



โครงการบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil)
ของประเทศไทยเพื่อความยั่งยืน : กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์
Thailand's Black Soil Database Project for
Sustainable Soil Management
: Case Study of Nakhon Sawan Province



คณะทำงานย่อยจัดทำแนวทาง
การจัดการดินดำอย่างยั่งยืน
กรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารวิชาการเลขที่ 04/05/2566

โครงการการบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ของประเทศไทย
เพื่อความยั่งยืน : กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์

Thailand's Black Soil Database Project for Sustainable
Soil Management: Case Study of Nakhon Sawan Province

คณะทำงานย่อยจัดทำแนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืน
ภายใต้คณะกรรมการสมัชชาความร่วมมือทรัพยากรดินแห่งประเทศไทย
กรมพัฒนาที่ดิน
กันยายน 2566

บทสรุปผู้บริหาร

การจัดทำโครงการการบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ของประเทศไทยเพื่อความยั่งยืน : กรณีกศึกษาจังหวัดนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินสถานะและศักยภาพของพื้นที่ดินดำ จัดทำแนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืน และรายงานผลการดำเนินงานต่อคณะทำงานเครือข่ายดินดำ International Network of Black Soils (INBS) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำ ระหว่างประเทศ โดยการดำเนินโครงการ ประกอบด้วย 5 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (Land Utilization Types: LUTs) การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) การวิเคราะห์สถานภาพดิน การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลัก และการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

1) การวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (LUTs) จากการสำรวจวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลดิน และข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินสามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 2 เขต คือ (1) เขตพื้นที่เกษตร น้ำฝน ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงาน และมันสำปะหลัง (2) เขตพื้นที่เกษตรชลประทาน ได้แก่ ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง พบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่ดินดำและอยู่ในเขตพัฒนาที่ดิน มีการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ดีกว่าส่งผลให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกอยู่นอกเขตพัฒนาที่ดิน

2) การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (LDN) ของ FAO ความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ซึ่งใช้ตัวชี้วัด 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Use Change: LUC) ช่วงปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งวิเคราะห์ได้จากข้อมูลการผลิตขั้นปฐมภูมิ (Net Primary Productivity: NPP) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563 และตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (Soil Organic Carbon Stock: SOC Stock) โดยใช้ปีฐาน พ.ศ. 2552 และใช้ปีเปรียบเทียบเป็นปี พ.ศ. 2566 มาซ้อนทับและวิเคราะห์ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ทำให้ทราบพื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded) พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved) และพื้นที่ที่คงสถานะเดิม (Stable) โดยพบว่า พื้นที่ดินดำส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์อยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมที่ควรมีการฟื้นฟูปอย่างเร่งด่วน มีเนื้อที่ 978,188 ไร่ หรือร้อยละ 82.95 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง หรือฟื้นคืนจากความเสี่ยงโทรมของที่ดิน มีเนื้อที่ 59,362 ไร่ หรือร้อยละ 5.03 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงเดิม มีเนื้อที่ 141,750 ไร่ หรือร้อยละ 12.02 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด ซึ่งพื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอตากาลี รองลงมาเป็นอำเภอตากฟ้า และอำเภอยะหริ่ง ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์สถานภาพดิน พบว่าดินดำจังหวัดนครสวรรค์ แบ่งออกเป็นดินดำในพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ 102,701 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.71 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินช่องแค ชุดดินสิงห์บุรี และชุดดินโคกกระเทียม มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีความเหมาะสมสำหรับทำนา ส่วนดินดำในพื้นที่ดอน มีเนื้อที่ 928,400 ไร่ หรือร้อยละ 78.72 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินลพบุรี และชุดดินตากาลี มีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ และดินดำที่เกิดจากสลายตัวผุพังอยู่กับที่จากหินภูเขาไฟ จำพวกหินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์ มีเนื้อที่ 148,198 ไร่ หรือร้อยละ 12.57 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินสมอทอด ชุดดินชัยบาดาล และชุดดินลำนารายณ์ มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ หรือไม้ยืนต้น

4) ผลการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ซึ่งพืชทั้ง 4 ชนิดนี้ เมื่อมีการเพาะปลูกในพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทาน โดยที่ชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) พบข้อจำกัดด้านคุณภาพที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อพืช เช่น ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) สภาวะการหยั่งลึกของราก (r) สารพิษ (z) สภาวะเขตกรรม (k) อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรต้องการเลือกชนิดพืชที่จะต้องปลูกในพื้นที่ดังกล่าวนี้ อ้อยโรงงานเป็นพืชทางเลือกที่ค่อนข้างมีความเหมาะสมกับพื้นที่มากกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในดินที่มีค่าพีเอชสูง ซึ่งเป็นดินที่พบมากในพื้นที่ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานหรือมีแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือแหล่งน้ำใต้ดินเพียงพอสำหรับการปลูกพืช โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปลูกข้าวเป็นหลัก และส่วนใหญ่มีความเหมาะสมสูง (S1) สำหรับข้าว เนื่องจากดินมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม มีความอุดมสมบูรณ์สูง รวมถึงมีปริมาณน้ำเพียงพอ ทำให้สามารถปลูกข้าวได้ทั้งในฤดูนาปีและฤดูนาปรัง

5) ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ดินดำ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ ภายใต้การจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดิน ที่กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในอนาคตตามค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมที่มีพื้นที่ลดลง ได้แก่ พื้นที่นาข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ไม้ยืนต้น สัก และไม้ผล ส่วนพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด คาดการณ์ว่ามีพื้นที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสถานภาพดินดำจังหวัดนครสวรรค์ กรมพัฒนาที่ดินสามารถนำฐานข้อมูลไปใช้เพื่อสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศ สามารถระบุ hotspot และลำดับความสำคัญของการกำหนดมาตรการในการจัดการที่ดินในระดับพื้นที่อย่างบูรณาการ และสามารถประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลดินดำของประเทศไทยในการผลักดันนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ Black Soil ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างสมดุล และยั่งยืน ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่แนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืนในประเทศไทย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญรูป	V
สารบัญภาคผนวก	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	16
2.1 การบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ระดับโลก	16
2.2 การบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ประเทศไทย	18
2.3 ข้อมูลพื้นฐานพื้นที่ดำเนินการ	18
2.4 เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 ผลการดำเนินงาน	34
3.1 ผลวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (LUTs)	34
3.2 ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน	37
3.3 ผลวิเคราะห์ผลผลิตภาพของที่ดิน	56
3.4 ผลวิเคราะห์สถานภาพทรัพยากรดิน	63
3.5 ผลการประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	73
3.6 ผลวิเคราะห์สถานภาพความเหมาะสมการใช้ที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำ	85
3.7 ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ดินดำ	100
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	119
4.1 สรุปผล	119
4.2 ข้อเสนอแนะ	121
เอกสารอ้างอิง	122
ภาคผนวก	126

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	การจัดช่วงชั้นข้อมูลค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)	3
ตารางที่ 1-2	การจัดระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP	4
ตารางที่ 1-3	ชื่อและนามสกุลของแบบจำลอง Dyna-CLUE	12
ตารางที่ 1-4	เพิ่มลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	13
ตารางที่ 1-5	รหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	13
ตารางที่ 1-6	โครงสร้างของไฟล์ Main parameter	14
ตารางที่ 2-1	พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	20
ตารางที่ 2-2	เกณฑ์การประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	24
ตารางที่ 2-3	การจัดช่วงชั้นข้อมูลค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)	25
ตารางที่ 2-4	การจัดระดับตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP	25
ตารางที่ 2-5	ระดับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน	26
ตารางที่ 2-6	เกณฑ์การวิเคราะห์ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินภายใต้หลักการ One-out, All-out และการประเมินระดับความรุนแรงของพื้นที่เสื่อมโทรม	28
ตารางที่ 3-1	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์	34
ตารางที่ 3-2	การจัดการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์	35
ตารางที่ 3-3	เปรียบเทียบสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563	40
ตารางที่ 3-4	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563	45
ตารางที่ 3-5	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามมาตรฐานตัวชี้วัด LUC ของพื้นที่ Black Soil จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563	52
ตารางที่ 3-6	ตัวชี้วัด LUC ของพื้นที่ Black Soil จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปีพ.ศ. 2552 และ 2563	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3-7 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (Land Use / Land Cover Change: LUC) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563	54
ตารางที่ 3-8 ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563	56
ตารางที่ 3-9 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ confusion matrix table	59
ตารางที่ 3-10 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563	60
ตารางที่ 3-11 ระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP	61
ตารางที่ 3-12 ผลวิเคราะห์ดินของชุดดินหลักที่เป็นดินดำของจังหวัดนครสวรรค์	63
ตารางที่ 3-13 ชุดดินและสมบัติดินบางประการที่พบในพื้นที่ขอบเขตดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	65
ตารางที่ 3-14 ลักษณะและสมบัติดิน ในพื้นที่ขอบเขตดินดำจังหวัดนครสวรรค์	66
ตารางที่ 3-15 ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดิน (0-30 เซนติเมตร) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2566	69
ตารางที่ 3-16 การประเมินการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดิน ของพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	70
ตารางที่ 3-17 ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ (LDN baseline 2552-2563)	73
ตารางที่ 3-18 ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน รายตำบล ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ (LDN baseline 2552-2563)	75
ตารางที่ 3-19 เนื้อที่ขึ้นความเหมาะสมตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	91
ตารางที่ 3-20 ชั้นความเหมาะสมของหน่วยที่ดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	92
ตารางที่ 3-21 พื้นที่ประเภทการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน กับพื้นที่ประเภทการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการประมวลของแบบจำลอง Dyna-CLUE และจำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3-22 ค่าความถูกต้องระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน	102
ตารางที่ 3-23 จำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการทวนสอบความถูกต้องผลการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE	106
ตารางที่ 3-24 ค่าความถูกต้องระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 จากการสำรวจภาคสนาม	108
ตารางที่ 3-25 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 บริเวณพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	110
ตารางที่ 3-26 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ภายใต้เงื่อนไข การเปลี่ยนแปลงตามค่าสัดส่วนการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563	115

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	ขั้นตอน และวิธีการประเมินความเสี่ยงโทรมของที่ดิน ตามเกณฑ์ LDN	7
รูปที่ 1-2	อันดับความเหมาะสมของที่ดินรวม	9
รูปที่ 2-1	พื้นที่ดินดำ (Black Soil) จังหวัดนครสวรรค์	21
รูปที่ 2-2	ขั้นตอนการจัดสรรการใช้ที่ดินของแบบจำลอง Dyna-CLUE	31
รูปที่ 2-3	การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด	32
รูปที่ 3-1	ปฏิทินการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์	37
รูปที่ 3-2	การใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552	47
รูปที่ 3-3	การใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563	48
รูปที่ 3-4	พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ 2563	49
รูปที่ 3-5	แสดงตัวชี้วัดความเสี่ยงโทรมของที่ดินด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	55
รูปที่ 3-6	ผลผลิตขั้นปฐภูมิในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552	57
รูปที่ 3-7	ผลผลิตขั้นปฐภูมิในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563	58
รูปที่ 3-8	ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐภูมิ (NPP) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	62
รูปที่ 3-9	ประเภทดินดำ (Black soil) จังหวัดนครสวรรค์	67
รูปที่ 3-10	ชุดดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำ (Black soil) จังหวัดนครสวรรค์	68
รูปที่ 3-11	การกักเก็บคาร์บอนในดิน พื้นที่ขอบเขตดินดำ (Black soil) จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2552	71
รูปที่ 3-12	การกักเก็บคาร์บอนในดิน พื้นที่ขอบเขตดินดำ (Black soil) จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2566	72
รูปที่ 3-13	ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563	74
รูปที่ 3-14	กราฟแสดงระดับความรุนแรงความเสี่ยงโทรมของที่ดิน รายอำเภอ พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	85
รูปที่ 3-15	ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวนาปีในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	95

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3-16	ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	96
รูปที่ 3-17	ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับอ้อยโรงงาน พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	97
รูปที่ 3-18	ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	98
รูปที่ 3-19	ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์	99
รูปที่ 3-20	การสุ่มตัวอย่างแบบ stratified random sampling จำนวน 500 จุด ใน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ของทั้ง 12 ประเภท การใช้ที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	101
รูปที่ 3-21	การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน	104
รูปที่ 3-22	การใช้ที่ดิน พ.ศ.2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE	105
รูปที่ 3-23	จุดสุ่มตัวอย่างภาคสนามการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2566 จำนวน 300 จุด ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna CLUE	107
รูปที่ 3-24	การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 บริเวณพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	111
รูปที่ 3-25	การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2583 บริเวณพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	112
รูปที่ 3-26	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน และการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์	116
รูปที่ 3-27	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน และการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2583 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์	117

สารบัญภาคผนวก

สารบัญตารางผนวก

	หน้า
ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 30 ปี จากสถานีตรวจวัดอากาศ 15 สถานี บริเวณทั้ง 9 อำเภอที่ครอบคลุมพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	127
ตารางผนวกที่ 2 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะของเนื้อดิน	128
ตารางผนวกที่ 3 การกำหนดค่าปัจจัยการระบายน้ำตามเนื้อดิน	128
ตารางผนวกที่ 4 การกำหนดค่าปัจจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินตามเนื้อดิน	128

สารบัญรูปผนวก

	หน้า
รูปผนวกที่ 1 สถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 15 สถานี และปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย รวม 30 ปี โดยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) บริเวณทั้ง 9 อำเภอที่ครอบคลุมพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์	130
รูปผนวกที่ 2 ลักษณะดินดำในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์	131
รูปผนวกที่ 3 ภาพกิจกรรม	132

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศที่ก่อตั้งโดย FAO และ Global Soil Partnership (GSP) ซึ่งมุ่งผลักดันข้อตกลงระดับโลกที่จะอนุรักษ์ ปกป้อง และจัดการดินดำอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นแหล่งผลิตอาหารโลก การจัดการดินดำอย่างยั่งยืนมีส่วนช่วยในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยดินดำจัดเป็นแหล่งผลิตอาหารของโลก (Food basket) เนื่องจากเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ถึงแม้บางพื้นที่มีการอนุรักษ์ พื้นฟูพื้นที่ดินดำ แต่พื้นที่ดินดำที่เป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยบางพื้นที่กำลังถูกคุกคาม เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การจัดการที่ไม่ยั่งยืน เป็นต้น ดินดำส่วนใหญ่สูญเสียปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินไปปริมาณหนึ่งและประสบกับปัญหาการชะล้างพังทลายดิน ตลอดจนความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของดิน ประกอบกับปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะที่ผ่านมา ทำให้มีการระดมทรัพยากร โดยเฉพาะ ป่าไม้ ทรัพยากรดิน แหล่งน้ำ แร่ธาตุ และทรัพยากรทางด้านการประมง ส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการขาดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ นอกจากนี้การขยายตัวของเมือง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทรัพยากรดิน มีการใช้ที่ดินไม่ตรงตามศักยภาพ มีการนำพื้นที่เขตเกษตรกรรมชั้นดีมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ เช่น เขตชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ส่งผลต่อสถานะวิกฤตของสิ่งแวดล้อม

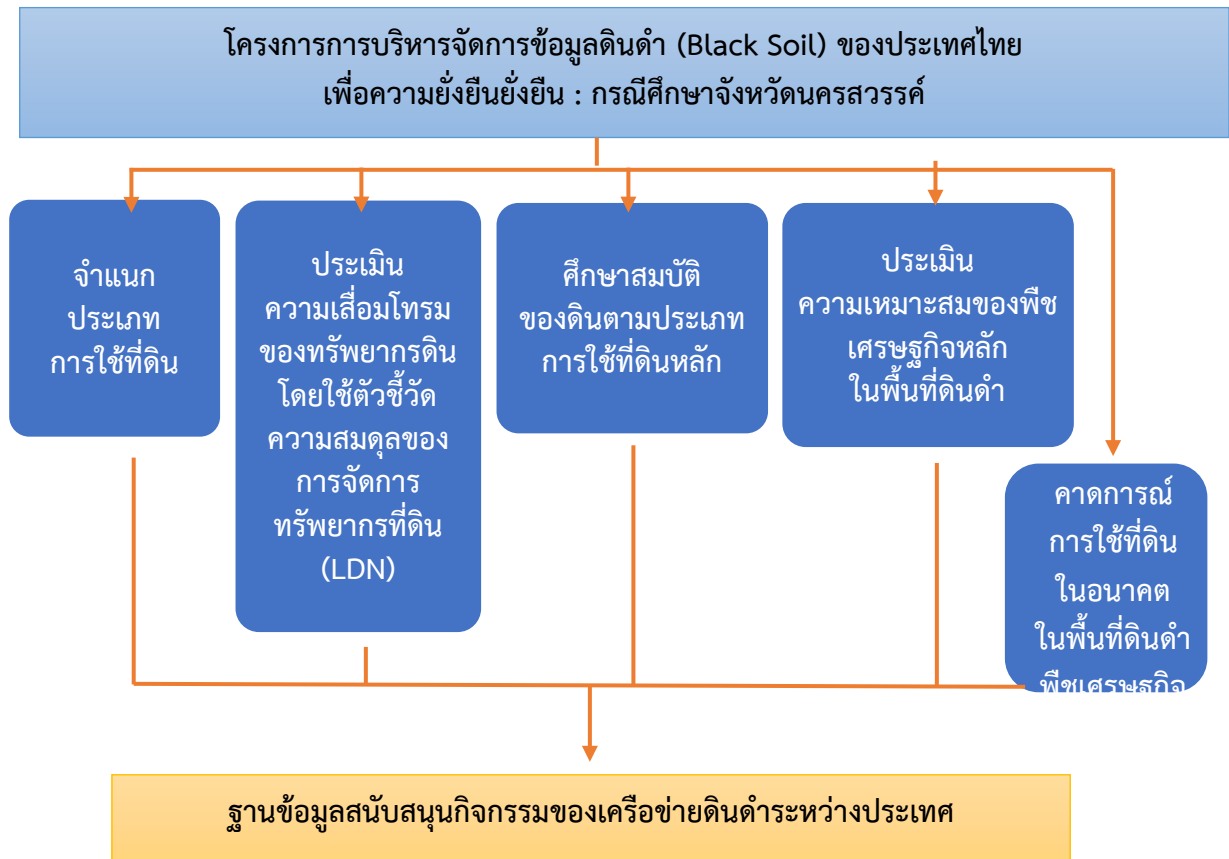
คณะทำงานจัดทำแนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืนของกรมพัฒนาที่ดิน ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว และมีความคิดเห็นว่าการประเมินสถานะ และศักยภาพของพื้นที่ดินดำ โดยการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (Land Utilization Types: LUTs) การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรดินโดยใช้ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) การศึกษาสมบัติของดินตามประเภทการใช้ที่ดินหลัก และการประเมินกำลังการผลิตของพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในดินดำ ในรูปแบบโครงการการบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ของประเทศไทยเพื่อความยั่งยืน : กรณีสถาบันวิจัยนครสวรรค์ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศ เป็นการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ในที่ดินในพื้นที่ Black Soil ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างสมดุล และยั่งยืน เพื่อนำไปสู่แนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืนในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินสถานะและศักยภาพของพื้นที่ดินดำ โดยการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (LUTs) การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินโดยใช้ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (LDN) ศึกษาสมบัติของดินตามประเภทการใช้ที่ดินหลัก และการประเมินความเหมาะสมของพืชเศรษฐกิจหลัก

1.2.2 เพื่อเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศ

1.3 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน



1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (LUTs)

จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Utilization Types : LUTs) โดยวิเคราะห์ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินร่วมกับการสำรวจพื้นที่เพื่อนำข้อมูลระบบการปลูกพืช การจัดการตั้งแต่กระบวนการผลิตถึงการเก็บเกี่ยว ใช้ประกอบการประเมินคุณภาพที่ดิน ซึ่งการประเมินคุณภาพที่ดินด้านกายภาพใช้คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินตามหลักการของ FAO Framework ค.ศ.1983 (บัณฑิต และคำณ, 2542)

1.4.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน

วิเคราะห์ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินของแต่ละปี เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ โดยซ้อนทับข้อมูลการใช้ที่ดิน จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 กับขอบเขตพื้นที่ดินดำในจังหวัดนครสวรรค์ เมื่อได้ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำของแต่ละปีแล้ว ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 โดยการซ้อนทับ 2 ชั้นข้อมูลของข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินทั้ง 2 ช่วงปี

1.4.3 การวิเคราะห์ผลผลิตของที่ดิน

การวิเคราะห์ผลผลิตของที่ดิน โดยจัดทำฐานข้อมูลตัวชี้วัดการผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)

1) ตรวจสอบเอกสารและรวบรวมฐานข้อมูลแผนที่ ได้แก่ ผลงานวิจัยต่าง ๆ และแผนที่ขอบเขตการปกครอง พ.ศ. 2552 จากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย เป็นต้น

2) รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและปรับแก้ความถูกต้อง เป็นการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิด MOD17A3H v006 MODIS บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2563 จากเว็บไซต์ <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod17a3hgv006/> ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MOD17A3H v006 MODIS เป็นข้อมูล NPP รายปี

3) ตรวจสอบและจัดทำฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MOD17A3H v006 MODIS สู่อะบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและลบข้อมูลที่ผิดเพี้ยนออกจากภาพ จากนั้นทำการจัดช่วงชั้นข้อมูลค่า NPP ออกเป็น 7 ช่วงชั้น ดังแสดงในตารางที่ 1-1 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP ในแต่ละช่วงชั้นต่อไป

ตารางที่ 1-1 การจัดช่วงชั้นข้อมูลค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)

ช่วงชั้นข้อมูล	ระดับค่า NPP (ตันคาร์บอน/ตารางเมตร)
1	0 - 2.50
2	2.51 - 5.00
3	5.01 - 7.50
4	7.51 - 10.00
5	10.01 - 12.50
6	> 12.51

4) จัดทำฐานข้อมูลเชิงเส้น (vector) เป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการจัดช่วงชั้นข้อมูลแปลงเป็นข้อมูลเชิงเส้นเพื่อใช้ในการซ้อนทับกับฐานข้อมูลอื่น ๆ เช่น ฐานข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน และฐานข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เป็นต้น

5) จัดทำแผนที่ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2563 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไป และคำนวณเนื้อที่ในแต่ละช่วงชั้น

6) วิเคราะห์และประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการซ้อนทับ (overlay) แผนที่ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2563 และใช้ confusion matrix table ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงช่วงชั้นค่า NPP และการคำนวณเนื้อที่

7) จัดระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP (ตารางที่ 1-2) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 1 คือ การเปลี่ยนของช่วงชั้นข้อมูลระดับค่า NPP จากเดิมเป็นช่วงชั้นข้อมูลที่ลดลง โดยกำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม ช่วงชั้นข้อมูลที่ 2 คือ การเปลี่ยนของช่วงชั้นข้อมูลระดับค่า NPP จากเดิมเป็นช่วงชั้นข้อมูลที่สูงขึ้นโดยกำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง และช่วงชั้นข้อมูลที่ 3 คือ พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนระดับของช่วงชั้นข้อมูลระดับค่า NPP โดยกำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และคำนวณเนื้อที่ในแต่ละช่วงชั้น

8) จัดทำแผนที่ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

ตารางที่ 1-2 การจัดระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP

ช่วงชั้นข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงค่า NPP	ตัวชี้วัด
1	ลดลง	พื้นที่เสื่อมโทรม
2	เพิ่มขึ้น	พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง
3	คงที่	พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.4.4 การวิเคราะห์สถานภาพดิน

1) วิเคราะห์ข้อมูลแผนที่ดินมาตราส่วนระดับค่อนข้างละเอียด ให้ทราบถึงการกระจายตัวของดิน สมบัติต่าง ๆ ของดิน พบว่า ดินในขอบเขตพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ที่เข้าเกณฑ์จัดกลุ่มตามลักษณะดินดำ (Black soil) ซึ่งเป็นดินที่มีหน้าดินบนเป็นสีดำ มีอินทรีย์คาร์บอนอยู่มาก ที่ความลึกอย่างน้อย 25 เซนติเมตร (FAO, 2021)

2) การกำหนดจุดสำรวจเก็บตัวอย่างดิน ในพื้นที่ขอบเขตดินดำโดยใช้ข้อมูลการลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลเกษตรกร และแผนที่สภาพการใช้ที่ดินมาตราส่วน 1: 25,000 ปี 2563 ของกองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1: 25,000 (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2561)

3) การสำรวจภาคสนาม เพื่อเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมบริเวณขอบเขตดินดำในจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน ลักษณะตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบรบกวนโครงสร้าง (Disturbed soil) และแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (Undisturbed soil) โดยใช้สว่านเจาะดินและเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกเก็บดิน (core) ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Walkley and Black, 1934) ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Chapman, 1965) ค่าเบสรวมที่สกัดได้ (Extractable bases) ซึ่งประกอบไปด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (National soil survey center, 1996) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation percentage, % BS) โดยคำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมดหารด้วยผลรวมระหว่างปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้กับสภาพกรดที่สกัดได้ (National soil survey center, 1996)

4) จัดทำแผนที่การกักเก็บคาร์บอนในดิน (ต้นคาร์บอนต่อไร่) โดยวิธีประเมินค่าเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) โดยใช้การประมาณค่าของข้อมูลในบริเวณที่ไม่มีข้อมูลโดยอาศัยข้อมูลจากจุดที่ทราบค่าของข้อมูลที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน (Burrough and McDonnell, 1998) เพื่อแก้ปัญหาข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด จากนั้นสร้างสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นสมการทางคณิตศาสตร์หรือวิธีทางธรณีสถิติ (Geostatistics) นำมาใช้ในการจัดทำแผนที่การกักเก็บคาร์บอนในดิน โดยใช้ข้อมูลจุดสำรวจดินที่มีข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินจากข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลจุดเก็บดินในจังหวัดนครสวรรค์โครงการหนึ่งหมู่บ้านหนึ่งจุดเก็บตัวอย่างดิน ปี 2552 และข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างดินของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 (สพข.9) เป็นข้อมูลดินดำปี พ.ศ. 2566 (ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2564 - 2566) โดยใช้วิธีการทำแผนที่ด้วยเทคนิค Random Forest (RF) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่มีการนำเอามาใช้กันอย่างแพร่หลาย เทคนิค RF เป็นหนึ่งในกลุ่มของโมเดลที่เรียกว่า Ensemble learning โดยมีหลักการ คือเป็นการนำโมเดล Regression Tree หลาย ๆ ชุดมาใช้งานร่วมกันเมื่อใช้ข้อมูล (Breiman, 1996) และแบ่งระดับชั้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ปรับปรุงจากเกณฑ์การจัดระดับชั้นของอินทรีย์วัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน

5) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณกักเก็บคาร์บอนในดิน ของปี พ.ศ. 2552 และ 2564 ในรูปแบบตาราง confusion matrix

1.4.5 การประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

การประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN baseline) ของจังหวัดนครสวรรค์จะนำตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัดมาวิเคราะห์ร่วมกัน ประกอบด้วย ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 (Land Use Change: LUC) ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งวิเคราะห์ได้จากข้อมูลการผลิตขั้นปฐมภูมิ (Net Primary Productivity: NPP) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 และตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (Soil Organic Carbon Stock: SOC Stock) โดยใช้ปีฐาน พ.ศ. 2552 และใช้ปีเปรียบเทียบเป็นปี พ.ศ. 2566 นำมาวิเคราะห์ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินภายใต้หลักการ One-out, All-out ดังนี้

- 1) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น (+) จัดเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved)
- 2) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางลดลง (-) จัดเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน (Degradation)
- 3) ถ้าทั้งสามตัวชี้วัดไม่มีการเปลี่ยนแปลง จัดเป็นพื้นที่ไม่เสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน (Stable)

จากหลักการดังกล่าวจะทำให้ทราบพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ และนำไปวิเคราะห์สถานะความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) โดยคำนวณจากสัดส่วนของพื้นที่เสื่อมโทรมต่อพื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ณ ปีฐาน (2552 - 2563) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 ของเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน จากนั้นจะนำพื้นที่เสื่อมโทรมทั้งหมด มาวิเคราะห์ความรุนแรงของการเกิดพื้นที่เสื่อมโทรม เพื่อให้สามารถระบุ hotspot และลำดับความสำคัญของการกำหนดมาตรการในการจัดการที่ดินในระดับพื้นที่ โดยใช้หลักเกณฑ์จากตัวชี้วัด 3 ตัวชี้วัดที่ได้กล่าวไปแล้ว ดังนี้

ระดับความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของที่ดิน

ระดับรุนแรงน้อย (slightly)

ระดับรุนแรงปานกลาง (moderately)

ระดับรุนแรงมาก (severely)

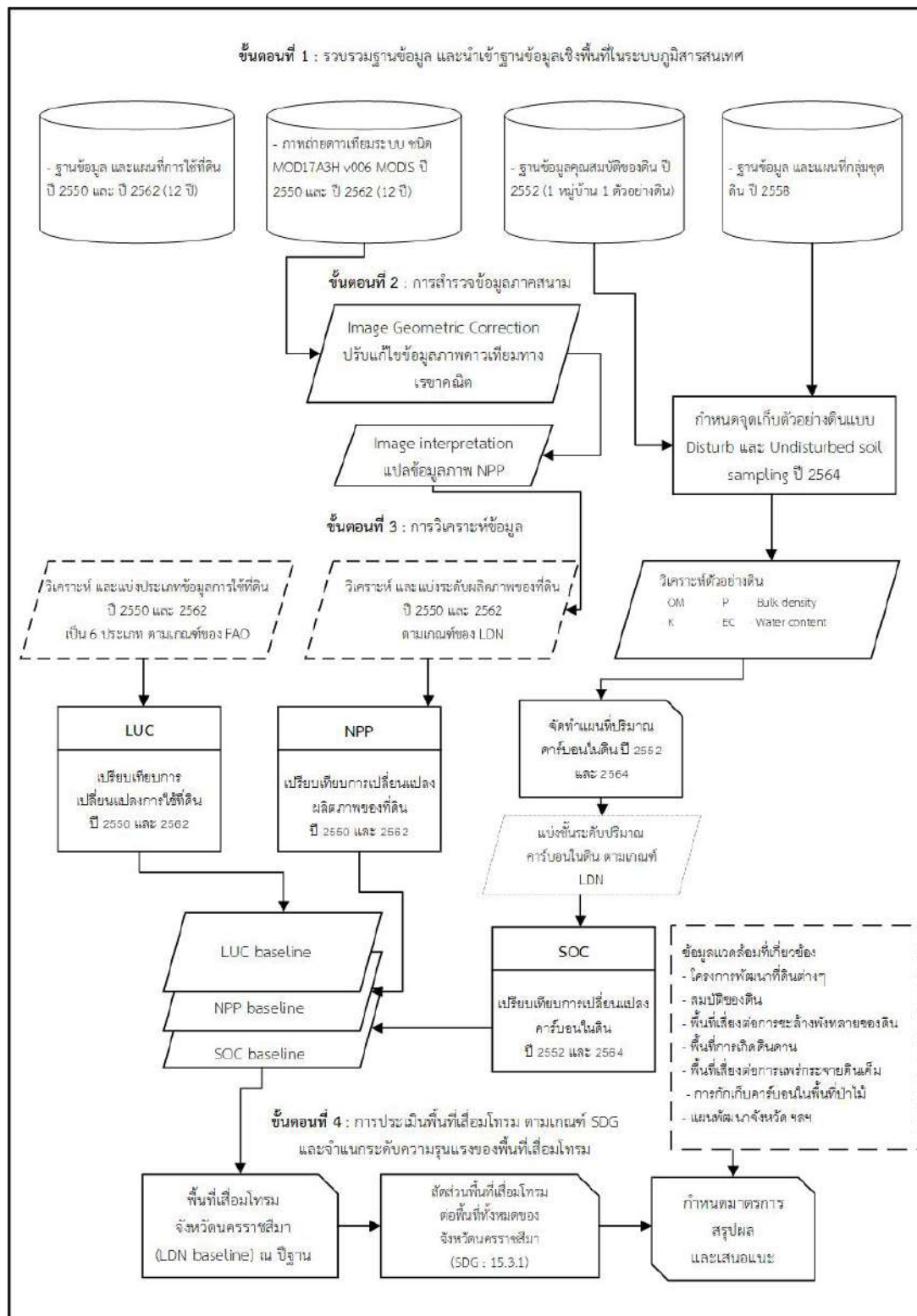
เกณฑ์แบ่งระดับ

พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัด 1 ตัวชี้วัด

พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัด 2 ตัวชี้วัด

พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัด

ผลจากการประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) ในจังหวัดนครสวรรค์ จะนำไปกำหนดมาตรการในการจัดการที่ดินในระดับพื้นที่ต่อไป ซึ่งฐานข้อมูลที่น่ามาใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของที่ดิน และขั้นตอนวิธีการในการประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของที่ดิน ตามเกณฑ์ประเมินของ LDN แสดงไว้ในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ขั้นตอน และวิธีการประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดิน ตามเกณฑ์ LDN

1.4.6 การวิเคราะห์สถานภาพความเหมาะสมการใช้ที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำ

การวิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมของข้อมูลทางกายภาพโดยใช้ข้อมูลหน่วยที่ดินประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมาประกอบ เพื่อประเมินความเหมาะสมของหน่วยที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจที่พบมากในพื้นที่ การประเมินความเหมาะสมของที่ดินด้านกายภาพ โดยนำประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Utilization Types : LUTs) มาร่วมประเมินความเหมาะสมของที่ดินของแต่ละหน่วยที่ดิน (Land Unit : LU)

(1) คุณภาพที่ดิน (Land Quality : LQ) คือ สมบัติของหน่วยที่ดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช คุณภาพที่ดินอาจประกอบด้วยคุณลักษณะที่ดิน (Land characteristic) ตัวเดียวหรือหลายตัวก็ได้ ซึ่งคุณภาพที่ดินที่นำมาใช้ประเมินชั้นความเหมาะสมทางกายภาพสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ มีดังนี้

ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Moisture availability, m) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบปี หรือความต้องการน้ำในช่วงการเจริญเติบโตของพืช

ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (Oxygen availability, o) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ สภาพการระบายน้ำของดิน

ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (Nutrient availability, s) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (Nutrient retention capacity, n) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และความอิ่มตัวเบส (BS)

สภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting conditions, r) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความลึกของดิน ชั้นการหยั่งลึกของรากพืช (Root penetration class)

สารพิษ (Soil toxicities : z) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ค่าพีเอชของดิน

ความเสียหายจากการกัดกร่อน (Erosion hazard, e) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความลาดชันของพื้นที่

ศักยภาพการใช้เครื่องจักร (Potential for mechanization : w) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความลาดชันของพื้นที่

สภาวะการเขตกรรม (Soil workability : k) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน คือ ความลาดชันของพื้นที่

(2) ความต้องการของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Requirement : LUR) แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

(2.1) ความต้องการด้านพืช (Crop requirements) คือ ความต้องการปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยคุณภาพที่ดิน ดังนี้ ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร สภาวะการหยั่งลึกของราก และความชื้นในอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

(2.2) ความต้องการด้านการจัดการ (Management Requirements) เป็นความต้องการที่เกษตรกรต้องการด้านเครื่องจักรกล ที่ต้องใช้ในการเตรียมดิน การเขตกรรม ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยคุณภาพที่ดิน ดังนี้ สภาวะการเขตกรรม และศักยภาพการใช้เครื่องจักรกล

(2.3) ความต้องการด้านการอนุรักษ์ (Conservation Requirements) เป็นความต้องการเพื่อให้สามารถใช้ที่ดินได้อย่างยั่งยืน โดยไม่ทำให้คุณภาพของที่ดิน หรือสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อันเนื่องมาจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความต้องการด้านนี้จำเป็นต้องมีมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำให้เหมาะสม

กับพื้นที่นั้นๆ ความต้องการด้านนี้ประกอบด้วยปัจจัยคุณภาพที่ดินเพียงปัจจัยเดียว คือ ความเสียหายจากการกัดกร่อน

(3) การจำแนกชั้นความเหมาะสมของหน่วยที่ดินด้านกายภาพ (Land Suitability Classification)

จำแนกชั้นความเหมาะสมด้านกายภาพ (รูปที่ 1-2)

จากหลักการของ FAO Framework ได้จำแนกอันดับความเหมาะสมของที่ดิน

เป็น 2 อันดับ (Order) คือ

อันดับที่เหมาะสม (Order S, Suitability)

อันดับที่ไม่เหมาะสม (Order N, Not suitability)

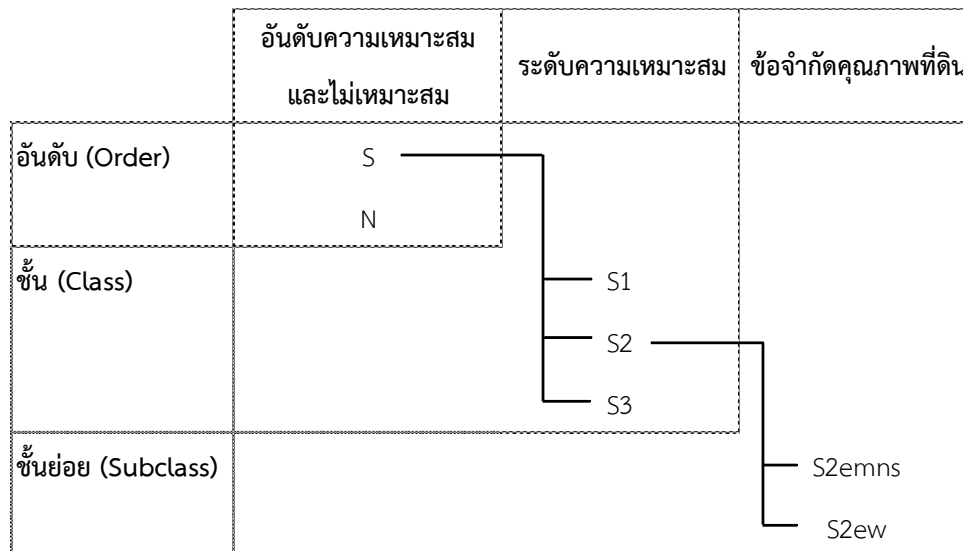
และจาก 2 อันดับที่ได้สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 4 ชั้น ดังนี้

S1 : ชั้นที่มีความเหมาะสมสูง (Highly suitable)

S2 : ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (Moderately suitable)

S3 : ชั้นที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (Marginally suitable)

N : ชั้นที่ไม่มีความเหมาะสม (Not suitable)



รูปที่ 1-2 อันดับความเหมาะสมของที่ดินรวม

ที่มา : ปรับปรุงจาก บัณฑิต และคำณ (2542)

1.4.7 การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ดินดำ มีขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลพหุติภูมิจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการศึกษาคาดการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 โดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังนี้

(1) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 จังหวัดนครสวรรค์ มาตราส่วน 1: 25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(2) เส้นลำน้ำ จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(3) เส้นชั้นความสูงระยะห่าง 20 เมตร จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(4) แผนที่ชุดดิน (Soil Group) มาตราส่วน 1: 25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (เนื้อดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การระบายน้ำ)

(5) ปริมาณน้ำฝนรายปีจำนวน 30 ปี (พ.ศ. 2535-2565) จากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 บริเวณขอบเขตพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังนี้

(1) จัดการข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ โดยการสร้างแฟ้มข้อมูลและแบ่งหมวดหมู่ประเภทการใช้ที่ดิน ตามการจำแนกการใช้ที่ดินระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 3 ของกรมพัฒนาที่ดิน ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งหมวดหมู่การใช้ที่ดิน ที่พิจารณาตามพื้นที่พืชเศรษฐกิจหลักในขอบเขตพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ ทั้งหมด 12 ประเภทการใช้ที่ดิน ได้แก่ นาข้าว (A101) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (A202) อ้อย (A203) มันสำปะหลัง (A204) ไม้ยืนต้น (A3) สัก (A305) ไม้ผล (A4) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ (A) ป่าไม้ (F) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W)

(2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยนำข้อมูลประเภทการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial analysis) โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลใน Overlay toolsets ใน Analysis tools แสดงผลในรูปแบบตารางวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Transition matrix) และแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

(3) คำนวณขนาดพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท และขนาดพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพร้อมทั้งจัดทำตารางสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3) ศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต (พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583) โดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ทำการศึกษาภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 โดยใช้แผนที่การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 บริเวณขอบเขตพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ เป็นฐานในการคาดการณ์ร่วมกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งหมด 11 ปัจจัย (ปัจจัยทางด้านกายภาพและปัจจัยสิ่งแวดล้อม) ในพื้นที่ ดังนี้ 1. ความสูง 2. ความลาดชัน 3. ทิศด้านลาด 4. ระยะห่างจากถนน 5. ระยะห่างจากหมู่บ้าน 6. ระยะห่างจากแหล่งรับซื้อทางการเกษตร 7. ระยะห่างจากลำน้ำ 8. ปริมาณน้ำฝน 9. เนื้อดิน 10. การระบายน้ำ 11. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งการเตรียมข้อมูล เพื่อนำเข้าแบบจำลอง Dyna-CLUE มีขั้นตอน ดังนี้

(1) การเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง Dyna-CLUE ใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการแปลงข้อมูลจากข้อมูลแสดงทิศทางที่มีลักษณะเป็นแบบจุด เส้นและพื้นที่ (Vector) และข้อมูลในรูปแบบกริดไฟล์ (Raster) ขนาดกริดไฟล์เท่ากับ 50x50 เมตร และรูปแบบข้อความหรือ Ascii file ทั้งนี้ การนำข้อมูลเข้าแบบจำลองนั้น ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน และส่วนที่สองเป็นข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนี้

(1.1) ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน

เตรียมข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินโดยทำการจัดกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 ออกเป็น 12 ประเภท ได้แก่ นาข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง ไม้ยืนต้น สัก ไม้ผล พื้นที่เกษตรอื่น ๆ ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ หลังจากนั้นทำการแปลงเป็นข้อมูลแบบ Raster โดยใช้คำสั่ง Feature to raster แล้วแปลงข้อมูลจากแบบ Raster ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อความ (Ascii file) โดยใช้คำสั่ง Raster to ascii ใน From raster toolsets ซึ่งอยู่ใน Conversion tools

