

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้
ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลาย
ของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

Climate Change and Hotspot Impact for Soil Fertility and Soil
Erosion in Corn Acreage. Lower Part of Nam Mae Cham Basin Area.

โดย

นายพงศ์ธร เพ็ชรพิทักษ์

นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร

นางสาววิจิตา อินทรศรี

นายณรงค์เดช ฮองกุล

นายธัญญชย์ คำขำ

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61-63-18-11-020103-009-108-03-13

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการบรรเทาภาวะโลกร้อนทางการเกษตร

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เดือนกรกฎาคม 2564

สารบัญ

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(5)
สารบัญภาพภาคผนวก	(6)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	18
วิธีดำเนินการ	18
ผลการทดลองและวิจารณ์	32
สรุปผลการทดลอง	99
ข้อเสนอแนะ	102
ประโยชน์ที่ได้รับ	103
เอกสารอ้างอิง	104
ภาคผนวก	107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปัจจัยเบื้องต้นที่ใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	19
2	เกณฑ์การจำแนกปัจจัยในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินออกเป็นระดับต่าง ๆ	19
3	การเตรียมข้อมูลที่ใช้ประมวลผลในแบบจำลอง MMF	20
4	ค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนจำแนกตามเนื้อดิน	22
5	C และ P ประเมินตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค	23
6	ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง MMF จำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน	23
7	การจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย	28
8	การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเมื่อเกิดการเผาไหม้พืชเศรษฐกิจในพื้นที่เปิดโล่ง	30
9	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	32
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	32
11	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	34
12	การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	52
13	ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 - 2563	54
14	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	55
15	การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	73
16	การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	75
17	การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	79
18	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	81
19	การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	85
20	ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563	87
21	ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	88
22	จำนวนจุดความร้อน พื้นที่ถูกเผาไหม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563	89
23	ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2562	91
24	ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562 – 2563	93
25	หลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตการอนุรักษ์ดินและน้ำ	97

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน	10
2	การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกล ด้วยการทำคันดิน และคูรับน้ำขอบเขา	15
3	การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีพืช ด้วยการปลูกพืชสลับแถบ และการคลุมดิน	15
4	การแปลงข้อมูลจุดความร้อนให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่	29
5	การจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	30
6	อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	36
7	อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	37
8	อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	38
9	คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	39
10	คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	40
11	คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	41
12	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	42
13	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	43
14	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	44
15	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	45
16	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	46
17	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	47
18	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	48
19	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	49
20	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	50
21	อินทรีย์วัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	57
22	อินทรีย์วัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	58
23	อินทรีย์วัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	59
24	คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	60
25	คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	61
26	คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	62
27	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	63
28	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	64
29	ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	65
30	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	66
31	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	67
32	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
33	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	69
34	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	70
35	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	71
36	การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561	76
37	การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562	77
38	การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563	78
39	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561	82
40	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562	83
41	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563	84

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2561	107
2	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2562	108
3	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2563	109
4	จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2561	110
5	จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2562	114
6	จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2563	117
7	จุดความร้อนในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2561 – 2563	118
8	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน ระหว่างปี 2561/2562 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ บริเวณพื้นที่ถูกเผาไหม้	119
9	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน ระหว่างปี 2562/2563 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ บริเวณพื้นที่ถูกเผาไหม้	119

สารบัญญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	เก็บตัวอย่างดินในแปลงข้าวโพด	120
2	เก็บข้อมูลต้นข้าวโพด	121
3	สอบถามข้อมูลเกษตรกร	122

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61-63-18-11-020103-009-108-03-13

ชื่อโครงการวิจัย ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง
Climate Change and Hotspot Impact for Soil Fertility and Soil Erosion in Corn Acreage. Lower Part of Nam Mae Cham Basin Area.

ผู้รับผิดชอบ นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์

หน่วยงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ที่ปรึกษาโครงการ นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์

หน่วยงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร
นางสาววิจิตา อินทรศรี
นายณรงค์เดช ฮองกุล
นายธัญญชย์ คำขำ

หน่วยงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

เริ่มต้น เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560

สิ้นสุด เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 ปี

สถานที่ดำเนินการ พื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2561	-	390,000	390,000
2562	-	194,513	194,513
2563	-	223,262	223,262
รวม		807,775	807,775

แหล่งงบประมาณที่ใช้ งบประมาณปกติของกรมพัฒนาที่ดิน

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ *พงศธร เพียรพิทักษ์*

(นายพงศธร เพียรพิทักษ์)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ



(นายประเสริฐ เทพนรประไพ)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ทะเบียนวิจัยเลขที่	61-63-18-11-020103-009-108-03-13	
ชื่อโครงการวิจัย	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง Climate Change and Hotspot Impact for Soil Fertility and Soil Erosion in Corn Acreage. Lower Part of Nam Mae Cham Basin Area.	
กลุ่มชุดดิน	-	
สถานที่ดำเนินการ	พื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์	Mr.Phongthorn Phianphitak
	นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร	MissSomjin Wanichsathian
	นางสาววิชิตา อินทรศรี	MissWichita Intharasri
	นายณรงค์เดช ฮองกุล	Mr.Narongdech Hongkul
	นายธัญญชัย คำขำ	Mr.Thanun Dumkhum

บทคัดย่อ

โครงการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน (MMF Model) และการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อประมวลผลความอุดมสมบูรณ์ของดิน 5 ด้าน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนในดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเกิดจุดความร้อน ดำเนินการในปี 2561 – 2563

ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีพื้นที่ครอบคลุม 2,454,375 ไร่ ปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย 1,011.6 มิลลิเมตรต่อปี มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 10,959,467 ตันต่อปี ขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวโพด 116,416 ไร่ สูญเสียดินเฉลี่ย 613,716 ตันต่อปี การชะล้างพังทลายแปรผันตามปริมาณน้ำฝน สำหรับความอุดมสมบูรณ์ของดิน บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มและพื้นที่ปลูกข้าวโพด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 3.08 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนในดินเฉลี่ย 1.79 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนในดินเฉลี่ย 0.17 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ย 58.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมในดินเฉลี่ย 121.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยในปี 2562 และ 2563 พบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าการวิเคราะห์ทางวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Pair Sample T-test ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนในดิน และไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จำนวนจุดความร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเฉลี่ย 21 จุดต่อปี ส่งผลให้เกิดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ เฉลี่ย 12,917 ไร่ต่อปี ทำให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 5,683 ตันต่อปี ซึ่งผลการศึกษสามารถนำไปใช้วางแผนแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ การชะล้างพังทลายของดิน และแนวทางไม่เผาซึ่งข้าวโพดเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกในปีต่อไป

abstract

The Mae Cham Sub-basin research looked at the effects of climate change on soil fertility, soil erosion, and fire on corn belt farming in 2018-2020. The ground truth and collected dataset as soil OM, C, N, P, and K by means of MMF model using GIS and meteorological data. Burn scars and CO₂ emissions caused by corn belt farming.

The soil loss is 10,959,467 tons per year as a result of 1,011.6 mm of rainfall per year on a surface area of 2,454,375 rai in the Mae Cham sub-basin. The corn belt farming area is 116,416 rai, with an annual soil loss of 613,716 tons. The amount and intensity of precipitation is the primary climatic factor governing soil erosion by water. On the other hand, soil fertility in the Mae Cham sub-basin is 3.08 percent OM. The Pair Sample T-test of soil fertility shows that OM, C, and N are significantly different at the 95 percent confidence interval. Every year, there are 21 hotspots that cover 12,917 rai and emit 5,683 tons of CO₂. Policy planning includes soil conservation, erosion control, and fire protection in corn belts.

หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความเสี่ยงอย่างมากจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ เพราะต้องอาศัยทรัพยากรธรรมชาติและผลผลิตในการดำรงชีวิตของประชากรและการพัฒนาประเทศ เช่น ทรัพยากรดิน น้ำ ป่าไม้ ผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับผลกระทบจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ภาวะภัยแล้ง น้ำท่วม ตลอดจนสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิและคลื่นความร้อน ที่นับวันจะทวีความรุนแรงและมีความถี่ของการเกิดบ่อยครั้งขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน สภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ นับเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี (แสงจันทร์ และคณะ, 2553)

ปัญหาเรื่องการเผาเศษวัสดุในพื้นที่เกษตรกรรม อันทำให้เกิดหมอกควันพิษและมลภาวะทางอากาศ เป็นปัญหาที่พื้นที่ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยต้องประสบทุกปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน นอกจากนี้ยังส่งผลเสียต่อทรัพยากรดิน เป็นการทำลายโครงสร้างดิน จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ในดิน เนื่องจากความร้อนจากการเผาทำให้โครงสร้างดินเปลี่ยนแปลงไป เนื้อดินจับตัวแน่นและแข็ง ทำให้รากพืชแคะแกร็น ไม่สมบูรณ์ และความสามารถในการหาอาหารของรากพืชลดลง รวมถึงมีผลทำให้เชื้อโรคพืชสามารถเข้าทำลายได้ง่าย สูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินถูกเผาจะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูญเสียไปในบรรยากาศ ส่วนธาตุอาหารจะแปรสภาพให้อยู่ในรูปที่สามารถสูญเสียไปจากดินได้ง่าย ทำลายจุลินทรีย์และแมลงที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้ปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินลดลง สูญเสียน้ำในดิน ทำให้ความชื้นของดินลดลงหรือดินแห้งแข็งมากขึ้น (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7, 2558)

อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 2,733.26 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ 1,708,289 ไร่ อยู่ในลุ่มน้ำหลัก 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำปิง และลุ่มน้ำสาละวิน โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอ คือลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง และลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบน โดยมีพื้นที่ 859,160 และ 845,843 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2558) อำเภอแม่แจ่ม มีพื้นที่เพาะปลูกกว่า 1 แสนไร่ โดยพื้นที่ส่วนมากปลูกข้าวโพดทั้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดถนอมที่นำไปเป็นเมล็ดพันธุ์มีผลผลิตเป็นจำนวนมากถึง 97,966.9 ตัน และมีเศษตอซังข้าวโพดเหลืออยู่จำนวนมากถึงประมาณ 22,400 ตัน ฤดูกาลเพาะปลูกจะเริ่มจากต้นเดือนพฤษภาคม และเริ่มเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนกันยายนเป็นต้นไป ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพลาดชันตามแนวภูเขา ต้องอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว เกษตรกรมักทิ้งซังและตอซังต้นข้าวโพดไว้ให้แห้งเองด้วยแสงแดดช่วงฤดูร้อน จากนั้นจึงจะเผาในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคมของทุกปี เพราะทำได้รวดเร็วและประหยัดต้นทุนมากที่สุด การที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อให้สะดวกต่อการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกสำหรับฤดูกาลต่อไป การเผาจึงเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาหมอกควันในจังหวัดเชียงใหม่ (สุชน, 2557) จากข้อมูลสถิติการเกิดไฟป่า (ส่วนควบคุมไฟป่า, 2558) ระหว่างวันที่ 15 กุมภาพันธ์ – 19 มีนาคม พ.ศ. 2558 ฮอตสปอต (Hotspot) ตรวจพบจุดความร้อนจากการเผาไหม้ในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม 319 จุด สูงกว่าอำเภออื่น ๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ จนทำให้เกิดมลพิษปัญหาหมอกควัน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนอย่างรุนแรงและกว้างขวาง โดยเฉพาะในช่วงที่เกษตรกรเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ผลกระทบการ

เผาซึ่งข้าวโพดนั้นยังเป็นปัจจัยสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปัญหาหมอกควันและปัญหาสุขภาพอันเนื่องมาจากการเผาไร่เพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดรอบใหม่ในแต่ละปี ไปจนถึงปัญหาหน้าดินถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำจนทำให้แม่น้ำลำห้วยตื้นเขิน ปัญหาดินถล่ม และปัญหาภัยแล้งอีกด้วย (สมเกียรติ, 2558)

จากสภาพปัญหาดังที่กล่าวมา จึงควรมีการศึกษาในเรื่องของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรมต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่แจ่ม โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ MMF Model เพื่อเฝ้าระวัง ติดตาม และเป็นแนวทางในการแก้ไข การบริหารจัดการในพื้นที่ เพื่อความยั่งยืนของทรัพยากรดิน ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การชะล้างพังทลายของดิน และการเผาไหม้บริเวณพื้นที่ศึกษา
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝนต่อการชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ศึกษา
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา
5. เพื่อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข การปรับตัว การบริหารจัดการในพื้นที่ เพื่อความยั่งยืนของระบบเกษตร ทรัพยากรดิน ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บริเวณพื้นที่ศึกษา

การตรวจเอกสาร

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง โดยลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น (ในความหมายตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ FCCC (Framework Convention on Climate Change) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อม จากกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไปนอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ แต่คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ให้ความหมายไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ว่าจะเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติหรือกิจกรรมของมนุษย์ โดยกิจกรรมบางส่วนของมนุษย์นั้นสร้างก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) รุนแรงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ และส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น คือ ภาวะโลกร้อน (Global warming) (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

ผลการศึกษาการประเมินการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริเวณลุ่มแม่น้ำโขงในช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงฤดูแล้ง ส่วนทางภาคตะวันออกจะมีปริมาณฝนลดลง ทั้งนี้คาดว่าปริมาณฝนรายปีโดยรวมทั้งประเทศจะเพิ่มขึ้น เนื่องจาก

ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน นอกจากนั้นยังมีการคาดการณ์ว่าการไหลของน้ำบนผิวดิน (run-off) และการเกิดน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเกษตรกรรม

ภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเกษตร โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นระบบเกษตรที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในลักษณะต่างๆ ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ หรือรูปแบบการกระจายตัวของฝนในช่วงฤดูฝนเปลี่ยนแปลง จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการใช้เทคนิคต่างๆ และใช้ข้อมูลภูมิอากาศสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตร โดยเฉพาะคุณสมบัติของดิน ข้อมูลสภาพอากาศ ตลอดจนวิธีการบริหารจัดการการเพาะปลูกพืช (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยมีพื้นที่เกษตรคิดเป็นประมาณร้อยละ 47 ของประเทศ พื้นที่ป่าไม้ประมาณร้อยละ 33 และพื้นที่ใช้ประโยชน์นอกการเกษตรประมาณร้อยละ 20 พืชเศรษฐกิจหลักที่ส่งออกของไทยได้แก่ ข้าว ยางพารา มันสำปะหลัง ข้าวโพด และปาล์มน้ำมัน ซึ่งรายได้หลักส่วนหนึ่งมาจากภาคการเกษตร จึงถือได้ว่าการเกษตรเป็นภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญและสร้างคุณประโยชน์ให้กับประเทศอย่างมาก โดยเป็นแหล่งผลิตอาหารและพืชที่เป็นแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งมีส่วนช่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารและภูมิคุ้มกันให้กับประเทศ โดยปัจจัยหลักในการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ คือ ทรัพยากรดินและน้ำ โดยการเกษตรที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อทรัพยากรดินให้เสื่อมโทรม การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้และการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมอย่างก้าวกระโดดนั้น ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนอันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล เกิดภาวะฝนแล้ง น้ำท่วม และเกิดภัยพิบัติธรรมชาติต่างๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบการเกษตรตามมา การเพาะปลูกพืชทางการเกษตรจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและเทคโนโลยี ตลอดจนการที่ประเทศไทยจะเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนก็อาจส่งผลกระทบต่อการเกษตรของประเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การเผาในที่โล่ง

การเผาในที่โล่ง (Open Burning) เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหลักแหล่งหนึ่งที่เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งฝุ่นละออง ควีน เถ้า ซึ่งล้วนมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาหญ้า หรือขยะริมทาง เส้นทางการจราจร เป็นสาเหตุของอุบัติเหตุบนท้องถนน ทำให้สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินมากมายเนื่องจากหมอกควันที่เกิดไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้การเผากลางแจ้งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟป่าเผาไหม้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่กว้าง ซึ่งการเผาในที่โล่งเกิดจาก 3 กิจกรรมหลัก (ศูนย์ข้อมูลการจัดการคุณภาพอากาศจังหวัดพะเยา, 2558) ดังนี้

1. การเผาเศษพืชเศษวัสดุภาคการเกษตร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น ในการทำการเกษตรให้ได้ผลผลิตสูง สิ่งสำคัญที่สุดคือการเตรียมดินที่จะทำการเพาะปลูก ซึ่งจะต้องมีการตากดินในพื้นที่เพื่อกำจัดเศษพืช โดยวิธีการที่ง่าย สะดวก และประหยัด สำหรับเกษตรกรที่นิยมใช้กันมาก คือ การเผา

2. การเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน

3. ไฟป่า

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเคมีเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ป่า ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว เป็นต้น ในการเผาไหม้แต่ละครั้งอาจทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และฝุ่นละออง ดังนี้

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide : CO) เป็นก๊าซเกิดจากการเผาไหม้ที่การระบายอากาศไม่เพียงพอ ไม่มีสีรสและกลิ่น เบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย เมื่อหายใจเข้าไปก๊าซนี้จะรวมตัวฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้มากกว่าออกซิเจนถึง 3624-3674 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin : CoHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ โดยทั่วไป

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ ทำหน้าที่กักความร้อนไม่ให้ออกสู่ชั้นบรรยากาศ จึงทำให้โลกของเรามีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซ CO₂ จะถูกปลดปล่อยผ่านกิจกรรมของมนุษย์โดยตรง เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล และการปลดปล่อยจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ เช่น การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการระเบิดของภูเขาไฟ เป็นต้น โดยก๊าซจะสามารถเข้าสู่ร่างกายทางลมหายใจ จะเกิดอาการพิษเฉียบพลันได้ ในกรณีที่ก๊าซแทนที่ออกซิเจนในบริเวณที่จำกัด ทำให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจ ถ้าสูดดมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงมากร่างกายจะสนองโดยเริ่มจากการหายใจถี่มากกว่าเดิม หายใจติดขัด หายใจลำบาก จนถึงอาการขาดออกซิเจน คือปวดศีรษะ วิงเวียน ความดันสูง อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ถ้าความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่าจะหมดสติภายใน 1-2 นาที

ฝุ่นละออง ที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น) ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ที่เกิดการรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ เคมี หรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการรวมตัวฝุ่นละออง เช่น คิว (Smoke) พุ่ม (fume) หมอกน้ำค้าง (mist) เป็นต้น ฝุ่นที่ถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ระบบการมองเห็น และทำให้สิ่งต่างๆ สกปรกเสียหายได้ โดยฝุ่นขนาดเล็กที่เข้าสู่ระบบทางเดิน

หายใจส่วนล่างและถูกลมปอดได้จะส่งผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจโรคปอดต่างๆ เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสม ทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ การทำงานของจะปอดลดลง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.)

มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหามอกควันในพื้นที่เกษตรกรรม

ปัญหาฝุ่นละอองอันเกิดจากการเผาในที่โล่งถือเป็นปัญหาสำคัญ ควรมีมาตรการป้องกันและแก้ไขเพื่อป้องกัน ยับยั้ง และแก้ไขฟื้นฟู พื้นที่เกษตรกรรม โดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย ได้ดำเนินการป้องกันไฟป่าและแก้ไขปัญหามอกควันเชิงรุกในพื้นที่อย่างรอบด้านด้วยมาตรการ “4 พื้นที่ 5 มาตรการบริหารจัดการ” ดังนี้

มาตรการเชิงพื้นที่ แบ่งเป็น 4 พื้นที่ ได้แก่

(1) พื้นที่ป่าสงวน/อนุรักษ์ ให้จัดกำลังเจ้าหน้าที่และอาสาสมัครในการลาดตระเวน เผ่าระวังไฟป่าและจัดทำแนวกันไฟ รวมถึงกำหนดกติกาชุมชนห้ามเผาป่า และประกาศเขตพื้นที่ห้ามเผา

(2) พื้นที่เกษตรกรรม ควบคุมการเผาให้เป็นไปตามช่วงเวลาของแต่ละพื้นที่ที่กำหนด รวมถึงรณรงค์การไกล่เกลี่ยข้อพิพาท และส่งเสริมการบริหารจัดการเศษวัสดุการเกษตรแทนการเผา อีกทั้งจัดอาสาสมัครเผ่าระวังการลักลอบเผาในพื้นที่เกษตร

(3) พื้นที่ชุมชน/เมือง จังหวัด อำเภอ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กำหนดกติกาชุมชนโดยใช้กลไกประชารัฐในการป้องกันและเผ่าระวังการเผา พร้อมจัดชุดปฏิบัติการประจำตำบล/หมู่บ้าน ชี้แจงมาตรการป้องกันไฟป่าและแก้ไขปัญหามอกควัน

(4) พื้นที่ริมทาง ให้จัดกำลังลาดตระเวนและเผ่าระวังการเผา พร้อมตัดหญ้า กำจัดเศษวัสดุ และใบไม้แห้งพื้นที่ริมทางสำหรับเป็นแนวกันไฟ

มาตรการบริหารจัดการ 5 มาตรการ ได้แก่

(1) ระบบบัญชาการเหตุการณ์ โดยจัดตั้งศูนย์บัญชาเหตุการณ์จังหวัดและอำเภอ เพื่อการอำนวยความสะดวกสั่งการ ระดมสรรพกำลังและทรัพยากรในการแก้ไขปัญหไฟป่าและหมอกควันมีเอกภาพ

(2) การสร้างความตระหนักและส่งเสริมการมีส่วนร่วม โดยประชาสัมพันธ์ผลกระทบจากไฟป่าและหมอกควัน รวมถึงมาตรการห้ามเผาป่าและพื้นที่การเกษตร อีกทั้งจัดกิจกรรมสร้างจิตสำนึกในการมีส่วนร่วมป้องกันไฟป่าและหมอกควัน

(3) การลดปริมาณเชื้อเพลิง โดยการจัดทำแนวกันไฟและควบคุมการเผา พร้อมส่งเสริมการใช้สารหมักชีวภาพย่อยสลายตอซัง ส่งเสริมการแปรรูปเศษวัสดุเพื่อใช้ประโยชน์อื่นทดแทนการเผา

(4) การบังคับใช้กฎหมายอย่างต่อเนื่องและจริงจัง โดยจับกุมดำเนินคดีอย่างเคร่งครัดกับผู้ลักลอบเผาในพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชน และพื้นที่ริมทาง

(5) จิตอาสาประชารัฐ บูรณาการทุกภาคส่วนร่วมป้องกันไฟป่าและแก้ไขปัญหามอกควันในพื้นที่ด้วยการกำหนดกติกาห้ามเผา หรือจัดตั้งกองทุนแก้ไขปัญหไฟป่า (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564)

ทรัพยากรดิน

จัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการเกษตร เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารและวัสดุสำหรับการเจริญของพืช เป็นที่กักเก็บน้ำ อากาศ และเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในดิน ที่ผ่านมา การใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างไม่ถูกต้องเหมาะสม โดยเฉพาะทรัพยากรดินได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ที่หลากหลายซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมและการเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้มีความต้องการพื้นที่การเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชให้มากขึ้น จึงมีการพัฒนาและใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวอย่างเข้มข้นเพื่อนำไปสู่การเพิ่มรายได้และยกระดับคุณภาพชีวิต ผลจากการกระทำดังกล่าวก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน เกิดการกร่อนดิน ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และธาตุอาหาร ส่งผลให้ผลผลิตของพืชลดลง การจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อปรับปรุงบำรุงดินทั้งสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ เพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามหลักวิชาการอย่างเหมาะสมจะช่วยให้ดินมีผลิตภาพและคุณภาพที่ดีขึ้น สามารถเพิ่มผลผลิตของพืชให้มีปริมาณสูงและมีคุณภาพผลผลิตที่ดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค และไม่ทำให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมอันจะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรอื่นและสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งถือเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการทรัพยากรเกษตรอย่างยั่งยืน

การชะล้างพังทลายของดิน

การชะล้างพังทลายของดิน (Erosion) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจาก น้ำ ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้วัตถุธาตุหรือสารแตกแยกออกจากกัน แล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินหรือสารหรือวัตถุธาตุดังกล่าวไปตกตะกอนที่บริเวณอีกแห่งหนึ่ง (นิพนธ์, 2545) อันเนื่องมาจาก 2 สาเหตุ ได้แก่

