ.2030) ผลจากการดำเนินมาตรการแก้ไขปัญหานั้นมาวิเคราะห์เทียบกับข้อมูลฐาน (Baseline) เพื่อประเมินความสำเร็จของการจัดการความเสื่อมโทรมของที่ดิน ซึ่งจำเป็นต้องคงสถานะไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดินเพิ่มขึ้นจากข้อมูลฐาน หรือที่เรียกว่า “No net loss” ซึ่งมีกรอบการจัดทำตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ตามเป้าหมายที่ 15.3.1 ดังภาพที่ 1

การจัดทำ LDN ในระดับประเทศ ในการดำเนินงาน Global Mechanism (GM) จะใช้ผู้เชี่ยวชาญ (National Expert) ของแต่ละประเทศในการจัดทำ LDN ซึ่งมีการดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำข้อมูลฐาน LDN (baseline)
- ขั้นตอนที่ 3 ประเมินแนวโน้มความเสื่อมโทรมของที่ดิน
- ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาสาเหตุของปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดิน
- ขั้นตอนที่ 5 กำหนดเป้าหมาย LDN ซึ่งเป็นเป้าหมายตามความสมัครใจ
- ขั้นตอนที่ 6 ขยายผล LDN สู่ระดับนโยบาย/ภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 7 กำหนดมาตรการเพื่อจัดการกับปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดิน
- ขั้นตอนที่ 8 ส่งเสริมมาตรการที่นำไปสู่ความสำเร็จ LDN
- ขั้นตอนที่ 9 การติดตาม ประเมินผล LDN
- ขั้นตอนที่ 10 การรายงานผล LDN

Framework for Monitoring and Reporting on SDG Target 15.3



ภาพที่ 1 กรอบการจัดทำตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ตามเป้าหมายที่ 15.3.1

ที่มา: The Global Mechanism of UNCCD (2016)

การจัดทำข้อมูลพื้นฐานของประเทศไทย (Baseline) ในปี 2558 อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย กำหนดตัวชี้วัด 3 ตัวในการคำนวณพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ (Sim *et al*, 2017) ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตัวชี้วัดผลผลิตภาพที่ดิน และตัวชี้วัดคาร์บอนในดิน ซึ่งตัวชี้วัดดังกล่าว นอกจากจะใช้ในการจัดทำข้อมูลพื้นฐานแล้ว ยังเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ติดตามผลการดำเนินงานตลอดระยะเวลาเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งประเทศไทยได้จัดทำข้อมูลพื้นฐานไว้ ดังนี้

1) ตัวชี้วัดสิ่งปกคลุมที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land cover and land use change : LUC) นำข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในช่วงเวลาปี 2545 และปี 2556 โดยนำมาวิเคราะห์ประเภทการใช้ที่ดินตามระบบของ FAO ได้ 6 ประเภทคือ ป่าไม้ ไม้พุ่ม ทุ่งหญ้าและป่าละเมาะ พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ว่างเปล่า ซึ่งการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในช่วงเวลาดังกล่าวจะทำให้ทราบแนวโน้มของความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดขึ้น โดยพบว่าพื้นที่ป่าไม้ ลดลง 9,074 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.88 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ไม้พุ่ม พื้นที่ทุ่งหญ้าและป่า

ละเมาะเพิ่มขึ้น 1,791 ตารางกิโลเมตร หรือ ร้อยละ 12.25 พื้นที่ทำการเกษตรลดลง 268,809 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.07 สำหรับพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้น 8,740 และ 9,138 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากการพัฒนาชุมชนเมืองและสิ่งก่อสร้าง สำหรับพื้นที่ว่างเปล่าเพิ่มขึ้น 820 ตารางกิโลเมตร

2) ตัวชี้วัดผลิตภาพของที่ดิน (LP) หรือความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน ผลิตภาพของที่ดินเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ความสมบูรณ์ของพืชพรรณในพื้นที่ ซึ่งจะสามารถบ่งบอกสถานะความสมบูรณ์ หรือความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ รวมทั้งเป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลง หรือผลกระทบของความเสื่อมโทรมของที่ดิน ทั้งจากสภาพภูมิอากาศ ดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งการรวบรวมข้อมูลผลิตภาพของที่ดิน (Land Productivity) จะใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลในระดับโลก (Global Data) เก็บข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ระดับโลกความละเอียด 1 กิโลเมตร มีระยะยาว และต่อเนื่อง (Time Series) ระหว่างปี 2542-2556 โดยหน่วยงาน European Space Agency (ESA) ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในระดับ กำลังลดลง (Declining) มีสัญญาณของการลดลง (Early sign of decline) และคงที่แต่มีความเสี่ยงที่จะลดลง (Stable but stressed) ร้อยละ 21 ของพื้นที่ทั้งหมด

3) ตัวชี้วัดการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Soil organic carbon stocks: SOC) คาร์บอนเป็นองค์ประกอบสำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และส่งผลประโยชน์ต่อการผลิตอาหาร การลดผลกระทบและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากตัวชี้วัดพบว่าในช่วงปี 2543 – 2553 มีการสูญเสียคาร์บอนในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่การเกษตร 1,246,392 ตัน

7. การวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดินตามเกณฑ์ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน

จากตัวชี้วัดสำหรับวิเคราะห์ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ สิ่งปกคลุมดิน ผลิตภาพของที่ดิน และปริมาณคาร์บอน ซึ่งได้นำมาจัดทำข้อมูลฐาน หรือ Baseline (t0) ของประเทศไทย ตัวชี้วัดดังกล่าวจะใช้ในการประเมินสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยมีวิธีการ ดังนี้

ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน = สถานะของตัวชี้วัดในปีที่ติดตามประเมินผล (T1) – สถานะของตัวชี้วัดจากข้อมูลฐาน หรือ Baseline (t0)

ทั้งนี้ การบรรลุความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน สัดส่วนของพื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดินจะต้องมีจำนวนเท่าเดิม หรือลดน้อยลง ในปัจจุบัน หลักการของ LDN ได้ผนวกเข้ากับการจัดทำตัวชี้วัดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ปี ค.ศ. 2015-2030 ซึ่งแนวคิดในการพัฒนาข้อมูลตามเป้าประสงค์ที่ 15 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 ก็จะใช้หลักแนวคิดและตัวชี้วัดเดียวกัน โดยตัวชี้วัดที่ 15.3.1 กำหนดว่า “สัดส่วนของพื้นที่ดินที่ได้รับการเสื่อมโทรมเทียบกับพื้นที่ของประเทศทั้งหมด (Proportion of land that is degraded over

total land area) ซึ่งการวิเคราะห์พื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดินจะต้องนำตัวชี้วัดทั้ง 3 มาวิเคราะห์ร่วมกัน ภายใต้หลักการแนวคิด One-out, All-out คือ แนวคิดในการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยเมื่อตัวชี้วัดอันใดอันหนึ่งส่งสัญญาณไปในทางลบจะหมายถึงพื้นที่นั้นเกิดความเสื่อมโทรมของที่ดิน หรือเรียกว่า Loss ในทางกลับกันหากมีตัวชี้วัดหนึ่งตัวที่ส่งสัญญาณทางบวก และไม่มีตัวชี้วัดอื่นที่แสดงผลในทางลบ จะหมายถึง พื้นที่นั้นรับการฟื้นฟูให้คืนสภาพจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน หรือเรียกว่า Gain หากมีตัวชี้วัดใดที่แสดงผลในทางลบพื้นที่นั้นก็จะพื้นที่ที่เสื่อมโทรม โดยการวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ควรจะมีฐานข้อมูลตัวชี้วัดในความละเอียดระดับเดียวกันมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อลดความซ้ำซ้อน หรือความผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งจากการประเมินข้อมูลพื้นฐานของประเทศไทยได้ใช้แหล่งที่มาของข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยมีฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดินเป็นข้อมูลในระดับประเทศ ส่วนข้อมูลตัวชี้วัดอื่นเป็นข้อมูลในระดับ Global data ซึ่งยังไม่สามารถนำตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัดมาวิเคราะห์ร่วมกัน และคำนวณพื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดิน

อย่างไรก็ตาม อนุสัญญาฯ ได้แนะนำให้ประเทศภาคีสมาชิกใช้ฐานข้อมูลในระดับ Global data มาใช้ประโยชน์ในกรณีที่ ประเทศภาคีสมาชิกยังไม่มีความพร้อมด้านข้อมูลจากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยสนับสนุนประเทศภาคีสมาชิกภายใต้ชื่อ TRENDS EARTH ซึ่งเป็นโครงการในการติดตามความเปลี่ยนแปลงความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยหน่วยงาน Conservation International, Lund University, National Aeronautics and Space Administration และได้รับงบประมาณสนับสนุนในการพัฒนาฐานข้อมูลจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Trends. Earth, 2018) โดยการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดินสามารถใช้ฐานข้อมูลในระดับ Global data ในช่วงปี 2001-2015 จาก Trends. Earth พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนา หรือฟื้นคืนจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน 32.90% (Land area improved) พื้นที่ที่มีสถานะคงที่ไม่มีสัญญาณของความเสื่อมโทรมของที่ดิน 44.72% (Land area stable) และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน 21.93 % (Land area degraded) โดยมีพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล (Land area with no data) จำนวน 0.45%

เมื่อได้ข้อมูลพื้นฐานแล้ว ประเทศไทย โดย อนุสัญญาฯ ได้กำหนดเป้าหมาย และมาตรการความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ดังนี้

เป้าหมายที่ 1: เพิ่มสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ของประเทศให้เพิ่มขึ้น ด้วยการปลูกป่าและฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำเสื่อมสภาพบนพื้นที่สูงชัน รวมถึงป่าชายเลนและป่าโกงกางโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

เป้าหมายที่ 2 ปรับปรุงและฟื้นฟูทรัพยากรดินที่เสื่อมโทรมให้กลับมามีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ดี โดยเน้นการเกษตรแบบยั่งยืน

เป้าหมายที่ 3 ลดการสูญเสียคาร์บอนในดิน และเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ด้วยการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยสร้างการรับรู้ และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการที่ดิน

โดยในแต่ละเป้าหมายได้กำหนดมาตรการในการดำเนินงานไว้ โดยเป้าหมายที่ 1 เกี่ยวข้องกับการวางแผนการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่ดินเพื่อการเกษตรให้สอดคล้องกับผังประเทศ และเป้าหมายเพื่อการพัฒนาตามยุทธศาสตร์ประเทศ ส่งเสริมการปลูกป่า หรือไม้โตเร็วอย่างจริงจัง เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และส่งเสริม พัฒนา กฎกติกาของชุมชนในการอนุรักษ์ พื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ การปลูกป่าในรูปแบบวนเกษตร การจัดการพื้นที่ป่าที่มีลักษณะเป็นกลุ่มป่าหรือผืนป่า โดยให้ความสำคัญกับพื้นที่ต้นน้ำที่เป็นพื้นที่รอยต่อตามแนวเขตอนุรักษ์กับพื้นที่เกษตร โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน เป้าหมายที่ 2 เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง การจัดการที่ดินแบบยั่งยืน การปฏิบัติด้านเกษตรกรรมที่ดี การใช้ระบบเกษตรอินทรีย์ เกษตรผสมผสาน ระบบการเกษตรกรรมที่สามารถปรับตัวรองรับกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น ในระดับชุมชน สนับสนุน ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ และจัดการทรัพยากรที่ดินให้เกิดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน กำหนด กลยุทธ์และแผนปฏิบัติการ สำหรับการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรม เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำเพื่อการจัดการพื้นที่เกษตร และเป้าหมายที่ 3 เน้นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลและวิธีพืช การปรับปรุงบำรุงดินที่ถูกต้อง และเหมาะสมในพื้นที่เกษตรกรรมแบบพื้นที่ลาดชัน และที่ราบลุ่ม ส่งเสริมการลดการเผาตอซังพืช ควบคุมการเผาป่า และการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และศึกษา พัฒนารฐานข้อมูลผลผลิตภาพของดิน และปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินระดับประเทศ ภายในปี พ.ศ. 2565

8. คาร์บอนอินทรีย์ในดิน

คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Soil organic carbon, SOC) มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องผลผลิตที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตในดิน และคาร์บอนอินทรีย์ในดินเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในดินประมาณร้อยละ 58 โดยคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีทั้งในรูปที่เป็นสารประกอบอย่างง่าย และสารประกอบที่ซับซ้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการสลายตัวและบทบาทภายในระบบดิน เมื่อพิจารณาถึงการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมักให้ความสนใจในส่วนของอินทรีย์คาร์บอน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย และส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก (ปีทมา, 2547) ดังนี้

8.1 ส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ประกอบด้วย สิ่งมีชีวิตในดิน โพลีแซคคาไรด์ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีครึ่งชีวิต (Half life) อยู่ในช่วง 1 - 4 สัปดาห์

8.2 ส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยประกอบด้วย ลิกนิน ไขมัน ซูเบอลิน และ ผลผลิตของสารประกอบฮิวมิก เกิดจากกระบวนการทางชีวภาพ มีครึ่งชีวิตประมาณ 1 - 10 ปี

8.3 ส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงยาก ประกอบด้วย ถ่าน (Charcoal) หรือคาร์บอนที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส มีครึ่งชีวิตมากกว่า 100 ปี

ทั้งนี้ วัฏจักรของคาร์บอนระหว่างดิน พืช และบรรยากาศ เป็นการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนทั้งในส่วนที่เป็นอินทรีย์คาร์บอน และอนินทรีย์คาร์บอน โดยดินทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งให้ (Source) และแหล่งรับ (Sink) ของคาร์บอนที่เชื่อมกับบรรยากาศ ดินประกอบด้วยคาร์บอนทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ ความสมดุลระหว่างการใส่สารอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ลงสู่ดิน และการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนจากดินในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลต่อการสะสมคาร์บอนในดิน เมื่อมีการใส่สารอินทรีย์สู่ระบบดิน หลังจากนั้นสิ่งมีชีวิตและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินจะเข้าย่อยสลาย (Decomposition) เกิดเป็นอินทรีย์คาร์บอนทั้งส่วนที่เป็นชิ้น (Particulate organic carbon) ฮิวมัส (Humus) และส่วนที่ต้านทานการสลายตัว (Resistant organic carbon)

กระบวนการย่อยสลายเป็นการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์เป็นอนินทรีย์ เรียกว่า กระบวนการมิเนอรัไลเซชัน (Mineralization) ทำให้ธาตุอาหารปลดปล่อยสู่ดิน และเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ในทางกลับกันธาตุอาหารในรูปอนินทรีย์ในดินถูกดูดใช้โดยจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างมวลชีวภาพ เรียกว่า กระบวนการอิมโมบิไลเซชัน (Immobilization) กระบวนการดังกล่าว ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน อีกทั้งขึ้นอยู่กับกระบวนการสูญเสียโดยการชะล้าง (Leaching) และการดูดใช้ของพืชเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพของพืช และร่วสู่ระบบดินอีกครั้ง นอกจากนี้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุหรืออินทรีย์ คาร์บอนในดินได้รับการป้องกันทั้งทางกายภาพ (Physically protected organic matter) และทางเคมี (Chemically protected organic matter) กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบดินส่งผลต่อปริมาณการสะสมของอินทรีย์คาร์บอนในดิน

9. การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

9.1 ความหมาย

ดินถือเป็นแหล่งสำคัญและมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนจากบรรยากาศไว้ในดินซึ่งมีบทบาทสำคัญในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศโดยเก็บไว้ในดิน ด้วยความสำคัญดังกล่าว ทำให้มีผู้ให้ความหมายของการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ดังต่อไปนี้

การกักเก็บคาร์บอน (Carbon sequestration) หมายถึง การเก็บกักในช่วงเวลาที่ยาวนาน ประมาณ 15 - 50 ปี ในระบบนิเวศบนบก (Terrestrial ecosystems) หรือใต้ดินในรูปคาร์บอนเนต (Eswaran *et al.*, 1993) หรือในมหาสมุทร (Goh, 2004) โดยดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ (Lal, 2008)

การกักเก็บคาร์บอน หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมากักเก็บไว้ในแหล่งกักเก็บที่สามารถกักเก็บไว้ได้อย่างยาวนาน ได้แก่ มหาสมุทร พืชพรรณ ดิน และชั้นหิน เพื่อลดอัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยวิธีการทางวิศวกรรมจะทำได้โดยการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปกักเก็บไว้ในใต้มหาสมุทร ชั้นหิน เหมืองถ่านหิน และบ่อน้ำมันเก่า เป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้สูงมาก แต่ต้องใช้งบประมาณในการ ลงทุนสูง และมีความ

เสี่ยงต่อการรั่วซึมของก๊าซ (Lal, 2008) แต่มีอีกวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นการกักเก็บ คาร์บอนไว้ในที่ปลอดภัยโดยอาศัยกลไกของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาเก็บสะสมไว้ในพืชและดิน ซึ่งเป็นวิธีการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ (ภัทรา, 2552)

อรรถชัย (2547) ได้ให้คำจำกัดความของการกักเก็บคาร์บอน คือ การดึงคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศอย่างถาวรหรือกึ่งถาวร

นาฏสุตา (2547) ให้ความหมายของ การกักเก็บคาร์บอน หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หมายถึง การยึดคาร์บอนไว้ในต้นไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้ที่มีอายุการใช้งานที่ยืนยาว ต้นไม้ และป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ เมื่อต้นไม้เติบโต คาร์บอนจึงถูกกักเก็บในราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเข้าไปเก็บไว้ในมวลชีวภาพ ของต้นไม้ ดังนั้น คาร์บอนจึงสามารถอยู่อยู่กับเนื้อเยื่อไม้ได้อย่างเสถียร และมีระยะเวลาที่ค่อนข้างยาวนาน

ศิริจันทร์ และมานิจ (2552) กล่าวถึง การกักเก็บคาร์บอน หมายถึง โลกมีระบบเก็บและกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งบนบก และในมหาสมุทรผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นสารต่างๆ ที่ใช้ในการเติบโตของพืชทั้งบนบกและในน้ำ

คณะกรรมการแม่น้ำโขง (2556) ให้ความหมายของการกักเก็บคาร์บอน คือ การขจัดและสะสมคาร์บอนจากบรรยากาศในอ่างกักเก็บคาร์บอน (เช่น มหาสมุทร ป่า หรือดิน) ผ่านกระบวนการทางกายภาพหรือชีวภาพ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยหลักการแล้วการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การสะสมคาร์บอนที่ควรจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ มีวิธีการกักเก็บคาร์บอน 3 วิธีหลัก โดยอยู่ในขั้นตอนการค้นพบและการพัฒนาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1) การสะสมระยะสั้นในชีวมณฑลบนพื้นโลก โดยพืชจะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสะสมไว้ในชีวมวลและดิน 2) การสะสมระยะยาวไว้ในผืนดิน โดยอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในพื้นที่กักเก็บใต้ผิวดินที่มีอยู่หรือที่ถูกขุดหรือเจาะไว้ และ 3) การสะสมระยะยาวในมหาสมุทร โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกฉีดลงไปในน้ำลึกหลายพันฟุตและจะถูกเก็บกักโดยน้ำ นอกจากนี้ คณะกรรมการแม่น้ำโขง (2556) ยังให้ความหมายของคำว่า “คลังคาร์บอน (carbon stock)” คือ ปริมาณของคาร์บอนในแหล่งกักเก็บที่มีความสามารถในการสะสมหรือปล่อยคาร์บอน

จากความหมายของการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินข้างต้น กล่าวได้ว่า การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาเก็บสะสมไว้ในส่วนของชีวมวล และดินอย่างยาวนาน โดยปริมาณการสะสม เรียกว่า คลังคาร์บอน ซึ่งคาร์บอนบางส่วนโดยเฉพาะส่วนที่มี ความเสถียรภาพต่ำอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในส่วนของ การสะสมหรือการสูญหายจากระบบดินได้ โดยการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปก๊าซ

10. การวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

วิธีการวัดประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน โดยพื้นฐานทั่วไป ต้องเป็นวิธีการที่สามารถวัดประเมินครอบคลุมลักษณะของดินประเภทต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย และมีประสิทธิภาพ มีความคุ้มค่า การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ด้วยวิธีการเพียงวิธีเดียว เป็นวิธีที่มีความท้าทาย เนื่องจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินจะมีความแตกต่างกันไปตามความลึก ลักษณะของดิน ลักษณะภูมิประเทศ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการวัดและประเมินพลวัตคาร์บอนในดินหลากหลายวิธี แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานที่จะวัดปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน (Laurenz and Lal, 2016) ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงให้เห็นข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีการในวัดประเมินปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และ อินทรีย์วัตถุในดิน เช่น การประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายน้อย โดยวิเคราะห์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งให้ผลการประเมินที่มีความถูกต้องในระดับหนึ่ง (Viscarra Rossel *et al.*, 2006; Miltz and Don, 2012). ในขณะที่วิธีการวัดประเมินในอดีต ก็ยังคงมีความนิยมอยู่เช่นเดิม เช่น วิธี Dry combustion (USDA, 1996) วิธี Walkley and Black wet oxidation (Nelson and Sommers, 1996) ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะแนะนำให้ใช้ วิธี Dry combustion เนื่องจากวิธีนี้ไม่ต้องแก้ไขปัญหาคาร์บอนออกซิเดชันที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งที่เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าวิธี Walkley and Black wet oxidation ทั้ง 2 วิธีการต้องมีการเตรียมตัวอย่างดินที่ต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการพัฒนาแบบจำลองต่าง ๆ ที่จะประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ประเมินในห้องปฏิบัติการร่วมกับวิธีการที่สามารถประมาณค่าที่ไม่ได้วัดในพื้นที่กว้าง ๆ ที่มีความหลากหลายของคุณสมบัติของดิน โดยมีการสอบเทียบค่าที่วัดประเมินได้จริง จะทำให้การประเมินค่าอินทรีย์คาร์บอนในดิน มีความรวดเร็ว และถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Shepherd and Walsh, 2002)

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในดิน สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Hoyle, 2013)

เมื่อ $\text{Soil Carbon Stock (ton/hectare)} = \%OC \times \text{Bulk density} \times \text{ความลึกของดิน(m)} \times 10,000 \text{ m}^2$

ความหนาแน่นรวมของดิน (Blake & Hartge, 1986) คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\rho_b = \left(\frac{w_s - w_a}{v_s} \right) \quad (1)$$

เมื่อ ρ_b คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

w_s คือ น้ำหนักกระบอกที่มีดิน (กรัม)

w_a คือ น้ำหนักกระบอกเปล่า (กรัม)

v_s คือ ปริมาตรภายในกระบอก (กรัม)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley & Black, 1974) คำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{Organic matter} = \% \text{ Organic Carbon} \times 1.724 \quad (2)$$

11. การประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation)

การประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ เป็นการทำนายแนวโน้มค่าเชิงคุณภาพของตำแหน่งที่อยู่ระหว่างจุดที่มีข้อมูลจริงโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติแบบต่าง ๆ ในการทำนายค่าดังกล่าว ซึ่งทุกแบบใช้หลักการคล้ายกันคือ จุดที่อยู่ใกล้ตำแหน่งที่สนใจจะมีอิทธิพลมากกว่าจุดที่อยู่ห่างออกไป (ภาพที่ 2) เนื่องจากไม่สามารถทราบค่าเชิงคุณภาพของพื้นที่ได้ทุกจุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านขนาดพื้นที่ บุคลากร เวลา เครื่องมือ และค่าใช้จ่าย ดังนั้นจึงนิยมใช้วิธีการเก็บตัวอย่างให้กระจายทั่วพื้นที่ที่สนใจ จากนั้นจึงทำนายค่าที่เป็นไปได้ให้กับตำแหน่ง หรือพื้นที่ที่ไม่ได้เก็บค่าข้อมูลจริงด้วยการประมาณค่าในช่วง แบ่งเป็น 2 วิธี คือ 1) การประมาณค่าในช่วงแบบต่อเนื่อง (Continuous interpolation) เป็นวิธีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของการประมาณค่าด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติ เช่น การคำนวณค่าระยะทางกลับโดยน้ำหนัก (Inverse Distance Weight) ฟังก์ชันเส้นโค้ง (Spline) การทำคริกิง (Kriging) และวิธีเทียบเคียงธรรมชาติ (Natural Neighbors) เป็นต้น 2) การประมาณค่าในช่วงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete interpolation) เป็นวิธีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันการประมาณค่าโดยมีเส้นแบ่งของแต่ละค่าชัดเจน เช่น วิธีการสร้างรูปหลายเหลี่ยมทิสเซน (Thiessen Polygon) เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่าการให้นิยามของการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนี้

Burrough and McDonnell (1998) กล่าวถึง Interpolation ว่าเป็นการประมาณค่าข้อมูลให้กับส่วนที่ไม่ได้มีการสำรวจหรือเก็บตัวอย่าง จากค่าที่ทราบในตำแหน่งที่มีอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน

Jacek (1999) ให้นิยามของ Interpolation ว่าเป็นกระบวนการประมาณค่าให้กลุ่ม ตัวอย่างที่ไม่ทราบค่าโดยใช้ข้อมูลที่ทราบค่าในตำแหน่งใกล้เคียงจากความสัมพันธ์กันของข้อมูล ทั้งตำแหน่ง เส้น หรือพื้นที่

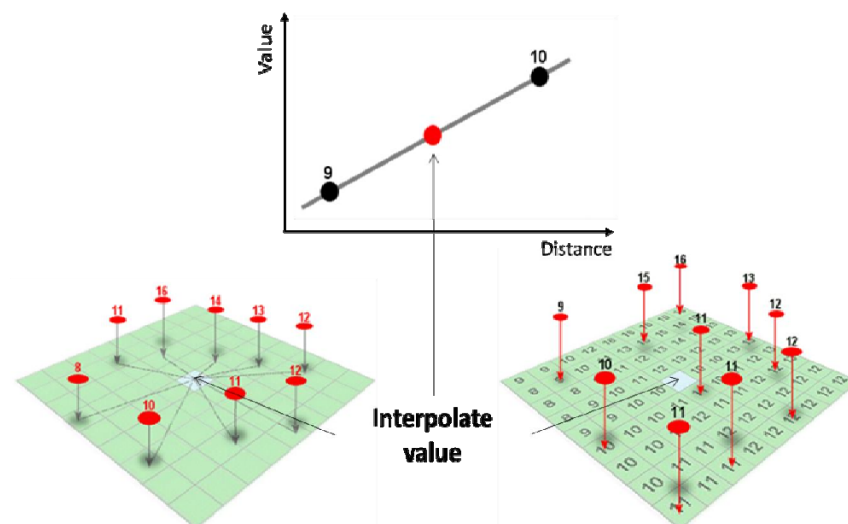
Chang (2002) ได้นิยาม Spatial Interpolation ว่าเป็นกระบวนการการใช้ตำแหน่งที่ทราบค่า ข้อมูลในการประมาณค่าตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า โดยตำแหน่งที่ทราบค่านี้เรียกว่า ตำแหน่ง ควบคุม (Control Point) เป็นตำแหน่งที่มีข้อมูลมีการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำนายค่าการเปลี่ยนแปลงจุด ข้อมูลจนถึงพื้นที่ผิว

สุเพชร (2552) กล่าวถึง การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เป็นการทำนายค่า ให้กับเซลล์ใน Raster จากข้อมูลจุดตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด วิธีการดังกล่าวสามารถใช้ในการทำนายค่าที่ไม่ทราบได้จากจุดทางภูมิศาสตร์โดยการประมาณค่าของ Z-Value สำหรับทุกตำแหน่งจุดสำรวจ ภายใต้สมมติฐานว่า ข้อมูลจะต้องเป็นประเภทข้อมูลที่ต่อเนื่อง (Continuous Data) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถประมาณค่าได้จากตำแหน่งที่อยู่ข้างเคียง การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) จึงเป็นกระบวนการของการใช้ข้อมูล

จุดที่ทราบค่าในการประมาณค่าบริเวณตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล โดยใช้ตำแหน่งที่มีข้อมูลจากการตรวจวัด หรือ เก็บตัวอย่างเพื่อประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงค่าจุดข้อมูลจนถึงพื้นที่ผิวที่มีลักษณะข้อมูลที่ได้ต่อเนื่องกัน

ความสำคัญของการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกระจายทั่วพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณ น้ำฝน อุณหภูมิ สภาพภูมิประเทศ ความสูง การกระจายตัวของสารเคมี ระดับเสียงรบกวน เป็นต้น แต่ การสำรวจเพื่อให้ได้ ข้อมูลกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษามีข้อจำกัด ทั้งจากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น สภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา สลับซับซ้อน หน้าผาสูงชันหรือป่ารกทึบ เป็นต้น รวมถึงข้อจำกัดด้านวัสดุ ค่าใช้จ่ายดำเนินการค่อนข้างสูง การเก็บข้อมูลจึงได้ชุดตัวอย่างแสดงถึงค่า ณ ตำแหน่งในแต่ละจุดที่เก็บมาเท่านั้น ส่งผลให้ข้อมูลที่น่าวิเคราะห์ บางส่วนขาดหายไป หรือมีความไม่ต่อเนื่องของข้อมูล การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่จึงเป็นการทำนายค่าให้กับข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด การประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงนำมาใช้ในการจัดการข้อมูลที่ต้องการ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง การกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา ประหยัดค่าใช้จ่าย รวมถึงได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำเพื่อสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และวางแผนการจัดการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม



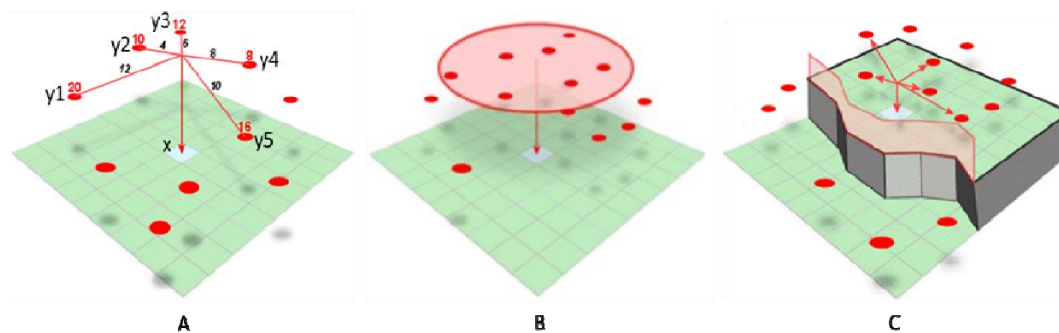
ภาพที่ 2 แบบจำลองแนวคิดของประมาณค่าในช่วง

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

11.1 ระยะทางกลับโดยน้ำหนัก (Inverse Distance Weight: IDW) การคำนวณค่าระยะทางกลับโดยน้ำหนัก (IDW) เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบต่อเนื่อง โดย ทำการคำนวณค่าจุดตัวอย่างแต่ละตำแหน่งที่ส่งผลกระทบต่อตำแหน่งหรือบริเวณที่ต้องการประมาณค่าได้ ซึ่งผลกระทบสัมพันธ์กับระยะทาง คือ จุดที่อยู่ใกล้กับตำแหน่งที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่า จุดที่อยู่ไกลออกไป วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ค่าของตัวแปรที่นำมาคำนวณนั้น มีการปรับค่าตามระยะทางจุดตัวอย่าง เช่น ความเข้มข้นของเสียงจากลำโพง ลำโพงที่อยู่ใกล้จะมีอิทธิพลต่อการได้ยินมากกว่าลำโพงที่อยู่ไกลออกไป

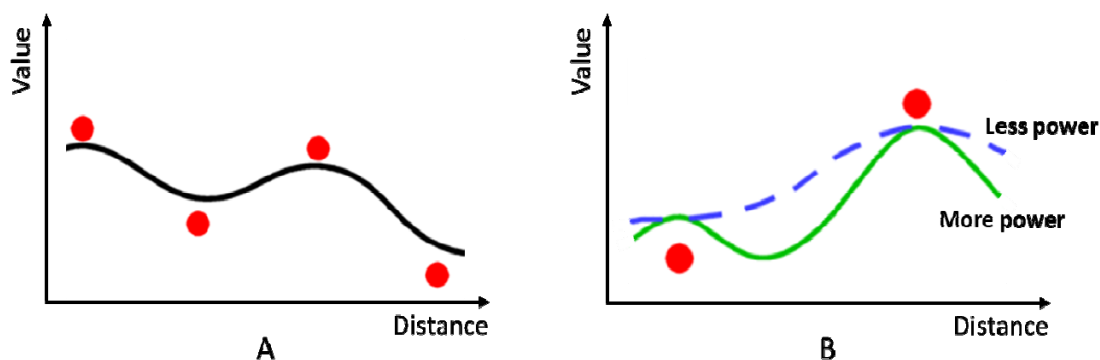
แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW ดังแสดงในภาพที่ 3A ค่า ณ ตำแหน่ง x จะได้รับอิทธิพล จากค่าในตำแหน่ง y_2 มากที่สุด เนื่องจากอยู่ใกล้กับ x มากที่สุด ในขณะที่เดียวกัน y_1 จะมีอิทธิพลต่อ