(1.2) ข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

(1.2.1) ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) โดยนำข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) ขนาด 20 เมตร และเส้นลำน้ำมาสร้างเป็นแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข ขนาด 50 เมตร โดยใช้คำสั่ง Topo to raster ใน Interpolate toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial analyst tools

(1.2.2) ข้อมูลความลาดชัน (Slope) และข้อมูลทิศด้านลาด (Aspect) นำข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลขที่ได้จาก ข้อ (1.2.1) มาใช้โดยผ่านคำสั่ง Slope และคำสั่ง Aspect ใน Surface toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial analyst tools เพื่อเตรียมข้อมูลความลาดชันในหน่วยร้อยละ และข้อมูลทิศด้านลาด ตามลำดับ

(1.2.3) ข้อมูลเส้นลำน้ำ (Stream line) ข้อมูลระยะห่างจากถนน (Distance from road) ข้อมูลระยะห่างจากหมู่บ้าน (Distance from village) ข้อมูลแหล่งรับซื้อทางการเกษตร (Distance from Agricultural product trading) มากำหนดระยะห่างต่อการเข้าถึงในพื้นที่เพื่อการใช้ที่ดิน โดยใช้คำสั่ง Euclidean distance ใน Distance toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial analyst tools

(1.2.4) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (Average rainfall) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตก บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ทั้งหมด 15 สถานี (ตารางผนวกที่ 1) ตั้งแต่ พ.ศ. 2535-2565 ของแต่ละสถานีมาคำนวณปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธีการ Inverse Distance Weighting (IDW) (รูปผนวกที่ 1)

(1.2.5) ข้อมูลเนื้อดิน (Soil texture) ข้อมูลการระบายน้ำ (Drainage) ข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Fertility) นำข้อมูลเนื้อดินบนที่พบบริเวณพื้นที่ดินดำนาคาตามค่าตามลักษณะของเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 2 ถึงตารางผนวกที่ 4)

(1.2.6) นำข้อมูล Raster ที่ได้จากข้อ (1.2.1) – (1.2.5) มาแปลงเป็นข้อมูล Ascii file โดยใช้คำสั่ง Raster to ascii ใน From raster toolsets ซึ่งอยู่ใน Conversion tools

(1.2.7) ข้อมูลความต้องการในการใช้ที่ดินในอนาคตคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินในอนาคต โดยทำการคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินจากตาราง Microsoft excel ซึ่งนำค่าข้อมูลการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 และค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 ที่ได้

จากการวิเคราะห์ตามข้อ 2) เป็นฐานในการคำนวณการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583

(2) การกำหนดชื่อและนามสกุลให้ตรงกับที่แบบจำลอง Dyna-CLUE กำหนด

การเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง Dyna-CLUE นั้น ต้องจัดข้อมูลการใช้ที่ดิน และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Driving force factors) ให้อยู่ในรูปแบบข้อความ หรือ Ascii file โดยกำหนดชื่อ และนามสกุลให้ตรงกับที่แบบจำลอง Dyna-CLUE กำหนดไว้ ดังตารางที่ 1-3 และมีขั้นตอนการเตรียมไฟล์ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 1-3 ชื่อและนามสกุลของแบบจำลอง Dyna-CLUE

ไฟล์ (file)	คำอธิบาย (Explanation)
alloc.reg	แฟ้มข้อมูลเก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากสมการ logistic regression
region.fil	แฟ้มข้อมูล ascii ของชั้นข้อมูลตำแหน่งพื้นที่คุ้มครองในพื้นที่ศึกษา
SC*GR	แฟ้มข้อมูล ascii ของชั้นข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน
allow.txt	แฟ้มข้อมูลกำหนดลำดับในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
cov_all.0	แฟ้มข้อมูล ascii ของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา
main.1	แฟ้มข้อมูลกำหนดสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา
demand.0	แฟ้มข้อมูลกำหนดปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา

ที่มา: คมสัน (2550)

(2.1) หาความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามที่ได้จัดเตรียมไว้ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยคำสั่ง Logistic regression จากนั้นนำค่าคงที่ a และค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินกับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำเข้าในแบบจำลอง

(2.2) สร้างแฟ้มข้อมูล Ascii ของชั้นข้อมูลพื้นที่คุ้มครอง (Region.fil) ซึ่งเตรียมจากแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2563 โดยกำหนดให้เป็นพื้นที่คุ้มครอง อุทยาน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินอื่นได้ แต่พื้นที่อื่นทั้งหมดอนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินอื่นได้ โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0

(2.3) สร้างแฟ้มข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (allow.txt) ซึ่งเป็นแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดลำดับในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่หมู่บ้านไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินเป็นประเภทอื่นได้ โดยกำหนดประเภทการใช้ที่ดินที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินอื่นได้ให้มีค่าเท่ากับ 0 และในพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนเป็นพื้นที่หมู่บ้านหรือพื้นที่แหล่งน้ำได้ ซึ่งกำหนดประเภทการใช้ที่ดินที่สามารถเปลี่ยนเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินอื่นได้ให้มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งนี้ ขอยกตัวอย่างลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังตารางที่

ตารางที่ 1-4 แฟ้มลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่หมู่บ้าน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ทุ่งหญ้า
พื้นที่หมู่บ้าน	1	0	0	0
พื้นที่เกษตร	1	1	0	1
พื้นที่ป่าไม้	1	1	1	1
พื้นที่ทุ่งหญ้า	1	1	1	1

(2.4) สร้างแฟ้มข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (cov_all.0) โดยกำหนดรหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยแปลงข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในรูปแบบกริดไฟล์ ให้เป็นไฟล์ในรูปแบบ Ascii ซึ่งกำหนดรหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 รหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	รหัสการใช้ที่ดิน
1) นาข้าว	0 (cov_all.0)
2) ข้าวโพด	1 (cov_1.0)
3) อ้อย	2 (cov_2.0)
4) มันสำปะหลัง	3 (cov_3.0)
5) ไม้ยืนต้น	4 (cov_4.0)
6) สัก	5 (cov_5.0)
7) ไม้ผล	6 (cov_6.0)
8) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	7 (cov_7.0)
9) พื้นที่ป่าไม้	8 (cov_8.0)
9) พื้นที่เบ็ดเตล็ด	9 (cov_9.0)
10) พื้นที่หมู่บ้านและสิ่งปลูกสร้าง	10 (cov_10.0)
11) พื้นที่แหล่งน้ำ	11 (cov_11.0)

(2.5) สร้างแฟ้มข้อมูล Ascii สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (SC*GR*) โดยนำไฟล์ปัจจัยที่เตรียมไว้ทั้งหมด มาเปลี่ยนชื่อให้ตรงกับรูปแบบที่แบบจำลองกำหนดไว้ ดังนี้

(2.5.1) กำหนดให้ความสูงเป็นปัจจัยตัวที่ 1 ชื่อว่า SC1GR0

(2.5.2) กำหนดให้ความลาดชันเป็นปัจจัยตัวที่ 2 ชื่อว่า SC1GR1

(2.5.3) กำหนดให้ทิศด้านลาดเป็นปัจจัยตัวที่ 3 ชื่อว่า SC1GR2

(2.5.4) กำหนดให้ระยะห่างจากถนนเป็นปัจจัยตัวที่ 4 ชื่อว่า SC1GR3

(2.5.5) กำหนดให้ระยะห่างจากหมู่บ้าน เป็นปัจจัยตัวที่ 5 ชื่อว่า SC1GR4

(2.5.6) กำหนดให้ระยะห่างจากแหล่งรับซื้อทางการเกษตร เป็นปัจจัยตัวที่ 6
ชื่อว่า SC1GR5

(2.5.7) กำหนดให้ระยะห่างจากลำน้ำเป็นปัจจัยตัวที่ 7 ชื่อว่า SC1GR6

(2.5.8) กำหนดให้ปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยตัวที่ 8 ชื่อว่า SC1GR7

(2.5.9) กำหนดให้เนื้อดิน เป็นปัจจัยตัวที่ 9 ชื่อว่า SC1GR8

(2.5.10) กำหนดให้การระบายน้ำ เป็นปัจจัยตัวที่ 10 ชื่อว่า SC1GR9

(2.5.11) กำหนดให้ความอุดมสมบูรณ์ดิน เป็นปัจจัยตัวที่ 11 ชื่อว่า SC1GR10

(2.6) สร้างแฟ้มข้อมูล Main parameter ซึ่งเป็นแฟ้มข้อมูลที่กำหนดสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา รวมทั้งข้อกำหนดต่าง ๆ ที่แบบจำลองกำหนดดังตารางที่ 1-6 และเปลี่ยนชื่อให้ตรงกับรูปแบบที่แบบจำลองกำหนดไว้ คือ main.1

ตารางที่ 1-6 โครงสร้างของไฟล์ Main parameter

แถวที่	คำอธิบาย	รูปแบบ
1	จำนวนประเภทของการใช้ที่ดิน	integer
2	จำนวนพื้นที่ที่ศึกษา	integer
3	จำนวนตัวแปรอิสระที่มีมากที่สุดที่อยู่ในสมการ	integer
4	จำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมด	integer
5	จำนวนแถวทั้งหมดของข้อมูล	integer
6	จำนวนคอลัมน์ทั้งหมดของข้อมูล	integer
7	ขนาดของ grid cell	float
8	ค่าพิกัด X	float
9	ค่าพิกัด Y	float
10	ตัวเลขนัยสของประเภทการใช้ที่ดิน	integers
11	ความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลง	float
12	ตัวแปรอิสระในการวนซ้ำ	float
13	ปีที่เริ่มต้นและปีสุดท้ายที่ทำการศึกษา	integers
14	จำนวนตัวแปรและปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละปี	integers
15	ประเภทของรูปแบบผลลัพธ์ที่แสดงผล	1, 0, -2, or 2
16	การกำหนดเงื่อนไขของ region	0, 1, or 2
17	ค่าเริ่มต้นของการใช้ที่ดินในอดีต	0, 1, or 3
18	เงื่อนไขการคำนวณพื้นที่ข้างเคียง	0, 1, or 4
19	พื้นที่เฉพาะเพิ่มเติม (พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ, พื้นที่ป่าอนุรักษ์)	integers

ที่มา: Verburg *et al.* (2006)

(2.7) ทำการแปลงไฟล์ความต้องการในการใช้ที่ดิน (Land demand) ตามเงื่อนไขการใช้ที่ดินในอนาคตตามค่าสัดส่วนการใช้ที่ดิน ที่ได้จากการคำนวณเป็นสกุล .txt และแปลงเป็นชื่อและนามสกุลตามที่แบบจำลองกำหนด คือ demand.in1 กรณีที่มีความต้องการในการใช้ที่ดินตามเงื่อนไข

การใช้ที่ดินอันดับแรก และ demand.in2 กรณีที่มีความต้องการในการใช้ที่ดินตามเงื่อนไขการใช้ที่ดินอันดับสอง และตั้งชื่อตามแต่ละอันดับของเงื่อนไขการใช้ที่ดินในอนาคต

(2.8) ทำการประมวลผล โดยนำเข้าไฟล์แฟ้มข้อมูลการใช้ที่ดินและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตลอดจนความต้องการในการใช้ที่ดิน ในอนาคตที่ได้ทำการกำหนดชื่อและนามสกุลให้ตรงกับแบบจำลอง แล้วทำการประมวลผลและคำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และโปรแกรม Microsoft Excel หลังจากนั้นวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และจัดทำรายงานสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการคาดการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์

(3) การตรวจสอบความถูกต้องและการทวนสอบของแบบจำลอง

(3.1) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Calibration) โดยการนำข้อมูลการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันเทียบกับข้อมูลที่เกิดจากการคาดการณ์จากการใช้แบบจำลองนำข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน ตรวจสอบความถูกต้องและเปรียบเทียบความผิดพลาดของแบบจำลอง ซึ่งใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 เป็นฐานในการคาดการณ์การใช้ที่ดิน โดยให้แบบจำลองประมวลผลไปยังการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 หลังจากนั้น จึงนำแผนที่การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองมาซ้อนทับ (Overlay) กับแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และตรวจสอบผลการคาดการณ์ของแบบจำลอง โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Stratified random sampling ซึ่งพิจารณาจากทั้งหมด 12 ประเภทการใช้ที่ดินที่ได้จากการคาดการณ์ และขนาดพื้นที่ของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินกระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ โดยกำหนดจุดตัวอย่างไว้ทั้งสิ้น 500 จุด จากนั้นนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน แล้วทำการประเมินความถูกต้อง (Accuracy assessment) ด้วยวิธี Confusion matrix แล้วคำนวณความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ของอัตราส่วนจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องตรงกัน ทั้งนี้ กำหนดความน่าเชื่อถือของพื้นที่ที่ตรงกันไว้ที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) จากนั้นวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Kappa coefficient) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรที่ใช้ในการประเมินความถูกต้อง ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ค่าความสอดคล้องของความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบกับข้อมูลที่ใช้อ้างอิงซึ่งเป็นการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องโดยรวม

(3.2) การยืนยันความถูกต้องแบบจำลอง (Validation) โดยการนำข้อมูลการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันคือ ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดินร่วมกับปัจจัยทางด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Calibration) มาใช้เป็นฐานในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2566 สุ่มจุดตัวอย่างจากทั้งหมด 12 ประเภทการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อใช้ในการสำรวจการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่เป็นปัจจุบัน (ภาคสนาม) ทั้งนี้ การยืนยันความถูกต้องแบบจำลองนั้นเป็นการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองว่า มีประสิทธิภาพเพียงพอที่ใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตต่อไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ดินดำ (Black Soil) เป็นดินที่มีคุณค่าสูงมาก บางพื้นที่อยู่ในภาวะเสื่อมโทรม ต้องได้รับการปกป้องในระดับโลก (สถิระ และคณะ, 2563) จากข้อมูลของ FAO (2021) มีการใช้เกณฑ์เพื่อพิจารณาสมบัติของดินดำ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ดินดำประเภทที่ 1 เป็นดินที่มีคุณค่าสูงมาก หรือตกอยู่ในภาวะเสื่อมโทรม ต้องได้รับการปกป้องในระดับโลก มีคุณสมบัติ ดังนี้

- (1) สีดำหรือสีเข้มมาก มีค่าสี (value) และค่ารงค์ (chroma) ไม่มากกว่า 3
- (2) ความหนาของชั้นดินที่มีสีดำ อย่างน้อย 25 เซนติเมตร
- (3) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มากกว่า 0.6 เปอร์เซ็นต์
- (4) ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ไม่น้อยกว่า 25 เซนติโมลต่อกิโลกรัม
- (5) ค่าความอิ่มตัวด้วยเบส (BS) ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

2) ดินดำประเภทที่ 2 เป็นดินที่ต้องได้รับการปกป้องในระดับชาติ มีคุณสมบัติ ดังนี้

- (1) สีดำหรือสีเข้มมาก มีค่าสี (Value) และค่ารงค์ (Chroma) ไม่มากกว่า 3
- (2) ความหนาของชั้นดินที่มีสีดำ อย่างน้อย 25 เซนติเมตร
- (3) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มากกว่า 0.6 เปอร์เซ็นต์

ปัจจุบัน ดินดำเริ่มถูกคุกคาม (ศันสนีย์, 2565) จึงต้องมีการบริหารจัดการพื้นที่ดินดำ เพื่อให้คงไว้ซึ่งแหล่งที่มีผลิตภาพสูงสุด

2.1 การบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ระดับโลก

ดินดำทั่วโลกมีเนื้อที่ประมาณ 725 ล้านเฮกตาร์ (ประมาณ 4,531 ล้านไร่) โดยสหพันธรัฐรัสเซีย มีพื้นที่ดินดำคิดเป็นเนื้อที่มากที่สุด รองลงมาคือ คาซัคสถาน และจีน ตามลำดับ การกระจายตัวของดินดำมีความสัมพันธ์อย่างมากกับระบบนิเวศทุ่งหญ้าพื้นเมือง รวมถึงระบบนิเวศทุ่งหญ้าอื่น ๆ ที่มีภูมิอากาศแบบภาคพื้นทวีป สำหรับทวีปอเมริกา พบดินดำมากในละติจูดกลางของทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และอเมริกาใต้ และพบได้น้อยในเขตร้อน ดินดำในระดับโลก ถูกปกคลุมไปด้วยพืชพรรณต่าง ๆ ทุ่งหญ้าและป่าไม้ อย่างไรก็ตามการกระจายนี้จะแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค ปัจจุบันดินดำมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการเสื่อมโทรมอย่างรุนแรง เหตุผลดังกล่าวจึงนำไปสู่การเพิ่มการตระหนักรู้และความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับสถานภาพของดินดำที่มีอยู่ทั่วโลก รวมถึงการกระจายตัวของดินดำในระดับชาติและระดับโลก ในระหว่างการประชุมเชิงปฏิบัติการเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศ (INBS) ครั้งที่สองในปี 2562 สมาชิกเครือข่ายดินดำได้หารือและตกลงที่จะจัดทำแผนที่ดินดำทั่วโลก (GBSmap) โดยประเทศสมาชิกใช้แนวทางที่ขับเคลื่อนโดยอ้างอิงตามคำจำกัดความของดินดำที่ได้รับการรับรอง มีการจัดการฝึกอบรมสองครั้งใน ปี 2020-2021 เพื่อสนับสนุนสมาชิก INBS ในการจัดทำแผนที่ระดับชาติของตน โดยเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศใน 14 ประเทศ ที่ผ่านการฝึกอบรมได้มีการจัดทำแผนที่การกระจายดินดำระดับชาติของแต่ละประเทศเสนอต่อคณะกรรมการ INBS (FAO, 2023)

ในบรรดาดินในแหล่งกำเนิดของอินเดีย ดินดำที่พบในพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยลาวาเป็นดินที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด ดินเหล่านี้มักเรียกกันว่า Regur หรือดินฝ้ายสีดำ เนื่องจากฝ้ายเป็นพืชดั้งเดิมที่พบได้บ่อยที่สุดในพื้นที่ที่พบดินเหล่านั้น ดินสีดำเป็นอนุพันธ์ของลาวา และส่วนใหญ่กระจายไปทั่วรัฐต่าง ๆ ของประเทศอินเดีย บนที่ราบสูงลาวา Deccan และที่ราบสูงมัลลว ซึ่งมีฝนตกปานกลางและมีหินบะซอลต์อยู่ด้านล่าง เนื่องจากมีดินเหนียวสูง ดินสีดำจึงเกิดรอยแตกกว้างในช่วงฤดูแล้ง แต่โครงสร้างเม็ดดินที่อุดมด้วยธาตุเหล็กทำให้ทนทานต่อลมและการกัดกร่อนของน้ำ มีอิทธิพลต่ำ แต่ก็เก็บความชื้นได้สูง จึงตอบสนองต่อการชลประทานได้ดี ดินเหล่านี้ยังพบได้ในบริเวณรอบนอกหลายแห่งที่หินบะซอลต์ที่อยู่เบื้องล่าง และถูกย้ายจากตำแหน่งเดิมโดยกระบวนการทางน้ำ (Britannica, 2023)

การบริหารจัดการดินดำในประเทศอินเดีย มีการส่งเสริมการบริหารจัดการเพื่อแก้ไขปัญหาแก่เกษตรกร โดยเกษตรกร และนักวิจัยของอินเดียมีองค์ความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการดินดำ มีการจัดการทรัพยากรในลุ่มน้ำขนาดเล็กเพื่อรักษาความชื้นและลดการกัดเซาะ มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณปานกลาง ตามด้วยการหยอดข้าวฟ่างหรือข้าวโพดสองแถว และปลูกถั่วพื้เขียวเป็นพืชแซม ใช้พันธุ์ต้านทานโรค มีการเพาะปลูกสวน ขวางทางลาดชันในแปลงปลูกข้าวฟ่างในพื้นที่ดินดำสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวฟ่างได้มากกว่าการปลูกข้าวฟ่างตลอดทั้งฤดูกาลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากช่วยกักน้ำท่าและลดการกัดเซาะหน้าดินในแปลงปลูกข้าวฟ่าง นอกจากนี้ ยังมีการคลุมดินในแนวตั้งโดยการเก็บตอซังข้าวฟ่างไว้คลุมดินในแนวตั้งในร่องลึก 40 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร และยื่นออกมาเหนือระดับพื้นดิน 10 เซนติเมตร ช่วยเพิ่มความชื้นในดินที่มีอยู่ 4-5 เซนติเมตร วิธีการดังกล่าว สามารถปรับปรุงผลผลิตเมล็ดพืชได้มาก นอกจากนี้ยังมีการวิจัยอื่น ๆ ที่แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชไร่สลับกับพืชตระกูลถั่ว สามารถเพิ่มผลผลิตพืชหลักในพื้นที่ดินดำของประเทศอินเดีย

การบริหารจัดการดินดำในประเทศจีน สำหรับดินดำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน ถือเป็นหนึ่งในดินที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดในประเทศ อย่างไรก็ตามพืชพรรณในพื้นที่ดินดำอยู่ในสภาพวิกฤตเนื่องจากมีการผลิตอย่างเข้มข้นหลายปี และมีการใช้ปุ๋ยมากเกินไป ปัจจุบันจีนจึงใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว (Erik and Nicholas, 2020) ปัญหาอื่น ๆ ที่พบในดินดำของประเทศจีน พบว่าการถนอมดินมากเกินไป ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารในดิน และปัจจุบันดินดำในพื้นที่ต่าง ๆ กำลังเสื่อมโทรมลงส่งผลให้เกิดภัยคุกคามต่อความมั่นคงทางนิเวศวิทยาของประเทศและการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืน ประเทศจีนจึงมีการออกกฎหมายใหม่เพื่อปกป้องดินดำเป็นส่วนหนึ่งของความพยายามในการรับรองความมั่นคงด้านอาหาร (ธัญพืช) ของประเทศ และปกป้องระบบนิเวศ กฎหมายดังกล่าวมีความจำเป็นสำหรับมาตรการของประเทศ ที่ออกแบบมาเพื่อปกป้องดินดำโดยเฉพาะ เนื่องจาก พบว่าดินดำหรือดินเซอร์โนเซมที่พบในมณฑลต่าง ๆ ของจีน และในบางส่วนของเขตปกครองตนเองมองโกเลีย ก่อให้เกิดผลผลิตประมาณร้อยละ 25 ของผลผลิตธัญพืชทั้งหมดของประเทศ ทำให้มีความสำคัญต่อการจัดหาอาหารของจีน (Wen and Liang, 2001)

2.2 การบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ประเทศไทย

ประเทศไทย ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกสมัชชาความร่วมมือด้านทรัพยากรดินแห่งเอเชีย (Asian Soil Partnership: ASP) ภายใต้องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) โดยมีกรมพัฒนาที่ดินเป็นผู้ประสานงานหลัก ซึ่งต้องดำเนินการผลักดันและขับเคลื่อนการจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืนในระดับประเทศ เพื่อมุ่งสู่การบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) และสอดคล้องกับกฎบัตรดินโลก (World Soil Charter: WSC) ที่มุ่งเน้นให้มีการดำเนินงานที่ปรับตัวต่อประเด็นความท้าทายในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจ สังคม การใช้ที่ดินและภูมิอากาศ (สทริระ และคณะ, 2563) ซึ่ง FAO (2021) ได้กำหนดแผนงานโครงการจัดทำแผนที่ดินดำของโลก (World Black Soil Map) โดยความร่วมมือของประเทศสมาชิก ทั้งนี้ FAO ได้จัดฝึกอบรมแนวคิดและวิธีการจัดทำแผนที่ ผ่านระบบ Zoom เมื่อวันที่ 9-11 ธันวาคม พ.ศ. 2563 และมอบหมายให้แต่ละประเทศจัดทำแผนที่ดินดำ ซึ่งประเทศไทย โดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติดินของชุดดินตัวแทน (Representative soil series) ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของดินดำ ประเภทที่ 1 และ 2 (Nuntapon, 2022)

2.3 ข้อมูลพื้นฐานพื้นที่ดำเนินการ

2.3.1 ธรณีสัณฐานจังหวัดนครสวรรค์

ธรณีสัณฐานและวัตถุดินกำเนิดดินที่พบในจังหวัดนครสวรรค์ แบ่งออกเป็นได้หมวดหมู่ ดังนี้

1) ที่ราบตะกอนน้ำพา (Alluvial plain) เป็นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ เป็นที่ราบขนาดใหญ่สองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปิง และแม่น้ำน่าน ในฤดูน้ำหลากน้ำจะไหลท่วมสองฝั่งแม่น้ำ และนำเอาตะกอนพัดมาทับถมในบริเวณดังกล่าว วัตถุดินกำเนิดดินบริเวณนี้จะเป็นตะกอนน้ำพา (Alluvium) บริเวณดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้ 2 พื้นที่ดังนี้

(1) พื้นที่สันดินริมน้ำ (Levee) เป็นสันดินธรรมชาติที่เกิดขึ้นเพราะแม่น้ำลำธารพาตะกอนมาทับถมริมฝั่งในระหว่างหน้าน้ำหลาก เมื่อระดับน้ำลดลง ตะกอนที่ทับถมนั้นเกิดเป็นสันดินยาวขนานไปตามริมแม่น้ำ

(2) พื้นที่ลุ่มต่ำหลังสันดินริมน้ำ เป็นที่ลุ่มน้ำท่วมสองฝั่งแม่น้ำ โดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากน้ำพัดพาตะกอนมาทับถม เกิดเป็นพื้นที่ลุ่มหรือบึงขนาดใหญ่

2) เนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan) เป็นเนินที่เกิดจากการทับถมหรือสะสมตัวของตะกอนในบริเวณที่มีการเปลี่ยนระดับของทางน้ำจากหุบเขาชันและแคบลงสู่ที่ราบ ทำให้ความเร็วของกระแส น้ำลดลง ตะกอนจึงตกสะสมในลักษณะกระจายตัวออกไปรอบข้างเป็นรูปพัดหรือรูปกรวย

3) พื้นที่ที่มีการเกลี่ยผิวแผ่นดิน (Denudation surface) เป็นพื้นที่ที่มีกระบวนการต่าง ๆ ตามธรรมชาติที่ทำให้เกิดการลดระดับของผิวแผ่นดิน ได้แก่ การสลายตัวผุพังอยู่กับที่ การชะล้างพังทลาย การพัดพา และการทับถม

4) พื้นที่ผิวที่เหลือนจากการกร่อน (Erosion surface) เป็นสภาพพื้นที่หรือภูมิลักษณะของพื้นผิวดินภายหลังการกร่อน ซึ่งเกิดจากการกระทำของน้ำ หรือลม โดยทั่วไปเกิดจากการไหลของน้ำ วัตถุดินกำเนิดดินที่อยู่ในบริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุตกค้างและเศษหินเชิงเขาของหินชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น หินแกรนิต หินดินดาน หินฟิรไลต์ หินทราย หินควอร์ตไซต์ หินไรโอไรต์ และหินแอนดีไซต์ เป็นต้น

มอลลิซอลส์ (Mollisols) เป็นดินที่มีชั้นดินบนหรือผิวดินที่หนา ออกสีคล้ำจนถึงดำ มีโครงสร้างของดินดี มีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง เนื้อดินมีลักษณะร่วนซุย และนุ่มมือเมื่อสัมผัส พบได้ทั้งในพื้นที่ลุ่มและที่ดอน โดยเฉพาะในบริเวณที่วัตถุต้นกำเนิดดินสามารถสลายตัวให้ธาตุที่เป็นต่างในปริมาณที่สูง พืชพรรณธรรมชาติเป็นทุ่งหญ้า ภายใต้สภาพอากาศที่มีช่วงแห้งแล้ง ซึ่งไม่ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการชะล้างอย่างต่อเนื่อง ทำให้ยังคงมีธาตุประจุบวกที่เป็นต่างเหลืออยู่ในหน้าตัดดินได้มาก โดยทั่วไปเป็นดินที่มีพัฒนาการไม่มากนัก และจัดเป็นดินที่มีศักยภาพทางการเกษตรดี ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง (นิยม, 2531; Soil Survey Staff, 2022)

อินเซปติซอลส์ (Inceptisols) เป็นดินที่เพิ่งเริ่มมีพัฒนาการ มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีเกิดขึ้นแล้ว แต่การสะสมต่าง ๆ ยังไม่มากพอที่จะเกิดเป็นชั้นดินวินิจฉัยเด่น ๆ เหมือนกับดินที่มีพัฒนาการมานาน ในหน้าตัดดินยังคงมีลักษณะตกค้างของวัตถุต้นกำเนิดหลงเหลืออยู่มาก มักพบในบริเวณที่วัตถุต้นกำเนิดดินมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสูง หรือสภาพภูมิประเทศมีข้อจำกัดสูง เช่น เป็นที่ชันมากหรือเป็นแอ่งต่ำ ไม่เสถียรพอที่จะเกิดพัฒนาการของชั้นกำเนิดอย่างต่อเนื่อง (นิยม, 2531; Soil Survey Staff, 2022)

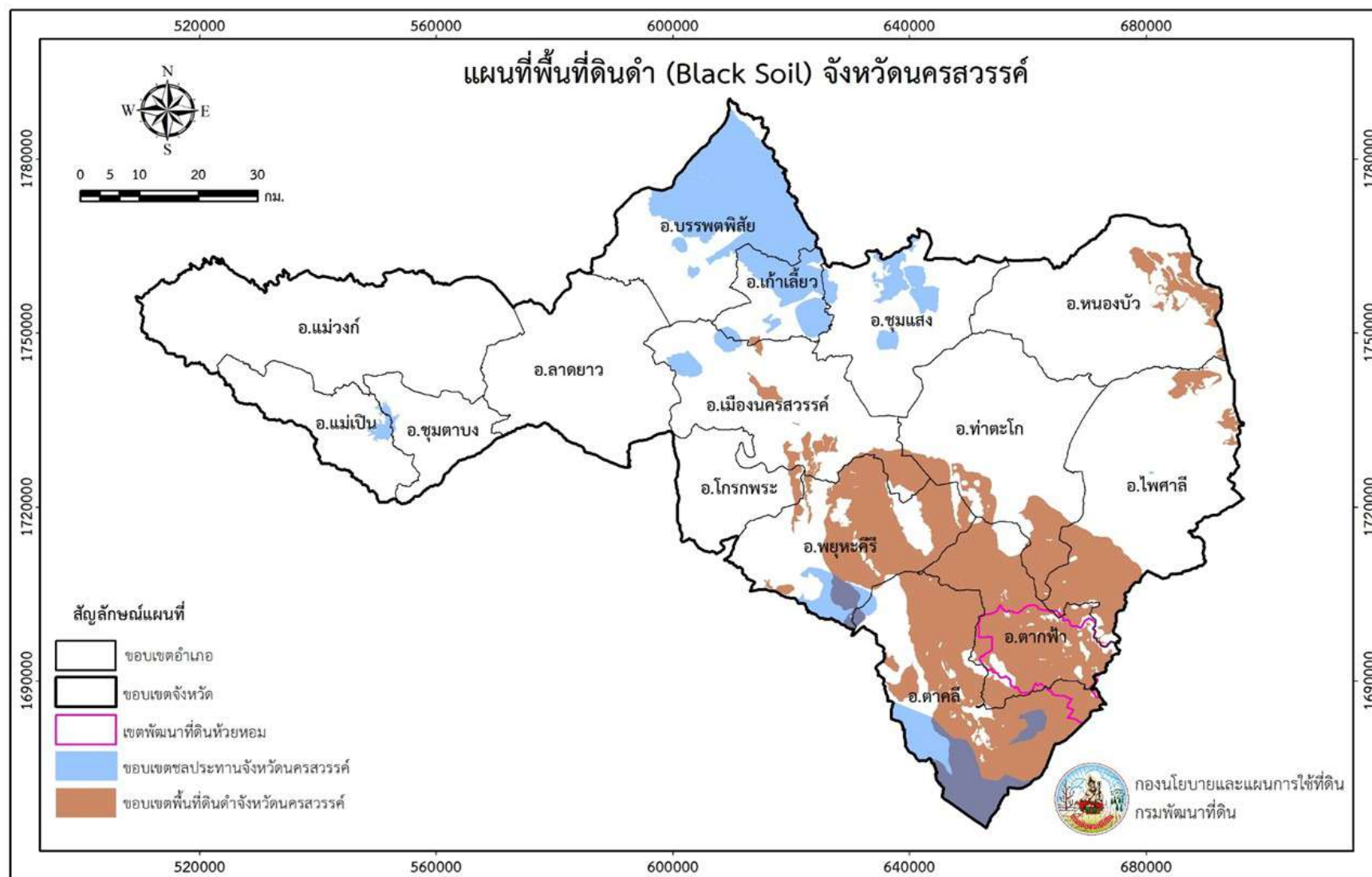
เวอร์ติซอลส์ (Vertisols) เป็นดินสีคล้ำที่ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวที่มีการยึดหดตัวได้สูง เมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการแตกร่องระแหงที่ผิวหน้าในช่วงฤดูแล้ง ภายในดินชั้นล่างจะพบรอยย่น (Slickenside) มีลักษณะผิวหน้าเรียบเป็นมันที่ก้นดิน อันเนื่องมาจากการยึด และหดตัวของดิน พอช่วงที่ฝนตกลงมาหน้าดินบนจะเคลื่อนย้ายลงไปตามรอยระแหงที่แตก ทำให้เกิดการผสมกันระหว่างดินบนและดินล่าง (Self-mulching) ลักษณะสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือผิวหน้าของสภาพภูมิประเทศในบริเวณที่เป็นดินนี้มักเป็นหลุมตะปุ่มตะป่ำผิวดินไม่เสมอ (Gilgi relief) และมีโครงสร้างของดินตอนบนเป็นแบบก้อนกลมพูน ดินอันดับนี้เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีปฏิกิริยาเป็นต่างส่วนใหญ่ จึงมีค่าความเป็นกรด-เป็นด่าง สูง หรือเป็นด่างในดินชั้นล่าง โดยทั่วไปไม่ค่อยมีปัญหาทางด้านความอุดมสมบูรณ์ แต่จะมีปัญหาทางกายภาพได้เนื่องจากดินเหนียวเกินไปและการแตกเป็นร่องระแหงที่ผิวหน้าดินเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการใช้เครื่องมือกลในสนามในสภาพดินเปียก (นิยม, 2531; Soil Survey Staff, 2022)

2.3.2 พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์

พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่ประมาณ 1,886.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเนื้อที่ 1,179,300 ไร่ หรือ 188,688 เฮกเตอร์ ครอบคลุม 9 อำเภอ ได้แก่ อำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอยะหริ่ง อำเภอไพศาลี อำเภอท่าตะโก อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอหนองบัว อำเภอโกรกพระ อำเภอเก้าเลี้ยว ตามลำดับ มีพื้นที่ชลประทานประมาณ 97,518 ไร่ ในพื้นที่ดินดำพื้นที่บางส่วนอยู่ในเขตพัฒนาที่ดินห้วยหอม

ตารางที่ 2-1 พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

อำเภอ	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)		รวมเนื้อที่ (ไร่)
	นอกเขตชลประทาน	ในเขตชลประทาน	
ตากถ้ำ	300,283	82,847	383,130
ตากฟ้า	262,182	-	262,182
พยุหะคีรี	201,957	14,671	216,628
ไพศาลี	127,678	-	127,678
ท่าตะโก	87,697	-	87,697
เมืองนครสวรรค์	52,399	-	52,399
หนองบัว	42,434	-	42,434
โกรกพระ	5,896	-	5,896
เก้าเลี้ยว	1,256	-	1,256
รวม	1,081,782	97,518	1,179,300



รูปที่ 2-1 พื้นที่ดินดำ (Black Soil) จังหวัดนครสวรรค์

2.4 เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 หลักการประเมินคุณภาพที่ดิน

FAO (1983) ได้กำหนดหลักการประเมินคุณภาพที่ดิน ดังต่อไปนี้

1) ความเหมาะสมของที่ดิน (Land Suitability) เป็นหลักเกณฑ์ในการจำแนกที่สำคัญสำหรับการใช้ที่ดินที่เฉพาะเจาะจง หลักเกณฑ์ดังกล่าวเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าในการใช้ที่ดินเฉพาะเจาะจงจะมีปัจจัยข้อจำกัดหรือความต้องการในการแตกต่างกันไปแต่ละพื้นที่ ดังนั้นการใช้ที่ดินจึงต้องยึดความเหมาะสมของที่ดินเป็นหลัก เช่น ที่ลุ่มเหมาะสมต่อการทำนา แต่ไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืชไร่ หรือป่าไม้

2) การประเมินต้องมีการเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่จะได้รับกับปัจจัยที่ต้องนำมาลงทุนในที่ดินแต่ละประเภท

3) การประเมินจำเป็นต้องใช้สหวิทยาการ โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการใช้ที่ดิน เศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น มาพิจารณาร่วมกัน

4) ผลที่ได้จากการประเมินจะใช้ได้เฉพาะที่เท่านั้น เพราะปัจจัยของแต่ละพื้นที่ย่อมแตกต่างกัน

5) ความเหมาะสม (Suitability) หมายถึง การใช้อย่างเกิดผลยั่งยืนนาน ทั้งนี้เพราะการประเมินจะครอบคลุมถึงการอนุรักษ์ ซึ่งจะต้องมีการดูแลรักษาป้องกันมิให้เกิดเสียสมดุลธรรมชาติและสามารถมีใช้อย่างต่อเนื่อง

6) การประเมินจะต้องมีการเปรียบเทียบการใช้ที่ดินมากกว่าหนึ่งแบบ เช่น เปรียบเทียบระหว่างพืชแต่ละชนิดหรือระบบการปลูกพืชแต่ละระบบ หากไม่มีการเปรียบเทียบแล้วจะทำให้การใช้ที่ดินอื่น ๆ ที่เหมาะสมกว่า อาจจะถูกกลืนอันเป็นผลเสียได้

7) รูปแบบการประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO Framework สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ การประเมินทางด้านคุณภาพ เป็นการประเมินเชิงกายภาพเท่านั้น ว่าที่ดินนั้น ๆ เหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใดต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ และการประเมินทางด้านปริมาณหรือด้านเศรษฐกิจ ซึ่งจะให้คำตอบแทนในรูปผลผลิตที่ได้รับตัวเงินในการลงทุนและตัวเงินจากผลตอบแทนที่ได้รับ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในการศึกษาครั้งนี้

8) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Utilization Type) หมายถึง ชนิดหรือระบบการใช้ที่ดินที่กล่าวถึงสภาพการผลิตและเทคนิคในการดำเนินการในการใช้ที่ดิน ทั้งทางด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ได้แก่ ชนิดพืชที่ปลูก เงินทุน แรงงาน เครื่องจักร ขนาดของฟาร์ม ลักษณะถือครองที่ดิน โครงสร้างพื้นฐานที่ต้องการ การจัดการ วัสดุที่ใช้ในฟาร์ม เป้าหมายของการผลิต ผลผลิตผลตอบแทนที่ได้รับ เป็นต้น

โดยสามารถนำหลักการประเมินความเหมาะสม มาประเมินความเหมาะสมของพืชเศรษฐกิจหลักที่ปลูกในพื้นที่ดินดำ มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดระดับความเหมาะสมของค่าพิสัย (Rating) สำหรับความต้องการประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ ความต้องการของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในที่นี้จะหมายถึงความต้องการด้านคุณภาพที่ดินหรือคุณลักษณะที่ดินของพืชแต่ละชนิด พืชแต่ละชนิดมีความต้องการคุณภาพที่ดินเพื่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ชนิดหนึ่งจะถูกกำหนดให้มีค่าพิสัยสูง และในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิที่ทำให้พืชเจริญเติบโตช้าหรือหยุดชะงักการเจริญเติบโตจะถูกกำหนดให้มีค่าพิสัยต่ำสุด

2) จำแนกชั้นความเหมาะสมของที่ดิน (Land Suitability Classification)

จากหลักการของ FAO Framework ได้จำแนกอันดับความเหมาะสมของที่ดินเป็น 2 อันดับ (Order) คือ อันดับที่เหมาะสม (Order S, suitability) และอันดับที่ไม่เหมาะสม (Order N, Not suitability) และจาก 2 กลุ่มที่ได้รับแบ่งย่อยออกเป็น 4 ชั้น (class) ดังนี้

S1 : หมายถึง ชั้นที่มีความเหมาะสมสูง (Highly suitable)

S2 : หมายถึง ชั้นที่มีความเหมาะสมปานกลาง (Moderately suitable)

S3 : หมายถึง ชั้นที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย (Marginally suitable)

N : หมายถึง ชั้นที่ไม่มีความเหมาะสม (Not suitable)

2.4.2 การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) ระดับพื้นที่

จากมติการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย สมัยที่ 15 (COP 15) กำหนดให้ประเทศสมาชิกขับเคลื่อนแนวคิดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) เชื่อมโยงและบูรณาการกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) เป้าหมายประสงค์ที่ 15.3 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 สัดส่วนของที่ดินเสื่อมโทรมเมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดเพื่อให้บรรลุเป้าหมายความสมดุลในการจัดการทรัพยากรที่ดิน (LDN) โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมโทรมของที่ดิน จะถูกนำมาใช้ในการจัดข้อมูลพื้นฐาน และติดตามความเปลี่ยนแปลงของการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตัวชี้วัดผลผลิตของดิน และตัวชี้วัดคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านการพัฒนาฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน มีขั้นตอนหลักในการจัดทำ 4 ขั้นตอน รายละเอียดดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

1) การจัดทำตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ตัวชี้วัดสิ่งปกคลุมดิน หรือการใช้ที่ดิน ในบริบทของตัวชี้วัด SDG 15.3.1 ชี้ให้เห็นถึงความเสื่อมโทรมของที่ดิน เมื่อมีการสูญเสียผลผลิตของที่ดินในแง่ของการบริการระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจากประเภทการใช้ที่ดินแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบ เป็นได้ทั้งแบบค่อยเป็นค่อยไป และแบบรวดเร็ว เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการรบกวนทางสิ่งแวดล้อมภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือจากการกระทำของมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น การเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดิน พืช หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้ผลผลิตที่ดินลดลง การสูญเสียมวลชีวภาพ การลดลงของพืชคลุมดิน และธาตุอาหารในดินลดลง ในการประเมินตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังกล่าวข้างต้น ต้องใช้ฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน การใช้ที่ดินของปีปัจจุบัน เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับปีย้อนหลังไปอีก 10 หรือมากกว่า ซึ่งประเมินจากการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินหลัก (ตารางที่ 2-2) เช่น พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง หรือเปลี่ยนแปลงในทางกลับกัน แสดงผลในรูปของตารางเมตริก สรุปเหตุการณ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ 30 แบบ โดยใช้สัญลักษณ์ของสีเป็นสื่อบอกว่าพื้นที่นั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สีน้ำเงิน แสดงว่าพื้นที่นั้น

ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงที่ (stable) สีแดง แสดงว่า พื้นที่นั้นเกิดความเสื่อมโทรม (degradation) และสีเขียว แสดงว่าพื้นที่นั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงในทางบวก หรือมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น (improved) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์การประเมินความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

		FINAL CLASS					
ORIGINAL 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) อ้างถึงใน กรมพัฒนาที่ดิน (2566)

2) การจัดทำตัวชี้วัดผลผลิตภาพของที่ดิน

ผลผลิตภาพของที่ดิน (Land Productivity) หรือ ความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน คือ กำลังการผลิตทางชีวภาพของที่ดิน ซึ่งเป็นแหล่งอาหาร และเชื้อเพลิงที่จำเป็นมนุษย์ ผลผลิตภาพของที่ดิน จะเป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวทั้งในด้านสุขภาพ และความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบสุทธิของการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของระบบนิเวศที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช และชีวมวล การประเมินผลผลิตภาพของที่ดิน สามารถประเมินได้จากข้อมูลการผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Productivity: NPP) การผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ คือ ปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากการหายใจและสังเคราะห์แสงของพืช มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี เป็นความแตกต่างระหว่างพลังงานเคมีที่เป็นประโยชน์ที่ผลิตโดยพืชในระบบนิเวศและเป็นส่วนหนึ่งของพลังงานที่ใช้สำหรับการหายใจของเซลล์ ซึ่ง NPP ถูกใช้ในการประเมินการทำงานของระบบนิเวศ และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ เพื่อตรวจสอบสุขภาพของพืช การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในช่วงเวลา การวิเคราะห์และประเมินความเสื่อมโทรมจากการเปลี่ยนแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน ใช้ชุดข้อมูล MOD17A3H v006 ของดาวเทียม Terra MODIS ที่คำนวณการผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในรูปแบบอนุกรมเวลา (Time series) เก็บข้อมูลทุก 8 วัน จากนั้นทำการจัดช่วงชั้นข้อมูลค่า NPP ซึ่งมีหน่วยเป็นตันคาร์บอนต่อตารางเมตร โดยแบ่งเป็น 7 ช่วงชั้น (ตารางที่ 2-3) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP ในแต่ละช่วงชั้นต่อไป (ตารางที่ 2-4) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

ตารางที่ 2-3 การจัดช่วงชั้นข้อมูลค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)

ช่วงชั้นข้อมูล	ระดับค่า NPP (ตันคาร์บอน/ตารางเมตร)
1	0 - 2.50
2	2.51 - 5.00
3	5.01 - 7.50
4	7.51 - 10.00
5	10.01 - 12.50
6	> 12.51
7	ไม่มีข้อมูล

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2566)

ตารางที่ 2-4 การจัดระดับตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP

ช่วงชั้นข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงค่า NPP	ตัวชี้วัด
1	ลดลง	พื้นที่เสื่อมโทรม
2	เพิ่มขึ้น	พื้นที่ได้รับการปรับปรุง
3	คงที่	พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2566)

3) การจัดทำตัวชี้วัดคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาเก็บสะสมไว้ในส่วนของชีวมวล และดินอย่างยาวนาน โดยปริมาณการสะสม เรียกว่า คลังคาร์บอน ซึ่งคาร์บอนบางส่วน โดยเฉพาะส่วนที่มีเสถียรภาพต่ำ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ทั้งในส่วนของ การสะสมหรือการสูญหายจากระบบดินได้ โดยการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปก๊าซ สำหรับการวิเคราะห์และประเมินตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินได้ใช้ฐานข้อมูลดินจากการเก็บตัวอย่างดินที่มีการสำรวจข้อมูล และฐานข้อมูลดินที่มีการเก็บตัวอย่างดิน ในพื้นที่ในโครงการอื่น ๆ ร่วมด้วย และพิจารณาการเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม เพื่อให้มีการกระจายข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ และนำฐานข้อมูลสมบัติดินจากแผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1: 25,000 ร่วมด้วย โดยข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่รวบรวมได้ จะถูกจัดระดับชั้น 6 ช่วงชั้น (ตารางที่ 2-5) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินในแต่ละช่วงชั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เสื่อมโทรม เป็นพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนลดลงจากอดีต พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ที่มีระดับการกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ในระดับเดิม พื้นที่ได้รับการปรับปรุง เป็นพื้นที่ที่มีระดับการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงขึ้นจากอดีต (กรมพัฒนาที่ดิน ,2566)

ตารางที่ 2-5 ระดับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

ลำดับ	สัญลักษณ์	ระดับการกักเก็บคาร์บอนในดิน	ปริมาณการกักเก็บ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
1		ต่ำมาก	0 – 2
2		ต่ำ	2 – 5
3		ปานกลาง	5 – 8
4		ค่อนข้างสูง	8 - 12
5		สูง	12 - 16
6		สูงมาก	> 16

4) การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน

การประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN baseline) วิเคราะห์โดยนำตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัดมาวิเคราะห์ร่วมกัน ด้วยการซ้อนทับข้อมูลของ 3 ตัวชี้วัด ประกอบด้วย ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Use Change: LUC) ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งวิเคราะห์ได้จากข้อมูลการผลิตขั้นปฐมภูมิ (Net Primary Productivity: NPP) และตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (Soil Organic Carbon Stock: SOC Stock) ช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2565 มาวิเคราะห์ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ภายใต้หลักการ One-out, All-out (ตารางที่ 2-6) ดังนี้คือ

- (1) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้น (+) จัดเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในทางบวก หรือได้รับการปรับปรุง (improved)
- (2) ถ้ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัดมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ลดลง (-) จัดเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน (degradation)

(3) ถ้าทั้งสามตัวชี้วัดไม่มีการเปลี่ยนแปลงจัดเป็นพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงเดิม (stable)

จากหลักการดังกล่าว ทำให้ทราบพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในระดับพื้นที่ และนำไปวิเคราะห์สถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) โดยคำนวณจากสัดส่วนของพื้นที่เสื่อมโทรมต่อพื้นที่ทั้งหมด จากนั้นนำพื้นที่เสื่อมโทรมทั้งหมดมาวิเคราะห์ความรุนแรงของการเกิดพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อให้สามารถระบุ hotspot และลำดับความสำคัญของการกำหนดมาตรการในการจัดการที่ดินในระดับพื้นที่ โดยใช้หลักเกณฑ์จากตัวชี้วัด 3 ตัวชี้วัดที่ได้กล่าวไปแล้ว (ตารางที่ 2-6) เช่น ระดับรุนแรงน้อย (slightly) หมายถึง พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัด 1 ตัวชี้วัด ระดับรุนแรงปานกลาง (moderately) หมายถึง พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัด 2 ตัวชี้วัด และระดับรุนแรงมาก (severely) หมายถึง พื้นที่เสื่อมโทรมเกิดจากตัวชี้วัดทั้ง 3 ตัวชี้วัด

ตารางที่ 2-6 เกณฑ์การวิเคราะห์ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ภายใต้หลักการ One-out, All-out และการประเมินระดับความรุนแรงของพื้นที่เสื่อมโทรม

LUC	NPP	SOC	LDN	ระดับความรุนแรงของพื้นที่เสื่อมโทรม (Degree Of Degraded)
Stable	Stable	Stable	Stable	
		Degraded	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Improve	Improve	
	Degraded	Stable	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Degraded	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
		Improve	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
	Improve	Stable	Improve	
		Degraded	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Improve	Improve	
Degraded	Stable	Stable	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Degraded	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
		Improve	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
	Degraded	Stable	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
		Degraded	Degraded	รุนแรงมาก (3)
		Improve	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
	Improve	Stable	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Degraded	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
		Improve	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
Improved	Stable	Stable	Improve	
		Degraded	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Improve	Improve	
	Degraded	Stable	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Degraded	Degraded	รุนแรงปานกลาง (2)
		Improve	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
	Improve	Stable	Improve	
		Degraded	Degraded	รุนแรงน้อย (1)
		Improve	Stable	

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2566)

2.4.3 การใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ในการศึกษาการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต

แบบจำลอง Dynamic Conversion of Land Use and its Effects model (Dyna-CLUE) เป็นแบบจำลองสาธณวิธีที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดิน เป็นแบบจำลอง CLUE อีกรุ่นหนึ่ง ซึ่งถูกดัดแปลงและพัฒนาจากกรุ่น CLUE-s (Verburg *et al.*, 2002; Castella and Verburg, 2007) โดยมีพื้นฐานมาจากการจัดสรรเชิงพื้นที่ของความต้องการสำหรับประเภทการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันไป แต่ละกริดเซลล์ ซึ่งใช้สมการเชิงปริมาณและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นข้อมูลในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต โดยแสดงรูปแบบการใช้ที่ดินในลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือตารางกริดไฟล์ นอกจากนี้ยังสามารถจำลองสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามที่กำหนดได้อีกด้วย (Verburg and Overmars, 2009)

โครงสร้างของแบบจำลอง แบบจำลอง CLUE มีส่วนประกอบทั้งหมด 2 ส่วน คือ

1) ส่วนคุณลักษณะ (Non-Spatial Module) เป็นส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณหรืออัตราการใช้ที่ดินซึ่งไม่เป็นปัจจัยเชิงพื้นที่ โดยเป็นเรื่องของทางสถิติ เช่น เศรษฐกิจสังคม ขนาดของพื้นที่ ความต้องการในการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นตัวกำหนดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จึงถือเป็นส่วนที่มีความสำคัญ เนื่องจากต้องกำหนดปริมาณความต้องการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งการกำหนดความต้องการของพื้นที่นั้น ขึ้นอยู่กับสถานที่ วิธีการหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

2) ส่วนของพื้นที่ (Spatial Module) เป็นส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับตำแหน่งบนพื้นโลก โดยสามารถใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการจัดเตรียมข้อมูล ซึ่ง Verburg *et al.* (2006) ได้กำหนดตำแหน่งเชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

(1) ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นส่วนที่มีการเข้าไปใช้ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งซึ่งเกิดจากความต้องการใช้พื้นที่ที่ทำการกำหนดขึ้นและเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินตามสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา ซึ่งได้นำปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ได้แก่ เศรษฐกิจสังคม ลักษณะของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน ความสูง ระยะห่างจากแหล่งน้ำหรือถนน เป็นต้น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพื้นที่นั้น ๆ โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถคาดการณ์ตามสมการที่ (1)

$$R_{ki} = a_k X_{1i} + b_k X_{2i} + \dots + n_k X_{ni} \quad (1)$$

โดยที่ R คือ ความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

i คือ พื้นที่ศึกษา

k คือ รูปแบบการใช้ที่ดิน

$X_{1, 2, \dots, n}$ คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

a_k, b_k คือ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินกับปัจจัยต่าง ๆ

ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินสามารถใช้สมการทางสถิติ logistic regression ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ณ บันทึกลับของพื้นที่ใด มีความเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับการเปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดิน (Adhikari *et al.*, 2017) โดยพิจารณาจากค่าความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (R_{ki}) และในการคำนวณค่า R_{ki} นั้นไม่สามารถสำรวจหรือวัดได้โดยตรง แต่เป็นค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ที่ดินกับปัจจัยด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งสามารถเขียนสมการ (2) ได้ดังนี้

$$\text{Log}\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_n X_{n,i} \quad (2)$$

โดยที่ P_i คือ ค่าความน่าจะเป็นของกริดที่พิจารณา

i คือ พื้นที่ที่ทำการศึกษา

X คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการ logistic regression

(2) กฎการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นการกำหนดนโยบายหรือข้อจำกัดของการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดิน โดยมีข้อจำกัดและลำดับความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินขึ้นอยู่กับกฎการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 4 ข้อ ตาม Verburg *et al.* (2006) ดังนี้

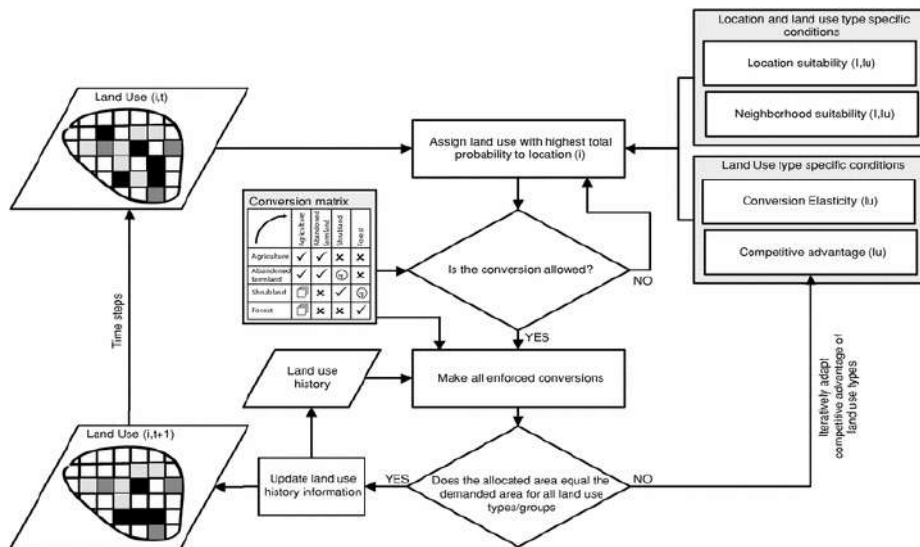
(2.1) กฎของพื้นที่ป่าคุ้มครอง ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าคุ้มครองหรือพื้นที่อนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเมื่อมีการจำลองตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ในพื้นที่นี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นรูปแบบอื่นได้

(2.2) ลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ควรสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ชุมชน

(2.3) ความเสถียรภาพของพื้นที่โดยเป็นพื้นที่ที่เป็นการใช้ที่ดินประเภทรูปแบบคงทนถาวร เช่น พื้นที่ชุมชนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินในรูปแบบอื่นได้

(2.4) การกำหนดตำแหน่งตามความต้องการ การใช้ที่ดินตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง สถิติ หรือตามสถานการณ์การจำลองที่สร้างขึ้นหรือต้องการที่จะทำการศึกษา

(3) การกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยสมการ logistic regression จะตั้งค่าเฉพาะเจาะจงสำหรับประเภทการใช้ที่ดินตามความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างประเภทการใช้ที่ดินกับสภาพทางกายภาพกับทางเศรษฐกิจและสังคม หลังจากนั้น module ทำการจัดสรรพื้นที่ตามระดับความต้องการให้กับแต่ละกริดเซลล์ จนกว่าความต้องการนั้นครบตามที่กำหนดไว้ โดยเปรียบเทียบพื้นที่การจัดสรรของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินกับในแต่ละประเภทของพื้นที่ที่ต้องการ ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการจัดสรรการใช้ที่ดินของแบบจำลอง Dyna-CLUE

ที่มา: Verburg and Overmars (2009)

ชนิดของประเภทสิ่งปกคลุมดินที่ถูกจัดกลุ่มในหมวดหมู่ใหม่นั้นจะถูกจัดสรรแยกกัน แต่จะมีการเปรียบเทียบผลรวมของพื้นที่ที่จัดสรรของประเภทการปกคลุมที่ดินที่ถูกจัดกลุ่มเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการ โดยคำนวณความน่าจะเป็นของแต่ละกริดเซลล์ ตามสมการของ Verburg and Overmars (2009) ดังสมการที่ (3)

$$P_{tot\ i,t,lu} = P_{loc\ i,t,lu} + P_{nbh\ i,t,lu} + El_{as\ lu} + Com_{pt,lu} \quad (3)$$

โดยที่ $P_{tot\ i,t,lu}$ คือ ความน่าจะเป็นรวมสูงสุดของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

T คือ ขั้นตอนการจัดสรรในเวลา

I คือ ในพื้นที่ต่าง ๆ

Lu คือ การใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดิน

$P_{loc\ i,t,lu}$ คือ ความน่าจะเป็นทั้งหมดหมายถึงผลรวมของความเหมาะสมของพื้นที่

$P_{nbh\ i,t,lu}$ คือ ความเหมาะสมของพื้นที่ใกล้เคียง

$El_{as\ lu}$ คือ ความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลง

$Com_{pt,lu}$ คือ ความได้เปรียบในการแข่งขัน

เมื่อรูปแบบการใช้ที่ดินที่กำหนดตำแหน่งแล้วมีจำนวนพื้นที่น้อยกว่าปริมาณจำนวนที่ต้องการ (ที่กำหนดไว้) แบบจำลองจะทำการคำนวณซ้ำ เพื่อเพิ่มพื้นที่ขึ้น และถ้ารูปแบบการใช้ที่ดินใดที่กำหนดตำแหน่งไว้แล้วมีพื้นที่มากกว่าปริมาณจำนวนพื้นที่ที่ต้องการ การใช้ที่ดินที่กำหนดไว้แบบจำลองจะทำการคำนวณซ้ำใหม่อีกรอบ เพื่อลดจำนวนพื้นที่ลง ทั้งนี้ แบบจำลองจะคำนวณซ้ำไปซ้ำมาจนได้ค่าเท่ากับความต้องการ (demand) ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งเมื่อทำการคำนวณเสร็จแล้ว แบบจำลองจะสร้างแผนที่การใช้ที่ดินออกมา จากนั้นแบบจำลองจะทำการคำนวณช่วงเวลาต่อไปจนถึงปีสุดท้ายตามที่กำหนดไว้ (คมสัน, 2550)

2.4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นการยืนยันว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีประสิทธิภาพ ความเที่ยงตรง น่าเชื่อถือมากพอกับการนำไปใช้ในกระบวนการสร้างข้อมูลที่จำลองสถานการณ์ขึ้นและสามารถตรวจสอบได้ อีกทั้งยังเป็นการลดความผิดพลาดของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้น โดยการตรวจสอบแบบจำลองขึ้นอยู่กับข้อมูล 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและ 2) ข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยการตรวจสอบความถูกต้องประเภทแรก นำไปใช้เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแบบจำลอง หรือเป็นการวิเคราะห์แบบสุ่มตัวอย่าง และการตรวจสอบความถูกต้องตามประเภทที่สองเป็นการวิเคราะห์ว่าประสิทธิภาพในการทำนายของแบบจำลองลดลงโดยไม่มี ความผิดพลาดเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลใหม่

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการกำหนดจุดตรวจสอบข้อมูล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกการใช้ที่ดิน โดยการสุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของขนาดพื้นที่ในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ซึ่งใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) นั้นเป็นสุ่มจุดตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบกระจายในทุกประเภทการใช้ที่ดินทั้งพื้นที่ (วิภพ, 2561) และคำนวณความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นการแสดงความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล โดยพิจารณาผลการจำแนกของจุดอ้างอิงกับจุดข้อมูลจากแบบจำลองในรูปของตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน โดยเป็นอัตราส่วนจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องตรงกันตามแนวแยงของตาราง (รูปที่ 2-3) ต่อผลรวมของจำนวนจุดภาพที่นำมาจำแนกประเภทและคำนวณพื้นที่ที่ตรงกันออกมาเป็นร้อยละ (Congalton and Green, 1999) ตามสมการที่ (4) ทำการตรวจสอบความถูกต้องของผู้ผลิต ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นของจุดภาพอ้างอิงถูกจำแนกได้อย่างถูกต้อง และความถูกต้องของผู้ใช้ ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นของจุดภาพที่ถูกจำแนกประเภทการใช้ที่ดินบนแผนที่นั้นปรากฏในภาคพื้นดินที่เกิดขึ้นจริง (ฉัตรชัย, 2555) ตามสมการที่ (5) และสมการที่ (6)

$j = \text{Columns}$

Reference Data: Actual or Field-checked

		j_1	j_2	j_k	$n_{i\cdot}$ (Row Totals)	
$i = \text{Rows}$	Classification Data: Predicted from Model	i_1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	$n_{1\cdot}$
		i_2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	$n_{2\cdot}$
		i_k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	$n_{k\cdot}$
		$n_{\cdot j}$	$n_{\cdot 1}$	$n_{\cdot 2}$	$n_{\cdot k}$	$n_{\cdot\cdot} = n$

(Column Totals)

รูปที่ 2-3 การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด
ที่มา: Congalton and Green (1999)

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{N} \quad (4)$$

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_i}{n_{i+}} \quad (5)$$

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{+j}}{n_{+i}} \quad (6)$$

เมื่อ	k	คือ จำนวนประเภทการใช้ที่ดิน
	I	คือ การใช้ที่ดินในแนวนอน (row)
	J	คือ การใช้ที่ดินในแนวตั้ง (column)
	n_{ij}	คือ การใช้ที่ดินแถวที่ i แนวตั้งที่ i หรือ แถวที่ j แนวตั้งที่ j
	n_{i+}	คือ ผลรวมตามแนวนอนของการใช้ที่ดิน
	n_{+j}	คือ ผลรวมในแนวตั้งของการใช้ที่ดิน
	n	คือ ผลรวมทั้งหมด

จากนั้นวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Kappa coefficient; $\hat{K}$) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรที่ใช้ในการประเมินความถูกต้อง ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ค่าความสอดคล้องของความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบกับข้อมูลที่ใช้อ้างอิงซึ่งเป็นการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องโดยรวม สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})} \quad (7)$$

เมื่อ	$\hat{K}$	คือ สัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง
	k	คือ จำนวนของแถวประเภทการใช้ที่ดินในตารางเมทริกซ์
	n_{ii}	คือ จำนวนของจุดอ้างอิงการใช้ที่ดินแถวที่ i และคอลัมน์ i
	n_{i+}	คือ ผลรวมจุดอ้างอิงของแถว i
	n_{+j}	คือ ผลรวมจุดอ้างอิงของคอลัมน์
	N	คือ จำนวนจุดอ้างอิงทั้งหมด

โดย Landis and Koch (1977) ได้แบ่งระดับความถูกต้องจากค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของความสอดคล้อง ดังนี้

ค่า $\hat{K} < 0.40$ (40%) แสดงถึง ความสอดคล้องหรือความถูกต้องระหว่างแผนที่การจำแนกและข้อมูลอ้างอิงต่ำ

ค่า $\hat{K}$ อยู่ระหว่าง 0.40-0.80 (40-80%) แสดงถึง ความสอดคล้องหรือความถูกต้องระหว่างแผนที่การจำแนกและข้อมูลอ้างอิงปานกลาง

ค่า $\hat{K} > 0.80$ (80%) แสดงถึง ความสอดคล้องหรือความถูกต้องระหว่างแผนที่การจำแนกและข้อมูลอ้างอิงสูง

บทที่ 3

ผลการดำเนินงาน

3.1 ผลวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Utilization Type: LUTs)

ผลวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจำแนกตามชนิดหรือระบบของการใช้ที่ดิน ที่กล่าวถึงชนิดของพืช ลักษณะการดำเนินงาน และสภาพการผลิตในการใช้ที่ดินทั้งทางด้านกายภาพ และสภาพเศรษฐกิจสังคม ได้แก่ รูปแบบการผลิต การเกษตรกรรม การจัดการ เงินทุน และขนาดของกิจการ โดยใช้ข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมกับท้องถิ่นนั้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน (2563) ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ และการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าในขอบเขตพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ เกษตรกรทำการเกษตรโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก บางส่วนเป็นเขตชลประทาน ที่เกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี ซึ่งการสำรวจวิเคราะห์ข้อมูลดินและข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน สามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน รายละเอียดดังตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พันธุ์	ช่วงปลูก	ช่วงเก็บเกี่ยว	ผลผลิต (กก./ไร่)
เขตพื้นที่เกษตรน้ำฝน				
ข้าวนาปี	ขาวดอกมะลิ 105 กข85 กข57 กข41 และชัยนาท 1	มิ.ย.	ต.ค. - พ.ย.	700 - 1,000
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ลูกผสม (NK 6253 ดีคาร์บ 9979)	เม.ย. - พ.ค./ ก.ค.	ส.ค./ พ.ย.	1,500 - 2,000
อ้อยโรงงาน	ขอนแก่น 3 พันธุ์ CSB08- 111 และอุทอง 2	พ.ย. - ธ.ค.	พ.ย. - ธ.ค.	10,000 - 15,000
มันสำปะหลัง	ระยอง 72 ระยอง 81 เกษตรศาสตร์ 72	เม.ย./ มิ.ย.	มี.ค./ เม.ย.	6,000 - 7,000
เขตพื้นที่เกษตรชลประทาน				
ข้าวนาปี-	กข85 กข41 -	พ.ค.	ก.ย.	700 - 800
ข้าวนาปรัง	กข85 กข63 กข41	พ.ย. - ธ.ค.	ม.ค. - ก.พ.	800 - 1,000

1) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่เกษตรน้ำฝน สามารถคัดเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ดังนี้

ข้าวนาปี เกษตรกรนิยมปลูกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 กข85 กข57 กข41 และชัยนาท 1 ปลูกแบบนาหว่าน เริ่มปลูกเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่หลังปลูกข้าว 15-30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หรือสูตร 46-0-0 ผสมกับสูตร 16-20-0 อัตรา 15-25 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 2 ใส่ช่วงข้าวแตกกอ ช่วงข้าวอายุได้ 45-60 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หรือสูตร 16-20-0 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรบางรายมีการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มในครั้งที่ 3 เมื่อข้าวอายุได้ 75-90 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือสูตร 16-20-0 อัตรา 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใช้แรงงานเครื่องจักรเป็นหลัก ทั้งเครื่องพ่น รถไถ หรือโดรน ผลผลิตประมาณ 700-1,000 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในขอบเขตพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ สามารถแบ่งการดำเนินการได้เป็น 2 ประเภท คือ ในเขตพัฒนาที่ดิน และนอกเขตพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีการจัดการที่แตกต่างกัน รายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การจัดการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์

การจัดการ	พื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์	
	ในเขตพัฒนาที่ดิน	นอกเขตพัฒนาที่ดิน
1. การปลูก	1.1 ปลูกเดือน เม.ย.-พ.ค. 1.2 เก็บเกี่ยวเดือน ส.ค. 1.3 หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดมีการปลูก ถั่วเขียวพืชมัน หรือปอเทือง	1.1 ปลูกเดือน ก.ค. 1.2 เก็บเกี่ยวเดือน พ.ย.
2. แหล่งน้ำใช้	2.1 น้ำฝน และบ่อน้ำในไร่นานอก เขตชลประทาน หรือสระน้ำของตนเอง 2.2 ธนาคารน้ำใต้ดิน หรือการปรับ รูปแบบแปลงนาลักษณะที่ 2	2.1 น้ำฝน และ/หรือบ่อบาดาล

เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม NK 6253 ดีคาร์ล 9979 ในเขตพัฒนาที่ดิน เริ่มปลูกเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวเดือนสิงหาคม ซึ่งหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการปลูกถั่วเขียวพืชมัน หรือปอเทืองแล้วไถกลบ ส่วนนอกเขตพัฒนาที่ดินเริ่มปลูกเดือนกรกฎาคม และเก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน ปลูกในขณะที่ดินมีความชื้นและไม่แฉะเกินไป อัตราเมล็ดพันธุ์ 3-3.5 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมหยอดเมล็ดใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 16-8-8 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ตอนข้าวโพดอายุได้ 25-30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมกับ 46-0-0 อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรบางส่วนใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ใส่ตอนข้าวโพดอายุได้ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ในเขตพัฒนาที่ดินผลผลิตประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ 2-3 ครั้งต่อปีการผลิต ส่วนนอกเขตพัฒนาที่ดินผลผลิตประมาณ 1,200-1,500 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ 1 ครั้งต่อปีการผลิต แต่ถ้ามีย่อบาดาลหรือสระน้ำ

จะสามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้อีก 1 ครั้ง แหล่งน้ำที่ใช้ในเขตพัฒนาที่ดินนอกจากใช้น้ำฝนแล้วยังมีบ่อน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน หรือสระน้ำของตนเอง พร้อมทั้งมีการจัดทำธนาคารน้ำใต้ดิน หรือการปรับเปลี่ยนแปลงนาลักษณะที่ 2 ส่วนนอกเขตพัฒนาที่ดินใช้น้ำฝนและ/หรือบ่อบาดาล

อ้อยโรงงาน เกษตรกรนิยมปลูกอ้อยโรงงานพันธุ์ขอนแก่น 3 พันธุ์ CSB08-111 และอู่ทอง 2 ปลูกช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม อายุการเก็บเกี่ยว 10-12 เดือน เก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม การใส่ปุ๋ยและดูแลรักษาส่วนใหญ่นิยมใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก หรือพร้อมปลูกประมาณ 40 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใช้ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 16-8-8 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อดิน ครั้งที่ 2 จะใส่ปุ๋ยแต่งหน้า อ้อยโรงงานอายุ 2-3 เดือน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 21-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 28-11-5 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในการเก็บเกี่ยว และมีผลผลิตเฉลี่ย 10-15 ตันต่อไร่

มันสำปะหลัง เกษตรกรนิยมปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ระยอง 81 และเกษตรศาสตร์ 72 เริ่มปลูกตั้งแต่เดือนเมษายนหรือเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมีนาคมหรือเดือนเมษายน อายุการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่เกษตรกรใช้ปลูก พันธุ์เบาอายุ 6-7 เดือน พันธุ์หนักอายุ 9-10 เดือน การใส่ปุ๋ยนิยมใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่รองพื้นปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือสูตร 16-20-0 หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ช่วงมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับต้นมันสำปะหลังที่มีลักษณะเล็กกว่าต้นอื่น ๆ นิยมใช้แรงงานคนเป็นหลักในการเก็บเกี่ยว และมีผลผลิตมันสดประมาณ 6-7 ตันต่อไร่

2) **ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่เกษตรชลประทาน** สามารถคัดเลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดังนี้

ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง เกษตรกรปลูกข้าวนาปีใช้พันธุ์ กข85 กข41 มีวิธีการปลูกแบบนาหว่านเป็นส่วนใหญ่ เกษตรกรเริ่มหว่านในเดือนพฤษภาคม มีการจัดการโดยใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ช่วงข้าวอายุ 40-50 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยเคมีสูตร 18-8-8 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 3 ใส่ช่วงข้าวอายุ 60 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 18-8-8 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวช่วงเดือนกันยายน โดยใช้แรงงานเครื่องจักรเป็นหลัก ผลผลิตประมาณ 700-800 กิโลกรัมต่อไร่

หลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปีเสร็จ เกษตรกรจะปลูกข้าวนาปรัง โดยเกษตรกรจะทำการไถตะไถแปร เตรียม ดินเพื่อปลูกข้าวนาปรังพันธุ์ กข85 กข63 กข41 ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม โดยปลูกแบบนาหว่าน มีการจัดการโดยใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ช่วงข้าวอายุ 40-50 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยเคมีสูตร 18-8-8 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 3 ใส่ช่วงข้าวอายุ 60 วัน ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 18-8-8 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ใช้แรงงานเครื่องจักรเป็นหลัก ผลผลิตประมาณ 800-1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เดือน ระบบเกษตร	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
พื้นที่ดอน						ข้าวนาปี						
				ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ในเขตพัฒนาที่ดิน)								
							ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (นอกเขตพัฒนาที่ดิน)					
	อ้อยโรงงาน											
	มันสำปะหลัง											
พื้นที่ลุ่ม	ข้าวนาปรัง				ข้าวนาปี					ข้าวนาปรัง		

รูปที่ 3-1 ปฏิทินการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์

3.2 ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน

3.2.1 ผลจากการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน โดยซ้อนทับข้อมูลการใช้ที่ดิน จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 กับขอบเขตพื้นที่ดินดำในจังหวัดนครสวรรค์ มีเนื้อที่รวม 1,179,300 ไร่ โดยพบว่าการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 พื้นที่เกษตรกรรมเป็นการใช้ที่ดินที่มีเนื้อที่มากที่สุด 1,041,530 ไร่ โดยพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ อ้อย นาข้าว และข้าวโพด การใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ ปี พ.ศ. 2563 พื้นที่เกษตรกรรมยังคงเป็นการใช้ที่ดินที่มีเนื้อที่มากที่สุด 1,044,208 ไร่ จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 โดยการซ้อนทับ 2 ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินทั้ง 2 ช่วงปี โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3 ถึง 3-4 และ รูปที่ 3-2 ถึง 3-4

1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นจาก 83,993 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 91,882 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 7,889 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.39 ของเนื้อที่เดิม โดยพบว่าหมู่บ้านบนพื้นที่ราบ มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด 3,793 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.28 ของเนื้อที่เดิม รองลงมา ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 2,231 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 56.28 ของเนื้อที่เดิม

และสถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 1,119 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.56 ของเนื้อที่เดิม อำเภอที่พบว่ามีการเปลี่ยนประเภทการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอดงพญาไฟ โดยพบว่า พื้นที่ปลูกข้าวโพด พื้นที่นา พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ปลูกอ้อยในปี พ.ศ. 2552 เป็นประเภทการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ในปี พ.ศ. 2563 มากที่สุด

2) พื้นที่เกษตรกรรม พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นจาก 1,041,530 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 1,044,208 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 2,678 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.26 ของเนื้อที่เดิม โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) พื้นที่นา พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 267,639 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 195,651 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 71,988 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.90 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 66,938 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวโพด 4,508 ไร่ และพื้นที่ปลูกไม้ผล 3,434 ไร่ ตามลำดับ อำเภอที่พบว่ามีการเปลี่ยนพื้นที่นาไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอท่าตะโก อำเภอดงพญาไฟ อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอไพศาลี

(2) พื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 221,513 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 132,850 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 88,663 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.03 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 75,667 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 45,118 ไร่ และพื้นที่ปลูกพืชไร่อื่น ๆ 8,488 ไร่ ตามลำดับ อำเภอที่พบว่ามีการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวโพดไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอหนองบัว อำเภอโกรกพระ อำเภอดงพญาไฟ อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอไพศาลี

(3) พื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 453,150 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 538,922 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 85,772 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.93 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนมาจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุด 75,667 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่นา 66,938 ไร่ และพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 12,336 ไร่ ตามลำดับ อำเภอที่พบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอไพศาลี อำเภอดงพญาไฟ อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอหนองบัว

(4) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 28,978 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 108,943 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 79,965 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 275.95 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนมาจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุด 75,667 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกอ้อย 66,938 ไร่ และพื้นที่นา 3,236 ไร่ ตามลำดับ อำเภอที่พบว่าพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอโกรกพระ อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอหนองบัว

(5) พื้นที่ปลูกพืชไร่อื่น ๆ เช่น งามา พริก ถั่วลิสง ข้าวฟ่าง พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 10,865 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 23,464 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 12,599 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 115.96 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนมาจากพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 12,000 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวโพด 8,488 ไร่ ตามลำดับ อำเภอที่พบว่าพื้นที่ปลูกพืชไร่อื่น ๆ เพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอหนองบัว อำเภอโกรกพระ และอำเภอท่าตะโก

(6) พื้นที่ปลูกยูคาลิปตัส พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 8,591 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 4,251 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 4,340 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.52 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานมากที่สุด 2,547 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1,253 ไร่ อำเภอที่พบว่าพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอหนองบัว และอำเภอดงพญาไฟ

(7) พื้นที่ปลูกสัก พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 14,709 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 9,079 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 5,630 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.28 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3,453 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1,628 ไร่ และพื้นที่ปลูกข้าวโพด 1,009 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่ปลูกสักลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอไพศาลี อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอดากฟ้า

(8) พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นอื่น ๆ เช่น ไม้ ยางพารา จามจุรี ปาล์มน้ำมัน พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 2,111 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 1,086 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 1,025 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.56 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนมาจากพื้นที่นามากที่สุด 621 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกไม้ผล 426 ไร่ และพื้นที่ปลูกข้าวโพด 316 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี และอำเภอดากฟ้า

(9) พื้นที่ปลูกไม้ผล พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 22,824 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 18,238 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 4,586 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.09 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 4,002 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่นา 3,030 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่ปลูกไม้ผลลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอดากฟ้า และอำเภอไพศาลี

(10) พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ในพื้นที่นี้ได้แก่ พืชสวน ทุ่งหญ้าและโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม โดยพบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 12,175 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 10,699 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 1,476 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.12 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 2,048 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2,004 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอดากฟ้า และอำเภอเมืองนครสวรรค์

3) พื้นที่ป่า พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 12,149 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 7,218 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 4,931 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.59 ของเนื้อที่เดิม และพบว่าพื้นที่ป่าปลูกมีเนื้อที่ลดลงมากที่สุด โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 2,374 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1,558 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่ป่าลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอไพศาลี อำเภอดากฟ้า และอำเภอดาคลี

4) พื้นที่น้ำ พบว่า มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 10,406 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 14,064 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือเพิ่มขึ้น 3,658 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 53.15 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนมาจากพื้นที่นามากที่สุด 1,035 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกอ้อย 1,015 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่น้ำเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ อำเภอพยุหะคีรี อำเภอดาคลี และอำเภอดากฟ้า

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด พบว่า มีเนื้อที่ลดลงจาก 31,222 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 21,928 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 หรือลดลง 9,294 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.77 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด 3,204 ไร่ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวโพด 1,950 ไร่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 1,668 ไร่ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 1,455 ไร่ อำเภอที่พบว่ามีพื้นที่ป่าลดลงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอดาคลี อำเภอหนองบัว อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอดากฟ้า

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบสภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง
ปี พ.ศ. 2552 และ 2563

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2552		เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2563		เปรียบเทียบ	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	83,993	7.13	91,882	7.80	+7,889	+9.39
ตัวเมืองและย่านการค้า	4,706	0.40	4,767	0.40	+61	+1.29
หมู่บ้าน/ที่ดินจัดสรรสร้าง	44	-	44	-	-	-
หมู่บ้านบนพื้นราบ	52,087	4.42	55,880	4.74	+3,793	+7.28
สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ ไร่	-	-	12	-	+12	+100.00
สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ	17,067	1.45	18,186	1.54	+1,119	+6.56
ถนน	4,497	0.38	4,611	0.39	+114	+2.54
พื้นที่อุตสาหกรรมร้าง	170	0.01	144	0.01	-26	-15.29
โรงงานอุตสาหกรรม	3,964	0.34	6,195	0.53	+2,231	+56.28
ลานตากและแหล่งรับซื้อทางการเกษตร	1,148	0.10	1,600	0.14	+452	+39.37
สถานที่ร้าง	81	0.01	81	0.01	-	-
สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	80	0.01	80	0.01	-	-
รีสอร์ท โรงแรม เกสต์เฮาส์	22	-	67	0.01	+45	+204.55
สุสาน ป่าช้า	5	-	5	-	-	-
สถานีบริการน้ำมัน	122	0.01	210	0.02	+88	+72.13
พื้นที่เกษตรกรรม	1,041,530	88.30	1,044,208	88.53	+2,678	+0.26
พื้นที่นา	267,639	22.69	195,651	16.58	-71,988	-26.90
นาร้าง	1,281	0.11	939	0.08	-342	-26.70
นาข้าว	261,094	22.14	192,584	16.33	-68,510	-26.24
นาข้าว+ข้าวโพด	1,691	0.14	626	0.05	-1,065	-62.98
นาข้าว+มันสำปะหลัง	-	-	11	-	+11	+100.00
นาข้าว+ถั่วเขียว	-	-	52	-	+52	+100.00
นาข้าว+ถั่วลิสง	-	-	28	-	+28	+100.00
นาข้าว+งา	-	-	21	-	+21	+100.00
นาข้าว+พืชผัก	99	0.01	342	0.03	+243	+245.45
นาข้าว+แคนตาลูป	-	-	14	-	+14	+100.00
พื้นที่ลุ่ม+นาข้าว	3,474	0.29	1,034	0.09	-2,440	-70.24

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2552		เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2563		เปรียบเทียบ	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
พืชไร่	714,506	60.60	804,179	68.18	+89,673	+12.55
ไร่ร้าง	2,931	0.25	2,444	0.21	-487	-16.62
พืชไร่ผสม	444	0.04	394	0.03	-50	-11.26
ข้าวโพด	221,425	18.78	123,559	10.48	-97,866	-44.20
ข้าวโพด+ข้าวฟ่าง	88	0.01	974	0.08	+886	+1,006.82
ข้าวโพด+ทานตะวัน	-	-	8,041	0.68	+8,041	+100.00
ข้าวโพด+พริก	-	-	210	0.02	+210	+100.00
ข้าวโพด+พืชผัก	-	-	35	-	+35	+100.00
พื้นที่ลุ่ม+ข้าวโพด	-	-	31	-	+31	+100.00
อ้อย	453,150	38.43	538,922	45.70	+85,772	+18.93
สับปะรด	8	-	37	-	+29	+362.50
ฝ้าย	70	-	-	-	-70	-100.00
ถั่วเขียว	-	-	270	0.02	+270	+100.00
ถั่วลิสง	361	0.03	11	-	-350	-96.95
ข้าวฟ่าง	194	0.02	13,783	1.17	+13,589	+7,004.64
งา	5,003	0.42	9	-	-4,994	-99.82
ข้าวไร่	-	-	17	-	17	+100.00
แตงโม	91	0.01	218	0.02	127	+139.56
มะเขือเทศ	15	-	-	-	-15	-100.00
ทานตะวัน	18	-	6,180	0.52	+6,162	+34,233.33
พริก	1,725	0.15	80	0.01	-1,645	-95.36
กระเจี๊ยบแดง	5	-	13	-	+8	+160.00
เผือก	-	-	8	-	+8	+100.00
ไม้ยืนต้น	24,386	2.05	15,441	1.31	-8,945	-36.68
ไม้ยืนต้นร้าง/เสื่อมโทรม	19	-	159	0.01	+140	+736.84
ไม้ยืนต้นผสม	54	-	64	0.01	+10	+18.52
ยางพารา	288	0.02	348	0.03	+60	+20.83
ปาล์มน้ำมัน	-	-	821	0.07	+821	+100.00
ยูคาลิปตัส	8,591	0.73	4,251	0.36	-4,340	-50.52