1. การชะล้างพังทลายตามธรรมชาติ เช่น พื้นดินแตกกระแหงเนื่องจากลม พื้นดินริมฝั่งน้ำถูกกัดเซาะเนื่องจากน้ำ หน้าที่ดินถูกน้ำฝนพัดพาไป
2. การชะล้างพังทลายโดยการกระทำของมนุษย์และสัตว์ เช่น การหักร้างถางป่า การขุดถนน การขุดเหมืองแร่ การระเบิดเขา การขุดที่อยู่อาศัยของสัตว์ เมื่อผิวหน้าของดินปราศจากพืชปกคลุม การชะล้างและพัดพาของหน้าดินจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีฝนตก ปริมาณดินที่ถูกพัดพาออกไปนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้ง เมื่อดินชั้นบนซึ่งอุดมสมบูรณ์ถูกชะล้างหมดไปแล้ว ดินชั้นล่างก็จะไหลขึ้นกลายเป็นดินชั้นบนแทน โดยจะสังเกตได้ง่ายคือมีสภาพแน่นทึบและแข็ง มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ซึ่งจะเป็นดินที่ไม่เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชหรือทำการเกษตรด้านอื่นอีกต่อไป

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

อิทธิพลของลมฟ้าอากาศ

- 1) อิทธิพลของฝน ปัจจัยอันสำคัญที่สุดคือ ฝน ทั้งนี้เพราะแรงตกกระทบของเม็ดฝนนับเป็นพลังงานอันแรกที่ทำให้ดินเกิดการแตกแยกออกจากกัน แรงตกกระทบดังกล่าวยังเป็นตัวการต่อเนื่องที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินด้วย ปริมาณการชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นได้สูงสุด

เมื่อฝนตกหนัก และหน้าดินว่างเปล่าปราศจากสิ่งปกคลุม หรือในช่วงที่พืชพรรณเพิ่งเริ่มงอกหรือเพิ่งเริ่มตั้งตัวได้

2) อิทธิพลของการเปลี่ยนอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน หรือระหว่างฤดูกาลนั้น มีผลต่อการปรับตัวของโครงสร้างดิน ทำให้การจับตัวกันของอนุภาคดินมีแรงยึดกันน้อยลง

อิทธิพลของสภาพภูมิประเทศ

1) ความลาดเทของพื้นที่ เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน โดยทั่วไปแล้วเมื่อความลาดเทมากขึ้นอัตราการชะล้างพังทลายของดินจะมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะพื้นที่ลาดชันนั้นมักทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้มาก เพราะดินมีโอกาสเก็บกักน้ำฝนที่ตกลงมาได้้น้อย ทำให้มีการไหลบ่าหน้าดินรวดเร็วและรุนแรง บนพื้นที่ลาดเทมาก ๆ น้ำจะไหลบ่าหน้าดินเกิดได้รวดเร็ว พลังน้ำจะกัดกร่อน และพัดพาดินที่ถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำได้มาก อย่างไรก็ตามความลาดชันจะมีผลเพียงเล็กน้อยในขณะที่ฝนตกแผ่วเบาและนานจนกระทั่งน้ำไหลบ่าหน้าดินมีอัตราไหลคงที่ แต่จะมีอิทธิพลรุนแรงมากถ้าฝนตกในช่วงเวลาสั้นๆ

2) ความยาวของแนวความลาดเท ปริมาณของดินที่ถูกชะล้างพังทลายจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความยาวของความลาดเทมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราการไหลบ่าหน้าดินเพิ่มมากขึ้นไปตามความยาวของความลาดเทที่ยาวมากขึ้นนั่นเอง อย่างไรก็ตามบนพื้นที่ลาดชัน การกัดกร่อนผิวดินมักจะไม่ปรากฏเห็นบนบริเวณสันเขา และส่วนที่เป็นเชิงลาดลงมา ในกรณีที่ฝนตกสม่ำเสมอทั่วทั้งลาดเขา แต่จะเห็นการชะล้างพังทลายของดินอย่างชัดเจนบริเวณที่ต่ำกว่า ตรงจุดที่น้ำไหลบ่าหน้าดินเริ่มมีพลังกัดเซาะสูงกว่าแรงต้านทานของอนุภาคดิน ดังนั้นจึงมักเห็นเสมอว่าตามแนวสันเขานั้นจะมีความกว้างอยู่ขนาดหนึ่งซึ่งไม่ค่อยมีการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นมากนัก ซึ่งความกว้างของแต่ละแนวสันเขานี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการด้วยกัน

เมื่อน้ำไหลบ่าหน้าดินไหลลงสู่ที่ต่ำนั้น ปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งพลังการเคลื่อนย้ายดินของน้ำไหลบ่าหน้าดินหมดสมรรถนะ ไม่สามารถจะพัดพาเคลื่อนย้ายมวลดินตะกอนลงต่ำไปได้อีกแล้ว กระบวนการตกตะกอนก็จะเกิดขึ้น ณ จุดนั้นๆ ส่วนมากมักจะ เป็นบริเวณใกล้ๆ สองฝั่งลำธาร ดังนั้นการที่จะลดอัตราและปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลาดเขาควรจะทำเครื่องกีดขวางทางน้ำเป็นช่วง ๆ ตามลาดเขาด้วยระยะทางที่เหมาะสม

3) รูปร่างของความลาดเท ความลาดเทของพื้นที่ผืนใดผืนหนึ่งอาจมีลักษณะของแนวความลาดเทแบบตรงเรียบ หรือลาดนูนขึ้น และโค้งลง หรือลาดเว้าลง และงอขึ้นก็ได้ บนความลาดเทที่โค้งขึ้น (Convex) นั้น ความลาดเอียงจะมีมากตอนใกล้ๆ จุดต่ำสุดของแนวลาดเท ซึ่งเป็นบริเวณที่อัตราความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การชะล้างพังทลายของดินจะมากกว่าความลาดเทแบบอื่นๆ ส่วนความลาดเทแบบเว้า (Concave) ความลาดเอียงจะลดน้อยลงตอนบริเวณใกล้จุดสิ้นสุดของความลาดเท ซึ่งมักทำให้เกิดการตกตะกอนมากกว่าที่จะเกิดการชะล้างพังทลายต่อไป ทั้งนี้เพราะอัตราการไหลบ่าของน้ำหน้าดินและถูกทำให้ลดลงอย่างรวดเร็วนั่นเอง

อิทธิพลของลักษณะดิน

ดินแต่ละชนิดจะถูกชะล้างพังทลายได้อย่างง่ายแตกต่างกันไป แม้ว่าจะถูกชะและถูกเคลื่อนย้ายด้วยแรงปะทะของน้ำฝน และพลังเคลื่อนย้ายของน้ำไหลบ่าหน้าดินในอัตราและปริมาณเดียวกัน บนความลาดเทและพืชพรรณที่คลุมผิวดินหนาแน่นเท่าเทียมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของดินที่สำคัญ

1) ความคงทนต่อการถูกกัดเซาะและเคลื่อนย้าย เช่น อนุภาคของดินเหนียวจะยากต่อการถูกกัดเซาะมากกว่าอนุภาคดินทราย แต่ก็ง่ายต่อการที่ถูกพัดพาเคลื่อนย้ายไปมากกว่าดินทราย

2) อัตราการซึมน้ำของดิน ความสามารถในการเป็ยกน้ำของดิน และสมรรถนะการอุ้มน้ำสูงสุดของดิน การเคลื่อนย้ายของน้ำจากผิวดินลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป หรือที่เรียกกันว่า การซึมผ่านผิวดิน (Infiltration)

น้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินนั้นส่วนหนึ่งจะต้องซึมผ่านผิวดินลงสู่ชั้นที่ลึกลงไป น้ำไหลบ่าหน้าดินจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อดินเป็ยกเต็มที่ และสมรรถนะในการยอมให้น้ำซึมผ่านผิวดินเริ่มคงที่ ถ้าหากว่ายังมีฝนตกตามมาเรื่อยๆ อัตราการซึมผ่านผิวดินของน้ำ (Infiltration rate) แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติทางกายภาพของดิน อันได้แก่ ปริมาณ และขนาดของช่องว่างในดิน ดินที่มีโครงสร้างจับตัวกันหลวมๆ และรูปร่างของเม็ดดินค่อนข้างกลม (Granular) นั้น ถ้าหากมีอนุภาคของดินที่ละเอียดจับตัวคลุกเคล้ากันเป็นกลุ่มก้อน มักมีความสามารถดูดซับน้ำได้ดีพอสมควร ดินชนิดนี้จึงมีความสามารถต้านทานต่ออำนาจการชะล้างพังทลายได้สูง ถ้าเม็ดดินไม่ถูกทำให้แตกโดยแรงกระทบของเม็ดฝนโดยตรงเพราะโอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินบนดินชนิดนี้มีน้อย และมักมีอัตราการไหลบ่าหน้าผิวดินต่ำ

ลักษณะที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งของอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินก็คือ จะเป็นไปอย่างรวดเร็วในดินที่ค่อนข้างแห้ง และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อดินเริ่มเป็ยก ในที่สุดก็จะเข้าสู่อัตราการซึมคงที่ ซึ่งจะกินเวลานานน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อดิน และโครงสร้างของดินเป็นสำคัญ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการนี้ เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด (Maximum water holding capacity) ของมันเองสูง และมักจะเป็นตัวเชื่อมปรับปรุงให้ดินมีโครงสร้างจับตัวกันแบบ granular ลักษณะดังกล่าวนี้จะพบในดินที่มีการไถพรวนหญ้า และหญ้าผสมพืชตระกูลถั่ว กล้วยดินคลุกเคล้ากัน

3) ความลึกของดินชั้นบน ดินที่บริเวณผิวดินถูกกัดเซาะไปนั้นมักจะง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้เพราะหน้าดินซึ่งเคยเป็นเนื้อดินร่วนซุย โครงสร้างดีและอินทรีย์วัตถุสูง ได้ถูกชะล้างไปจนหมดแล้ว ดินที่เหลืออยู่จึงจะมีสมรรถนะซึมน้ำได้น้อยกว่าที่เคยเป็น ทำให้น้ำไหลบ่าดินเกิดขึ้นได้ง่ายและมาก อัตราการชะล้างพังทลายจึงเป็นไปได้ให้อัตราสูง

ปกติการชะล้างพังทลายของดินรูปแบบต่างๆ ที่กล่าวมานั้น ได้เกิดขึ้นอยู่เสมอในธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งของการปรับระดับผิวโลก แต่มักเป็นไปได้ในอัตราที่ต่ำและเป็นไปอย่างช้าๆ และผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าวตามธรรมชาตินี้มีผลดีต่อมวลมนุษยมากกว่าผลเสีย แต่หากว่ากระบวนการชะล้างพังทลายนี้ถูกเร่งโดยการกระทำของมนุษย์ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลประการใดก็ตาม ผลเสียหายจะเริ่มตามมาและเพิ่มพูนขึ้นเรื่อยๆ หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือป้องกัน

รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญในประเทศไทย

ลักษณะการชะล้างพังทลายของดินไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดนั้น มีสาเหตุมาจากความรุนแรงของเม็ดฝนที่ตกกระทบ และจากแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดิน อันเกิดจากดินไม่สามารถรับการซึมของน้ำฝนได้หมด และถ้าฝนตกหนักมากอาจเกิดการเคลื่อนและการเลื่อนไหลของมวลดินโดยแรงดึงดูดของโลกและแรงดันของน้ำใต้ผิวดิน แม้ว่าการเลื่อนไหลของดินจะเป็นการพังทลายของดินที่มีปริมาณมาก แต่มักไม่เกิดบ่อยนัก การพังทลายของดินส่วนใหญ่จึงมักเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ และมักจะเกิดขึ้นเสมอบนพื้นที่ลาดเขา ถ้าหากว่าฝนตกหนัก พลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะมีเพียงการชะล้างพังทลายของหน้าดินและพัดพาสิ่งต่าง ๆ แต่จะตกตะกอนในตอนใดตอนหนึ่งของลาดเขาโดยไม่พัดพาสู่ลำธาร ตะกอนที่ตกทับถมก่อนถึงร่องลำธารก็จะเป็นแหล่งของดินที่จะถูกพัดพาสู่ที่ต่ำลงไปอีกจากฝนตกในคราวต่อ ๆ ไป ยกเว้นเสียว่าไม่มีฝนตกตามมาในเวลาใกล้เคียงกัน จนพืชพรรณขึ้นปกคลุมอย่างดี ดินที่ตกตะกอนดังกล่าว จะได้รับการป้องกันจากพลังน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดียิ่งขึ้น รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญ ๆ (ยูทอร์ชีย์ และคณะ, 2547) ในประเทศไทยมีดังนี้

1. การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น (Splash erosion) การตกกระทบของเม็ดฝนติดต่อกันจากน้ำฝนนับหมื่นนับล้านเม็ดนั้น จะทำให้อนุภาคดินบนผิวน้ำแตกกระจาย และกระเด็นออกไปจากตำแหน่งเดิม โดยเฉพาะจะเกิดอย่างรุนแรงบนผิวดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม การชะล้างพังทลายชนิดนี้ถ้าเกิดในที่ราบเม็ดดินก็จะไปไม่ได้ไกลนัก แต่ถ้าเกิดบนพื้นที่ลาดเขาจะถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาไป อย่างไรก็ตาม การกัดกร่อนในลักษณะประเดี๋ยวนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการสูญเสียดินที่ค่อยเป็นค่อยไป และมักไม่ค่อยมีคนสนใจกันมากนัก

2. การชะล้างพังทลายแบบผิวผ่าน (Sheet erosion) นับเป็นแหล่งดินตะกอนที่จะถูกพัดพาเคลื่อนที่ออกไปจากพื้นที่ลาดเขาโดยแรงน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งไหลเอ่อเหนือผิวดินเป็นแผ่นบาง ๆ อัตราการถูกพัดพาสู่ที่ต่ำขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ ขนาด รูปร่าง และความหนาของตะกอนก็มีส่วนอยู่มากในการที่จะถูกพัดพาไปได้มากหรือน้อย

การกัดกร่อนในลักษณะนี้เห็นได้ยาก และชาวไร่มักไม่ค่อยได้สังเกต การกัดกร่อนแบบนี้ให้เสียหน้าดินที่มีสีดำนับเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมาก เพราะมีอินทรีย์วัตถุสูง การปล่อยให้มีการกัดกร่อนเช่นนี้เกิดขึ้นบ่อย ๆ จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลง ในขณะเดียวกันก็ต้องลงทุนหาปุ๋ยมาใส่ทดแทนมากขึ้น

3. การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (Rill erosion) เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินร่วมกันเป็นทางน้ำเล็ก ๆ แล้วกัดเซาะลงไปเนื้อดิน แต่เนื่องจากความคงทนของดินแตกต่างกันไป ประกอบกับแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินยังไม่หนามากนัก การกัดกร่อนจึงเป็นไปในลักษณะร่องตื้น ๆ เล็ก ๆ กระจายทั่วผิวน้ำดิน ปกติร่องเล็ก ๆ ดังกล่าวจะมีแนวเกือบเป็นเส้นตรงยาวติดต่อกันไปและขนานกันไปเป็นริ้ว ๆ ร่องดังกล่าวนี้ต้นจนสามารถปรับให้หายไปได้โดยการไถพรวนแบบธรรมดา ๆ

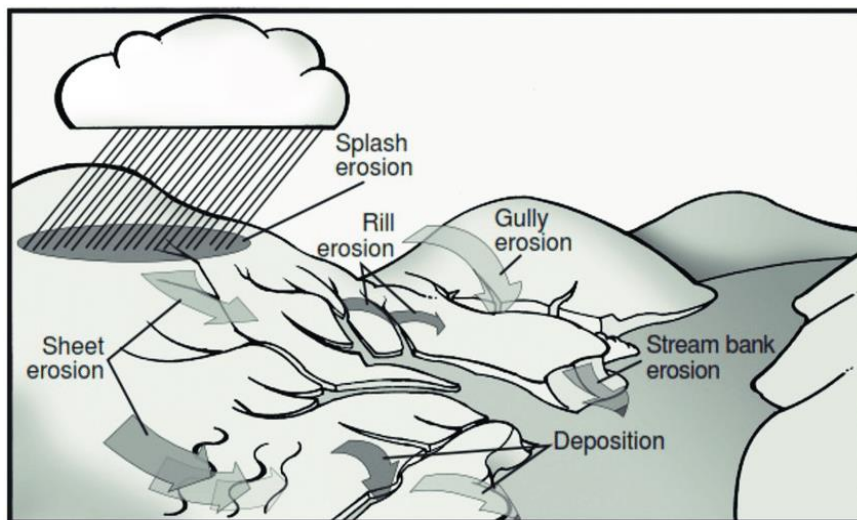
ความรุนแรงของกระบวนการกัดเซาะ และกระบวนการเคลื่อนย้ายในกรณีที่เกิดการชะล้างพังทลายแบบนี้ มีความรุนแรงมากกว่าที่เกิดในลักษณะการชะล้างพังทลายแบบแผ่น การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว

นี้ หน้าดินบางส่วนจะสูญหายไป แต่เมื่อใดเกิดร่องริ้วแล้วและไม่มีการปรับผิวหน้าดินใหม่ น้ำในร่องริ้วก็จะกัดกร่อนร่องริ้วนี้ให้ลึกและกว้างจนถึงชั้นล่างได้อย่างรวดเร็ว

4. การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก (Gully erosion) เกิดจากหน้าดินไม่ได้มีการป้องกัน หรือปรับปรุงหน้าดินที่มีลักษณะการชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว ปล่อยให้น้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินกัดกร่อนลึกลงไปเรื่อย ๆ ร่องริ้วจึงขยายตัวขึ้นเป็นร่องลึกลงไปถึงดินชั้นล่าง การเกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึกนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำไหลในร่องทั้งในลักษณะการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายดิน รูปตัดของร่องลึกนี้มักเป็นรูปตัว U หรือ ตัว V แล้วแต่ชนิดของดิน การชะล้างพังทลายแบบร่องลึกนี้ ยากที่จะปรับหน้าดินใหม่ด้วยเครื่องไถพรวนชนิดใด ต้องเสียเวลาและลงทุนมากในการที่จะควบคุมให้กลับสู่สภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นเดิม

5. การชะล้างพังทลายแบบเลื่อนไหล (Mass soil movement) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินบนที่ที่มีความลาดชันสูง เนื่องจากแรงถ่วงของโลก และความแตกต่างของความชื้นของมวลสารชนิดเดียวกันหรือคนละชนิดกัน การพังทลายแบบนี้อาจเกิดตามธรรมชาติได้ แต่กิจกรรมของมนุษย์มักเป็นตัวเร่งและก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบนี้มากกว่าธรรมชาติ

6. การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ (Stream-bank erosion หรือ channel erosion) เกิดขึ้นเพราะลำน้ำค่อนข้างใหญ่นั้นจะมีน้ำไหลผ่านในร่องน้ำเป็นปริมาณมาก และเป็นเวลายาวนาน โดยเฉพาะภายหลังฝนตกหนัก พลังน้ำไหลตามร่องหรือลำน้ำนี้จะกัดเซาะดินชายฝั่งซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับผิวหน้าดิน ทำให้เกิดชะงักง้ำ ใต้ผิวน้ำลึกเข้าไปในฝั่งจนดินบนเหนือระดับน้ำไม่มีฐานค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอที่จะไหลเลื่อนและพังลงมาสู่ท้องลำธารได้ การพังทลายแบบนี้จะมีมากบริเวณลำธารหักโค้งหรือลำน้ำเปลี่ยนทิศทางการไหล ซึ่งในบางแห่งก็ทำให้เสียทั้งที่ทำกินและที่อยู่อาศัยบริเวณสองฝั่งลำน้ำได้มากทีเดียว



ภาพที่ 1 รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน

ที่มา: Daniel (2014)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจุบันได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic model) และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในเบื้องต้น ได้แก่ สมการการสูญเสียดินสากล หรือ USLE (Universal Soil Loss Equation) ซึ่งเป็นสมการเอมไพริคอล (Empirical model) ที่ได้จากแปลงทดลองทั่วสหรัฐอเมริกา มากกว่า 10,000 แปลงต่อปี (Wischmeier, 1965) จึงมีการนำสมการนี้ไปใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนใช้ประโยชน์ที่ดิน และคาดคะเนปริมาณตะกอนจากพื้นที่

จากนั้นจึงมีการพัฒนาสมการอื่นๆ ต่อมา ได้แก่ สมการ MUSLE ที่จัดทำในปี 1977 โดย Williams and Berndt ที่ใช้ในการหาสมรรถนะการกักตะกอน (Detachment capacity) และสมรรถนะในการเคลื่อนย้ายตะกอน (Transport capacity) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้หาการพัดพาตะกอนจากยอดเขาสูงสู่อ่างน้ำ

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองอื่นๆ อีก เช่น SLEMSA โดย Stocking ในปี 1981 RUSLE โดย Renard และคณะ ในปี 1987 และ RUSLE โดย Flacke และคณะ ในปี 1990 เป็นต้น

สำหรับแบบจำลองที่ได้กล่าวในข้างต้นนี้ยังคงเป็นแบบจำลองประเภท Empirical based คือเป็นแบบจำลองที่อาศัยพื้นฐานจากการทำการทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลมา และนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลโดยการวิเคราะห์ทางสถิติและคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ข้อดีของแบบจำลองแบบ Empirical based นี้คือสามารถนำมาใช้ได้สะดวก แต่จุดอ่อนสำหรับแบบจำลองประเภทนี้ คือค่าคงที่บางตัวของปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองนี้อาศัยพื้นฐานมาจากการทดลองในพื้นที่

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังได้มีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องโดยยังคงอาศัยพื้นฐานของสมการ USLE อยู่ อันเป็นที่มาของแบบจำลองอีกประเภทหนึ่ง คือ แบบจำลองประเภท Grid based คือ อาศัยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตาราง และนำข้อมูลเข้าสู่ช่องตารางที่ได้แบ่งไว้และอาศัยค่าปัจจัยต่าง ๆ เช่น จากสมการ USLE ในการหาผลการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละช่องตาราง แบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ แบบจำลอง Agricultural Non-Point Source Pollution (AGNPS) ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา และแบบจำลอง ANSWERS ที่จัดทำโดย Beasley ในปี 1980 เป็นต้น

นอกจากแบบจำลอง 2 ประเภทที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้วยังได้มีการพัฒนาแบบจำลองอีกประเภทหนึ่งขึ้นมา คือ แบบจำลองประเภท process based model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อพยายามเข้าใจถึงหลักการพื้นฐานของการเกิดการชะล้างพังทลาย แบบจำลองประเภท process based model นี้ได้แก่ แบบจำลอง CREAMS แบบจำลอง Water Erosion Prediction Project (WEPP) ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) และแบบจำลอง European Soil Erosion Model (EUROSEM) สำหรับแบบจำลอง CREAM ที่จัดทำขึ้นในปี 1980 นั้น พัฒนาขึ้นมาเพื่อเสริมรายละเอียดของแบบจำลอง MUSLE โดยมุ่งเน้นในการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการประเมินค่าอัตราการชะล้างพังทลายในพื้นที่ระดับสนาม และรวมถึงมลพิษทางเคมี โดยการพัฒนาอันอาศัยแนวคิดให้มีการเลียนแบบกระบวนการธรรมชาติต่าง ๆ ไว้ จากแนวคิดลักษณะนี้ของแบบจำลอง CREAM แม้จะให้รายละเอียดในกระบวนการชะล้างพังทลายของดินได้ดีแต่การนำไปใช้จำเป็นต้องอาศัยตัวพารามิเตอร์มากและสลับซับซ้อน ในหลายกรณีการนำไปใช้ให้ได้ผลถูกต้องได้ดียิ่งเป็นไปได้ยาก (นิพนธ์, 2545) แบบจำลองประเภทนี้มีข้อดี คือ สามารถนำไปใช้กับ

พื้นที่อื่นได้ง่ายเพียงแต่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา แต่ข้อเสียของแบบจำลองประเภทนี้คือ มีความซับซ้อนสูงและอาศัยข้อมูลในการศึกษาพิจารณา (Shrestha, 2003)

ดังนั้น Morgan *et al.* (1984) ได้พยายามพัฒนาแบบจำลองที่สะดวกต่อผู้ใช้งานมากขึ้น โดยยังคงอาศัยหลักการของสมการ USLE ในการพัฒนา โดยเป็นการผสมผสานระหว่างแบบจำลอง Physical based และ Empirical based คือ แบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney (MMF) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายการชะล้างพังทลายของดินรายปีในพื้นที่ลาดเขา โดยมีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้แบบจำลอง MMF ได้พิจารณาถึงกลไกที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบทางกายภาพ โดยคำนึงถึงกลไกย่อยต่าง ๆ เช่น พลังงานของเม็ดฝนในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำให้เม็ดดินแตกกระจาย เป็นต้น แต่เนื่องจากการพัฒนากลไกเหล่านี้ซับซ้อน การจะอธิบายถึงกลไกทั้งหมดจะต้องอาศัยข้อมูลและเวลาในการวิเคราะห์มาก ดังนั้นในแบบจำลอง MMF เองจึงต้องอาศัยการพิจารณาในรูปแบบของ Empirical based เข้าผนวกด้วย โดยการนำค่าคงที่เข้าไปในแบบจำลอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney (MMF model)

แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินที่นำเอาหลักการของ Empirical based model และ Physical based model มาใช้ร่วมกัน (Mixed model) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Morgan *et al.* (1984) การพัฒนาแบบจำลอง MMF ขึ้นนั้นยังคงอาศัยหลักการของสมการ USLE ในการพัฒนา ซึ่งจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองนี้ขึ้นก็เพื่อที่จะทำนายการชะล้างพังทลายของดินรายปีในพื้นที่ลาดเขา โดยมีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ แบบจำลอง MMF ได้พิจารณาถึงกลไกที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบทางกายภาพ โดยคำนึงถึงกลไกย่อยต่างๆ เช่น พลังงานของเม็ดฝนในเขตพื้นที่ต่างๆ ที่ทำให้เม็ดดินแตกกระจาย เป็นต้น ซึ่งเป็นหลักการของ Physical based model แต่เนื่องจากการพัฒนากลไกเหล่านี้ซับซ้อน การจะอธิบายถึงกลไกทั้งหมดจะต้องอาศัยข้อมูลและเวลาในการวิเคราะห์มาก ดังนั้นในแบบจำลอง MMF เองจึงต้องอาศัยการพิจารณาในรูปแบบของ Empirical based เข้าผนวกด้วย โดยการนำค่าคงที่เข้าไปในแบบจำลอง

สำหรับหลักพิจารณาการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ของแบบจำลอง MMF นั้นได้พิจารณากระบวนการที่ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 2 กระบวนการคือ การแตกกระจายของเม็ดดิน (Soil detachment) ที่เกิดจากเม็ดฝน และการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) ไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน

1. กระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment) ในการพิจารณาถึงกระบวนการแตกกระจายของดินนั้น แบบจำลอง MMF จะได้พิจารณาถึงพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่สามารถทำให้ดินแตกกระจายออกเป็นเม็ดดิน ซึ่งขนาดของเม็ดฝนที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดพลังงานจลน์ต่างกันตามไปด้วย ดังนั้นแบบจำลอง MMF จึงอาศัยการพิจารณาปริมาณของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนแต่ละขนาดที่จะทำให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน ซึ่งปริมาณของพลังงานจลน์นั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลก เช่น ขนาดของเม็ดฝนในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตรจะมีขนาดใหญ่กว่าเม็ดฝนของประเทศในเขตอบอุ่น ดังนั้นพลังงานจลน์ที่เกิดจากเม็ดฝนในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตรย่อมมากกว่าที่เกิดในประเทศเขตอบอุ่น สำหรับการคำนวณปริมาณพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากเม็ดฝนเพื่อนำมาใช้ในแบบจำลอง MMF นั้น

จะอาศัยสมการที่เกิดขึ้นจากการทดลองมาแล้วในแต่ละเขตสภาพภูมิอากาศ โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี และความหนักเบาของฝนที่เกิดขึ้นในหนึ่งชั่วโมงมาใช้ในคำนวณพลังงานจากน้ำฝน

กระบวนการแตกกระจายของดินที่ได้พิจารณาถึงพลังงานจลน์จากเม็ดฝนแล้ว ยังพิจารณาถึงความคงทนต่อการถูกกัดเซาะของดินแต่ละประเภทมาประกอบ ซึ่งค่าความคงทนจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินบน

สมการของกระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment) เป็นดังนี้

$$D = K.(E \exp^{-aA})b.10^{-3}$$

D = ปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจาย (Soil detachment) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร

K = ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (Soil detachability index)

E = พลังงานจลน์ของฝน (Kinetic energy of rainfall)

A = ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (Crop interception percent factor)

a = 0.05

b = 1.0

2. การพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) การพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่าจะเป็นการพิจารณาการพัดพาจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งพิจารณาถึงปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Run off) ประกอบกับความลาดชันของพื้นที่ รวมถึงชนิดของพืชที่ปกคลุมพื้นที่อยู่

สำหรับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อดินนั้นดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว (Saturation point) ในแบบจำลอง MMF นั้นจะพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน และความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินที่ระดับสนาม เพื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่ดินสามารถกักเก็บไว้ได้ และน้ำที่มีปริมาณมากเกินไปนั้นก็จะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งสามารถพัดพาเอาเม็ดดินไปเป็นตะกอนดินได้ ซึ่งการพัดพาเอาตะกอนดินไปได้ไกลเพียงใดนั้นขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่ที่สามารถทำให้น้ำไหลไปได้ รวมถุกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ว่าจะยับยั้งการไหลบ่าของน้ำได้มากน้อยเพียงใด

ซึ่งสมการของกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) เป็นดังนี้

$$T = C.Q^2.\sin S.10^{-3}$$

T = ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (Soil transportation) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร

C = ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (Crop cover)

Q = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Overland flow)

S = ค่าความลาดชันของพื้นที่ (Slope gradient)

หลังจากพิจารณาถึงกระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment) และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) แนวคิดของแบบจำลอง MMF นั้นคือ การนำทั้งสองกระบวนการมาเปรียบเทียบกัน โดยที่กระบวนการใดก็ตามมีความสามารถน้อยกว่าก็จะเป็นตัวจำกัด และเป็นปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจริง เปรียบเทียบได้กับการขุดดิน กระบวนการแตกกระจายของดินนั้นเปรียบได้กับปริมาณดินที่ขุดออกมาได้ และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายเปรียบได้กับรถยนต์ที่มาขนดิน ถ้าเราขุดดินได้ 100 ตันต่อวัน แต่รถยนต์ที่มาขนดินขนได้เพียง 50 ตันต่อวัน ดังนั้น

ดินที่ถูกขนไปได้ก็มีเพียง 50 ตันต่อวัน กล่าวได้ว่ารถยนต์ขนดินจะเป็นตัวจำกัด ในทางกลับกันถ้าเราขุดดินได้เพียง 100 ตันต่อวัน แต่รถยนต์ที่มาจากดินขนได้ 200 ตันต่อวัน ปริมาณดินที่ถูกขนไปได้ก็มีเพียง 100 ตันต่อวัน จำนวนดินที่ถูกขุดออกมาได้ก็จะเป็นตัวจำกัด

นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การนำแบบจำลอง MMF ไปใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน การนำแบบจำลอง MMF มาใช้ให้ได้ประสิทธิภาพนั้นยังคงต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้แบบจำลองร่วมกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการประมวลผลด้วยจากแบบจำลอง MMF ซึ่งจากแบบจำลอง MMF นี้ จะพบว่าไม่ได้ให้ความสำคัญไปที่ดินที่แตกกระจายเนื่องจากน้ำท่า และการพัดพาที่เกิดจากพลังงานจลน์ของน้ำฝน และไม่ได้พิจารณาถึงค่าอิทธิพลของความยาวของความลาดชันที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน (Slope length factor) จึงควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเหมาะสมและถูกต้องในการนำแบบจำลอง MMF มาใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

จากการรวบรวมผลงานทางด้านการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้ฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ทำให้สามารถเข้าใจถึงการจะนำเอาข้อมูลทั้งหมดมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ การศึกษาแบบจำลอง เพื่อการประเมินค่าการชะล้างพังทลายดินเป็นรายปีของประเทศไทย ได้ศึกษาโดยใช้แนวคิดและทฤษฎีจากแบบจำลอง MMF มาวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียดินให้อยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ แล้วนำไปออกแบบและสร้างแบบจำลอง ให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมเรียกใช้ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยสามารถนำไปหาระดับการชะล้างพังทลายของดินได้ โดยมีการแยกกระบวนการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 2 ขบวนการ ได้แก่ การแตกกระจายของดิน (Soil detachment) และการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Transportation) ในขั้นตอนของการแตกกระจายของดินจะพิจารณาถึงผลกระทบจากน้ำฝน พลังงานของฝน และคุณสมบัติของดิน ส่วนในขั้นตอนการพัดพาจะพิจารณาผลกระทบจากน้ำท่า (Runoff) ในการพัดพาจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จากนั้นจึงมีการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินระหว่าง 2 ขบวนการ ขบวนการใดให้ค่าน้อยกว่าก็จะถือว่าค่านั้นเป็นปริมาณดินที่สูญหายไป เนื่องจากหากมีการแตกกระจายของดินน้อยแต่มีการพัดพามากก็จะถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินในปริมาณเท่ากับการแตกกระจายของดิน แต่หากพื้นที่ใดมีการแตกกระจายของดินมากแต่มีการพัดพาน้อยก็จะถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินในปริมาณเท่ากับการพัดพา (Shrestha, 2003)

แนวทางการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

1. การจัดการดินในพื้นที่ลาดชัน ด้วยการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลและวิธีพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.) ดังนี้

การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกล (Mechanical Measures) เป็นวิธีการปรับสภาพของพื้นที่เพื่อลดความยาวและความลาดเทของพื้นที่เพื่อลดความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนดิน โดยการสร้างสิ่งกีดขวางความลาดเทของพื้นที่และทิศทางการไหลของน้ำ เพื่อช่วยควบคุมน้ำไหลบ่าหน้าดิน ลดและชะลอความเร็วของกระแส น้ำ วิธีการนี้ต้องใช้เทคนิคความรู้ แรงงาน เครื่องมือและงบประมาณสูง ได้แก่ การทำคันดินขวางความลาดชันของพื้นที่ในพื้นที่ที่ไม่สูงชัน การทำชั้นบันไดดินที่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง และการทำคูรับน้ำรอบเขา เป็นต้น



ภาพที่ 2 การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกล ด้วยการทำคันดิน และคูรับน้ำขอบเขา
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (ม.ป.ป.)

การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีพืช (Vegetative Measures) เป็นการเพิ่มความหนาแน่นของพืช การคลุมดินป้องกันเม็ดฝนกระทบผิวดิน ตลอดจนการปรับปรุงบำรุงดิน ลงทุนต่ำ เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้เอง โดยใช้พืชตระกูลถั่ว หญ้าเลี้ยงสัตว์หรือหญ้าธรรมชาติ ปลูกเป็นแถบขวางความลาดเทของพื้นที่ หรือปลูกคลุมดิน หรือการใช้ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดความแรงของเม็ดฝน ดักตะกอนดิน และชะลอความเร็วของน้ำ ได้แก่ การปลูกพืชคลุมดิน การคลุมดิน การปลูกพืชสลับเป็นแถบ การปลูกพืชแซม ปลูกไม้บังลม เป็นต้น



ภาพที่ 3 การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีพืช ด้วยการปลูกพืชสลับแถบ และการคลุมดิน
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (ม.ป.ป.)

2. อบรมให้ความรู้เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยผ่านหมอดินอาสา และยุวมอดิน จัดตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้ใช้สารอินทรีย์ หรือจัดตั้งศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน
3. สาธิตและจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น คูรับน้ำขอบเขา ชั้นบันไดดิน บ่อดักตะกอนดิน
4. ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกหญ้าแฝก โดยปลูกหญ้าแฝกขวางความลาดชัน ปลูกรอบสระน้ำและบนไหล่ถนน หรือปลูกหญ้าแฝกในสวนไม้ผล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สหัชชัย และคณะ (2547) ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตทางการเกษตรพืชไร่หลักในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทำให้ผลผลิตจากข้าวโพดและอ้อยเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตจากมันสำปะหลังลดลง โดยการปรับเปลี่ยนการให้ปุ๋ยจะช่วยลดปัญหาจากความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดจากผลกระทบ และยังช่วยลดจำนวนวันออกดอก 2-4 วัน และวันสุกแก่ 3-10 วัน และเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเติบโตของอ้อยจะสั้นลง อย่างไรก็ตามมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในปีที่มีฝนตกมากภายใต้สภาพอากาศที่คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น มวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 จะลดลง แต่ในปีที่มีฝนตกน้อยในอนาคต มวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 จากน้ำตาลอ้อยและลำต้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สวนผลผลิตจากสำปะหลังนั้นมีแนวโน้มลดลงในปีที่มีฝนตกน้อยและปานกลาง แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในปีที่มีฝนมากภายใต้สภาพอากาศในอนาคตเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 ppm แต่นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังส่งผลให้วันแตกกิ่งของมันสำปะหลังเกิดเร็วขึ้นภายใต้สภาพอากาศที่ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 ppm สวนค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวลดลง เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ค่าดัชนีของพื้นที่ผิวใบ (leaf area index) จะเพิ่มขึ้น ยกเว้นในช่วงปีที่มีฝนตกน้อย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบในทางบวกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตอ้อยในจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้ใช้เครื่องมือและชุดข้อมูลเดียวกัน

อุมาพร (ม.ป.ป) ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณและคุณภาพอาหารสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณและคุณภาพอาหารสัตว์ โดยสถิติอุณหภูมิของโลกที่มีการบันทึกไว้ในช่วง ค.ศ. 1880-2010 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของโลกค่อยๆ สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้โลกมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และปริมาณน้ำมากขึ้นด้วย และปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณและคุณภาพอาหารสัตว์ จากเอกสารงานวิจัยที่ใช้แบบจำลองในการทำนายผลผลิตพืชในปีค.ศ. 2021-2050 แสดงให้เห็นว่า ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด และมันสำปะหลังจะมีผลผลิตลดลงประมาณ 8-43% ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และพื้นที่เพาะปลูก ในด้านคุณภาพของพืชอาหารสัตว์นั้น ส่วนใหญ่ข้อมูลชี้ว่า การย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใยจะลดลง

กรมพัฒนาที่ดิน (2543) กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2541 พื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทยมีปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน 188,387,596 ไร่ หรือร้อยละ 58.74 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่รุนแรงและต้องแก้ไขโดยด่วนประมาณ 108.3 ล้านไร่

อดิเรก และคณะ (2561) พบว่า ในปี 2557 และ 2558 แปลงปลูกข้าวโพดที่มีการเผาในระหว่างการเตรียมดิน มีการสูญเสียไนโตรเจนมากที่สุดเท่ากับ 29.3 และ 18.1 ตันต่อไร่ต่อปี ส่วนปริมาณการชะล้างพังทลายของดินนั้น แปลงปลูกข้าวโพดที่มีการเผาซากและไม่เผาซากในระหว่างการเตรียมดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธีการปลูกข้าวโพดที่มีการเผาในระหว่างการเตรียมดิน จะมีปริมาณการชะล้างพังทลายของดินสูงที่สุด

กรีนพีซ (2563) ศึกษาพื้นที่เผาไหม้และจุดความร้อน (hotspot) ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า สัดส่วนของร่องรอยพื้นที่เผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดกับพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งหมดในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงในช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2558-2562) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 14.69 ในปี พ.ศ. 2558 เป็นร้อยละ 24.4 ในปี พ.ศ. 2562 สอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจุดความร้อนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขงในเวลาเดียวกัน (พ.ศ. 2558-2562) จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมสรุปได้ว่า จุดความร้อนที่พบในพื้นที่ปลูกข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 30 ของจุดความร้อนทั้งหมด

lampornrat et al. (2002) ได้วิจัยเปรียบเทียบปริมาณการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากลเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MMF ในพื้นที่ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้พบว่าแบบจำลอง MMF สามารถประเมินการชะล้างพังทลายของดินได้เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การนำแบบจำลอง MMF มาใช้ให้ได้ประสิทธิภาพนั้นยังคงต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้แบบจำลองร่วมกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการประมวลผลด้วยจากแบบจำลอง MMF ซึ่งแบบจำลอง MMF นี้ จะพบว่าไม่ได้ให้ความสำคัญไปที่ดินที่แตกกระจายเนื่องจากน้ำท่า และการพัดพาที่เกิดจากพลังงานจลน์ของน้ำฝน และไม่ได้พิจารณาถึงค่าอิทธิพลของความยาวของความลาดชันที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน (slope length factor) จึงควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเหมาะสมและถูกต้องในการนำแบบจำลอง MMF มาใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินงาน	เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2563
สถานที่ดำเนินการ	1. สถานที่ตั้ง พื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

วิธีการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มที่มีปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากร การชะล้างพังทลายของดิน และเผาไหม้ มีกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) จัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) การวางแผนสำรวจ เก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- 3) วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยแบบจำลอง MMF Model และศึกษาผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- 4) วิเคราะห์จุดความร้อน พื้นที่ถูกเผาไหม้ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- 5) สรุปผลการศึกษา

1. จัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1.1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน และข้อมูลอื่น ๆ จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปีการศึกษา
- 1.2 ข้อมูลการเผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จากเทคโนโลยีทางดาวเทียม ที่สามารถตรวจจับพิกัดที่เกิดจุดความร้อน (Hotspot) ในพื้นที่ แล้วนำมาเข้าข้อมูลผ่านโปรแกรม ThaiCO₂HOTSPOT เพื่อประมวลผลออกมาเป็นพื้นที่ที่เกิดจุดไฟไหม้ (Hotspot) และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากพื้นที่ที่มีการเผาเศษพืช หรือฟาง

2. การวางแผนสำรวจ เก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

- 2.1 ทำการคัดเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดิน และจัดเก็บตัวอย่าง
- 2.2 ดำเนินการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ
- 2.3 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ตรวจสอบเอกสารที่มาของปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาเคมีของดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยเบื้องต้นที่ใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ปัจจัย	ที่มา	รายละเอียด
1. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, %)		
2. ปริมาณคาร์บอนในดิน (Carbon, %)		ผลการวิเคราะห์ดินจากจุดเก็บ
3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen, %)	การวิเคราะห์ข้อมูล	ตัวอย่างดิน ผ่านการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยการ Interpolation
4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus, mg/kg)		ด้วยวิธี IDW (Inverse Distance Weighted)
5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium, mg/kg)		

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินจะใช้ปัจจัยทางดินข้างต้นเป็นดัชนีชี้วัด โดยนำมาจำแนกออกเป็นระดับต่าง ๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานแล้วให้ค่าคะแนน โดยถ้ามีเกณฑ์ระดับสูงมากให้ค่าคะแนนเป็น 5 ระดับสูงให้ค่าคะแนนเป็น 4 ระดับปานกลางให้ค่าคะแนนเป็น 3 ระดับต่ำให้ค่าคะแนนเป็น 2 และระดับต่ำมากให้ค่าคะแนนเป็น 1 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจำแนกปัจจัยในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินออกเป็นระดับต่าง ๆ

ปัจจัย	ระดับความอุดมสมบูรณ์				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
1. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, %)	<0.5	0.5 – 1.5	1.5 – 2.5	2.5 – 3.5	> 3.5
2. ปริมาณคาร์บอนในดิน (Carbon, %)	< 0.58	0.58 – 0.87	0.87 – 1.45	1.45 – 2.03	> 2.03
3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen, %)	< 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.6	0.6 – 1.0	> 1.0
4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (Available Phosphorus, ppm)	< 3	3 – 10	10 – 15	15 – 25	> 25
5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์ (Available Potassium, ppm)	< 30	30 – 60	60 – 90	90 – 120	> 120

นำค่าระดับคะแนนของปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการซ้อนทับเชิงพื้นที่ (Overlay) จากนั้นนำมาจำแนกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินออกเป็นระดับสูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก แล้วจัดทำเป็นแผนที่ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

3. วิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยแบบจำลอง MMF Model และศึกษาผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ในการออกแบบการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและใช้ในแบบจำลอง และนำมาจัดทำกระบวนการในการจัดการข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ (Attribute Data) เพื่อให้กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษา และสามารถดำเนินการได้โดยคำสั่งของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้

3.1 การรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลทั้งในรูปแบบที่เป็นแผนที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลดิจิทัลที่มีพิกัดของจุดข้อมูลที่แน่นอน

3.2 การเตรียมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาจัดเตรียมเป็นชั้นข้อมูลในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเตรียมข้อมูลที่ใช้ประมวลผลในแบบจำลอง MMF

ข้อมูล	ที่มาของข้อมูล
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	เตรียมโดยการใช้ข้อมูลจาก
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall: R)	จากสถานีตรวจวัดสภาพ
- ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day: Rn)	อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยาของ
- ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity: I)	ปีที่ศึกษา
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน	เตรียมจากฐานข้อมูลสมบัติ
- ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity: MS)	ทางกายภาพของดินของกรมพัฒนาที่ดิน ร่วมกับการใช้ค่า
- ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density: BD)	จากการตรวจเอกสาร
- ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index: K)	
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน	เตรียมขึ้นจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2561 – 2563 โดยการใช้ค่าจากการตรวจเอกสาร
- ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor: A)	
- ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD)	

ข้อมูล	ที่มาของข้อมูล
- ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration: E_t/E_0)	
- ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C)	
ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ	คำนวณจากข้อมูลเส้นความสูงเท่า (contour line) ที่มีระยะห่างชั้นละ 100 เมตร
ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ (Elevation)	

3.3 การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดย แบบจำลอง MMF

(1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall: R)
- ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day: Rn)
- ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity: I)

ข้อมูลทั้ง 3 ประเภท ได้มาจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเป็นข้อมูลของปีที่ศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งต้องนำมาเตรียมก่อนการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังนี้

- นำเข้าข้อมูลเชิงปริมาณและพิกัดภูมิศาสตร์แบบ Latitude-Longitude ของแต่ละข้อมูลไปเป็นฐานข้อมูลตาราง Database File (.DBF)
- นำเข้าสู่ชั้นข้อมูล GIS จากโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- แปลงพิกัดภูมิศาสตร์ลงสู่ระบบ UTM WGS 1984 Zone 47N
- ทำการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดตามพิกัดลงสู่ทุกพื้นที่ โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Inverse Distance ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

(2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดินที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย

- ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity: MS)
- ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density: BD)
- ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดชะด้วยน้ำฝน (soil detachability index: K)

สำหรับข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม และข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน นำมาจากฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดิน ในส่วนของข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดชะด้วยน้ำฝน ค่าที่ได้จากการตรวจสอบเอกสารซึ่งอ้างอิงกับข้อมูลเนื้อดิน ซึ่งมาจากฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดินเช่นกัน สำหรับค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดชะด้วยน้ำฝนที่นำมาใช้ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนจำแนกตามเนื้อดิน

เนื้อดิน	ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน: K (กรัมต่อจูล)
Sand	1.20
Loamy sand	0.30
Sandy loam	0.70
Loam	0.80
Silt	1.00
Silt loam	0.90
Sandy clay loam	0.10
Clay loam	0.70
Silt clay loam	0.80
Sandy clay	0.30
Silt clay	0.50
Clay	0.05

ที่มา: Morgan (2001)

สำหรับวิธีการเตรียมข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์มีดังนี้

- ป้อนค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกสารเข้าสู่ฐานข้อมูลกายภาพของดินในรูปแบบข้อมูลตารางของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ทำการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดตามพิกัดลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Inverse Distance ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

(3) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นประกอบด้วย

- ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C)
- ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor: A)
- ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration: E_t/E_0)
- ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD)

ข้อมูลของค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ที่นำมาใช้เป็นค่าที่ได้จากการตรวจเอกสาร ซึ่งได้จัดทำไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C) ในที่นี้เป็นผลคูณระหว่างค่าปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor: C) และค่าการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (practice factor: P) ที่ใช้ในสมการสูญเสียดินสากล เพื่อแสดงถึงความสามารถของพืชคลุมดินที่มี

ผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์อ้างอิงได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า C และ P ประเมินตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค

กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ภาคกลาง		ภาคตะวันตก		ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคตะวันออก		ภาคใต้	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
นาข้าว	0.280	1.0	0.280	1.0	0.280	0.1	0.280	0.1	0.280	1.0	0.280	1.0
พืชไร่	0.485	1.0	0.485	1.0	0.474	1.0	0.525	1.0	0.485	1.0	0.322	1.0
ไม้ยืนต้น	0.150	1.0	0.150	1.0	0.150	1.0	0.150	1.0	0.150	1.0	0.160	1.0
ไม้ผล	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300	1.0
พืชสวน	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600	1.0
ไร่มุขเวียน	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250	1.0
ทุ่งหญ้า	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100	1.0
เกษตรผสมผสาน	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0
ป่าไม้ผลัดใบ	0.003	1.0	0.003	1.0	0.003	1.0	0.003	1.0	0.001	1.0	0.001	1.0
ป่าผลัดใบ	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0
สวนป่า	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0
วนเกษตร	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0