ค่า x น้อยที่สุด การประมาณค่าในช่วงแบบ IDW นั้น สามารถกำหนดรัศมีพื้นที่ (Radius) และตัวกั้น (Barrier) สำหรับการคำนวณได้ดังแสดงในภาพที่ 3B และ ภาพที่ 3C ตามลำดับ ค่าที่ได้จากการประมาณค่าแบบ IDW นี้จะมีค่าไม่เกินค่าสูงสุด และไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุด (ภาพที่ 4A) โดยการคำนวณสามารถควบคุมจุดที่มีนัยสำคัญต่อการประมาณค่าโดยการกำหนดค่ายกกำลังของสมการ (Power) ถ้าต้องการค่าประมาณการที่มีความราบเรียบมากต้องกำหนดให้ค่ายกกำลังของสมการน้อย (ภาพที่ 4B)



ภาพที่ 3 แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

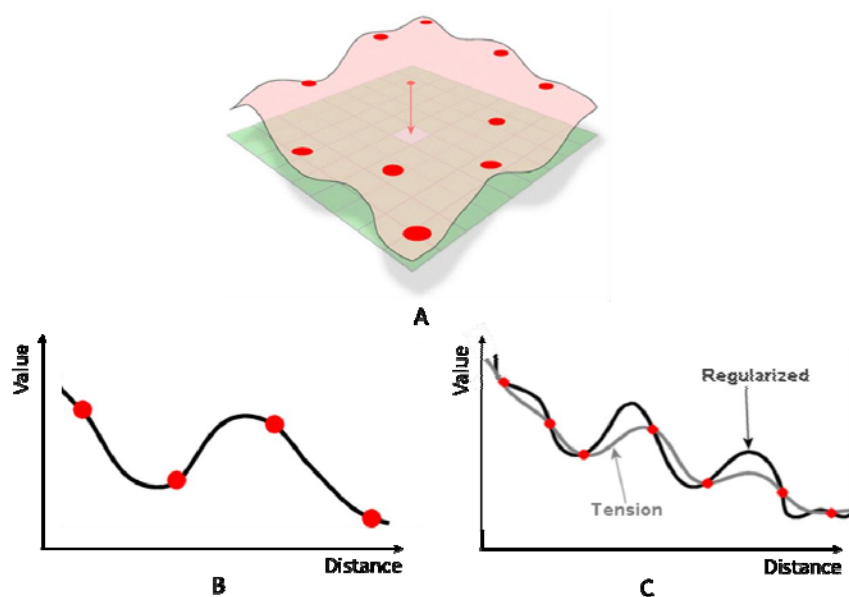


ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

11.2 ฟังก์ชันเส้นโค้ง (Spline) การใช้วิธีแบบฟังก์ชันเส้นโค้ง (Spline) เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบต่อเนื่อง แนวคิดของวิธีนี้ คือทำการต่อข้อมูลระหว่างจุดโดยต้องมีการผ่านข้อมูลจุดทุกจุด (ภาพที่ 5B) คล้ายกับการปิดแผ่นยางโดยพยายามให้โค้งผ่านจุดตัวอย่าง วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น ระดับความสูงของพื้นที่ลาด ความลึก ของน้ำทะเล และระดับน้ำใต้ดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามอาจใช้ในกรณีที่ต้องการผลการประมาณที่มีค่าสูงหรือต่ำจากค่าตั้งต้น เช่น การทำนายคุณภาพแร่ บริเวณแหล่งแร่หรือเหมืองแร่ เป็นต้น เนื่องจากการประมาณค่าด้วยวิธีนี้ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่ามาก ๆ แต่ระยะทางไม่มากจะทำให้เกิดค่าสูงหรือต่ำเกินค่าตั้งต้น วิธีการประมาณค่า แบบ Spline แบ่งเป็น

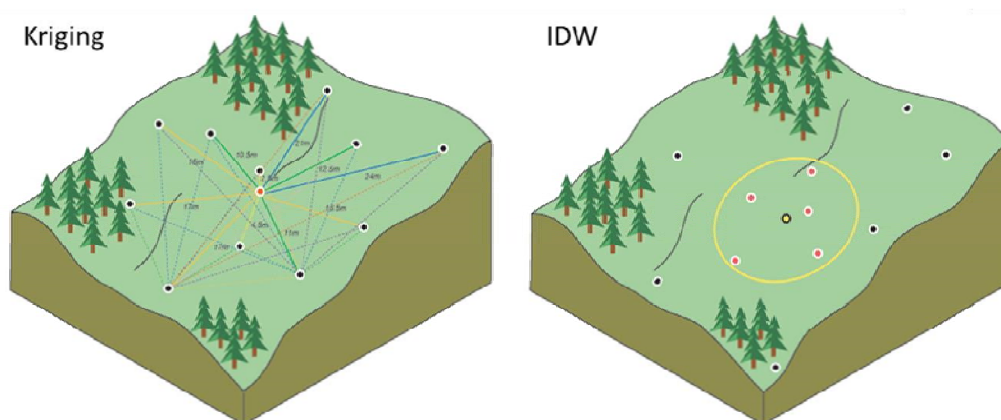
2 ชนิด คือ Regularized และ Tension โดยที่ชนิด Tension จะได้ค่าการประมาณการที่มีพื้นผิวราบเรียบ (Smooth) กว่า ชนิด Regularized ดังแสดงในภาพที่ 5C



ภาพที่ 5 แบบจำลองพื้นผิว และแนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Spline

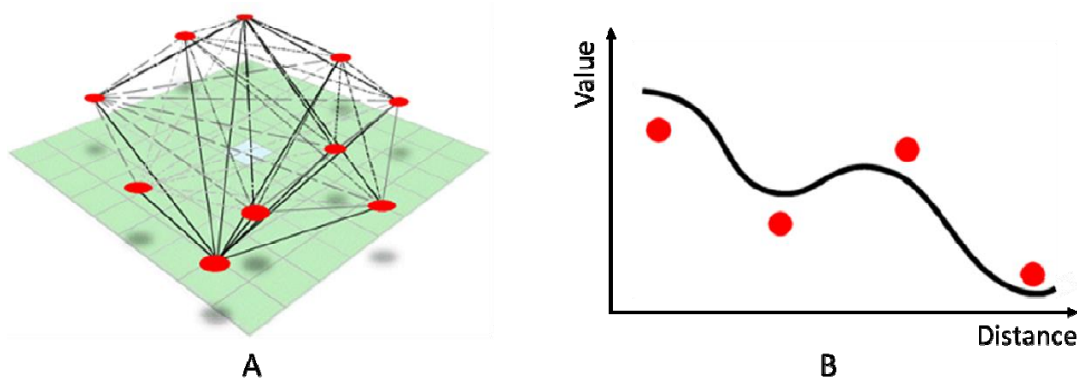
ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

11.3 คริกิง (Kriging) เป็นการประมาณค่าในช่วงแบบต่อเนื่อง ซึ่งวิธีการทำนายค่าใช้เทคนิคการ ถ่วงน้ำหนักคล้ายกับวิธี IDW (ภาพที่ 6) แต่ Kriging ทำการวัดระยะทางระหว่างจุดทุกคู่เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (ภาพที่ 7A) แล้วเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูล ซึ่งสามารถกำหนดตรรกะ เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งพื้นผิวที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธีนี้อาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าเริ่มต้นก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 7B



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการประมาณค่าในช่วงแบบ Kriging กับ IDW

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)



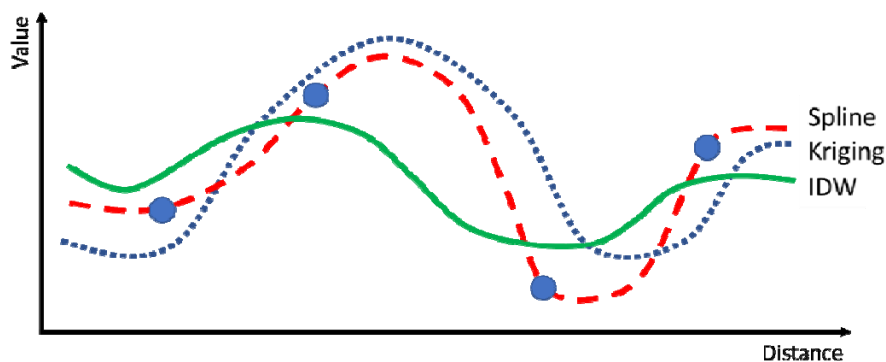
ภาพที่ 7 แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Kriging

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

วิธีการ Kriging มีขั้นตอนผสมผสานระหว่างการสำรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล การทำแบบจำลอง Variogram และการสร้างพื้นผิว โดยสามารถตรวจสอบความแปรปรวนหรือความคลาดเคลื่อนของพื้นผิวได้ ขั้นตอนการทำงานของ Kriging เริ่มจากการหาความสัมพันธ์ของค่า Z ที่สามารถแสดงเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่เป็นเอกลักษณ์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ โดยใช้ Semi Variance แบบ Spherical จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์กับสมการ Linear Exponential หรือ Gaussain รูปแบบวิธีการ Kriging ที่นิยมใช้งานได้แก่ Ordinary Kriging เป็นการประมาณค่าโดยไม่ทราบแนวโน้มของชุดข้อมูล และมีการสมมติค่ากลางที่แน่นอนขึ้นมาใช้ และ Universal Kriging เป็นการประมาณค่าโดยสมมติว่าทราบแนวโน้มของข้อมูล ซึ่งอาจให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายแนวโน้มดังกล่าว

Kriging นิยมใช้ในกรณีที่ต้องการหาความสัมพันธ์ของระยะทาง หรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เช่น ด้านธรณีสถิติ นำหลักการ Kriging มาใช้เพื่อประเมินคุณภาพแร่ สำหรับการทำเหมืองแร่โลหะต่าง ๆ ด้านธรณีสัณฐานแวดล้อมในการประเมินการปนเปื้อนของสารพิษในแหล่งน้ำ หรือ ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ และด้านอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น

ภาพที่ 8 เป็นกราฟเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวที่ได้จากตัวประมาณค่าในช่วงแบบ IDW Spline และ Kriging โดยพบว่าวิธี IDW ค่าที่ได้จะไม่เกินกว่าค่าตั้งต้นในการประมาณ วิธี Spline ผลจากการประมาณอาจได้ค่าสูงหรือต่ำเกินกว่าค่าเริ่มต้น โดยพื้นผิวจะต้องผ่านจุดทุกจุดของค่าเริ่มต้น และวิธี Kriging พื้นผิวที่ได้จากการประมาณค่าอาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าจริงก็ได้

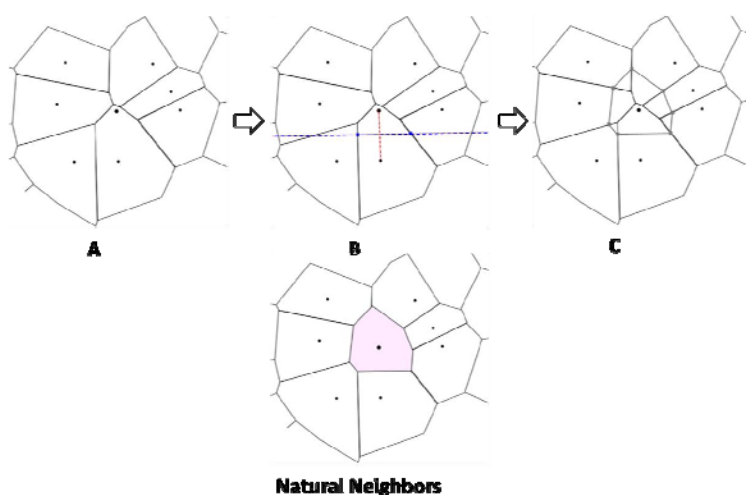


ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวจากการประมาณค่าด้วยวิธีต่าง ๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

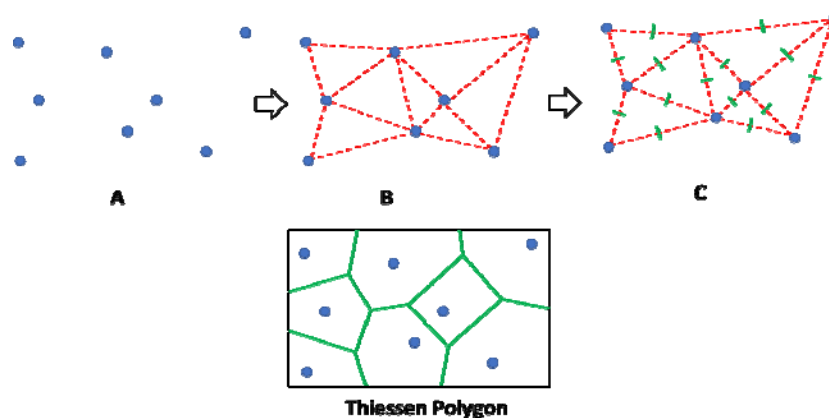
11.4 วิธีเทียบเคียงธรรมชาติ (Natural Neighbors) เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบต่อเนื่องอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีหลักการทำนายค่าใช้เทคนิคการถ่วงน้ำหนักคล้ายกับวิธี IDW โดยที่ Natural Neighbors จะทำการสร้าง Subset ที่อยู่ใกล้จุดตัวอย่างมากที่สุด แล้วทำการแทรกค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดของพื้นที่ของข้อมูลจุดตัวอย่าง (ภาพที่ 9) วิธีการนี้เหมาะสำหรับการสร้างพื้นผิวจากจุดตัวอย่างที่มีการกระจาย และความหนาแน่นไม่แน่นอน

11.4.1 รูปหลายเหลี่ยมทิสเซน (Thiessen Polygon) เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีวิธีการสร้าง คือ กำหนดตำแหน่งข้อมูลที่ทราบค่า (ภาพที่ 10A) แล้วลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่างจุดข้อมูลที่อยู่ใกล้กันได้เป็นรูปโครงข่ายสามเหลี่ยม (ภาพที่ 10B) จากนั้นลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม (ภาพที่ 10C) จะได้รูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนล้อมรอบจุดข้อมูล แต่ละจุด



ภาพที่ 9 แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Natural Neighbors

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)



ภาพที่ 10 แนวคิดการประมาณค่าในช่วงแบบ Thiessen Polygon

ที่มา: ดัดแปลงจาก ESRI (2002)

การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองจากการประมาณค่า ใช้ 3 ดัชนี ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Error: ME) ค่าคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และ รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) การทดสอบความแม่นยำจะทำการดึงข้อมูลออก (X_i) ทีละตัวแล้วใช้ข้อมูลที่เหลือข้างเคียง (X) ประมาณค่าที่ดึงออกไป แล้วคำนวณค่าดัชนีความแม่นยำทั้ง 3 ตัว

ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย (Mean Error: ME) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าจากการประมาณค่า และค่าจริง หาก ME มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้ต่ำกว่าค่าจริง แต่ถ้าหาก ME มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้สูงกว่าค่าจริง

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x) \quad (3)$$

โดย x_i = ค่าจริง

x = ค่าที่ได้จากการประมาณค่า

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) เป็นวิธีการหาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสมบูรณ์ระหว่างค่าจากการประมาณค่าและค่าจริง หาก MAE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x| \quad (4)$$

รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณที่จากการประมาณค่าแต่ละวิธี หากค่า RMSE มีค่าน้อย แสดงว่า ค่าการประมาณที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2} \quad (5)$$

12. ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index)

ดัชนีพืชพรรณ คือ ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโดยคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนต่อกัน วิธีการที่นิยมใช้มากอย่างหนึ่งเรียกว่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นการนำค่าสะท้อนของพื้นผิว ระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ทำให้ค่า NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งจะช่วยในการแปลผลได้ง่ายขึ้น โดยที่ค่า 0 หมายถึง ไม่มีพืชพรรณใบเขียวอยู่ในพื้นที่สำรวจ ในขณะที่ค่า 0.8 หรือ 0.9 หมายถึง พืชพรรณใบเขียวหนาแน่นมากในพื้นที่ดังกล่าว กรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดสูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก ในขณะที่พื้นผิวดินจะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกัน ทำให้ NDVI มีค่าใกล้เคียง 0 ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำ จะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ทำให้ NDVI มีค่าติดลบ ทั้งนี้โดยปกติค่านี้อาจมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.7 เท่านั้นโดยมีสมการ

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (6)$$

NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index

NIR คือ ช่วงคลื่นใต้แดงใกล้ หรืออินฟราเรดใกล้

Red คือ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง

ดัชนีผลต่างอินฟราเรด (Normalized Difference Infrared Index) คือดัชนีผลต่างค่า อินฟราเรด มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 โดยมีสมการคือ

$$NDII = (Band2 - Band6) / (Band2 + Band6) \quad (7)$$

Band 2 คือ Blue มีความยาวคลื่น 0.45 - 0.51

Band 6 คือ SWIR 1 มีความยาวคลื่น 1.57 - 1.65

13. ดินเค็ม

13.1 การเกิดและการแพร่กระจายดินเค็ม

ปัญหาดินเค็มเกิดขึ้นได้ทั้งในพื้นที่เขตแห้งแล้งและเขตชุ่มชื้น ส่วนใหญ่ขึ้นในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้งหรือกึ่งแห้ง (Arid or semiarid) เนื่องจากการระเหยน้ำจากดินมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา มีน้ำฝนไม่เพียงพอที่จะชะล้างเกลือออกไปจากดิน ในขณะที่เขตที่ชุ่มชื้นมีฝนมากเกิดปัญหาการสะสมของเกลือผิวดิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทำให้น้ำใต้ดินเค็มถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน นอกจากนี้ปัญหาดินเค็มก็ยังเกิดขึ้นบนพื้นที่ชลประทานได้หากใช้น้ำคุณภาพต่ำหรือใช้น้ำปริมาณมากเกินไป

แหล่งที่มาของการเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ เกลือหิน (Rock salt) ในหน่วยหินมหาสารคาม (Mahasarakham Formation) เป็นชั้นเกลือหินหนา แทรกสลับกับหินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลน พบว่าบางแห่งมีชั้นหินเกลือเพียงชั้นเดียว สองชั้นหรือสามชั้น ขึ้นกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้น บางแห่งเกลือหินแทรกตัวขึ้นเป็นโดมเกลือ ได้มีการคาดการณ์ว่าแหล่งเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอยู่ประมาณ 18 ล้านล้านตัน (พิทักษ์, 2542)

การแพร่ของเกลือมีทั้งสาเหตุตามธรรมชาติและสาเหตุที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ

1) การแพร่ของเกลือที่มีสาเหตุตามธรรมชาติ เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ที่เปลือกโลก ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เกลือละลายน้ำได้ง่าย น้ำจึงพาเกลือแพร่กระจายออกไปสู่ระบบน้ำใต้ดิน ทำให้เกลือขึ้นมาสะสมที่ผิวดินและชั้นดินในแนวตั้งด้วยแรงแคปิลลารีจากการระเหยของน้ำและพาเกลือไปบริเวณข้างเคียงในแนวราบตามการไหลของน้ำ

2) การแพร่ของเกลือที่มีสาเหตุโดยมนุษย์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลกระทบต่อสมดุลความชื้นในดิน ทำให้ดินเค็มแพร่กระจายรวดเร็ว เช่น การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำ การปล่อยให้สัตว์แทะเล็มพืชที่คลุมหน้าดินมากเกินไปการทำเกลือ การทำประมงน้ำเค็มน้ำกร่อยบนพื้นที่น้ำจืด การสร้างหรือปรับปรุงอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม การใช้น้ำชลประทานที่มีคุณภาพต่ำ มีการจัดการระบบการระบายน้ำไม่ดี การเกิดมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น (FAO, 1976)

13.2 การจำแนกพื้นที่ดินเค็ม

พื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มมักเกิดในที่ลุ่มมีน้ำท่วมในฤดูฝน ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว สังเกตได้จากคราบเกลือบนผิวดินเป็นหย่อมๆ ไม่สม่ำเสมอทั้งพื้นที่ และความเค็มในชั้นดินก็แตกต่างกันขึ้นกับฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือที่ดินชั้นบนถูกน้ำฝนชะลงไปดินชั้นล่าง และคราบเกลือจะกลับขึ้นมาปรากฏที่ผิวดินใหม่ในช่วงแล้ง ในการจำแนกดินเค็มเพื่อทำแผนที่ดินเค็ม จึงจำแนกจากการกระจายคราบเกลือบนผิวดินในช่วงแล้ง (พิชัย, 2540; อรุณี, 2547) สังเกตได้ในภาคสนาม ดังนี้

1. พื้นที่ดินเค็มจัด 1.5 ล้านไร่ พบคราบเกลือที่ผิวดินมากกว่าร้อยละ 50 ความเค็มของดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่าง ระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นใกล้ผิวดิน 1-2 เมตร เป็นพื้นที่ถูกปล่อยให้ว่างเปล่า ทำการเกษตรไม่ได้ มีวัชพืชที่มีหนาม เช่น หนามพุดอง หนามพรม หนามปี

2. พื้นที่ดินเค็มปานกลาง 3.7 ล้านไร่ พบคราบเกลือที่ผิวดินร้อยละ 10 - 50 ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 2 เมตร

3. พื้นที่ดินเค็มน้อย 12.6 ล้านไร่ พบคราบเกลือที่ผิวน้อยกว่าร้อยละ 10 ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินมากกว่า 2 เมตร พื้นที่ดินเค็มน้อยและเค็มปานกลาง ส่วนใหญ่เป็น นาข้าว ต้นข้าวในนาเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ มักจะมีวัชพืชคือหญ้าแดง (*Cyperus spp.*) เป็นต้นกกดอกสีแดง หรือหญ้าขี้กราก (*Xyris capensis*) ดอกสีเหลือง ขึ้นแซมกับต้นข้าว ต้นกล้าข้าวมีปลายใบซีดขาวม้วนงอ ระยะแตกกอมีการแตกกออ่อนลง ระยะติดเมล็ดมีเมล็ดลีบมาก ผลผลิตข้าวลดลงเหลือ 10-15 ถังต่อไร่

4. พื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่ อยู่บนเนินที่เป็นพื้นที่รับน้ำ (Recharge area) เคยเป็นป่าเต็งรังมาก่อน ไม่พบคราบเกลือที่ผิวดิน มีการปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง อาจมีน้ำเค็มหรือแหล่งเกลืออยู่ใต้ดินหรือไม่ก็ได้ เมื่อมีการจัดการไม่ดี เช่น การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำ ทำให้สมดุลของน้ำเปลี่ยนแปลง น้ำใต้ดินเค็มในที่ลุ่มถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน

นอกจากนี้สมศักดิ์ (2550) ได้จำแนกระดับความเค็มของดิน และทำแผนที่ผลกระทบจากเกลือโดยใช้คราบเกลือหรือซุยเกลือที่ปรากฏบนผิวดินในฤดูแล้ง เป็นเกณฑ์สำหรับการจำแนกระดับความรุนแรงของปัญหาดินเค็ม ดังนี้

1. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมากที่สุด พบคราบเกลือที่ผิวดิน มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์
2. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมาก พบคราบเกลือที่ผิวดิน 10-50 เปอร์เซ็นต์
3. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือปานกลาง พบคราบเกลือที่ผิวดิน 1-10 เปอร์เซ็นต์
4. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือน้อย พบคราบเกลือที่ผิวน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำใต้ดินเค็ม
5. บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือเล็กน้อย พบคราบเกลือที่ผิวน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำใต้ดินไม่เค็ม
6. บริเวณที่สูง ไม่พบคราบเกลือที่ผิวดิน แต่มีหินเกลือ และหินอมเกลือรองรับอยู่ข้างล่าง
7. บริเวณที่ไม่มีผลกระทบจากคราบเกลือ

13.3 ผลกระทบจากดินเค็ม

1) ผลกระทบต่อดินเค็มต่อสิ่งแวดล้อม กรมพัฒนาที่ดิน (2539) รายงานว่า ผลกระทบในทางกายภาพที่เห็นได้ชัด คือทำให้โครงสร้างของดินเสีย เมื่อดินแตกออกจากกันทำให้ดินแน่นทึบ น้ำเค็ม ทั้งน้ำใต้

ดิน น้ำในลำห้วยธรรมชาติและอ่างเก็บน้ำ สิ่งก่อสร้างด้วยปูนซีเมนต์ในพื้นที่ดินเค็ม เช่น สะพาน ท่อระบายน้ำเสื่อมคุณภาพเร็ว ในทางชีวภาพ ทำให้พืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ตายสูญพันธุ์ไป อันตรายต่อความเค็มที่มีผลต่อพืชโดยตรง คือ

(1) ลดการดูดน้ำของพืช เพราะความเข้มข้นของสารละลายเกลือในดินมีมากกว่าในต้นพืช

(2) ธาตุบางชนิดเป็นพิษแก่พืชโดยตรงหรือทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจากมีโซเดียมคลอไรด์ หรือโซเดียมคาร์บอเนตมากเกินไป อันตรายที่มีผลต่อพืชทางอ้อม คือ ดินที่ได้รับน้ำชลประทานซึ่งมีธาตุโซเดียมสูงจะมีเกลือสะสมตามชั้นของดินและโครงสร้างของดินถูกทำลายทำให้การซาบซึมน้ำช้า และคุณสมบัติทางกายภาพของดินเลวลง นอกจากนี้ยังทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2) ผลกระทบจากดินเค็มต่อการเกษตร คือ ปลูกพืชไม่ได้หรือได้ผลผลิตต่ำไม่คุ้มกับการลงทุน พืชบางชนิดที่ขึ้นได้ก็จะมีลักษณะบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น ใบสีเข้มขึ้น ใบหนาขึ้น มีสารพวกไซเคิลอบหนาขึ้น ขอบใบไหม้ พืชส่วนมากที่ปลูกในดินเค็มให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำมากหรือไม่ให้เลย ต้นข้าวในแปลงดินเค็มจะมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ต้นแคระแกร็นไม่แตกกอ ใบแสดงอาการซีดแห้งแล้วไหม้ตายในที่สุด (สมศรี, 2539) ในพื้นที่นา คับนาพังทลายได้ง่าย เนื่องจากดินไม่เกาะตัวกัน

14. ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดนครราชสีมา

14.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

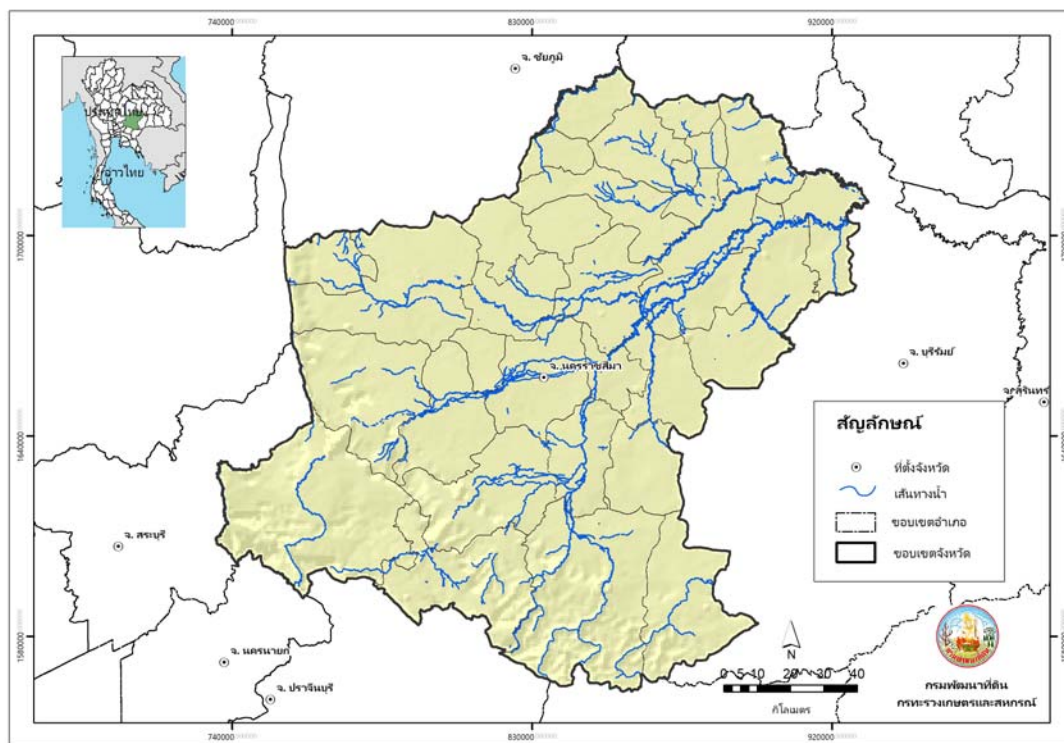
จังหวัดนครราชสีมา ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บนที่ราบสูงโคราช ตั้งอยู่โซน 47Q และ 48Q ระหว่างพิกัด UTM 1557476 N ถึง พิกัด UTM 1753488 N และระหว่างพิกัด UTM 729824 E ถึงพิกัด UTM 924308 E มีพื้นที่ติดต่อกับภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศ มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.12 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 32 อำเภอ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้ (ภาพที่ 11)

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดนครนายก และจังหวัดสระแก้ว

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรี



ภาพที่ 11 ที่ตั้ง และอาณาเขตจังหวัดนครราชสีมา

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

14.2 สภาพภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครราชสีมามีทั้งที่เป็นภูเขา เนินเขา ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ได้แก่

1) บริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัด มีความสูงมากกว่า 300 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีเทือกเขาที่สำคัญ 3 แนว คือ เทือกเขาตองพญาเย็น เทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาผาแดง เขายายเที่ยง เขาเคลียด ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชันเนินเขา และภูเขา อยู่ในบริเวณอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอครบุรี และอำเภอเสิงสาง เทือกเขานี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธารหลายสายที่ไหลไปทางตะวันออกของจังหวัด ได้แก่ แม่น้ำมูล ลำตะขาลำพระเพลิง และลำปลายมาศ พื้นที่ระหว่างเทือกเขาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลึกและลูกคลื่นลอนตื้น ตอนล่างของหุบเขามีความลาดชันค่อนข้างมาก

2) บริเวณที่สูงทางตอนกลางของจังหวัดมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 200 -250 เมตร อยู่ในเขตอำเภอด่านขุนทด อำเภอสีคิ้ว อำเภอเทพารักษ์ อำเภอพระทองคำ ตอนล่างของอำเภอโนนไทย อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมือง อำเภอสูงเนิน ตอนบนของอำเภอปักธงชัย และอำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอหนองบุญมาก อำเภอจักราช และอำเภอเสิงสาง ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลูกคลื่นลอนตื้น ยกเว้นบริเวณใกล้เชิงเขา

มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก พื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ลำแชะ ลำพระเพลิง ลำตะคอง ลำน้ำมูลและลำจักราช

3) พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย อำเภอคง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ อำเภอบ้านเหลื่อม อำเภอห้วยแถลง และอำเภอชุมพวง อำเภอลำทะเมนชัย มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นที่สูงสลับที่นา บางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

4) บริเวณที่ราบลุ่มทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 200 เมตร อยู่ในเขตอำเภอบัวใหญ่ อำเภอคง อำเภอโนนสูง อำเภอประทาย อำเภอพิมาย อำเภอสีดา อำเภอบัวลาย และอำเภอเมืองยาง มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น และมีที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ

14.3 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศทั่วไปของจังหวัดนครราชสีมาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลีย และจีนพัดพาเอามวลอากาศเย็น และแห้งจากแหล่งกำเนิด เข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมาประสบกับภาวะอากาศหนาวเย็น และแห้งแล้ง โดยทั่วไป ส่วนมรสุมอีกชนิดหนึ่งคือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร พัดพาเอามวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้บริเวณจังหวัดนครราชสีมา มีเมฆมากและฝนตกชุกโดยทั่วไป ฤดูกาลของจังหวัดนครราชสีมา เมื่อพิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทยแบ่งออก ได้เป็น 3 ฤดู คือฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปกคลุมจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ในช่วงกลางเดือนตุลาคม นานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอน อาจเริ่มมีอากาศเย็น หรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง ในบางปีฤดูหนาวอาจเริ่มต้นช้ากว่ากำหนดนี้ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่แผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยถ้าแผ่มาช้าฤดูหนาวจะเริ่มประมาณปลายเดือนตุลาคมเป็นต้นไป

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเป็นระยะที่ซีกโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะเดือนเมษายน บริเวณจังหวัดนครราชสีมา ดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าโดยทั่วไปจะมีอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันของมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง และลมกระโชก

แรง หรืออาจมีลูกเห็บตกก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “พายุฤดูร้อน”

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมร้อน และชื้นจากมหาสมุทรอินเดีย พัดปกคลุมประเทศไทย และร่องความกดอากาศต่ำ(ร่องฝน) ที่พัดผ่านบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยจะเลื่อนขึ้นมาพัดผ่านบริเวณประเทศไทยตอนบน ทำให้จังหวัดนครราชสีมา มีฝนตกชุกทั่วไป และประมาณปลายเดือนมิถุนายนร่องความกดอากาศต่ำ (ร่องฝน) จะพัดผ่านบริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนลดลงระยะหนึ่ง และเรียกว่าเป็นช่วงฝนทิ้ง ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรง และมีฝนน้อยนานนับเดือน ในเดือนกรกฎาคมปกติจะมีร่องความกดอากาศ (ร่องฝน) จะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พัดผ่านบริเวณจังหวัดนครราชสีมาอีกครั้งหนึ่ง ทำให้มีฝนตกชุกต่อเนื่องอีก จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณกลางเดือนตุลาคม ประเทศไทยตอนบนจะเริ่มมีอากาศเย็นและฝนลดลง

จากข้อมูลสถิติภูมิอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยานครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา ซึ่งบันทึกไว้ในช่วง 30 ปี ตั้งแต่ ปี 2532 – 2561 พอสรุปข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญได้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

1) อุณหภูมิ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ราบสูง มีป่าและทิวเขาสูงกั้นเขตแดนเป็นแนวยาว อากาศจึงค่อนข้างร้อนอบอ้าวมากในฤดูร้อน และในฤดูหนาวก็ค่อนข้างหนาวเย็น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.58 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.14 องศาเซลเซียส เดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุดคือเดือนเมษายน ตรวจวัดได้ 36.60 องศาเซลเซียส ส่วนในฤดูหนาวเดือนที่หนาวที่สุด คือเดือนมกราคม ตรวจวัดได้ 19.10 องศาเซลเซียส

2) ปริมาณน้ำฝน และจำนวนวันที่ฝนตก ฝนที่ตกในจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่เป็นฝนเนื่องจากพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนตัวจากทะเลจีนใต้ ผ่านประเทศเวียดนามเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ถ้าปีใดพายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้เข้ามาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้น้อย ในปีนั้นบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจังหวัดนครราชสีมาจะมีความแห้งแล้ง มีปริมาณฝนตกน้อย แต่โดยปกติแล้วพายุดีเปรสชันจะเคลื่อนผ่านเข้ามาในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณปีละ 2-3 ลูกทำให้ปริมาณฝนอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนฝนที่เกิดจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้นั้นมีปริมาณน้อย เพราะจังหวัดนครราชสีมามีเทือกเขาเพชรบูรณ์กับเทือกเขาดงพญาเย็นอยู่ทางตะวันตก และเทือกเขาสนกำแพงกับเทือกเขาพนมดงรักอยู่ทางใต้ เป็นเครื่องกีดขวางมิให้มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้ามาถึงโดยสะดวก จึงทำให้มีฝนตกน้อย สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีได้ประมาณ 1,103.50 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตก116 วันต่อปี เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 228.60 มิลลิเมตร เดือนที่ฝนตกน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม วัดได้ 2.70 มิลลิเมตร

3) ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์กับมวลอากาศและอิทธิพลของลมมรสุมเป็นสำคัญในช่วงฤดูหนาว ซึ่งเป็นระยะที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย อากาศในจังหวัด

นครราชสีมาจะแห้งแล้งและหนาวเย็น ตอนรุ่งเช้าอากาศจะชุ่มชื้นความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงและจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในตอนบ่ายถึงเย็น ส่วนในช่วงฤดูร้อนอากาศจะแห้งแล้งและร้อนอบอ้าวมาก ความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำมาก และความชื้นสัมพัทธ์จะค่อย ๆ สูงขึ้นเมื่อเริ่มเข้าฤดูฝน คือ เมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ลมนี้เป็นลมที่พัดจากทะเลจึงพัดพาเอาไอน้ำ และความชุ่มชื้นมาด้วย ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นเป็นลำดับตลอดฤดูฝน โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปี 71 % ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 81% ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 62 %

ตารางที่ 1 สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา ช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2532 – 2561)

เดือน	อุณหภูมิ (°ซ)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย			
มกราคม	19.10	30.90	24.70	66	9.10	2
กุมภาพันธ์	21.00	33.40	26.80	62	12.70	2
มีนาคม	23.50	35.50	29.00	63	50.00	6
เมษายน	25.00	36.60	30.10	66	76.50	9
พฤษภาคม	25.30	35.20	29.40	73	149.50	15
มิถุนายน	25.30	34.60	29.20	73	112.90	14
กรกฎาคม	25.00	33.90	28.70	74	132.50	15
สิงหาคม	24.70	33.30	28.30	76	171.70	18
กันยายน	24.30	32.30	27.60	81	228.60	19
ตุลาคม	23.50	31.30	27.00	78	137.80	12
พฤศจิกายน	21.50	30.80	25.90	71	19.50	4
ธันวาคม	19.20	29.90	24.30	66	2.70	1
เฉลี่ย	23.12	33.14	27.58	71	91.96	-
รวม	-	-	-	-	1,103.50	116

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2561)

14.4 ทรัพยากรดิน

จากข้อมูลรายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:25,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข) พบว่าจังหวัดนครราชสีมา มีดินอยู่ 28 กลุ่มชุดดิน มีเนื้อที่ประมาณ 11,736,871 ไร่ หรือ 91.62 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัด และเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด 10 ประเภท มีเนื้อที่ประมาณ 1,071,857 ไร่

หรือ 8.38 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัด สำหรับหน่วยแผนที่ของ จ.นครราชสีมา มี 93 หน่วย แบ่งออกเป็นกลุ่มดินเดี่ยว 54 หน่วย และกลุ่มดินปะปนกัน 29 หน่วย และหน่วยดินเบ็ดเตล็ด 10 หน่วย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มชุดดิน พื้นที่เบ็ดเตล็ด และชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ลำดับ	กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อที่	
			ไร่	%
1	กลุ่มชุดดินที่ 1	Bm-cA, Wa-cA	202,401	1.58
2	กลุ่มชุดดินที่ 4	Cs-sicLA, Ka-sicLA, Pm-sicLA, Ss-sicLA	263,727	2.06
3	กลุ่มชุดดินที่ 5	Nkg-typic-cLA, Th-cLA	50,406	0.39
4	กลุ่มชุดดินที่ 6	Nn-sicLA	56,784	0.44
5	กลุ่มชุดดินที่ 7	Nkg-cLA, Nt-cLA, Tt-sLA	450,991	3.52
6	กลุ่มชุดดินที่ 7hi	Nt-clB	3,608	0.03
7	กลุ่มชุดดินที่ 16	Nkg-si-sLA	79,614	0.62
8	กลุ่มชุดดินที่ 17	Re-sLA, Re/Rn-sLA, Rn-sLA	68,341	0.53
9	กลุ่มชุดดินที่ 17hi	By-sLA, Kmr-sLA	194,207	1.52
10	กลุ่มชุดดินที่ 18	Kts-sLA, Kts/Nbn-sLA, Nbn-sLA	488,835	3.83
11	กลุ่มชุดดินที่ 18hi	Bli-sLA	143,284	1.12
12	กลุ่มชุดดินที่ 20	Ki-sLA, Ki/Pt-sLA, Pt-sLA, Tsr-cA	1,348,088	10.53
13	กลุ่มชุดดินที่ 22	Kkn-sLA, Kss-sLA, Sda-sLA, St-sLA	165,303	1.29
14	กลุ่มชุดดินที่ 22hi	Ltc-sLA, Ndg-sLA	209,396	1.63
15	กลุ่มชุดดินที่ 24	Ub-lsA	4,400	0.03
16	กลุ่มชุดดินที่ 28B	Lb-cB	115,602	0.90
17	กลุ่มชุดดินที่ 29B	Bg-cB, Ci-cB, Kbr-cB, Nm-cB, Pc-cB	580,312	4.54
18	กลุ่มชุดดินที่ 29C	Bg-cC, Kbr-cC, Nm-cC, Pc-cC	70,448	0.55
19	กลุ่มชุดดินที่ 29D	Bg-cD, Pc-cD	6,475	0.05
20	กลุ่มชุดดินที่ 31B	Lo-cB, Nsu-cB, Ppm-cB, Wi-cB	192,975	1.51
21	กลุ่มชุดดินที่ 31C	Lo-cC, Wi-cC	28,977	0.23
22	กลุ่มชุดดินที่ 33	Ls-cLA	16,944	0.13
23	กลุ่มชุดดินที่ 35	Ds-sLA, Kt-sLA	2,680	0.02
24	กลุ่มชุดดินที่ 35B	Ds-sLB, Kt-sLB, Mb-sLB, Suk-sLB, Wn-sLB	344,437	2.69
25	กลุ่มชุดดินที่ 35C	Ds-sLC	5,439	0.04
26	กลุ่มชุดดินที่ 36	Si-sLA	123,797	0.97
27	กลุ่มชุดดินที่ 36B	Kng-sLB, Ksk-sLB, Si-sLB	242,673	1.89
28	กลุ่มชุดดินที่ 38	Chp-sLA	3,815	0.03
29	กลุ่มชุดดินที่ 38B	Chp-sLB	2,134	0.02
30	กลุ่มชุดดินที่ 40B	Ckr-sLB, Cpr-sLB, Cpg-sLB, Ht-sLB, Knu-sLB, Ksn-sLB, Mki-sLB, Ptc-sLB, Ptk-sLB	1,764,267	13.78
31	กลุ่มชุดดินที่ 44B	Dk-lsB, Ng-lsB	233,066	1.82
32	กลุ่มชุดดินที่ 44C	Cu-lsC, Dk-lsC, Ng-lsC	50,342	0.39
33	กลุ่มชุดดินที่ 46B	Su-gcB	109,114	0.85
34	กลุ่มชุดดินที่ 46C	Su-gcC	6,978	0.05

ตารางที่ 2 กลุ่มชุดดิน พื้นที่เบ็ดเตล็ด และชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

ลำดับ	กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อที่	
			ไร่	%
35	กลุ่มชุดดินที่ 47B	Hs-clB, Kok-clB, Li-gclB, ML-gclB	21,801	0.17
36	กลุ่มชุดดินที่ 47C	Hs-clC, Kok-clC, Li-gclC, Li/ML-gclC, ML-gclC	214,992	1.68
37	กลุ่มชุดดินที่ 47D	Hs-clD, Li-gclD, Li/ML-gclD, ML-gclD	232,197	1.81
38	กลุ่มชุดดินที่ 47E	Hs-clE, Li-gclE, Li/ML-gclE, ML-gclE	115,904	0.90
39	กลุ่มชุดดินที่ 48B	Wk-slB	52,891	0.41
40	กลุ่มชุดดินที่ 48C	Wk-slC	136,779	1.07
41	กลุ่มชุดดินที่ 48D	Wk-slD	219,178	1.71
42	กลุ่มชุดดินที่ 48E	Wk-slE	71,596	0.56
43	กลุ่มชุดดินที่ 52B	Tk-clB	49,377	0.39
44	กลุ่มชุดดินที่ 52C	Tk-clC	14,583	0.11
45	กลุ่มชุดดินที่ 55B	Ct-clB, Tpr-clB, Ws-clB	572,581	4.48
46	กลุ่มชุดดินที่ 55C	Ct-clC, Ws-clC	69,704	0.54
47	กลุ่มชุดดินที่ 55D	Ct-clD, Ws-clD	6,696	0.05
48	กลุ่มชุดดินที่ 56	Bo-slA	6,864	0.05
49	กลุ่มชุดดินที่ 56B	Bo-slB, Png-slB	145,097	1.13
50	กลุ่มชุดดินที่ 56C	Bo-slC, Png-slC	56,241	0.44
51	กลุ่มชุดดินที่ 56D	Bo-slD, Png-slD	27,132	0.21
52	กลุ่มชุดดินที่ 1/28	Bm/Lb-clA	21,552	0.17
53	กลุ่มชุดดินที่ 7/31	Nt/Nsu-clA	10,602	0.08
54	กลุ่มชุดดินที่ 18hi/22	Bli/Kts-slA	24,743	0.19
55	กลุ่มชุดดินที่ 31/55B	Wi/Ws-clB	14,407	0.11
56	กลุ่มชุดดินที่ 31/55C	Wi/Ws-clC	31,904	0.25
57	กลุ่มชุดดินที่ 31/55D	Wi/Ws-clD	11,121	0.09
58	กลุ่มชุดดินที่ 35/17	Kt/By-slA	37,762	0.29
59	กลุ่มชุดดินที่ 35/56B	Ds/Png-slB	12,831	0.10
60	กลุ่มชุดดินที่ 35/56C	Ds/Png-slC	13,612	0.11
61	กลุ่มชุดดินที่ 36/18hi	Kng/Bli-slA	57,399	0.45
62	กลุ่มชุดดินที่ 38/4	Chp-sil/Cs-siclA	113,823	0.89
63	กลุ่มชุดดินที่ 40/22hi	Ptk/Ndg-slA	12,499	0.10
64	กลุ่มชุดดินที่ 41/40B	Bpi/Ckr-slB, Bpi/Cpr-slB	36,815	0.29
65	กลุ่มชุดดินที่ 41/44B	Bpi/Ng-slB, Msk/Ng-slB	217,879	1.70
66	กลุ่มชุดดินที่ 41/44C	Bpi/Ng-slC	5,352	0.04
67	กลุ่มชุดดินที่ 47/55B	Li/Ws-clB	1,914	0.01
68	กลุ่มชุดดินที่ 47/55C	Li/Ws-clC	29,132	0.23
69	กลุ่มชุดดินที่ 47/55D	Li/Ws-clD	24,504	0.19
70	กลุ่มชุดดินที่ 47/55E	Li/Ws-clE	6,771	0.05
71	กลุ่มชุดดินที่ 48/56B	Wk/Png-slB	33,919	0.26
72	กลุ่มชุดดินที่ 48/56C	Wk/Png-slC	84,499	0.66

ตารางที่ 2 กลุ่มชุดดิน พื้นที่เบ็ดเตล็ด และชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา (ต่อ)

ลำดับ	กลุ่มชุดดิน	ชุดดิน	เนื้อที่	
			ไร่	%
73	กลุ่มชุดดินที่ 48/56D	Wk/Png-slD	20,294	0.16
74	กลุ่มชุดดินที่ 55/29B	Ct/Sn-clB	12,578	0.10
75	กลุ่มชุดดินที่ 55/55b	Ct/Ct-clA/b	44,052	0.34
76	กลุ่มชุดดินที่ 55/7hi	Tpr/Nt-clA	24,186	0.19
77	กลุ่มชุดดินที่ 56/40B	Bo/Wk-slB	103,831	0.81
78	กลุ่มชุดดินที่ 56/40C	Bo/Wk-slC	13,071	0.10
79	กลุ่มชุดดินที่ 56/48B	Ly-hb/Ty-hb-slB, Png-col,md-slB/Wk-slB	55,631	0.43
80	กลุ่มชุดดินที่ 56/48C	Ly-hb/Ty-hb-slC, Png-col,md-slC/Wk-slC	51,406	0.40
81	กลุ่มชุดดินที่ 62	SC	709,985	5.55
82	สนามบิน(AP)		1,432	0.01
83	พื้นที่เขตทหาร(MA)		33,123	0.26
84	หน้าผาชัน (ES)		164,306	1.28
85	ที่ดินดัดแปลง (ML) เช่น โรงพยาบาล, โรงงานอุตสาหกรรม, บ้านจัดสรร, สนามกอล์ฟ		17,371	0.14
86	ที่ดินร่องลึก (GL)		9,749	0.08
87	พื้นที่นาเกลือ (SF)		5,129	0.04
88	พื้นที่บ่อลูกรัง (P)		942	0.01
89	พื้นที่เต็มไปด้วยก้อนหิน (RL)		11,421	0.09
90	พื้นที่ชุมชน (U) เช่น ที่อยู่อาศัย, โรงเรียน, วัด		648,243	5.06
91	แหล่งน้ำ , อ่างน้ำ , หนอง , บึง (W)		180,141	1.41
รวมเนื้อที่ทั้งหมด			12,808,728	100.000

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

สรุป สภาพของดินในจังหวัดนครราชสีมาส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย เก็บความชุ่มชื้นได้น้อย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีส่วนที่เป็นดินเค็มถึงร้อยละ 30.05 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด มีพื้นที่เพียงบางส่วนที่เป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและค่อนข้างสูง ซึ่งเหมาะแก่การเกษตรกรรมเพียงร้อยละ 30.5 ของเนื้อที่ทั้งหมด ลักษณะของดิน สามารถแบ่งออกตามลักษณะกลุ่มดินได้เป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มดินไร้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 55 ของพื้นที่ทั้งหมด กลุ่มดินนา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ภูเขา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 15 ของพื้นที่ทั้งหมด และกลุ่มดินคละ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด

ปัญหาทรัพยากรดินด้านการเกษตรที่สำคัญในจังหวัดนครราชสีมา มีหลายประการ ได้แก่ ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมเนื่องจากการใช้ที่ดินผิดประเภท หรือการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมกับสมรรถนะดิน การชะล้างพังทลายของดิน ดินขาดอินทรีย์วัตถุ ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินตื้น ที่มีปัญหากระจายอยู่เกือบทุกอำเภอ

ในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเกษตรโดยเฉพาะการปลูกพืช ประสบปัญหาทรัพยากร ดินที่เด่นชัด คือ ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็ม

14.5 ทรัพยากรน้ำ

1) กลุ่มน้ำสำคัญ จังหวัดนครราชสีมา มีแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญจำนวน 9 กลุ่มน้ำ ได้แก่ ลำน้ำมูลตอนบน ลำพระเพลิง ลำน้ำชี ลำตะคอง ลำเชียงไกร ลำสะเทต ลำน้ำมูลตอนล่าง ลำจักราช และลำน้ำมาศ โดยมีรายละเอียด ของแต่ละกลุ่มน้ำ ดังนี้

(1) กลุ่มน้ำมูล ต้นกำเนิดเกิดจากเขาวงและเขาละมั่งของเทือกเขาสันกำแพงในเขตอำเภอ ปักธงชัย ไหลจากทิศใต้ขึ้นไปทางทิศเหนือ ผ่านอำเภอปักธงชัย อำเภอจักราช แล้ววกไปทาง ตะวันออกเฉียงเหนือผ่านอำเภอโนนสูง อำเภอพิมาย อำเภอชุมพวง ลำน้ำสายหลัก คือ แม่น้ำมูล มีน้ำไหล ตลอดปี และค่อนข้างมากในฤดูฝน

(2) กลุ่มน้ำลำมาศตอนปลาย มีลำน้ำสายหลัก คือ ลำมาศ มีต้นน้ำอยู่ในพื้นที่อำเภอเสิงสาง (กลุ่มน้ำมาศตอนต้น) ไหลผ่านพื้นที่อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ แล้วไหลเข้าสู่จังหวัดนครราชสีมาเป็นกลุ่ม น้ำลำมาศตอนปลาย และไหลลงสู่แม่น้ำมูลที่ตอนเหนือของอำเภอชุมพวง มีน้ำไหลตลอดปี แต่ฤดูแล้งจะมี ปริมาณน้ำน้อยจนไม่สามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้

(3) กลุ่มน้ำลำมาศตอนต้น มีลำน้ำสายหลัก คือ ลำมาศ ซึ่งเกิดจากลำห้วยเพี้ยก ลำห้วย โทน และลำห้วยอื่น ๆ ไหลมารวมกันแล้วไหลเข้าสู่อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขา ใน เขตอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำขาขาวของอำเภอครบุรี และอำเภอเสิงสาง น้ำไหลลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็วในฤดูฝน ทำให้ ดินดูดซับน้ำได้น้อยเกิดการชะล้างหน้าดินสูง ทำให้ลำน้ำตื้นเขินเร็ว และไม่สามารถกักเก็บน้ำได้

(4) กลุ่มน้ำลำจักราช มีลำน้ำสายหลัก คือ ลำจักราช ซึ่งเกิดจากห้วยสารพะเพ็ชร และลำ ห้วยจักราช ในอำเภอหนองบุญมาก แล้วไหลสู่แม่น้ำมูลในอำเภอพิมาย มีน้ำไหลเฉพาะช่วงฤดูฝน ลำห้วย ตอนต้นมีความลาดชันมาก ประชาชนสร้างฝายเป็นช่วง ๆ ค่อนข้างมาก บริเวณกลุ่มน้ำมีอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็ก

(5) ลำน้ำมูลตอนบน - ลำพระเพลิง มีลำน้ำสายหลักคือ ลำพระเพลิง ลำมูลบน ลำแชะ และลำน้ำมูล มีความยาวประมาณ 224 กิโลเมตร ซึ่งไหลไปบรรจบกับลำตะคองที่อำเภอจักราช ต้นน้ำอยู่ใน เขตอำเภอปักธงชัยและอำเภอครบุรี มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก และไหลตลอดปี กลุ่มน้ำนี้มีเขื่อนขนาดใหญ่ 3 แห่ง ได้แก่ เขื่อนลำมูลบน เขื่อนลำแชะ และเขื่อนลำพระเพลิง นอกจากนี้ยังมีอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และ ขนาดเล็กอีกหลายแห่ง

(6) กลุ่มน้ำลำตะคอง ต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกำแพงในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มี ลำน้ำสายหลัก คือลำตะคอง มีความยาวประมาณ 175 กิโลเมตร ไหลขึ้นไปทางเหนือผ่านพื้นที่อำเภอปากช่อง

และวกไปทางตะวันออกผ่านอำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน อำเภอเมือง ไหลลงสู่แม่น้ำมูลที่ตำบลท่าช้าง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ

(7) ลุ่มน้ำลำเชียงไกร เป็นต้นกำเนิดเกิดจากภูเขาในเขตพื้นที่อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ มีลำน้ำสายหลัก คือ ลำเชียงไกร มีความยาวประมาณ 145 กิโลเมตร มีต้นน้ำอยู่ในอำเภอด่านขุนทด และ ไหลลงสู่แม่น้ำมูลที่อำเภอโนนสูง มีน้ำตลอดปี และค่อนข้างมากในช่วงฤดูฝน นอกจากนั้นยังมีอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดเล็ก ฝายน้ำล้น และบ่อบาดาลอีกหลายแห่ง

(8) ลุ่มน้ำลำสะเทต ต้นน้ำอยู่ที่ตำบลห้วยปราสาทในเขตพื้นที่อำเภอคง มีลำน้ำสายหลักที่สำคัญ คือ ลำสะเทต มีความยาวประมาณ 35 กิโลเมตร มีต้นน้ำอยู่ในพื้นที่อำเภอขามสะแกแสง และอำเภอคง มีปริมาณน้ำตลอดปี และค่อนข้างมากในช่วงฤดูฝน และมีฝายน้ำล้นขนาดกลาง ขนาดเล็กกั้นลำน้ำอีกหลายแห่ง

(9) ลุ่มน้ำชี มีลำน้ำสายหลักคือ ลำน้ำชี มีความยาวประมาณ 38 กิโลเมตร มีน้ำไหลตลอดปี และ มีปริมาณน้ำค่อนข้างมากในฤดูฝน มีโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าจากแม่น้ำชีของการพลังงานแห่งชาติ ในพื้นที่อำเภอแก้งสนามนาง และแหล่งน้ำขนาดเล็กอีกหลายแห่ง

2) แหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่ มีโครงการชลประทานขนาดใหญ่ 5 แห่ง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำลำตะคอง อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง อ่างเก็บน้ำมูลบน อ่างเก็บน้ำลำแะ และอ่างเก็บน้ำลำมาศ นอกจากนี้ยังมีเขื่อนระบายน้ำทุ่งสัมฤทธิ์ ที่มีความจุประมาณ 992.69 ล้านลูกบาศก์เมตร ใช้เป็นพื้นที่ ชลประทาน 589,499 ไร่

3) โครงการชลประทานขนาดกลาง ซึ่งเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ และโครงการพิเศษมีทั้งหมด 56 แห่ง ซึ่งเป็นลักษณะของอ่างน้ำ ฝายกั้นน้ำ และหนองน้ำต่าง ๆ

4) พื้นที่ชลประทานจังหวัดนครราชสีมาทั้งหมดมีประมาณ 787,534 ไร่ และมีโครงการชลประทานขนาดเล็ก ได้แก่ ฝาย อ่างเก็บน้ำ ทั้งหมดประมาณ 490 โครงการ (กรมชลประทาน, 2560) โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำเพื่อการทำนา ที่ผลิตได้ทั้งข้าวนาปี และข้าวนาปรัง แต่ปัจจุบันน้ำได้ถูกนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค และการอุตสาหกรรมมากขึ้น เป็นเหตุให้สัดส่วนการใช้น้ำเพื่อการเกษตรอาจได้รับผลกระทบ โดยเฉพาะในปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย

14.6 ทรัพยากรป่าไม้

จากข้อมูลแผนที่เขตป่าไม้ตามกฎหมายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ปี 2558 จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 2,297,735 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.94 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ปัจจุบันมีสภาพป่าดิบสมบูรณ์เนื้อที่ประมาณ 1,243,743 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.71 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด มีพรรณไม้สำคัญที่ขึ้นอยู่ ได้แก่ ไม้ประดู่ ไม้แดง ไม้มะค่าโมง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้ยาง ไม้เหียง ไม้พลวง เป็นต้น รองลงมาเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ร้อยละ 3.54 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด และพื้นที่ป่าผลัดใบรอสภาพพื้นที่ร้อยละ 2.48 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด โดยมีการกำหนดให้เป็นพื้นที่ป่าไม้ตามกฎหมาย ดังนี้

1) พื้นที่อุทยานแห่งชาติ จำนวน 2 แห่ง คืออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และอุทยานแห่งชาติทับลาน รวมเนื้อที่ประมาณ 1,412,425 ไร่

2) พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จำนวน 29 ป่า รวมเนื้อที่ประมาณ 4,864,238.50 ไร่ ซึ่งในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 10 และ 17 มีนาคม 2535 จำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 3 เขต คือ เขตพื้นที่ที่เหมาะสมการเกษตร (Zone A) เนื้อที่ประมาณ 91,012 ไร่ เขตพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ (Zone C) เนื้อที่ประมาณ 1,575,218 ไร่ เขตพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ (Zone E) เนื้อที่ประมาณ 3,282,186 ไร่ โดยพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจ (Zone E) บางส่วน และพื้นที่ที่เหมาะสมการเกษตร (Zone A) กรมป่าไม้ได้มอบพื้นที่ให้สำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตรนำไปปฏิรูปเพื่อเกษตรกรรมแล้ว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

- 1.1 แผนที่กลุ่มชุดดิน ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 จังหวัดนครราชสีมา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข)
- 1.2 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี 2545 มาตราส่วน 1: 50,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)
- 1.3 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี 2550 มาตราส่วน 1: 50,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550ก)
- 1.4 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี 2558 มาตราส่วน 1: 25,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560ข)
- 1.5 แผนที่การแพร่กระจายคราบเกลือบนผิวดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตราส่วน 1:50,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550ข)
- 1.6 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน
- 1.7 เครื่องมือกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)
- 1.8 คอมพิวเตอร์และโปรแกรม Arc Map 10.1 QGIS 2.6.1 และ SPSS
- 1.9 เครื่องมือ และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
- 1.10 ภาพถ่ายดาวเทียม ระบบ TERRA MODIS ชุดข้อมูล MOD17A3 และระบบ LANDSAT 8 OLI

2. วิธีการ

มีรายละเอียดขั้นตอน (ภาพที่ 12) ดังนี้

- 2.1 รวบรวมฐานข้อมูล และแผนที่ นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย
 - 2.1.1 รายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร และแผนที่กลุ่มชุดดิน ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 จังหวัดนครราชสีมา

2.1.2 รายงานและข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:50,000 สํารวจในปี 2545 ปี 2550 และมาตราส่วน 1:25,000 สํารวจปี 2560

2.1.3 ข้อมูลคุณสมบัติของดิน จากโครงการ 1 หมู่บ้าน 1 ตัวอย่างดิน ครอบคลุมทุกตำบลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 2,596 จุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552)

2.1.4 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บันทึกข้อมูล ปี 2560

2.1.5 ภาพถ่ายดาวเทียม จากดาวเทียม Terra MODIS ชุดข้อมูล MOD17A3 ความละเอียด 1 กิโลเมตร บันทึกข้อมูลทุก 1 ปี ในช่วงปี 2550 และ ปี 2560

2.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

2.2.1 สํารวจและปรับแก้ไขข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาในปี 2560 โดยใช้วิธีการประเมินแปลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ในเบื้องต้น ร่วมกับข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ทำการปรับแก้ไขข้อมูลดาวเทียมให้มีความถูกต้องทางเรขาคณิต วิเคราะห์ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดินเบื้องต้นด้วยสายตา สํารวจข้อมูลในพื้นที่จริงเพื่อแก้ไขให้มีความถูกต้องกับสภาพปัจจุบัน จัดทำแผนที่แบ่งประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรม(เพาะปลูก) พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ

2.2.2 เก็บตัวอย่างดินในปี 2560 ตามลักษณะของการใช้ที่ดิน 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม(เพาะปลูก) พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จำนวน 200 จุด ๆ ละ 2 ซ้ำ รวม 400 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างดิน 2 วิธี ได้แก่ 1) วิธีรบกวนโครงสร้างดิน (Disturbed soil sampling) โดยเก็บตัวอย่างดิน 3 หลุมด้วยสว่านเจาะดิน (Soil auger) จากนั้นนำตัวอย่างดินมาคลุกเคล้าให้เป็น Composite sample และตักดินประมาณ 500 กรัม มาบรรจุไว้ในถุงพลาสติก 2) วิธีไม่รบกวนโครงสร้างดิน (Undisturbed soil sampling) ด้วยกระบอกเก็บดิน (Soil core) เพื่อนำไปหาความหนาแน่นของดินต่อไป ส่วนตัวอย่างดินที่เก็บด้วยวิธีรบกวนโครงสร้างจะถูกนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (Air dried) และร่อนผ่าน ตะแกรง 0.2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในห้องปฏิบัติการ

2.2.3 สํารวจสภาพการแพร่กระจายของคราบเกลือดินเค็ม และเก็บข้อมูลค่าความเค็มในพื้นที่ที่มีคราบเกลือ (ECe) ในพื้นที่โครงการการจัดการดินเค็มแบบบูรณาการ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

2.3 วิเคราะห์ข้อมูล

2.3.1 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน จำนวน 400 ตัวอย่าง ที่เก็บตัวอย่างดินจากกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน 6 ประเภท ค่าวิเคราะห์ดิน ประกอบด้วย

- อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter content) โดยวิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934; Walkley, 1935; Nelson and Sommers, 1996)

- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer

- โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

- ปฏิกริยาดิน (Soil reaction: pH) โดยใช้เครื่องมือวัดปฏิกริยาดิน (pH meter) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

- ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity: EC) โดยใช้เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดได้จากดินวัดจากการละลายขณะอิมมัวด้วยน้ำ ที่ 25 องศาเซลเซียส

- ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ด้วยวิธี core method (Blake and Hartge, 1986)

2.3.2 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545 โดยเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 และจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2545 ปี 2550 และปี พ.ศ. 2560 เพื่อประเมินตัวชี้วัดการใช้ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดิน (LUC baseline) โดยวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของ LDN

2.3.3 วิเคราะห์ตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน ประเมินจากการผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของพืช (Net Primary Productivity : NPP) โดยใช้วิธีการประเมินจากค่าดัชนีพรรณ (NDVI) ของจังหวัดนครราชสีมาในช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึงปี 2560 จากภาพถ่ายดาวเทียม Terra MODIS ชุดข้อมูล MOD17A3 ความละเอียด 1 กิโลเมตร บันทึกข้อมูลทุก 1 ปี ทำการวิเคราะห์ค่า NPP จากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยโปรแกรม QGIS เวอร์ชัน 2.6.1 จากข้อมูล NPP แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง จากนั้นวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดินของจังหวัดนครราชสีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2560 และจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดินปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 (NPP baseline) โดยวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของ LDN

2.3.4 วิเคราะห์ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนสะสมในดินของจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2560 โดยประเมินจากฐานข้อมูลคุณสมบัติของดินจากโครงการ 1 หมู่บ้าน 1 ตัวอย่างดิน ปี พ.ศ. 2552 จำนวน 2596 ตัวอย่าง และค่าวิเคราะห์ดินจากการเก็บตัวอย่างดินตามประเภทการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2560 ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุในดิน (กรัมคาร์บอน/ไร่)

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (ร้อยละ) ในชั้นดินบนที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ค่าความหนาแน่นของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) คำนวณหาปริมาณคาร์บอนสะสมในดิน (ตัน/ไร่) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สะสมในดิน

ระดับ (ตัน C/ไร่)	%OM
0.01 – 10.00	0.005 – 5.371
10.01 – 20.00	5.376 – 10.741
20.01 – 30.00	10.747 – 16.112
30.01 – 40.00	16.117 – 21.483
40.01 – 50.00	21.488 – 26.856

จากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนสะสมในดินของจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2552 เปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่ได้จากการสำรวจ ปี พ.ศ. 2560 จัดทำแผนที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนสะสมในดินปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2560 (SOC baseline) โดยวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของ LDN

2.3.5 วิเคราะห์ตัวชี้วัดเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณความเค็ม และการแพร่กระจายของคราบเกลือ ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากแผนที่กลุ่มชุดดิน และแผนที่การแพร่กระจายดินเค็ม ปี พ.ศ. 2550 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณความเค็มที่ได้จากการวัดข้อมูลในพื้นที่ในปี พ.ศ. 2560 และจากโครงการจัดการดินเค็ม จัดทำแผนที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเค็มปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 (SIC baseline) โดยวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของ LDN