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2552		เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2563		เปรียบเทียบ	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
สั๊ก	14,709	1.25	9,079	0.77	-5,630	-38.28
สะเดา	271	0.02	222	0.02	-49	-18.08
สนประดิพัทธ์	29	-	-	-	+29	+100.00
กระถิน	6	-	32	-	+26	+433.33
ประดู่	70	-	35	-	-35	-50
ไม้ปลูกเพื่อการค้า	310	0.03	236	0.02	-74	-23.87
หมาก	-	-	177	0.02	+177	+100.00
จามจุรี	-	-	4	-	+4	+100.00
กฤษณา	6	-	4	-	-2	-33.33
ตะกู	33	-	9	-	-24	-72.73
ไม้ผล	22,824	1.93	18,238	1.55	-4,586	-20.09
ไม้ผลร้าง/เสื่อมโทรม	323	0.03	508	0.04	+185	+57.28
ไม้ผลผสม	8,501	0.72	3,612	0.31	-4,889	-57.51
ส้ม	1,743	0.15	785	0.07	-958	-54.96
มะพร้าว	204	0.02	696	0.06	+492	+241.18
ลิ้นจี่	19	-	11	-	-8	-42.11
มะม่วง	2,525	0.21	2,280	0.19	-245	-9.70
พุทรา	131	0.01	308	0.03	+177	+135.11
น้อยหน่า	90	0.01	98	0.01	+8	+8.88
กล้วย	1,396	0.12	1,580	0.13	+184	+13.18
มะขาม	84	0.01	145	0.01	+61	+72.62
ลำไย	23	-	121	0.01	+98	+426.09
ฝรั่ง	139	0.01	36	-	-103	-74.10
มะละกอ	1,438	0.12	687	0.06	-751	-52.23
ขนุน	69	-	5	-	-64	-92.75
ชมพู	137	0.01	71	0.01	-66	-48.18
มะนาว	186	0.02	999	0.09	+813	+437.10
ไม้ผลเมืองหนาว	-	-	5	-	+5	+100.00
มะขามเทศ	5,368	0.46	5,922	0.50	+554	+10.32

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2552		เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2563		เปรียบเทียบ	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
แก้วมังกร	255	0.02	18	-	-237	-92.94
ส้มโอ	119	0.01	235	0.02	+116	+97.479
ละมุด	74	-	93	0.01	+19	+25.68
มะปราง มะยงชิด	-	-	23	-	+23	+100.00
พืชสวน	2,782	0.23	3,166	0.28	+384	+13.80
พืชสวนร้าง/เสื่อมโทรม	-	-	15	-	+15	+100.00
พืชผัก	2,447	0.21	2,700	0.23	+253	+10.34
ไม้ดอก ไม้ประดับ	290	0.02	324	0.04	+34	+11.72
องุ่น	-	-	4	-	+4	+100.00
นาหูก้า	-	-	22	-	+22	+100.00
แคนตาลูป	45	-	32	-	-13	-28.89
หน่อไม้ฝรั่ง	-	-	69	0.01	+69	+100.00
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	6,902	0.59	4,246	0.36	-2,656	-38.48
โรงเรือนร้าง	18	-	45	-	+27	+150.00
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	5,440	0.46	1,674	0.14	-3,766	-69.23
โรงเรือนเลี้ยงโค กระบือ และม้า	312	0.03	514	0.04	+202	+64.74
โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	914	0.08	1,361	0.12	+447	+48.91
โรงเรือนเลี้ยงสุกร	218	0.02	652	0.06	+434	+199.08
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	2,357	0.20	3,146	0.26	+789	+33.47
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	-	-	29	-	+29	+100.00
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	2,357	0.20	3,117	0.26	+760	+32.24
เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	134	0.01	141	0.01	+7	+5.22
เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	134	0.01	141	0.01	+7	+5.22
พื้นที่ป่าไม้	12,149	1.03	7,218	0.61	-4,931	-40.59
ป่าผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู	2,215	0.19	1,574	0.13	-641	-28.94
ป่าผลัดใบสมบูรณ์	5,513	0.47	4,337	0.37	-1176	-21.33
ป่าปลูกสมบูรณ์	4,421	0.37	1,307	0.11	-3,114	-70.44

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2552		เนื้อที่ ปี พ.ศ. 2563		เปรียบเทียบ	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่น้ำ	10,406	0.89	14,064	1.20	+3,658	+35.15
แม่น้ำ ลำห้วย ลำคลอง	4,225	0.36	4,326	0.37	+101	+2.39
หนอง บึง ทะเลสาบ	1,292	0.11	1,260	0.11	-32	-2.48
อ่างเก็บน้ำ	263	0.02	367	0.03	+104	+39.54
บ่อน้ำในไร่นา	2,197	0.19	5,257	0.45	+3,060	+139.28
คลองชลประทาน	2,429	0.21	2,854	0.24	+425	+17.50
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	31,222	2.65	21,928	1.86	-9,294	-29.77
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	3,897	0.33	1,470	0.12	-2,427	-62.28
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ละเมาะ	20,387	1.73	14,222	1.21	-6,165	-30.24
พื้นที่ลุ่ม	2,232	0.19	650	0.06	-1,582	-70.88
เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	2,359	0.20	2,258	0.19	-101	-4.281
เหมืองแร่	1,712	0.15	2,098	0.18	+386	+22.55
บ่อลูกรัง	271	0.02	287	0.02	+16	+5.90
บ่อดิน	14	-	193	0.02	+179	+1,278.57
พื้นที่กองวัสดุ	-	-	10	-	+10	+100.00
พื้นที่ถม	339	0.03	729	0.06	+390	+115.04
ที่ทิ้งขยะ	11	-	11	-	-	-
รวม	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00		

หมายเหตุ 1. เนื้อที่ได้จากการคำนวณโดยระบบภูมิสารสนเทศ (GIS)

2. $x + y$ หมายถึงพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดิน 2 ครั้งต่อปี การใช้ที่ดินในฤดูฝน+การใช้ที่ดินในฤดูแล้ง

3. $+$ - หมายถึงการเปรียบเทียบเนื้อที่กับเนื้อที่เดิม $+$ เพิ่มขึ้น - ลดลง

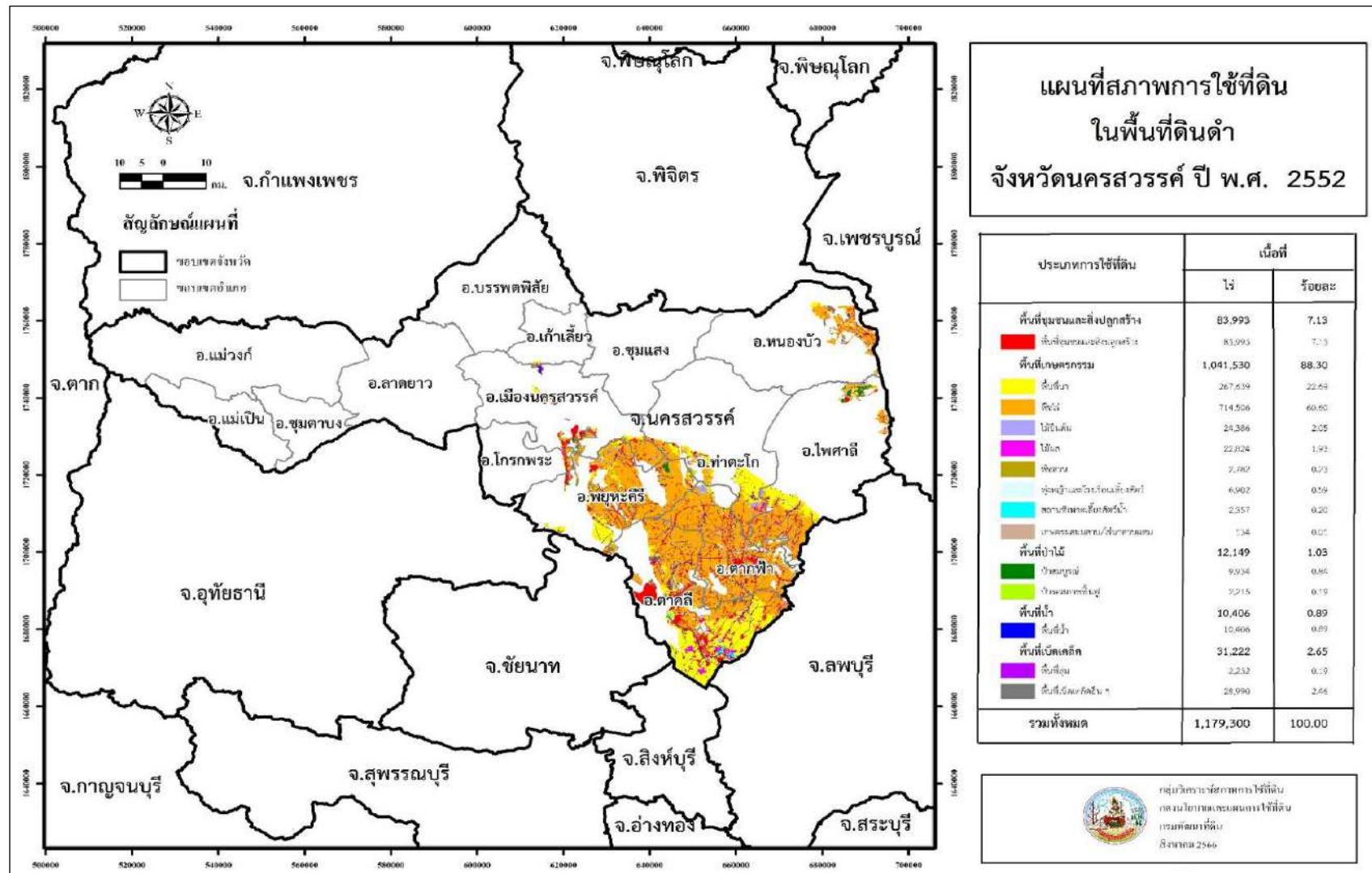
จากการศึกษาดังกล่าว พบว่าพื้นที่เบ็ดเตล็ดเป็นประเภทการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีเนื้อที่ลดลง 9,294 ไร่ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 7,889 ไร่ สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชไร่ มีเนื้อที่เพิ่มขึ้น 89,673 ไร่ และรองลงมา ได้แก่ พื้นที่นา มีเนื้อที่ลดลง 71,988 ไร่

ตารางที่ 3-4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563

การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2563														
	พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่นา	ข้าวโพด	อ้อย	มัน สำปะหลัง	พืชไร่ อื่นๆ	ยูคาลิปตัส	สัก	ไม้ยืนต้น อื่นๆ	ไม้ผล	พื้นที่ เกษตรกรรม อื่นๆ	พื้นที่ป่า	พื้นที่น้ำ	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	รวม ปี พ.ศ. 2552
พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	83,967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	83,993
พื้นที่นา	1,756	183,565	4,508	66,938	3,236	371	277	34	621	3,434	1,473	-	1,035	391	267,639
ข้าวโพด	1,764	1,607	83,290	75,667	45,118	8,488	378	611	316	2,009	1,507	-	353	405	221,513
อ้อย	1,197	4,971	33,331	361,848	36,434	12,000	139	316	146	1,228	399	-	1,015	126	453,150
มันสำปะหลัง	69	354	2,595	12,336	12,675	396	75	77	8	203	123	-	14	53	28,978
พืชไร่อื่นๆ	216	268	2,374	4,259	2,111	1,065	21	22	6	183	202	-	30	108	10,865
ยูคาลิปตัส	198	217	799	2,547	1,253	157	3,084	60	65	79	10	-	41	81	8,591
สัก	75	251	1,009	3,453	1,628	275	101	7,569	114	115	4	-	52	63	14,709
ไม้ยืนต้นอื่นๆ	43	20	146	245	118	14	-	42	393	49	9	-	7	-	1,086
ไม้ผล	559	3,030	1,825	4,002	1,140	281	49	228	426	10,507	346	-	396	35	22,824
พื้นที่เกษตรกรรม อื่น ๆ	164	523	775	2,048	2,004	61	19	55	-	206	6,250	-	29	41	12,175

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2563														
	พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่นา	ข้าวโพด	อ้อย	มัน สำปะหลัง	พืชไร่ อื่นๆ	ยูคาลิปตัส	สัก	ไม้ยืนต้น อื่นๆ	ไม้ผล	พื้นที่ เกษตรกรรม อื่นๆ	พื้นที่ป่า	พื้นที่น้ำ	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	รวม ปี พ.ศ. 2552
พื้นที่ป่า	419	167	248	2,374	1,558	38	4	25	5	17	5	7,218	8	63	12,149
พื้นที่น้ำ	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	10,405	-	10,406
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	1,455	678	1,950	3,204	1,668	318	104	40	11	208	371		679	20,536	31,222
รวม ปี พ.ศ. 2563	91,882	195,651	132,850	538,922	108,943	23,464	4,251	9,079	2,111	18,238	10,699	7,218	14,064	21,928	1,179,300



รูปที่ 3-2 การใช้ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552

3.2.2 ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (Land Use / Land Cover Change: LUC) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563

ทำการวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (Land Use / Land Cover Change: LUC) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 โดยการจัดหมวดหมู่ประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น และซ้อนทับข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 และ 2563 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 3-3 ถึง 3-5 และรูปที่ 3-5)

1) พื้นที่ป่าไม้ (Tree-covered area) ได้แก่ ป่าผลัดใบ และป่าปลูก พบว่ามีเนื้อที่ลดลงจากเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 4,441 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 482 ไร่ และพื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น 8 ไร่ ซึ่งทำให้มีพื้นที่เสื่อมโทรม 4,931 ไร่ ซึ่งพบมากในอำเภอพยุหะคีรี และอำเภอโกรกพระ

2) พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ (Grassland) ได้แก่ ทุ่งหญ้า ไม้ละเมาะ และไผ่ป่า ไผ่หนาม พบว่ามีเนื้อที่ลดลงจาก 24,284 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 15,692 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 ลดลง 8,592 ไร่ หรือลดลงร้อยละ 35.38 ของเนื้อที่เดิม โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 7,685 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง 7,685 ไร่ พบมากในอำเภอตากฟ้า อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอพยุหะคีรี นอกจากนี้พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะเปลี่ยนเป็นพื้นที่น้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ 71 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 801 ไร่ และพื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น 195 ไร่ โดยรวมเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม 1,067 ไร่ ซึ่งพบมากในอำเภอไพศาลี อำเภอตากฟ้า และอำเภอท่าตะโก และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 15,532 ไร่

3) พื้นที่เกษตรกรรม (Cropland) ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และเกษตรผสมผสาน พบว่ามีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 1,037,711 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 1,038,490 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้น 779 ไร่ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.08 ของเนื้อที่เดิม ซึ่งเพิ่มขึ้นมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ เช่น พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ นอกจากนี้พื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ 15,532 ไร่ พื้นที่น้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ 60 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 8,421 ไร่ และพื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น 3,744 ไร่ รวมเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม 12,385 ไร่ ซึ่งพบมากในอำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี อำเภอเมืองนครสวรรค์ และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 1,025,326 ไร่

4) พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) ได้แก่ แหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำลำคลอง หนองบึง พื้นที่ลุ่มน้ำขัง พบว่ามีเนื้อที่ลดลงจาก 7,749 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 6,236 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 ลดลง 1,513 ไร่ หรือร้อยละ 19.53 ของเนื้อที่เดิม ซึ่งลดลงจากเปลี่ยนไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ เช่น พื้นที่เกษตรกรรม 698 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 457 ไร่ และพื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น 489 ไร่ รวมเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม 1,644 ไร่ ซึ่งพบมากในอำเภอเมืองนครสวรรค์ และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 6,105 ไร่

5) พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง (Artificial surfaces) ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม พื้นที่อุตสาหกรรม นิคมและโรงงานอุตสาหกรรม และสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ เช่น สุสาน ป่าช้า และสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น รวมถึงโรงเรียนเลี้ยงสัตว์ ฟาร์มจระเข้ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน พื้นที่ขุดเจาะน้ำมัน พื้นที่กองวัสดุ พื้นที่ถม นาเกลือ และที่ทิ้งขยะ พบว่ามีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 90,170 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 100,049 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้น 9,879 ไร่ หรือร้อยละ 10.96 ของเนื้อที่เดิม

แต่พบว่าพื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้างบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงจำนวน 282 ไร่ พบมากในอำเภอไพศาลี และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 89,888 ไร่

6) พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น (Artificial water body) ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ คลองชลประทาน สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่าง ๆ พืชน้ำ พบว่ามีเนื้อที่เพิ่มขึ้นจาก 7,237 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 11,615 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้น 4,378 ไร่ หรือร้อยละ 60.49 ของเนื้อที่เดิม ซึ่งเพิ่มขึ้นมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ เช่น พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงจำนวน 58 ไร่ พบในอำเภอตากาลี และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 7,179 ไร่

3.2.3 ตัวชี้วัด LUC ของพื้นที่ Black Soil จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563
ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) พื้นที่เสื่อมโทรม มีเนื้อที่รวม 20,027 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.71 ของเนื้อที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอไพศาลี และอำเภอตากฟ้า

2) พื้นที่ได้รับการปรับปรุง มีเนื้อที่รวม 8,025 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.67 ของเนื้อที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอตากฟ้า

3) พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีเนื้อที่รวม 1,151,248 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 97.62 ของเนื้อที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอหนองบัว

ตารางที่ 3-5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามมาตรฐานตัวชี้วัด LUC ของพื้นที่ Black Soil
จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563

ประเภทการใช้ที่ดิน		เนื้อที่	
ปี พ.ศ. 2552	ปี พ.ศ. 2563	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าไม้	7,218	0.61
	พื้นที่เกษตรกรรม	4,441	0.38
	พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	482	0.04
	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	8	-
พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ	พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ	15,532	1.32
	พื้นที่เกษตรกรรม	7,685	0.65
	พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	71	0.01
	พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	801	0.07
	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	195	0.02
พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ทุ่งหญ้าไม้ละเมาะ	160	0.01
	พื้นที่เกษตรกรรม	1,025,326	86.94
	พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	60	0.01
	พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	8,421	0.71
	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	3,744	0.32
พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	พื้นที่เกษตรกรรม	698	0.06
	พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	6,105	0.52
	พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	457	0.04
	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	489	0.04
พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่เกษตรกรรม	282	0.02
	พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง	89,888	7.62

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน		เนื้อที่	
ปี พ.ศ. 2552	ปี พ.ศ. 2563	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	พื้นที่เกษตรกรรม	58	-
	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	7,179	0.61
รวม		1,179,300	100.00

- หมายเหตุ :
- 1. พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง
 - 2. พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
 - 3. พื้นที่เสื่อมโทรม

ตารางที่ 3-6 ตัวชี้วัด LUC ของพื้นที่ Black Soil จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2563

ประเภทพื้นที่ตามมาตรฐานตัวชี้วัด LUC	เนื้อที่	
	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เสื่อมโทรม	20,027	1.71
พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง	8,025	0.67
พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	1,151,248	97.62
รวม	1,179,300	100.00

ตารางที่ 3-7 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (Land Use / Land Cover Change: LUC) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์
ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และ 2563

ประเภทการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	ประเภทการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2563						
	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ทุ่งหญ้า ไม่ละเมาะ	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	พื้นที่ชุมชน/ สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	รวม ปี พ.ศ. 2552
พื้นที่ป่าไม้	7,218	-	4,441	-	482	8	12,149
พื้นที่ทุ่งหญ้า ละเมาะ	-	15,532	7,685	71	801	195	24,284
พื้นที่เกษตรกรรม	-	160	1,025,326	60	8,421	3,744	1,037,711
พื้นที่น้ำ/พื้นที่ชุ่มน้ำ	-	-	698	6,105	457	489	7,749
พื้นที่ชุมชน/สิ่งปลูก สร้าง	-	-	282	-	89,888	-	90,170
พื้นที่น้ำที่สร้างขึ้น	-	-	58	-	-	7,179	7,237
รวม ปี พ.ศ. 2563	7,218	15,692	1,038,490	6,236	100,049	11,615	1,179,300

หมายเหตุ :  1. พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง  2. พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง  3. พื้นที่เสื่อมโทรม

จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน หรือ LUC พบว่า ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 1,151,248 ไร่ หรือ ร้อยละ 97.62 ของเนื้อที่ทั้งหมด พื้นที่เสื่อมโทรม 20,027 ไร่ หรือร้อยละ 1.71 ของเนื้อที่ทั้งหมด และ พื้นที่ได้รับการปรับปรุง 8,025 ไร่ หรือร้อยละ 0.67 ของเนื้อที่ทั้งหมด

3.3 ผลวิเคราะห์ผลผลิตภาพของที่ดิน

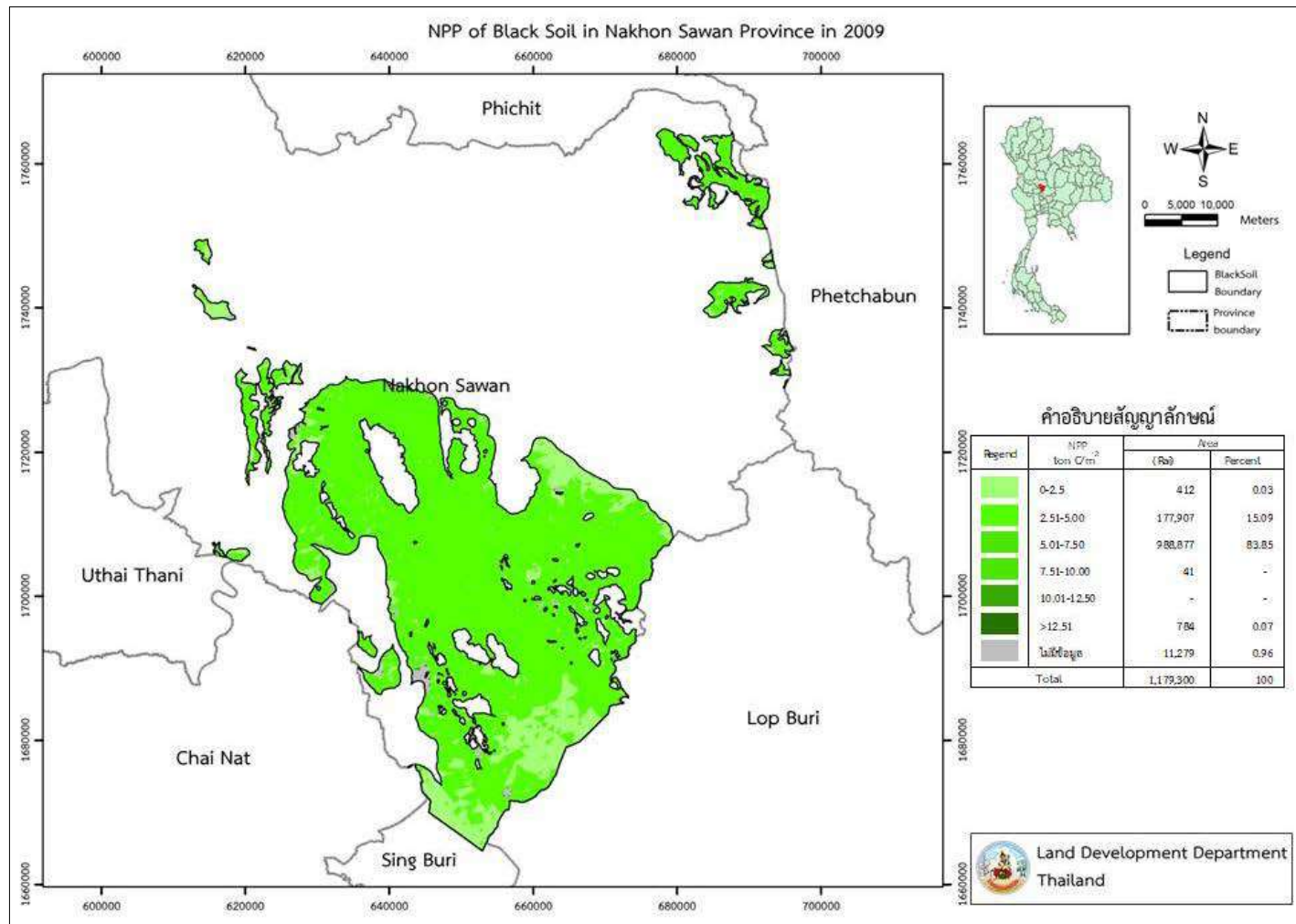
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

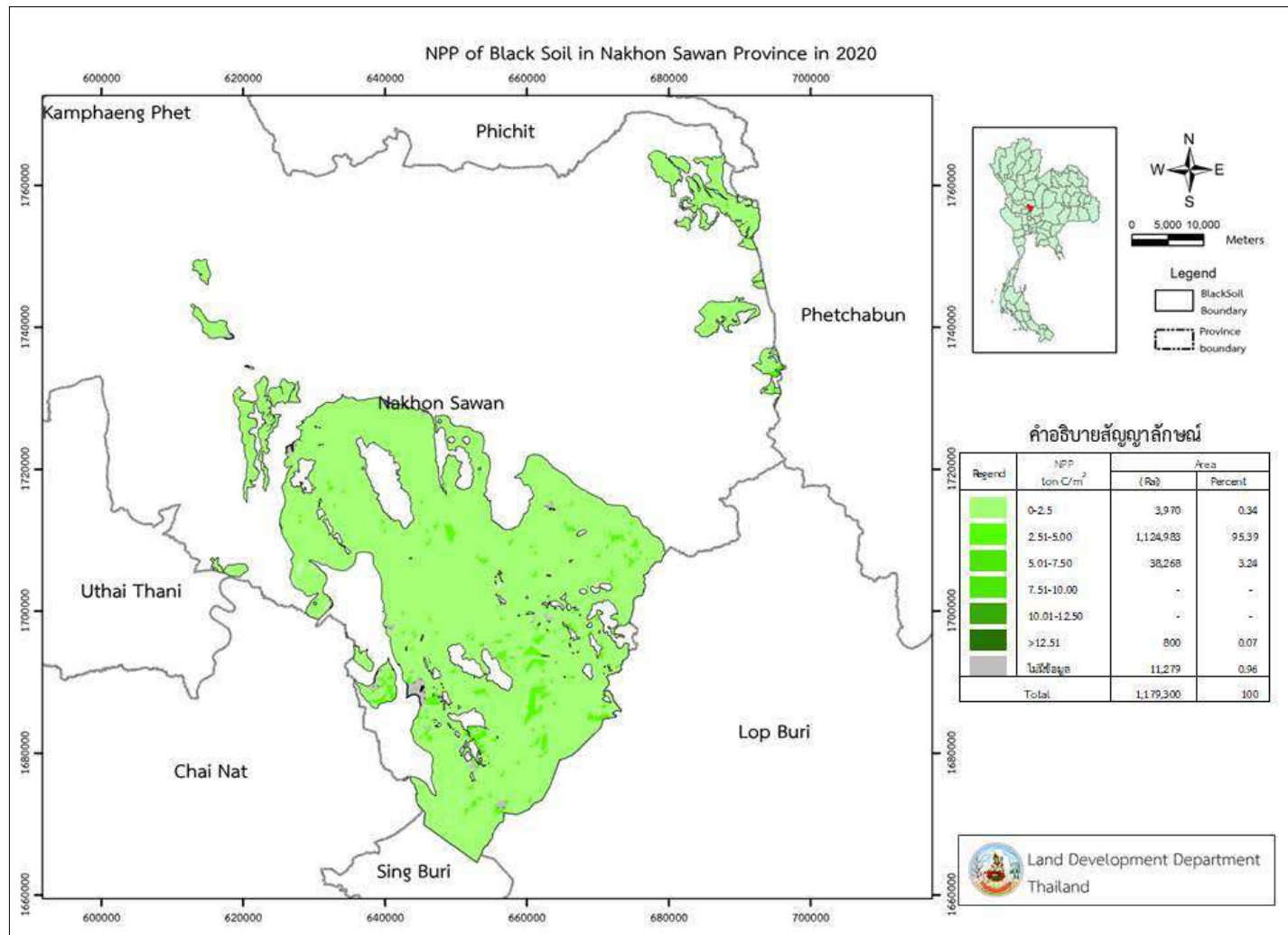
จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ค่า NPP ของจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563 ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 6 ช่วงชั้นข้อมูล พบว่ามีลักษณะของข้อมูลดังนี้ (ตารางที่ 3-8 และรูปที่ 3-6 รูปที่ 3-7) คือ พื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งมีเนื้อที่ทั้งหมด 1,179,300 ไร่ โดยในปี พ.ศ. 2552 ส่วนใหญ่มีค่า NPP อยู่ในช่วง 5.01 - 7.50 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร โดยมีเนื้อที่ประมาณ 988,877 ไร่ หรือ ร้อยละ 83.85 ของเนื้อที่ทั้งหมด ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ช่วง 2.51-5.00 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 177,907 ไร่ หรือ ร้อยละ 15.09 ของเนื้อที่ทั้งหมด ลำดับต่อมาพื้นที่ไม่มีข้อมูล มีเนื้อที่ประมาณ 11,279 ไร่ หรือร้อยละ 0.96 ของเนื้อที่ทั้งหมด ช่วง มากกว่า 12.51 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 784 ไร่ หรือร้อยละ 0.07 ของเนื้อที่ทั้งหมด และช่วง 0 - 2.5 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 412 ไร่ หรือร้อยละ 0.03 ของเนื้อที่ทั้งหมด ขณะที่ในปี พ.ศ. 2563 ส่วนใหญ่มีค่า NPP ในช่วง 2.51 - 5.00 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,124,983 ไร่ หรือร้อยละ 95.39 ของเนื้อที่ทั้งหมด ลำดับรองลงมาเป็นช่วง 5.01 - 7.50 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 38,268 ไร่ หรือ ร้อยละ 3.24 ของเนื้อที่ทั้งหมด ลำดับต่อมาเป็นพื้นที่ไม่มีข้อมูล มีเนื้อที่ประมาณ 11,279 ไร่ หรือร้อยละ 0.96 ของเนื้อที่ทั้งหมด ช่วง 0 - 2.5 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 3,970 ไร่ หรือร้อยละ 0.34 ของเนื้อที่ทั้งหมด และช่วงมากกว่า 12.51 ตันคาร์บอนต่อตารางเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 800 ไร่ หรือร้อยละ 0.07 ของเนื้อที่ทั้งหมด

ตารางที่ 3-8 ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563

ระดับค่า NPP (ตันคาร์บอน/ตร.ม.)	ปี พ.ศ. 2552		ปี พ.ศ. 2563	
	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
0 - 2.50	412	0.03	3,970	0.34
2.51 - 5.00	177,907	15.09	1,124,983	95.39
5.01 - 7.50	988,877	83.85	38,268	3.24
7.51 - 10.00	41	-	-	-
10.01 - 12.50	-	-	-	-
> 12.51	784	0.07	800	0.07
ไม่มีข้อมูล	- 11,279	0.96	11,279	0.96
รวม	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00



รูปที่ 3-6 ผลผลิตขั้นปฐมภูมิในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552



รูปที่ 3-7 ผลผลิตขั้นปฐมภูมิในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563

2) การเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552 และปี พ.ศ. 2563 โดยใช้ confusion matrix table ในการวิเคราะห์ (ตารางที่ 3-9 และตารางที่ 3-10) พบว่า ค่า NPP ในบางช่วงชั้นทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 1 ค่า NPP ช่วง 0 - 2.50 ตันต่อตารางเมตร มีการเพิ่มขึ้นของ ค่า NPP รวมเนื้อที่ 411 ไร่ หรือร้อยละ 0.03 ของเนื้อที่ทั้งหมด

2.2) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 2 ค่า NPP ช่วง 2.51 - 5.00 ตันต่อตารางเมตร มีการลดลงของค่า NPP รวมเนื้อที่ 1,791 ไร่ หรือร้อยละ 0.15 ของเนื้อที่ทั้งหมด มีการเพิ่มขึ้นของค่า NPP รวมเนื้อที่ 1,561 ไร่ หรือร้อยละ 0.13 ของเนื้อที่ทั้งหมด และค่า NPP ในระดับคงที่ รวมเนื้อที่ 174,555 ไร่ หรือร้อยละ 14.80 ของเนื้อที่ทั้งหมด

2.3) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 3 ค่า NPP ช่วง 5.01 - 7.50 ตันต่อตารางเมตร มีการลดลงของค่า NPP รวมเนื้อที่ 952,010 ไร่ หรือร้อยละ 80.73 ของเนื้อที่ทั้งหมด มีการเพิ่มขึ้นของค่า NPP รวมเนื้อที่ 158 ไร่ หรือร้อยละ 0.10 ของเนื้อที่ทั้งหมด และค่า NPP ในระดับคงที่ รวมเนื้อที่ 36,079 ไร่ หรือร้อยละ 3.11 ของเนื้อที่ทั้งหมด

2.4) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 4 ค่า NPP ช่วง 7.51 - 10.00 ตันต่อตารางเมตร มีการลดลงของค่า NPP รวมเนื้อที่ 41 ไร่ หรือร้อยละ 0.003ของเนื้อที่ทั้งหมด

2.5) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 6 ค่า NPP ช่วง > 12.51 ตันต่อตารางเมตร มีการลดลงของค่า NPP รวมเนื้อที่ 232 ไร่ หรือร้อยละ 0.02 ของเนื้อที่ทั้งหมด และค่า NPP ในระดับคงที่ รวมเนื้อที่ 552 ไร่ หรือร้อยละ 0.05 ของเนื้อที่ทั้งหมด

2.6) ช่วงชั้นข้อมูลที่ 7 ไม่มีข้อมูล จัดเป็นช่วงชั้นที่มีระดับคงที่ รวมเนื้อที่ 11,279 ไร่ หรือร้อยละ 0.96 ของเนื้อที่ทั้งหมด

ตารางที่ 3-9 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

โดยใช้ confusion matrix table

NPP in 2009 (ton /m ²)	NPP in 2020 (ton /m ²)							Area (Rai)
	0-2.5	2.51-5.00	5.01-7.50	7.51-10.00	10.01-12.50	>12.51	N/A	
	0-2.5	2.51-5.00	5.01-7.50	7.51-10.00	10.01-12.50	>12.51	N/A	
0-2.5	1	411	-	-	-	-	-	412
2.51-5.00	1,791	174,555	1,471	-	-	90	-	177,907
5.01-7.50	2,178	949,832	36,709	-	-	158	-	988,877
7.51-10.00	-	29	12	-	-	-	-	41
10.01-12.50	-	-	-	-	-	-	-	-
>12.51	-	156	76	-	-	552	-	784
N/A	-	-	-	-	-	-	11,279	11,279
Total area (Rai)	3,970	1,124,983	38,268	-	-	800	11,279	1,179,300

หมายเหตุ

- แถบสีแดง แสดงพื้นที่เสื่อมโทรม
- แถบสีเขียว แสดงพื้นที่ได้รับการปรับปรุง
- แถบสีเทา แสดงพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 3-10 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิจังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2563

ปี พ.ศ. 2552 ระดับค่า NPP (ตัน/ตร.ม.)	ปี พ.ศ. 2563 ระดับค่า NPP (ตัน/ตร.ม.)	เนื้อที่	
		ไร่	เปอร์เซ็นต์
0 - 2.50	0 - 2.50	1	-
	2.51 - 5.00	411	0.03
	5.01 - 7.50	-	-
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	-	-
2.51 - 5.00	0 - 2.50	1,791	0.15
	2.51 - 5.00		
	5.01 - 7.50	1,471	0.12
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	90	0.01
5.01 - 7.50	0 - 2.50	2,178	0.18
	2.51 - 5.00		
	5.01 - 7.50	36,709	3.11
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	158	0.01
7.51 - 10.00	0 - 2.50	-	-
	2.51 - 5.00	29	-
	5.01 - 7.50	12	-
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	-	-
10.01 - 12.50	0 - 2.50	-	-
	2.51 - 5.00	-	-
	5.01 - 7.50	-	-
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	-	-

ตารางที่ 3-10 (ต่อ)

ปี พ.ศ. 2552 ระดับค่า NPP (ตัน/ตร.ม.)	ปี พ.ศ. 2563 ระดับค่า NPP (ตัน/ตร.ม.)	เนื้อที่	
		ไร่	เปอร์เซ็นต์
> 12.51	0 - 2.50	-	-
	2.51 - 5.00	156	0.01
	5.01 - 7.50	76	-
	7.51 - 10.00	-	-
	10.01 - 12.50	-	-
	> 12.51	552	0.05
N/A	N/A	11,279	0.96
รวมเนื้อทั้งหมด		1,179,300	100.00

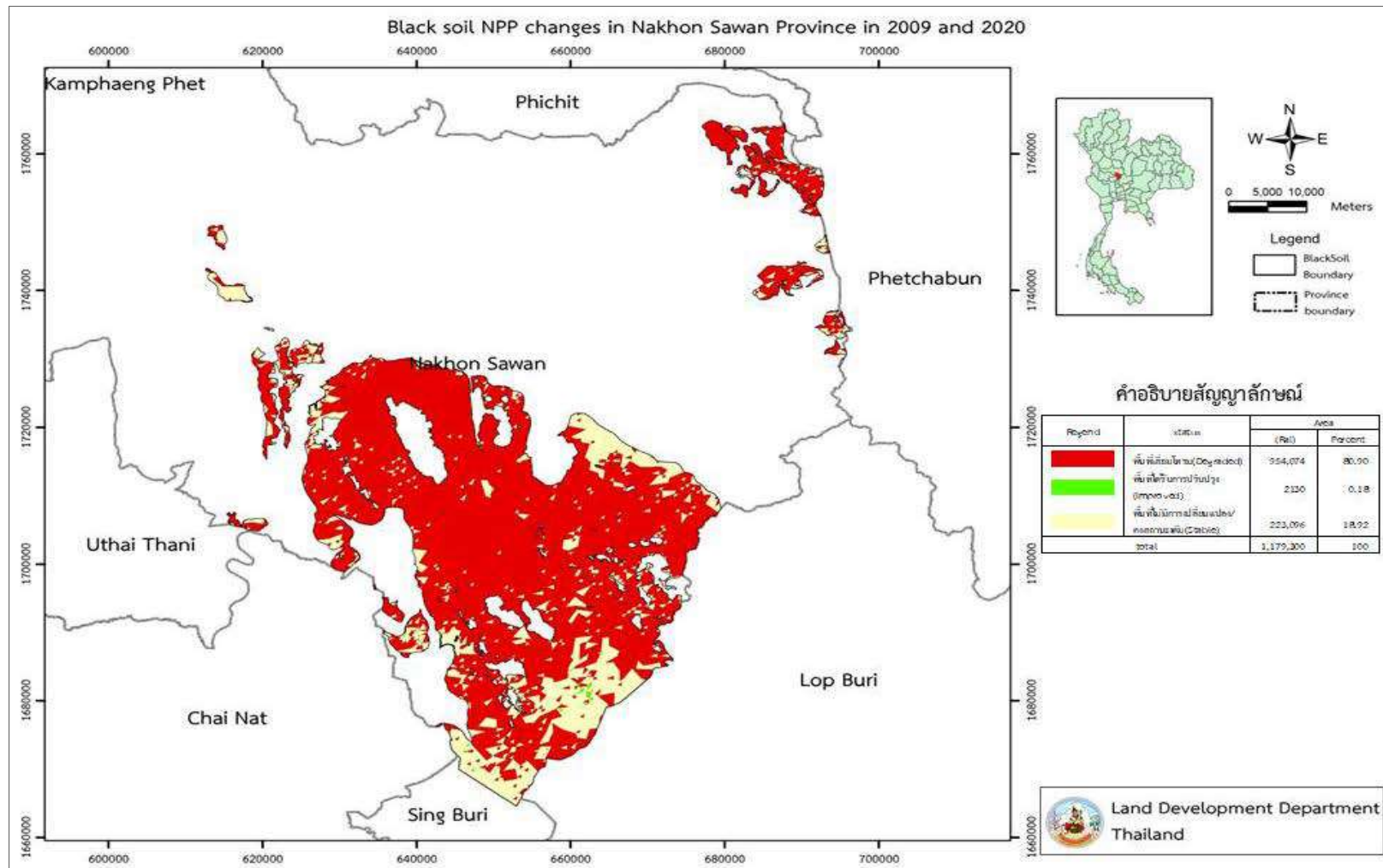
หมายเหตุ แถบสีแดง แสดงพื้นที่ที่มีระดับค่า NPP ลดลง
 แถบสีเขียว แสดงพื้นที่ที่มีระดับค่า NPP เพิ่มขึ้น
 แถบสีเทา แสดงพื้นที่ที่มีระดับค่า NPP คงที่

3) การจัดระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่า NPP และจัดระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 3-11 และรูปที่ 3-8 พบว่า การจัดการทรัพยากรที่ดินในจังหวัดนครสวรรค์ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เสื่อมโทรม มีเนื้อที่ 954,074 ไร่ หรือร้อยละ 80.90 ของเนื้อที่ทั้งหมด พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีเนื้อที่ 223,096 ไร่ หรือร้อยละ 18.92 ของเนื้อที่ทั้งหมด และพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง มีเนื้อที่ 2,130 ไร่ หรือร้อยละ 0.18 ของเนื้อที่ทั้งหมด

ตารางที่ 3-11 ระดับความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินโดยใช้ค่า NPP

ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP)	เนื้อที่	
	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่เสื่อมโทรม	954,074	80.90
พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง	2,130	0.18
พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	223,096	18.92
รวม	1,179,300	100.00