ที่มา: ดัดแปลงจากการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ในการเตรียมข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ และข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด ได้ใช้ค่าจากการตรวจเอกสารโดยจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน และในการเตรียมข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD) ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าจากแบบจำลอง revised Morgan, Morgan and Finney ซึ่งได้ใช้คำว่า “effective hydrological depth” แทนคำว่า “rooting depth” ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าความลึกที่รากพืชสามารถดึงเอาน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ (ในหน่วยเมตร) ค่าของทั้ง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแสดงดัง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง MMF จำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	A (เปอร์เซ็นต์)	E_r/E_0	RD (เมตร)
พื้นที่ยังไม่ได้ทำประโยชน์	0	0.09	0.09
พื้นที่ยังไม่ได้ทำประโยชน์ที่มีความลาดชัน	0	0.05	0.05
ป่าไม้ผลัดใบ	30	0.90	0.20
ป่าไม้ไม่ผลัดใบ	35	0.90	0.20
เหมือง	0	0.05	0.05

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	A (เปอร์เซ็นต์)	E_t/E_0	RD (เมตร)
พืชไร่	25	0.60	0.12
สวนป่า	25	0.90	0.20
พืชสวน	20	0.90	0.15
นาข้าว	35	1.35	0.12
ไม้ยืนต้น	20	0.90	0.15
ทุ่งหญ้า	20	0.88	0.14
ไร่เลื่อนลอย	0	0.05	0.05
เมือง หรือหมู่บ้าน	0	0	0
แหล่งน้ำ	0	0	0

ที่มา: ดัดแปลงจาก นิพนธ์ (2545) และ Morgan (2001)

สำหรับวิธีการเตรียมข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์มีดังนี้

- ป้อนค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกสาร เข้าสู่ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบข้อมูลตารางของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบพื้นที่ปิด (polygon) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบ vector ให้อยู่ในรูปแบบของ raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร

(4) ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาระดับความสูงของภูมิประเทศ คือข้อมูลเส้นความสูงเท่า (contour line) ที่มีระยะห่างกันชั้นละ 100 เมตร มีวิธีการเตรียมข้อมูลให้เป็นความสูงของภูมิประเทศดังนี้

- แปลงข้อมูลเส้นชั้นความสูงเท่าจากรูปแบบของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ทำการกระจายค่าข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเส้นชั้นความสูงเท่าโดยวิธี Interpolation เพื่อสร้างข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ด้วย Algorithm ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

(5) การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปี โดยแบบจำลอง MMF

ในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปีขึ้นโดยใช้แบบจำลอง MMF ของปีที่ศึกษา โดยใช้วิธีการจัดทำแบบเดียวกัน ทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อมองในภาพรวมของพื้นที่ศึกษา แต่สำหรับข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละปี เนื่องจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนในแต่ละปี

การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปีโดยแบบจำลอง MMF จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแตกกระจายของเม็ดดินที่เกิดจากเม็ดฝน (soil detachment phase) และ

กระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (soil transportation phase) อันเป็นแนวคิดของแบบจำลอง MMF ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

(5.1) การประเมินการแตกกระจายของดินอันเนื่องมาจากฝน (soil detachment phase)

การจัดทำแผนที่ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ทำได้โดยการคำนวณพลังงานของน้ำฝนที่จะก่อให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน แล้วนำพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นมาประเมินปริมาณดินที่กระจายออกเป็นเม็ดดิน ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

- การหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝน (kinetic energy of rainfall)

การหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่จะก่อให้เกิดการแตกตัวของดิน ในที่นี้ได้ใช้สมการของ Hudson ที่ได้ทำการทดลองหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝนในประเทศ Zimbabwe ซึ่งสมการของ Hudson นี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้กับประเทศในเขตร้อนชื้น

การวิเคราะห์ทำโดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วยมิลลิเมตร และข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ที่อยู่ในรูปข้อมูลแบบ raster ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร มาทำการวิเคราะห์ตามสมการของ Hudson เพื่อที่จะได้ข้อมูลพลังงานจลน์ของฝน (kinetic energy of rainfall) ในหน่วยจูลต่อตารางเมตร ในรูปข้อมูลแบบ raster ที่ขนาดมี grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร สมการการหาพลังงานจลน์ของฝน คือ

$$E = R [29.8 + (127.5 / I)]$$

E = พลังงานจลน์ของฝน (kinetic energy of rainfall) ในหน่วย จูลต่อตารางเมตร

R = ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วย มิลลิเมตร

I = ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

- การหาปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจาย (soil detachment)

การหาปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจายจากพลังงานของเม็ดฝน เป็นการใช้อัตราดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index: K) ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor: A) และข้อมูลพลังงานจลน์ของฝน (Kinetic energy of rainfall) ที่อยู่ในรูป raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร มาทำการวิเคราะห์ตามสมการเพื่อให้ได้ปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจาย (soil detachment) ซึ่งสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้

$$D = K.(E \exp^{-aA})b.10^{-3}$$

D = ปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจาย (soil detachment) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร

K = ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index) ในหน่วย กรัมต่อจูล

E = พลังงานจลน์ของฝน (Kinetic energy of rainfall) ในหน่วย จูลต่อตารางเมตร

A = ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor)

a = 0.05

b = 1.0

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมการทั้ง 2 สมการข้างต้น ทำการประมวลผล และได้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาเป็นแผนที่ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอยู่ในรูปของข้อมูลแบบ raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

(5.2) การประเมินการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation phase)

การทำแผนที่การพัดพาอนุภาคดินด้วยน้ำไหลบ่าหน้าดิน จัดทำโดยการพิจารณาจากปัจจัยย่อย ๆ ก่อนแล้วจึงนำปัจจัยเหล่านั้นมาประเมินหาปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปด้วยน้ำไหลบ่า ปัจจัยย่อยที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยที่ได้จะนำไปคำนวณเป็นปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ที่เกิดขึ้น และนำไปวิเคราะห์ต่อจนได้ค่าของปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปได้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day)

การประเมินปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน ได้มาจากการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วยมิลลิเมตร มาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ซึ่งการพิจารณาเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$R_0 = R/Rn$$

R_0 = น้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day) ในหน่วยมิลลิเมตรต่อวัน

R = ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วยมิลลิเมตร

Rn = ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในหน่วยวัน

- การหาปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation)

การหาปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ จะอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพของดิน 2 ปัจจัยคือ ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity: MS) ในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก และข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density: BD) ในหน่วยเมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยนำปัจจัยทั้ง 2 มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวกับพืชอีก 2 ปัจจัยคือ ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration: E_r/E_0) และข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD) ในหน่วยเมตร ซึ่งในการประมวลผลจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการเตรียมข้อมูลมาประมวลผลในสมการต่อไปนี้

$$R_c = 1000.MS.BD.RD.(E_r/E_0)^{0.05}$$

R_c = ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation) ในหน่วยมิลลิเมตร

MS = ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity) ในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

BD = ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ในหน่วย เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

RD = ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth) ในหน่วย เมตร

E_a/E_0 = อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration)

- การหาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow)

การหาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) เป็นการนำเอาข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation) มาพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day) โดยค่าที่ได้จะนำมาพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะให้ผลออกมาเป็นปริมาณน้ำไหลบ่าที่เกิดขึ้น (overland flow) ในหน่วย มิลลิเมตร โดยการพิจารณานั้นเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$Q = R \cdot \exp^{-R_c/R_0}$$

Q = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ในหน่วย มิลลิเมตร

R = ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วย มิลลิเมตร

R_c = ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation) ในหน่วย มิลลิเมตร

R_0 = น้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day) ในหน่วย มิลลิเมตรต่อวัน

- การหาปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพา (soil transportation)

ในการจัดทำแผนที่ปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพา (soil transportation) ทำได้โดยนำค่าของปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C) รวมถึงค่าความลาดชันของภูมิประเทศในหน่วยองศา (slope gradient) ซึ่งค่าของความลาดชันนี้สามารถหาได้จากข้อมูลความสูงของระดับภูมิประเทศ เมื่อได้ข้อมูลครบทั้ง 3 ปัจจัยแล้วจึงนำมาประมวลผลตามสมการดังต่อไปนี้

$$T = C \cdot Q^2 \cdot \sin S \cdot 10^{-3}$$

T = ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร

C = ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover)

Q = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ในหน่วย มิลลิเมตร

S = ค่าความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient) ในหน่วย องศา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมการข้างต้น ทำการประมวลผล และได้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาเป็นแผนที่ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอยู่ในรูปของข้อมูลแบบ raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

(5.3) การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion)

หลังจากการประมวลผลข้อมูลอันได้มาซึ่งแผนที่ ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร และแผนที่ปริมาณเม็ดดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับ

น้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วตามแนวคิดของแบบจำลอง MMF จะนำแผนที่ของทั้ง 2 กระบวนการมาเปรียบเทียบกัน โดยที่ปริมาณการสูญเสียดินของกระบวนการใดที่น้อยกว่าปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดจากกระบวนการนั้นก็จะเป็นปริมาณดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่นั้น สำหรับการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินสามารถทำได้ดังนี้

- เขียนคำสั่งโดยมีเงื่อนไขว่าระหว่างปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน และปริมาณเม็ดดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า ปริมาณของกระบวนการใดมีค่าน้อยกว่าให้ถือเป็นปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน

- เมื่อได้แผนที่การชะล้างพังทลายของดินซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตรแล้ว ทำการเปลี่ยนค่าดังกล่าวให้อยู่ในหน่วย ตัน/ไร่

- ทำการแปลงจากข้อมูลจากข้อมูล raster ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร ไปเป็นข้อมูล Coverage

- ทำการแบ่งระดับการชะล้างพังทลายของดินออกเป็นระดับความรุนแรง 5 ระดับ คือตั้งแต่ระดับที่มีการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากจนถึงระดับที่รุนแรงมาก และแยกระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูง จะได้ผลการศึกษาเป็นแผนที่แสดงระดับการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยรายปี สำหรับการจัดแบ่งระดับความรุนแรงอธิบาย ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน	อัตราการสูญเสียดิน	
	ตัน/ไร่/ปี	มิลลิเมตร/ปี
พื้นที่ราบ		
1L : น้อยมาก (very slight)	0 – 2	0 – 0.96
2L : น้อย (slight)	2 – 5	0.96 – 2.40
3L : ปานกลาง (moderate)	5 - 15	2.40 – 7.20
4L : รุนแรง (severe)	15 – 20	7.20 – 9.60
5L : รุนแรงมาก (very severe)	มากกว่า 20	มากกว่า 9.60
พื้นที่สูง		
1H : น้อยมาก (very slight)	0 – 2	0 – 0.96
2H : น้อย (slight)	2 – 5	0.96 – 2.40
3H : ปานกลาง (moderate)	5 - 15	2.40 – 7.20
4H : รุนแรง (severe)	15 – 20	7.20 – 9.60
5H : รุนแรงมาก (very severe)	มากกว่า 20	มากกว่า 9.60

หมายเหตุ: พื้นที่ราบ หมายถึง ที่ราบลุ่มน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขาความลาดชันน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ลาดหุบเขาความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

ที่มา: ดัดแปลงจากการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

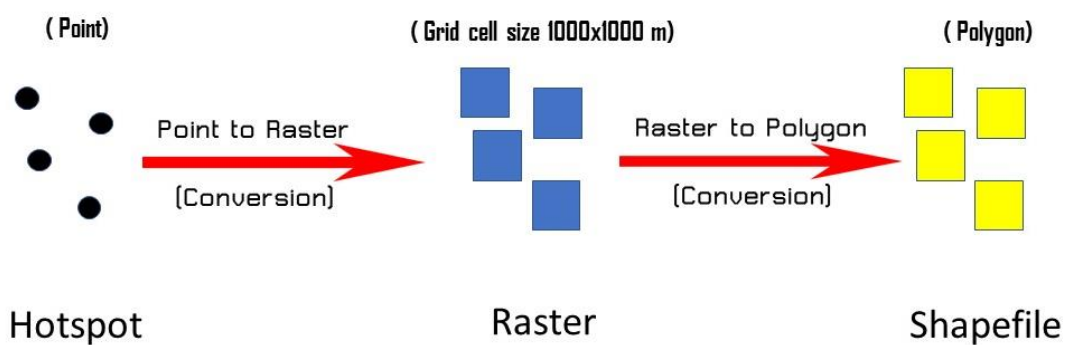
4. วิเคราะห์จุดความร้อน พื้นที่ถูกเผาไหม้ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การสำรวจจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS ซึ่งเป็นเครื่องวัดคลื่นเชิงสเปกตรัมที่ถูกติดตั้งบนดาวเทียม Terra และ Aqua ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการติดตามและตรวจสอบข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสภาพสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาค หลังจากนั้นนำเข้าสู่ข้อมูลในโปรแกรม ThaiCO₂HOTSPOT ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นมาเพื่อรายงานสถานการณ์การเกิดไฟป่าและการเผาไหม้เศษพืชในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งจะสามารถคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เทคโนโลยีจากดาวเทียมรายงานสถานที่แท้จริงที่เกิดไฟไหม้ของประเทศไทย แล้วนำมาประมวลผลผ่านโปรแกรม ThaiCO₂HOTSPOT รวมถึงข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่จริง (Ground Truth Survey) เพื่อนำมาเตรียมข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อีกครั้งหนึ่ง

การประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จากการประมวลผลข้อมูลจุดความร้อนจากภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS

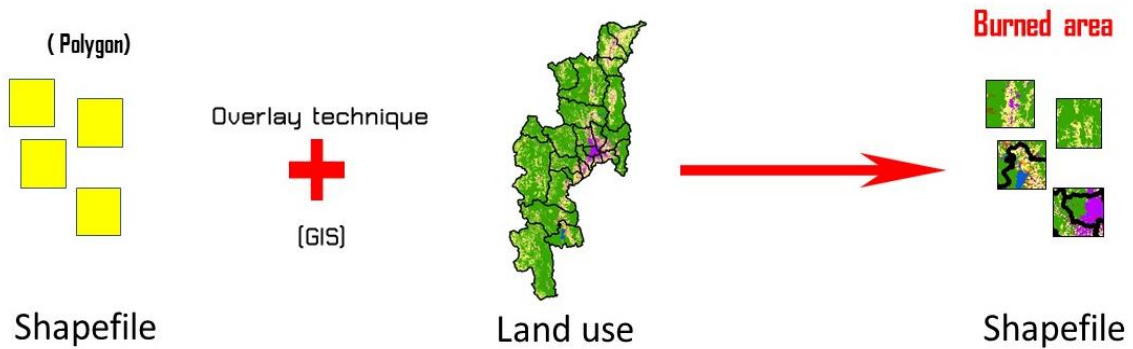
4.1 แปลงข้อมูลจุดความร้อนให้เป็นพื้นที่ โดยจุดความร้อนนั้นได้จากการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกอย่างรวดเร็ว ดาวเทียมระบบ MODIS ที่มีขนาดจุดภาพ 1000 x 1000 เมตร จะทำการตรวจวัดตำแหน่งที่เกิดไฟไหม้ภายในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร แล้วประมวลผลเป็น 1 จุดความร้อน หรือถ้ามีตำแหน่งไฟไหม้มากกว่า 1 จุดภายในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตรเดียวกัน จะนับเป็น 1 จุดความร้อนเช่นกัน ดังนั้นขนาดของพื้นที่จุดความร้อน 1 จุด จะประเมินจากขนาดของจุดภาพของดาวเทียมระบบ MODIS ที่มีขนาดจุดภาพ 1000 x 1000 เมตร (ป็นฉกรร และคณะ, 2561) (จุดความร้อน 1 จุด จะมีพื้นที่เท่ากับ 1000 x 1000 ตารางเมตร)

ในการประเมินขนาดของพื้นที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์แปลงข้อมูลจุด (Point) ให้เป็นข้อมูลราสเตอร์ (Raster) ที่มีขนาด 1000 x 1000 เมตร และแปลงข้อมูลเป็นเชฟไฟล์ (Shapefile) ในรูปแบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การแปลงข้อมูลจุดความร้อนให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่

4.2 การจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน นำข้อมูลเชิงพื้นที่จากจุดความร้อน มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2561 - 2563 เพื่อประเมินขนาดของพื้นที่ที่ถูกเผาตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปี โดยแบ่งกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 กลุ่มได้แก่ นาข้าว ข้าวโพด อ้อย พื้นที่เกษตรอื่น ๆ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด เพื่อการตัดแยกพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผาตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.3 คำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการประเมินพื้นที่ที่ถูกเผาเศษวัสดุทางการเกษตร

การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นการเผาในพื้นที่เปิดโล่ง (Open Burning) จากการศึกษาพบว่าสามารถคำนวณได้จากการเทียบบัญญัติไตรยางศ์จากการนำค่าการปลดปล่อยหรือ Emission Factor (EF) มาคำนวณ

ตารางที่ 8 การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศเมื่อเกิดการเผาไหม้พืชเศรษฐกิจในพื้นที่เปิดโล่ง

สารมลพิษ	Emission Factor (กิโลกรัมต่อตันเศษวัสดุ)			เมื่อเผาเศษวัสดุในพื้นที่ 1 ไร่ จะเกิดสารมลพิษต่าง ๆ (กิโลกรัม)		
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย
CO ₂	1,355.95	1,257.17	1,152.50	446.11	440.01	4,923.48
CO	59.20	54.50	40.08	19.48	19.08	171.22
PM10	14.00	11.95	6.29	4.61	4.18	26.87
PM2.5	12.72	11.10	4.12	4.18	3.89	17.60
CH ₄	4.30	3.00	4.31	1.41	1.05	18.41
NH ₃	0.59	0.55	1.39	0.19	0.19	5.94
NO _x	2.96	3.36	3.49	0.97	1.18	14.91

สารมลพิษ	Emission Factor (กิโลกรัมต่อตันเศษวัสดุ)			เมื่อเผาเศษวัสดุในพื้นที่ 1 ไร่ จะเกิดสารมลพิษต่าง ๆ (กิโลกรัม)		
	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย	ข้าว	ข้าวโพด	อ้อย
SO ₂	0.60	0.24	0.43	0.20	0.08	1.84
NMVOC	7.95	6.19	10.60	2.62	2.17	45.28
Black Carbon	0.58	0.75	0.73	0.19	0.26	3.12
Organic Carbon	3.50	3.71	1.25	1.15	1.30	5.34

หมายเหตุ: จากการคำนวณข้าว 1 ไร่ มีเศษวัสดุที่เป็น Dry matter 329 กิโลกรัม
 ข้าวโพด 1 ไร่ มีเศษวัสดุที่เป็น Dry matter 350 กิโลกรัม
 อ้อย 1 ไร่ มีเศษวัสดุที่เป็น Dry matter 4,272 กิโลกรัม

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2558) และ Zhang *et al.* (2018)

5 สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2561 – 2563 มีผลการศึกษาดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน

1.1 ปริมาณน้ำฝนสะสมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

การศึกษาปริมาณน้ำฝนสะสมซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยแรงตกระทบของฝนจะทำให้ดินเกิดการแตกแยก น้ำไหลบ่าหน้าดิน และเคลื่อนย้ายอนุภาคดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฝนตกหนัก ปริมาณการชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นสูงสุด

จากการติดตามปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,011.6 มิลลิเมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในปี 2561 อยู่ในช่วง 0.3 – 214.6 มิลลิเมตร และรวมเป็นปริมาณสะสมรายปีเท่ากับ 980.4 มิลลิเมตร โดยพบว่าปริมาณน้ำฝนเดือนตุลาคมมีปริมาณมากที่สุด ปี 2562 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนอยู่ในช่วง 9.1 – 238.3 มิลลิเมตร รวมเป็นปริมาณสะสมรายปีเท่ากับ 972.4 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนเดือนสิงหาคมมีปริมาณมากที่สุด และปี 2563 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนอยู่ในช่วง 2.1 – 389.0 มิลลิเมตร รวมเป็นปริมาณสะสมรายปี 1,082.0 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนเดือนสิงหาคมมีปริมาณมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ปี	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
2561	0.3	-	10.6	36.3	196.7	144.8	159.4	120.3	64.2	214.6	8.5	24.7	980.4
2562	38.8	-	-	22.3	77.3	43.5	97.3	238.3	214.3	175.5	56	9.1	972.4
2563	-	-	5.1	63.1	41.5	98.9	137.8	389.0	249.4	95.1	2.1	-	1,082.0
เฉลี่ย	19.6		7.9	40.6	105.2	95.7	131.5	249.2	176.0	161.7	22.2	16.9	1,011.6

1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

หากพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนสะสมในแต่ละปี พบว่า ปี 2561/2562 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีลดลง 8.0 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.82 ส่วนปี 2562/2563 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีเพิ่มขึ้น 109.6 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.27 ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ปี	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสม	
	ปริมาณน้ำฝนสะสม (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝนสะสม (%)
2561/2562	-8.0	-0.82
2562/2563	109.6	11.27

2. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

2.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563 จากการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างดิน 212 จุด ดำเนินการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ด้วยเทคนิคด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม 2,454,375 ไร่ มีผลการศึกษา ดังนี้

อินทรีย์วัตถุ พบว่า ปี 2561 – 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 1,514,827 1,522,344 และ 1,526,650 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.72 62.03 และ 62.20 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตามลำดับ

คาร์บอน พบว่า ปี 2561 – 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 1,511,961 1,521,664 และ 1,525,907 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.60 62.00 และ 62.17 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตามลำดับ

ไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า ปี 2561 – 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เท่ากับ 2,254,734 2,442,643 และ 2,441,265 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 91.87 99.52 และ 99.47 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปี 2561 และ 2562 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 2,141,046 และ 1,822,218 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.23 และ 74.24 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตามลำดับ ส่วนปี 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 1,823,017 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 74.28 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปี 2561 – 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 1,405,526 1,554,382 และ 1,452,212 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 57.27 63.33 และ 59.17 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตามลำดับ

พื้นที่เฉลี่ยทั้ง 3 ปี มีผลการศึกษา ดังนี้

อินทรีย์วัตถุ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 1,521,274 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.98 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

คาร์บอน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 1,519,844 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.92 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เฉลี่ยเท่ากับ 2,379,547 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 96.95 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

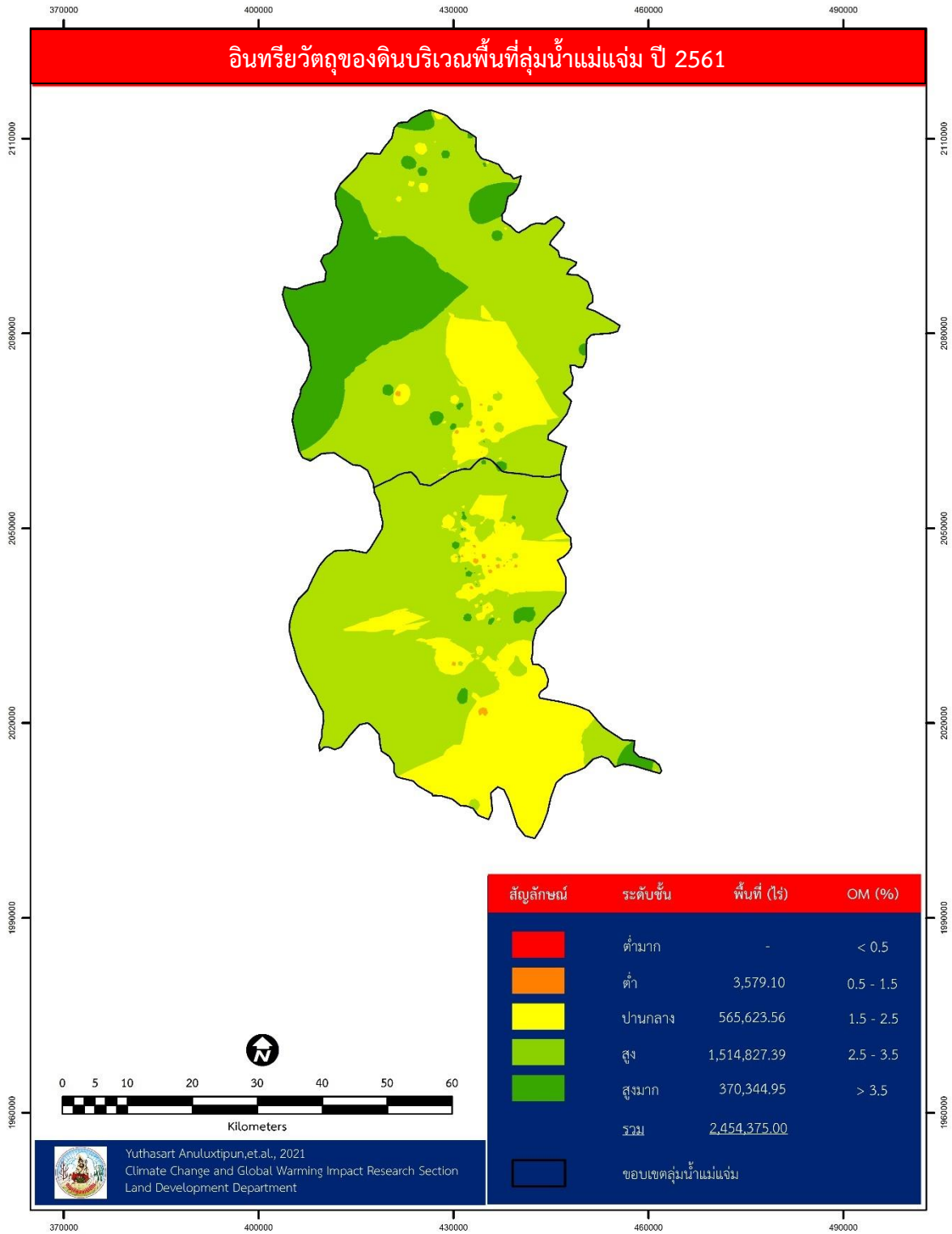
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 1,928,760 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 78.58 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 1,470,707 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 59.92 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ดังแสดงในตารางที่ 11 และดังแสดงในภาพที่ 6 – 20