2.4 การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของที่ดิน

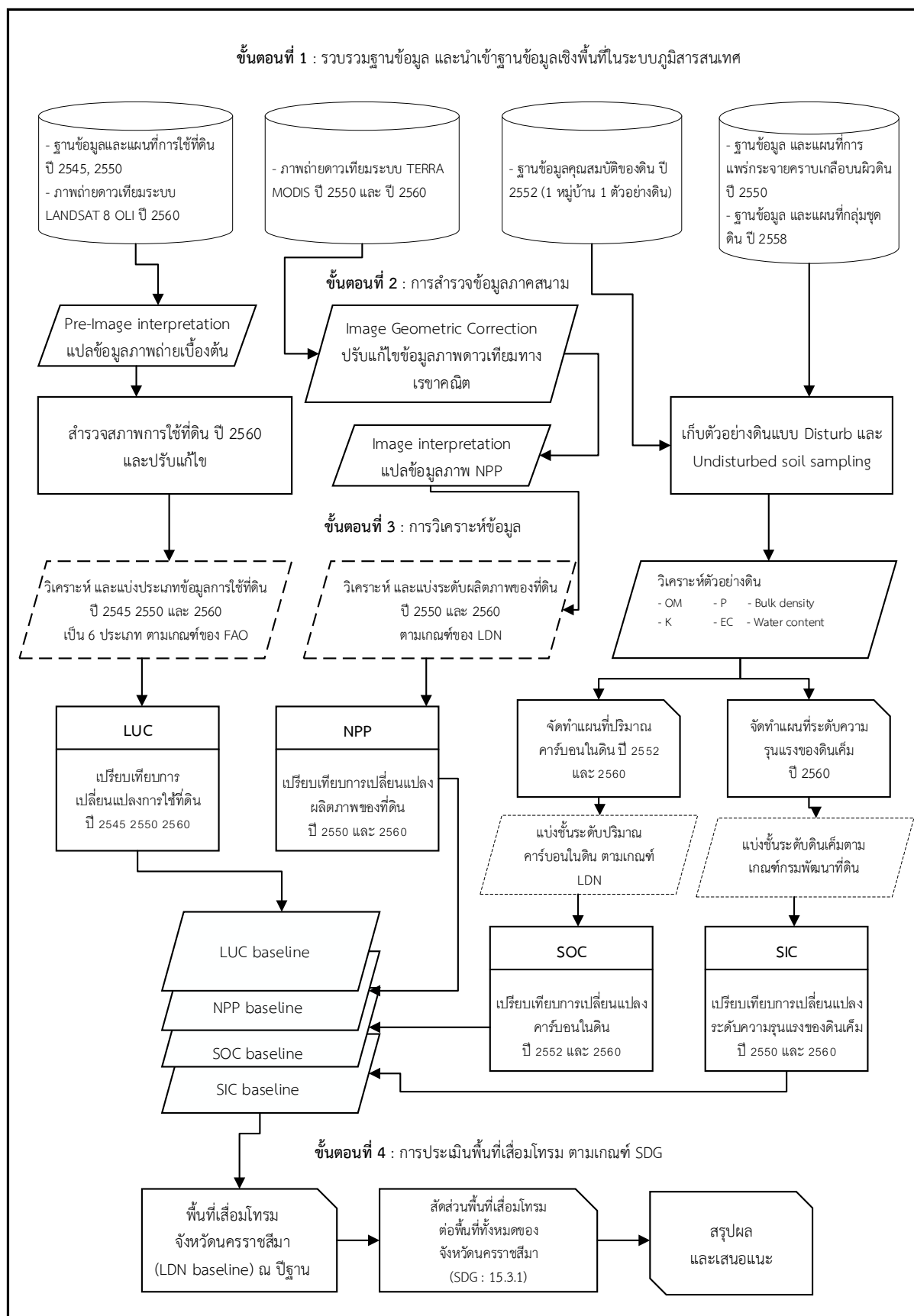
2.4.1 ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของดิน โดยประเมินจากตัวชี้วัด LDN ของ UNCCD ทั้ง 3 ตัวชี้วัด และตัวชี้วัดเฉพาะพื้นที่ โดยการนำข้อมูลแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 แผนที่การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดินปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 แผนที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สะสมในดินปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2560 และแผนที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณความเค็มของดิน ปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ. 2560 มาวิเคราะห์แบบกริด โดยกำหนดเงื่อนไขตามหลักการ One-out, All-out ของ LDN ดังนี้

- 1) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น (+) จัดเป็น พื้นที่ได้รับการปรับปรุง (Improved)
- 2) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางลดลง (-) จัดเป็น พื้นที่เสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน (Degradation)
- 3) ถ้าทั้งสามตัวชี้วัดไม่มีการเปลี่ยนแปลง จัดเป็น พื้นที่ไม่เสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน (Stable)

2.4.2 ประเมินสัดส่วนของพื้นที่เสื่อมโทรมต่อพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้เป็น ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ ปีฐาน 2560 ตามเป้าหมายของ SDG 15.3.1 (LDN baseline)

3. ระยะเวลา และสถานที่

- 3.1 ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น เดือนตุลาคม 2560
สิ้นสุด เดือนกันยายน 2561
- 3.2 สถานที่ จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 12 ขั้นตอน และวิธีการพัฒนาตัวชี้วัด LDN ระดับพื้นที่

ผลการศึกษา และวิจารณ์

1. การพัฒนาตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

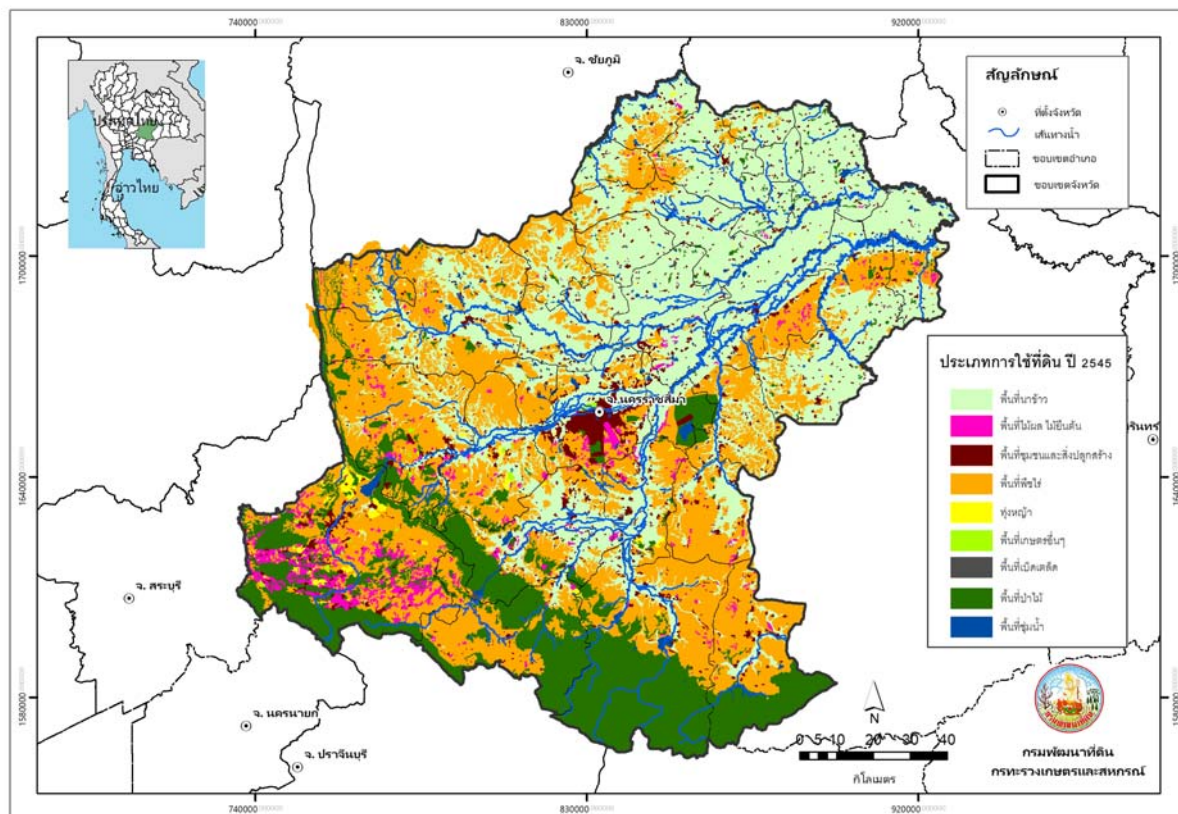
1.1 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545

จากการสำรวจข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน ของกองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ตามระบบการจำแนกของ Food and Agriculture Organization's Land Cover Classification Systems-LCCS (2016) พบว่า ในปี 2545 จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เกษตรกรรมจำนวน 9,871,942 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 77.07 ของเนื้อที่จังหวัด โดยเกษตรกรในพื้นที่มีการทำนาข้าวมากที่สุด ร้อยละ 39.39 และ พื้นที่พืชไร่ ร้อยละ 34.79 ของเนื้อที่จังหวัด สำหรับพื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ จำนวน 2,150,999 ไร่ หรือร้อยละ 16.79 ของเนื้อที่จังหวัด ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำ ร้อยละ 1.39 และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ร้อยละ 0.09 ของเนื้อที่จังหวัด ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4 และภาพที่ 13

ตารางที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545

การใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง	517,547	4.04
พื้นที่การเกษตร	9,871,942	77.07
พื้นที่นาข้าว	5,045,537	39.39
พื้นที่ปลูกพืชไร่	4,456,757	34.79
พื้นที่ปลูกไม้ผล และไม้ยืนต้น	346,787	2.71
พื้นที่อื่น ๆ เช่น พืชไร่ ไร่นาสวนผสม	22,861	0.18
พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม	79,341	0.62
พื้นที่ป่าไม้	2,150,999	16.79
พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ	177,467	1.39
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	11,432	0.09
รวมพื้นที่ทั้งหมด	12,808,728	100.00

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2545)



ภาพที่ 13 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2545)

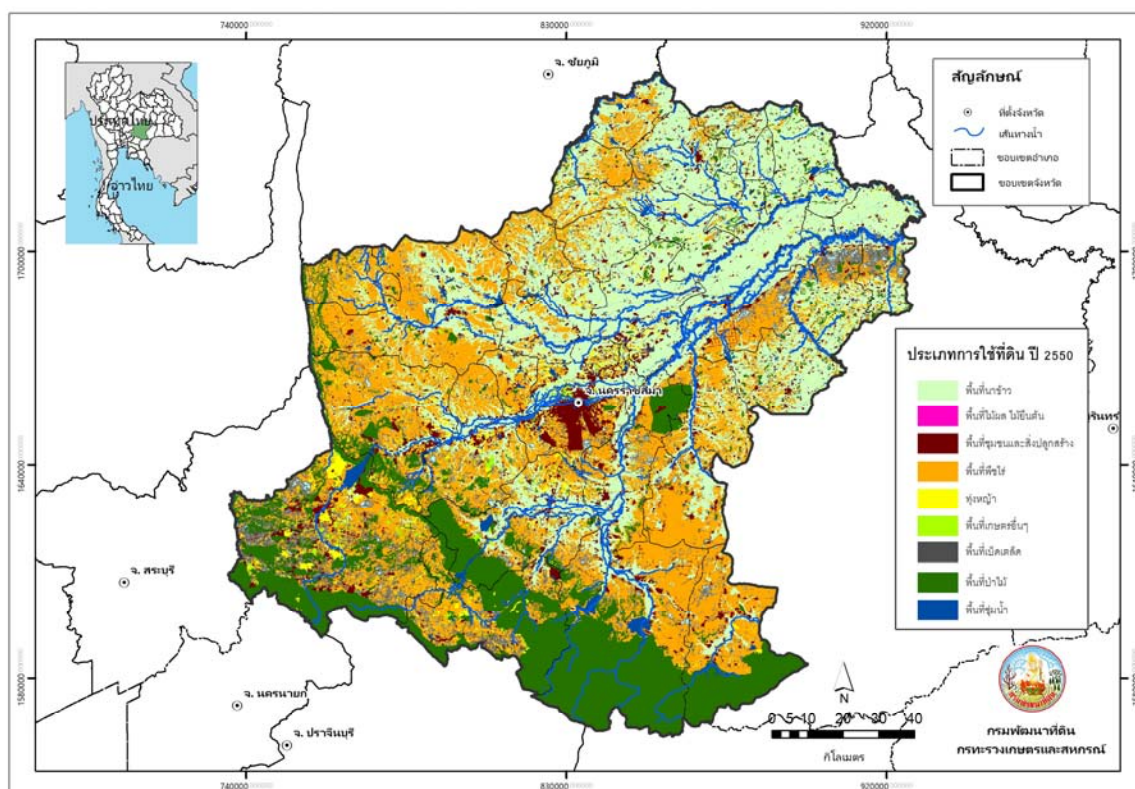
1.2 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่ง สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2550) ได้ทำการสำรวจไว้เมื่อปี 2549 และปี 2550 และทำการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ออกเป็น 6 ประเภท ตามระบบการจำแนกของ FAO (2016) พบว่า ปี พ.ศ. 2550 จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เกษตร จำนวน 8,832,354 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 68.96 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่จำนวน 2,275,471 ไร่ หรือร้อยละ 17.77 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่ 790,678 ไร่ หรือร้อยละ 6.17 พื้นที่ทุ่งหญ้า มีเนื้อที่ 536,067 ไร่ หรือร้อยละ 4.19 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ มีเนื้อที่จำนวน 348,958 ไร่ หรือร้อยละ 2.72 ที่เหลือเป็นพื้นที่เขตชลประทาน มีเนื้อที่เพียงร้อยละ 0.20 ของเนื้อที่จังหวัด รายละเอียดของประเภทการใช้ที่ดิน แสดงไว้ในตารางที่ 5 และภาพที่ 14

ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550

การใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง	790,678	6.17
พื้นที่การเกษตร	8,832,354	68.96
พื้นที่นาข้าว	4,331,729	33.82
พื้นที่ปลูกพืชไร่	3,787,674	29.57
พื้นที่ปลูกไม้ผล และไม้ยืนต้น	613,712	4.79
พื้นที่อื่น ๆ เช่น พืชไร่ ไร่นาสวนผสม	99,239	0.77
พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม	536,067	4.19
พื้นที่ป่าไม้	2,275,471	17.77
พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ	348,958	2.72
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	25,200	0.20
รวมพื้นที่ทั้งหมด	12,808,728	100.00

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2550)



ภาพที่ 14 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2550

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2550)

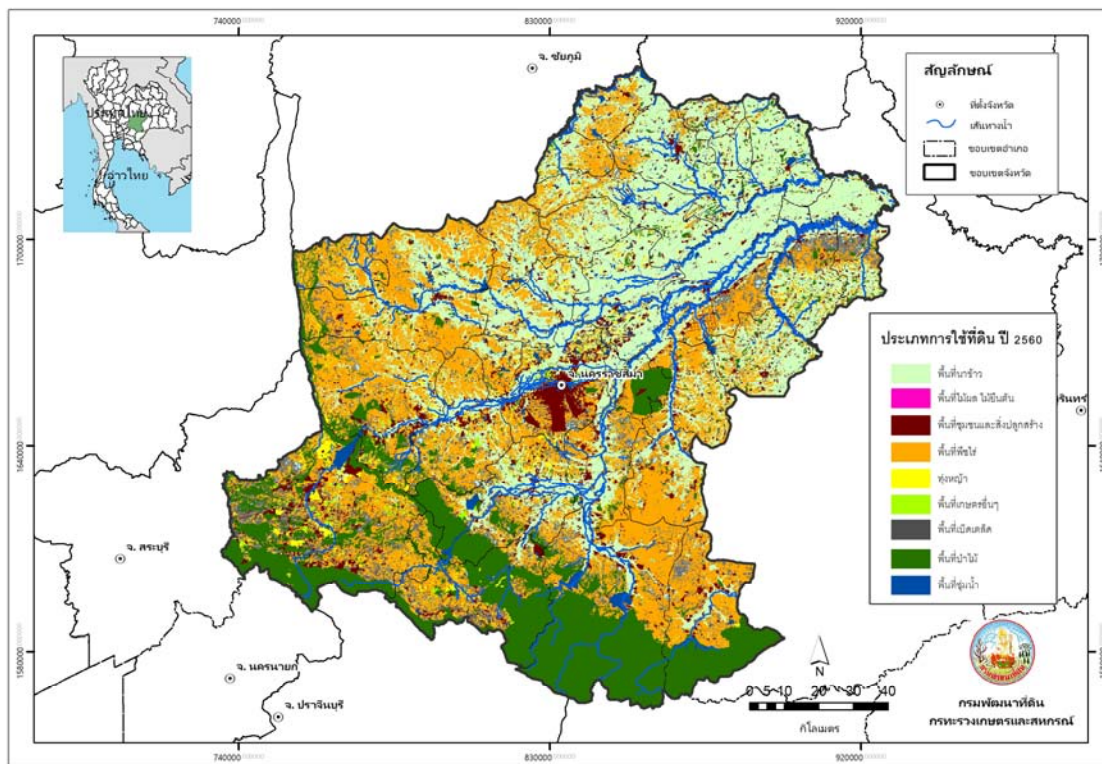
1.3 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560

จากการวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บันทึกข้อมูลปี 2560 ร่วมกับการปรับแก้ไขข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินปี 2558 ทำการตรวจสอบข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ เพื่อปรับแก้ไขให้มีความถูกต้องมากขึ้น และทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ตามระบบการจำแนกของ FAO (2016) พบว่า การใช้ที่ดินในจังหวัดนครราชสีมา ปี 2560 มีพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 8766159 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 68.44 ของเนื้อที่จังหวัด ซึ่งเป็นพื้นที่นามากที่สุด จำนวน 4,197,651 ไร่ หรือร้อยละ 32.77 ของเนื้อที่จังหวัด รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชน พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่คิดเป็นร้อยละ 17.52 6.71 3.79 3.24 และ 0.31 ของเนื้อที่จังหวัด ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 15

ตารางที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560

การใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง	858,870	6.71
พื้นที่การเกษตร	8,766,159	68.44
พื้นที่นาข้าว	4,197,651	32.77
พื้นที่ปลูกพืชไร่	3,867,598	30.20
พื้นที่ปลูกไม้ผล และไม้ยืนต้น	598,471	4.67
พื้นที่อื่น ๆ เช่น พืชไร่ ไร่นาสวนผสม	102,439	0.80
พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม	484,868	3.79
พื้นที่ป่าไม้	2,243,600	17.52
พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ	415,367	3.24
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	39,864	0.31
รวมพื้นที่ทั้งหมด	12,808,728	100.00

ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการสำรวจระยะไกล



ภาพที่ 15 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2560

ที่มา: จากการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการสำรวจระยะไกล

ทั้งนี้ร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2545 พ.ศ.2550 และปี พ.ศ. 2560 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากปี 2545 จนถึงปี 2560 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ ในขณะที่พื้นที่ทำการเกษตรลดลง

ตารางที่ 7 ร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2560

การใช้ที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ร้อยละ)		
	ปี 2545	ปี 2550	ปี 2560
พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง	4.04	6.17	6.71
พื้นที่การเกษตร	77.07	68.96	68.44
พื้นที่นาข้าว	39.39	33.82	32.77
พื้นที่ปลูกพืชไร่	34.79	29.57	30.20
พื้นที่ปลูกไม้ผล และไม้ยืนต้น	2.71	4.79	4.67
พื้นที่อื่นๆ เช่น พืชไร่ ไร่นาสวนผสม	0.18	0.77	0.80
พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม	0.62	4.19	3.79
พื้นที่ป่าไม้	16.79	17.77	17.52
พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ	1.39	2.72	3.24
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	0.09	0.20	0.31
รวมพื้นที่ทั้งหมด	100.00	100.00	100.00

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.4 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี 2545 ปี 2550 และ ปี 2560

การวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการแปลตีความทั้งสองเวลาทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) ด้วยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) จะทำให้ทราบความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545 – 2560 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีการเปลี่ยนแปลงลดลง จากจำนวน 9,871,942 ไร่ ในปี 2545 ลดลงเป็น 8,832,354 ไร่ ในปี 2560 ลดลงร้อยละ 11.20 โดยเฉพาะในพื้นที่นา และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ มีการเปลี่ยนแปลงลดจ้อยละ 16.80 และ 13.21 ตามลำดับ ทั้งนี้มีการปรับเปลี่ยนจากการทำนา ทำไร่ มาทำการเกษตรอื่น ๆ เช่น การปลูกไม้ยืนต้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปศุสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจคือการทำเกษตรผสมผสาน หรือ ไร่นาสวนผสม ที่มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงมากในปี พ.ศ. 2560 โดยเพิ่มขึ้นเกือบ 4 เท่าของพื้นที่ในปี 2545 ซึ่งอาจเนื่องมาจากในช่วงปี 2545 เป็นต้นมา จังหวัดนครราชสีมาได้จัดทำแผนพัฒนาจังหวัดนครราชสีมา ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545 – 2549)

ซึ่งมีนโยบายในการน้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มาเป็นปรัชญานำทางในการพัฒนาและบริหารประเทศ ควบคู่ไปกับกระบวนการพัฒนาแบบบูรณาการเป็นองค์รวมที่มี “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2544) ต่อเนื่องมาจนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 นอกจากนี้มีการปรับเปลี่ยนจากการทำเกษตรกรรมมาเป็นพื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่อุตสาหกรรม มีเพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่ 858,870 ไร่ จากเดิมมีพื้นที่ 517,547 ไร่ ในปี พ.ศ. 2545 คิดเป็นร้อยละ 65.95 ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของระบบเส้นทางคมนาคม มีบทบาททำให้เกิดการขยายตัวของเมือง โดยเฉพาะการเชื่อมต่อตัวเมืองกับบริเวณรอบนอก (ซัชชัย, 2555) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการส่งเสริมอุตสาหกรรม (Inkaew *et al.*, 2004) สำหรับพื้นที่แหล่งน้ำพบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการขยายพื้นที่ชลประทาน และการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติมากขึ้น (สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา, 2560) โดยเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2545 คิดเป็นร้อยละ 134.05

สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2550 – 2560 พบว่ายังมีการลดลงของพื้นที่เกษตรกรรม โดยลดลงจากเดิม มีพื้นที่ 8,832,354 ไร่ ในปี 2550 ลดลงเป็น 8,766,159 ไร่ ในปี 2560 ลดลงเพียงร้อยละ 0.74 โดยพื้นที่นาข้าวบางส่วนถูกปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชไร่ ซึ่งพื้นที่ปลูกพืชไร่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.11 จากปี 2550 แต่พื้นที่ปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น ลดลง โดยลดลงร้อยละ 2.48 นอกจากนี้ยังพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรผสมผสานอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ ปี 2545 แต่จากปี 2550 ถึง ปี 2560 มีพื้นที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ร้อยละ 3.22 เนื่องมาจากนโยบายของภาครัฐที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรทำเกษตรทฤษฎีใหม่ และเกษตรผสมผสานมากขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2544) สำหรับพื้นที่ป่าไม้ มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพิ่มมากขึ้นจากปี 2545 จนถึงปี 2550 จากพื้นที่ 2,150,999 ไร่ ในปี 2545 เพิ่มขึ้นเป็น 2,275,471 ไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.79 ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของศิริรักษ์ (2554) เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอด่านช้าง จังหวัดนครราชสีมา ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ.2533 กับ พ.ศ.2552 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดจำนวนลง พื้นที่ ๆ ไม่ใช่ป่ามีจำนวนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการจำแนกพื้นที่ป่าของ FAO หมายรวมถึงสวนป่าด้วย (FAO, 2016) อย่างไรก็ตามในปี 2560 พื้นที่ป่าไม้กลับลดลงจากปี 2550 จากเดิมมีพื้นที่ 2,275,471 ลดลงเป็น 2,243,600 หรือลดลงเพียงร้อยละ 1.40 จากปี 2550 ซึ่งในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา (ตั้งแต่ปี 2545) มีการฟื้นฟูพื้นที่ป่า ปลูกป่าทดแทน และทำสวนป่า ทั้งจากการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพิ่มขึ้น (กรมป่าไม้, 2560) รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ช่วงปี 2545-2560 และ ช่วงปี 2550-2560 แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560

และช่วงปีพ.ศ. 2550 – 2560

การใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)			ปี 2545 และ ปี 2560	ร้อยละการ	ปี 2550 และ ปี 2560	ร้อยละการ
	ปี 2545	ปี 2550	ปี 2560	เพิ่ม(+)/ลด(-)	เปลี่ยนแปลง	เพิ่ม(+)/ลด(-)	เปลี่ยนแปลง
พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง	517,547	790,678	858,870	+341,323	+65.95	+68,192	+8.62
พื้นที่การเกษตร	9,871,942	8,832,354	8,766,159	-1,105,783	-11.20	-66,195	-0.74
พื้นที่นาข้าว	5,045,537	4,331,729	4,197,651	-847,886	-16.80	-134,078	-3.09
พื้นที่ปลูกพืชไร่	4,456,757	3,787,674	3,867,598	-589,159	-13.21	+79,924	+2.11
พื้นที่ปลูกไม้ผล และไม้ยืนต้น	346,787	613,712	598,471	+251,684	+72.57	-15,241	-2.48
พื้นที่อื่นๆ เช่น พืชไร่ ไร่นาสวนผสม	22,861	99,239	102,439	+79,578	+348.09	+3,200	+3.22
พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม้พุ่ม	79,341	536,067	484,868	+405,527	+511.11	-51,199	-9.55
พื้นที่ป่าไม้	2,150,999	2,275,471	2,243,600	+92,601	+4.30	-31,871	-1.40
พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ	177,467	348,958	415,367	+237,900	+134.05	+66,409	+19.03
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	11,432	25,200	39,864	+28,432	+248.70	+14,664	+58.19
รวมพื้นที่ทั้งหมด	12,808,728	12,808,728	12,808,728				

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.5 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline)

ในบริบทของตัวชี้วัด SDG 15.3.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดิน ชี้ให้เห็นถึงความเสื่อมโทรมของที่ดินเมื่อมีการสูญเสียผลิตภาพของที่ดินในแง่ของการบริการระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจากประเภทการใช้ที่ดินแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบ เป็นได้ทั้งแบบค่อยเป็นค่อยไป และแบบรวดเร็ว เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วอันเป็นผลมาจากการรบกวนทางสิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือจากการกระทำของมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น การเปลี่ยนแปลงในความอุดมสมบูรณ์ของดิน พืช หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้ผลิตภาพที่ดินลดลง การสูญเสียมวลชีวภาพ การลดลงของพืชคลุมดิน และธาตุอาหารในดินลดลง (Di Gregorio *et al.*, 2011)

การประเมินตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา จะใช้เกณฑ์ประเมินจากคู่มือการประเมินตัวชี้วัด SDG 15.3.1 ของ UNCCD (Sim *et al.*, 2017) ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งประเมินจากการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินหลัก เช่น พื้นที่ป่าไม้ เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง หรือเปลี่ยนแปลงในทางกลับกัน แสดงผลในรูปของตารางเมตริก สรุปเหตุการณ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ 30 แบบ โดยใช้สัญลักษณ์ของสีเป็นสื่อบอกว่าพื้นที่นั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สีน้ำเงิน แสดงว่า พื้นที่นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงที่ (Stable) สีแดง แสดงว่า พื้นที่นั้นเกิดความเสื่อมโทรม (Degradation) และสีเขียว แสดงว่าพื้นที่นั้น ๆ มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น (Improved)

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ORIGINAL CLASS	FINAL CLASS						
	Tree-covered area	Grassland	Cropland	Wetland	Artificial surfaces	Other land	
	Tree-covered area	Stable	Vegetation loss	Deforestation	Inundation	Deforestation	Vegetation loss
	Grassland	Afforestation	Stable	Agricultural expansion	Inundation	Urban expansion	Vegetation loss
	Cropland	Afforestation	Withdrawal of agriculture	Stable	Inundation	Urban expansion	Vegetation loss
	Wetland	Woody Encroachment	Wetland drainage	Wetland drainage	Stable	Wetland drainage	Wetland drainage
	Artificial surfaces	Afforestation	Vegetation establishment	Agricultural expansion	Wetland establishment	Stable	Withdrawal of settlements
	Other land	Afforestation	Vegetation establishment	Agricultural expansion	Wetland establishment	Urban expansion	Stable

ที่มา : Sims *et al.* (2017)

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละประเภท เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในช่วงปี 2545 -2560 และช่วงปี 2550 – 2560 ของจังหวัดนครราชสีมา นำมาแสดงผลในรูปของตารางเมตริก (Confusion matrix) จากนั้นประเมินตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แยกเป็น 4 กรณี ผลการประเมินในแต่ละช่วงปี (ตารางที่ 10) มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการประเมินในช่วงปี 2545 – 2560 (ตารางที่ 11)

กรณีที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ชุ่มน้ำ ไปเป็นพื้นที่เกษตร มีจำนวนเนื้อที่ 355,324 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.77 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ (พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชน และพื้นที่อื่น ๆ) มีจำนวนเนื้อที่ 334,755 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.61 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่เกษตร ไปเป็น พื้นที่ชุมชน มีจำนวนเนื้อที่ 655,115 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.11 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่เกษตร ไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ มีจำนวนเนื้อที่ 36,265 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.28 ของเนื้อที่จังหวัด

2. ผลการประเมินในช่วงปี 2550 – 2560 (ตารางที่ 12)

กรณีที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า และพื้นที่ชุ่มน้ำ ไปเป็นพื้นที่เกษตร มีจำนวนเนื้อที่ 117,046 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.91 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ (พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชน และพื้นที่อื่น ๆ) มีจำนวนเนื้อที่ 51,522 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.40 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่ชุมชน มีจำนวนเนื้อที่ 79,106 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.62 ของเนื้อที่จังหวัด

กรณีที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่เกษตร ไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ มีจำนวนเนื้อที่ 17,122 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.13 ของเนื้อที่จังหวัด

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละกรณี ช่วงปี 2545 ถึง ปี 2560

และ ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560

กรณีที่	ปี 2545 เทียบปี 2560		ปี 2550 เทียบปี 2560	
	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ
1	355,324	2.77	117,046	0.91
2	334,755	2.61	51,522	0.40
3	655,115	5.11	79,106	0.62
4	36,265	0.28	17,122	0.13
รวม	1,381,459	10.79	264,796	2.07

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

ทั้งนี้ผลการประเมินตัวชี้วัดความเสี่ยงที่เกิจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้หลักเกณฑ์ของ LDN ในช่วงปี 2545-2560 พบว่ามีพื้นที่เสื่อมโทรม จำนวน 1,749,517 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 13.66 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงจำนวน 722,181 ไร่ หรือร้อยละ 6.03 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือคงที่ มีจำนวน 10,287,728 ไร่ หรือร้อยละ 80.31 ของเนื้อที่จังหวัด และในช่วงปี 2550-2560 พบว่ามีพื้นที่เสื่อมโทรม จำนวน 213,644 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.67 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงจำนวน 110,359 ไร่ หรือร้อยละ 0.86 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวน 12,484,725 ไร่ หรือร้อยละ 97.47 (ตารางที่ 13 และภาพที่ 16) จะเห็นได้ว่าความเสี่ยงที่เกิจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ.2545-2560 มีร้อยละพื้นที่ความเสี่ยงมากกว่า ในช่วงปี 2550-2560 ทั้งนี้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของฐานข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ หากข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกันมีมาตรฐานไม่เท่ากัน อาจทำให้ผลมีความคลาดเคลื่อนสูง (Chrisman, 1991) โดยฐานข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2545 มีมาตรฐานต่ำกว่าปี พ.ศ. 2560 และมีความละเอียดของการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินที่หยาบกว่า และเนื่องมาจากการเปรียบเทียบช่วงปีที่มีระยะห่างกัน ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ชัดเจนมากกว่า (Johnson, 1990) ด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลฐานการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2560 เป็นปีฐานตัวชี้วัดความเสี่ยงของ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ที่จะใช้ประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมในลำดับถัดไป เนื่องจากว่าข้อมูลใน 2 ปีดังกล่าว มี มาตราส่วนในระดับเดียวกัน และมีการจำแนกการใช้ที่ดินในระดับที่ละเอียดมากกว่า ปี พ.ศ. 2545

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ระหว่าง ปี พ.ศ. 2545 กับ ปี พ.ศ. 2560

เนื้อที่การใช้ที่ดิน ปี 2560 (ไร่)								
	พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Artificial surfaces)	พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland)	ทุ่งหญ้า (Grassland)	พื้นที่อื่นๆ (Other)	พื้นที่ป่าไม้ (Tree-covered)	พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland)	ผลรวมทั้งหมด	
เนื้อที่การใช้ที่ดิน ปี 2545 (ไร่)	พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Artificial surfaces)	200,044	254,772	24,898	1,989	16,191	18,631	516,525
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland)	592,496	8,168,000	390,604	29,294	404,982	298,865	9,884,241
	ทุ่งหญ้า (Grassland)	11,939	32,558	23,521	324	8,839	2,229	79,410
	พื้นที่อื่นๆ (Other)	599	2,930	166	1,520	5,263	962	11,440
	พื้นที่ป่าไม้ (Tree-covered)	37,238	259,049	36,825	1,643	1,791,094	14,721	2,140,570
	พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland)	13,442	63,627	4,412	5,004	17,389	72,668	176,542
	ผลรวมทั้งหมด	855,758	8,780,936	480,426	39,774	2,243,758	408,076	12,808,728