รูปที่ 3-8 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

3.4 ผลวิเคราะห์สถานภาพทรัพยากรดิน

3.4.1 การประเมินสถานภาพทรัพยากรดิน

จากการสำรวจและจำแนกดินของกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ทำให้ทราบถึงการกระจายตัวของดิน สมบัติต่าง ๆ ของดิน รายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดนครสวรรค์ (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2561) พบว่า ดินในขอบเขตพื้นที่ดินดำ (Black Soil) ของจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าดินที่มีลักษณะเข้าเกณฑ์ สามารถจัดกลุ่มตามลักษณะดินดำ (Black soil) ซึ่งเป็นดินที่มีหน้าดินบนเป็นสีดำ มีอินทรีย์คาร์บอนอยู่มาก ที่ความลึกอย่างน้อย 25 เซนติเมตร (FAO, 2021) อยู่ในกลุ่มดินดำประเภทที่ 1 เป็นดินที่มีคุณค่าสูงมาก หรือตกอยู่ในภาวะเสื่อมโทรม ต้องได้รับการปกป้องในระดับโลก มีคุณสมบัติดังนี้ ได้แก่ มีสีดำหรือเข้มมาก มีค่าสีและค่ารงควัตถุไม่มากกว่า 3 ความหนาของชั้นดินที่มีสีดำอย่างน้อย 25 เซนติเมตร ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน มากกว่าร้อยละ 0.60 มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตรต่อกิโลกรัม ค่าอิ่มตัวด้วยเบส (BS) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 พบจำแนกดินได้ 9 ชุดดิน มีเนื้อที่ประมาณ 1,179,300 ไร่ หรือร้อยละ 19.66 ของพื้นที่จังหวัด

จากข้อมูลชุดดินจัดตั้งจากการกำหนดลักษณะของชุดดินตัวแทนที่จัดตั้งของประเทศไทย (ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน, 2547) ผลวิเคราะห์ชั้นดินบนของชุดดินหลักที่พบในพื้นที่ขอบเขตดินดำของจังหวัดนครสวรรค์นั้น มีค่าเข้าเกณฑ์ของกลุ่มดินดำประเภทที่ 1 จำนวน 9 ชุดดิน ทั้งหมดอยู่ในอันดับดินอินเซปติซอล (Inceptisols) อันดับดินมอลลิซอล (Mollisols) อันดับดินเวอร์ทิซอล (Vertisols) ได้แก่ ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินช่องแค ชุดดินโคกกระเทียม ชุดดินลพบุรี ชุดดินลำนารายณ์ ชุดดินสมอทอด ชุดดินสิงห์บุรี และชุดดินตาคลี ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 ผลวิเคราะห์ดินของชุดดินหลักที่เป็นดินดำของจังหวัดนครสวรรค์

ชุดดินตัวแทน	อันดับดิน	อินทรีย์คาร์บอน ในดิน (SOC) (%)	ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน (CEC) (%)	ค่าอิ่มตัว ด้วยเบส (BS) (%)
ชุดดินบ้านหมี่ (Bm)	Endoaquerts	1.08	50.00	58.00
ชุดดินชัยบาดาล (Cd)	Haplusterts	1.53	58.30	96.40
ชุดดินช่องแค (CK)	Endoaquerts	0.77	34.60	62.00
ชุดดินโคกกระเทียม (Kk)	Endoaquerts	1.65	56.40	81.00
ชุดดินลพบุรี (Lb)	Haplusterts	4.73	80.10	88.00
ชุดดินลำนารายณ์ (Ln)	Haplustolls	1.47	84.00	94.00
ชุดดินสมอทอด (Sat)	Haplusterts	1.32	37.20	68.00
ชุดดินสิงห์บุรี (Sin)	Endoaquerts	2.22	32.20	73.00
ชุดดินตาคลี (Tk)	Haplustolls	1.67	34.30	94.00

สามารถจัดกลุ่มตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ได้แก่ วัตถุดิบกำเนิดดิน เนื้อดินบน และการระบายน้ำของดิน ได้ออกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 3-13 และรูปที่ 3-9 และรูปที่ 3-10 กลุ่มดินดำประเภทที่ 1 ที่พบในจังหวัดนครสวรรค์ แบ่งออกเป็น

ดินกลุ่มที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากตะกอนน้ำพา ได้แก่ ชุดดินบ้านหมี่ (Bm) ชุดดินช่องแค (Ck) ชุดดินสิงห์บุรี (Sin) และชุดดินโคกกระเทียม (Kk) ลักษณะดิน ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และดินเหนียวปนทรายแป้ง มีการระบายน้ำเร็ว มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลางถึงสูง

ดินกลุ่มที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากจากตะกอนน้ำพาที่มาทับถมบนลานตะพักปูนมาร์ล ได้แก่ ชุดดินลพบุรี (Lb) และชุดดินตาคี (Tk) ลักษณะดิน ดินบนเป็นดินร่วนเหนียว มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ดินสูง

ดินกลุ่มที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่จากหินภูเขาไฟ จำพวกหินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ หินบะซอลต์ ได้แก่ ชุดดินสมอทอด (Sat) ชุดดินชัยบาดาล (Cd) และชุดดินลำนารายณ์ (Ln) ลักษณะดิน ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ดินปานกลางถึงสูง

จากการศึกษาสถานภาพ ดินดำประเภทที่ 1 ที่พบในจังหวัดนครสวรรค์ โดยกำหนดจุดสำรวจดินและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำ (รูปผนวกที่ 2) เพื่อวิเคราะห์สมบัติเคมีบางประการของดิน

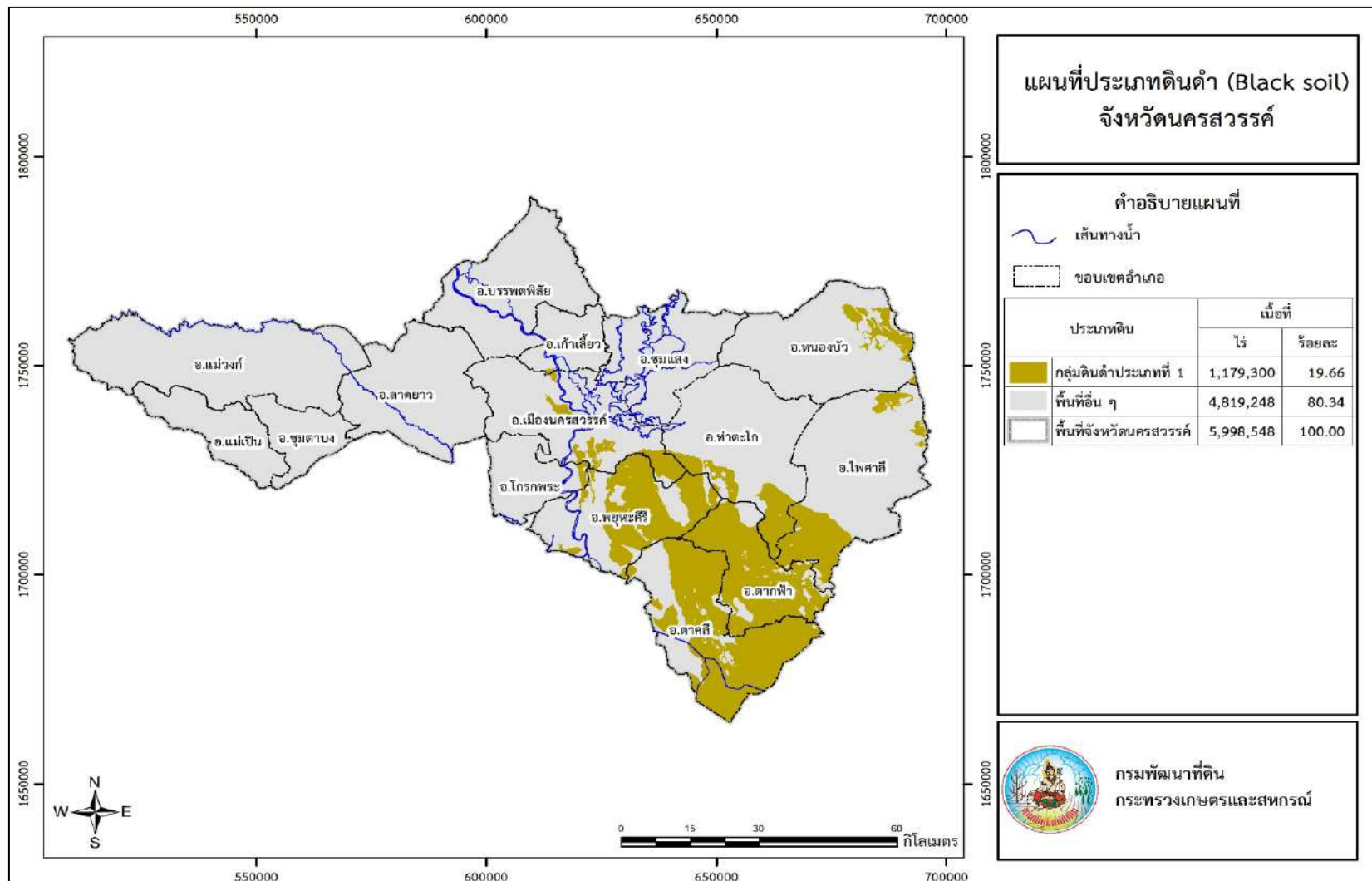
ในพื้นที่ขอบเขตดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ พบกลุ่มดินดำประเภทที่ 1 ได้แก่ ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินช่องแค ชุดดินหินซ้อ ชุดดินกลางดง ชุดดินลพบุรี ชุดดินลำนารายณ์ ชุดดินสิงห์บุรี และชุดดินตาคี โดยจากผลวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 3-13) พบว่าเห็นว่ดินที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ดินดำนั้น มีค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.97 – 2.77 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อยู่ในช่วงร้อยละ 1.68 – 4.78 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.30 – 202.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 21.30 – 658.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในช่วง 14.72 – 55.14 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในช่วงร้อยละ 60 – 99 จากการศึกษา พบว่าสถานการณ์ดินดำในขอบเขตพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ ส่วนใหญ่ยังอยู่ในเกณฑ์ของกลุ่มดินดำประเภทที่ 1 โดยมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับปานกลาง และระดับสูง (ตารางที่ 3-14) แต่ทั้งนี้จากผลวิเคราะห์ดินยังพบว่า ดินในบางจุดตัวอย่างที่ศึกษามีค่าของเกณฑ์ทางด้านสมบัติทางเคมีบางประการ ไม่เข้าเกณฑ์ที่จะเป็นดินดำประเภทที่ 1 แต่ก็ยังจัดอยู่ในกลุ่มดินดำประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นดินที่ต้องได้รับการปกป้องในระดับชาติ ดังนั้นจากข้อมูลการศึกษาดังข้างต้น ทำให้ทราบถึงสถานภาพของทรัพยากรดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ ในปัจจุบัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลไปใช้ในการสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศ และมาตรการในการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป

ตารางที่ 3-13 ชุดดินและสมบัติดินบางประการที่พบในพื้นที่ขอบเขตดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

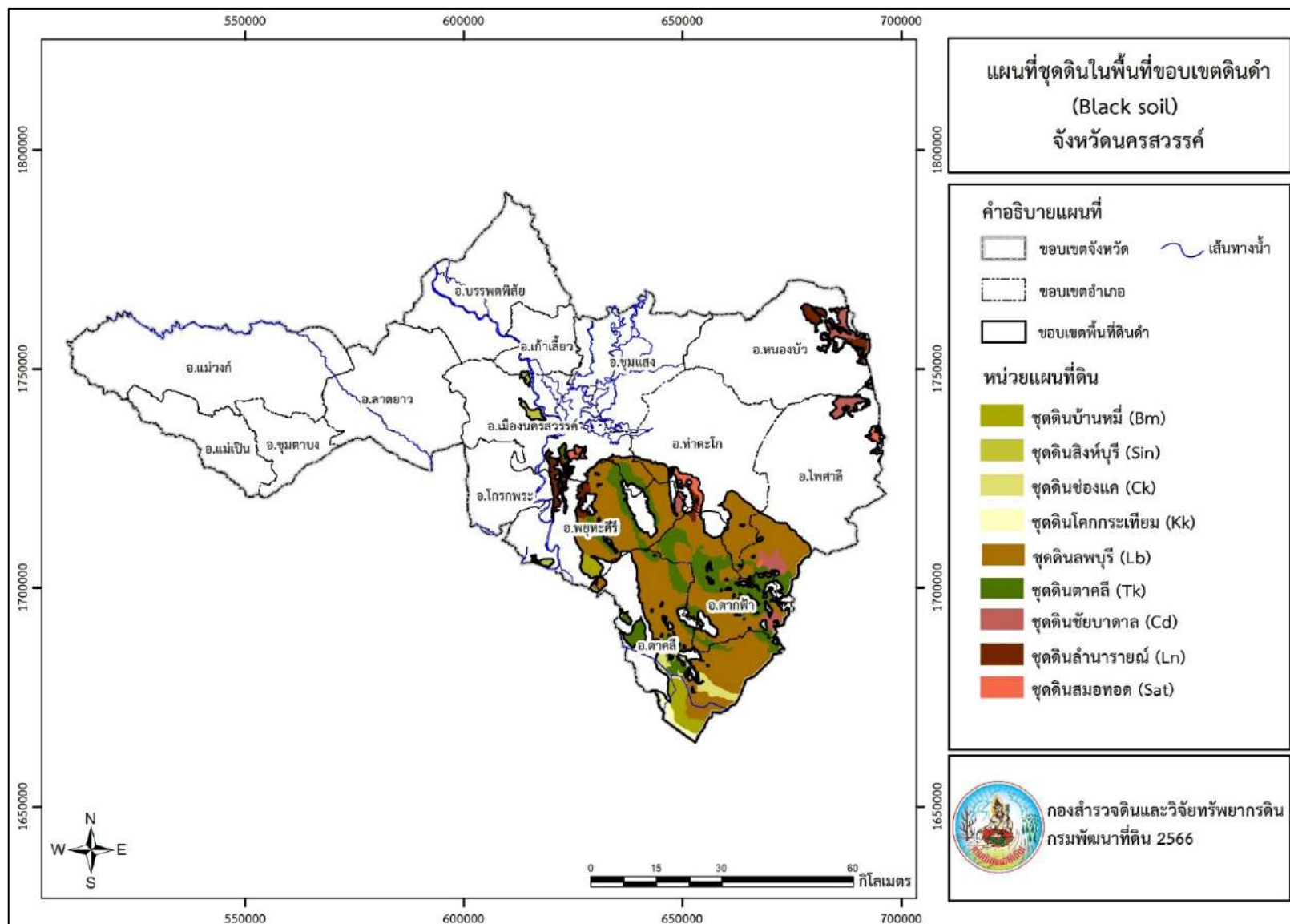
กลุ่มดิน ดำ	วัตถุดินกำเนิดดิน	สภาพพื้นที่	เนื้อดินบน	การระบายน้ำ	ชุดดิน	เนื้อที่	
						ไร่	ร้อยละ
ประเภท ที่ 1	ตะกอนน้ำพา	ที่ราบตะกอนน้ำพา	ดินเหนียว ดินเหนียวปน ทรายแป้ง	การระบายน้ำเลว	ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินช่องแค ชุดดินสิงห์บุรี ชุดดินโคกกระเทียม	102,701	8.71
	ตะกอนน้ำพามาทับถม บนลานตะพักปูนมาร์ล	ตะพักลำน้ำ	ดินร่วนเหนียว	การระบายน้ำดี	ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี	928,400	78.72
	สลายตัวผุพังอยู่กับที่ จากหินภูเขาไฟ จำพวก หินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ หินบะซอลต์	พื้นที่ผิวที่เหลือจาก การกร่อน	ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว	การระบายน้ำ ดีปานกลาง และ การระบายน้ำดี	ชุดดินสมอทอด ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินลำนารายณ์	148,198	12.57
รวม						1,179,300	100.00

ตารางที่ 3-14 ลักษณะและสมบัติดิน ในพื้นที่ขอบเขตดินดำจังหวัดนครสวรรค์

ชุดดิน	ค่าพีเอชดิน	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg.kg^{-1})	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg.kg^{-1})	ความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol.kg^{-1})	อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
ชุดดินบ้านหมี่ (Bm)	5.9-7.7	1.3-1.9	2.20-3.31	2.4-24.1	45.8-314.9	20.1-51.4	78-99	ปานกลาง-สูง
ชุดดินชัยบาดาล (Cd)	7.0-8.5	1.1-1.8	1.87-3.02	1.4-21.9	29.4-189.9	22.2-39.9	90-99	ปานกลาง-สูง
ชุดดินช่องแค (Ck)	6.1-7.9	1.1-1.3	1.97-2.25	9.4-11.8	41.3-68.9	18.3-40.0	92-99	ปานกลาง
ชุดดินหินซ้อน (Hs)	7.9-8.1	1.1-2.8	1.98-4.78	12.1-22.0	37.8-55.9	14.7-55.1	99	ปานกลาง
ชุดดินลพบุรี (Lb)	5.1-8.3	1.1-2.0	1.87-3.39	1.1-202.3	32.0-658.9	20.0-50.8	75-99	ปานกลาง-สูง
ชุดดินลำน้ำราษายณ์ (Ln)	6.3-8.0	1.0-1.5	1.68-2.60	0.3-142.1	35.7-138.9	17.5-28.1	69-99	ปานกลาง-สูง
ชุดดินสิงห์บุรี (Sin)	5.5-5.9	2.2-2.4	3.73-4.18	2.4-18.7	103.9-117.9	16.1-18.1	60-92	ปานกลาง
ชุดดินตากลี (Tk)	6.3-8.2	1.4-2.5	2.00-4.28	6.3-120.5	55.3-378.9	17.8-51.9	93-99	ปานกลาง-สูง



รูปที่ 3-9 ประเภทดินดำ (Black Soil) จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-10 ชุดดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำ (Black Soil) จังหวัดนครสวรรค์

3.4.2 การประเมินการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดิน

การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ได้จากการประเมินจากข้อมูลจุดวิเคราะห์ดินหลักในพื้นที่ของ จังหวัดนครสวรรค์ ข้อมูลจุดเก็บดินในจังหวัดนครสวรรค์โครงการหนึ่งหมู่บ้านหนึ่งจุดเก็บตัวอย่างดิน ปี พ.ศ. 2552 และข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างดินของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 เป็นข้อมูลดินดำ ปี พ.ศ. 2566 (ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2564 - 2566) โดยใช้วิธีการทำแผนที่โดยเทคนิค Random Forest (RF) ได้ผลดังตารางที่ 3-15 มีรายละเอียด ดังนี้

การกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำ ปี พ.ศ. 2552 (รูปที่ 3-11) พบว่าพื้นที่ การกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ในระดับต่ำ (2-5 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 177,086 ไร่ หรือร้อยละ 15.02 ในระดับปานกลาง (5-8 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 992,012 ไร่ หรือร้อยละ 84.12 ของพื้นที่ดินดำ ในระดับค่อนข้างสูง (8-12 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 9,530 ไร่ หรือร้อยละ 0.81 ของพื้นที่ดินดำ ในระดับสูง (12-16 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 672 ไร่ หรือร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ดินดำ

ตารางที่ 3-15 ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดิน (0-30 เซนติเมตร)

ในช่วงปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2566

ระดับปริมาณ การกักเก็บอินทรีย์ คาร์บอนในดิน	ปี 2552		ปี 2566		การเปลี่ยนแปลง	
	เนื้อที่		เนื้อที่		เนื้อที่	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
0 - 2 (ต่ำมาก)	-	-	-	-	-	-
2 - 5 (ต่ำ)	177,086	15.01	62,524	5.30	-114,562	-9.71
5 - 8 (ปานกลาง)	992,012	84.12	1,054,259	89.40	62,247	5.28
8 - 12 (ค่อนข้างสูง)	9,530	0.81	62,408	5.29	52,878	4.48
12 - 16 (สูง)	672	0.06	108	0.01	-564	-0.05
> 16 (สูงมาก)	-	-	-	-	-	-
รวม	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00	1,179,300	-

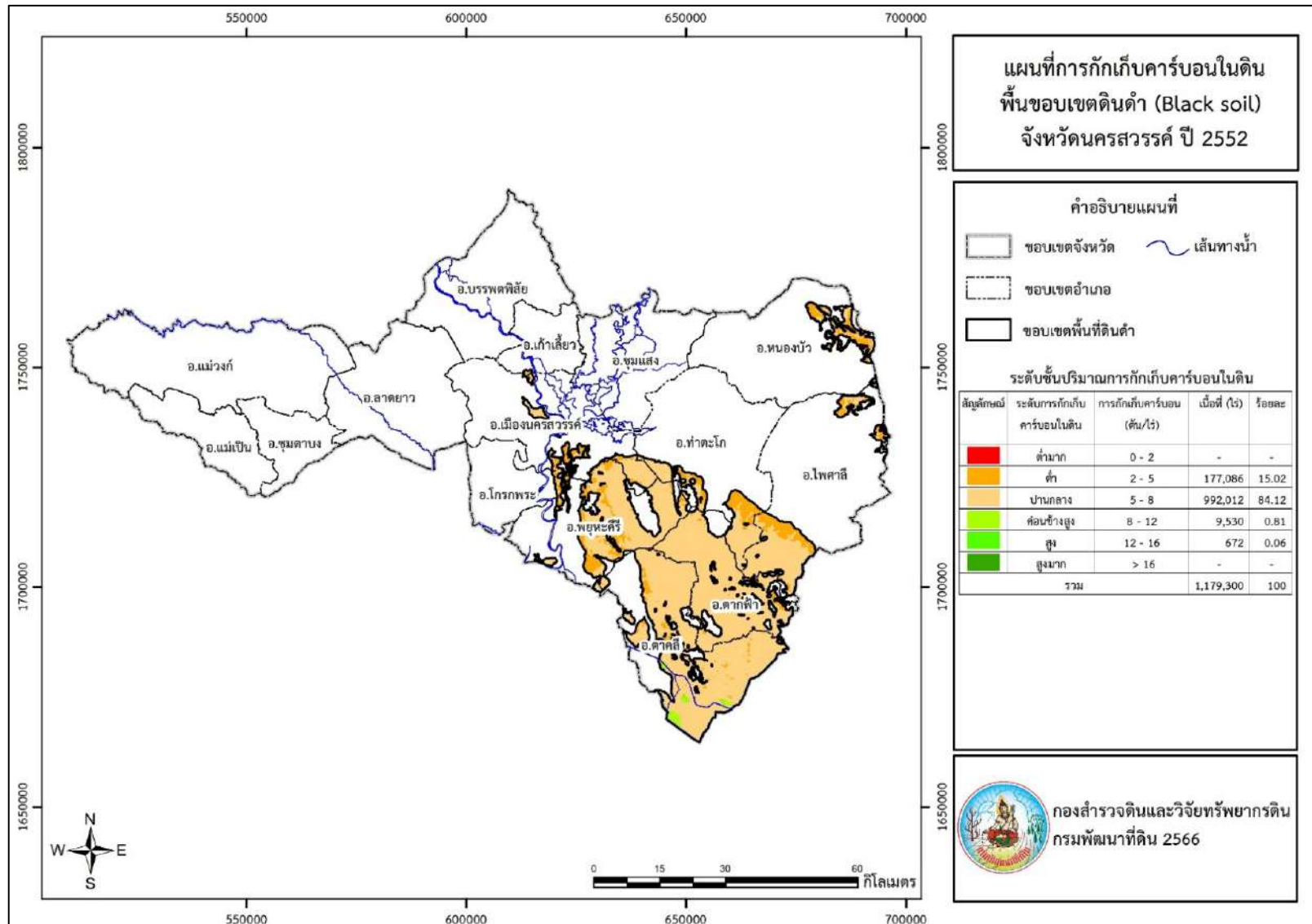
การกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ขอบเขตดินดำ ปี พ.ศ. 2566 (รูปที่ 3-12) พบว่าพื้นที่ การกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ในระดับต่ำ (2-5 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 62,524 ไร่ หรือร้อยละ 5.30 ในระดับปานกลาง (5-8 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 1,054,259 ไร่ หรือร้อยละ 89.40 ของพื้นที่ดินดำ ในระดับค่อนข้างสูง (8-12 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 62,408 ไร่ หรือร้อยละ 5.29 ของพื้นที่ดินดำ ในระดับสูง (12-16 ตันต่อไร่) มีเนื้อที่ประมาณ 108 ไร่ หรือร้อยละ 0.01 ของพื้นที่ดินดำ

การประเมินการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดินของพื้นที่ดินดำในจังหวัดนครสวรรค์ ช่วงระยะเวลา ปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2566 ซึ่งประเมินจากแผนที่การกักเก็บคาร์บอนในดิน แสดงผล ในรูปของตารางเมตริก (ตารางที่ 3-16) ทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ สิ้นน้ำเงิน แสดงว่าพื้นที่

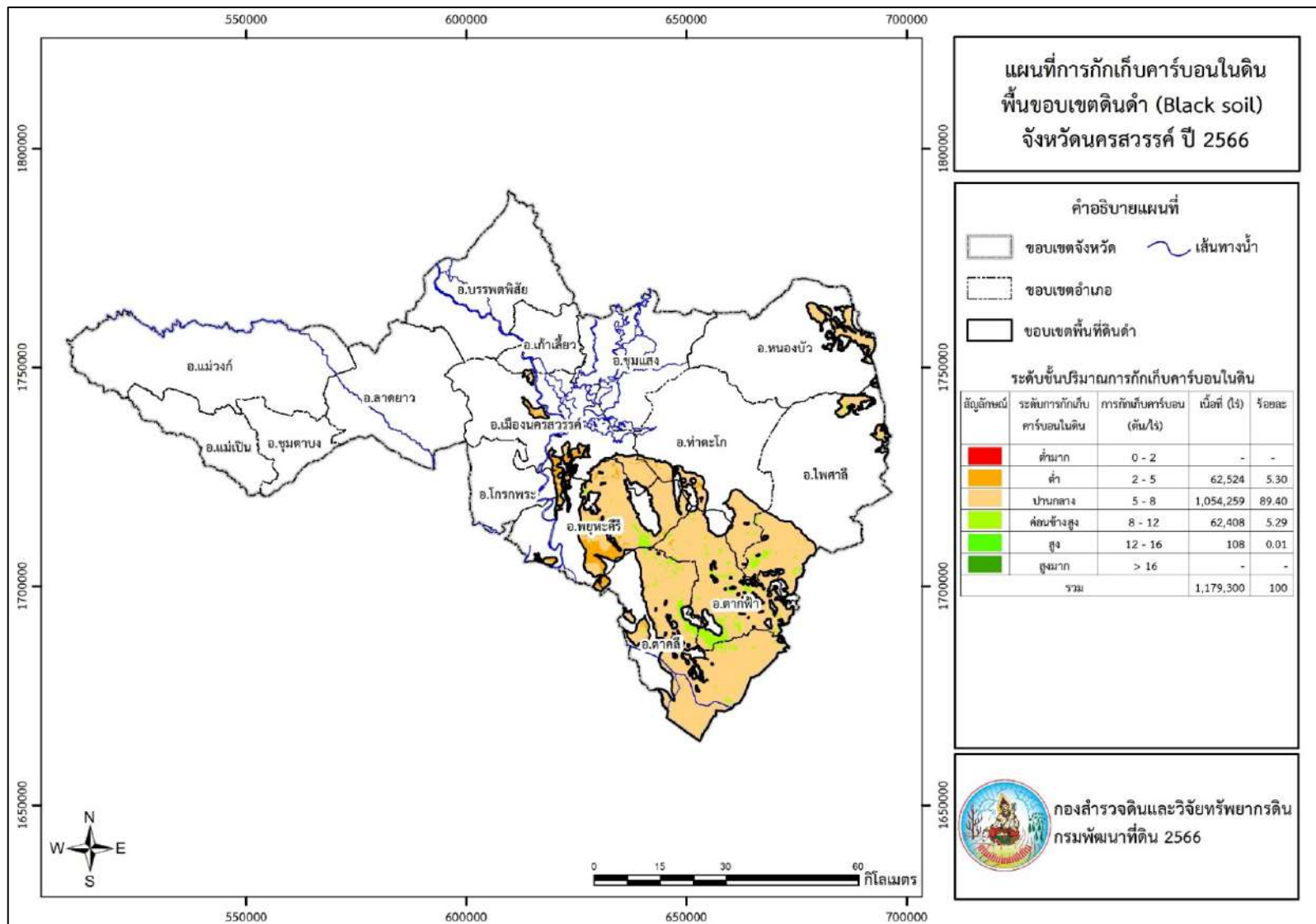
ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นพื้นที่ที่มีระดับการกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ในระดับเดิม หรือมีสถานะคงที่ (stable) สีแดง พื้นที่นั้นมีการกักเก็บคาร์บอนลดลงจากอดีต หรือเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม (degradation) และสีเขียว เป็นพื้นที่ได้รับการปรับปรุง เป็นพื้นที่ที่มีระดับการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงขึ้นจากอดีต (improved)

ตารางที่ 3-16 การประเมินการเปลี่ยนแปลงการกักเก็บคาร์บอนในดินของพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

	SOC stock 2566							รวม
		ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	ค่อนข้างสูง	สูง	สูงมาก	
SOC stock 2552	ต่ำมาก							
	ต่ำ		21,022	154,308	1,603			176,932
	ปานกลาง		41,277	890,471	60,311	108		992,167
	ค่อนข้างสูง		178	8,872	478			9,528
	สูง			672				672
	สูงมาก							
รวม			62,476	1,054,324	62,392	108		1,179,300



รูปที่ 3-11 การกักเก็บคาร์บอนในดิน พื้นที่ขอบเขตดินดำ (Black Soil) จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2552



3.5 ผลการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

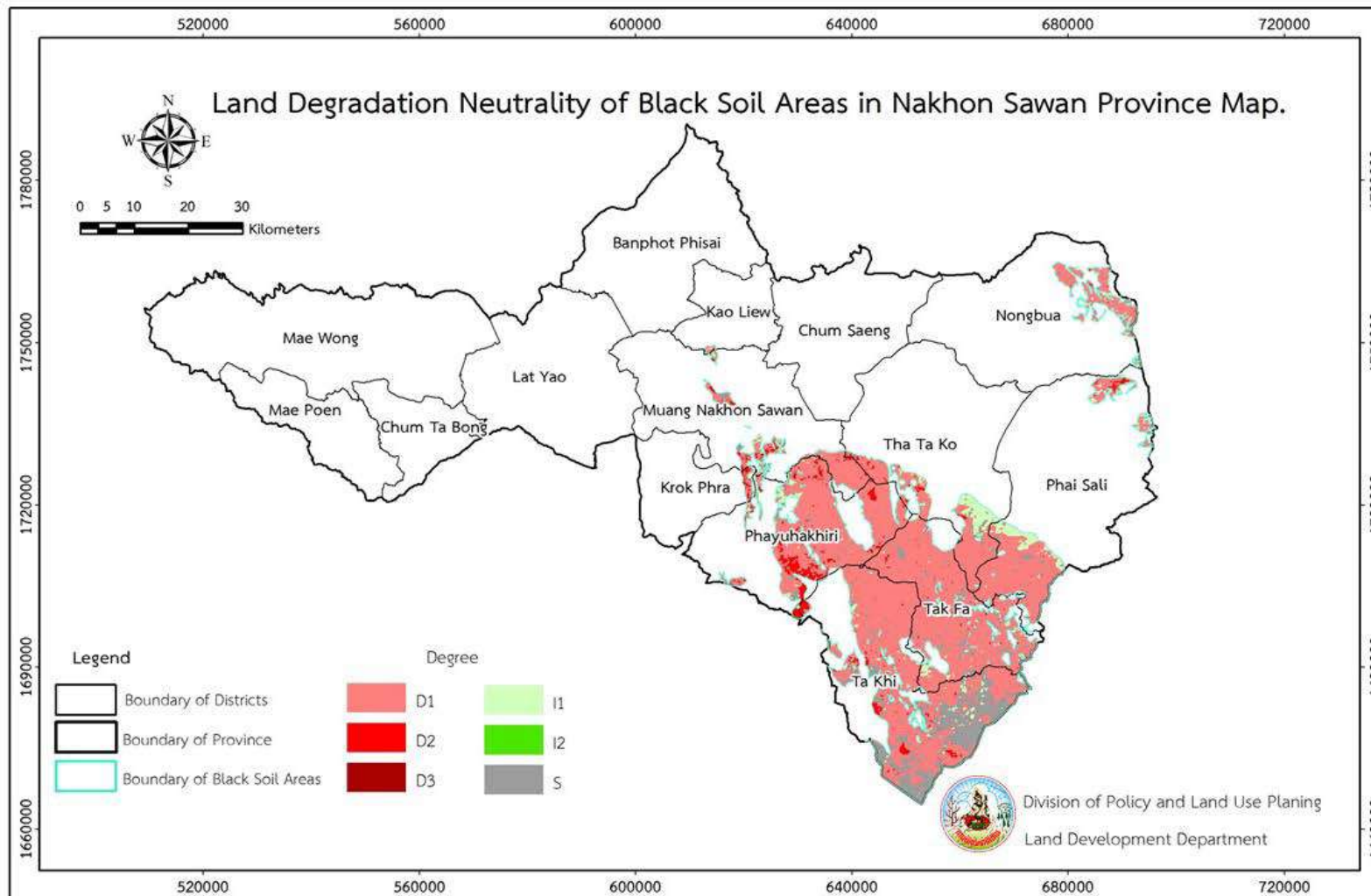
จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดินทั้ง 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (LUC baseline) ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (NPP baseline) และตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC baseline) นำมาวิเคราะห์ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) ร่วมกัน ภายใต้หลักการ “One-out, All-out” หากมีตัวชี้วัดใดที่แสดงผลในทางลบพื้นที่นั้นก็จะพื้นที่ที่เสื่อมโทรม จากการวิเคราะห์ดังกล่าว แสดงผลได้ดังตารางที่ 3-17 และรูปที่ 3-13

ตารางที่ 3-17 ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ (LDN baseline 2552-2563)

สถานะความสมดุล (LDN baseline)	เนื้อที่		ร้อยละ
	ไร่	เฮกตาร์	
พื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded)	978,188	156,510	82.95
พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในทางบวก	59,362	9,498	5.03
พื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง/คงสถานะเดิม	141,750	22,680	12.02
รวม	1,179,300	188,688	100.00

ที่มา: จากการวิเคราะห์และประเมินด้วยระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากตารางที่ 3-17 พบว่า พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรมของที่ดิน มีเนื้อที่ 978,188 ไร่ (156,510 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 82.95 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงหรือฟื้นคืนจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน มีเนื้อที่ 59,362 ไร่ (9,498 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 5.03 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด และมีพื้นที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงเดิม มีเนื้อที่ 141,750 ไร่ (22,680 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 12.02 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด ทั้งนี้ในการบรรลุความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality) ได้มีการนำหลักการของ LDN ผสมผสานเข้ากับการจัดทำตัวชี้วัดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ปี ค.ศ. 2015-2030 (Sustainable Development Goals-SDG) เป้าประสงค์ที่ 15 ตัวชี้วัดที่ 15.3.1 ซึ่งกำหนดว่า “สัดส่วนของพื้นที่ดินที่ได้รับการเสื่อมโทรมเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด” ดังนั้นสถานะความเสื่อมโทรมของที่ดิน (LDN baseline) พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ณ ปีฐาน (2552-2563) มีสัดส่วนพื้นที่เสื่อมโทรมอยู่ร้อยละ 82.95 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด



รูปที่ 3-13 แผนที่ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563
ที่มา : จากการวิเคราะห์และประเมินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์และประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมของพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า พื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่พบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่อำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอยะหริ่ง เมื่อพิจารณาจากจำนวนพื้นที่เสื่อมโทรมรายอำเภอ พบว่า พื้นที่เสื่อมโทรมที่พบมากที่สุดคือ อำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอยะหริ่ง (ตารางที่ 3-18 และรูปที่ 3-14) สาเหตุของความเสื่อมโทรมของที่ดินที่เกิดขึ้น จะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของแต่ละอำเภอ โดยสาเหตุที่เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดิน มาจาก 2 สาเหตุหลัก ๆ ได้แก่ ความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น เกิดจากต้นกำเนิดของดินเอง ภัยธรรมชาติต่าง ๆ และความเสื่อมโทรมที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยมีปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของที่ดินในพื้นที่ เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากร การต้องการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มีการใช้ที่ดินไม่เหมาะสม การทำเกษตรอย่างเข้มข้น ขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน เป็นต้น

ตารางที่ 3-18 ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน รายตำบล ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ (LDN baseline 2552-2563)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
อ.เก้าเลี้ยว	1,100	0.09
ต.เขาดิน	1,100	0.09
D1	900	0.08
D2	6	-
I1	113	0.01
S	81	0.01
อ.เมืองนครสวรรค์	51,450	4.36
ต.กลางแดด	1,207	0.1
D1	431	0.04
I1	163	0.01
S	613	0.05
ต.นครสวรรค์ออก	4,026	0.34
D1	2,325	0.2
D2	1,219	0.1
D3	63	0.01
I1	156	0.01
I2	25	-
S	238	0.02
ต.บ้านแก่ง	1,600	0.14
D1	456	0.04
D2	144	0.01
D3	31	-
I1	388	0.03
S	581	0.05

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.ปากน้ำโพ	88	0.01
D1	13	-
I1	19	-
S	56	-
ต.พระนอน	27,370	2.32
D1	26,075	2.21
D2	1,019	0.09
I1	138	0.01
S	138	0.01
ต.วัดไทร	6,270	0.53
D1	3,538	0.30
D2	1,313	0.11
I1	13	-
S	1,406	0.12
ต.หนองปลิง	10,888	0.92
D1	6,107	0.52
D2	2,100	0.18
D3	50	-
I1	1,431	0.12
I2	69	0.01
S	1,131	0.01
อ.โกรกพระ	5,700	0.48
ต.ยางตาล	5,700	0.48
D1	3,081	0.26
D2	1,981	0.17
D3	81	0.01
I1	244	0.02
S	313	0.03

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
อ.ไพศาลี	125,925	10.68
ต.โพธิ์ประทับสาท	76,598	6.49
D1	72,225	6.12
D2	219	0.02
I1	1,538	0.13
I2	31	-
S	2,575	0.22
ต.ตะคร้อ	3,122	0.26
D1	1,263	0.11
I1	1,763	0.15
S	106	0.01
ต.นาขอม	12,714	1.08
D1	8,294	0.7
D2	1,713	0.15
D3	13	-
I1	1,400	0.12
S	1,294	0.11
ต.วังข่อย	1,294	0.11
D1	931	0.08
D2	6	-
I1	81	0.01
I2	13	-
S	263	0.02
ต.วังน้ำลาด	6,226	0.53
D1	4,769	0.40
D2	275	0.02
I1	1,044	0.09
S	138	0.01

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.สำโรงชัย	25,963	2.20
D1	14,200	1.20
D2	19	-
I1	10,100	0.86
I2	6	-
S	1,638	0.14
อ.ตากฟ้า	260,763	22.11
ต.เขาขายธง	18,894	1.60
D1	15,888	1.35
D2	56	-
I1	2,200	0.19
S	750	0.06
ต.ตากฟ้า	30,101	2.55
D1	25,319	2.15
D2	81	0.01
I1	738	0.06
S	3,963	0.34
ต.พุนกยูง	45,050	3.82
D1	41,975	3.56
D2	281	0.02
I1	506	0.04
S	2,288	0.19
ต.ลำพยนต์	41,281	3.50
D1	36,694	3.11
D2	231	0.02
I1	600	0.05
S	3,756	0.32

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.สุขสำราญ	30,266	2.57
D1	28,181	2.39
D2	331	0.03
I1	188	0.02
S	1,556	0.13
ต.หนองพิกุล	20,404	1.73
D1	19,713	1.67
D2	75	0.01
S	606	0.05
ต.อุดมธัญญา	74,771	6.34
D1	70,781	6.00
D2	606	0.05
I1	413	0.03
S	2,981	0.25
อ.ตาคลี	387,468	32.86
ต.จันทเสนา	34,458	2.92
D1	19,063	1.62
D2	1,131	0.10
I1	413	0.03
S	13,831	1.17
ต.ช่องแค	23,657	2.01
D1	16,600	1.41
D2	463	0.04
I1	656	0.06
I2	25	-
S	5,913	0.50

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.ตากลิ	80,351	6.81
D1	64,244	5.45
D2	2,794	0.24
D3	38	-
I1	2,769	0.23
I2	56	-
S	10,450	0.89
ต.พรหมนิมิต	12,288	1.04
D1	10,188	0.86
D2	44	-
S	2,056	0.17
ต.ลาดทิพรส	57,645	4.89
D1	24,713	2.1
D2	38	-
I1	1,794	0.15
I2	25	-
S	31,075	2.64
ต.สร้อยทอง	42,422	3.60
D1	20,825	1.77
D2	1,669	0.14
D3	13	-
I1	194	0.02
S	19,731	1.67
ต.หนองโพ	20,369	1.73
D1	17,325	1.47
D2	2,388	0.20
I1	131	0.01
S	525	0.04

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.หนองหม้อ	2,681	0.23
D1	1,550	0.13
D2	1,056	0.09
D3	44	-
S	31	-
ต.ห้วยหอม	39,257	3.33
D1	19,913	1.69
D2	144	0.01
I1	2,394	0.20
S	16,806	1.43
ต.ห้วยหวาย	74,363	6.31
D1	71,200	6.04
D2	294	0.02
I1	1,094	0.09
S	1,775	0.15
อ.ท่าตะโก	88,031	7.46
ต.ทำนบ	3,489	0.3
D1	13	-
I1	3,013	0.26
I2	13	-
S	450	0.04
ต.วังมหากร	12,282	1.04
D1	10,894	0.92
D2	819	0.07
I1	13	-
S	556	0.05

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.หนองหลวง	52,283	4.43
D1	36,244	3.07
D2	513	0.04
I1	12,188	1.03
I2	263	0.02
S	3,075	0.26
ต.หัวถนน	19,981	1.69
D1	17,550	1.49
D2	956	0.08
I1	1,381	0.12
I2	44	-
S	50	-
อ.พยุหะคีรี	217,756	18.47
ต.เขากะลา	76,420	6.48
D1	72,119	6.12
D2	3,213	0.27
D3	13	-
I1	181	0.02
S	894	0.08
ต.เขาทอง	30,140	2.56
D1	21,894	1.86
D2	1,400	0.12
D3	6	-
I1	4,406	0.37
I2	169	0.01
S	2,275	0.19