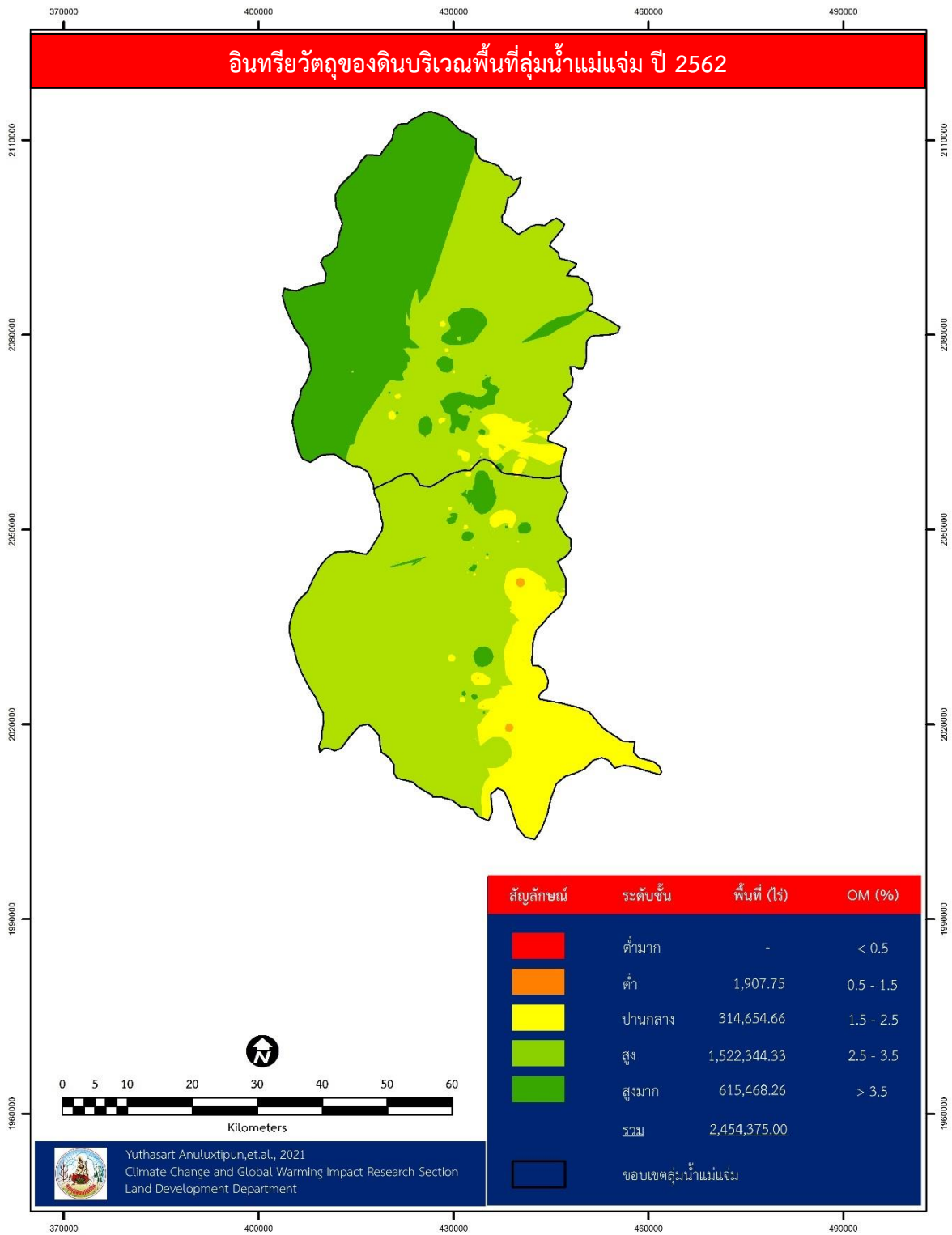
ตารางที่ 11 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความ อุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
2561	ต่ำมาก	-	0.00	64.42	0.00	97,158.70	3.96	163.47	0.01	875.40	0.04
	ต่ำ	3,579.10	0.15	4,844.96	0.20	2,254,733.59	91.87	14,573.71	0.59	1,704.39	0.07
	ปานกลาง	565,623.56	23.05	585,130.63	23.84	102,482.71	4.18	45,162.39	1.84	74,791.05	3.05
	สูง	1,514,827.39	61.72	1,511,960.82	61.60	-	0.00	253,429.00	10.33	971,477.88	39.58
	สูงมาก	370,344.95	15.09	352,374.17	14.36	-	0.00	2,141,046.43	87.23	1,405,526.28	57.27
	รวม	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00
2562	ต่ำมาก	-	0.00	-	0.00	10,237.06	0.42	128.15	0.01	-	0.00
	ต่ำ	1,907.75	0.08	1,894.33	0.08	2,442,642.66	99.52	42,490.30	1.73	5,337.98	0.22
	ปานกลาง	314,654.66	12.82	316,912.42	12.91	1,495.28	0.06	83,438.77	3.40	79,638.88	3.24
	สูง	1,522,344.33	62.03	1,521,664.05	62.00	-	0.00	506,099.89	20.62	815,015.88	33.21
	สูงมาก	615,468.26	25.08	613,904.20	25.01	-	0.00	1,822,217.89	74.24	1,554,382.26	63.33
	รวม	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00
2563	ต่ำมาก	-	0.00	-	0.00	10,431.84	0.43	128.15	0.01	-	0.00
	ต่ำ	1,562.68	0.06	1,579.06	0.06	2,441,264.89	99.47	42,515.35	1.73	5,636.19	0.23
	ปานกลาง	296,865.51	12.10	297,582.72	12.12	2,678.27	0.11	83,467.09	3.40	81,402.40	3.32
	สูง	1,526,650.28	62.20	1,525,906.58	62.17	-	0.00	505,247.77	20.59	915,124.78	37.29
	สูงมาก	629,296.53	25.64	629,306.64	25.64	-	0.00	1,823,016.64	74.28	1,452,211.63	59.17
	รวม	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00

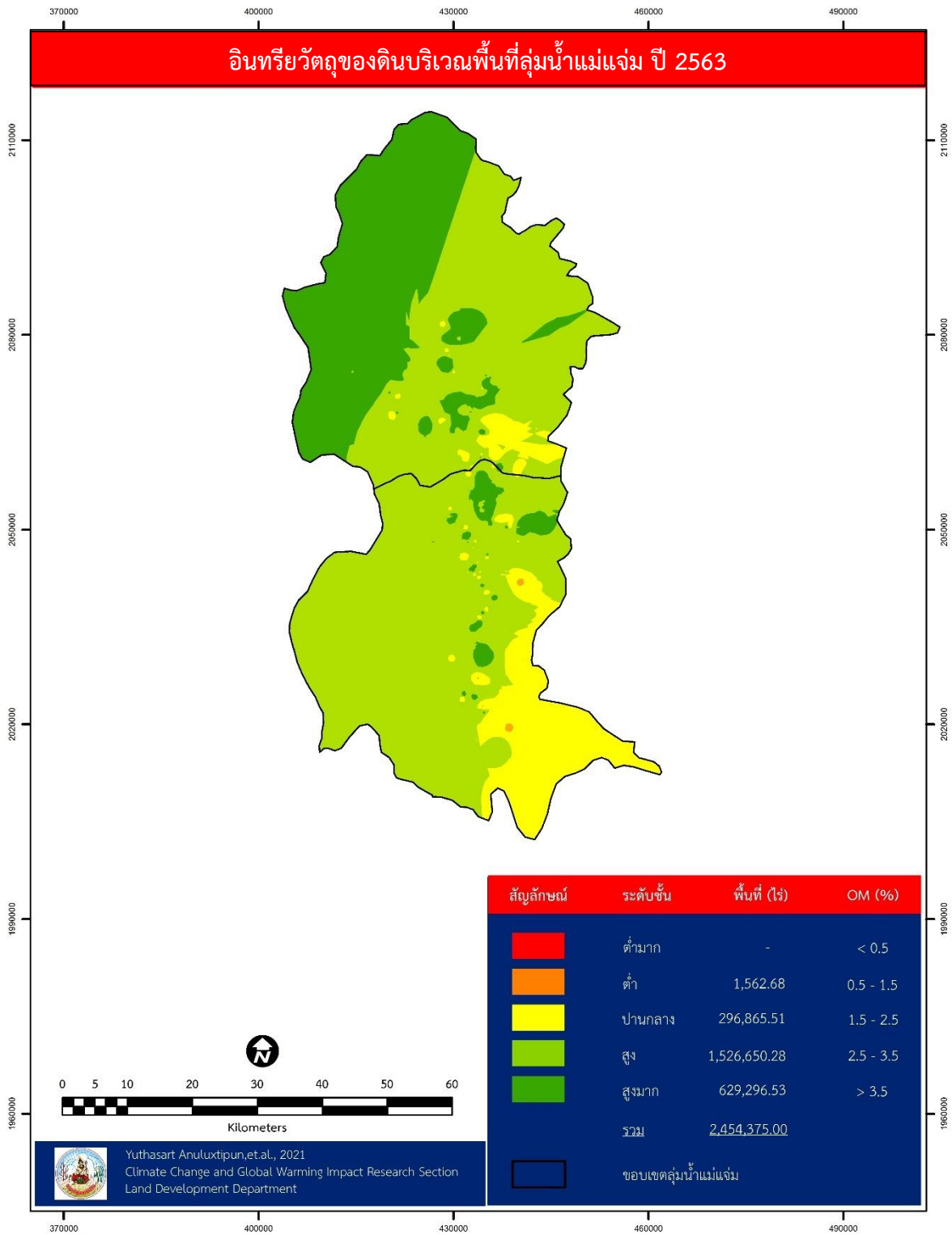
ปี	ระดับความ อุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
เฉลี่ย	ต่ำมาก		-	64.42	-	39,275.87	1.60	139.92	0.01	875.40	0.01
	ต่ำ	2,349.84	0.10	2,772.78	0.11	2,379,547.05	96.95	33,193.12	1.35	4,226.19	0.17
	ปานกลาง	392,381.24	15.99	399,875.26	16.29	35,552.09	1.45	70,689.42	2.88	78,610.78	3.20
	สูง	1,521,274.00	61.98	1,519,843.82	61.92		-	421,592.22	17.18	900,539.51	36.69
	สูงมาก	538,369.91	21.94	531,861.67	21.67		-	1,928,760.32	78.58	1,470,706.72	59.92
	รวม	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00	2,454,375.00	100.00



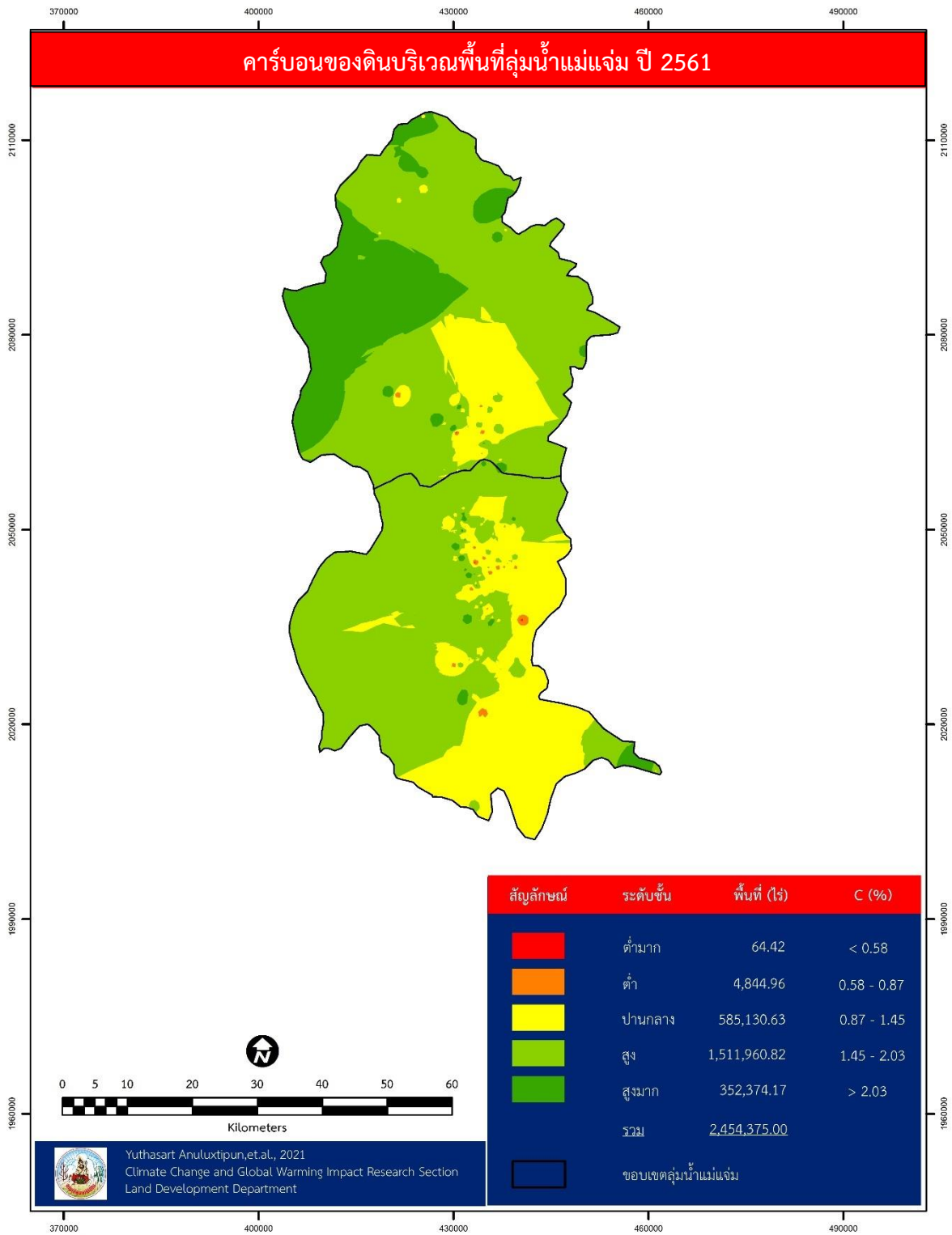
ภาพที่ 6 อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



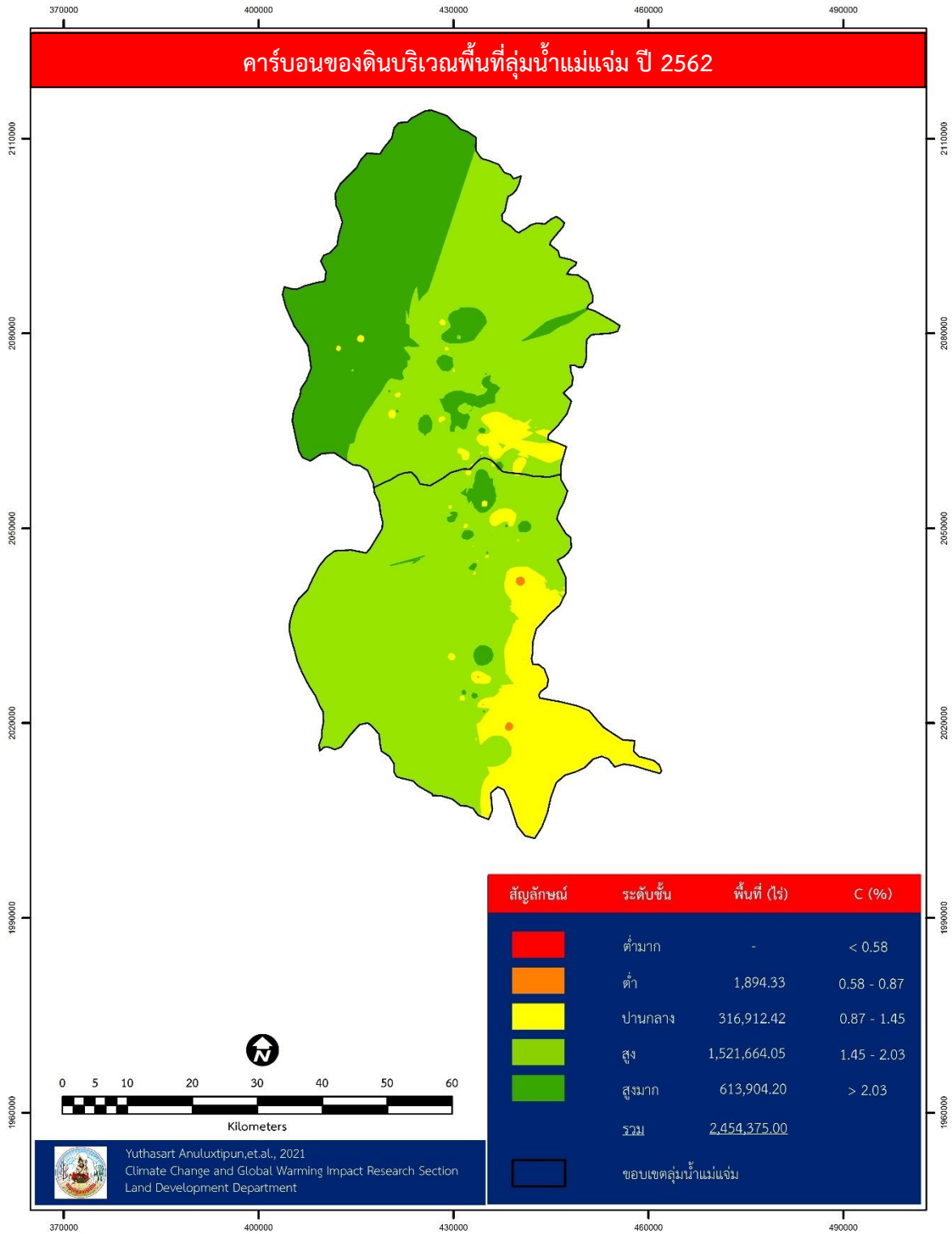
ภาพที่ 7 อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



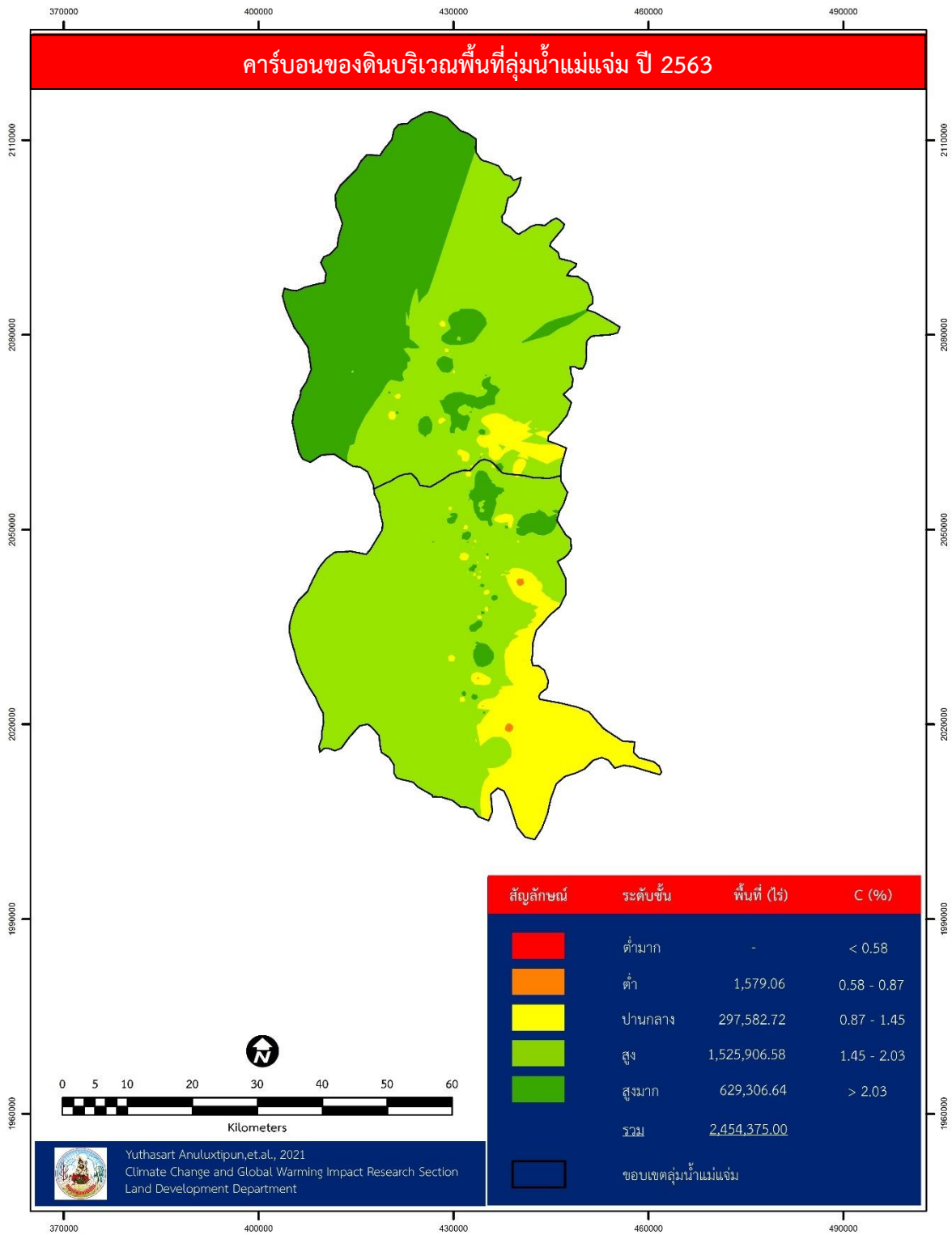
ภาพที่ 8 อินทรีย์วัตถุของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563



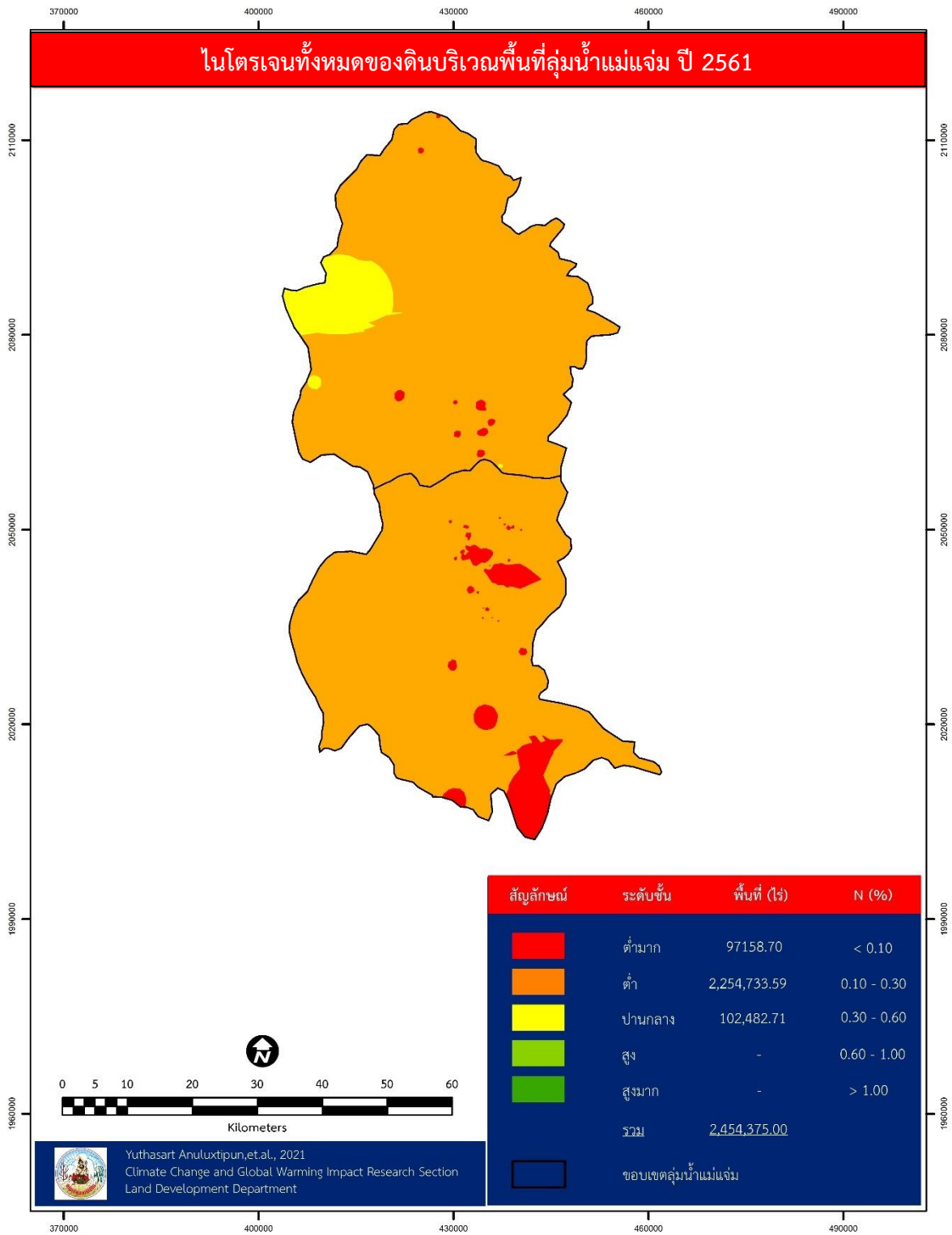
ภาพที่ 9 คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