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 กับ ปี พ.ศ. 2560

เนื้อที่การใช้ที่ดิน ปี 2550 (ไร่)	เนื้อที่การใช้ที่ดิน ปี 2560 (ไร่)							
		พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Artificial surfaces)	พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland)	ทุ่งหญ้า (Grassland)	พื้นที่อื่นๆ (Other)	พื้นที่ป่าไม้ (Tree-covered)	พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland)	ผลรวมทั้งหมด
	พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Artificial surfaces)	778,791	6,697	2,486	1,051	369	1,221	790,615
	พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland)	59,471	8,665,476	59,890	11,100	8,723	52,046	8,856,706
	ทุ่งหญ้า (Grassland)	12,940	76,188	409,985	3,343	11,076	22,565	536,097
	พื้นที่อื่นๆ (Other)	955	1,298	429	21,702	1	820	25,205
	พื้นที่ป่าไม้ (Tree-covered)	4,980	35,020	9,671	651	2,198,916	1,851	2,251,089
	พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland)	1,715	5,838	2,407	2,028	131	336,897	349,016
	ผลรวมทั้งหมด	858,852	8,790,517	484,868	39,875	2,219,216	415,400	12,808,728

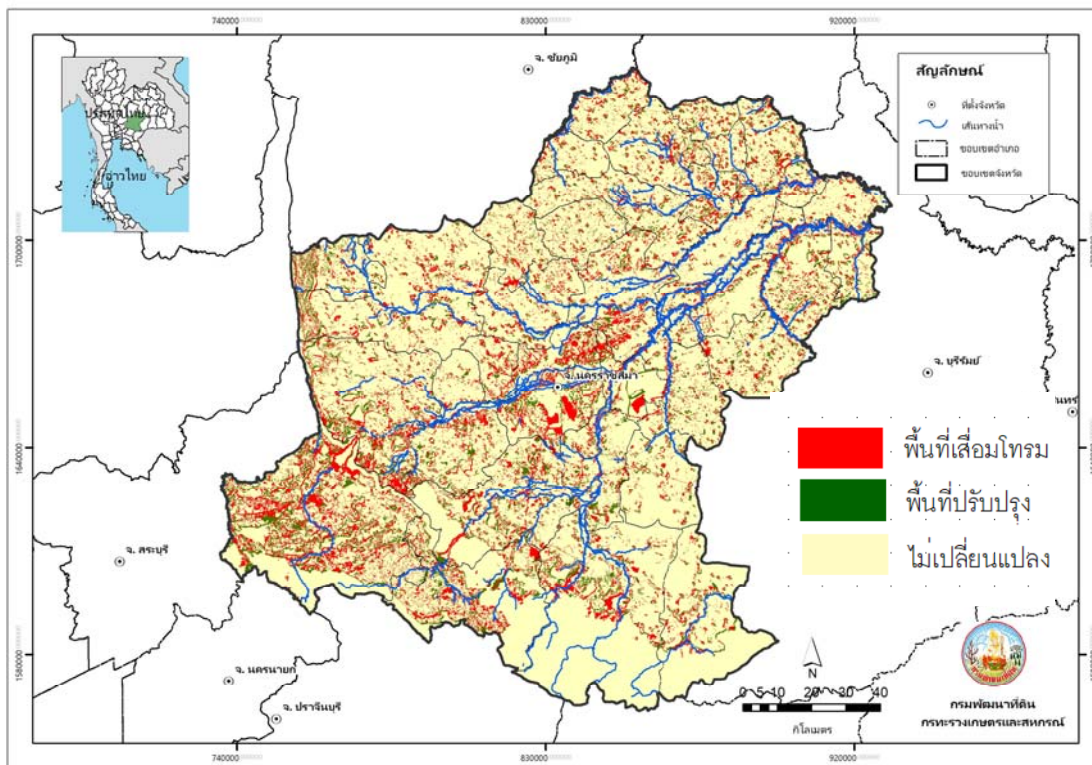
ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

ตารางที่ 13 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560 และช่วงปี พ.ศ. 2550-2560

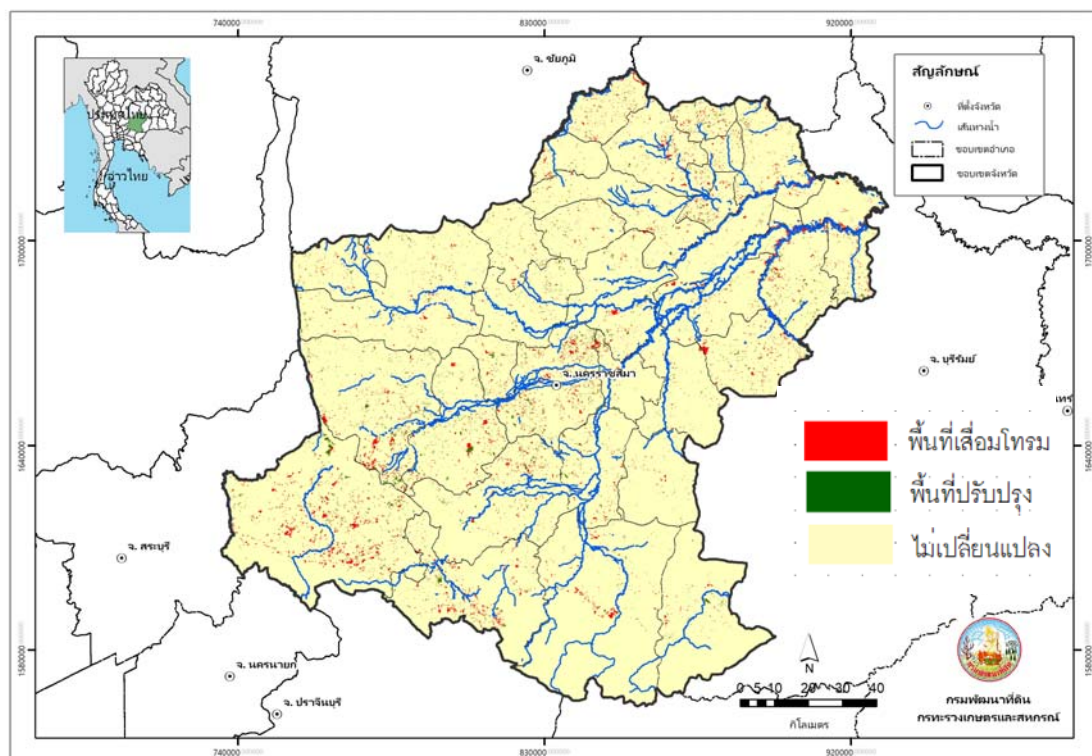
ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline)	ปี พ.ศ. 2545 - 2560		ปี พ.ศ.2550 - 2560	
	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ได้รับการปรับปรุง (Improved)	772,181	6.03	110,359	0.86
พื้นที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Stable)	10,287,030	80.31	12,484,725	97.47
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded)	1,749,517	13.66	213,644	1.67

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยวิธีการของ UNCCD ทั้ง 2 ช่วงปี จะเห็นว่า ความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เกิดจากพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตร และพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง สอดคล้องกับการศึกษาของ ธัญลักษณ์ (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี 2545 ถึง ปี 2548 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน และปริมาณตะกอนดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดินบริเวณต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำ และสอดคล้องกับการศึกษาของ เสาวนีย์ และวิศิษฐ์ (2561) เรื่อง การจัดทำเป้าหมายและมาตรการความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ซึ่งศึกษาตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้ฐานข้อมูลการใช้ที่ดินในระดับประเทศจากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี 2545 และปี 2556 พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงเวลาดังกล่าวเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า หรือการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่อื่น ๆ เช่น พื้นที่เกษตร พืชหญ้า พื้นที่ชุ่มน้ำ หรือสิ่งปลูกสร้าง คิดเป็นร้อยละ 78 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.10%



(ก)



(ข)

ภาพที่ 16 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline) จังหวัดนครราชสีมา
ช่วงปี พ.ศ. 2545-2560 (ก) และช่วงปี 2550-2560 (ข)

การพัฒนาตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยนำวิธีการของ LDN มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่กรมพัฒนาที่ดินได้สำรวจไว้แล้วในปี 2545 2550 และปรับแก้ไขข้อมูล ปี 2558 โดยการแปลผลจากข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ปี 2560 สามารถบ่งชี้พื้นที่ที่เกิดความเสื่อมโทรมได้ในเชิงพื้นที่ แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นผลมาจากฐานข้อมูลที่ใช้ไม่ได้อยู่ในมาตราส่วนเดียวกัน ความละเอียดหรือระดับประเภทการใช้ที่ดินไม่อยู่ในระดับเดียวกัน ความละเอียดและการแปลผลข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินควรจะวิเคราะห์เป็นรายปี เพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินว่าจะเป็นไปได้ในทิศทางใด และยังสามารถที่จะชี้ได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากกระบวนการของมนุษย์ หรือธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการสำรวจข้อมูลการใช้ที่ดินในระดับละเอียดในแต่ละปี จะต้องใช้งบประมาณและการลงทุนสูง ดังนั้นในการพัฒนาตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สามารถนำข้อมูลการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งมีข้อมูลตั้งแต่วารวัน ไปจนถึงรายปี มาประยุกต์ใช้ได้ แต่ทั้งนี้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละประเภท มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน อีกทั้งการได้มาซึ่งข้อมูลมีทั้งข้อมูลที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายแต่จะมีความละเอียดของข้อมูลในระดับที่หยาบ ส่วนข้อมูลที่มีความละเอียดสูงก็ย่อมมีค่าใช้จ่ายสูง การเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน และระดับการแปลผล การแปลผลในระดับพื้นที่อาจต้องใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูง และต้องมีการเปรียบเทียบ สอเทียบจากการข้อมูลจริงในสนาม หรือใช้วิธีการสอบเทียบจากการศึกษาอื่นที่มีอยู่ในพื้นที่มาแล้ว หากข้อมูลแผนที่มีมาตราส่วน และมีความละเอียดมาก ผลการวิเคราะห์ก็จะมี ความถูกต้องแม่นยำมากเช่นกัน (Dueker, 1979)

2. การพัฒนาตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน

ความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน หรือ ผลิตภาพของที่ดิน(Land Productivity) คือ กำลังการผลิตทางชีวภาพของที่ดินซึ่งเป็นแหล่งอาหาร และเชื้อเพลิงที่ค่าจุนมนุษย์ ผลิตภาพของที่ดินจะเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวทั้งในด้านสุขภาพ และความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบสุทธิของการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของระบบนิเวศที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช และชีวมวล

การประเมินผลิตภาพของที่ดิน สามารถประเมินได้จากการผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของพืช (Net Primary Productivity : NPP) การผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ คือ ปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากการหายใจและสังเคราะห์แสงของพืช มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี เป็นความแตกต่างระหว่างพลังงานเคมีที่เป็นประโยชน์ที่ผลิตโดยพืชในระบบนิเวศและเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานที่ใช้สำหรับการหายใจของเซลล์ NPP ใช้ในการประเมินการทำงานของระบบนิเวศ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ เพื่อตรวจสอบสุขภาพของพืช การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในช่วงเวลา (Clark *et al.*, 2001) กล่าวอีกนัยหนึ่ง ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ คือ ส่วนของเนื้อเยื่อที่เกิดจากการสังเคราะห์แสง และมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืชในขณะใดขณะหนึ่งนั้น เรียกว่า มวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งนิยมนำออกมาในรูปของน้ำหนักแห้ง โดยปกติวิธีการวัดค่าผลผลิตขั้นปฐม

ภูมิ 2 วิธี ได้แก่ 1. วิธี Input method หรือ photosynthetic technique เป็นการวัดปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศกับเรือนยอดของหมู่ไม้ หรือเป็นการวัดปริมาณการสังเคราะห์แสงของหมู่ไม้เพื่อประมาณหาค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิทั้งหมด และ 2. วิธี Output method หรือวิธี Sumpstomation method หรืออาจเรียกว่า harvest method เป็นการวัดปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิโดยการวัดความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ (biomass increment) ปริมาณการหายใจของหมู่ไม้ ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชและปริมาณการกักเก็บของซากสัตว์ โดยแยกวัดปริมาณดังกล่าวแต่ละส่วนแล้วนำมารวมกัน ซึ่งหมายถึงการประมาณค่าการเพิ่มพูนของมวลชีวภาพ โดยการตัดและชั่งน้ำหนักภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม (Kira and Shidei, 1967)

วิธีการประเมินผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ทั้ง 2 วิธี ดังกล่าวเป็นวิธีการที่มีความยุ่งยาก มีค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานาน และประเมินได้พื้นที่จำกัด ไม่สามารถประเมินผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ โดยในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) มาใช้ในการวัดประเมิน ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถวัดประเมินครอบคลุมพืชพรรณได้หลายชนิด ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ และใช้เวลารวดเร็ว อย่างไรก็ตามการวัดประเมิน NPP จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่สามารถประเมินได้จากสหสัมพันธ์ระหว่างส่วนการดูดกลืนแสงที่ใช้งานในการสังเคราะห์แสงของพืช (FAPAR) กับความแข็งแรงในการเจริญเติบโตของพืชและชีวมวล โดยวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการประเมิน คือ การประเมินจากดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index – NDVI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของพืช และมวลชีวภาพ (Tucker 1979) เป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยนำช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (RED) ที่สะท้อนจากพื้นผิวมาคำนวณผลต่างของการสะท้อน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ ชุดข้อมูล MOD17A3 ของดาวเทียม Terra MODIS ประกอบด้วยข้อมูลการแผ่รังสี(Photosynthetically Active Radiation (FAPAR) และการผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของพืช (NPP) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นทุก 1 ปี (Temporal resolution) ความละเอียดขนาดพิกเซล 1 กิโลเมตร (Spatial resolution) โดยคัดเลือกพิกเซล "ดีที่สุด" จากข้อมูลทั้งหมดของเซ็นเซอร์ Terra สำหรับ FAPAR เป็นส่วนหนึ่งของรังสีที่ใช้งานอยู่ (400-700 นาโนเมตร) ที่ถูกดูดกลืนโดยพืชสีเขียว ตัวแปรทั้งสอง ใช้สำหรับคำนวณการสังเคราะห์แสงจากพื้นผิวดิน การคายระเหย และดัชนีพื้นที่ใบ ซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณพลังงานภาคพื้นดิน คาร์บอน กระบวนการหมุนเวียนน้ำ และชีวภาพของพืช (Myneni *et al.*, 2015)

สำหรับวัตถุประสงค์ของการรายงานตัวชี้วัด SDG 15.3.1 ไม่จำเป็นที่จะต้องคำนวณปริมาณการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในหน่วยชีวมวลของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) แต่เพียงเพื่อที่จะทราบว่ากำลังการผลิตเพิ่มขึ้น (บวก) ลดลง (ลบ) หรือมีเสถียรภาพสำหรับหน่วยที่ดินในเวลาใดเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ในดัชนีแบบไม่มีหน่วย เช่น NDVI ซึ่งเพียงพอที่จะกำหนดความเสื่อมโทรมของที่ดิน (Sims *et al.*,

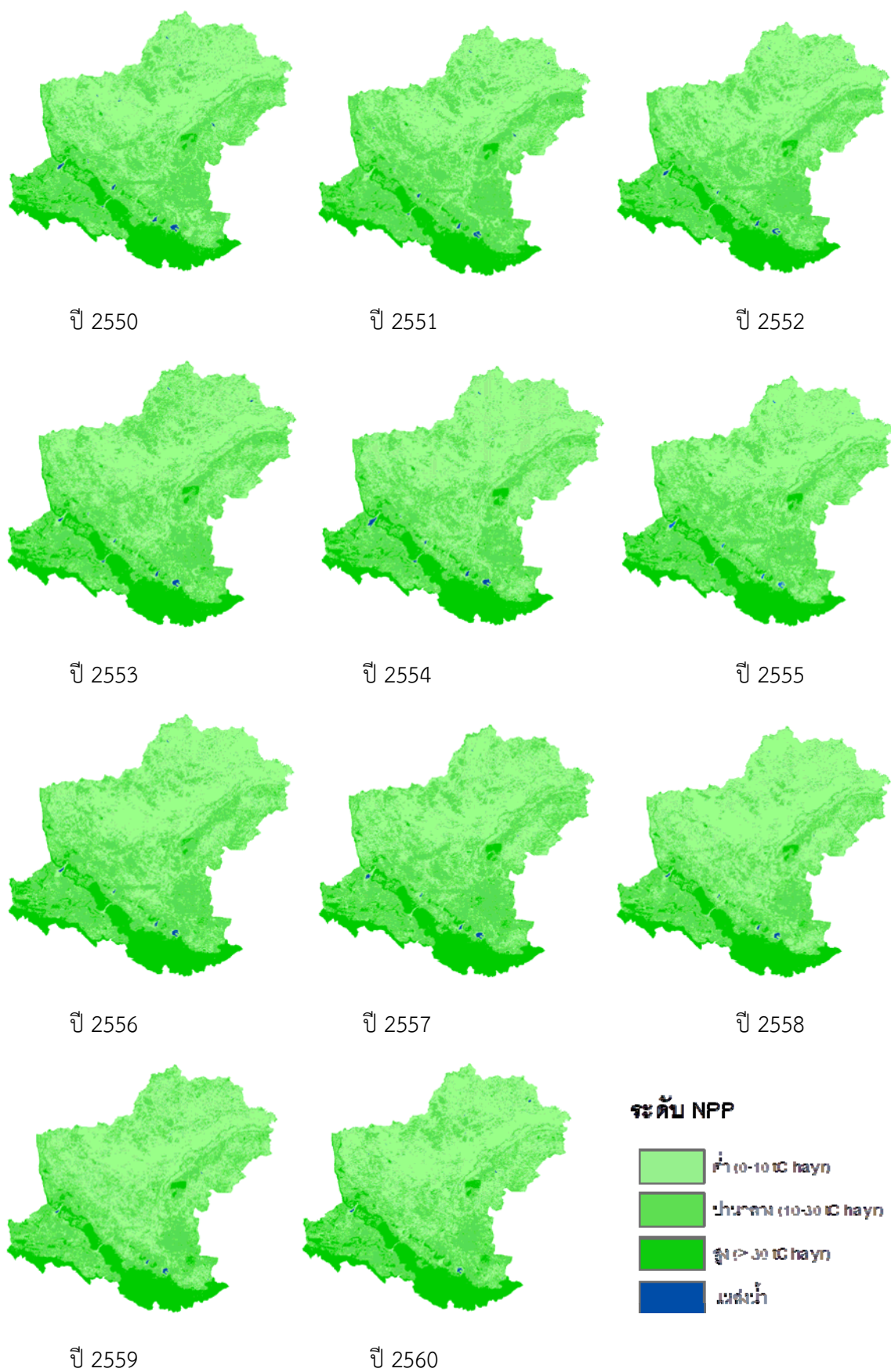
2017) ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ประเมินค่า NPP จากชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MOD17A3 ทำการแบ่งช่วงชั้น NPP ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 14 ช่วงชั้นระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP)

ช่วงชั้นค่า NPP (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี)	ระดับ NPP
0 -10	ต่ำ
10-30	ปานกลาง
มากกว่า 30	สูง

2.1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน หรือผลิตภาพของที่ดิน

จากการประเมินปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิโดยแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียม MOD17A3 รายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 17 และ 18) พบว่าบริเวณตอนล่างของจังหวัด นครราชสีมา และตอนกลางเล็กน้อย เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงกว่า 30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งปกคลุมด้วยพืชพรรณธรรมชาติ ไม้พุ่ม ทุ่งหญ้า และป่าไม้ โดยส่วนใหญ่เป็นป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าแดงหรือป่าเต็งรัง และสวนป่าผสม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560ข) พืชพรรณเหล่านี้จะให้การสะท้อนค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) สูง (Jianwen *et al.*, 2019) และมีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงอยู่ในช่วง 17 – 48 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี (วิเชียร และชิงชัย, 2550; วสันต์, 2553; สำเร็จ และคณะ, 2555) สำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิปานกลาง หรืออยู่ในช่วง 10 -30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี จะพบกระจายอยู่บริเวณตอนล่าง ไปจนถึงตอนกลางและทางด้านตะวันออกของจังหวัด ซึ่งบริเวณนี้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีการเพาะปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชไร่ เช่น ยางพารา ยูคาลิปตัส มะม่วง น้อยหน่า ไม้ผลผสม มันสำปะหลัง อ้อย และ เป็นต้น พืชพรรณเหล่านี้จะให้ค่าการสะท้อนค่าดัชนีพืชพรรณที่มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากลักษณะทางสรีรวิทยาของพืช (Chang *et al.*, 2016) ในส่วนของพื้นที่ที่มีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำ หรือน้อยกว่า 10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี พบกระจายอยู่บริเวณตอนกลาง และตอนบนของจังหวัด ซึ่งบริเวณดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาเพาะปลูกข้าว พืชไร่ผสม เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น โดยพืชเหล่านี้เป็นพืชอายุสั้น และให้ค่าการสะท้อนของดัชนีพืชพรรณต่ำ และมีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำ ซึ่งจากการศึกษาของ Jiang *et al.* (2015) ศึกษาผลจากการขยายตัวของเมืองที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมในปี 2000 ถึงปี 2005 มีปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิอยู่ในช่วง 3-4 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี

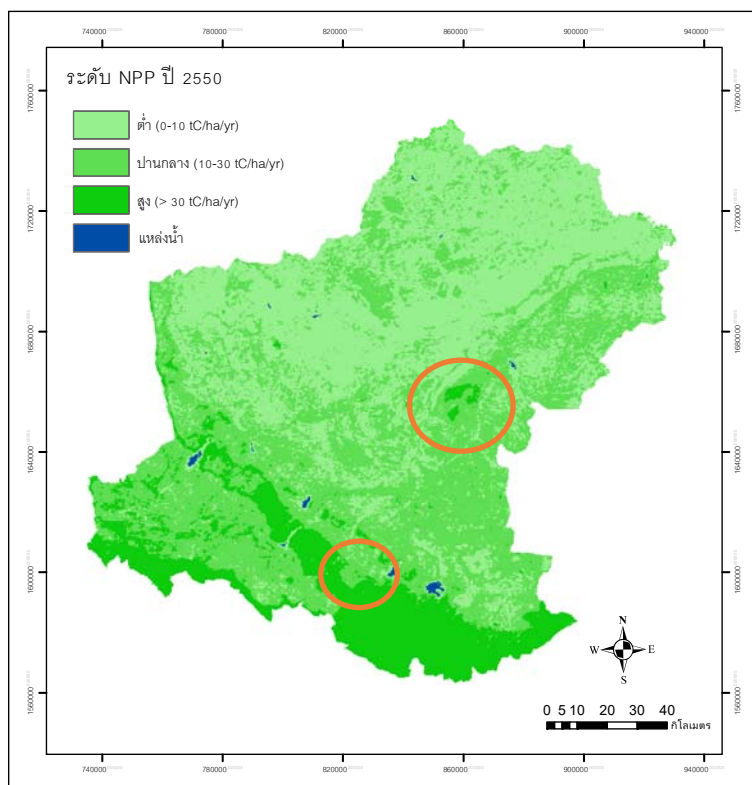


ภาพที่ 17 ระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) ในช่วงปี 2550 ถึง 2560 จังหวัดนครราชสีมา

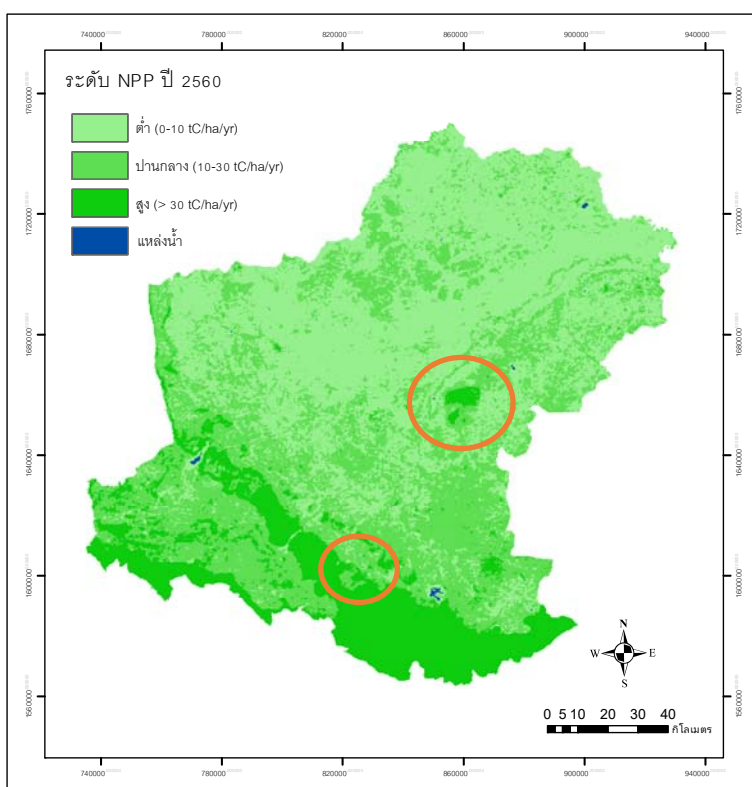
การเปลี่ยนแปลงผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งได้จากการประเมินค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (ภาพที่ 19) พบว่า ปี พ.ศ. 2550 พื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูง หรือมีค่า NPP มากกว่า 30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีเนื้อที่ 1,763,195 ไร่ หรือร้อยละ 13.77 ของเนื้อที่จังหวัด และมีพื้นที่เพิ่มขึ้นในปี 2551 2552 และ 2553 โดยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14.90 17.00 และ 16.69 ของเนื้อที่จังหวัด ตามลำดับ และลดลงในปี 2554 และ ปี 2559 เหลือร้อยละ 14.84 และ 14.69 ของเนื้อที่จังหวัด ตามลำดับ แต่ยังมีพื้นที่มากกว่าปี 2550 และ ในปี 2560 พื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูง หรือมีค่า NPP มากกว่า 30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นเป็น 2,483,907 ไร่ หรือร้อยละ 19.39 ของเนื้อที่จังหวัด สำหรับพื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำ หรือมีค่า NPP ต่ำกว่า 10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ในปี 2550 มีเนื้อที่ 9,651,793 ไร่ หรือร้อยละ 75.35 ของเนื้อที่จังหวัด และมีพื้นที่ลดลงในปี 2551 และปี 2552 ลดลงเหลือร้อยละ 67.93 และ 60.89 ของเนื้อที่จังหวัด จากนั้นปี 2553 พื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น จนถึงปี 2555 จึงมีพื้นที่ลดลง และในปี 2560 พื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำกว่า 10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีเนื้อที่ 7,121,701 ไร่ หรือร้อยละ 55.60 ของเนื้อที่จังหวัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2550 พื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำกว่า 10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีพื้นที่ลดลงจาก ปี 2550 ส่วนพื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงกว่า 30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี จะมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี 2550 เนื่องจากการปลูกสวนป่าบริเวณตอนกลางของจังหวัดมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 19) อย่างไรก็ตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิต่ำกว่า 10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี มีเนื้อที่มากกว่าพื้นที่ที่มีค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิสูงกว่า 30 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ในทุก ๆ ปี ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 15



ภาพที่ 18 เนื้อที่ระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560



(ก)



(ข)

ภาพที่ 19 เปรียบเทียบระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ ปี พ.ศ. 2550 (ก) และ ปี พ.ศ. 2560 (ข)

ตารางที่ 15 เนื้อที่ของระดับปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) ช่วงปี 2550-2560

ระดับปริมาณ NPP (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี)	ปี 2550		ปี 2551		ปี 2552		ปี 2553		ปี 2554		ปี 2555	
	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ
ต่ำ (0-10)	9,651,793	75.35	8,700,659	67.93	7,798,596	60.89	8,453,618	66.00	9,201,455	71.84	7,944,982	62.03
ปานกลาง (10-30)	1,364,930	10.66	2,177,817	17.00	2,812,019	21.95	2,188,622	17.09	1,685,425	13.16	2,646,762	20.66
สูง (>30)	1,763,195	13.77	1,908,605	14.90	2,177,742	17.00	2,137,263	16.69	1,900,539	14.84	2,197,063	17.15

ระดับปริมาณ NPP (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี)	ปี 2556		ปี 2557		ปี 2558		ปี 2559		ปี 2560	
	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่(ไร่)	ร้อยละ
ต่ำ (0-10)	8,849,934	69.09	8,164,448	63.74	8,649,863	67.53	9,054,244	70.69	7,121,701	55.60
ปานกลาง (10-30)	1,981,310	15.47	2,496,325	19.49	2,088,755	16.31	1,859,610	14.52	3,184,586	24.86
สูง (>30)	1,958,913	15.29	2,129,459	16.63	2,052,627	16.03	1,881,594	14.69	2,483,907	19.39

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

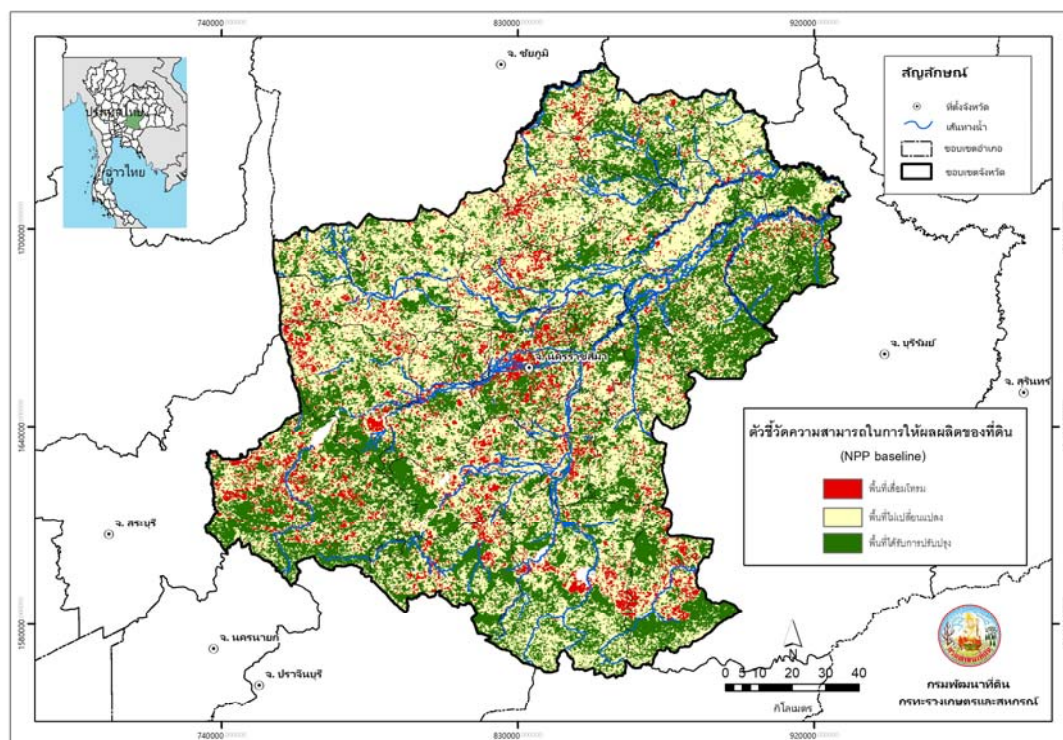
2.2 ตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน

จากแผนที่ระดับความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดินในรายปี นำผลมาวิเคราะห์ซ้อนทับข้อมูล 10 ปี เพื่อประเมินพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดินเชิงพื้นที่ โดยการวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของเกณฑ์การประเมิน LDN (Sims *et al.*, 2017) ในช่วงปี พ.ศ.2550 ถึง ปี พ.ศ.2560 พบว่า พื้นที่ที่มีการปรับปรุงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน มีเนื้อที่ 4,905,832 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 38.30 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่เกิดความเสื่อมโทรม มีเนื้อที่ 1,185,971 ไร่ หรือร้อยละ 9.26 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีเนื้อที่ 6,653,781 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 51.95 ของเนื้อที่จังหวัด ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ไม่มีข้อมูล หรือเป็นแหล่งน้ำ ดังตารางที่ 16 และภาพที่ 20

ตารางที่ 16 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา

การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP baseline)	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved productivity)	4,905,832	38.30
พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Stable productivity)	6,653,781	51.95
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded productivity)	1,185,971	9.26

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 20 ตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP baseline) จังหวัดนครราชสีมา

ช่วงปี 2550 ถึง ปี 2560

จากผลการประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมที่ได้จากการวิเคราะห์ประเมินผลผลิตภาพของที่ดิน จะพบว่าพื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่บริเวณตอนกลางของจังหวัด เมื่อนำไปเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมาในช่วงปี 2550 และปี 2560 พบว่าบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่อยู่

อาศัยสิ่งปลูกสร้าง นอกจากนี้ยังพบพื้นที่เสื่อมโทรมบริเวณตอนล่างของจังหวัด ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีการเปลี่ยนจากป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และทุ่งหญ้า ในช่วง 10 ปี ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jiang *et al.* (2015) ศึกษาผลจากการขยายตัวของเมืองที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเพิร์ล ประเทศจีน ในช่วงปี ค.ศ.2000 ถึง ปี ค.ศ.2010 โดยการใช้การแปลงผลจากค่า NDVI ร่วมกับ CASA โมเดล พบว่า การขยายตัวของเมืองแทนที่พื้นที่เกษตรกรรมเป็นสาเหตุหลักทำให้ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิลดลง 0.103 ตันคาร์บอน จากปี ค.ศ. 2000 ถึง 2005 และ 0.034 ตันคาร์บอน จากปี ค.ศ. 2005 ถึง ปี ค.ศ. 2010 และจากการศึกษาของ Quyet *et al.* (2019) ศึกษาการลดลงของผลผลิตภาพของที่ดินบริเวณลุ่มน้ำโขง โดยการใช้การแปลงผลค่า NDVI จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายมาตราส่วนและหลายช่วงเวลา ได้แก่ GIMMS NDVI and MODIS NDVI ในระหว่างปี ค.ศ.2000 ถึง ปี ค.ศ.2014 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีความเสื่อมโทรมมากที่สุด คิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำโขง