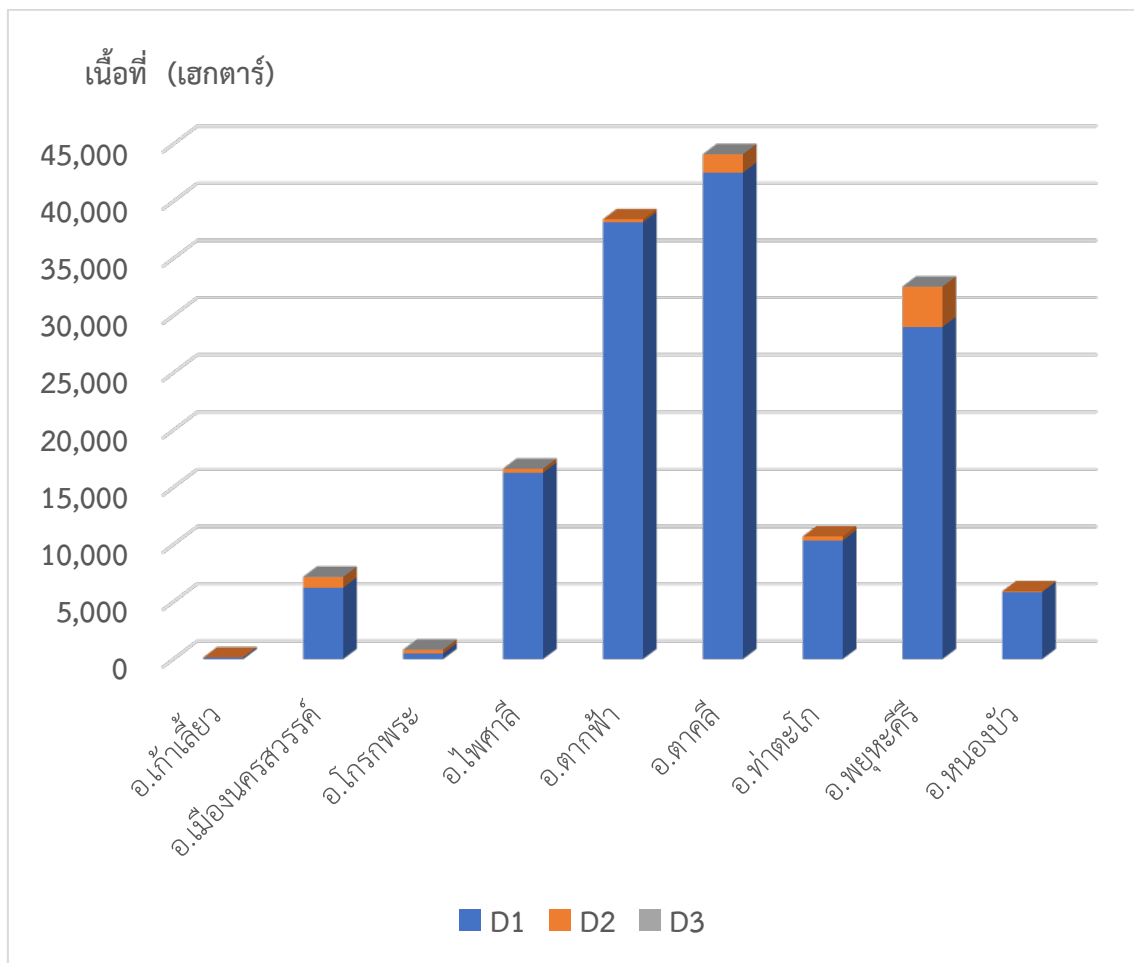
ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.เนินมะกอก	19,763	1.68
D1	11,200	0.95
D2	7,894	0.67
D3	75	0.01
I1	69	0.01
S	525	0.04
ต.ทำนน้ำอ้อย	6,171	0.52
D1	4,850	0.41
D2	519	0.04
I1	156	0.01
S	656	0.06
ต.น้ำทรง	3,513	0.30
D1	3,031	0.26
D2	313	0.03
S	169	0.01
ต.นิคมเขาบ่อแก้ว	63,868	5.42
D1	57,631	4.89
D2	4,281	0.36
I1	450	0.04
S	1,506	0.13
ต.ม่วงหัก	4,572	0.39
D1	525	0.04
D2	2,444	0.21
D3	19	-
I1	644	0.05
S	950	0.08

ตารางที่ 3-18 (ต่อ)

พื้นที่	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
ต.ย่านมัทรี	2,751	0.23
D1	1,744	0.15
D2	444	0.04
I1	350	0.03
S	213	0.02
ต.สระทะเล	10,552	0.89
D1	8,275	0.7
D2	1,513	0.13
I1	419	0.04
I2	13	-
S	331	0.03
อ.หนองบัว	41,106	3.49
ต.ทุ่งทอง	25,481	2.16
D1	23,269	1.97
D2	406	0.03
I1	1,131	0.10
S	669	0.06
ต.วังบ่อ	1,372	0.12
D1	363	0.03
I1	619	0.05
I2	50	-
S	350	0.03
ต.หนองบัว	14,250	1.21
D1	12,906	1.09
D2	56	-
I1	869	0.07
S	419	0.04
รวมทั้งหมด	1,179,300	100

ที่มา: จากการวิเคราะห์และประเมินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



รูปที่ 3-14 กราฟแสดงระดับความรุนแรงความเสื่อมโทรมของที่ดิน รายอำเภอ ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

ที่มา: จากการวิเคราะห์และประเมินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.6 ผลวิเคราะห์สถานภาพความเหมาะสมการใช้ที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำ

การประเมินคุณภาพที่ดินเป็นการพิจารณาศักยภาพของหน่วยทรัพยากรที่ดินต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับการจัดการที่แตกต่างกัน สำหรับการประเมินคุณภาพที่ดินมีวิธีการประเมินหลายวิธี เช่น การประเมินคุณภาพที่ดินตามหลักการของกระทรวงเกษตรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) สำหรับกรมพัฒนาที่ดินได้ยึดถือหลักการประเมินตามวิธีประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO Framework ค.ศ. 1983 ซึ่งมีวิธีการประเมินคุณภาพที่ดินที่สามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ การประเมินทางด้านคุณภาพหรือด้านกายภาพ และการประเมินทางด้านปริมาณหรือด้านเศรษฐกิจ สำหรับการประเมินคุณภาพที่ดินในการศึกษานี้จะเป็นการประเมินคุณภาพที่ดินทางกายภาพเพียงด้านเดียว โดยพิจารณาจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้กำหนดให้เป็นตัวแทนการเกษตรกรรมหลักในพื้นที่ศึกษา ร่วมกับปัจจัยคุณภาพที่ดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

จากการประเมินความเหมาะสมของที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ สามารถจำแนกชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลัก โดยแยกเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน และพื้นที่

เกษตรกรรมในเขตชลประทานหรือมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติและแหล่งน้ำใต้ดินในการเพาะปลูกพืช (ตารางที่ 3 - 19 ถึงตารางที่ 3 - 20 และรูปที่ 3 - 15 ถึงรูปที่ 3 - 19) มีรายละเอียดดังนี้

1) พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน

พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝนในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 ประเภท ได้แก่ ข้าวนาปี มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ซึ่งสามารถจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดังนี้

(1) ข้าวนาปี

- ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 10,894.40 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Lb-gm-clA/b Lb-gm-clA/b-Lb-gm-sclA/b,ow Lb-gm-clB/b และSin-sicA โดยมีข้อจำกัด คือ ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ศักยภาพในการใช้เครื่องจักร (w) และความเสียหายจากการกัดกร่อน (e)

- ชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 2,612.16 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Bm-cA Ck-cA Kk-cA Sin-sicA Ln-gm-clA/b โดยมีข้อจำกัด คือ สภาพการเกษตรกรรม (k) และสถานะในการหยั่งลึกของราก (r)

- ชั้นที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 5,650.08 เฮกตาร์ หน่วยที่ดิน Cd-clA Cd-clB Lb-br-clA Lb-br-clB Lb-clA Lb-clB Lb-d-clA Lb-md,br-clA Lb-md,br-clB Lb-md-clB Ln-clA Ln-clB Ln-clC Sat-clA Tk-br-clC Tk-clB Tk-d-lA Tk-glB Tk-glC Tk-lA Tk-lB Tk-lC Tk-md,br-clA Tk-md,br-lA Tk-md,br-lB Tk-md-clB และTk-md-lA

(2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 13,112.64 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Cd-clA Cd-clB Cd-clC Lb-br-clA Lb-br-clB Lb-clA Lb-clB Lb-d-clA Lb-md,br-clA Lb-md,br-clB Lb-md-clB Lb-md-lB Ln-clA Ln-clB Sat-clA Sat-clB Tk-d-lA Tk-md,br-clA Tk-md,br-glB Tk-md,br-lA Tk-md,br-lB Tk-md-clB Tk-md-lA และTk-md-lB โดยมีข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) สภาพการเกษตรกรรม (k) สารพิษ (z) และสถานะในการหยั่งลึกของราก (r)

- ชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 5,398.88 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Tk-br-clB Tk-br-clC Tk-clB Tk-clC Tk-glB Tk-glC Tk-lA Tk-lB และTk-lC โดยมีข้อจำกัด คือ สภาพการเกษตรกรรม (k) สารพิษ (z) และสถานะในการหยั่งลึกของราก (r)

- ชั้นที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 1,107.36 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Bm-cA Ck-cA Lb-gm-clA/b Lb-gm-clA/b-Lb-gm-sclA/b,ow Ln-gm-clA/b และSin-sicA

(3) อ้อยโรงงาน

- ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 61,311.68 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Cd-clA Cd-clB Cd-clC Lb-br-clA Lb-br-clB Lb-clA Lb-clB Lb-d-clA Lb-md,br-clA Lb-md,br-clB Lb-md-clB Lb-md-lB Ln-clA Ln-clB Ln-clC Sat-clA Sat-clB Tk-d-lA Tk-md,br-clA Tk-md,br-glB Tk-md,br-lA Tk-md,br-lB Tk-md-clB Tk-md-lA และTk-md-lB โดยมีข้อจำกัด คือ

ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (s) สารพิษ (z) สภาวะในการหยั่งลึกของราก (r) และความเสียหายจากการกัดกร่อน (e)

- ชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 7,400.16 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Tk-br-clB Tk-br-clC Tk-clB Tk-clC Tk-glB Tk-glC Tk-lA Tk-lB และTk-lC โดยมีข้อจำกัด คือ สภาวะในการหยั่งลึกของราก (r)

- ชั้นที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 16,012.96 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Bm-cA Ck-cA Lb-gm-clA/b Lb-gm-clA/b-Lb-gm-sclA/b,ow Lb-gm-clB/b Ln-gm-clA/b Sin-sicA และ Sin-sicLA

(4) มั่นสำปะหลัง

- ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 13,552.16 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Cd-clA Cd-clB Cd-clC Lb-br-clA Lb-br-clB Lb-clA Lb-clB Lb-md,br-clA Lb-md,br-clB Lb-md-clB Lb-md-lB Ln-clA Ln-clB Ln-clC Sat-clA Sat-clB Sat-glB Tk-md,br-clA Tk-md,br-glB Tk-md,br-lA Tk-md,br-lB Tk-md-clB Tk-md-lA และTk-md-lB โดยมีข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) สภาวะการเขตกรรม (k) สารพิษ (z) สภาวะในการหยั่งลึกของราก (r) และความเสียหายจากการกัดกร่อน (e)

- ชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 3,236.96 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Tk-br-clB Tk-br-clC Tk-clB Tk-clC Tk-glB Tk-glC Tk-lA Tk-lB และTk-lC โดยมีข้อจำกัด คือ สภาวะในการหยั่งลึกของราก (r)

- ชั้นที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 639.52 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Ck-cA Lb-gm-clA/b Lb-gm-clA/b-Lb-gm-sclA/b,ow Lb-gm-clB/b Ln-gm-clA/b และSin-sicA

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถสรุปได้ดังนี้

- ข้าวนาปี

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับข้าวนาปี พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 10,894.40 เฮกตาร์ ซึ่งหากเป็นดินที่ลุ่ม พบข้อจำกัด คือ ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนช่วงที่พืชต้องการน้ำมากที่สุด คือ เดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนสิงหาคมปริมาณน้อยกว่า 700 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าระดับที่พืชต้องการในชั้นความเหมาะสมสูง (S1) แต่ถ้ามีแหล่งน้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืชจะสามารถช่วยยกระดับผลผลิตให้สูงขึ้นได้ ส่วนดินที่ดอน พบข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช ศักยภาพในการใช้เครื่องจักร และความเสียหายจากการกัดกร่อน กล่าวคือ ดินมีการระบายน้ำดี ร่วมกับพื้นที่มีความลาดชันที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการไถพรวนและมีความเสี่ยงต่อการเกิดการกร่อนดินได้ง่าย แต่ถ้าเกษตรกรมีการปรับปรุงแปลงนาให้มีขนาดกว้างขึ้นและราบเรียบสม่ำเสมอแล้วสร้างคันนาขึ้นใหม่ โดยให้มีขนาดกว้างและสูงกว่าเดิมหรือปรับปรุงแปลงนาตามแบบมาตรฐานการปรับปรุงแปลงนาลักษณะที่ 1 ของกรมพัฒนาที่ดิน วิธีการนี้จะช่วยลดอิทธิพลของข้อจำกัดดังกล่าวได้ สำหรับชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 2,612.16 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ ความยากในการเขตกรรม เนื่องจากดินที่ลุ่มที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินเหนียว ทำให้มีข้อจำกัดด้านเขตกรรมอยู่บ้าง กล่าวคือ ในช่วงที่ดินมีความชื้นมากหรือน้อยเกินไป

ทำให้การไถเตรียมดินก่อนปลูกพืชทำได้ยาก เกษตรกรจึงควรไถเตรียมดินในช่วงเวลาที่เหมาะสมและควรใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีขนาดและกำลังที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน

- ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 13,112.64 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช สภาวะการขุดกรรม สารพิษ และสภาวะในการหยั่งลึกของราก กล่าวคือ ดินมีการระบายน้ำดีปานกลาง ซึ่งอาจทำให้พืชได้รับความเสียหายในช่วงที่มีฝนตกชุก นอกจากนี้การไถเตรียมดินก่อนปลูกพืชอาจจะมีอุปสรรคอยู่บ้าง เนื่องจากดินในพื้นที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินเหนียว เกษตรกรจึงควรไถเตรียมดินในช่วงเวลาที่เหมาะสมและควรใช้เครื่องจักรกลการเกษตรที่มีขนาดและกำลังที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน ส่วนสารพิษหรือความเป็นกรดเป็นด่างของดินในพื้นที่โดยทั่วไปสูงกว่า 7 ซึ่งมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น เหล็ก แมงกานีส ละลายหรือปลดปล่อยออกมาได้น้อยลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ จนนำไปสู่การลดลงของผลผลิตพืช เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว เกษตรกรจึงควรมีการจัดการดิน เพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น เลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลตกค้างเป็นกรด เช่น แอมโมเนียซัลเฟต หรือใส่ธาตุกำมะถันในขณะที่ดินมีความชื้น โดยธาตุกำมะถันจะเปลี่ยนรูปเป็นกรดซัลฟิวริก มีฤทธิ์เป็นกรด และควรมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย วิธีการดังกล่าวนี้จะช่วยให้ระดับความเป็นด่างของดินลดลง นอกจากนี้หากข้าวโพดที่ปลูกเริ่มแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ควรมีการให้ปุ๋ยทางใบ เพื่อให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที วิธีการนี้จะช่วยลดอาการขาดธาตุอาหารที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ สำหรับชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 5,398.88 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ สภาวะในการหยั่งลึกของราก เนื่องจากบางหน่วยที่ดินพบชั้นหินผุที่ระดับความลึก 50 - 100 เซนติเมตร ซึ่งอาจจำกัดการเจริญของรากพืชได้ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควร อีกทั้งในช่วงฤดูแล้งเมื่อดินแห้งอาจแตกกระแหงเป็นร่องลึกทำให้รากพืชได้รับความเสียหายได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินโดยการใส่อินทรีย์วัตถุก่อนการเตรียมดินปลูกพืช รวมถึงจัดหาแหล่งน้ำสำรองไว้ใช้เมื่อฝนทิ้งช่วงและเพื่อป้องกันไม่ให้ดินแตกกระแหงจนทำลายระบบรากของพืช

- อ้อยโรงงาน

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับอ้อยโรงงาน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 61,311.68 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร สารพิษ สภาวะในการหยั่งลึกของราก และความเสียหายจากการกัดกร่อน กล่าวคือ ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าระดับที่พืชต้องการในชั้นความเหมาะสมสูง (S1) แต่ถ้ามีแหล่งน้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืชจะสามารถช่วยยกระดับผลผลิตให้สูงขึ้นได้ นอกจากนี้การที่ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเร็วถึงดีปานกลาง อาจทำให้พืชได้รับความเสียหายในช่วงที่มีฝนตกชุก อีกทั้งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง กรณีนี้เกษตรกรสามารถแก้ไขปรับปรุงให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้นได้ด้วยการใส่อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักอย่างสม่ำเสมอ ส่วนสารพิษหรือความเป็นกรดเป็นด่างของดินในพื้นที่โดยทั่วไปสูงกว่า 7 ซึ่งมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น เหล็ก แมงกานีส ละลายหรือ

ปลดปล่อยออกมาได้น้อยลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดดึงธาตุอาหารดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ จนนำไปสู่การลดลงของผลผลิตพืช เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว เกษตรกรจึงควรมีการจัดการดิน เพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น เลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลตกค้างเป็นกรด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต หรือใส่ธาตุกำมะถันในขณะที่ดินมีความชื้น โดยธาตุกำมะถันจะเปลี่ยนรูปเป็นกรดซัลฟิวริก มีฤทธิ์เป็นกรด และควรมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย วิธีการดังกล่าวนี้จะช่วยให้ระดับความเป็นด่างของดินลดลง นอกจากนี้หากอ้อยที่ปลูกเริ่มแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ควรมีการให้ปุ๋ยทางใบ เพื่อให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที วิธีการนี้จะช่วยลดอาการขาดธาตุอาหารที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ และข้อจำกัดด้านเสี่ยงต่อการเกิดการกร่อนดินได้ง่าย ซึ่งเกษตรกรควรมีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืชร่วมกัน เพื่อลดผลกระทบข้อจำกัดดังกล่าว สำหรับชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 7,400.16 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ สภาวะในการหยั่งลึกของราก เนื่องจากบางหน่วยที่ดินพบชั้นหินผู้ที่ระดับความลึก 50 - 100 เซนติเมตร ซึ่งอาจจำกัดการเจริญของรากพืชได้ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควร อีกทั้งในช่วงฤดูแล้งเมื่อดินแห้งอาจแตกกระแหงเป็นร่องลึก ทำให้รากพืชได้รับความเสียหายได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยการใส่อินทรีย์วัตถุก่อนการเตรียมดินปลูกพืช รวมถึงจัดหาแหล่งน้ำสำรองไว้ใช้เมื่อฝนทิ้งช่วงและเพื่อป้องกันไม่ให้ดินแตกกระแหงจนทำลายระบบรากของพืช

- มั่นสำปะหลัง

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 13,552.16 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช สภาวะการเขตกรรม สารพิษ สภาวะในการหยั่งลึกของราก และความเสียหายจากการกัดกร่อน กล่าวคือ ดินมีการระบายน้ำดีปานกลาง ซึ่งในช่วงที่มีฝนตกชุกในพื้นที่อย่างต่อเนื่องมีความเสี่ยงที่มันสำปะหลังอาจเกิดโรคโคนเน่าได้ง่าย นอกจากนี้การไถเตรียมดินก่อนปลูกพืชอาจจะมีอุปสรรคอยู่บ้าง เนื่องจากดินในพื้นที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินร่วน เกษตรกรจึงควรไถเตรียมดินในช่วงเวลาที่เหมาะสมและควรใช้เครื่องจักรที่มีขนาดและกำลังที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน รวมถึงมีการมีการยกแปลงปลูกเพื่อป้องกันน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝน ส่วนสารพิษหรือความเป็นกรดเป็นด่างของดินในพื้นที่โดยทั่วไปสูงกว่า 7 ซึ่งมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น เหล็ก แมงกานีส ละลายหรือปลดปล่อยออกมาได้น้อยลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดดึงธาตุอาหารดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ จนนำไปสู่การลดลงของผลผลิตพืช เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว เกษตรกรจึงควรมีการจัดการดิน เพื่อให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในช่วงที่เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น เลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลตกค้างเป็นกรด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต หรือใส่ธาตุกำมะถันในขณะที่ดินมีความชื้น โดยธาตุกำมะถันจะเปลี่ยนรูปเป็นกรดซัลฟิวริก มีฤทธิ์เป็นกรด และควรมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย วิธีการดังกล่าวนี้จะช่วยให้ระดับความเป็นด่างของดินลดลง นอกจากนี้หากข้าวโพดที่ปลูกเริ่มแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ควรมีการให้ปุ๋ยทางใบ เพื่อให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที วิธีการนี้จะช่วยลดอาการขาดธาตุอาหารที่อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ หรือเกษตรกรอาจเลือกใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ในดินที่มีความเป็นด่างสูง เช่น พันธุ์ระยอง 72 สำหรับชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) มีเนื้อที่ 3,236.96 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ สภาวะในการหยั่งลึก

ของราก เนื่องจากบางหน่วยที่ดินพบชั้นหินผุที่ระดับความลึก 50 - 100 เซนติเมตร ซึ่งอาจจำกัดการเจริญของรากพืชได้ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเท่าที่ควร อีกทั้งในช่วงฤดูแล้งเมื่อดินแห้งอาจแตกกระแหงเป็นร่องลึก ทำให้รากพืชได้รับความเสียหายได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงควรปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยการใส่อินทรีย์วัตถุก่อนการเตรียมดินปลูกพืช รวมถึงจัดหาแหล่งน้ำสำรองไว้ใช้เมื่อฝนทิ้งช่วงและเพื่อป้องกันไม่ให้ดินแตกกระแหงจนทำลายระบบรากของพืช หรือเกษตรกรอาจปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีกว่า

2) พื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานหรือมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติและแหล่งน้ำใต้ดินในการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินได้แก่ ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง ซึ่งสามารถจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินได้ดังนี้

- ชั้นความเหมาะสมสูง (S1) มีเนื้อที่ 9,079.52 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Bm-cAI Ck-cAI และKk-cAI

- ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 2,295.20 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Lb-gm-clA/bI โดยมีข้อจำกัด คือ ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o)

- ชั้นที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 281.28 เฮกตาร์ ได้แก่ หน่วยที่ดิน Lb-br-clBI และLb-clAI

จากข้อมูลการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับข้าว พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมสูง (S1) มีเนื้อที่ 9,079.52 เฮกตาร์ สามารถปลูกข้าวได้ทั้งในฤดูนาปีและฤดูนาปรัง เนื่องจากพื้นที่อยู่ในเขตชลประทานที่มีปริมาณน้ำเพียงพอ รวมถึงดินมีสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และมีความอุดมสมบูรณ์สูง ส่งผลให้มีพื้นที่ความเหมาะสมสูงต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับปลูกข้าว สำหรับชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 2,295.20 เฮกตาร์ พบข้อจำกัด คือ ดินมีการระบายน้ำดี ซึ่งอาจทำให้พืชขาดน้ำในช่วงฤดูแล้งหรือต้องใช้น้ำในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของพืช ดังนั้นเกษตรกรจึงควรมีการปรับพื้นที่แปลงให้ราบเรียบสม่ำเสมอ และคันนาต้องมีขนาดกว้างและสูงเพื่อช่วยในการกักเก็บน้ำไว้ในแปลง วิธีการนี้จะสามารถช่วยลดผลกระทบของข้อจำกัดดังกล่าวได้

ตารางที่ 3-19 เนื้อที่ชั้นความเหมาะสมตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ชั้นความเหมาะสมของที่ดิน				รวมเนื้อที่ความเหมาะสมตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (เฮกตาร์)
	S1	S2	S3	N	
พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน					
ข้าวนาปี	-	10,894.40	2,612.16	5,650.08	19,156.64
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	-	13,112.64	5,398.88	1,107.36	19,618.88
อ้อยโรงงาน	-	61,311.68	7,400.16	16,012.96	84,724.80
มันสำปะหลัง	-	13,552.16	3,236.96	639.52	17,428.64
พื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานหรือมีแหล่งน้ำสำหรับใช้เพื่อการเกษตร					
ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง	9,079.52	2,295.20	-	281.28	11,656.00

ตารางที่ 3-20 ชั้นความเหมาะสมของหน่วยที่ดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินดำ
จังหวัดนครสวรรค์

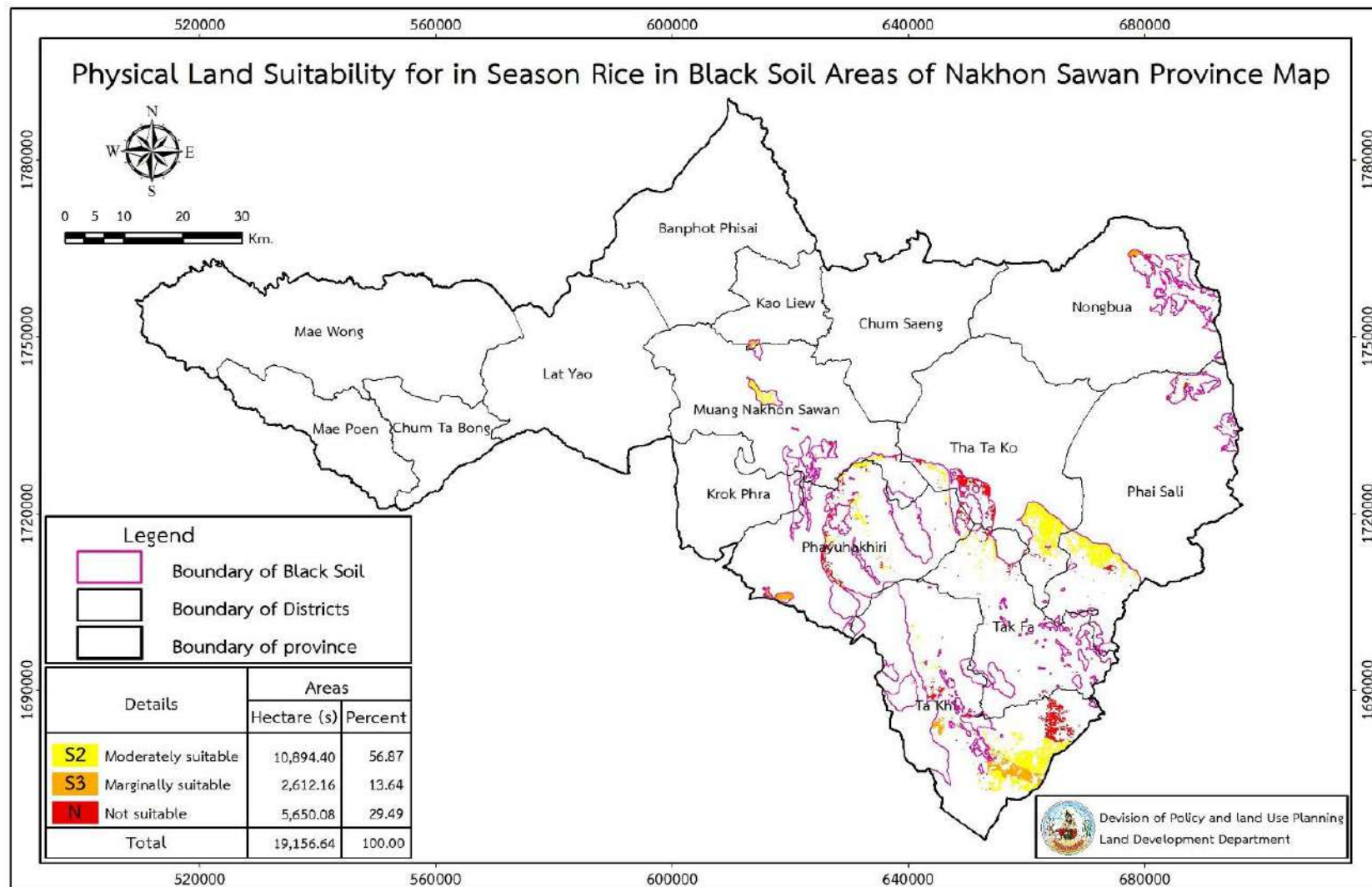
หน่วยที่ดิน	พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน				พื้นที่เกษตรกรรม ในเขตชลประทาน หรือมีแหล่งน้ำสำหรับใช้ เพื่อการเกษตร
	ข้าวนาปี	ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์	มันสำปะหลัง	อ้อย โรงงาน	ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง
Bm-cA	S3k	N	N	N	N
Bm-cAI	S1	N	N	N	S1
Cd-clA	N	S2kr	S2kr	S2msr	N
Cd-clB	N	S2kr	S2kr	S2msr	N
Cd-clC	N	S2kr	S2kre	S2msre	N
Ck-cA	S3k	N	N	N	N
Ck-cAI	S1	N	N	N	S1
Kk-cA	S3k	N	N	N	N
Kk-cAI	S1	N	N	N	S1
Lb-br-clA	N	S2k	S2kz	S2m	N
Lb-br-clAI	N	S2k	S2kz	S1	N
Lb-br-clB	N	S2k	S2kz	S2m	N
Lb-br-clBI	N	S2k	S2kz	S1	N
Lb-clA	N	S2k	S2kz	S2m	N
Lb-clAI	N	S2k	S2kz	S1	N
Lb-clB	N	S2k	S2kz	S2m	N
Lb-d-clA	N	S2k	S2kz	S2m	N
Lb-gm-clA/b	S2o	N	N	N	N
Lb-gm-clA/bI	S2o	N	N	N	S2o
Lb-gm-clA/b-Lb- gm-sclA/b,ow	S2o	N	N	N	N
Lb-gm-clB/b	S2owe	N	N	N	N

ตารางที่ 3-20 (ต่อ)

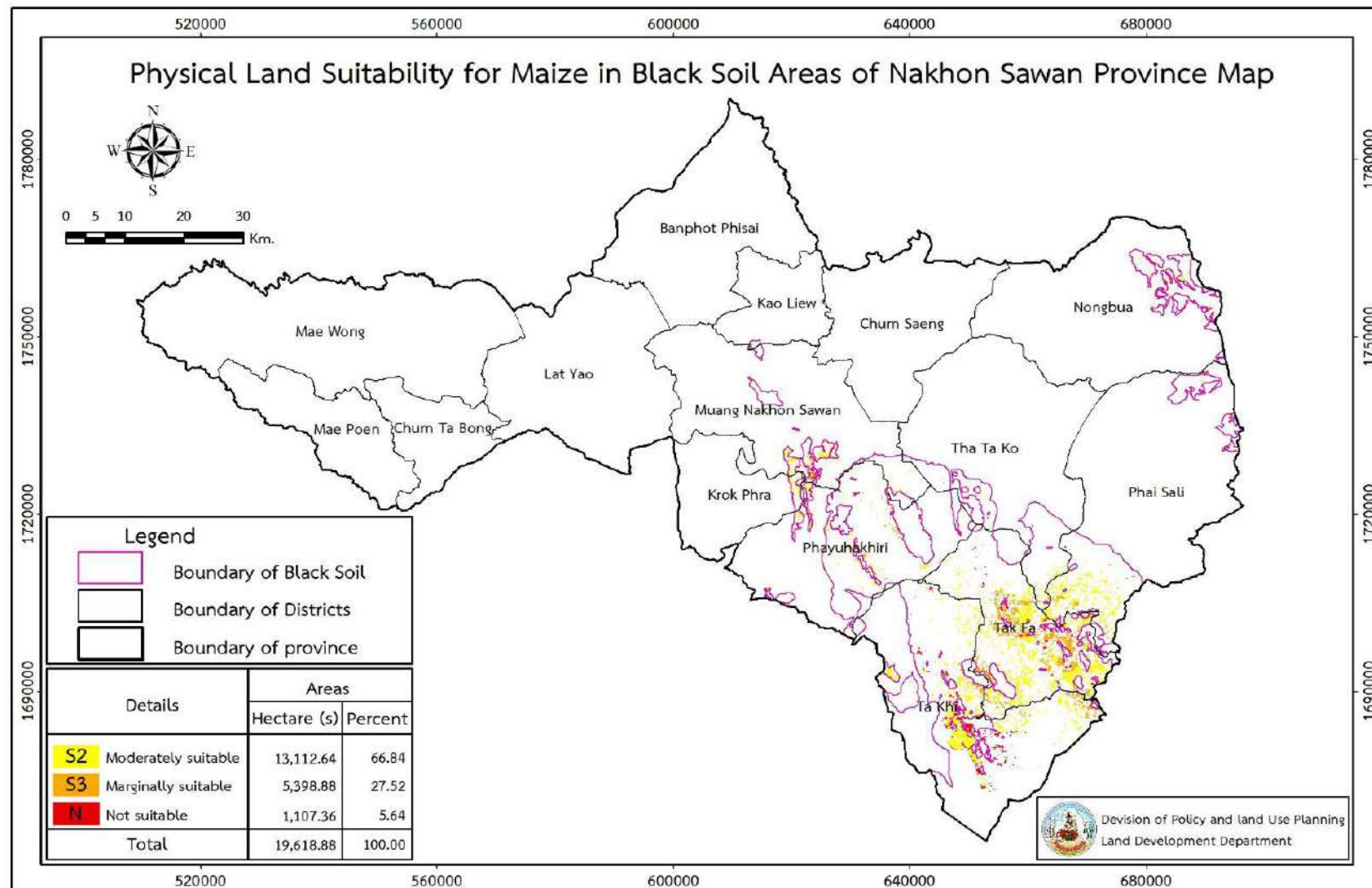
หน่วยที่ดิน	พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน				พื้นที่เกษตรกรรม ในเขตชลประทาน หรือมีแหล่งน้ำสำหรับใช้ เพื่อการเกษตร
	ข้าวนาปี	ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์	มัน สำปะหลัง	อ้อย โรงงาน	ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง
Lb-md,br-clA	N	S2kr	S2kr	S2mr	N
Lb-md,br-clB	N	S2kr	S2kr	S2mr	N
Lb-md-clB	N	S2kr	S2kr	S2mr	N
Lb-md-lB	N	S2r	S2zr	S2mr	N
Ln-clA	N	S2kzr	S2kr	S2mszr	N
Ln-clB	N	S2kzr	S2kr	S2mszr	N
Ln-clC	N	S2kzr	S2kre	S2mszre	N
Ln-gm-clA/b	S3r	N	N	N	N
Sat-clA	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sat-clB	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sat-glB	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sin-sicA	S3k	N	N	N	N
Sin-sicIA	S2m	N	N	N	N
Tk-br-clB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-br-clC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-clB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-clC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-d-lA	N	S2z	S2z	S2mz	N
Tk-d-lAI	N	S2z	S2z	S2z	N
Tk-glB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-glC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lA	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lC	N	S3r	S3r	S3r	N

ตารางที่ 3-20 (ต่อ)

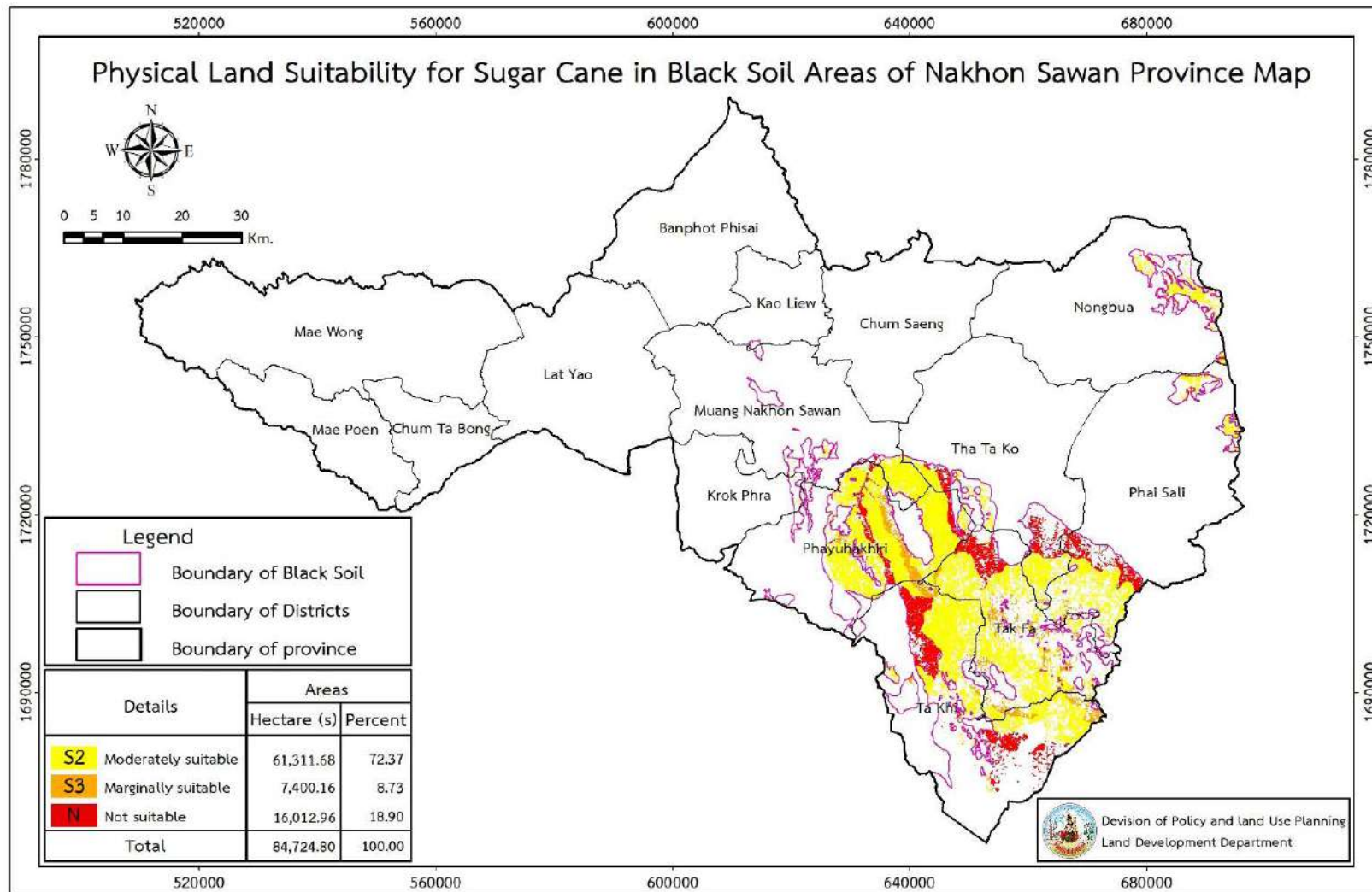
หน่วยที่ดิน	พื้นที่เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝน				พื้นที่เกษตรกรรม ในเขตชลประทาน หรือมีแหล่งน้ำสำหรับใช้ เพื่อการเกษตร
	ข้าวนาปี	ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์	มันสำปะหลัง	อ้อย โรงงาน	ข้าวนาปีตามด้วย ข้าวนาปรัง
Sat-clA	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sat-clB	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sat-gclB	N	S2kor	S2kor	S2msor	N
Sin-sicA	S3k	N	N	N	N
Sin-sicIA	S2m	N	N	N	N
Tk-br-clB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-br-clC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-clB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-clC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-d-lA	N	S2z	S2z	S2mz	N
Tk-d-lAI	N	S2z	S2z	S2z	N
Tk-glB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-glC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lA	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lB	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-lC	N	S3r	S3r	S3r	N
Tk-md,br-clA	N	S2kzr	S2kr	S2mzr	N
Tk-md,br-glB	N	S2zr	S2zr	S2mzr	N
Tk-md,br-lA	N	S2zr	S2zr	S2mzr	N
Tk-md,br-lB	N	S2zr	S2zr	S2mzr	N
Tk-md-clB	N	S2kzr	S2kr	S2mzr	N
Tk-md-lA	N	S2zr	S2zr	S2mzr	N
Tk-md-lB	N	S2zr	S2zr	S2mzr	N