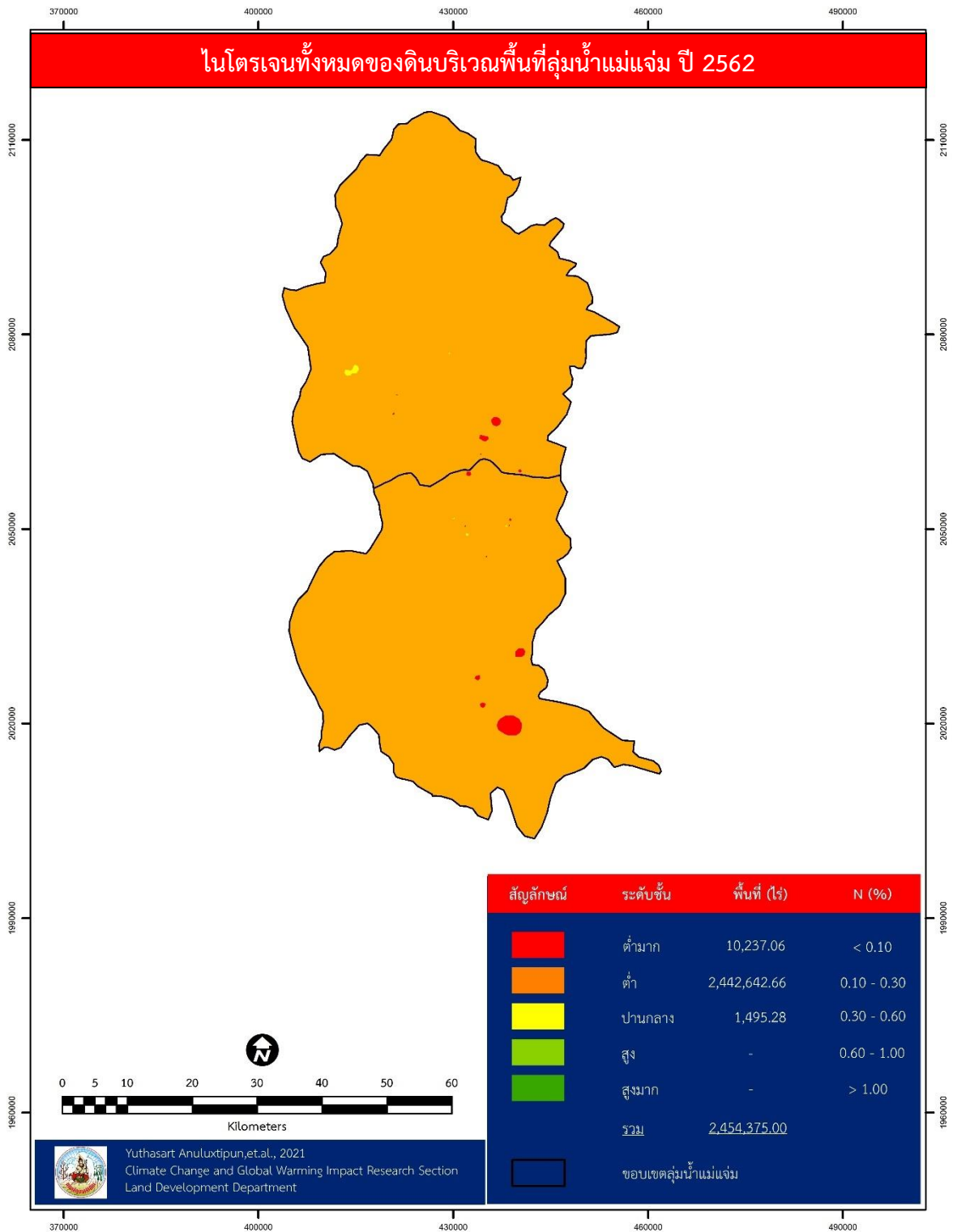
ภาพที่ 10 คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



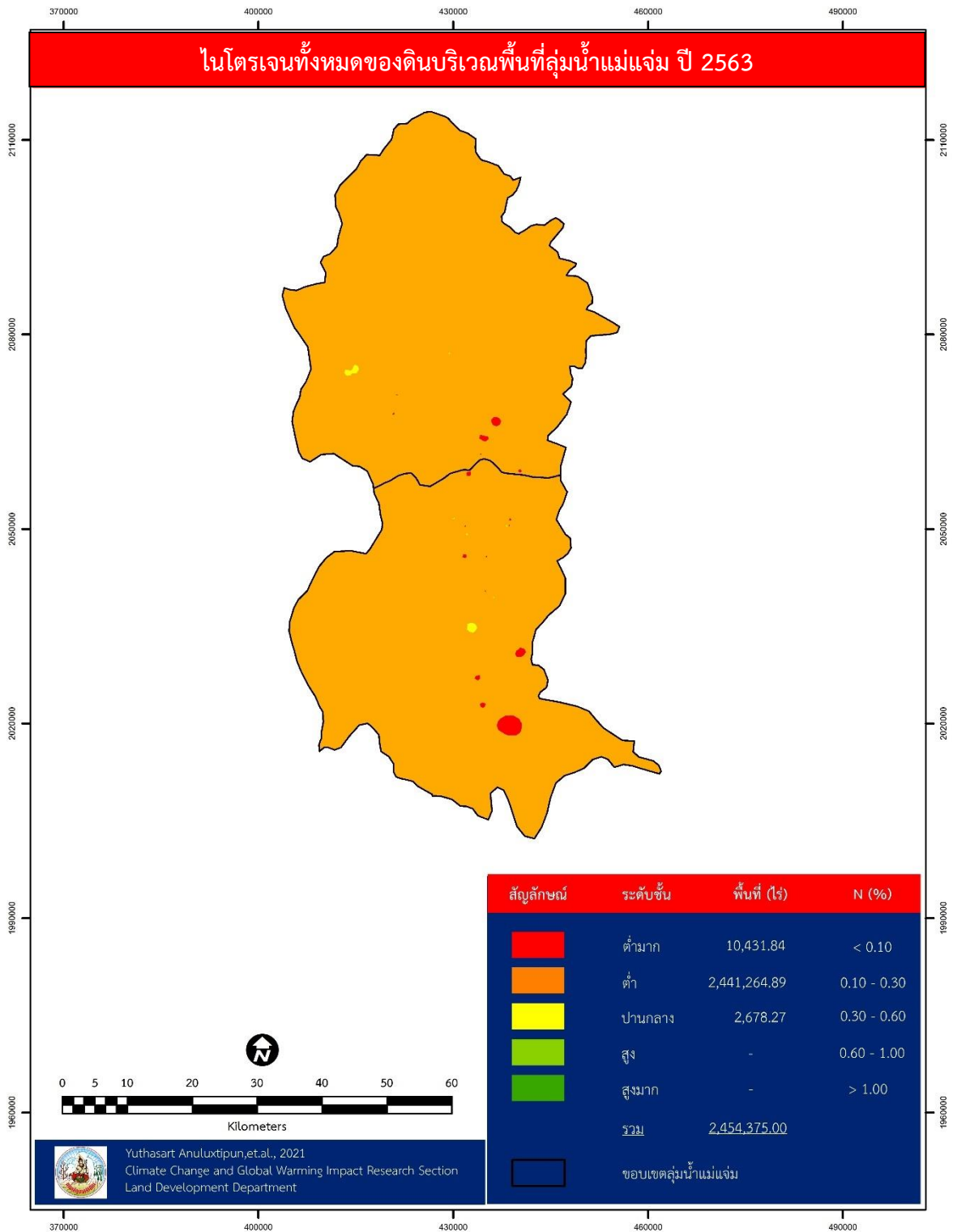
ภาพที่ 11 คาร์บอนของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563



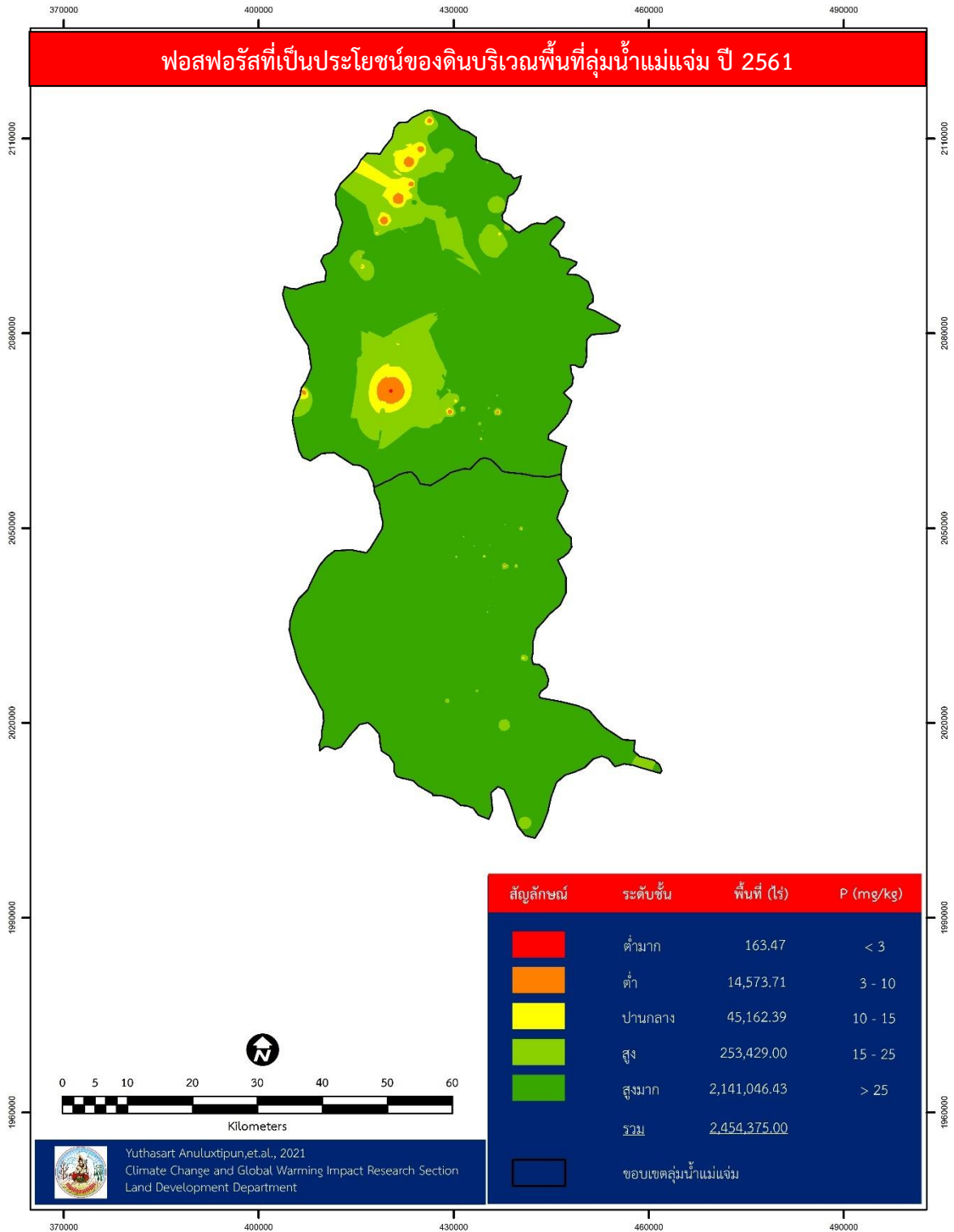
ภาพที่ 12 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



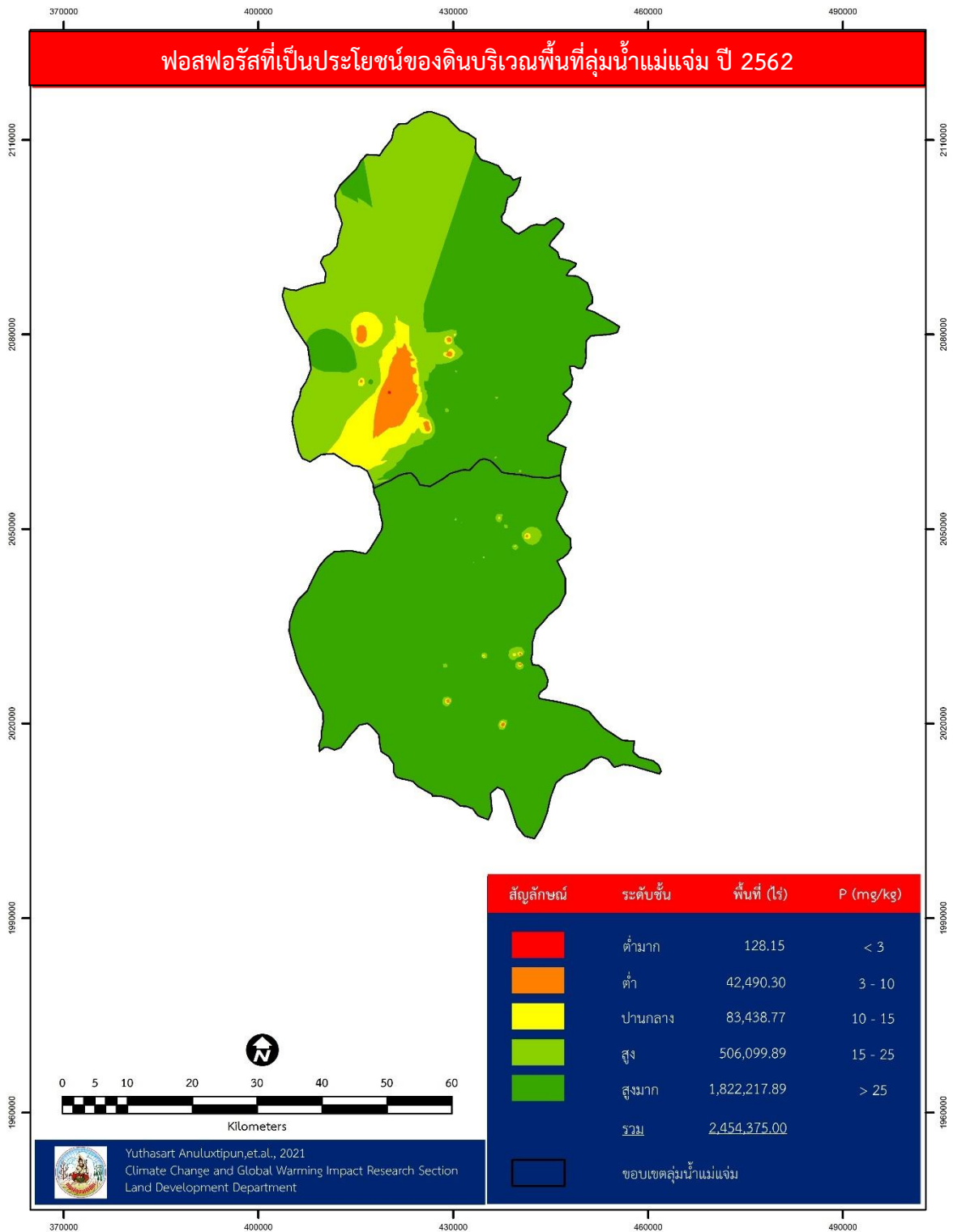
ภาพที่ 13 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



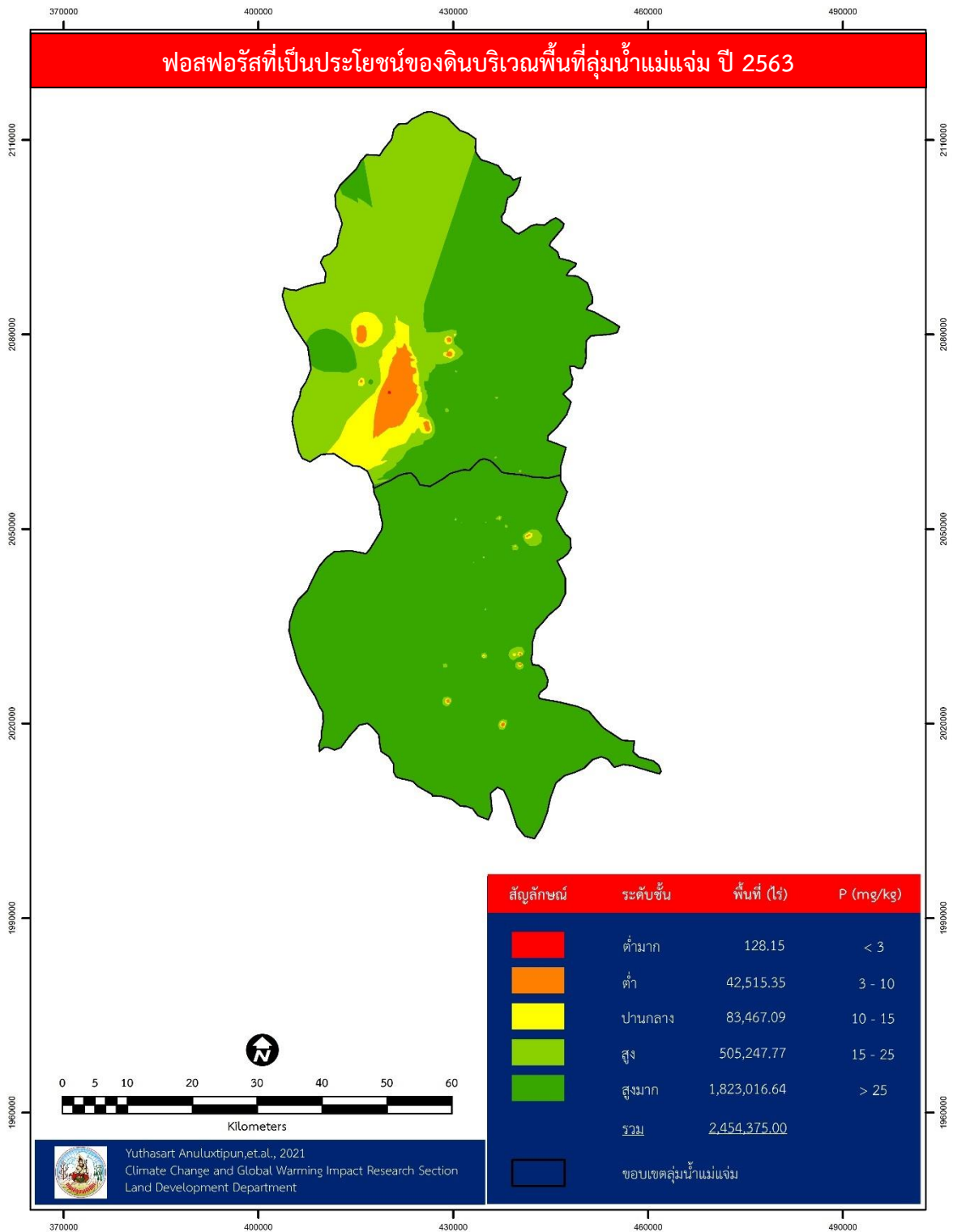
ภาพที่ 14 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563



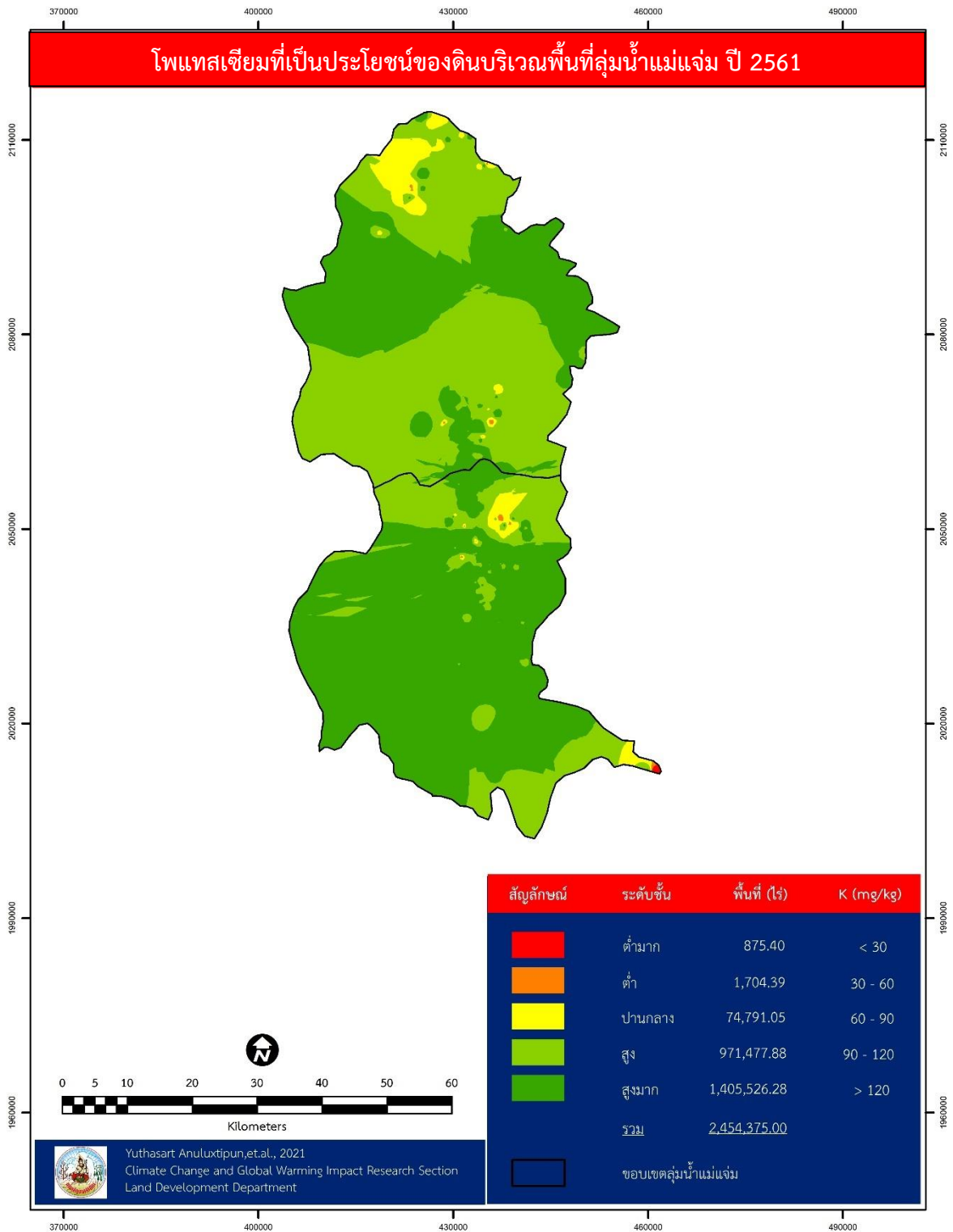
ภาพที่ 15 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