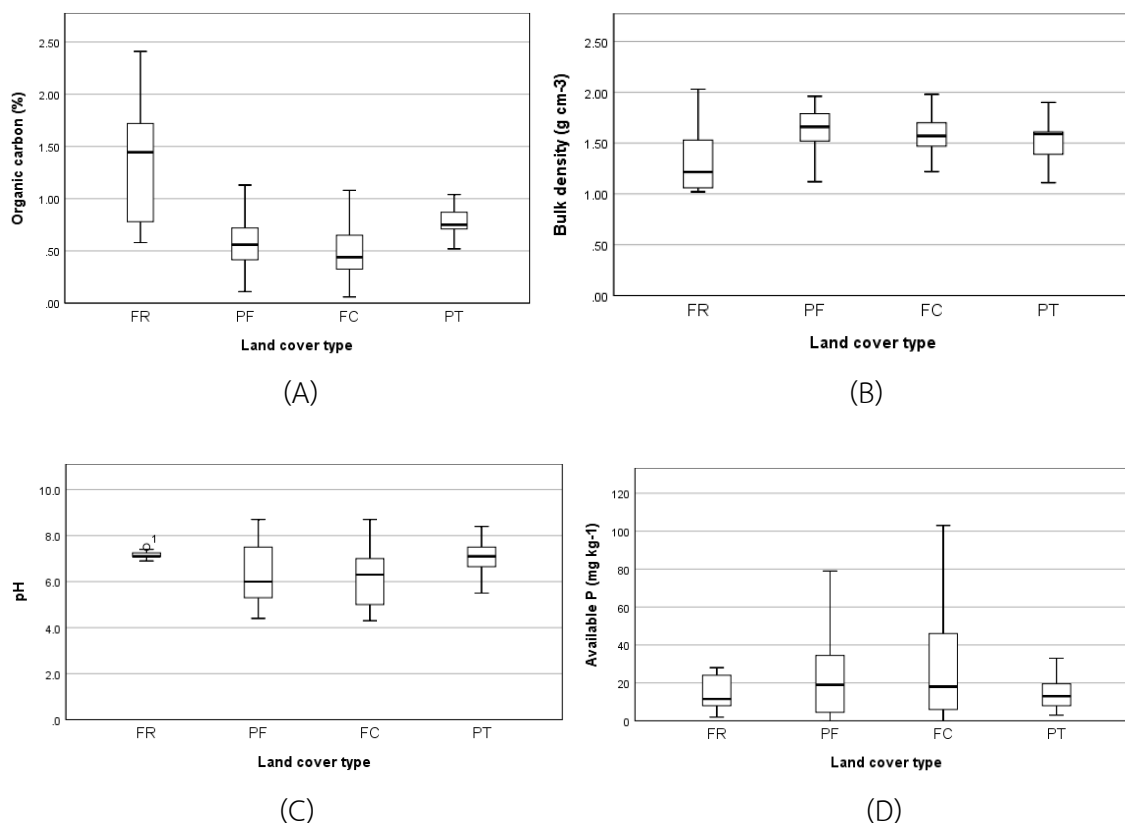
จากผลการประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมจากการเปลี่ยนแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน โดยใช้วิธีการแปลงผลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MOD17A3 ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานในแง่ของความแม่นยำ และความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากข้อมูล NPP ที่ได้จากการประเมินภาพถ่ายดังกล่าวเป็นข้อมูลปริมาณของ NPP ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร โดยเป็นค่าเฉลี่ยที่ความละเอียดของข้อมูล 1 ตารางกิโลเมตร การแปลงผลที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อน หากนำมาใช้ในระดับท้องถิ่นซึ่งมีความจำเพาะเฉพาะพื้นที่นั้น ๆ (Running *et al.*, 2004; Running and Zhao, 2015) เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นภูมิอากาศแบบป่าฝนเขตร้อนชื้น จะมีความหลากหลายของพืชพรรณ และมีความแปรปรวนของมวลชีวภาพสูง อีกทั้งมีความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในระหว่างกระบวนการคำนวณค่า NPP การตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์การคำนวณจึงมีความจำเป็น ซึ่งวิธีการตรวจสอบ NPP มีทั้งตรวจสอบโดยตรงจากการตรวจสอบกับข้อมูลในภาคสนาม และตรวจสอบโดยอ้อมโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นที่ใช้วิธีการหรือรูปแบบเดียวกัน (Chen *et al.*, 2014) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ขาดข้อมูลการตรวจวัดสำรวจ NPP ในภาคสนาม ซึ่งต้องใช้เวลาและงบประมาณสูง จึงใช้วิธีเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น และมีการตรวจวัดข้อมูล NPP จากภาคสนามแต่มีเฉพาะข้อมูลจากพืชพรรณป่าไม้บางชนิดเท่านั้น นอกจากนี้ภาพถ่ายดาวเทียมชุด MOD17A3 ให้การแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิเป็นรายปี ทำให้การแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน คลาดเคลื่อน เนื่องจากผลผลิตภาพของที่ดินมีลักษณะเป็นพลวัตร มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และมีความแตกต่างกันในแต่ละสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ เนื้อดิน และกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปริมาณผลผลิตภาพของที่ดินแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ (Fensholt *et al.*, 2013; Ma *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตามการใช้ชุดข้อมูลนี้สามารถช่วยลดความยุ่งยากของกระบวนการคำนวณปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิในหน่วยที่สามารถวัดได้ในสนาม (Yengoh *et al.*, 2015) ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดข้อมูล MOD17A2H NPP ที่คำนวณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในรูปแบบอนุกรมเวลา (Time series) เก็บข้อมูลทุก 8 วัน สามารถตรวจเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่พืชพรรณมีมวลชีวภาพสูงสุด และมีความละเอียดสูง ชุดข้อมูลดังกล่าวมีการปรับเทียบตัวชี้วัดและพารามิเตอร์ให้ตรงกับสภาพแวดล้อมทั่วโลก (Running and

Zhao, 2015) แต่ยังมีข้อจำกัดในการได้มาซึ่งข้อมูลซึ่งมีราคาสูง อย่างไรก็ตามในการศึกษาเพื่อระบุพื้นที่เสื่อมโทรมครั้งนี้ สามารถใช้ข้อมูลผลผลิตภาพของที่ดินที่ได้จากชุดข้อมูล MOD17A3 ซึ่งไม่เสียค่าใช้จ่าย ใช้เป็นตัวแทนของการประมาณการผลผลิตภาพของที่ดินในเชิงพื้นที่ ณ ช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งจะช่วยในการระบุ hotspot การเสื่อมสภาพของที่ดิน และนำไปสู่การวางแผนฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป จะต้องมีการเก็บตัวอย่างข้อมูลในภาคสนามเพื่อใช้ในการตรวจสอบให้ข้อมูลมีความแม่นยำ และมีความเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3. การพัฒนาตัวชี้วัดคาร์บอนในดิน

3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจำนวน 400 ตัวอย่าง ตามประเภทการใช้ที่ดิน ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ทำการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (% OM) ด้วยวิธี วิธี Walkley and Black wet oxidation เพื่อคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ด้วยสมการที่ 2 และค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density-g/cm³) เพื่อนำมาประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดิน ในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน โดยใช้การวิเคราะห์ one way - ANOVA ด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) และทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินกับกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน คือ พื้นที่พืชพรรณธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรม ด้วย paired two-tailed Student's-t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p=0.05$) โดยตั้งสมมติฐานว่า “ไม่มีความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน”



ภาพที่ 21 Box plots แสดงค่าความแปรปรวนของคุณสมบัติดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน

(A) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (B) ความหนาแน่นของดิน (C) pH ของดิน (D) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ภาพที่ 21 แสดงค่าความแปรปรวนของคุณสมบัติของดินในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon %) มีค่ามากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้ (Forest-FR) และพบค่าน้อยที่สุดในพื้นที่ปลูกพืชไร่ (Field crop-FC) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ในขณะที่ความหนาแน่นของดิน (Bulk density-gcm⁻³) ในพื้นที่ป่าพบว่ามีค่าน้อยที่สุด และสูงสุดในพื้นที่ทำนา (Paddy field-PF) รองลงมา คือ พื้นที่ปลูกพืชไร่ ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่เกษตรมีการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในการเพาะปลูกส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้น (Celik, 2005) สำหรับค่าความเป็นกรดของดิน (pH) มีค่าสูงสุดในพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ทุ่งหญ้า (Pasture-PT) และมีค่าต่ำสุดในพื้นที่ปลูกข้าว และพืชไร่ ในส่วนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus-mg kg⁻¹) มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน แต่ในพื้นที่ทำนาและปลูกพืชไร่ พบว่ามีค่าสูง ซึ่งอาจเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูก

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std.Deviation) ของคุณสมบัติดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน

Land cover type	Soil organic carbon (ton/rai)			Bulk density (g/cm ³)		
	<i>n</i>	Mean	Std. Deviation	<i>n</i>	Mean	Std. Deviation
Forest (FR)	22	17.43	7.91	22	1.2800	0.23831
Padyfield (PF)	51	8.67	2.81	51	1.6518	0.19917
Fieldcrop (FC)	98	7.21	3.37	98	1.5871	0.16720
Pature (PT)	23	10.78	1.94	23	1.5204	0.20899
Sig. of ANOVA	0.000			0.000		

Land cover type	pH H ₂ O (1:1)			Available P (mg/kg)		
	<i>n</i>	Mean	Std. Deviation	<i>n</i>	Mean	Std. Deviation
Forest (FR)	22	7.141	0.1403	22	14.00	9.045
Padyfield (PF)	51	6.286	1.2402	51	22.22	20.402
Fieldcrop (FC)	97	6.174	1.0957	98	28.91	28.803
Pature (PT)	23	7.096	0.6554	23	14.91	8.581
Sig. of ANOVA	0.000			0.009		

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน ความหนาแน่นของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

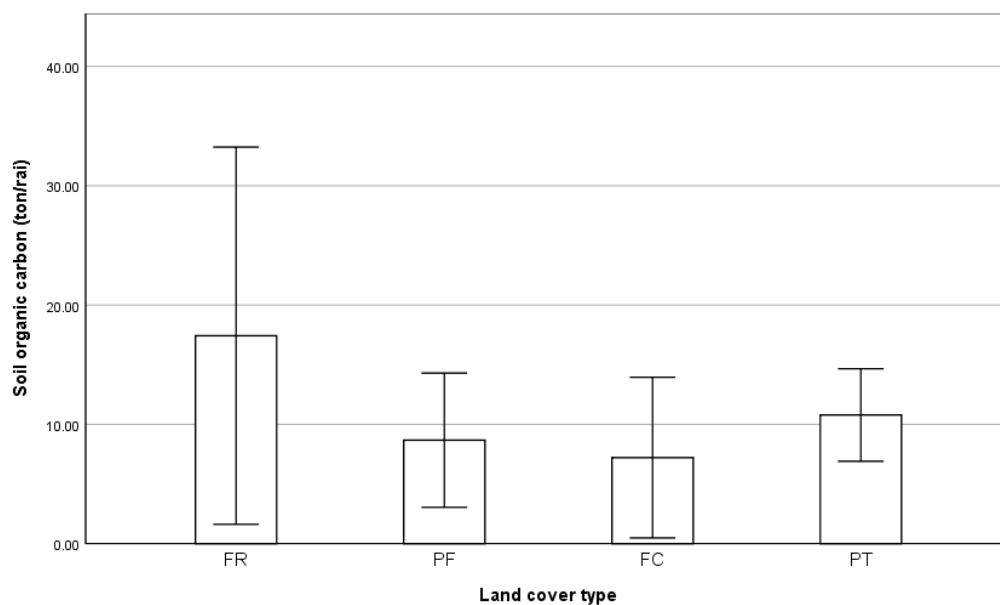
สำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดิน กับ กลุ่มการใช้ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่พืชพรรณธรรมชาติ (ป่าไม้ และทุ่งหญ้า) และ พื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าว พืชไร่) ดังตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของคุณสมบัติดิน ในกลุ่มการใช้ที่ดินแต่ละกลุ่มมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรประเภทต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 22 พื้นที่ป่าไม้มีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในดินสูงที่สุด เท่ากับ 17.43 ตันต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่นาข้าว และพื้นที่พืชไร่ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเฉลี่ย เท่ากับ 10.78 8.67 และ 7.21 ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงกว่าพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในระบบการปลูกพืช มีปริมาณต่ำกว่าเมื่อเทียบกับระบบการปลูกพืชตามธรรมชาติ สอดคล้องกับการศึกษาของ อำนาจ และณัฐพล (2548) ที่ศึกษาการกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร ในพื้นที่ป่าสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินที่ความลึก 0-50 เซนติเมตร เป็น 118, 66,60 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในป่าดิบธรรมชาติ(ป่าดิบแล้ง) ดินป่าปลูก(กระถินเทพาอายุ 16 ปี) และดินทำการเกษตร(ข้าวโพด) ตามลำดับ

ตารางที่ 18 A paired two-tailed Student's-t-test ของกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน

Land cover type	Soil organic carbon (ton/rai)			Bulk density (g/cm ³)		
	Mean	n	Std. Deviation	Mean	n	Std. Deviation
Natural vegetation	14.03	45	6.56	1.40	45	0.25
Agricultural	8.49	45	2.79	1.65	45	0.20
Sig.(2 tailed)	0.000			0.000		

Land cover type	pH H ₂ O (1:1)			Available P (mg/kg)		
	Mean	n	Std. Deviation	Mean	n	Std. Deviation
Natural vegetation	7.12	45	0.47	14.47	45	8.72
Agricultural	6.41	45	1.25	19.78	45	16.80
Sig.(2 tailed)	0.001			0.090		



ภาพที่ 22 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน (FR = พื้นที่ป่าไม้ PF = พื้นที่นาข้าว FC = พื้นที่ปลูกพืชไร่ PT = พื้นที่ทุ่งหญ้า)

จากการวิเคราะห์สมบัติดินในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินข้างต้น จะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพื้นที่ป่าไม้พบว่ามีปริมาณคาร์บอนสูงสุด สอดคล้องกับ Prachansri (2007) ที่ศึกษาปัจจัยของสมบัติดิน และ การใช้ที่ดินที่มีผลต่อการเกิดอุทกภัย ในพื้นที่ลุ่มน้ำขุน จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งวิเคราะห์ว่าในพื้นที่ป่าไม้จะมีปริมาณคาร์บอนสูงสุด ในขณะที่พื้นที่ทุ่งหญ้าจะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินต่ำสุด

3.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

นำข้อมูลสมบัติของดินที่ได้จากตัวอย่างดิน ปี 2560 จำนวน 400 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บตัวอย่างดินเป็นตัวแทนของกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน 6 ประเภท และวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ที่คำนวณได้จากห้องปฏิบัติการมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Skewness และค่า Kurtosis วิเคราะห์การกระจายของข้อมูลแบบปกติด้วยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่า Skewness ของข้อมูลสมบัติดินจากห้องปฏิบัติการมากกว่า 1 ควรทำการปรับค่าของข้อมูลด้วยวิธีการ log normal และหากมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 1 ควรทำการปรับค่าข้อมูลด้วยการวิธีการ square root (Goovaerts, 1999; Oliver and Webster, 2014) หลังจากปรับค่าของข้อมูลแล้ว แบ่งชุดข้อมูลตัวอย่างดิน ปี 2550 และ ปี 2560 ออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกสำหรับการสร้างแผนที่การกระจายตัวของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เพื่อทำนายค่าที่ได้มีการตรวจวัดในพื้นที่ ด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) ส่วนชุดที่ 2 สำหรับการสอบเทียบข้อมูล (Validation) ทำการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ (Geostatistics) ด้วยวิธีเซมิวาริโอแกรม ซึ่งเป็นการคำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน ส่วนประกอบของสมการเซมิวาริโอแกรม ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ Nugget Sill และ Range ดังสมการที่ 8 และเปรียบเทียบสมการ เซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแผนที่การกระจายตัวของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินด้วยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error :RMSE)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (8)$$

เมื่อ $N(h)$ = จำนวนของคู่ข้อมูลตามระยะทาง (h) ที่กำหนดให้
 Z = ค่าที่ตรวจวัดของสมบัติดิน
 x_i = ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน

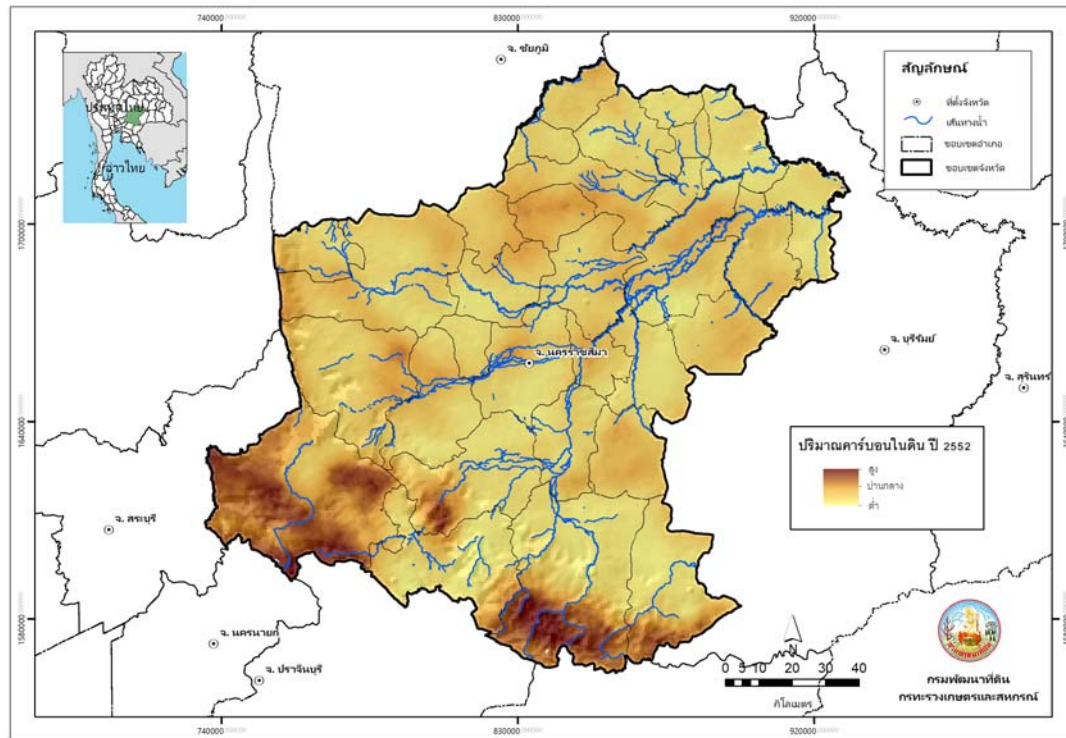
นำรูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการสร้างแผนที่การกระจายของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ด้วยสมการ Kriging (สมการที่ 9) ซึ่งเป็นทฤษฎีการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Krige, 1951) และเป็นวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่เชิงเส้น (Linear spatial interpolation) ที่มีความเที่ยงตรง สำหรับข้อมูลเชิงปริมาณที่กระจายตัวเชิงพื้นที่ (Cressie, 1990; Robinson and Metternicht, 2006)

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (9)$$

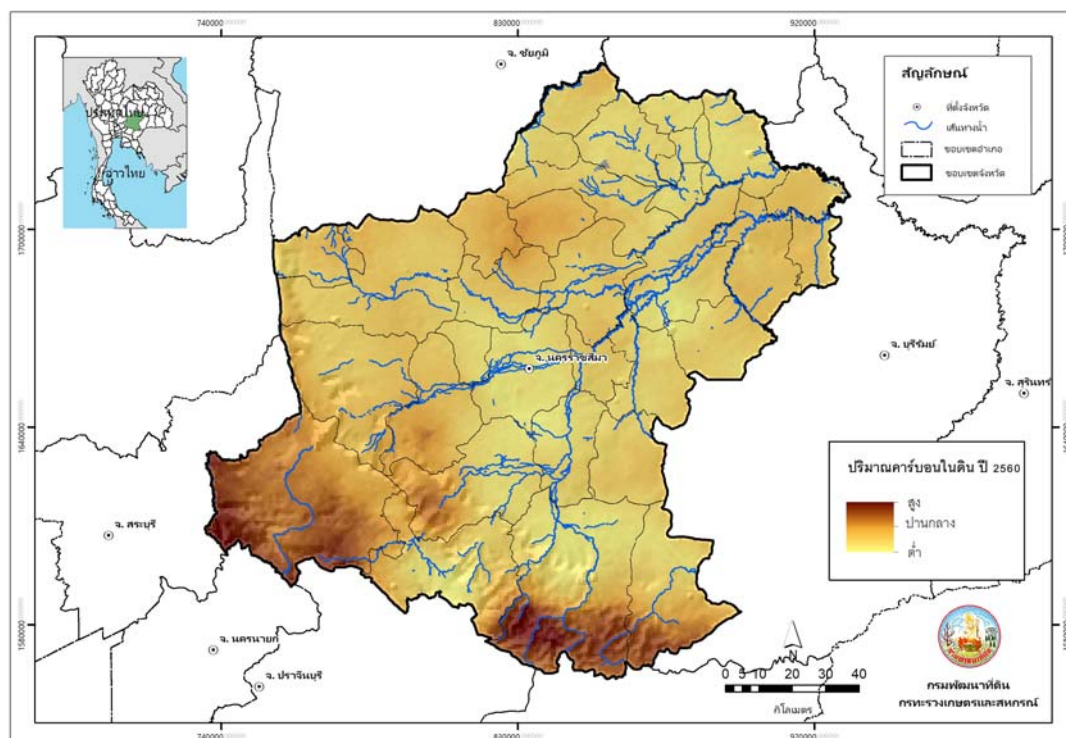
โดย Z_{x_0} = ค่าทำนายที่ตำแหน่ง x
 $Z(x_i)$ = ค่าที่ตรวจวัดที่ตำแหน่ง x
 n = จำนวนของตำแหน่งตรวจวัดโดยรอบที่ใช้เพื่อการประมาณค่าตำแหน่ง x

เมื่อสร้างแผนที่การกระจายของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินแล้ว ทำการศึกษาเปรียบเทียบแผนที่การกระจายของสมบัติดินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่ได้กับข้อมูลที่เก็บสำรวจภาคสนาม เพื่อตรวจสอบระดับความถูกต้องของแผนที่การกระจายของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่ศึกษา (Shi *et al.*, 2007) ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error :RMSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error: ME) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเป็นดัชนีวัดความถูกต้องของแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งควรมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เป็นดัชนีวัดความถูกต้องของแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (Johnston *et al.*, 2001)

จากนั้นทำการแบ่งแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ทั้ง 2 ปี ออกเป็น 5 ระดับ คือ 0.01-10.00 ตัน/ไร่ 10.01-20.00 ตัน/ไร่ 20.01-30.00 ตัน/ไร่ 31.00-40.00 ตัน/ไร่ และ 40.01-50.00 ตัน/ไร่ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า ในปี 2552 (ภาพที่ 23) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มีค่าน้อยกว่า 10 ตันต่อไร่ มีพื้นที่มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ 8,868,901 ไร่ หรือร้อยละ 69.24 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่าง 10.01 – 20.00 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่ 24.09 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่าง 20.01-30.00 และ 30.01-40.00 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่ 1,000,151 ไร่ และ 28,588 ไร่ ตามลำดับ สำหรับในปี 2560 (ภาพที่ 24) พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มีค่าน้อยกว่า 10 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่ 9,747,597 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 76.10 ของเนื้อที่จังหวัด ปริมาณคาร์บอนที่มีค่าอยู่ระหว่าง 10.01-20.00 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่ 2,386,191 ไร่ หรือร้อยละ 18.63 และพื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าระหว่าง 20.01-30.00 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่เพียง 674,941 ไร่ หรือร้อยละ 5.027 ของเนื้อที่จังหวัด ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 19



ภาพที่ 23 ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 24 ระดับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2560 จังหวัดนครราชสีมา

จากการวิเคราะห์แผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 ซึ่งสร้างจากตัวอย่างดินจำนวน 2596 ตัวอย่าง และ ปี 2560 จากตัวอย่างดินจำนวน 400 ตัวอย่างตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน ด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ พบว่า แผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 2.72 ในขณะที่แผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2560 มีค่า RMSE เท่ากับ 3.15 ซึ่งแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 มีความคลาดเคลื่อน น้อยกว่า ปี 2560 เนื่องจากตัวอย่างดินในปี 2552 มีจำนวนมาก และกระจายครอบคลุมพื้นที่มากกว่า ซึ่งทำให้การประมาณค่าคาร์บอนในดินในตำแหน่งที่ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลมีค่าใกล้เคียง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างดินในปี 2552 ไม่ได้มีการควบคุมวิธีการเก็บตัวอย่าง ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งไม่ได้มีการเก็บตัวอย่างดินตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน และไม่ครอบคลุมการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีผลทำให้การประมาณค่าเชิงพื้นที่อาจมีความคลาดเคลื่อนเช่นกัน (FAO, 2017a) สำหรับการเก็บตัวอย่างดิน ในปี 2560 มีการเก็บตัวอย่างดินแบ่งตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน และครอบคลุมทุกประเภทการใช้ที่ดิน ทำให้ลดค่าความคลาดเคลื่อนของแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินลงได้ส่วนหนึ่ง (Grimm and Behrens, 2010) หากต้องทำการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างต่อเนื่อง ควรใช้มาตรฐานการเก็บตัวอย่างดิน และวิธีวิเคราะห์ดินให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

อย่างไรก็ตามแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินทั้ง 2 ปี พบว่าบริเวณตอนล่างของจังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูง ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพืชพรรณปกคลุมสูง มีการรบกวนดินน้อย มีการชะล้างพังทลายของดินน้อย ทำให้มีการสะสมคาร์บอนในดินสูง (Lal, 2003; Jill *et al.*, 2013; Rajan *et al.*, 2010)

3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินระหว่างปี 2552 และปี 2560 พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มีค่าน้อยกว่า 10 ตันต่อไร่ มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก ปี 2552 มีเนื้อที่ 8,868,901 ไร่ เป็น 9,747,597 ไร่ ในปี 2560 โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.91 ในขณะที่พื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนมีค่าระหว่าง 10.01-20.00 และ 20.01-30.00 ตันต่อไร่ มีพื้นที่ลดลงจากปี 2550 ร้อยละ 18.03 และ 32.52 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มีค่าอยู่ระหว่าง 30.01-40.00 ตันต่อไร่ พบว่า ไม่มีพื้นที่ที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ในช่วงนี้ในปี 2560 ดังตารางที่ 19 ซึ่งอธิบายได้ว่าในปี 2560 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีปริมาณลดลงในทุก ๆ ประเภทการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนในดินลดลงด้วย Swift (2001)

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 และ ปี 2560

ปริมาณคาร์บอนในดิน (ตัน/ไร่)	ปี 2552		ปี 2560		การเปลี่ยนแปลง	
	เนื้อที่	ร้อยละ	เนื้อที่	ร้อยละ	เนื้อที่	ร้อยละ
น้อยกว่า 10	8,868,901	2.31	9,747,597	76.10	878,697	9.91
10.01-20.00	2,911,088	24.09	2,386,191	18.63	- 524,897	-18.03
20.01-30.00	1,000,151	23.76	674,941	5.27	- 325,210	-32.52
30.01-40.00	28,588	17.13	-	-	- 28,588	-100.00
40.01-50.00	-	-	-	-	-	0.00

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

เมื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน (ตารางที่ 20) พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปทุ่งหญ้า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีปริมาณลดลง ร้อยละ 0.43 และหากเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตร ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินจะลดลงถึงร้อยละ 10.66 ในทางกลับกัน เมื่อพื้นที่เกษตรเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9.04 และเปลี่ยนไปเป็นทุ่งหญ้า ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.15 นอกจากนี้ปริมาณคาร์บอนยังลดลงในพื้นที่เกษตรด้วยเช่นกัน คือ ลดลงร้อยละ 0.03 สอดคล้องกับการศึกษาของ Bruce *et al.* (1999) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากระบบทุ่งหญ้าและดินป่าไม้สู่ระบบการทำการเกษตร ส่งผลให้มีการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนประมาณร้อยละ 20 - 50 เมื่อเทียบกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเริ่มต้น นอกจากนี้ World Bank (2012) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะการตัดไม้ ทำลายป่า และกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ การร่อนดิน การไถพรวน การเผาเศษซากพืช การใช้ปุ๋ยมากเกินไป การเคลื่อนย้ายเศษซากพืชออกจากพื้นที่ และการระบายน้ำออกจากพื้นที่ดินอินทรีย์ส่งผลให้มีการสูญเสียปริมาณอินทรีย์คาร์บอนไปจากระบบประมาณ 0.7 - 2.1 จิกะตันต่อปี และ Lal (2003) ชี้ว่า การร่อนดินเป็นสาเหตุหลักของกระบวนการของความเสื่อมโทรมของที่ดิน ซึ่งพิจารณาจากการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากระบบดิน โดยกระบวนการร่อนดินส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโดยเฉพาะบริเวณผิวดินลดลงอย่างมาก

ตารางที่ 20 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ป่าไม้	ทุ่งหญ้า	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุ่มน้ำ/แหล่งน้ำ	พื้นที่สิ่งปลูกสร้างชุมชน	พื้นที่อื่นๆ
พื้นที่ป่าไม้	0.00%	-0.43%	-10.66%			
ทุ่งหญ้า	0.11%	0.00%	-7.47%		-46.36%	
พื้นที่เกษตร	9.04%	12.15%	-0.03%		-21.84%	
พื้นที่ชุ่มน้ำ/แหล่งน้ำ				0.00%		
พื้นที่สิ่งปลูกสร้างชุมชน					-4.32%	
พื้นที่อื่นๆ						

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ

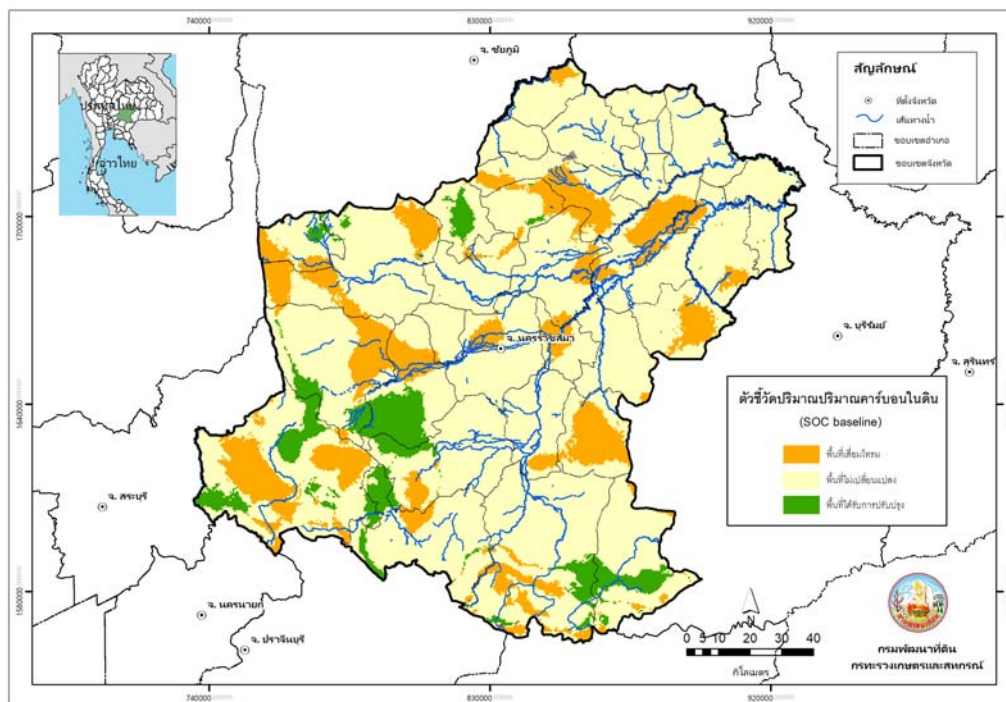
3.4 ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline)

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในแต่ละช่วงค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน จากปี 2552 และปี 2560 เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสื่อมโทรม โดยใช้หลักการ One-out, All-out ของเกณฑ์การประเมิน LDN (Sims *et al.*, 2017) พบว่าพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง หรือมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น มีเนื้อที่เพียง 788,898 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.16 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่เกิดความเสื่อมโทรม หรือมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ลดลง มีเนื้อที่ 2,130,149 ไร่ หรือร้อยละ 16.63 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน มีเนื้อที่ 9,889,681 ไร่ หรือร้อยละ 77.21 ของเนื้อที่จังหวัด ดังตารางที่ 21 และภาพที่ 25