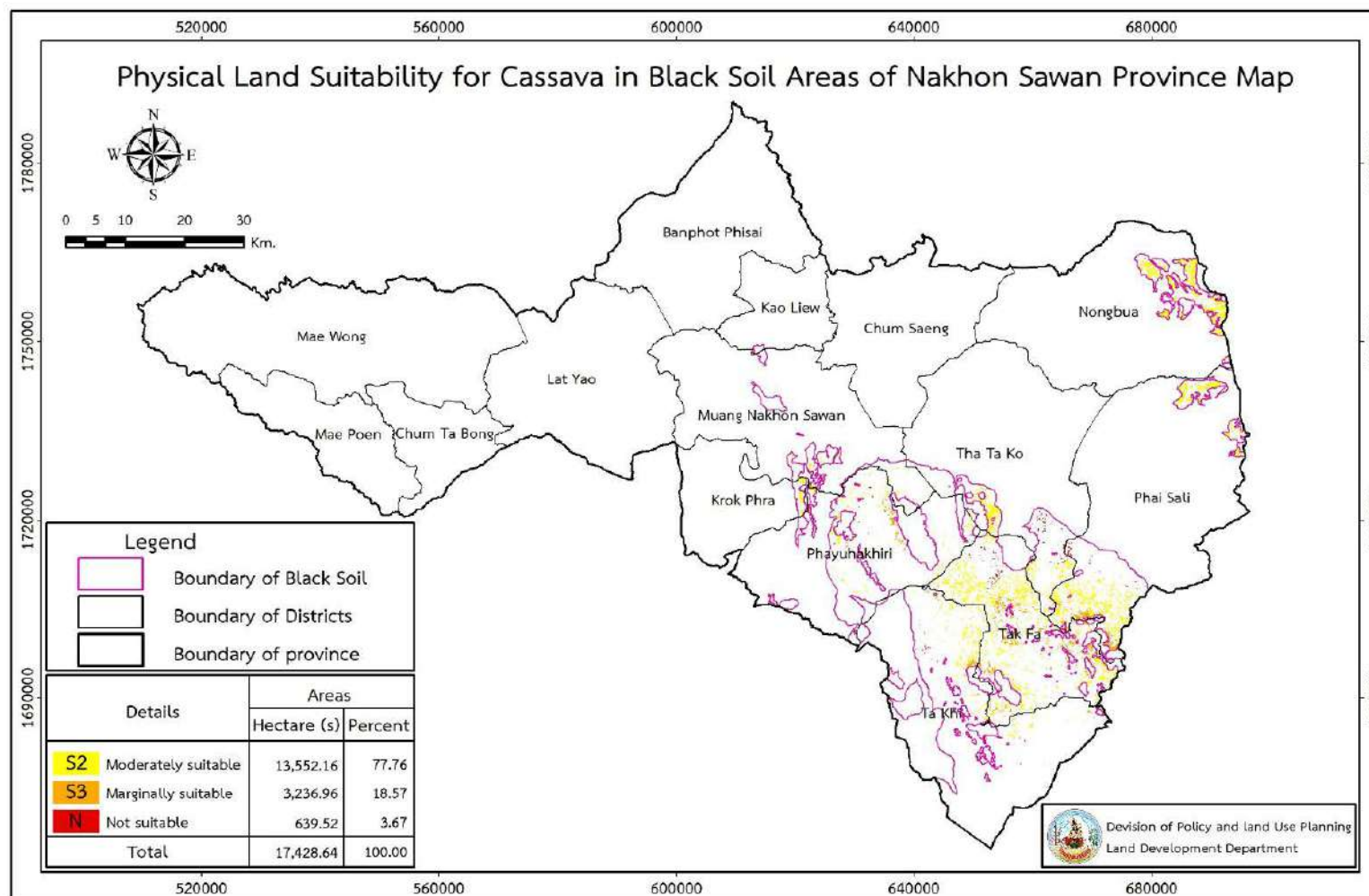
รูปที่ 3-15 ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวนาปีพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์



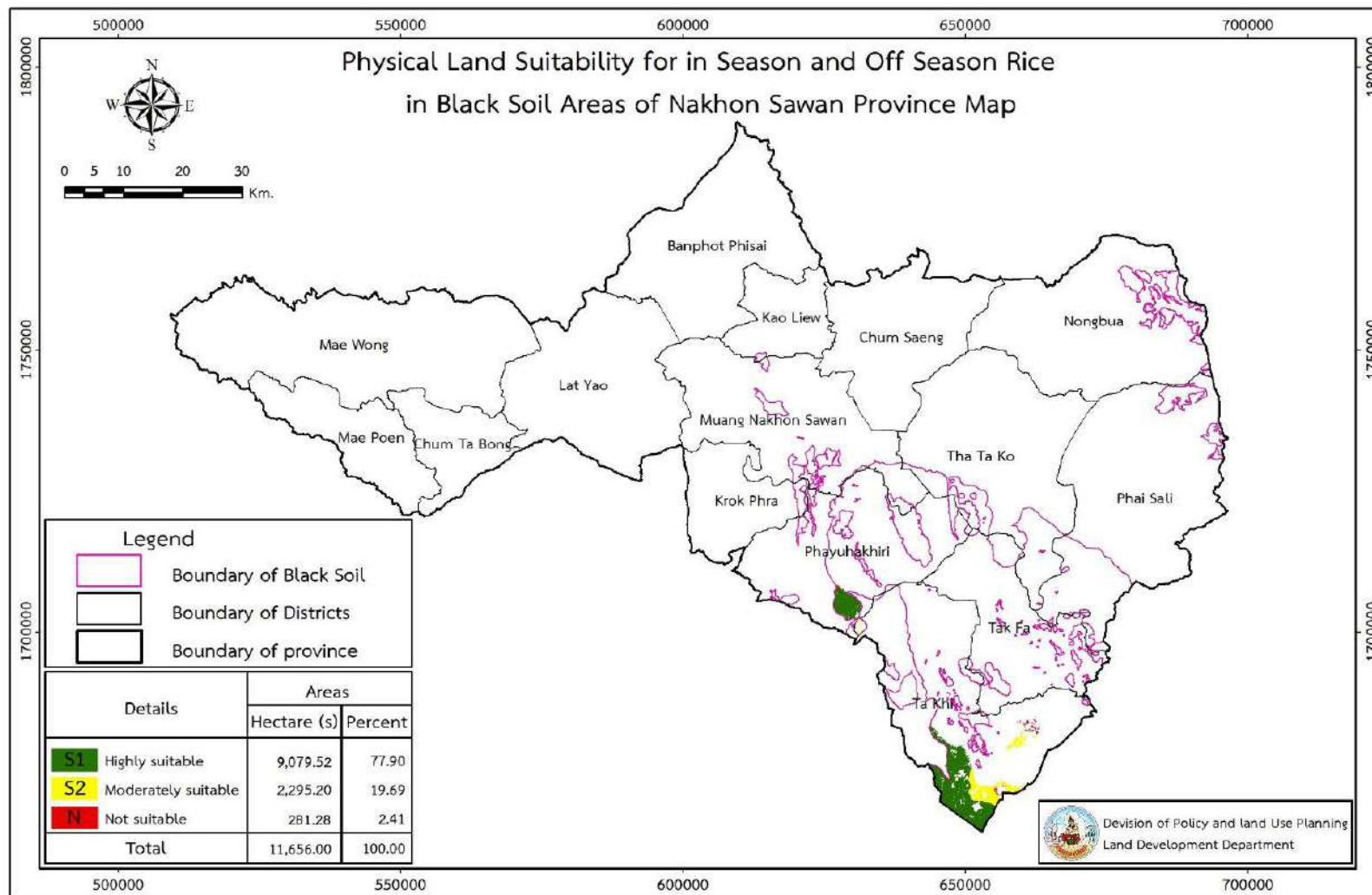
รูปที่ 3-16 ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-17 ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับอ้อยโรงงาน พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-18 ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-19 ความเหมาะสมทางกายภาพของที่ดินสำหรับข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง พื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์

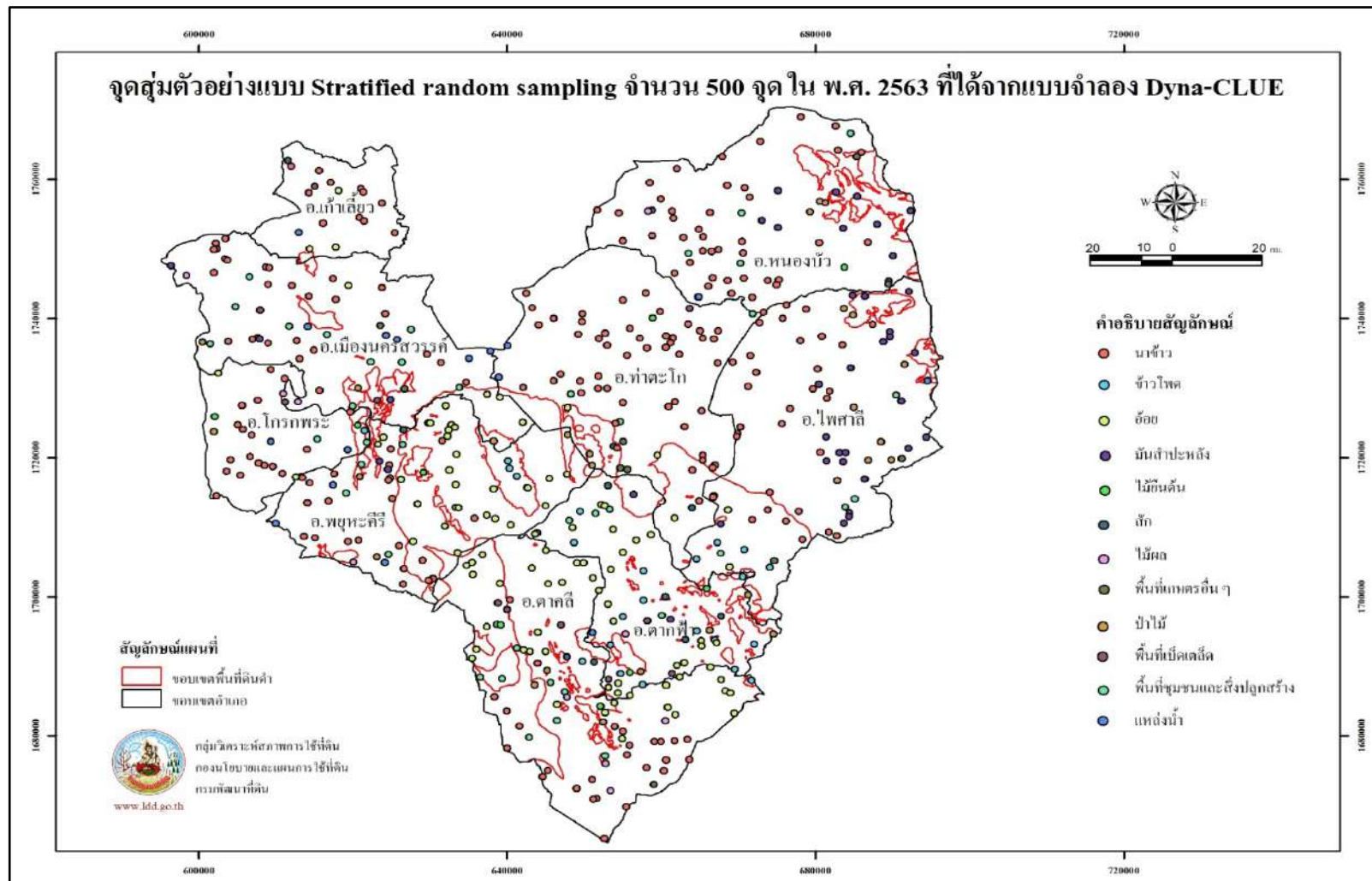
3.7 ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ดินดำ

3.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยสุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling จำนวน 500 จุด ของทั้ง 12 ประเภทการใช้ที่ดิน ได้แก่ นาข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ไม้ยืนต้น สัก ไม้ผล พื้นที่เกษตรอื่น ๆ ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ (ตารางที่ 3-21 รูปที่ 3-20) โดยทำการสุ่มครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 9 อำเภอ ที่มีพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าประเภทการใช้ที่ดินที่มีจำนวนจุดสัดส่วนมากที่สุด คือ นาข้าว 202 จุด รองลงมาคือ อ้อย 96 จุด มันสำปะหลัง 39 จุด หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง 38 จุด จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการประมวลของแบบจำลองกับแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน ได้ผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 3-22

ตารางที่ 3-21 พื้นที่ประเภทการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน กับพื้นที่ประเภทการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการประมวลของแบบจำลอง Dyna-CLUE และจำนวนจุดตัวอย่าง ที่ทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ พ.ศ. 2563 (ไร่)		จำนวน จุดตัวอย่าง
	กรมพัฒนาที่ดิน	Dyna CLUE	
นาข้าว	1,662,088	1,663,186	202
ข้าวโพด	178,347	177,050	23
อ้อย	697,030	696,703	96
มันสำปะหลัง	285,808	286,511	39
ไม้ยืนต้น	26,266	26,150	10
สัก	14,929	14,822	9
ไม้ผล	38,562	38,320	9
พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	82,489	82,381	21
ป่าไม้	199,106	199,260	27
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	90,334	89,767	12
หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	289,497	289,599	38
แหล่งน้ำ	116,128	116,835	14
รวม	3,680,584	3,680,584	500



รูปที่ 3-20 การสุ่มตัวอย่างแบบ stratified random sampling จำนวน 500 จุด ใน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ของทั้ง 12 ประเภทการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

ตารางที่ 3-22 ค่าความถูกต้องระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน

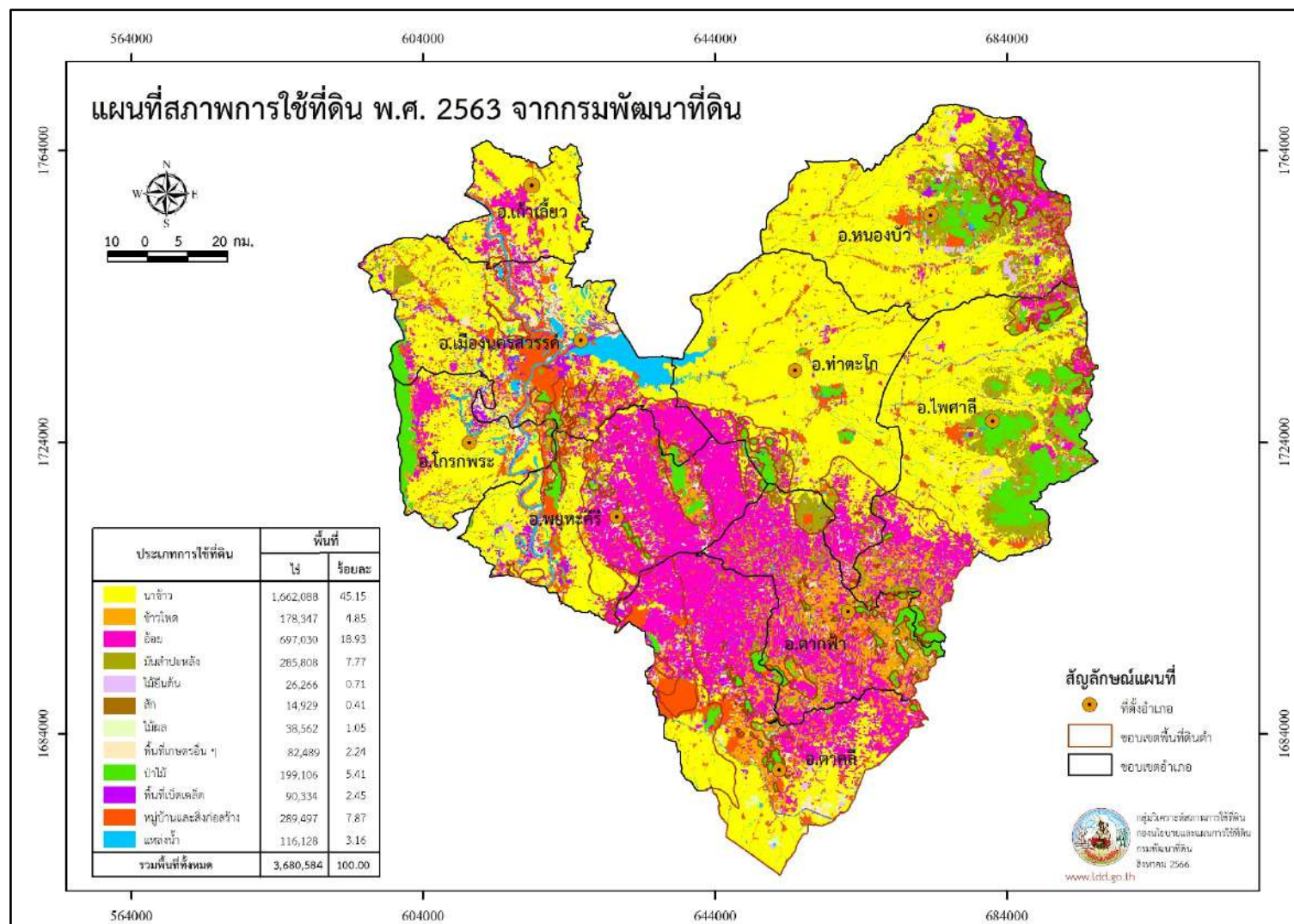
ข้อมูลอ้างอิงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน (จุด)														
ประเภทการใช้ที่ดิน	นาข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง	ไม้ยืนต้น	สั๊ก	ไม้ผล	พื้นที่ เกษตรอื่น ๆ	ป่าไม้	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	หมู่บ้านและ สิ่งก่อสร้าง	แหล่งน้ำ	ผลรวม คอลัมน์	User accuracy
ข้อมูลผลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE (จุด)														
นาข้าว	182	-	10	6	-	-	1	-	-	1	2	-	202	90.10
ข้าวโพด	-	12	4	7	-	-	-	-	-	-	-	-	23	52.17
อ้อย	5	4	78	5	-	-	-	1	-	1	1	1	96	81.25
มันสำปะหลัง	-	3	2	32	1	-	-	1	-	-	-	-	39	82.05
ไม้ยืนต้น	-	-	1	2	7	-	-	-	-	-	-	-	10	70.00
สั๊ก	-	-	-	-	3	6	-	-	-	-	-	-	9	66.67
ไม้ผล	-	-	1	-	1	-	5	2	-	-	-	-	9	55.56
พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	-	-	2	3	1	-	1	13	-	-	1	-	21	61.90
ป่าไม้	-	-	-	-	-	-	2	-	24	1	-	-	27	88.89
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	-	-	2	-	-	-	-	1	-	8	-	1	12	66.67
หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	-	-	-	1	-	-	-	2	1	2	32	-	38	84.21
แหล่งน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	12	14	85.71
ผลรวม	187	19	100	56	13	6	9	20	25	15	36	14	500	
Producer accuracy	97.33	63.16	78.00	57.14	53.85	100.00	55.56	65.00	96.00	53.33	88.89	85.71		

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางแถบสีเหลือง แสดงจำนวนจุดที่ถูกต้องตรงกันระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน

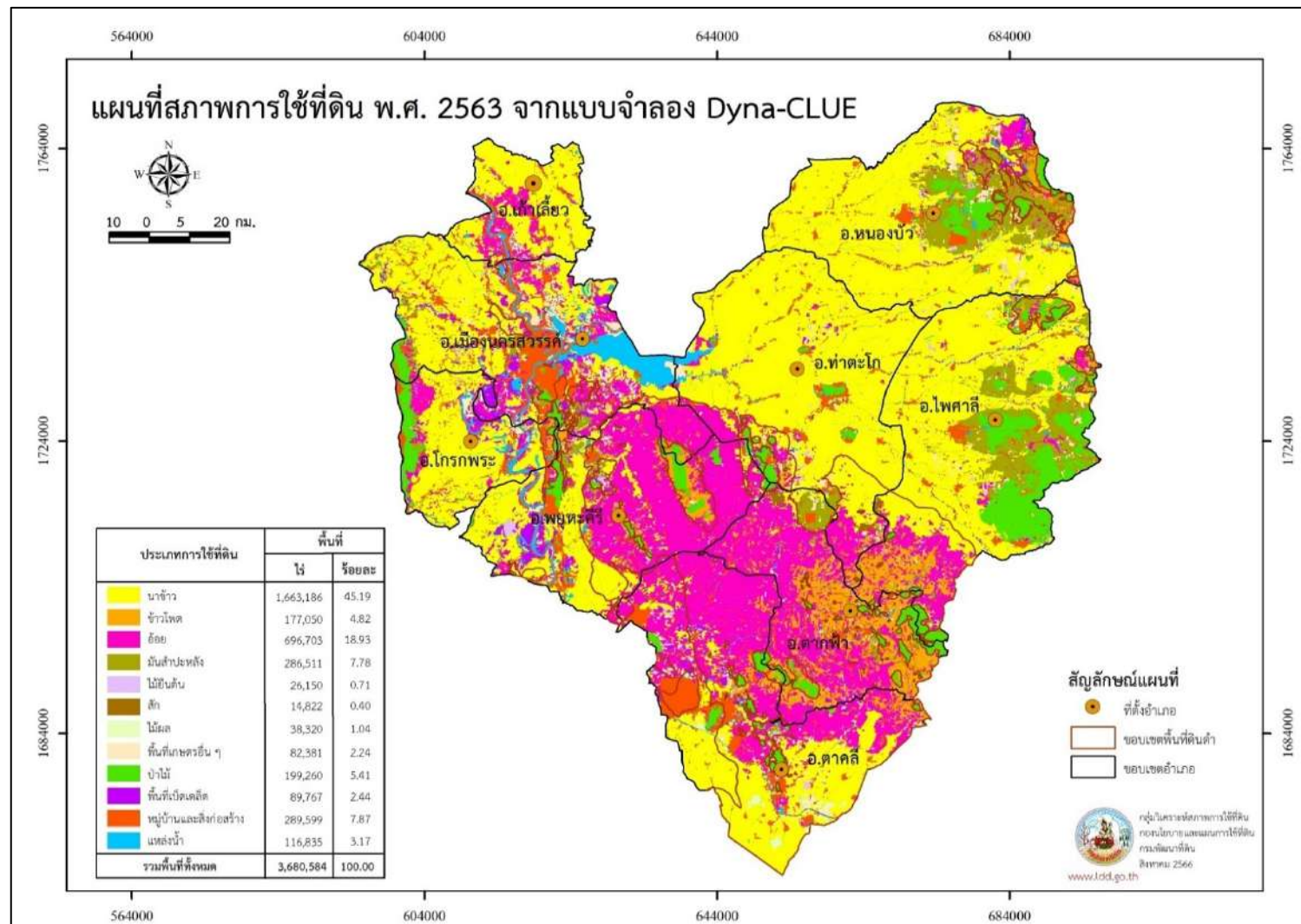
ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 500 จุด พบว่า มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 411 จุด โดยจำนวนจุดของพื้นที่นาข้าวถูกต้องตรงกันมากที่สุด เท่ากับ 182 จุด เนื่องจากเป็นประเภทการใช้ที่ดินที่มีสัดส่วนมากที่สุดในพื้นที่ขอบเขตทั้ง 9 อำเภอที่มีพื้นที่ดินดำ รองลงมาเป็นจำนวนจุดของพื้นที่อ้อย มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 78 จุด มันสำปะหลัง หมูบ้านและสิ่งก่อสร้างถูกต้อง มีจำนวนจุดที่ตรงกันเท่ากับ 32 จุด พื้นที่ป่าไม้มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 24 จุด พื้นที่เกษตรอื่น ๆ มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 13 จุด พื้นที่ข้าวโพด และแหล่งน้ำมีจำนวนจุดที่ตรงกันเท่ากับ 12 จุด พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 8 จุด ไม้ยืนต้นจำนวนจุดที่ตรงกัน 7 จุด พื้นที่สักรมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 6 จุด พื้นที่ไม้ผลมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 5 จุด

จากนั้นทำการประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) ของแบบจำลอง โดยใช้ตาราง confusion matrix ได้ผลการศึกษา ดังนี้

- 1) ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับ ร้อยละ 82.20
 - 2) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) ในพื้นที่สักรมีค่าความถูกต้องมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 100 รองลงมา คือพื้นที่นาข้าวและพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับร้อยละ 97.33 และ 96.00 ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 53.33
 - 3) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) ในพื้นที่นาข้าวมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 90.10 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำ เท่ากับร้อยละ 88.89 และ 85.71 ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่ข้าวโพดมีค่าความถูกต้องของผู้ใช้น้อยสุดเท่ากับร้อยละ 52.17
 - 4) สัมประสิทธิ์ Kappa ของความสอดคล้อง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 77.57 แสดงถึงความสอดคล้องหรือความถูกต้องระหว่างแผนที่จากแบบจำลองกับแผนที่จากข้อมูลอ้างอิงอยู่ในระดับปานกลาง
- โดยรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน และรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE แสดงดังรูปที่ 3-21 และรูปที่ 3-22



รูปที่ 3-21 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน



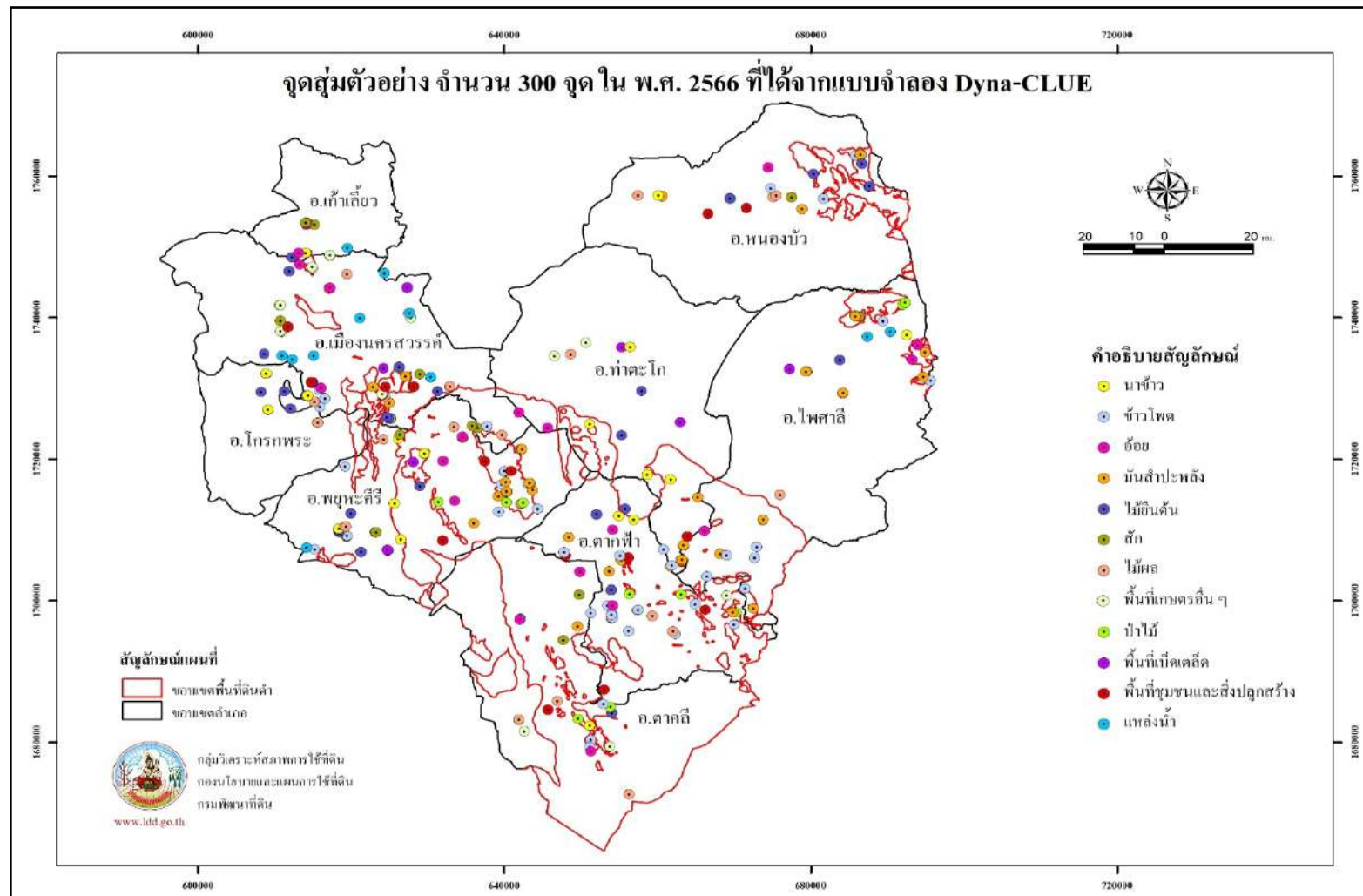
รูปที่ 3-22 การใช้ที่ดิน พ.ศ.2563 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE

3.7.2 การยืนยันความถูกต้องแบบจำลอง

การยืนยันความถูกต้องแบบจำลอง โดยการสุ่มตัวอย่างการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE จำนวน 300 จุด ของทั้ง 12 ประเภทการใช้ที่ดิน ได้แก่ นาข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ไม้ยืนต้น สัก ไม้ผล พื้นที่เกษตรอื่น ๆ ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง แหล่งน้ำ โดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 9 อำเภอ ที่มีพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ ทั้งนี้ เลือกทำการสุ่มในพื้นที่เกษตรมากที่สุด ได้แก่ ข้าวโพด 40 จุด อ้อย 37 จุด ไม้ยืนต้น 36 จุด มันสำปะหลัง 35 จุด พื้นที่เกษตรอื่น ๆ 28 จุด ไม้ผล 25 จุด นาข้าว 24 จุด พื้นที่เบ็ดเตล็ด 18 จุด หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง 17 จุด และแหล่งน้ำ 13 จุด (ตารางที่ 3-23 และรูปที่ 3-23) จากนั้นสำรวจการใช้ที่ดินภาคสนามในพื้นที่จริงได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 3-24

ตารางที่ 3-23 จำนวนจุดตัวอย่างที่ทำการทวนสอบความถูกต้องผลการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2566
ที่ได้จาก แบบจำลอง Dyna-CLUE

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	จำนวนจุดตัวอย่าง
นาข้าว	1,643,698	24
ข้าวโพด	143,678	40
อ้อย	747,342	37
มันสำปะหลัง	323,532	35
ไม้ยืนต้น	20,771	36
สัก	12,423	17
ไม้ผล	34,134	25
พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	81,346	28
ป่าไม้	194,986	10
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	73,586	18
หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	292,089	17
แหล่งน้ำ	112,999	13
รวม	3,680,584	300



รูปที่ 3-23 จุดสุ่มตัวอย่างภาคสนามการใช้ที่ดิน ใน พ.ศ. 2566 จำนวน 300 จุด ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE

ตารางที่ 3-24 ค่าความถูกต้องระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 จากการสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 จากการสำรวจภาคสนาม (จุด)															
109ข้อมูลผลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE (จุด)	ประเภทการใช้ที่ดิน	นาข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	มันสำปะหลัง	ไม้ยืนต้น	สั๊ก	ไม้ผล	พื้นที่ เกษตรอื่น ๆ	ป่าไม้	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	หมู่บ้านและ สิ่งก่อสร้าง	แหล่งน้ำ	ผลรวม คอลัมน์	User accuracy
	นาข้าว	18	-	2	-	-	-	-	1	-	2	1	-	24	75.00
	ข้าวโพด		29	1	9	-	-	1	-	-	-	-	-	40	72.50
	อ้อย	3	7	21	5	-	1	-	-	-	-	-	-	37	56.76
	มันสำปะหลัง	1	6	2	26	-	-	-	-	-	-	-	-	35	74.29
	ไม้ยืนต้น	-	-	1	1	32	1	-	1	-	-	-	-	36	88.89
	สั๊ก	-	-	-	-	-	16	1	-	-	-	-	-	17	94.12
	ไม้ผล	-	-	-	-	1	-	24	-	-	-	-	-	25	96.00
	พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	-	1	2	2	1	-	5	14	-	1	1	1	28	50.00
	ป่าไม้	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	100.00
	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	-	-	-	-	1	-	4	1	1	11	-	-	18	61.11
	หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	17	88.24
	แหล่งน้ำ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13	100.00
ผลรวมแถว	23	44	29	43	35	18	35	17	11	14	17	14	300		
Producer accuracy	78.26	65.91	72.41	60.47	91.43	88.89	68.57	82.35	90.91	78.57	88.24	92.86			

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางแถบสีเหลือง แสดงจำนวนจุดที่ถูกต้องตรงกันระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 จากการสำรวจภาคสนาม

จากการสำรวจภาคสนามระหว่างจุดการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่ได้จากแบบจำลอง Dyna-CLUE กับการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2566 ที่เป็นสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 300 จุด พบว่า มีจำนวนจุดการใช้ที่ดินที่ตรงกัน 229 จุด โดยจำนวนจุดของพื้นที่ไม้ยืนต้นถูกต้องตรงกันมากที่สุด เท่ากับ 32 จุด รองลงมาเป็นจำนวนจุดของพื้นที่ข้าวโพด มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 29 จุด มันสำปะหลัง มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 26 จุด พื้นที่ไม้ผลมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 24 จุด พื้นที่อ้อยมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 21 จุด พื้นที่นาข้าว มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 18 จุด พื้นที่สักร มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 16 จุด พื้นที่หมู่บ้าน และสิ่งก่อสร้าง มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 15 จุด พื้นที่เกษตรอื่น ๆ มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 14 จุด พื้นที่แหล่งน้ำ มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 13 จุด พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีจำนวนจุดที่ตรงกัน 11 จุด และพื้นที่ป่าไม่มีจำนวนจุดที่ตรงกัน 10 จุด

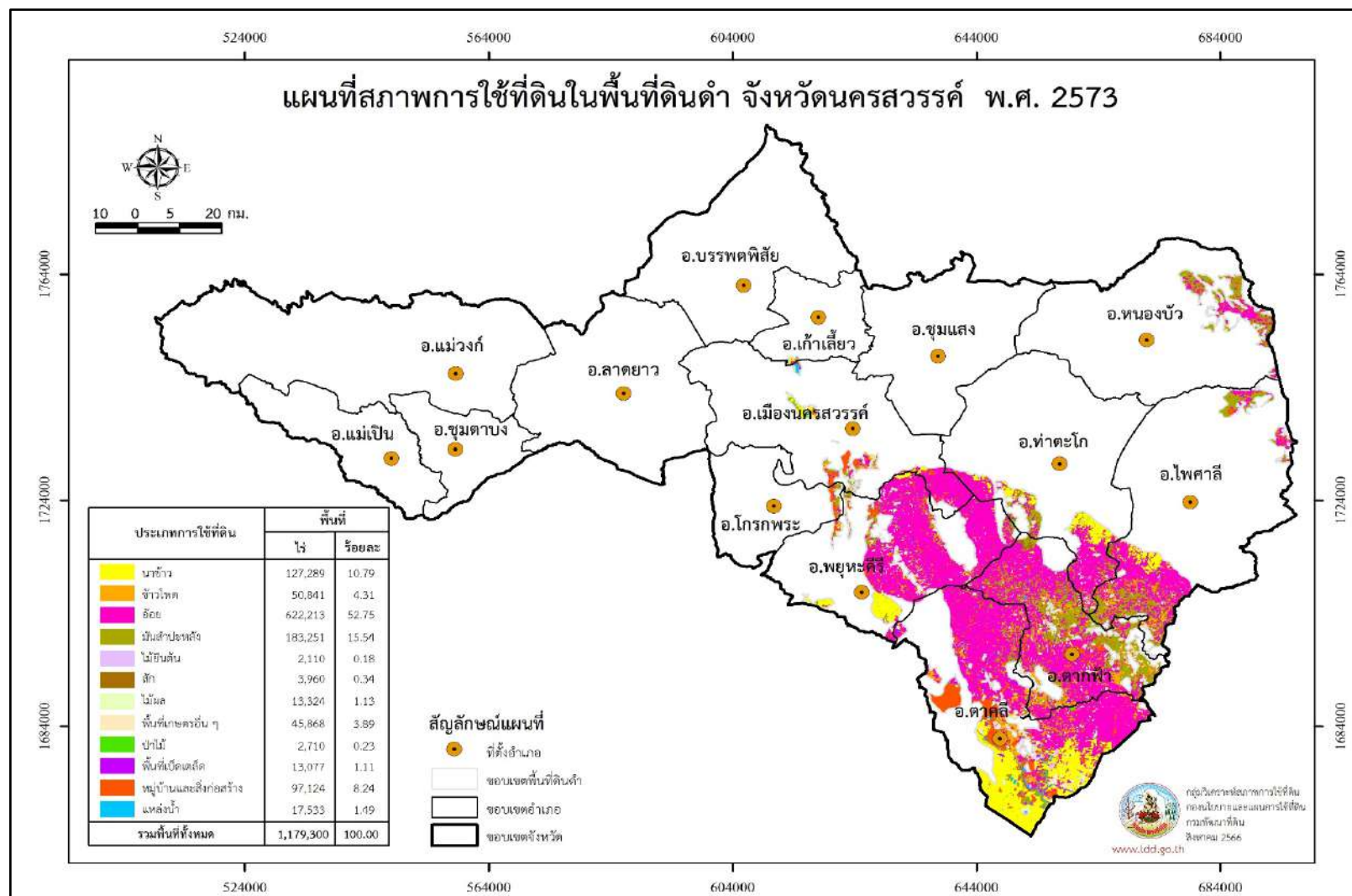
จากนั้นทำการประเมินยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้ตาราง confusion matrix ได้ผลการศึกษา ดังนี้

- 1) ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับ ร้อยละ 76.33
- 2) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) ในพื้นที่แหล่งน้ำมีค่าความถูกต้องมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 92.86 รองลงมา คือพื้นที่ไม้ยืนต้นและพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับร้อยละ 91.43 และ 90.91 ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่ข้าวโพดมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 65.91
- 3) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) ในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำ ถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 100 รองลงมาคือ พื้นที่ไม้ผลและพื้นที่สักร มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้เท่ากับ 96.00 และ 94.12 ตามลำดับ ส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ในพื้นที่เกษตรอื่น ๆ มีความถูกต้องน้อยสุดเท่ากับร้อยละ 52.17
- 4) สัมประสิทธิ์ Kappa ของความสอดคล้อง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 73.95 แสดงถึงความสอดคล้องหรือความถูกต้องระหว่างแผนที่จากแบบจำลองกับแผนที่จากข้อมูลการใช้ที่ดินจริงอยู่ในระดับปานกลาง

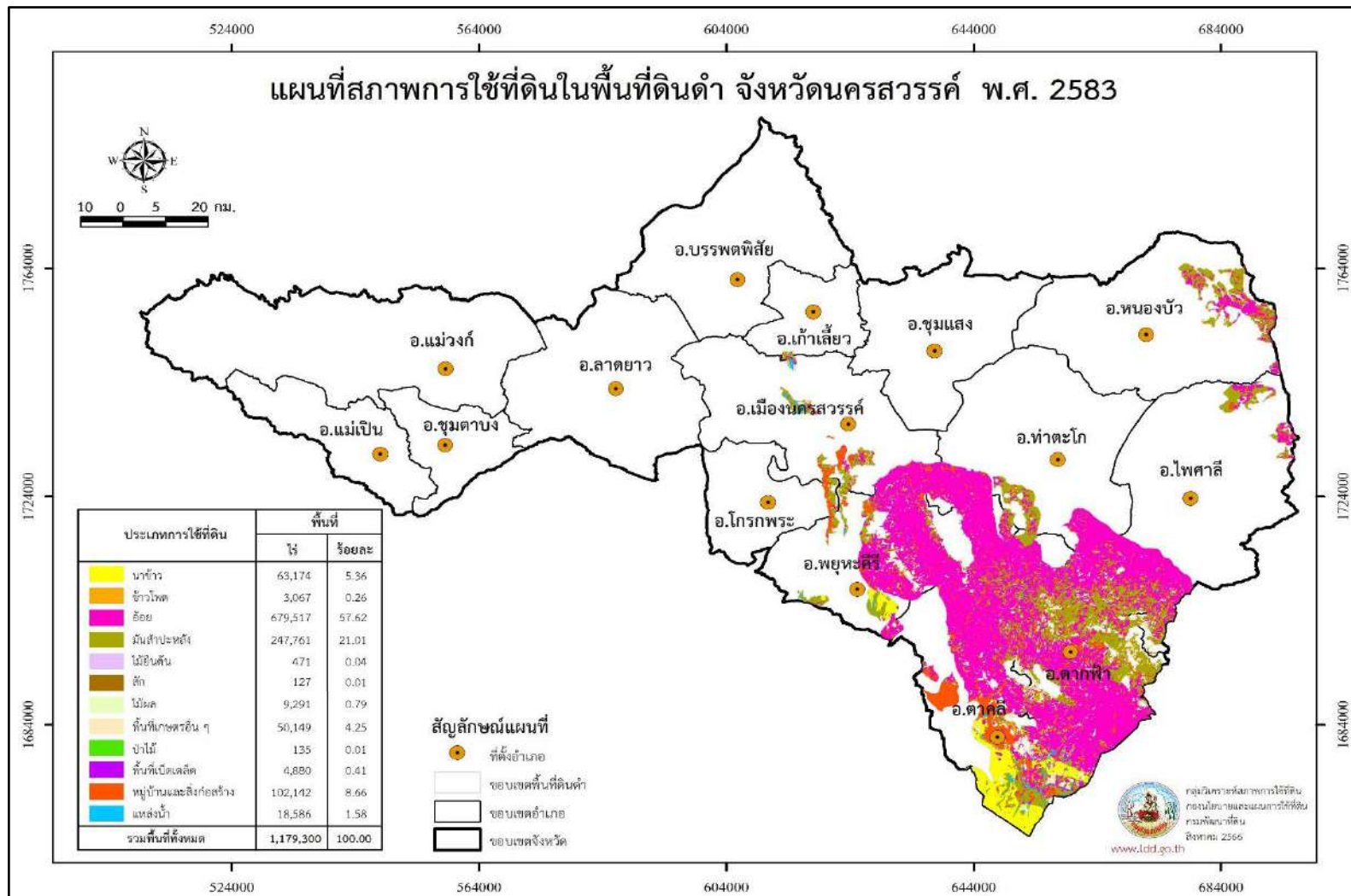
3.7.3 ผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ.2583 ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ภายใต้การจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดิน ที่กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในอนาคตตามค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 โดยใช้ข้อมูล การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 เป็นฐานในการคาดการณ์ ร่วมกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ปัจจัยทางด้านกายภาพและปัจจัยสิ่งแวดล้อม) ในพื้นที่ทั้ง 11 ปัจจัย ได้แก่ 1. ความสูง 2. ความลาดชัน 3. ทิศด้านลาด 4. ระยะห่างจากถนน 5. ระยะห่างจากหมู่บ้าน 6.ระยะห่างจากแหล่งรับซื้อทางการเกษตร 7. ระยะห่างจากลำน้ำ 8. ปริมาณน้ำฝน 9. เนื้อดิน 10. การระบายน้ำ 11. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ.2583 แสดงดังตารางที่ 3-25 และรูปที่ 3-24 ถึงรูปที่ 3-25 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3-25 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ.2583 ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2573		พ.ศ. 2583	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
นาข้าว	127,289	10.79	63,174	5.36
ข้าวโพด	50,841	4.31	3,067	0.26
อ้อย	622,213	52.75	679,517	57.62
มันสำปะหลัง	183,251	15.54	247,761	21.01
ไม้ยืนต้น	2,110	0.18	471	0.04
สั๊ก	3,960	0.34	127	0.01
ไม้ผล	13,324	1.13	9,291	0.79
พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	45,868	3.89	50,149	4.25
ป่าไม้	2,710	0.23	135	0.01
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	13,077	1.11	4,880	0.41
หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	97,124	8.24	102,142	8.66
แหล่งน้ำ	17,533	1.49	18,586	1.58
รวม	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00