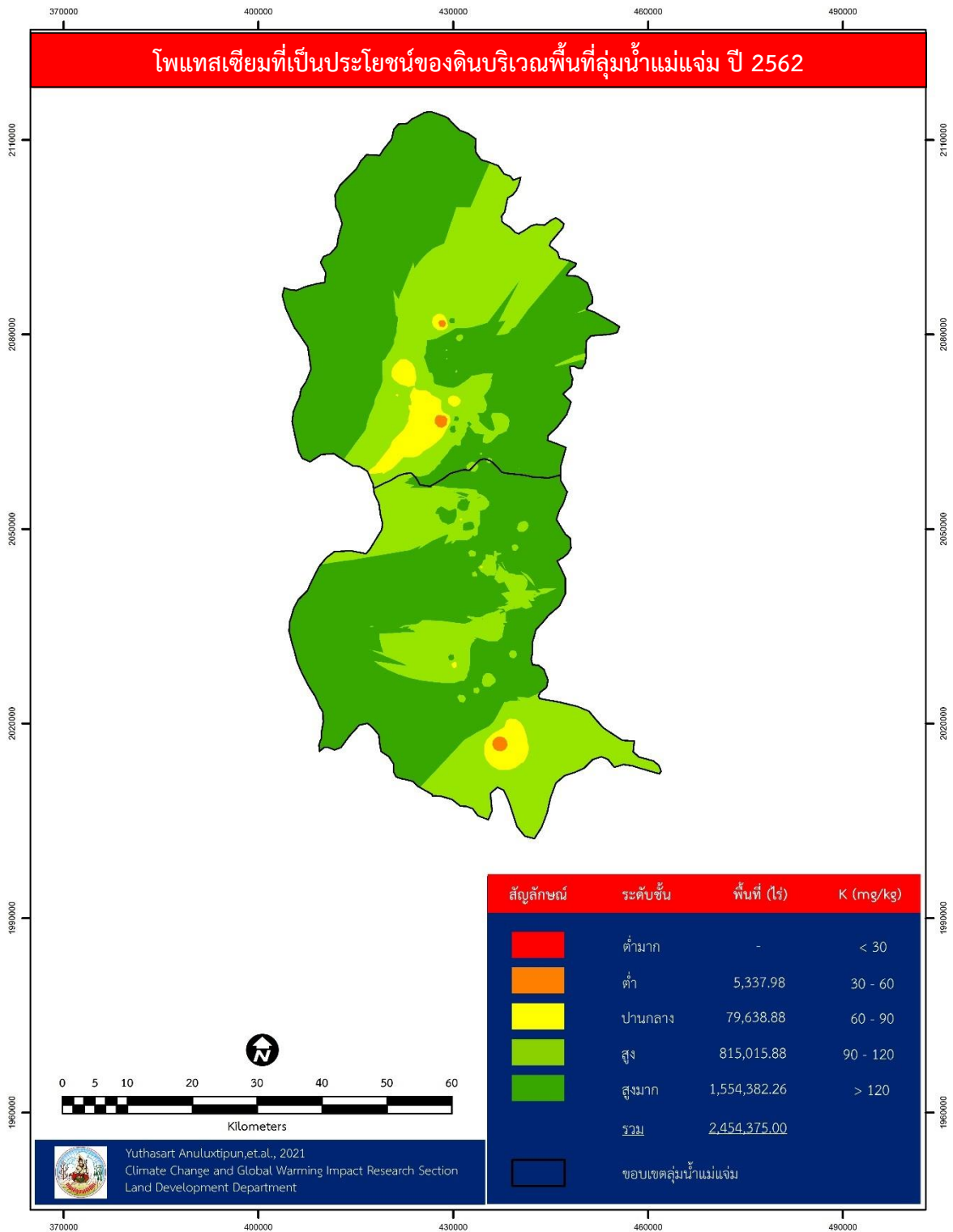
ภาพที่ 16 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



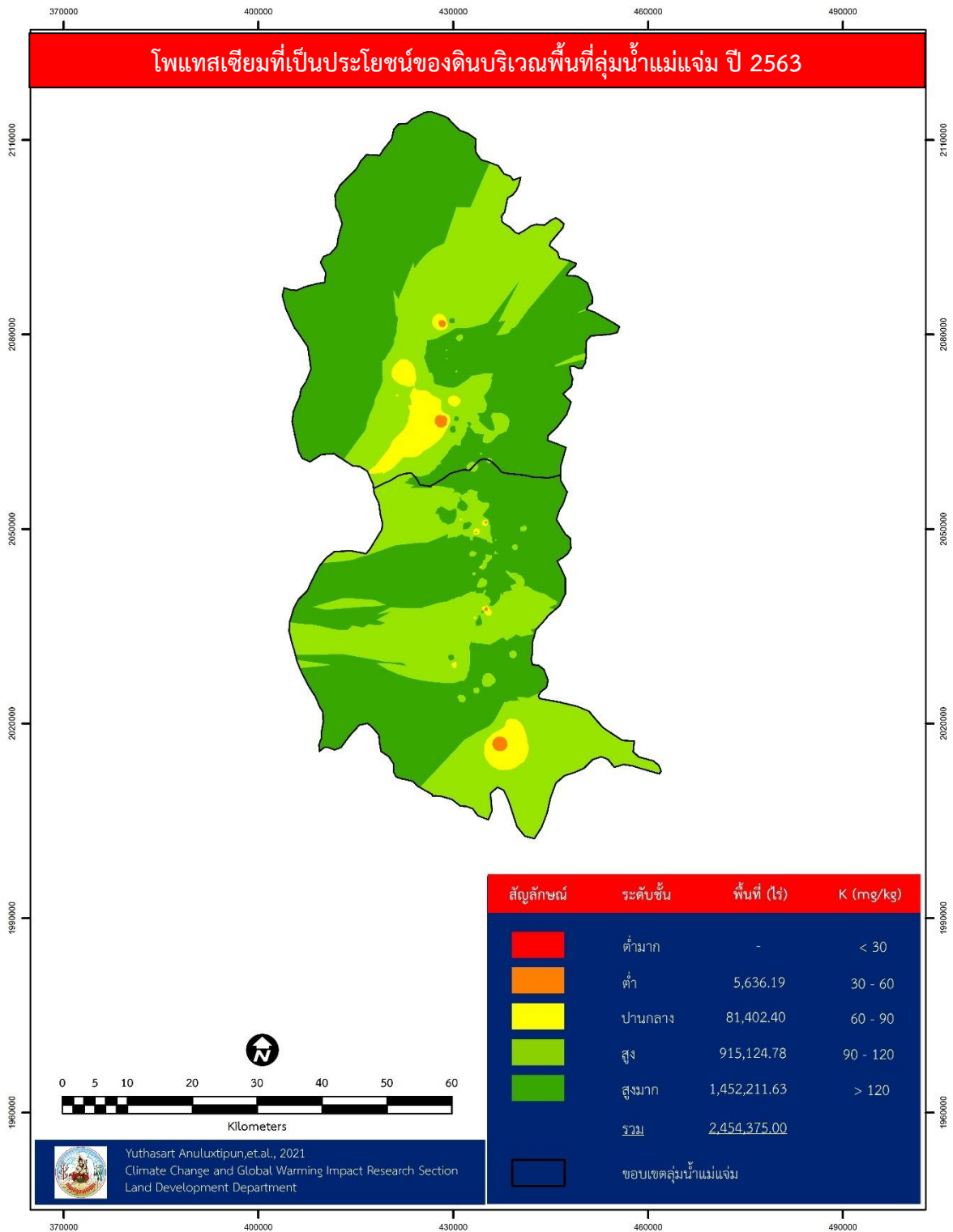
ภาพที่ 17 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563



ภาพที่ 18 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



ภาพที่ 19 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



ภาพที่ 20 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563

2.2 การเปลี่ยนแปลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561/2562

การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561/2562 พบว่า จำนวนพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 1,671 และ 250,969 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.07 และ 10.23 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 7,517 และ 245,123 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.31 และ 9.99 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 2,951 และ 268,218 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.12 และ 10.93 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 9,703 และ 261,530 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.40 และ 10.66 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 86,922 และ 100,987 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.54 และ 4.11 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 187,909 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.66

จำนวนพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากและสูงมากมีการลดลง 35 และ 318,829 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 และ 12.99 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 27,917 38,276 และ 252,671 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.14 1.56 และ 10.29 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมีการลดลง 156,462 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.37 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 3,634 4,848 และ 148,856 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.15 0.20 และ 6.06 ตามลำดับ

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562/2563

การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562/2563 พบว่า จำนวนพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 345 และ 17,789 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.72 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 4,306 และ 13,828 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.18 และ 0.56 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 315 และ 19,330 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 4,243 และ 15,402 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.17 และ 0.63 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 1,378 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.06 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 195 และ 1,183 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมีการลดลง 852 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.03 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 25 28 และ 799 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 0.001 และ 0.03 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จำนวนพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 102,171 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.16 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 298 1,764 และ 100,109 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 0.07 และ 4.08 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความอุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม	
		พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่
		(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)
2561/ 2562	ต่ำมาก	-	-	-	-	-86,922	-3.54	-35	-0.001	-	-
	ต่ำ	-1,671	-0.07	-2,951	-0.12	187,909	7.66	27,917	1.14	3,634	0.15
	ปานกลาง	-250,969	-10.23	-268,218	-10.93	-100,987	-4.11	38,276	1.56	4,848	0.20
	สูง	7,517	0.31	9,703	0.40	-	-	252,671	10.29	-156,462	-6.37
	สูงมาก	245,123	9.99	261,530	10.66	-	-	-318,829	-12.99	148,856	6.06
2562/ 2563	ต่ำมาก	-	-	-	-	195	0.01	0	0.00	-	-
	ต่ำ	-345	-0.01	-315	-0.01	-1,378	-0.06	25	0.001	298	0.01
	ปานกลาง	-17,789	-0.72	-19,330	-0.79	1,183	0.05	28	0.001	1,764	0.07
	สูง	4,306	0.18	4,243	0.17	-	-	-852	-0.03	100,109	4.08
	สูงมาก	13,828	0.56	15,402	0.63	-	-	799	0.03	-102,171	-4.16

2.3 ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 119 74 และ 19 ตัวอย่าง ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 212 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยปัจจัยเบื้องต้นที่ใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณคาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด 116,146 ไร่ มีผลการศึกษา ดังนี้

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่า ปี 2561 – 2563 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.92-5.48 1.33-5.45 และ 1.71-5.56 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2.66 3.27 และ 3.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 59,183 77,145 และ 76,803 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.96 66.42 และ 66.13 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ตามลำดับ

ปริมาณคาร์บอน พบว่า ปี 2561 – 2563 ปริมาณคาร์บอนมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.53-3.18 0.77-3.16 และ 0.99-3.22 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.54 1.90 และ 1.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปี 2561 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 59,273 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.03 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ส่วนปี 2562 และ 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดม

สมบัติของดินระดับสูง เท่ากับ 77,085 และ 76,736 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 66.37 และ 66.07 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ตามลำดับ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า ปี 2561 – 2563 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.05-0.57 0.08-0.47 และ 0.09-0.48 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.14 0.180 และ 0.182 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เท่ากับ 104,085 114,898 และ 114,508 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 89.62 98.93 และ 98.59 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปี 2561 – 2563 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 2.40-99.00 2.40-97.50 และ 19.60-97.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 53.34 47.81 และ 73.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 104,312 101,357 และ 101,417 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 89.81 87.27 และ 87.32 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ตามลำดับ

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปี 2561 – 2563 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 86.00 - 159.00 36.50 - 158.10 และ 43.80 - 158.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 129.55 120.19 และ 115.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 73,963 72,871 และ 66,648 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 63.68 62.74 และ 57.38 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ตามลำดับ

ปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยทั้ง 3 ปี มีผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 1.32-5.50 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.08 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 71,044 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.17 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด

ปริมาณคาร์บอน พบว่า ปริมาณคาร์บอนมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.76-3.19 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.79 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เท่ากับ 66,429 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 57.20 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.07-0.51 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.17 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เท่ากับ 111,164 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 95.71 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 8.13-98.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 58.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 102,362 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 88.13

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดอยู่ระหว่าง 55.43-158.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 121.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เท่ากับ 71,160.67 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.27 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ดังแสดงในตารางที่ 13 – 14 และดังแสดงในภาพที่ 21 – 35

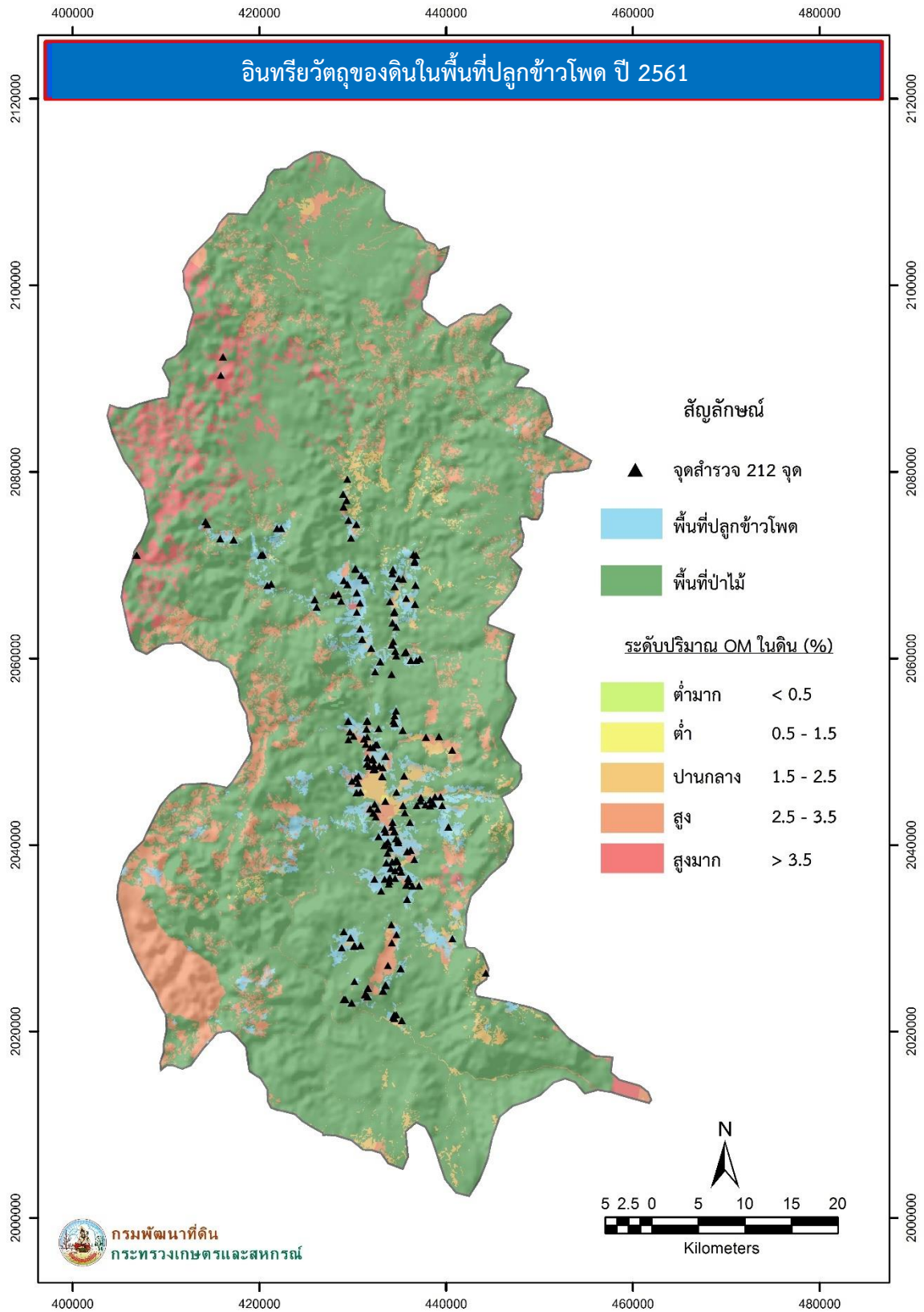
ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 - 2563

ปี	จำนวน ตัวอย่าง (ตัวอย่าง)	ปริมาณ ธาตุอาหาร	ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
			อินทรีย์วัตถุ (%)	คาร์บอน (%)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่ เป็นประโยชน์ (mg/kg)
2561	119	ค่าต่ำสุด	0.92	0.53	0.05	2.40	86.00
		ค่าสูงสุด	5.48	3.18	0.57	99.00	159.00
		ค่าเฉลี่ย	2.66	1.54	0.14	53.34	129.55
2562	74	ค่าต่ำสุด	1.33	0.77	0.08	2.40	36.50
		ค่าสูงสุด	5.45	3.16	0.47	97.50	158.10
		ค่าเฉลี่ย	3.27	1.90	0.180	47.81	120.19
2563	19	ค่าต่ำสุด	1.71	0.99	0.09	19.60	43.80
		ค่าสูงสุด	5.56	3.22	0.48	97.60	158.00
		ค่าเฉลี่ย	3.31	1.92	0.182	73.24	115.76
เฉลี่ย		ค่าต่ำสุด	1.32	0.76	0.07	8.13	55.43
		ค่าสูงสุด	5.50	3.19	0.51	98.03	158.37
		ค่าเฉลี่ย	3.08	1.79	0.17	58.13	121.83

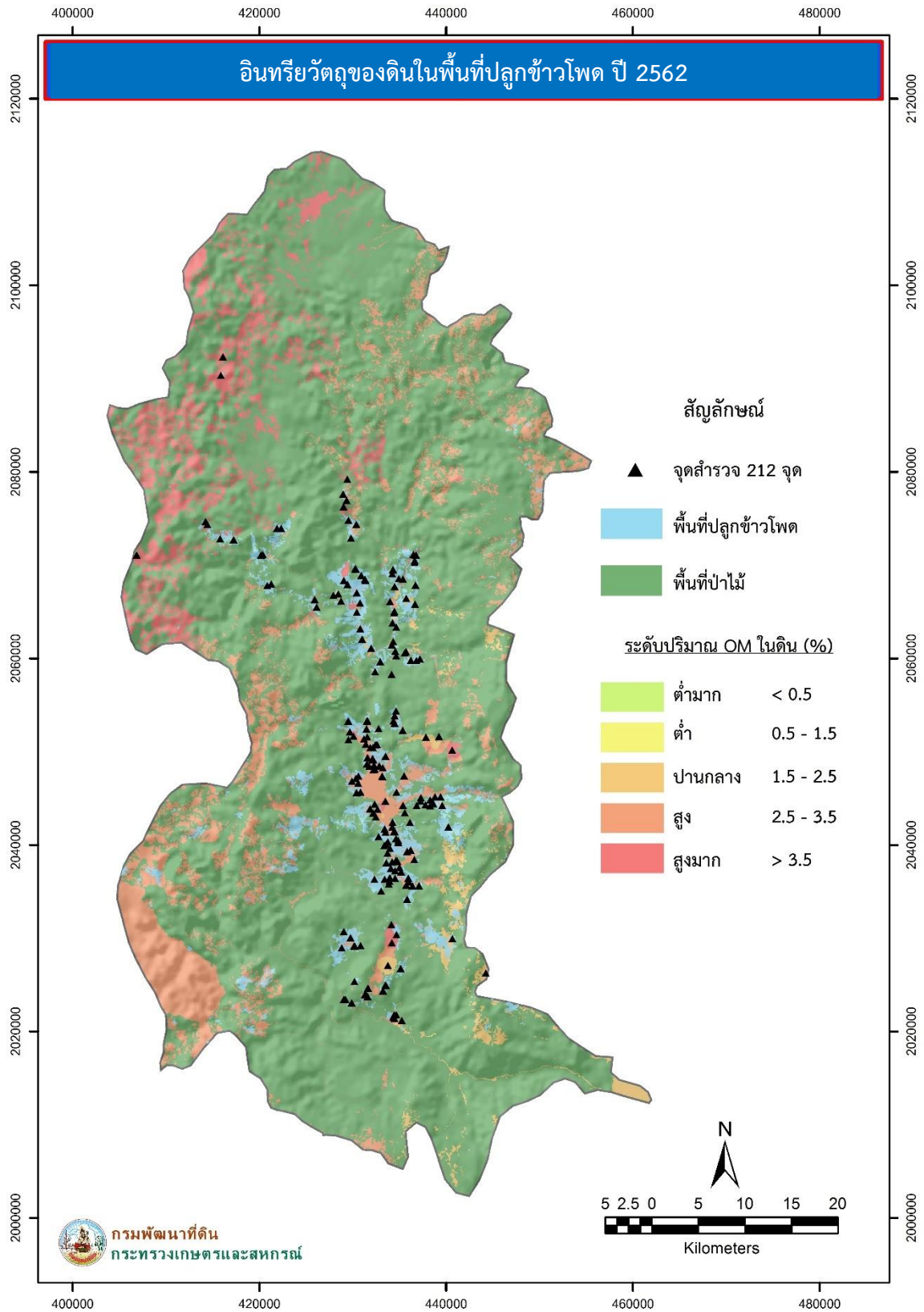
ตารางที่ 14 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความ อุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
2561	ต่ำมาก	-	-	-	-	10,793	9.29	112	0.10	-	-
	ต่ำ	1,377	1.19	17	0.01	104,085	89.62	2,532	2.18	240	0.21
	ปานกลาง	45,447	39.13	11,391	9.81	1,269	1.09	2,379	2.05	1,207	1.04
	สูง	59,183	50.96	45,465	39.15	-	-	6,812	5.87	40,735	35.07
	สูงมาก	10,139	8.73	59,273	51.03	-	-	104,312	89.81	73,963	63.68
	รวม	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00
2562	ต่ำมาก	-	-	-	-	898	0.77	93	0.08	-	-
	ต่ำ	728	0.63	1,067	0.92	114,898	98.93	5,108	4.40	364	0.31
	ปานกลาง	15,096	13.00	15,568	13.40	350	0.30	1,675	1.44	4,237	3.65
	สูง	77,145	66.42	77,085	66.37	-	-	7,914	6.81	38,674	33.30
	สูงมาก	23,176	19.95	22,426	19.31	-	-	101,357	87.27	72,871	62.74
	รวม	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00
2563	ต่ำมาก	-	-	-	-	922	0.79	93	0.08	-	-
	ต่ำ	449	0.39	471	0.41	114,508	98.59	5,110	4.40	475	0.41
	ปานกลาง	15,381	13.24	15,354	13.22	716	0.62	1,665	1.43	4,879	4.20
	สูง	76,803	66.13	76,736	66.07	-	-	7,861	6.77	44,144	38.01
	สูงมาก	23,513	20.24	23,585	20.31	-	-	101,417	87.32	66,648	57.38
	รวม	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00
เฉลี่ย	ต่ำมาก	-	-	-	-	4,204.33	3.62	99.33	0.09	-	-
	ต่ำ	851.33	0.74	518.33	0.45	111,163.67	95.71	4,250.00	3.66	359.67	0.31

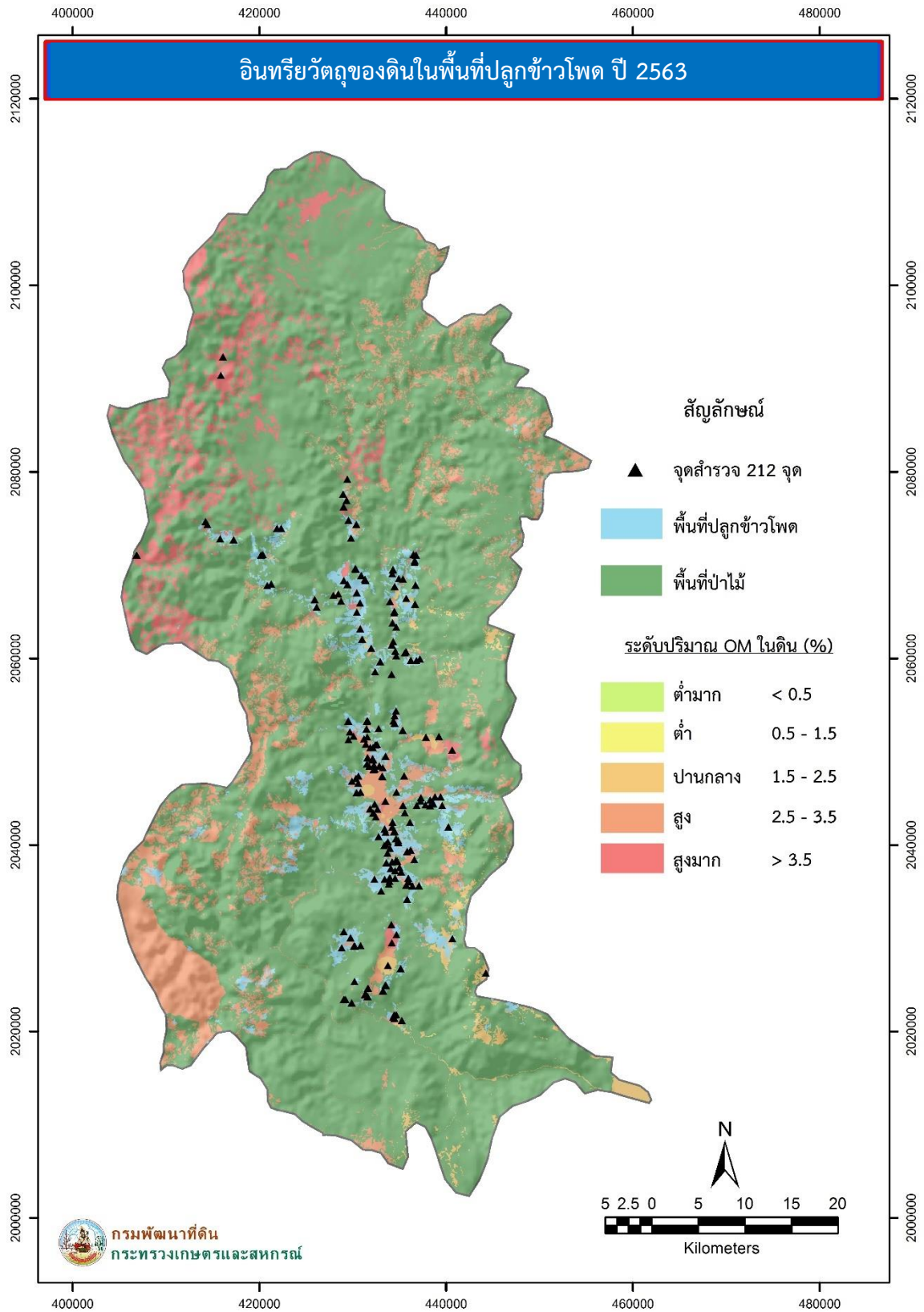
ปี	ระดับความ อุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
	ปานกลาง	25,308.00	21.79	14,104.33	12.14	778.33	0.67	1,906.33	1.64	3,441.00	2.96
	สูง	71,043.67	61.17	66,428.67	57.20	-	-	7,529.00	6.48	41,184.33	35.46
	สูงมาก	18,942.67	16.31	35,094.67	30.22	-	-	102,362.00	88.13	71,160.67	61.27
	รวม	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00	116,146	100.00