ตารางที่ 21 ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline)	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved soil organic carbon)	788,898	6.16
พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Stable soil organic carbon)	9,889,681	77.21
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded soil organic carbon)	2,130,149	16.63

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 25 ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline) ช่วงปี 2552-2560 จังหวัดนครราชสีมา

การประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ที่ได้จากการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของทั้ง 2 ปี พบว่าพื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และทุ่งหญ้า ความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เกษตรกรรมเอง เช่น เปลี่ยนจากไม้ผลไม่ยืนต้นไปเป็นพืชไร่ หรือเปลี่ยนจากพืชไร่ ไปเป็นพื้นที่นา (ที่ดอน) และเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง สอดคล้องกับการศึกษาของ Gnanavelrajah *et al.* (2008) ศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการจัดการดินในพื้นที่เกษตรกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยศึกษาในระดับลุ่มน้ำ สร้างแผนที่กักเก็บคาร์บอนจากการเก็บตัวอย่างดิน และข้อมูลหัตถยภูมิ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในช่วง 10 ปี พบว่า ปริมาณคาร์บอนในแต่ละชนิดของพื้นที่เกษตรมีความแตกต่างกัน โดยที่พื้นที่นาข้าวมีปริมาณต่ำสุด ในขณะที่พื้นที่ปลูกยางพารา จะมีปริมาณคาร์บอนในดินสูงสุด และ Wu *et al.* (2003) ได้กล่าวว่าการลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ทำให้ดินเสื่อมสภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดิน มีผลกระทบอย่างมากต่อระดับของคาร์บอนในดิน

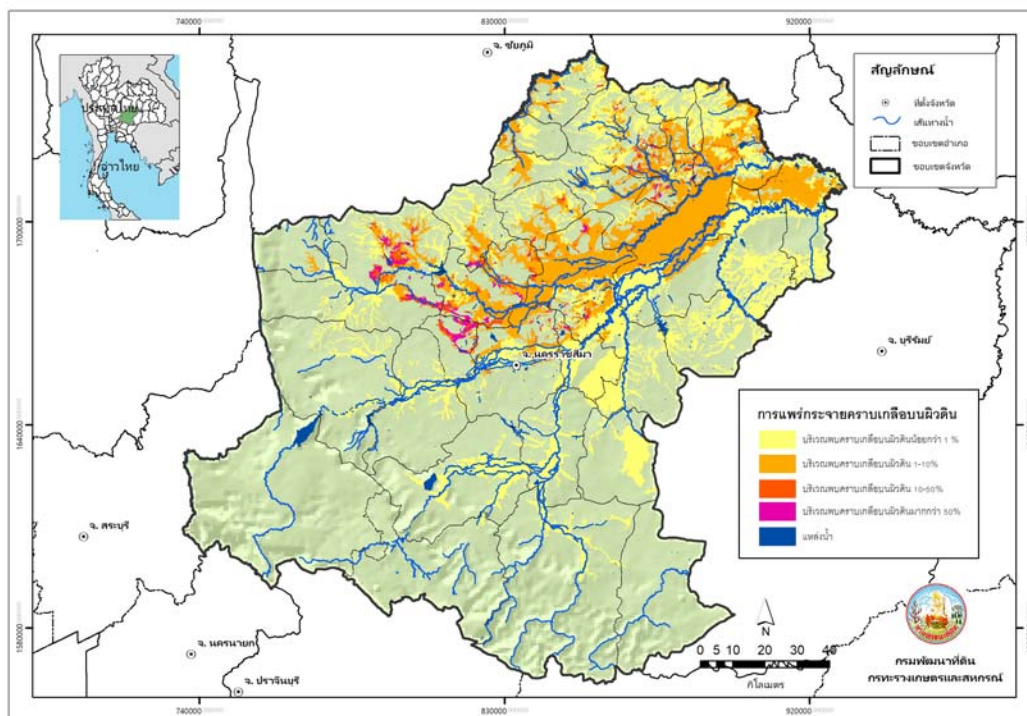
อย่างไรก็ตามแผนที่ตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ภาพที่ 25) ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ทั้ง 2 ปี มีความแตกต่างกันมากในเชิงพื้นที่ ซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอน (Uncertainty) หลายประการ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างดิน ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างดิน การสุ่มเก็บตัวอย่างดิน และจำนวนตัวอย่างดิน ของทั้ง 2 ปี มีความแตกต่างกัน ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในตอนการวิเคราะห์ประมาณค่าเชิงพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการดิน (FAO, 2017a) และลักษณะเนื้อดิน (อรณพ, 2559) ดังนั้นเพื่อให้การประเมิน

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความถูกต้อง แม่นยำ มากขึ้น ควรเก็บตัวอย่างดินตามประเภทเนื้อดิน ความลึกของดิน และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Muñoz-Rojas *et al.*, 2015; Budiman *et al.*, 2012) และกำหนดมาตรฐานการตรวจวัดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันในการเก็บข้อมูลในแต่ละปี นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เช่น ความลาดชันของพื้นที่ การชะล้างพังทลายของดิน และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น (FAO, 2017b) ซึ่งหากทำการศึกษาอย่างละเอียด ต้องนำปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ มาใช้ในการประเมินด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเพียงการชี้เป้าพื้นที่เสื่อมโทรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนที่ลดลง ซึ่งจะนำผลไปใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับตัวชี้วัดอื่น ๆ อีกต่อไป

4. การพัฒนาตัวชี้วัดเฉพาะพื้นที่

ดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญของการเกษตรกรรม ทำให้คุณภาพและผลผลิตพืชที่ปลูกลดลง ในพื้นที่ดินเค็มมากเกษตรกรไม่สามารถใช้ประโยชน์พื้นที่ทำการเกษตรได้ เกิดผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครราชสีมา เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ดินเค็มมากที่สุด และรุนแรงที่สุดในประเทศไทย

จากข้อมูลการสำรวจและทำแผนที่พื้นที่การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี 2550 (สมศักดิ์, 2550) พบว่าจังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ที่พบคราบเกลือบนผิวดินมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มจัด มีเนื้อที่ 69,674 ไร่ หรือร้อยละ 0.54 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่พบคราบเกลือบนผิวดิน ดินเค็มปานกลาง 10-50 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อที่ 115,872 ไร่ หรือร้อยละ 0.90 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่พบคราบเกลือบนผิวดิน 1-10 เปอร์เซ็นต์ ดินเค็มน้อย มีเนื้อที่ 1,473,636 ไร่ หรือร้อยละ 11.50 ของเนื้อที่จังหวัด นอกจากนี้ยังพบว่ามีพื้นที่ที่พบคราบเกลือบนผิวดินน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำใต้ดินเค็ม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ศักยภาพในการแพร่กระจายดินเค็ม 1,346,808 ไร่ หรือร้อยละ 10.51 ของเนื้อที่จังหวัด (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 การแพร่กระจายคราบเกลือบนผิวดิน ปี 2550 จังหวัดนครราชสีมา

ที่มา: สมศักดิ์ (2550)

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าความเค็มในดินในพื้นที่ดินเค็ม

การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มในดินในพื้นที่ดินเค็ม จะใช้ข้อมูลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการดำเนินโครงการการจัดการดินเค็มในพื้นที่ดินเค็ม ในเขตอำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2560 (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3, 2560) ร่วมกับข้อมูลคุณสมบัติของดินจากแผนที่ชุดดินมาตรฐาน 1: 25,000 เพื่อจัดทำแผนที่ดินเค็มในปี 2560 เปรียบเทียบกับแผนที่ดินเค็มในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการดำเนินงานในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด พบว่าภายหลังที่มีการจัดการดินเค็มในพื้นที่ลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ การปรับปรุงแปลงนาลักษณะที่ 1 การไถกลบตอซัง และการไถกลบพืชปุ๋ยสดก่อนการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ช่วยทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ปี สอดคล้องเช่นเดียวกับรายงานของ Ponnampetuma (1984) คือ การไถกลบตอซังข้าวลงไปในพื้นที่ดินที่มีระบบการปลูกข้าวแบบนาข้าว จะช่วยเพิ่มปริมาณของคาร์บอน ไนโตรเจน และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซิลิโคนในดิน

ผลการวิเคราะห์ดิน ปี 2557 แสดงในตารางที่ 22 ปี 2558 แสดงในตารางที่ 23 และปี 2559 แสดงในตารางที่ 24 ตามลำดับ

จากการจัดทำแผนที่พื้นที่ดินเค็มในปี 2560 (ภาพที่ 27) ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่เฉพาะในพื้นที่โครงการดินเค็ม ซ้อนทับกับข้อมูลแผนที่ชุดดิน พบว่า จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ดินเค็มจัด จำนวน 68,088 ไร่ หรือร้อยละ 4.14 ของพื้นที่ดินเค็มทั้งหมด ซึ่งมีพื้นที่ลดลงจากเดิมในปี 2550 จากจำนวน 71,099 ไร่ ลดลงร้อยละ 4.23 ของเนื้อที่ดินเค็มจัดในปี 2550 สำหรับพื้นที่ดินเค็มปานกลางพบว่าพื้นที่เพิ่มขึ้นจาก 116,659 ไร่ ในปี 2550 เพิ่มขึ้นเป็น 562,404 ไร่ ในปี 2560 คิดเป็นร้อยละ 482 ของเนื้อที่ดินเค็มปานกลาง สำหรับในปี 2550 พื้นที่ดินเค็มน้อยมีสัดส่วนลดลงจากปี 2550 โดยพื้นที่ลดลงจากเดิม จำนวน 1,478,639 ไร่ ในปี 2550 ลดลงเป็น 899,430 ไร่ ในปี 2560 โดยลดลงจากเดิมร้อยละ 39.17 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 25

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดิน ปี 2550 เทียบกับปี 2560 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในพื้นที่ดินเค็มเอง ทั้งนี้มีผลมาจากการสำรวจและจัดทำแผนที่ชุดดินในปี 2558 มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ทำให้พบชุดดินที่มีสมบัติเป็นดินเค็มมากขึ้น แต่ในบางพื้นที่ที่มีการจัดพื้นที่ดินเค็มที่ได้รับการจัดการแก้ไขปัญหามาจากโครงการการจัดการดินเค็มแบบบูรณาการตั้งแต่ปี 2557 จะพบว่าพื้นที่ดินเค็มจัด และพื้นที่ดินเค็มน้อยมีพื้นที่ลดลง เนื่องจากการจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็มจะเน้นในพื้นที่ที่เกษตรกรมีการทำการเกษตรอยู่แล้ว โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินเค็มน้อย มีการปลูกข้าวเป็นหลัก เน้นวิธีการแก้ไขปัญหาด้านการจัดการดิน ด้วยการปลูกพืชปุ๋ยสด และไถกลบ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักจากเกล็ดและปุ๋ยคอก เพื่อปรับปรุงบำรุงดิน และเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน จากการจัดการพื้นที่ดินเค็ม มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์วัตถุในพื้นที่โครงการ โดยยังไม่เห็นผลในปีแรก และปีที่ 2 แต่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในปีที่ 3 สอดคล้องกับ อรรถนพ, (2559) ที่ศึกษาสถานภาพของดินเค็ม และการปลดปล่อยไนโตรเจน และการสะสมของคาร์บอนในดินที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และขอนแก่น ผลการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนหลังใส่วัสดุอินทรีย์ พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นในช่วง 2 สัปดาห์แรก แต่ลดลงในสัปดาห์ที่ 4 และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สำหรับบริเวณดินเค็มจัดจะเน้นวิธีการแก้ไขปัญหาด้านการจัดการดิน ด้วยการปลูกไม้ยืนต้นรอบคันนา เช่น ยูคาลิปตัส และกระถินออสเตรเลีย ซึ่งผลจากการแก้ไขปัญหาดินเค็มช่วยลดปริมาณความเค็มของดินลง เห็นได้จากค่าวิเคราะห์ดิน ค่า EC มีค่าลดลงภายหลังดำเนินการ แต่ยังลดลงในปริมาณที่ยังคงมีผลต่อพืชอยู่ และมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อย ๆ หากมีการดำเนินการแก้ไขปัญหาดินเค็มอย่างต่อเนื่อง (ปราโมทย์, 2548)

ตารางที่ 22 สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลังดำเนินงาน ปี 2557

สมบัติทางเคมี ของดิน	ค่าเฉลี่ย ก่อนดำเนินการ	ค่าเฉลี่ย หลังดำเนินการ	แนวโน้ม	เกณฑ์หรือ ระดับก่อนๆ	เกณฑ์หรือ ระดับหลังๆ
ดินเค็มน้อย					
OM	0.39	0.29	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	20	24	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สูง	สูง
K	29	42	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ต่ำ
pH	6.82	7.12	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	3.31	2.52	ลดลงเล็กน้อย	เค็มน้อย	เค็มน้อย
ดินเค็มปานกลาง					
OM	0.30	0.26	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	58	60	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สูงมาก	สูงมาก
K	30	62	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	ปานกลาง
pH	6.98	7.35	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	5.21	3.56	ลดลง	เค็มปานกลาง	เค็มน้อย
ดินเค็มจัด					
OM	0.41	0.36	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	7	22	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	สูง
K	23	36	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ต่ำ
pH	6.86	6.83	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	12.47	11.24	ลดลงเล็กน้อย	เค็มมาก	เค็มมาก

หมายเหตุ: OM มีหน่วยเป็น %

P มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

K มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

EC มีหน่วยเป็น dS/m

ที่มา: สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน (2560)

ตารางที่ 23 สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลังดำเนินการ
ปี 2558

สมบัติทางเคมี ของดิน	ค่าเฉลี่ย ก่อน ดำเนินการ	ค่าเฉลี่ย หลังดำเนินการ	แนวโน้ม	เกณฑ์หรือ ระดับก่อนๆ	เกณฑ์หรือ ระดับหลังๆ
ดินเค็มน้อย					
OM	0.42	0.41	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	20	26	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สูง	สูง
K	24	56	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ต่ำ
pH	6.58	7.35	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	3.62	2.92	ลดลงเล็กน้อย	เค็มน้อย	เค็มน้อย
ดินเค็มปานกลาง					
OM	0.40	0.36	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	42	44	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สูง	สูง
K	33	61	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	ปานกลาง
pH	6.63	7.28	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	6.24	3.96	ลดลง	เค็มปานกลาง	เค็มน้อย
ดินเค็มจัด					
OM	0.37	0.26	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	10	19	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	ปานกลาง
K	19	35	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ต่ำ
pH	6.76	6.86	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	15.75	12.34	ลดลงเล็กน้อย	เค็มมาก	เค็มมาก

หมายเหตุ: OM มีหน่วยเป็น %

P มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

K มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

EC มีหน่วยเป็น dS/m

ที่มา: สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน (2560)

ตารางที่ 24 สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ก่อนและหลังดำเนินการ ปี 2559

สมบัติทางเคมี ของดิน	ค่าเฉลี่ย ก่อนดำเนินการ	ค่าเฉลี่ย หลังดำเนินการ	แนวโน้ม	เกณฑ์หรือ ระดับก่อนๆ	เกณฑ์หรือ ระดับหลังๆ
ดินเค็มน้อย					
OM	0.47	1.01	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ค่อนข้างต่ำ
P	15	24	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ปานกลาง	ปานกลาง
K	18	26	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ต่ำ	ต่ำ
pH	4.77	5.52	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กรดจัด	กรดจัด
EC	2.84	2.65	ลดลงเล็กน้อย	เค็มน้อย	เค็มน้อย
ดินเค็มปานกลาง					
OM	0.65	0.90	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ต่ำ	ต่ำ
P	10	19	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	ปานกลาง
K	13	20	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ต่ำ
pH	5.33	6.00	เพิ่มขึ้น	กรดจัด	กรดเล็กน้อย
EC	5.82	4.04	ลดลงเล็กน้อย	เค็มปานกลาง	เค็มปานกลาง
ดินเค็มจัด					
OM	0.46	0.34	ลดลงเล็กน้อย	ต่ำมาก	ต่ำมาก
P	9	24	เพิ่มขึ้น	ต่ำมาก	ปานกลาง
K	19	34	เพิ่มขึ้น	ต่ำ	ปานกลาง
pH	6.56	6.68	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	กลาง	กลาง
EC	14.22	12.44	ลดลงเล็กน้อย	เค็มมาก	เค็มมาก

หมายเหตุ: OM มีหน่วยเป็น %

P มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

K มีหน่วยเป็น mg kg^{-1}

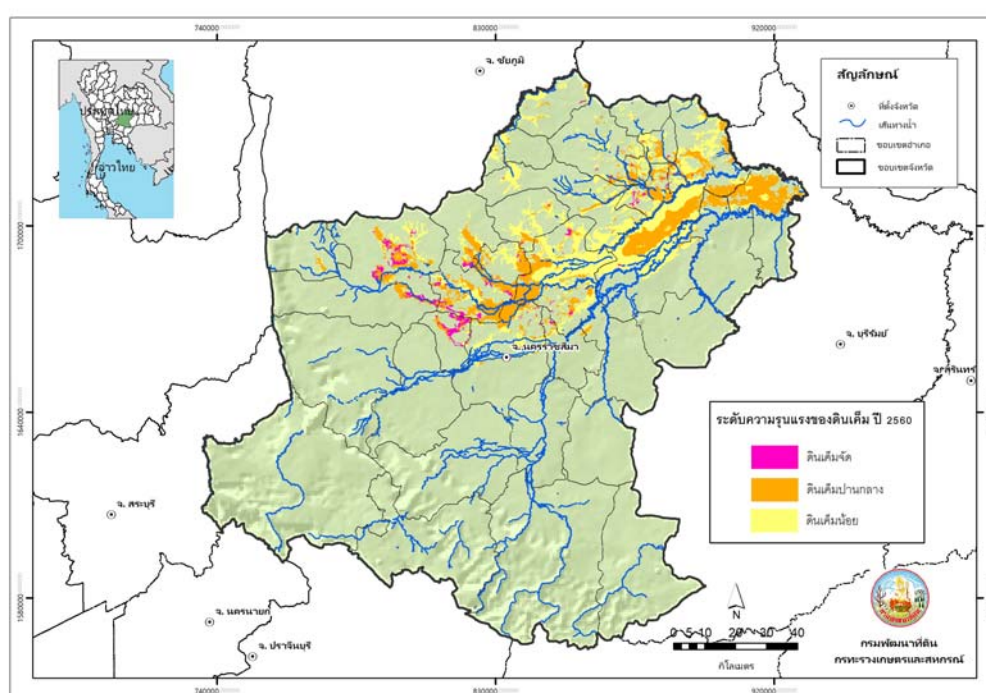
EC มีหน่วยเป็น dS/m

ที่มา: สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน (2560)

ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของดินเค็มในช่วงปี 2550 และ ปี 2560

ระดับความรุนแรง ของดินเค็ม	ปี 2550		ปี 2560		การเปลี่ยนแปลง	
	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ดินเค็มจัด	71,099	4.27	68,088	4.14	- 3,011	-4.23
ดินเค็มปานกลาง	116,659	7.00	679,063	41.24	562,404	482.09
ดินเค็มน้อย	1,478,639	88.73	899,430	54.62	- 579,209	-39.17
รวม	1,666,397	100.00	1,646,581	100.00		

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 27 ระดับความรุนแรงของดินเค็ม ปี 2560 จังหวัดนครราชสีมา

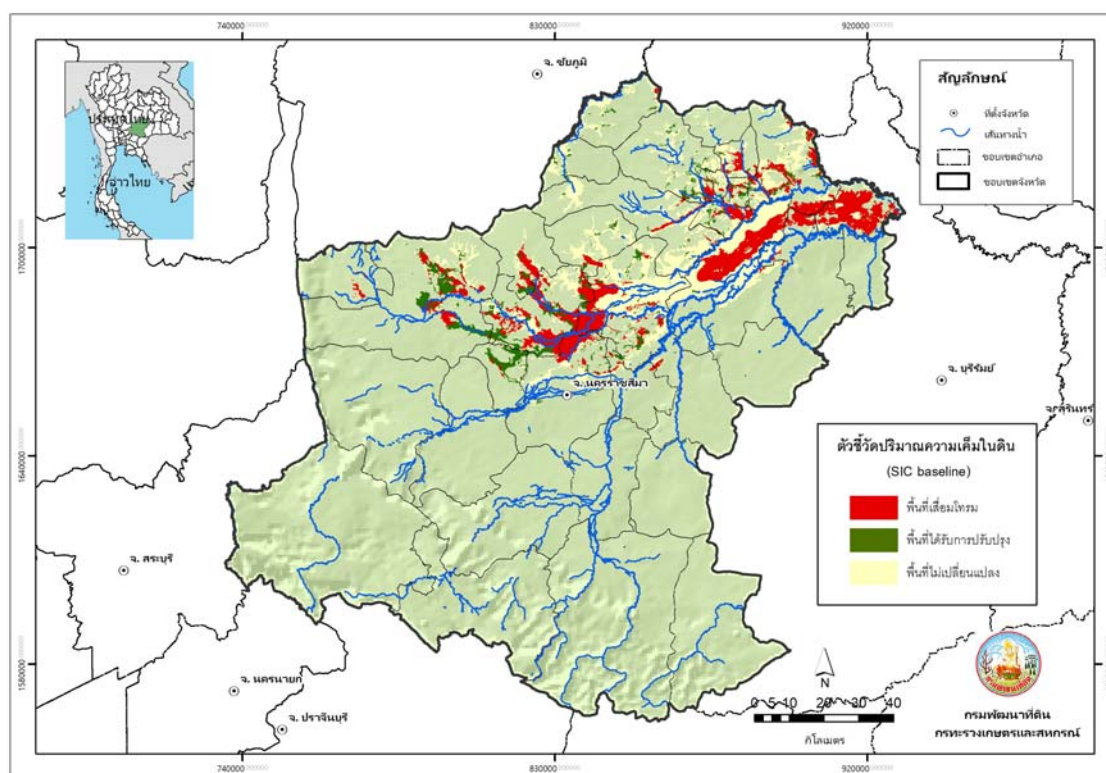
4.2 ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline)

ผลจากการวิเคราะห์พื้นที่เสื่อมโทรมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของดินเค็มในปี 2550 และปี 2560 ในเชิงพื้นที่ โดยใช้หลักการ One-out, All-out ของเกณฑ์การประเมิน LDN (Sims *et al.*, 2017) พบว่าตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline) มีพื้นที่เสื่อมโทรมมีเนื้อที่ 562,298 ไร่ หรือร้อยละ 4.39 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงฟื้นฟู มีเนื้อที่จำนวน 187,760 ไร่ หรือร้อยละ 1.47 ของเนื้อที่จังหวัด ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีเนื้อที่จำนวน 916,370 ไร่ หรือร้อยละ 7.15 ของเนื้อที่จังหวัด ดังแสดงในตารางที่ 26 และภาพที่ 27

ตารางที่ 26 ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline)

ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline)	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ได้รับการปรับปรุง (Improved saline soil intrusion)	187,760	1.47
พื้นที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Stable saline soil intrusion)	916,370	7.15
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded saline soil intrusion)	562,298	4.39

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 28 ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม ช่วงปี 2550- 2560 จังหวัดนครราชสีมา

การพัฒนาตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของดิน โดยใช้เกณฑ์จากปริมาณความเค็มของดินที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นอีกตัวชี้วัดเพิ่มเติม นอกจากตัวชี้วัด 3 ตัวหลัก ที่ใช้ในการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินตามเกณฑ์ของ LDN นั้น พบว่า จังหวัดนครราชสีมามีความเสื่อมโทรมของดินจากการแพร่กระจายของดินเค็ม คิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ดินเค็มทั้งหมด โดยความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ดินเค็มจัดและดินเค็มปานกลาง นอกพื้นที่โครงการแก้ไขปัญหาดินเค็ม อย่างไรก็ตาม พื้นที่นอกโครงการแก้ไขปัญหาดิน

เค็มที่มีศักยภาพการแพร่กระจายดินเค็ม จะคงยังมีการเคลื่อนย้าย และการแพร่กระจายความเค็มแบบพลวัตร ขึ้นอยู่กับการขึ้นลงของปริมาณน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำฝน และภูมิอากาศในช่วงนั้น ๆ (สมศรี และคณะ, 2534) การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดิน จึงควรจะต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเติมนอกพื้นที่ โครงการแก้ปัญหาดินเค็ม การวัดปริมาณความเค็มของดิน ต้องวัดในช่วงฤดูกาลเดียวกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมจะต้องใช้จำนวนตัวอย่างมากขึ้น ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลา มีข้อจำกัดเชิงพื้นที่ และใช้งบประมาณสูง ดังนั้นในการพัฒนาต่อยอดให้การศึกษาครั้งนี้มีความสมบูรณ์ ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน จึงควรจัดทำแผนที่การแพร่กระจายดินเค็มที่ใช้มาตรฐานและวิธีการเดียวกันกับแผนที่แพร่กระจายดินเค็มในปี 2549 ซึ่งสามารถใช้วิธีการแปลงผลข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เพื่อใช้ตรวจสอบการแปลงผล จะทำให้ได้แผนที่การแพร่กระจายดินเค็ม ที่มีความครอบคลุมในแต่ละช่วงเวลามากกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า และประหยัดกว่า (Sharma and Bhargava, 1988)

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ ได้ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ดินเค็ม ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ดินเค็มจัด ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มน้อย มีอิทธิพลต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของที่ดิน เห็นได้จากค่าการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการดำเนินโครงการการแก้ปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าต่ำถึงต่ำมาก และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) มีค่าสูง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตพืช (สมศรี, 2539)

5. ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน

จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินทั้ง 4 ตัวชี้วัด ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline) ตัวชี้วัดความสามารถในการผลิตของที่ดิน (NPP baseline) ตัวชี้วัดคาร์บอนในดิน (SOC baseline) และตัวชี้วัดเฉพาะพื้นที่ ซึ่งจังหวัดนครราชสีมา เลือกใช้ตัวชี้วัดความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline) นำมาวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) ร่วมกัน ภายใต้หลักการ “One-out, All-out” หากมีตัวชี้วัดใดที่แสดงผลในทางลบพื้นที่นั้นก็จะเป็พื้นที่ที่เสื่อมโทรม จากการวิเคราะห์ดังกล่าว พบว่าจังหวัดนครราชสีมาพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนา ปรับปรุง หรือฟื้นคืนจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน (Land area improved) มีเนื้อที่ 4,364,419 ไร่ หรือร้อยละ 34.07 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่มีสถานะคงที่ หรือไม่มีสัญญาณของความเสื่อมโทรมของที่ดิน (Land area stable) มีเนื้อที่ 5,623,617 ไร่ หรือร้อยละ 43.90 ของเนื้อที่จังหวัด และพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมของที่ดิน (Land area degraded) มีเนื้อที่ 2,731,943 ไร่ หรือร้อยละ 21.33 ของเนื้อที่จังหวัด โดยมีพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล หรือ เป็นแหล่งน้ำประมาณ (Land area with no data) ร้อยละ 0.69 ของเนื้อที่จังหวัด (ตารางที่ 27 และภาพที่ 28)

การบรรลุความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality) คือสัดส่วนของพื้นที่ความเสื่อมโทรมของที่ดินจะต้องมีจำนวนเท่าเดิม หรือลดน้อยลง ในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับปีฐาน ซึ่งมีการนำหลักการของ LDN ผนวกเข้ากับการจัดทำตัวชี้วัดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ปี ค.ศ. 2015-2030

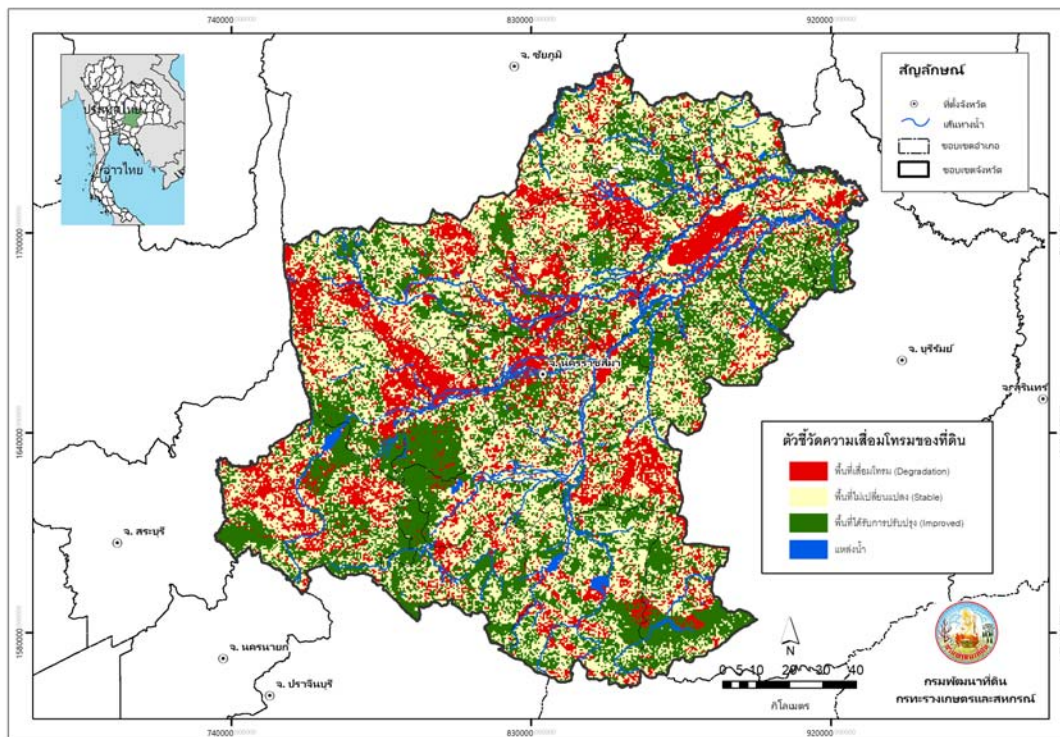
(Sustainable Development Goals-SDG) เป้าประสงค์ที่ 15 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 กำหนดว่า “สัดส่วนของพื้นที่ดินที่ได้รับความเสื่อมโทรมเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้น สถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) จังหวัดนครราชสีมา ณ ปีฐาน (2550-2560) มีสัดส่วนพื้นที่เสื่อมโทรมร้อยละ 21.33 ของเนื้อที่จังหวัด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลฐานตามตัวชี้วัดที่กำหนด (Baseline) ประเทศภาคีสมาชิกจะต้องดำเนินการป้องกัน ลดผลกระทบ และฟื้นฟูปัญหาความเสื่อมโทรมของที่ดิน และในปี พ.ศ. 2573 จะต้องไม่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดินเพิ่มขึ้น หรือ No Net Loss โดยใช้ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินที่พัฒนาขึ้นนี้ ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยจะต้องมีการติดตามผลทุก 4 ปี และรายงานผลการติดตามต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย (United Nations Convention to Combat Desertification-UNCCD) ในระดับพื้นที่

ตารางที่ 27 ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา (LDN baseline 2550-2560)

ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline)	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved area)	4,364,419	34.07
พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Stable area)	5,623,617	43.90
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded area)	2,731,943	21.33

ที่มา : จากการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศ



ภาพที่ 29 ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ณ ปีฐาน (2550-2560) จังหวัดนครราชสีมา

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. การพัฒนาตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้หลักการประเมินวิเคราะห์ตามหลักการ One-out, All-out ของ Land Degradation Neutrality (LDN) เพื่อจัดทำข้อมูลฐานในช่วงปี 2550 – 2560 (LDN baseline) ซึ่งประเมินได้จาก 3 ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ ตัวชี้วัดสิ่งปกคลุมดิน ตัวชี้วัดผลผลิตของที่ดิน และตัวชี้วัดปริมาณสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน ร่วมกับตัวชี้วัดเชิงพื้นที่ ได้แก่ ตัวชี้วัดระดับความรุนแรงของดินเค็ม พบว่า มีพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดิน จำนวน 2,731,943 ไร่ หรือร้อยละ 21.33 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่ได้รับการพัฒนา หรือฟื้นคืนจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน มีเนื้อที่ 4,364,419 ไร่ หรือร้อยละ 34.07 ของเนื้อที่จังหวัด พื้นที่ที่มีสถานะคงที่ไม่มีสัญญาณของความเสื่อมโทรมของที่ดินมีเนื้อที่ 5,623,617 ไร่ หรือร้อยละ 43.90 ของเนื้อที่จังหวัด สถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) จังหวัดนครราชสีมา ณ ปีฐาน (2550-2560) มีสัดส่วนพื้นที่เสื่อมโทรมร้อยละ 21.33 ของเนื้อที่จังหวัด สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินในจังหวัดนครราชสีมา ส่วนใหญ่เกิดจากดินเค็ม การแพร่กระจายของคราบเกลือบนผิวดิน และเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่อื่น ๆ ไปเป็นพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่ที่ใช้ตั้งถิ่นฐาน เช่น ชุมชน อุตสาหกรรม