รูปที่ 3-24 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-25 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2583 ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

1) พื้นที่หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 97,124 ไร่ และ 102,142 ไร่ หรือร้อยละ 8.24 และ 8.66 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้างมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี และเมืองนครสวรรค์

2) พื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 1,048,856 ไร่ และ 1,053,557 ไร่ หรือร้อยละ 88.93 และร้อยละ 89.34 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) พื้นที่นาข้าว ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 127,289 ไร่ และ 63,174 ไร่ หรือร้อยละ 10.79 และร้อยละ 5.36 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์พบพื้นที่นาข้าวมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอท่าตะโก อำเภอพยุหะคีรี

(2) พื้นที่ข้าวโพด ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 50,841 ไร่ และ 3,067 ไร่ หรือร้อยละ 4.31 และร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์พบพื้นที่ข้าวโพดมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า และอำเภอไพศาลี

(3) พื้นที่อ้อย ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 622,213 ไร่ และ 679,517 ไร่ หรือร้อยละ 52.75 และร้อยละ 57.62 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์พบพื้นที่อ้อยมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอตากฟ้า และอำเภอไพศาลี

(4) พื้นที่มันสำปะหลัง ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 183,251 ไร่ และ 247,761 ไร่ หรือร้อยละ 15.54 และร้อยละ 21.01 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์พบพื้นที่มันสำปะหลังมากบริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอไพศาลี อำเภอหนองบัว อำเภอตากาลี อำเภอท่าตะโก และอำเภอพยุหะคีรี

(5) พื้นที่ไม้ยืนต้น ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 2,110 ไร่ และ 471 ไร่ หรือร้อยละ 0.18 และร้อยละ 0.04 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่ไม้ยืนต้นมากบริเวณอำเภอตากาลี และอำเภอเมืองนครสวรรค์

(6) พื้นที่สั๊ก ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 3,960 ไร่ และ 127 ไร่ หรือร้อยละ 0.34 และร้อยละ 0.01 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่สั๊กมากบริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอไพศาลี อำเภอตากาลี และอำเภอท่าตะโก

(7) พื้นที่ไม้ผล ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 13,324 ไร่ และ 9,291 ไร่ หรือร้อยละ 3.89 และร้อยละ 0.79 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่ไม้ผลมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอตากฟ้า และอำเภอไพศาลี

(8) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 45,868 ไร่ และ 50,149 ไร่ หรือร้อยละ 3.89 และร้อยละ 4.25 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พื้นที่เกษตรอื่น ๆ มีพื้นที่มากบริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอไพศาลี

3) พื้นที่ป่าไม้ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 2,710 ไร่ และ 135 ไร่ หรือร้อยละ 0.23 และร้อยละ 0.01 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่ป่าไม้มากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอตากฟ้า และอำเภอท่าตะโก

4) พื้นที่แหล่งน้ำ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 17,533 ไร่ และ 18,586 ไร่ หรือร้อยละ 1.49 และร้อยละ 1.58 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่แหล่งน้ำมากบริเวณอำเภอตากาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอเมืองนครสวรรค์

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่ 13,077 ไร่ และ 4,880 ไร่ หรือ ร้อยละ 1.11 และร้อยละ 0.41 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ จากการคาดการณ์ พบพื้นที่เบ็ดเตล็ดมาก บริเวณอำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอยะหริ่ง

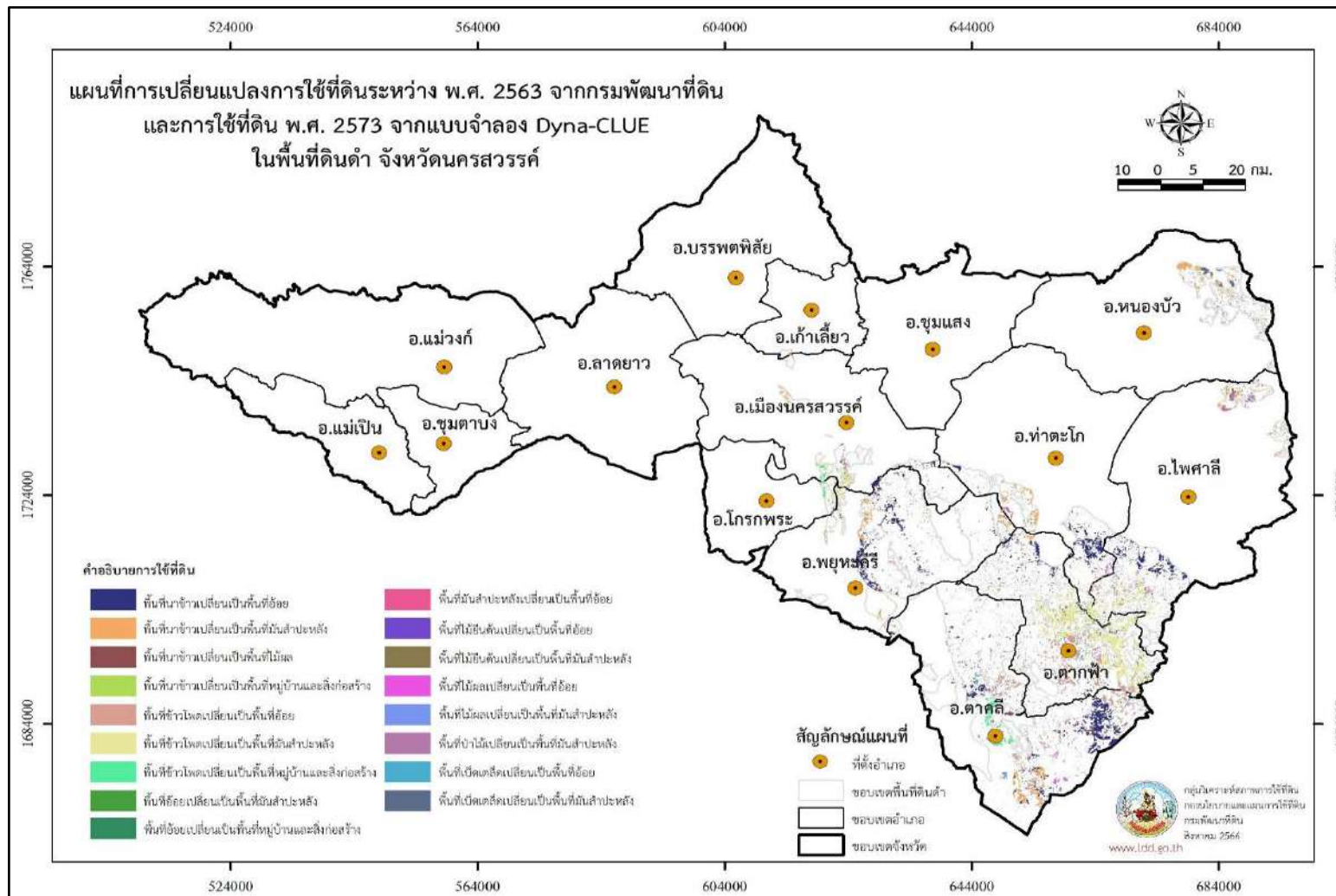
3.7.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน กับ พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE บริเวณพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน กับ พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัดส่วน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 จากการคาดการณ์พบว่า ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งหมด 353,980 ไร่ และ 618,312 ไร่ หรือร้อยละ 30.02 และ 52.43 ของพื้นที่ดินดำ ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3-26 และรูปที่ 3-26 ถึงรูปที่ 3-27 โดยมีรายละเอียดดังนี้

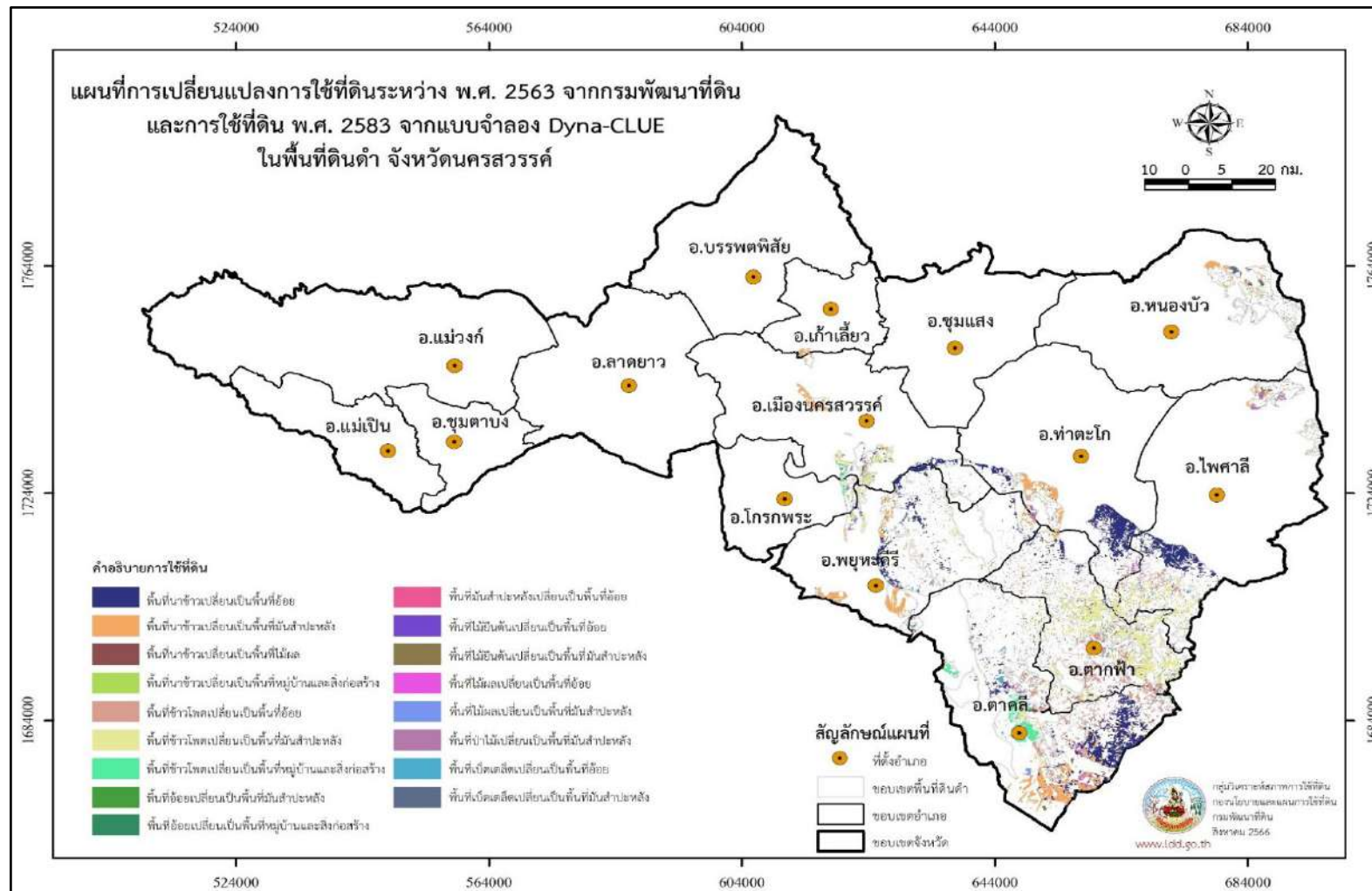
ตารางที่ 3-26 การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงตามค่าสัดส่วนการใช้ที่ดิน
ระหว่าง พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2563		พ.ศ. 2573		พ.ศ. 2583		การเปลี่ยนแปลง 2563-2573		การเปลี่ยนแปลง 2563-2583	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
นาข้าว	195,651	16.59	127,289	10.79	63,174	5.36	-68,362	-34.94	-13,2477	-67.71
ข้าวโพด	132,850	11.27	50,841	4.31	3,067	0.26	-82,009	-61.73	-129,783	-97.69
อ้อย	538,922	45.70	622,213	52.75	679,517	57.62	+83,291	+15.46	+140,595	+26.09
มันสำปะหลัง	108,943	9.24	183,251	15.54	247,761	21.01	+74,308	+68.21	+138,818	+127.42
ไม้ยืนต้น	5,337	0.45	2,110	0.18	471	0.04	-3,227	-60.46	-4,866	-91.17
สักร	9,079	0.77	3,960	0.34	127	0.01	-5,119	-56.38	-8,952	-98.60
ไม้ผล	18,238	1.55	13,324	1.13	9,291	0.79	-4,914	-26.94	-8,947	-49.06
พื้นที่เกษตรอื่น ๆ	35,188	2.98	45,868	3.89	50,149	4.25	10,680	+30.35	+14,961	+42.52
ป่าไม้	7,218	0.61	2,710	0.23	135	0.01	-4,508	-62.45	-7,083	-98.13
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	21,928	1.86	13,077	1.11	4,880	0.41	-8,851	-40.36	-17,048	-77.75
หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง	91,882	7.79	97,124	8.24	102,142	8.66	+5,242	+5.71	+10,260	+11.17
แหล่งน้ำ	14,064	1.19	17,533	1.49	18,586	1.58	+3,469	+24.67	+4,522	+32.15
รวม	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00	1,179,300	100.00	353,980	-	618,312	-

หมายเหตุ: 1) พื้นที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน 2) พื้นที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE
3) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับพื้นที่การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2563 4) + คือ เพิ่มขึ้นและ - คือ ลดลง



รูปที่ 3-26 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน และการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2573 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 3-27 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2563 จากกรมพัฒนาที่ดิน และการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2583 จากแบบจำลอง Dyna-CLUE
ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

1) พื้นที่หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้างใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ.2583 เพิ่มขึ้น 5,242 ไร่ และ 10,260 ไร่ หรือร้อยละ 5.71 และ 11.17 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมากบริเวณ อำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอเมืองนครสวรรค์

2) พื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 มีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ดังนี้

(2.1) พื้นที่เกษตรที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่อ้อย มันสำปะหลัง และพื้นที่เกษตรอื่น ๆ

(2.1.1) พื้นที่อ้อย ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 เพิ่มขึ้น 83,291 ไร่ และ 140,595 ไร่ หรือร้อยละ 15.46 และ 26.09 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมากบริเวณ อำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอท่าตะโก

(2.1.2) พื้นที่มันสำปะหลัง ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 เพิ่มขึ้น 74,308 ไร่ และ 138,818 ไร่ หรือร้อยละ 68.21 และ 127.42 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมาก บริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอไพศาลี อำเภอตากลี และอำเภอหนองบัว

(2.1.3) พื้นที่เกษตรอื่น ๆ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 เพิ่มขึ้น 10,680 ไร่ และ 14,961 ไร่ หรือร้อยละ 30.35 และ 42.52 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมาก บริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอไพศาลี อำเภอตากลี และอำเภอพยุหะคีรี

(2.2) พื้นที่เกษตรที่ลดลง ได้แก่ พื้นที่นาข้าว ข้าวโพด ไม้ยืนต้น สัก และไม้ผล

(2.2.1) พื้นที่นาข้าว ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 68,362 ไร่ และ 132,477 ไร่ หรือร้อยละ 34.94 และ 67.71 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณ อำเภอตากลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอท่าตะโก อำเภอไพศาลี และอำเภอตากฟ้า

(2.2.2) พื้นที่ข้าวโพด ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 82,009 ไร่ และ 129,783 ไร่ หรือร้อยละ 61.73 และ 97.69 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณ อำเภอตากฟ้า อำเภอตากลี อำเภอไพศาลี อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอพยุหะคีรี

(2.2.3) พื้นที่ไม้ยืนต้น ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 3,227 ไร่ และ 4,866 ไร่ หรือร้อยละ 60.46 และ 91.17 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณอำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอไพศาลี

(2.2.4) พื้นที่สัก ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 5,119 ไร่ และ 8,952 ไร่ หรือร้อยละ 56.38 และ 98.60 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณอำเภอตากฟ้า อำเภอท่าตะโก อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอไพศาลี

(2.2.5) พื้นที่ไม้ผล ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 4,914 ไร่ และ 8,947 ไร่ หรือร้อยละ 26.94 และ 49.06 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณอำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอไพศาลี อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอท่าตะโก

3) พื้นที่ป่าไม้ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 ลดลง 8,851 ไร่ และ 17,048 ไร่ หรือร้อยละ 40.36 และ 77.75 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า ลดลงมากบริเวณอำเภอไพศาลี อำเภอตากฟ้า อำเภอตากลี อำเภอพยุหะคีรี และอำเภอท่าตะโก

4) พื้นที่แหล่งน้ำ ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 เพิ่มขึ้น 3,469 ไร่ และ 4,522 ไร่ หรือร้อยละ 24.67 และ 32.15 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมากบริเวณอำเภอตากลี อำเภอพยุหะคีรี อำเภอตากฟ้า และอำเภอไพศาลี

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 เพิ่มขึ้น 5,242 ไร่ และ 10,260 ไร่ หรือร้อยละ 5.71 และ 11.17 ของพื้นที่เดิม จากการคาดการณ์ พบว่า เพิ่มขึ้นมากบริเวณอำเภอตากลี อำเภอตากฟ้า อำเภอเมืองนครสวรรค์ และอำเภอพยุหะคีรี

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

โครงการการบริหารจัดการข้อมูลดินดำ (Black Soil) ของประเทศไทยเพื่อความยั่งยืน โดยประเมินสถานะ และศักยภาพของพื้นที่ดินดำ เพื่อจัดทำแนวทางการจัดการดินดำอย่างยั่งยืน ปีงบประมาณ 2566 โดยคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วย 5 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (Land Utilization Types: LUTs) การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดินตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (Land Degradation Neutrality: LDN) การวิเคราะห์สถานภาพดิน การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลัก และการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ในพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน (LUTs) จากการสำรวจวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลดินและข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินสามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 2 เขต คือ (1) เขตพื้นที่เกษตรน้ำฝน ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงาน และมันสำปะหลัง (2) เขตพื้นที่เกษตรชลประทาน ได้แก่ ข้าวนาปีตามด้วยข้าวนาปรัง พบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่ดินดำ และอยู่ในเขตพัฒนาที่ดิน มีการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ดีกว่าส่งผลให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกอยู่นอกเขตพัฒนาที่ดิน

2) การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ตามตัวชี้วัดของการจัดการทรัพยากรที่ดิน (LDN) ของ FAO ความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน ซึ่งใช้ตัวชี้วัด 3 ตัวชี้วัด ได้แก่ ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Use Change: LUC) ช่วงปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2563 ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงผลิตภาพของที่ดิน ซึ่งวิเคราะห์ได้จากข้อมูลการผลิตขั้นปฐมภูมิ (Net Primary Productivity: NPP) ในช่วงปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2563 และตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สะสมในดิน (Soil Organic Carbon Stock: SOC Stock) โดยใช้ปีฐาน พ.ศ.2552 และใช้ปีเปรียบเทียบเป็นปี พ.ศ.2566 มาซ้อนทับและวิเคราะห์ความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ทำให้ทราบพื้นที่เสื่อมโทรม (Degraded) พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง (Improved) และพื้นที่ที่คงสถานะเดิม (Stable) โดยพบว่า พื้นที่ดินดำส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์อยู่ในสถานภาพเสื่อมโทรมที่ควรมีการฟื้นฟูอย่างเร่งด่วน มีเนื้อที่ 978,188 ไร่ หรือร้อยละ 82.95 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุง หรือฟื้นคืนจากความเสี่ยงโทรมของที่ดิน มีเนื้อที่ 59,362 ไร่ หรือร้อยละ 5.03 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด และมีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีสถานะคงเดิม มีเนื้อที่ 141,750 ไร่ หรือร้อยละ 12.02 ของเนื้อที่ดินดำทั้งหมด ซึ่งพื้นที่เสื่อมโทรมส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอตากาลี รองลงมาเป็นอำเภอตากฟ้า และอำเภอยะหริ่ง ตามลำดับ

3) ผลการวิเคราะห์สถานภาพดิน พบว่าดินดำจังหวัดนครสวรรค์ แบ่งออกเป็นพื้นที่ลุ่มเป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพา มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียว มีการระบายน้ำเร็ว มีเนื้อที่ 102,701 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.71 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินช่องแค ชุดดินสิงห์บุรี และชุดดินโคกกระเทียม มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง มีความเหมาะสมสำหรับทำนา ส่วนในพื้นที่ดอน พบดินที่เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมบนลานตะพักปูนมาร์ล มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียว มีการระบายน้ำดี มีเนื้อที่ 928,400 ไร่ หรือร้อยละ 78.72 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินลพบุรี และชุดดินตาคลี มีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ และดินที่เกิดจากสลายตัวผุพังอยู่กับที่จากหินภูเขาไฟ จำพวกหินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ หินบะซอลต์ มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียว หรือดินเหนียว มีการระบายน้ำดี มีเนื้อที่ 148,198 ไร่ หรือร้อยละ 12.57 ของพื้นที่ดินดำในจังหวัด ได้แก่ ชุดดินสมอทอด ชุดดินชัยบาดาล และชุดดินลำน้ำรายณ์ มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง เหมาะแก่การปลูกพืชไร่ หรือไม้ยืนต้น

ปัญหาทรัพยากรดินด้านการเกษตรที่สำคัญในพื้นที่ดินดำของจังหวัดนครสวรรค์ ได้แก่ ปัญหาดินเป็นดินเหนียวจัด เมื่อแห้งจะแข็งมากแต่พอเปียกน้ำจะแฉะ ถ้าไถพรวนไม่ถูกวิธีจะทำให้การไถพรวนยากลำบาก และทำให้โครงสร้างของดินเสีย ดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลซึ่งจะมีผลกระทบทางกายภาพและทางเคมีต่อพืช ดินอาจขาดสมดุลธาตุอาหารโดยเฉพาะการขาดฟอสฟอรัส และจุลธาตุบางชนิด

4) ผลการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจหลักในพื้นที่ดินดำจังหวัดนครสวรรค์ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อยโรงงาน ซึ่งพืชทั้ง 4 ชนิดนี้เมื่อมีการเพาะปลูกในพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตชลประทาน โดยที่ชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชส่วนใหญ่อยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) พบข้อจำกัดด้านคุณภาพที่ดินที่ส่งผลกระทบต่อพืช เช่น ความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) สภาพการหยั่งลึกของราก (r) สารพิษ (z) สภาพเขตกรรม (k) อย่างไรก็ตาม หากเกษตรกรต้องการเลือกชนิดพืชที่จะปลูกในพื้นที่ดังกล่าวนี้ อ้อยโรงงานเป็นพืชทางเลือกที่ค่อนข้างมีความเหมาะสมกับพื้นที่มากกว่าพืชชนิดอื่น เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เป็นด่าง สูง ซึ่งเป็นดินที่พบมากในพื้นที่ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานหรือมีแหล่งน้ำตามธรรมชาติหรือแหล่งน้ำใต้ดินเพียงพอสำหรับการปลูกพืช โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปลูกข้าวเป็นหลัก และส่วนใหญ่มีความเหมาะสมสูง (S1) สำหรับข้าว เนื่องจากดินมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม มีความอุดมสมบูรณ์สูง รวมถึงมีปริมาณน้ำเพียงพอ ทำให้สามารถปลูกข้าวได้ทั้งในฤดูนาปี และฤดูนาปรัง

5) ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตในพื้นที่ดินดำโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2573 และ พ.ศ. 2583 บริเวณขอบเขตพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์ ภายใต้การจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินที่กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตตามค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2563 พบว่า พื้นที่เกษตรที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่อ้อย มันสำปะหลัง และพื้นที่เกษตรอื่น ๆ ส่วนพื้นที่เกษตรที่มีพื้นที่ลดลง ได้แก่ พื้นที่นาข้าว ข้าวโพด ไม้ยืนต้น สัก และไม้ผล ส่วนในพื้นที่หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่ลดลง

4.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการจัดทำโครงการการบริหารจัดการข้อมูลดินดำของประเทศไทย เพื่อความยั่งยืน มีข้อเสนอแนะดังนี้

1) การจัดทำฐานข้อมูลสถานภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ผลการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินโดยใช้ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดินในพื้นที่ดินดำตามแนวคิดของ LDN จะทำให้ทราบบริเวณพื้นที่เสื่อมโทรม พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในทางบวก และพื้นที่ที่คงสถานะเดิม ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ หากมีการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ผลผลิตของดิน และอินทรีย์คาร์บอนในดินอย่างละเอียดรวมด้วยจะส่งผลให้ข้อมูลมีความแม่นยำและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับงานพัฒนาที่ดิน และเป็นข้อมูลสนับสนุนเครือข่ายดินดำได้

2) พื้นที่เสื่อมโทรมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี LDN จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลในพื้นที่จริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลจากการวิเคราะห์ เนื่องจากอาจจะมีปัจจัยอื่น เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง และการจัดการพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะทำให้ผลของการวิเคราะห์ไม่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง รวมถึงการใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูงมาวิเคราะห์ จะช่วยให้ข้อมูลพื้นที่เสื่อมโทรมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี LDN มีความแม่นยำขึ้น

3) พื้นที่ดินดำที่เป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย บางพื้นที่กำลังถูกคุกคามเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การจัดการที่ไม่ยั่งยืน เป็นต้น ทำให้ดินดำส่วนใหญ่เกิดการสูญเสียปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และประสบปัญหาการชะล้างพังทลายดิน ตลอดจนความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของดิน จึงควรมีการรณรงค์ เพื่อการอนุรักษ์ดินดำให้เป็นดินที่มีผลผลิตต่อไป

4) การประเมินคุณภาพที่ดิน เป็นขั้นตอนสำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดิน สามารถแสดงข้อมูลการจัดการที่ดินที่ควรทำในปัจจุบัน และสิ่งใดจะเกิดขึ้นเมื่อปลูกพืชแบบเดิมต่อไป แสดงแนวทางการปรับปรุงที่ดินที่สามารถทำได้ หากต้องการปลูกพืชเดิมอยู่ ความยั่งยืนในการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเดิมหรือโอกาสที่ได้ผลตอบแทน รวมทั้งแสดงถึงปัจจัยที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตในระดับที่ต้องการ ดังนั้น หากการประเมินคุณภาพที่ดินถูกต้องแม่นยำ สามารถนำไปใช้เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินในระดับต่าง ๆ เพื่อกำหนดนโยบายระดับประเทศต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ครั้งต่อไปควรพิจารณาปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้และความต้องการในการใช้ที่ดินต่อครัวเรือนของคนในพื้นที่นั้น ๆ ตลอดจนปัจจัยด้านสังคม เช่น จำนวนประชากร การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นต้น หรือควรมีการสำรวจ ศึกษา นโยบายและโครงการต่าง ๆ ของรัฐบาล พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์คาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตให้มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับความเป็นจริงในพื้นที่มากยิ่งขึ้น

6) การศึกษาและจัดทำฐานข้อมูลสถานภาพดินดำจังหวัดนครสวรรค์ กรมพัฒนาที่ดินสามารถนำฐานข้อมูลไปใช้ เพื่อสนับสนุนกิจกรรมของเครือข่ายดินดำระหว่างประเทศได้

7) การประยุกต์ใช้ข้อมูล สามารถนำไปต่อยอด สามารถระบุ hotspot และลำดับความสำคัญของการกำหนดมาตรการในการจัดการที่ดินในระดับพื้นที่อย่างบูรณาการ

8) สามารถประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลดินดำของประเทศไทยในการผลักดันนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน เพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ Black Soil ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างสมดุล และยั่งยืน ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2565. **ข้อมูลสารสนเทศโครงการชลประทาน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. **แผนที่การใช้ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2552**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. **ชุดดินของประเทศไทย**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2563. **แผนที่การใช้ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2563**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2563. **เกณฑ์การวิเคราะห์ตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน ภายใต้หลักการ One-out, All-out และการประเมินระดับความรุนแรงของพื้นที่เสื่อมโทรม**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2565. **สรุปลักษณะอากาศรายวันของประเทศไทย**. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, กรุงเทพฯ.
- กลุ่มงานอนุสัญญา UNCCD. 2566. **คู่มือการจัดทำเป้าหมายและตัวชี้วัดความสมดุลของการจัดการทรัพยากรที่ดิน เพื่อกำหนดมาตรการการจัดการพื้นที่ดินเสื่อมโทรมในระดับพื้นที่**. กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน 2561. **แผนที่ดิน มาตราส่วน 1: 25,000 จังหวัดนครสวรรค์**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา. 2550. **การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- คำรณ ไทรฟัก. 2554. **การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ฉัตรชัย โคตรพันธ์. 2555. **การใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- นิยม สุ่มประดิษฐ์ 2531. **ความรู้เกี่ยวกับดิน**. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 101. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- บัณฑิต ต้นศิริ และคำรณ ไทรฟัก. 2542. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน**. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- วิภพ แสงวังทอง. 2561. **การจำแนกพื้นที่ป่าผลัดใบโดยใช้ภาพดาวเทียมแลนด์แซทหลายช่วงเวลากับเทคนิคอัตราส่วนช่วงคลื่น**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26 (8 (ฉบับเสริม), 1302-1310.

- คันสนีย์ อรัญวาสน์. 2565. **โครงการขอสันับสนุนงบประมาณภายใต้ ASP**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สฤทธ อุดมศรี สุมิตรา วัฒนา คันสนีย์ อรัญวาสน์ และ วัฒนา พัฒนถาวร. 2563. **แผนที่ดินดำของประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน. 2547. **การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทยจำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 520. สำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- Adhikari, S., Fik, T. and Dwivedi, P. 2017. **Proximate Causes of Land-Use and Land-Cover Change in Bannerghatta National Park: A Spatial Statistical Model**. MDPI, 8 (9).
- Breiman, L. (1996). **Bagging Predictors**. Machine Learning, 24(2):123–140.
- Britannica. 2023. **Black Soils**. <https://www.britannica.com/place/India/Black-soils>, 13 August 2023.
- Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998) **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, Oxford.
- Castella, J. and Verburg, P. H. 2007. **Combination of Process-Oriented and Pattern-Oriented Models of Land-Use Change in A Mountain Area of Vietnam**. Ecological Modelling, 202(3), 410-420.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties**. Agronomy No. 9. mer.Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Congalton, R. G. and Green, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Lewis Publishers., 137 pp.
- Dent. F.J. 1985. **FAO Framework for Land Evaluation: The Application of the FAO Framework for land use planning in Thailand**. Bangkok, Thailand. pp. 31-49.
- Erik Joner, J. and Nicholas Clarke. 2020. **Black soil – China’s Giant Panda in Cultivated Land**. <https://www.nibio.no/nyheter/black-soil--chinas-giant-panda-in-cultivated-land/>, 2 August 2023.
- FAO. 1976. **A Framework for land Evaluation**. Soil Bulletin 32. FAO, Rome.
- FAO. 1983. **Guidelines Land Evaluation for Rained Agriculture Soils Bulletin No.52**. Food And Agriculture Organization of The United Nations. Rome.

FAO. 2021. DEFINITION | **What is a black soil?**. [Online].

Available: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/intergovernmental-technical-panel-soils/gsoc17-implementation/internationalnetworkblacksoils/more-on-black-soils/definition-what-is-a-black-soil/en/>.

International Crop Research Institute. 2023. **How to Manage Black Soil Problems?**.

Andhra Pradesh, India.

https://indiaagronet.com/indiaagronet/soil_management/CONTENTS/Black-Soil-Management-Tips.htm

Landis, J. R. and Koch, G. G. 1977. **An Application of Hierarchical Kappa-Type Statistic in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers.**

International Biometric Society, 33(2), 363-374.

Mcrae, S.G. and C.P.Burnham. 1981. **Land Evaluation.** Billing and Sons Limited Guildford, London.

National Soil Survey Center . 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey Invest. Rept. No 42, Version 3.0. U.S. Dept. of Agr., U.S. Government, Washington D.C.

Nuntapon Nongharnpitak. 2022. **Black Soils of Thailand : Country Report.** The International Research Institution of Black Soils. Land Development Department, Bangkok, Thailand.

Soil Survey Staff. 2022. **Key to Soil Taxonomy, 13th edition.** Natural Resource Conservation Service. United States Department of Agriculture.

Verburg, P. H. and Overmars, K. P. 2009. **Combining Top-Down and Bottom-Up Dynamics in Land Use Modeling: Exploring the Future of Abandoned Farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model.** Landscape Ecology, 24(9), 1167-1181.

Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V. and Mastura, S. S. A. 2002. **Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model.** Environmental Management, 30(3), 391-405.

Verburg, P. H., Veldkamp, T. and Lesschen, P. J. 2006. **Exercises for the CLUE-S model.** Retrieved from: <https://studylib.net/doc/12496484/the-clue-model-hands-on-exercises-course-material>, 16 March 2020.

- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. **An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter: a Proposed Modification of Chromic Acid Titration Method.** Soil Sci. 37: 29-35.
- Wen, D. and Liang, W. 2001. **Soil Fertility Quality and Agricultural Sustainable Development in the Black Soil Region of Northeast China.** Environment Development and Sustainability 3(1): 31-43

ภาคผนวก

ตารางผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 30 ปี จากสถานีตรวจวัดอากาศ 15 สถานี
บริเวณทั้ง 9 อำเภอที่ครอบคลุมพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

รหัสสถานี	สถานีตรวจวัดอากาศ ชื่อสถานี	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
260170	Ban Lek Canal (CPA.1) Nakhon Sawan	753.06
260180	Upper 6R Canal (CPK.5) Nakhon Sawan	1,008.95
260190	Upper 7R Canal (CPK.6) Nakhon Sawan	721.74
260200	Upper 8R Canal (CPK.7) Nakhon Sawan	688.04
260230	hong Khae Regulator (CPK.26) Nakhon Sawan	815.86
260301	Mae Nam Chao Phraya (C.2) Nakhon Sawan	806.40
400201	นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์	1,164.51
400301	ตากฟ้า สกษ. จังหวัดนครสวรรค์	1,212.07
400001	อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์	1,070.78
400003	อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	862.31
400004	อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์	920.88
400006	อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์	948.95
400008	อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์	1,144.24
400009	อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์	1,037.55
400010	อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์	1,093.26
400011	แผนกสัตว์บาลที่ 2 อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์	1,124.48
ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย		960.82

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2565) และกรมชลประทาน (2565)

ตารางผนวกที่ 2 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะของเนื้อดิน

ลักษณะเนื้อดิน	ค่าปัจจัย
ดินเนื้อละเอียด	1
ดินเนื้อละเอียดร่วน	2
ดินเนื้อปานกลาง	3
ดินเนื้อหยาบ	4

ที่มา: คมสัน (2550)

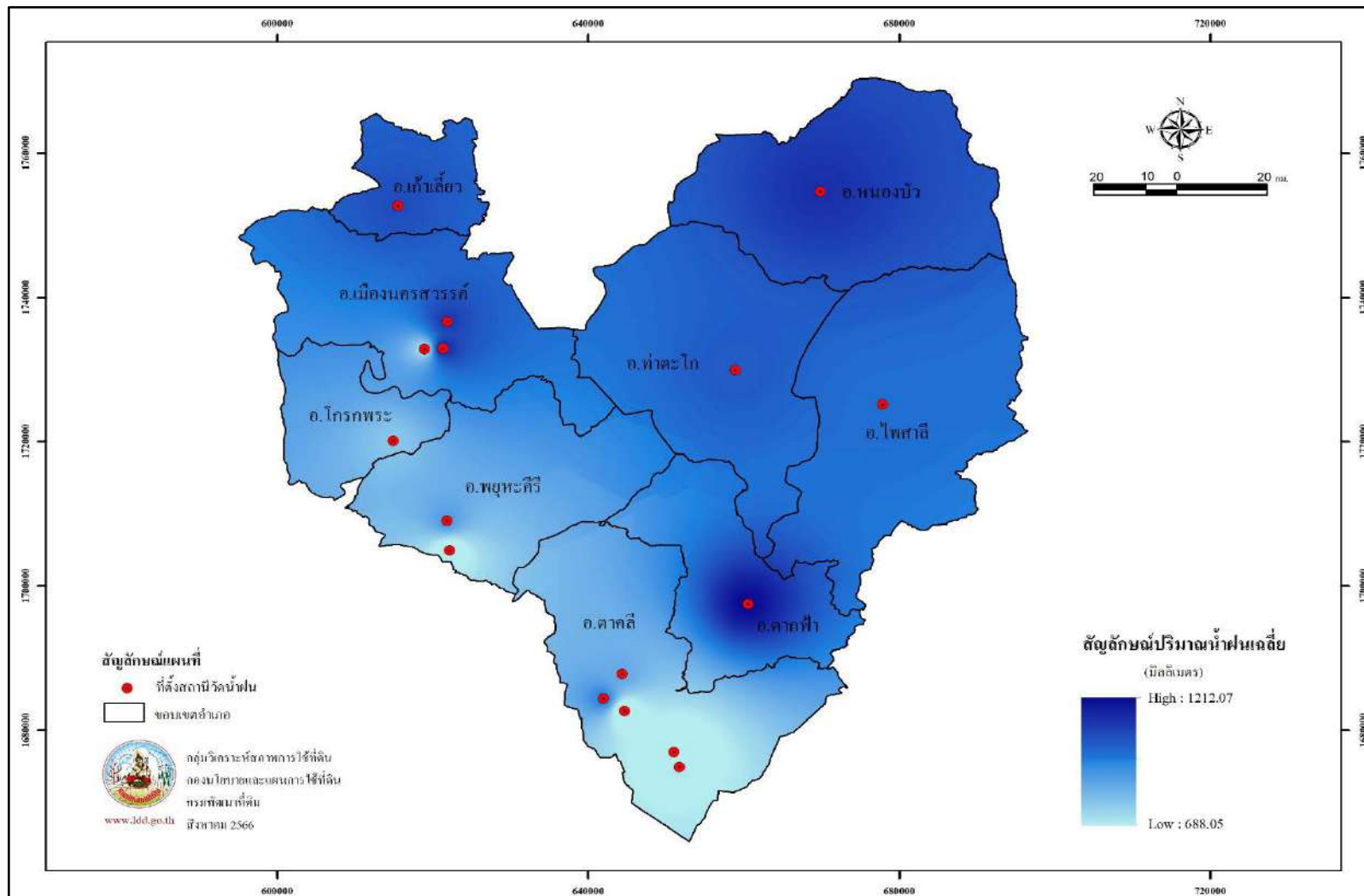
ตารางผนวกที่ 3 การกำหนดค่าปัจจัยการระบายน้ำตามเนื้อดิน

Drainage	Drainage_ID	Drainage_en	Drainage_th
-	0	-	ไม่ระบาย
vpd	1	Very Poorly Drained	เลวมาก
pd	2	Poorly Drained	เลว
spd	3	Somewhat Poorly Drained	ค่อนข้างเลว
mw	4	Moderately Well Drained	ดีปานกลาง
wd	5	Well Drained	ดี
sex	6	Excessively Drained	มากเกินไป

ตารางผนวกที่ 4 การกำหนดค่าปัจจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินตามเนื้อดิน

Ferti	Ferti_ID	Ferti_Des_th
-	0	ไม่ระบาย
L	1	ต่ำ
M	2	ปานกลาง
H	3	สูง

รูปผนวก



รูปผนวกที่ 1 สถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 15 สถานี และปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยรวม 30 ปี โดยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) บริเวณทั้ง 9 อำเภอที่ครอบคลุมพื้นที่ดินดำ จังหวัดนครสวรรค์

รูปผนวกที่ 2 ลักษณะดินดำในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์



ชุดดินบ้านหมี่ (Bm)



ชุดดินชัยบาดาล (Cd)



ชุดดินช่องแค (CK)



ชุดดินหินซ้อน (HS)



ชุดดินลพบุรี (Lb)



ชุดดินลำน้ำรายณ์ (Ln)



ชุดดินสิงห์บุรี (Sin)



ชุดดินตากลี (Tk)

รูปผนวกที่ 3 ภาพกิจกรรม



คณะผู้จัดทำรายงาน

ที่ปรึกษา : 1. นายเชษฐรุจ จันทรแปลง ผู้อำนวยการกองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน
2. นายถวิล หน่อคำ รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านสำรวจจำแนกดิน

ผู้จัดทำรายงาน

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. นายทศนัศว์ รัตนแก้ว | รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจการใช้ที่ดินด้วยเทคโนโลยีระยะไกล |
| 2. นางสาวพิมพ์พร พรพรมินทร์ | ผู้อำนวยการกลุ่มวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำ กนผ. |
| 3. นางสาวอมรรัตน์ สระเพชร | ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กนผ. |
| 4. นางสาวคันสนีย์ อัญญาสน์ | ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการเกษตร กวจ. |
| 5. นายกฤติโสภณ ดวงกมล | ผู้อำนวยการกลุ่มมาตรฐานการสำรวจและจำแนกดิน กสด. |
| 6. นายสุรเชษฐ์ นาราภักดิ์ | ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยกายภาพดิน สวด. |
| 7. นายจตุรงค์ เพชรสุทธิ | ผู้อำนวยการกลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สพข.9 |
| 8. นายพนัสบดี ธีชโอภาส | นักวิชาการคอมพิวเตอร์ชำนาญการพิเศษ ศทส. |
| 9. นางสาวณอมขวัญ ทิพวงศ์ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กวจ. |
| 10. นายวัฒนา พัฒนถาวร | นักสำรวจดินชำนาญการพิเศษ กสด. |
| 11. นางณฐมน ผ่องแผ้ว | นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ กนผ. |
| 12. นางสาวชนม์ชนก ตั้งตระกูล | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กนผ. |
| 13. ว่าที่ร้อยตรียศ อินทะวิชัย | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กนผ. |
| 14. นายอภิรักษ์ จงเหลื่องสอาด | นักสำรวจดินชำนาญการ กสด. |
| 15. นางสาวปัทมา เผื่อแผ่ | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กนผ. |
| 16. นางสาวศศิรินทร์ ศรีสมเขียว | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กวจ. |
| 17. นางสาวจรรยาพร ขาวขัด | นักสำรวจดินชำนาญการ สพข.6 |
| 18. นางสาวพิชามญช์ อินตะโม | นักสำรวจดินชำนาญการ กสด. |



กรมพัฒนาที่ดิน

2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร
กรุงเทพฯ 10900 Call Center 1760