2. การพัฒนาตัวชี้วัดสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยใช้หลักการประเมินของ LDN สามารถระบุพื้นที่ที่เกิดความเสื่อมโทรมในเชิงพื้นที่ (Hotspot) โดยระบุสัดส่วนของการเกิดพื้นที่เสื่อมโทรมต่อสัดส่วนของพื้นที่ทั้งหมด การประเมินในการศึกษานี้ ใช้ปัจจัยทางกายภาพ 4 ปัจจัย ที่ได้กล่าวไว้แล้ว เท่านั้น ซึ่งยังมีปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ที่มีผลทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดิน เช่น การชะล้างพังทลายของดิน ความแห้งแล้ง การเกิดอุทกภัย และดินถล่ม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางเคมี และชีวภาพ ที่ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของที่ดินอีกด้วย ดังนั้นควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาต่อยอดการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินให้ครบทุกมิติ ทั้งปัจจัยทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เป็นตัวเร่งความเสื่อมโทรมของที่ดิน เช่น ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม (Lal, 1997) เพื่อที่จะสามารถระบุหรือบ่งชี้ระดับความรุนแรงของความเสื่อมโทรมของที่ดิน และบอกได้ถึงผลกระทบอาจเกิดขึ้นได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อมนุษย์ เศรษฐกิจสังคม และสิ่งแวดล้อม โดยระดับรุนแรงของความเสื่อมโทรมอาจบอกได้ในแง่ของระยะเวลา และการลงทุนในการจัดการทรัพยากรที่ดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรที่ดินให้อยู่ในสภาพคงที่ หรือ ปรับปรุงให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในการศึกษานี้ มีความชัดเจนเชิงพื้นที่ (hotspot) ที่สามารถช่วยให้ผู้กำหนดนโยบายนำไปวางแผนเชิงกลยุทธ์ และจัดลำดับความสำคัญของงบประมาณที่มีอยู่จำกัด เพื่อการฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรมได้

3. การพัฒนาตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดิน (LUC baseline) ในช่วงปี 2550 - 2560 โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับหลักการประเมินของ LDN สามารถระบุพื้นที่ความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้เป็นอย่างดี แต่ยังมีข้อจำกัดของฐานข้อมูลในปี 2545 ที่นำมาใช้ มีมาตราส่วนหยาบ และมีระดับการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินหยาบกว่า ปี 2560 ซึ่งทำให้ผลการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในช่วง 15 ปี (2545-2560) มีความคลาดเคลื่อน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ฐานข้อมูลปี 2550 และปี 2560 ซึ่งมีมาตราส่วน และระดับการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินเดียวกัน ซึ่งให้ผลการศึกษาที่มีความคลาดเคลื่อนน้อย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดิน ได้จัดทำข้อมูลสารสนเทศการใช้ที่ดินแบบดิจิทัลที่มีความถี่ของข้อมูลทุก 2 ปี และมีมาตราส่วน 1:25,000 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศ สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้เป็นอย่างดี แต่ก่อนที่จะนำมาใช้ต้องมีการตรวจสอบความแม่นยำในสนามด้วยวิธีการ confusion matrix เพื่อให้ได้การประเมินที่มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถรายงานสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับประเทศได้ ด้วยข้อมูลที่มีความละเอียดถึงระดับ Tier 2 นอกจากนี้หากต้องเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปีต่อปี สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมีหลากหลายความละเอียด และหลายช่วงเวลา ทั้งนี้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละประเภท มีข้อดี ข้อเสียต่างกัน และมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน และระดับการแปลผล

4. การพัฒนาตัวชี้วัดความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน (NPP baseline) ในช่วงปี 2550 - 2560 ใช้วิธีการประเมินแปลผลค่าปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชุด

ข้อมูล MOD17A3 ของดาวเทียม Terra MODIS รายปี จำนวน 10 ปี ความละเอียดขนาดพิกเซล 1 กิโลเมตร สามารถระบุพื้นที่เสื่อมโทรมที่เกิดจากการลดลงของผลผลิตของที่ดินในช่วงปี 10 ได้ในระดับหนึ่ง การแปลผลยังมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการตรวจสอบกับข้อมูลจากรายงานหรือการศึกษาอื่นที่มีวิธีการศึกษาในรูปแบบเดียวกัน แต่ยังขาดการตรวจสอบข้อมูลจริงในสนาม ดังนั้นการแปลผลจากข้อมูลชุดนี้จึงสามารถใช้ได้ในระดับลุ่มน้ำและระดับประเทศ แต่หากนำมาใช้ในระดับพื้นที่ต้องใช้ชุดข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้น และมีการเก็บข้อมูลแบบอนุกรมเวลา เนื่องจากในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชพรรณ และต้องมีการตรวจสอบกับข้อมูลในภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำ อย่างไรก็ตามการใช้ชุดข้อมูล MOD17A3 นี้ สามารถช่วยลดความยุ่งยากของกระบวนการคำนวณปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิในหน่วยที่สามารถวัดได้ในสนาม ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย สามารถประเมินผลผลิตภาพของที่ดินในเชิงพื้นที่ ณ ช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งช่วยในการระบุ hotspot การเสื่อมสภาพของที่ดิน

5. การพัฒนาตัวชี้วัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC baseline) ในช่วงปี 2552 - 2560 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ (Geostatistics) เพื่อประมาณค่าในช่วงเชิงพื้นที่ ทำนายค่าที่มีได้มีการตรวจวัดร่วมกับการวิเคราะห์โดยใช้หลักการของ LDN พบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่มีพืชพรรณปกคลุมมีการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงสุด พื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตรกรรม เปลี่ยนไปเป็น พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลง เมื่อวิเคราะห์แผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 เทียบกับ ปี 2560 พบว่า แผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปี 2552 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) น้อยกว่า ปี 2560 เนื่องจากจำนวนตัวอย่างดินในปี 2552 มีมากและกระจายครอบคลุมพื้นที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างดินในปี 2560 มีการเก็บตัวอย่างดินแบ่งตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน และครอบคลุมทุกประเภทการใช้ที่ดิน ทำให้ลดค่าความคลาดเคลื่อนของแผนที่การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินลงได้ ซึ่งหากต้องทำการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างต่อเนื่อง และให้การประเมินมีความถูกต้อง แม่นยำ ควรเก็บตัวอย่างดินตามประเภทเนื้อดิน ความลึกของดิน และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกำหนดมาตรฐานการตรวจวัดและการวิเคราะห์ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และอาจนำข้อมูลความลาดชัน สภาพภูมิอากาศ เข้ามาพิจารณาร่วมด้วย อย่างไรก็ตามการตรวจวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินโดยใช้วิธีจากการเก็บตัวอย่างดินยังมีข้อจำกัดในประเด็นที่จำนวนตัวอย่างต้องมีมากเพียงพอที่จะสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของการประเมินได้ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลานาน และลงทุนสูง การนำเทคนิคการสำรวจด้วย infrared spectroscopy มาประยุกต์ใช้ในการประเมิน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดค่าใช้จ่าย และได้ผลที่รวดเร็ว

6. การพัฒนาตัวชี้วัดความรุนแรงของดินเค็ม (SIC baseline) ในช่วงปี 2550 - 2560 โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่เฉพาะในพื้นที่โครงการดินเค็มซ้อนทับข้อมูลกับแผนที่การแพร่กระจายดินเค็ม และใช้เกณฑ์ของ LDN ในการประเมินความเสื่อมโทรมที่เกิด

จากความรุนแรงของดินเค็ม พบว่า มีพื้นที่เสื่อมโทรมร้อยละ 4.39 ของเนื้อที่จังหวัด และคิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ดินเค็มทั้งหมด พื้นที่ดินเค็มทุกระดับ มีอิทธิพลต่อการเกิดความเสี่ยงของที่ดิน เห็นได้จากค่าการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการดำเนินโครงการการแก้ปัญหาดินเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าต่ำถึงต่ำมาก และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) มีค่าสูง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตพืช ภายหลังการจัดการดินเค็มในพื้นที่โครงการฯ ระยะ 3 ปี มีผลทำให้คุณภาพดินดีขึ้น เห็นได้จากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้า มีค่าลดลง แต่ยังคงลดลงในปริมาณที่ยังคงมีผลต่อพืชอยู่ และมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อย ๆ ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดของการจัดทำแผนที่ดินเค็ม ในปี 2560 ซึ่งไม่ได้มีการตรวจวัดค่าความเค็มนอกพื้นที่โครงการฯ เนื่องจากใช้เวลานาน และใช้งบประมาณสูง ทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนบ้าง ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการศึกษาครั้งต่อไป จึงควรจัดทำแผนที่การแพร่กระจายดินเค็มที่ใช้มาตรฐานและวิธีการเดียวกันกับแผนที่แพร่กระจายดินเค็มในปี 2550 ซึ่งสามารถใช้วิธีการแปลผลข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับการเก็บตัวอย่างดินบางส่วนเพื่อการตรวจสอบความถูกต้อง จะทำให้ได้แผนที่การแพร่กระจายดินเค็มที่เป็นปัจจุบัน ใช้เวลาน้อย ประหยัดค่าใช้จ่าย และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของดินได้ตลอดตามการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินตัวชี้วัดความเสี่ยงของที่ดินตามหลักเกณฑ์ของ LDN กำหนดให้ใช้ตัวชี้วัดเพียง 3 ตัวชี้วัดหลัก ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมและเพียงพอต่อการระบุพื้นที่เสี่ยงที่มาจากปัจจัยอื่น ๆ ในระดับพื้นที่หรือระดับไร่นา ดังนั้นในการประเมินความเสี่ยงของที่ดิน จึงควรจะนำปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เหล่านี้มาใช้ในการประเมินด้วย โดยในการศึกษานี้ได้นำปัจจัยดินปัญหาเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา คือ ปัญหาดินเค็ม ซึ่งมีพื้นที่เป็นบริเวณกว้างและมีผลกระทบต่อการเพาะปลูกมาก ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงของที่ดินในระดับพื้นที่ ควรมีการปรับปรุงเกณฑ์ตัวชี้วัดเพิ่มเติมตามลักษณะปัญหาของทรัพยากรดินในแต่ละพื้นที่ เช่น ดินที่ถูกชะล้างพังทลาย ดินเปรี้ยวจัด ดินตื้น ดินทราย ดินดาน การจัดการดินในแต่ละพื้นที่ ซึ่งล้วนแต่ทำให้เกิดความเสี่ยงของที่ดินที่แตกต่างกันออกไป

2. การติดตามสถานะความเสี่ยงของที่ดินในระดับพื้นที่ ต้องมีการกำหนดวิธีการจัดเก็บฐานข้อมูลที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น มาตรฐานส่วนของแผนที่ที่นำมาใช้ ปีที่เก็บข้อมูล วิธีการตรวจวัดข้อมูล โดยเฉพาะการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งควรจะมีการตรวจวัดข้อมูลทุกปี ทั้งในพื้นที่ที่มีการจัดการดิน พื้นที่เกษตรกรรม เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนดิน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การพัฒนาตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ ของจังหวัดนครราชสีมา สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบ และต่อยอดพัฒนาการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่จังหวัดอื่นๆ ที่มีลักษณะของปัญหาที่ดินที่คล้ายคลึงกันได้ และตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน ณ ปีฐาน (baseline) สามารถนำไปใช้ในการรายงานผล และการติดตามสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ ซึ่งประเทศไทยมีพันธกรณีกับอนุสัญญาแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย ในการรายงานสถานะความเสื่อมโทรมของดินที่เปลี่ยนแปลงจากปีฐาน รายงานทุก 4 ปี และในปี 2573 ประเทศไทยจะต้องมีสัดส่วนความเสื่อมโทรมของที่ดินที่ลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลงจากปีฐาน จึงจะสามารถบรรลุข้อตกลงในอนุสัญญาฯ ได้

2. การใช้วิธีการประเมินตามหลักการของ LDN จะระบุตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมโทรมของดิน หรือ Hotspot ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการจัดการทรัพยากรที่ดิน การแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน และการวางมาตรการในการจัดการ อนุรักษ์ ปันฟู ทรัพยากรดินอย่างเหมาะสมในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นการวางเป้าหมายฟื้นฟูพื้นที่ป่า การใช้มาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2560. **ฐานข้อมูลแหล่งน้ำจังหวัดนครราชสีมา**. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- กรมป่าไม้. 2560. **ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ 2560**. สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. **สถานะทรัพยากรดินและปัญหาการใช้ประโยชน์**. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2539. **รายงานประจำปี 2539**. กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2540. **การคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2545. **รายงานและข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:50,000**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2550ก. **รายงานและข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน 1:50,000**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2550ข. **แผนที่การแพร่กระจายคราบเกลือบนผิวดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตราส่วน 1:50,000**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2552. **ฐานข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินโครงการ 1 หมู่บ้าน 1 ตัวอย่าง จังหวัดนครราชสีมา**. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- _____. 2558ก. **สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2558ข. **รายงานการสำรวจดินและแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 จังหวัดนครราชสีมา**. กองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

_____. 2560ก. แผนปฏิบัติการแห่งชาติอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็น
ทะเลทราย ปี 2562-2564. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ

_____. 2560ข. รายงานและข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา มาตราส่วน
1:25,000. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. รายงานข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดนครราชสีมา. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ
และการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2558. แผนที่เขตป่าไม้ตามกฎหมาย มาตราส่วน 1: 50,000.
สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดการแม่น้ำโขง. 2556. อภิธานศัพท์และคำนิยามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
และปรับตัว. 28 หน้า.

ซัชชัย สอนหวาง. 2555. การใช้ประโยชน์ที่ดินและผลต่อการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำ
ลำตะคองตอนล่าง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญลักษณ์ เอี่ยมณรงค์ฤทธิ์. 2550. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Neuro-genetic Optimizer เพื่อ
คาดการณ์ปริมาณตะกอนในอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

นาฏสุตา ภูมิงานง. 2547. แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้
ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโต. ใน เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ “ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”. 16-17 มิถุนายน 2547,
กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ แยมคลี. 2548. การปลูกไม้ยืนต้นเพื่อป้องกันการแพร่กระจายดินเค็มในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทราย และการเตือนภัย กรม
พัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ปัทมา วิทยากร. 2547. **ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง**. ภาควิชาทรัพยากรดินที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2540. **การอ่านและการใช้แผนที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์. 2542. **แหล่งแร่เกลือหินในประเทศไทย**. วารสารเศรษฐธรณีวิทยา ปีที่ 1 ฉบับที่ 10.

พิสุทธิ วิจารณ์. 2547. **งานสำรวจทรัพยากรดิน: อดีต ปัจจุบัน และอนาคต**. เอกสารสิ่งพิมพ์. 10 หน้า.

ภัทรา เฟงธรรมกิริติ. 2552. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาติดตามการเจรจาในเวทีการเจรจาเรื่องโลกร้อนที่เกี่ยวข้องกับภาคเกษตรและนัยสำคัญต่อประเทศไทย**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วสันต์ จันทร์แดง. 2553. **การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณสวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิเชียร สุมันตกุล และชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. **การศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของสวนป่าไม้สัก และสวนป่าไม้โตเร็วบางชนิดเพื่อการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน**. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ. 2552. **การเก็บและกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์**. วารสาร Engineer Today 7: 50-52.

ศิริรักษ์ สุวรรณมงคล. 2554. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตอุทยานแห่งชาติทับลาน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สมศักดิ์ สุขจันทร์. 2550. **การสำรวจและทำแผนที่จากคราบเกลือดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สมศรี อรุณินท์, พรณีย์ รุ่งแสงจันทร์, พิชัย วิชัยดิษฐ์, อรุณี ยูวะนิยม และชัชวาล ดิสถาพร. 2534. อิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แหล่งที่มา: การสืบค้นข้อมูล. แหล่งที่มา:

[www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Research/Abs_Research_pdf/2520-2532\(ABS\)/Abs_Research_gr03/R20-3203A097.pdf](http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Research/Abs_Research_pdf/2520-2532(ABS)/Abs_Research_gr03/R20-3203A097.pdf), 28 มิถุนายน 2563.

สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สุชาติ เจริญทอง และดวงใจ ้วยเจริญ. 2551. การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการประเมินความเสี่ยงโทรมของที่ดินในประเทศไทย. เอกสารวิชาการเลขที่ 04/01/51 กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2552. เรียนรู้ระบบสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2544. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545 – 2549). สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. รายงานผลการดำเนินงาน: การจัดการดินเค็มแบบบูรณาการในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา (2557-2560). โรงพิมพ์โจเซฟ, นครราชสีมา.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร: การใช้ที่ดิน. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99/TH-TH/?page453=2#>, 20 มิถุนายน 2561.

สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. 2560. รายงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา. สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา, นครราชสีมา.

สำเร็จ ปานอุทัย, สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร, ชิงชัย วิริยะบัญชา, ภาณุมาศ ลาตปาละ, ธิติ วิสารรัตน์, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์ และดอกกรั๊ก มารอด. 2555. ศักยภาพของป่าอนุรักษ์และป่าเศรษฐกิจในการดูด

ซัพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, น. 117-124 . ใน เอกสารสัมมนาการประชุมสัมมนานิเวศวิทยาป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสาวนีย์ ประจันศรี และวิศิษฐ์ งามสม. 2561. การจัดทำเป้าหมายและมาตรการความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน, น. 11-14. ใน รายงานประชุมวิชาการ วันดินโลก รวมศาสตร์ของพ่อ เชื่อมต่อดิน มีปัญหา น้อมนำวิถีราชา ต่อด้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย. โรงแรมพูลแมน, ขอนแก่น.

อรรณพ พุทธิโส. 2559. การกักเก็บคาร์บอนในดินตัวแทนหลัก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

อรรณพ พุทธิโส, สาวิตรี เดชชัย ธงชัย คงหนองลาน ชาญณรงค์ เขตแดน และอภิชาติ บุญเกษม. 2559. ศึกษาสถานภาพของดินเค็ม และการปลดปล่อยไนโตรเจน และการสะสมของคาร์บอนในดินที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน, น. 227-237. ใน รายงานการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปี 2559. โรงแรมดิเอ็มเพลส, เชียงใหม่.

อรรถชัย จินตะเวช. 2547. การสะสมคาร์บอนกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตร้อนชื้น. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อรุณี ยูวะนิยม. 2547. คู่มือการจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

อำนาจ ชิตไธสง และณัฐลีไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบปลั่ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร, น. 95-105. ใน รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต". โรงแรมมารวย การ์เดน, กรุงเทพฯ.

Blake, G.R and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. In Methods of Soil Analysis Part I Physical and Mineralogical Methods. **Soil Science Society of America Journal** 9(1): 363-375.

Blum, W.E.H. 1997. Basic Concepts: Degradation, resilience and rehabilitation. pp.1-6. In: R. Lal, W.E.H. Blum, C. Valentin and B.A. Stewart eds. **Methods for Assessment of Soil Degradation**. Advances in Soil Science Series. New York.

- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Science** 59: 39-45.
- Bruce, J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen, R. Lal and K. Paustian. 1999. Carbon sequestration in soils. **Journal of Soil Biology** 36: 177-198.
- Budiman, M., Alex, B. M., Brendan, P.M. and W. Ichsani. 2012. Chapter One - Digital Mapping of Soil Carbon. **Advances in Agronomy** 118: 1-47.
- Burrough, P.A. and R.A. McDonnell. 1998. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, New York.
- Celik, Ismail. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. **Soil and Tillage Research** 83 (2005): 270-277.
- Chang, Kang-tsung. 2002. **Introduction to Geographic Information Systems**. McGraw Hill Higher Education, New York.
- Chang, L., Peng-Sen, S and Liu Shi-Rong. 2016. A review of plant spectral reflectance response to water physiological changes. **Chinese Journal of Plant Ecology** 40(1): 80-91.
- Chen, C.X., Xu, Z.X., Wang, Z.H. and C.M. Liu. 2014. Temporal-spatial change simulation and analysis of net primary productivity in Northeast China from 2001 to 2010. **Resources Science** 36(11): 2401-2412.
- Chrisman, N.R. 1991. The error component in spatial data. **Journal of Geographic Information System: Principles and Applications** 1: 165-174.

- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J. and E.A. Holland. 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications** 11: 371-384.
- Cressie, C. 1990. The origins of kriging. **Math Geology** 22: 239–252.
- Di Gregorio, A., Jaffrain, G. and J.-L. Weber. 2011. Land cover classification for ecosystem accounting. **Expert Meeting on Ecosystem Accounts**. 5-7 December 2011, London.
- Dueker, K. J. 1979. Land resource information systems: spatial and attribute resolution issues, pp.328-36. *In* **Proceedings of AUTOCART04 Vol. 2**. ASPRS, Falls Church.
- ESRI. 2002. **ArcGIS 9 Using ArcGIS Spatial Analyst**. ESRI, Redlands.
- Eswaran, H., E.V.D. Berg and P. Reich. 1993. Organic carbon in soils of the world. **Soil Science of America Journal** 57: 192-194.
- Fensholt, R., Rasmussen, K., Kaspersen, P., Huber, S., Horion, S and E. Swinnen. 2013. Assessing Land Degradation/Recovery in the African Sahel from Long-Term Earth Observation Based Primary Productivity and Precipitation Relationships. **Remote Sensing** 5: 664-672.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1976. **Prognosis of salinity and alkalinity**. FAO Soil Bulletin 31. FAO, Rome.
- _____. 2005. **Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software Version 2**. FAO, Rome.
- _____. 2016. **Land Cover Classification System Classification concepts and user manual Software Version 3**. FAO, Rome.
- _____. 2017a. **Soil Organic Carbon Mapping: Cookbook**. FAO, Rome.

- _____. 2017b. Unlocking the potential of soil organic carbon: outcome document. *In* **Global Symposium on Soil Organic Carbon**. 21-23 March, FAO, Rome.
- Grimm, R. and T. Behrens. 2010. Uncertainty analysis of sample locations within digital soil mapping approaches. **Geoderma** 155: 154-163.
- Gnanavelrajah, N., Shrestha, R.P., Schmidt-Vogt, D. and L. Samarakoon. 2008. Carbon stock assessment and soil carbon management in agricultural land-uses in Thailand. **Land Degradation and Development** 19: 242-256.
- Goh, K.M. 2004. Carbon sequestration and stabilization in soils: Implication for soil productivity and climate change. **Soil Science and Plant Nutrition** 50: 467-476.
- Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in soil science. **Geoderma** 89: 1–45.
- Hoyle, F. 2013. Managing soil organic matter report: A practical guide. **Grain Research and Development Corporation** 5(July): 11-15.
- Inkaew, P., Jintasakul, P., and V. Panurak. 2004. **Application of Vegetation Index to Satellite Image Classification for Land Use Change Monitoring in Lower Lamtakong Basin**. Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Thailand.
- ISRIC. 2018. **Soil Degradation in South and South East Asia**. Available Source: <https://www.isric.online/projects/assessment-soil-degradation-south-and-southeast-asia-assod>, June 3, 2017.
- Jacek, M. 1999. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley&Son, Inc., New York.

- Jiang, C., Wu, Z.F., Cheng, J. Yu, Q and X.Q. Rao. 2015. Impacts of urbanization on net primary productivity in the Pearl River Delta, China. **International Journal of Plant Production** 9 (4): 1785-8043.
- Jianwen, W., Da, Z., Ying, N., Zhifeng, LIU and Q. Dekang. 2019. Spatial patterns of net primary productivity and its driving forces: a multi-scale analysis in the transnational area of the Tumen River. **Frontiers of Earth Science** 10: 1-16.
- Jill, L.E., Zoe, G.D., Sarah, A.M., Kevin, J.G. and R.L. Jonathan. 2013. Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city. **Science of The Total Environment** 472: 444-453.
- Johnston, C.A., S.D. Bridgham and J.P. Schubaure-Berigan. 2001. Nutrient dynamics in relation to geomorphology of riverine wetlands. **Soil Science Society of America Journal** 65: 557-577.
- Johnson, L.B. 1990. Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical information systems. **Landscape Ecology** 4: 31-43.
- Kira ,T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. **Japanese journal of ecology** 17: 70-87.
- Krige, D.G. 1951. A statistical approach to some basic mine problems on the Witwatersrand. **Journal of Chemical Metallurgical and Mining Society South Africa** 52: 119-139.
- LADA. 2005. **Land Degradation Assessment in Drylands**. Available Source: <http://www.thegef.org>, May 6, 2016.
- Lal, R. 1994. Tillage Effect on Soil Degradation, Soil Resilience, Soil Quality and Sustainability. **Soil Tillage Research** 27: 1-8.

- _____. 1997. **Soil quality and sustainability: Method for assessment of soil degradation.** CRC Press, New York.
- _____. 2003. Soil Erosion and the global carbon budget. **Environment International** 29: 437-450.
- _____. 2008. Carbon sequestration. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences** 363: S33-S39.
- Laurenz, K. and R. Lal. 2016. **Soil Organic Carbon - An appropriate Indicator to Monitor Trends of Land and Soil Degradation within the SDG Framework.** School of Environment & Natural Resources, the Ohio State University, Ohio.
- Lynden, G.W.J and L.R. Oldeman. 1997. **The Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation in South and Southeast Asia.** ISRIC.
- Ma, X., Huete, A., Moran, S., Ponce-Campos, G and D. Eamus. 2015. Abrupt shifts in phenology and vegetation productivity under climate extremes. **Journal of Geophysical Research: Bio-geo sciences** 120: 2036-2052.
- Moncharoen, P., Vearasilp, T. and H. Esrawan. 1999. Desertification in Thailand. *In* **Presented in The Second International Conference on Land Degradation.** January 25-29, 1999, Khon Kaen.
- Miltz, J. and A. Don. 2012. Optimizing Sample Preparation and near Infrared Spectra Measurements of Soil Samples to Calibrate Organic Carbon and Total Nitrogen Content. **Journal of Near Infrared Spectroscopy** 20(6): 695-706.
- Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L. M., De la Rosa, D., Abd-Elmabod, S. K., and M. Anaya-Romero. 2015. Impact of Land Use and Land Cover Changes on Organic Carbon Stocks in Mediterranean Soils (1956–2007). **Land Degradation and Development** 26: 168–179.

- Myneni, R., Y. Knyazikhin, and T. Park. 2015. **MOD17A3 MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4 Global 500 m SIN Grid V006**. NASA EOSDIS Land Processes. Available Source: <http://doi.org/10.5067/MODIS/MOD15A2H.006>, March 4, 2018.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Invest. Rept. No 42, Version 3.0. U.S. Department of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. *In*: A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Methods Properties**. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A. and W.G. Sombroek. 1991. **World Map of the Status of Human Induced Soil Degradation: An Explanatory Note**. Wageningen, ISRIC.
- Oliver, M.A. and R. Webster. 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. **Catena** 113: 56–69.
- Ponnamperuma, F.N. 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice, pp. 117-136. *In* **Organic Matter and Rice**. Los Banos: International Rice Research Institute.
- Potisuwan, U. 1994. **Collection and Analysis of Land Degradation Data in Thailand, The Collection and Analysis of Land Degradation Data**. Regional Office for Asia and the Pacific, FAO.
- Prachansri, S. 2007. **Analysis of Soil and Land cover parameters for Flood hazard assessment; A Case Study of the Nam Chun Watershed, Phetchabun, Thailand**. M.E. Thesis, The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede.

- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023-1031. *In* **Method of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties (ed. C.A.Black)**. Wisconsin: Agron. No. 9 American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Quyet, M.V., Lakshmi, V and B. John. 2019. Assessment of the Biomass Productivity Decline in the Lower Mekong Basin. **Remote Sensing** 11: 2-23.
- Rajan, K., Natarajan, A., Anil Kumar, K. S., Badrinath, M. S and R. C. Gowda. 2010. Soil organic carbon – the most reliable indicator for monitoring land degradation by soil erosion. **Current Science** 99(6): 823-827.
- Robinson, T.P. and G. Metternicht. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. **Computers and Electronics in Agriculture** 50. 97–108.
- Running, S.W., Nemani, R.R., Heinsch, F.A., Zhao, M., Reeves, M. and H. Hashimoto. 2004. A Continuous Satellite-Derived Measure of Global Terrestrial Primary Production. **Bio Science** 54: 547-560.
- Running, S.W and M. Zhao. 2015. Daily GPP and Annual NPP (MOD17A2/A3) Products NASA Earth Observing System MODIS Land Algorithm. *In* **MOD17 Users Guide**. 7 October 2015, MODIS Land Team.
- Sharma, R.C. and G.P. Bhargava. 1988. Landsat imagery for mapping saline soils and wet lands in north-west India. **International Journal of Remote Sensing** 9(1): 39-44.
- Shepherd, K. and M. Walsh. 2002. Development of Reflectance Spectral Libraries for Characterization of Soil Properties. **Soil Science Society of America Journal** 66(3): 988-998.
- Shi J., H. Wang, J. Xu, X. Liu, H. Zhu and C. Yu. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing China. **Environmental Geology** 52: 1–10.

- Sims, N.C., Green, C., Newnham, G.J., England, J.R., Held, A., Wulder, M.A., Herold, M., Cox, S.J.D., Huete, A.R., Kumar, L., Viscarra-Rossel, R.A., Roxburgh, S.H. and N.J. McKenzie. 2017. **Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1: Proportion of Land that is degraded over total land area.** United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn.
- Sunan kunaporn, Pichai Wichaidit, Taweesak Vearasilp, Kanitasri Hoontakul and Hari Eswaran. 1999. An Assessment of Land Degradation in Thailand. *In* **The second International Conference on Land Degradation.** 25-29 January 1999, Khon Kaen,
- Swift, R.S. 2001. Sequestration of Carbon by soil. **Soil Science** 166: 858 - 871.
- The Global Mechanism of UNCCD. 2016. **Land Degradation Neutrality: The Target Setting Programme.** Available source: <https://www.unccd.int/actions/ldn-target-setting-programme>, December 17, 2017.
- Trends.Earth. 2018. **Conservation International.** Available source: <http://trends.earth>; July 26, 2017.
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment** 8: 127-150.
- UNCCD. 1994. **Key Definitions and Acronyms.** Available Source: <http://www.unccd.int>, May 7, 2017.
- UNEP. 1992. **World Atlas of Desertification.** London: Edward Arnold.
- _____. 1997. **World Atlas of Desertification.** 2nd ed., eds. N. Middleton and D. Thomas. UNEP and Arnold, London.

- USDA. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigations No. 42, Version 3. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Viscarra Rossel, R.A., Walvoort, D.J.J., McBratney, A.B., Janik, L.J. and J.O. Skjemstad. 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. **Geoderma** 131(1-2): 59-75.
- Walkley, A. 1935. An examination of methods for determination organic carbon and nitrogen in soils. **Journal of Agricultural Science** 25: 598-609.
- Walkley, A and I.A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. **Journal of Soil Science** 37: 29-38.
- _____. 1974. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect for variation in digestion conditions and inorganics soil constituents. **Journal of Soil Science** 63 (January): 251-265.
- World Bank. 2012. **Carbon sequestration in Agricultural soils**. The World Bank, Washington DC.
- Wu, H., Guo, Z. and C. Pen. 2003. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China. **Global Change Biology** 9: 305-315.
- Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E. and C.J. Tucker III. 2015. Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales: Current Status, Future Trends, and Practical Considerations. **Springer** 1: 110-120.

ภาคผนวก
ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการในวัดประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

Method type	Name		Advantages	Disadvantages
Analytical	Dry combustion	Automated Carbon analyser	- Current standard - Currently the most reliable - Rapid - Simple	- Separate measurement of organic and total soil carbon only rarely available (only for new element analysers that do a two-step combustion) - Requires a large number of samples - Expensive - High energy from carbonates - Interference from carbonates
	Wet combustion	Loss-on ignition	- Previously widely used - Easy-to-apply method - Inexpensive	- Not reliable due to reactions not related to OM (e.g. interference from carbonates or inter-lattice water) - Overestimates the organic matter content (likely to account for oxides and carbonates due to high temperatures) - SOC derived from SOM with a conversion factor (0.58) which is known to be incorrect for organic layers
	Wet combustion	Walkley-Black	- Previously widely used - Inexpensive - Quick approximate assessment - Selectively targets OM pools - Little interference from carbonates	- Destructive - Incomplete oxidation: correction factor needed - Interference from chlorides, and oxides of Mn^{2+} and Fe^{2+} - Needs harmful chemicals

ตารางภาคผนวกที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการในวัดประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ต่อ)

Method type	Name	Advantages	Disadvantages
Remote Sensing	Space-borne or air-borne	- Use over large areas - Non-destructive	- Limited sampling depth - Surrogate indices needed
Spectroscopy	Infrared absorbance or reflectance spectroscopy: visible and near-infrared (Vis-NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopy	- Precise and accurate (less accurate in the visible region) - Rapid - Cost-effective - Non destructive - Use in laboratory or in the field - High through-put - Potential for remote-sensing - Enables high density sampling - Powerful analytical technique	- Continual need for calibration a Relatively large number of sample needed - Soil moisture can limit the accuracy - Appropriate, correct and matching reference laboratory data needed - Inability to deal directly with interferences from non-SOC components in samples of unknown origin - Chemometrical analysis needed
	Laser-induced breakdown Spectroscopy (LIBS)	- Precise (up to 1 mm resolution) and accurate - High through-put - Potential use in-field - Rapid analysis	- Invasive - Expensive - Still developmental - Measures total soil carbon - Presence of roots and rock fragments may cause C signal variability - No universal calibration curve - Health hazards - Interference from carbonates, iron and water
	Inelastic neutron scattering (INS)	- Precise and accurate - Non-destructive (no soil removal, no ablation, no combustion) - In-field analysis - High potential for the future of soil C determination	- Expensive - Still developmental - No separate measurement of SOC and Soil Inorganic Carbon - Better results for C-rich soils - Health hazards - Interference from carbonates

ที่มา : Sims *et al.* (2017)