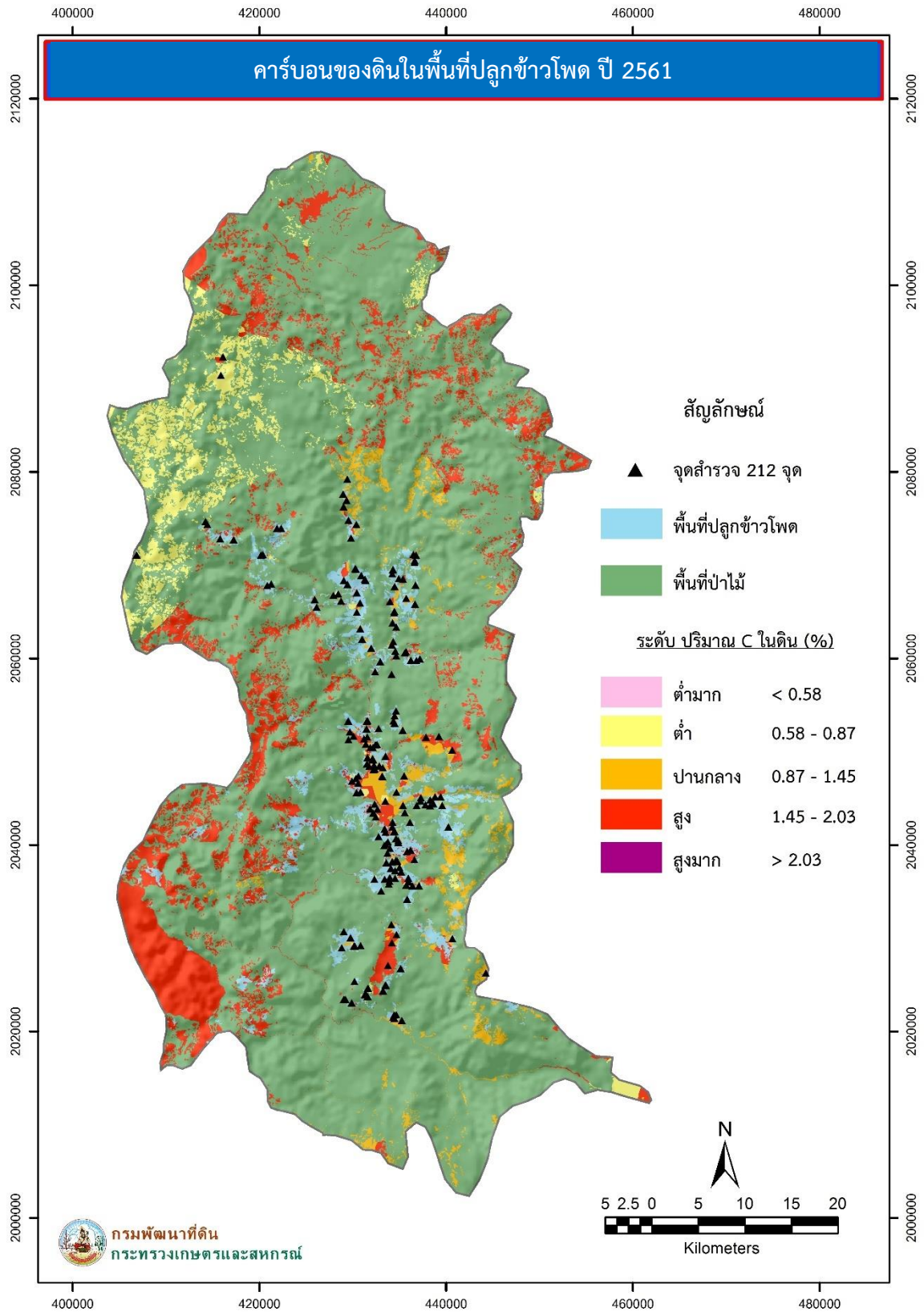
ภาพที่ 21 อินทรีย์วัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



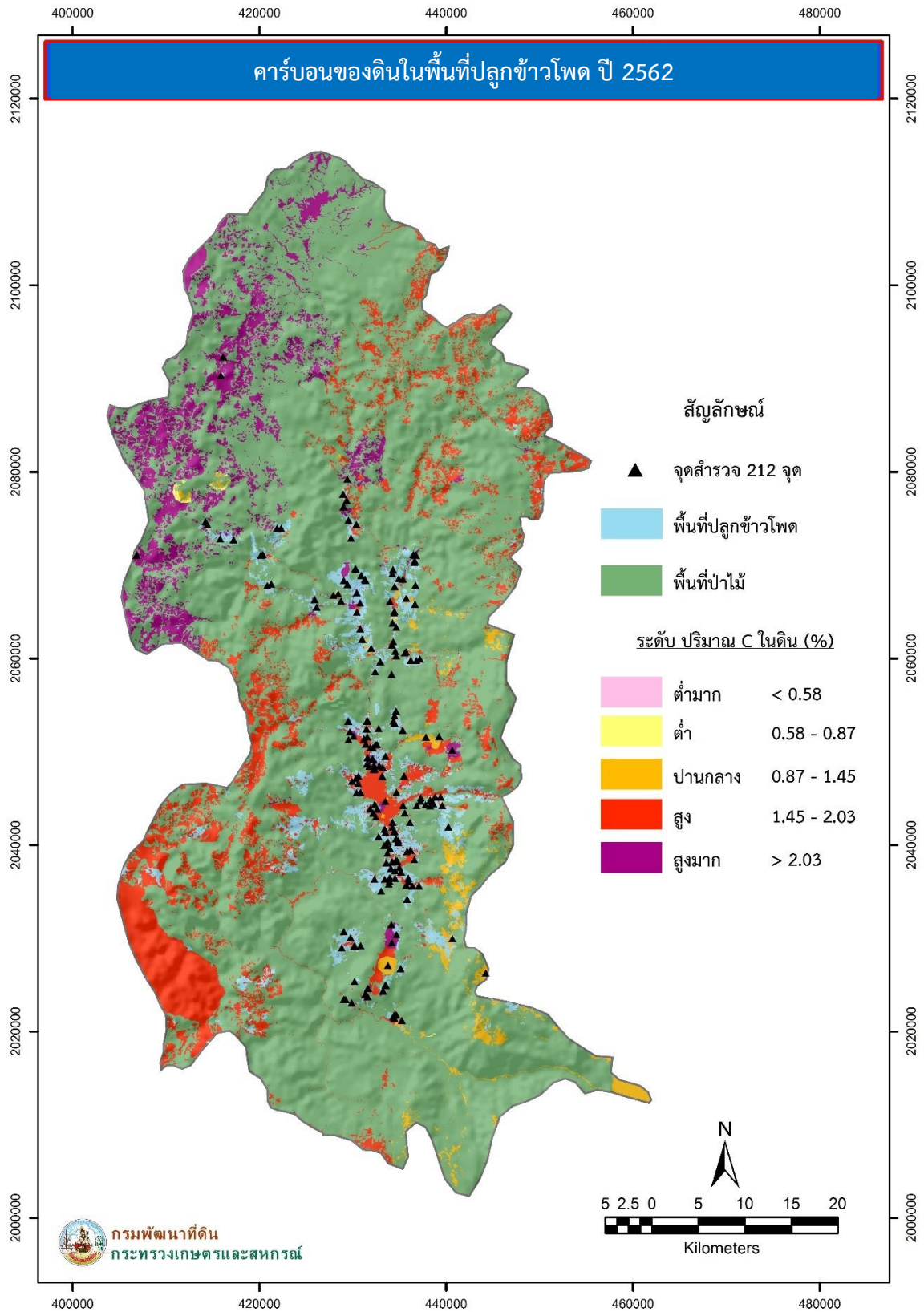
ภาพที่ 22 อินทรีย์วัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562



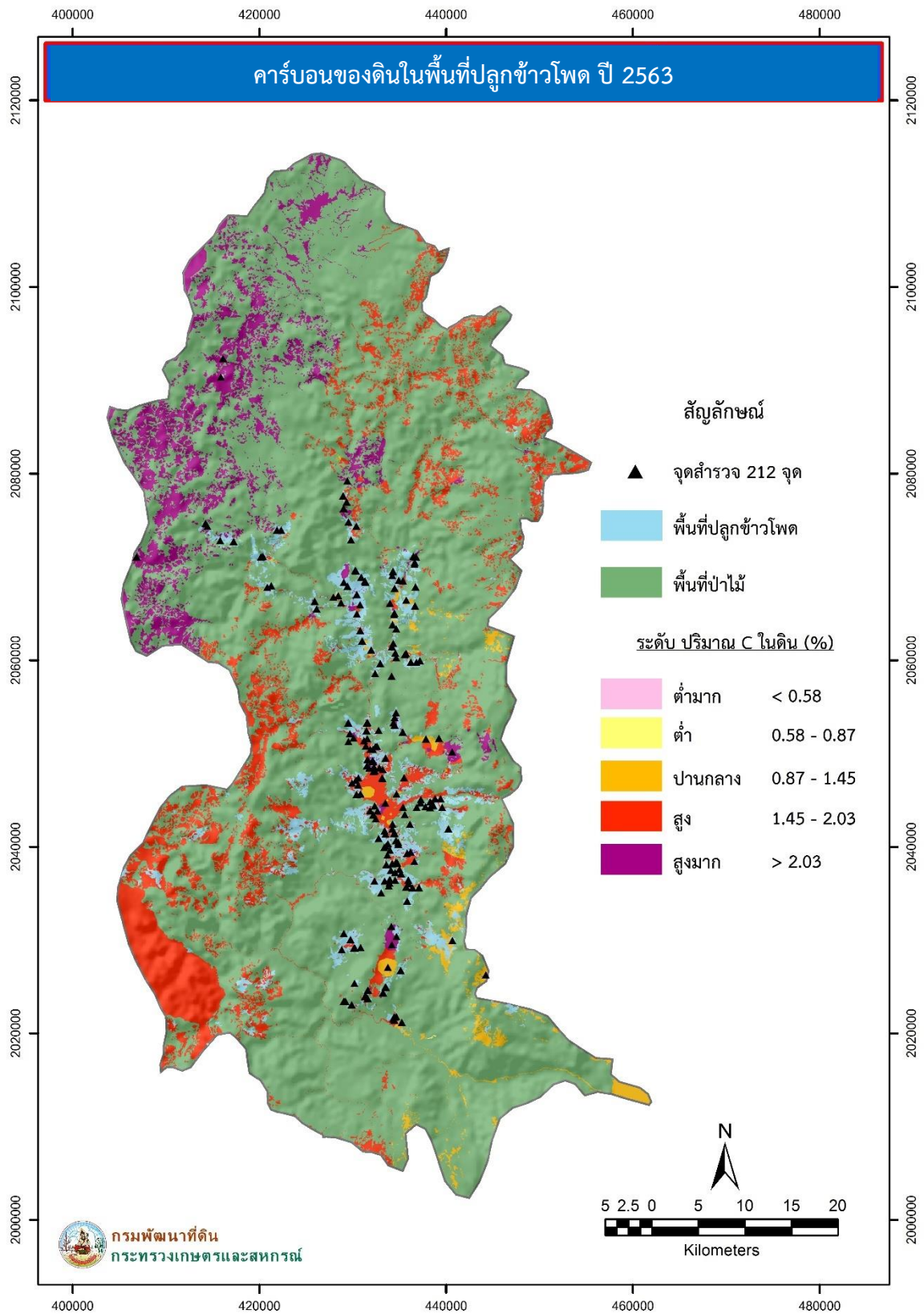
ภาพที่ 23 อินทรียวัตถุของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563



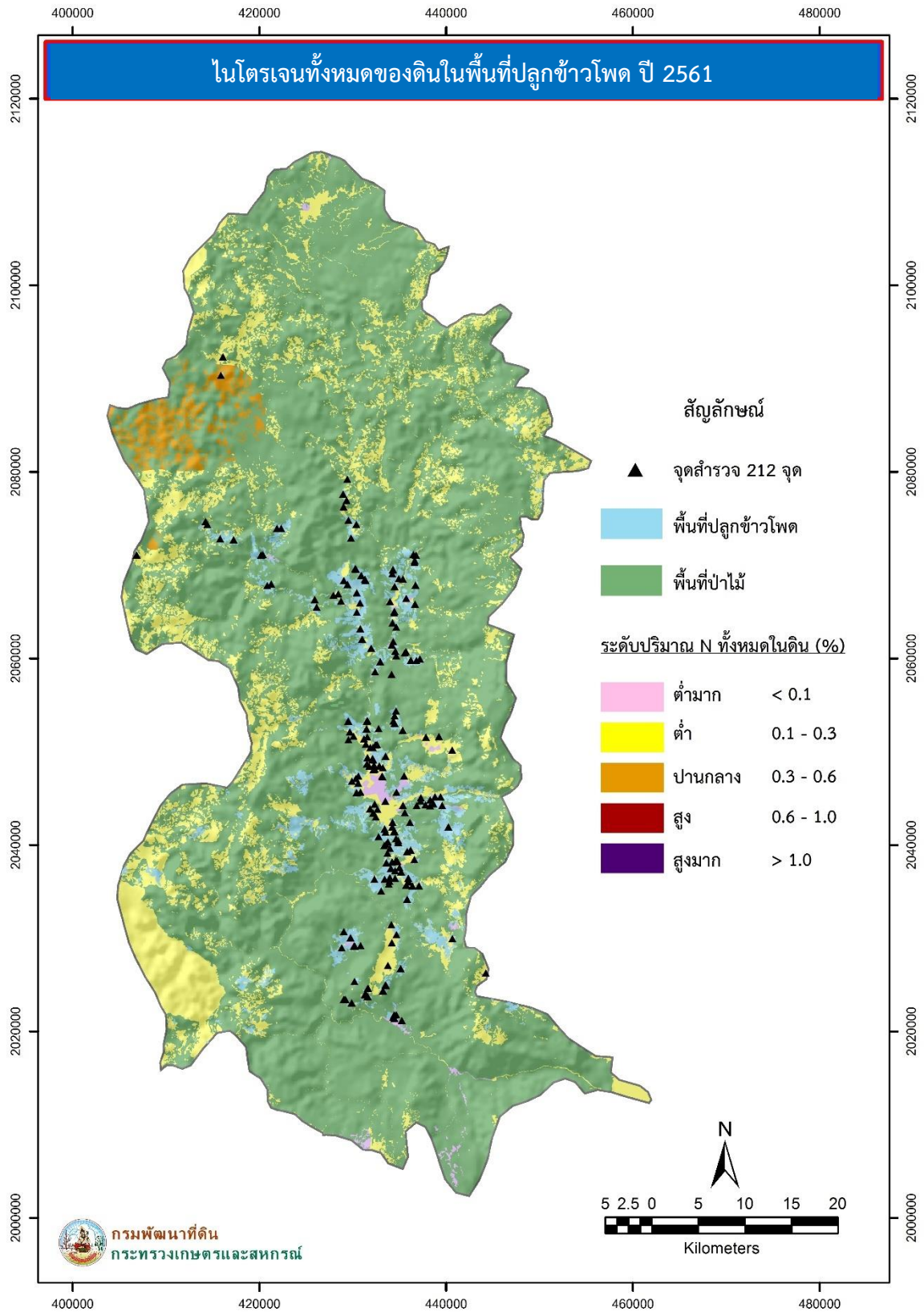
ภาพที่ 24 คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



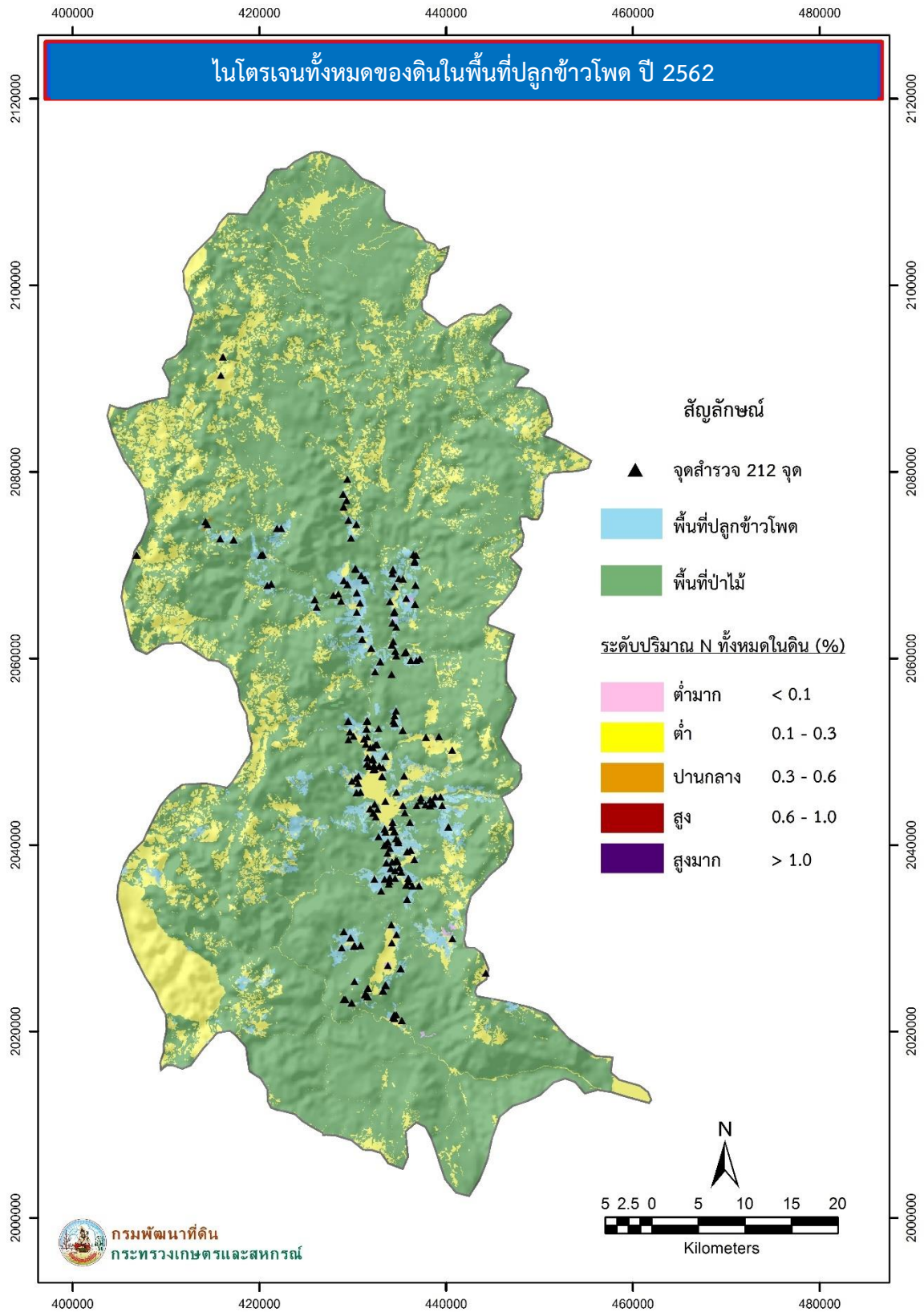
ภาพที่ 25 คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลุกข้าวโพด ปี 2562



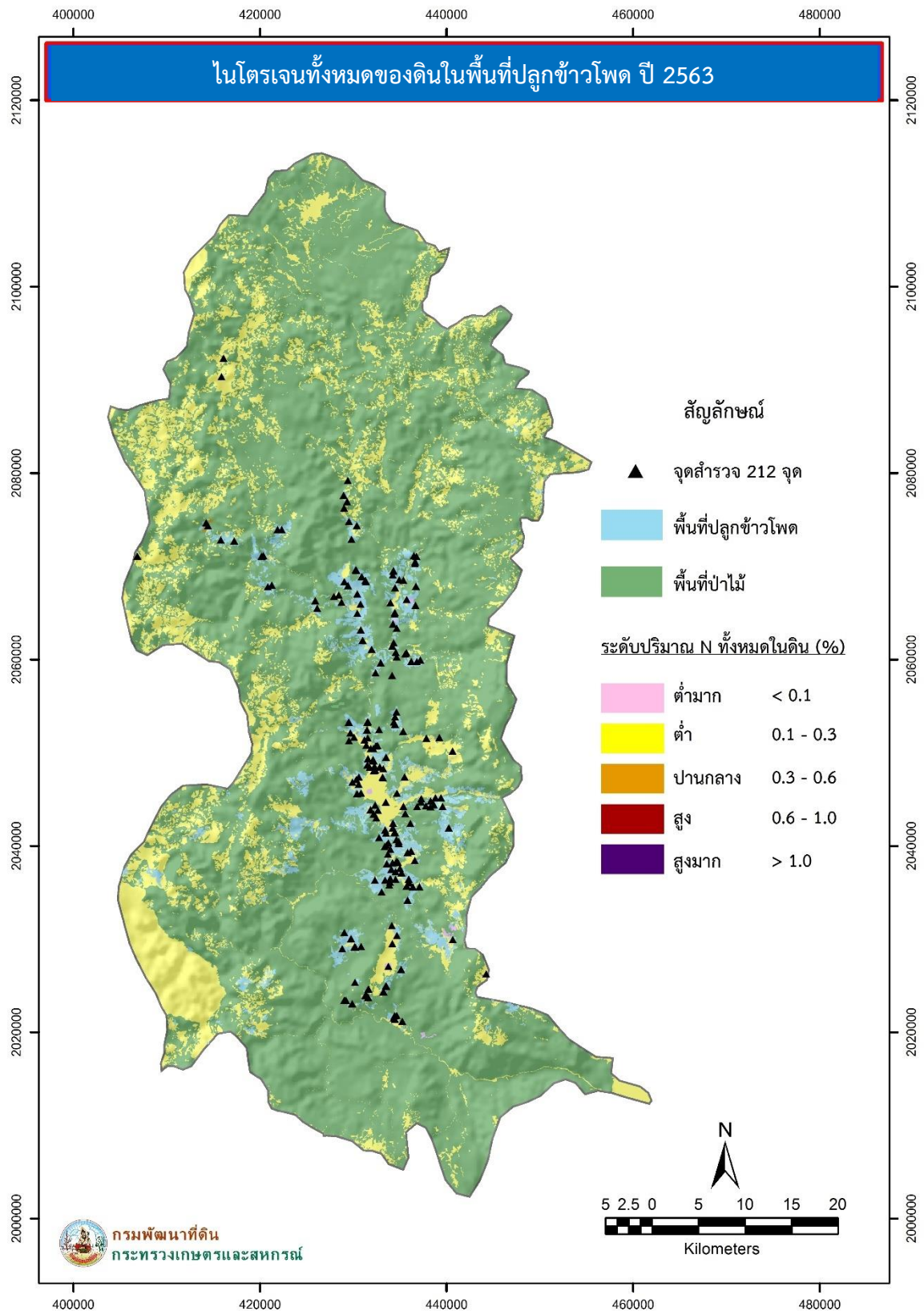
ภาพที่ 26 คาร์บอนของดินในพื้นที่ปลุกข้าวโพด ปี 2563



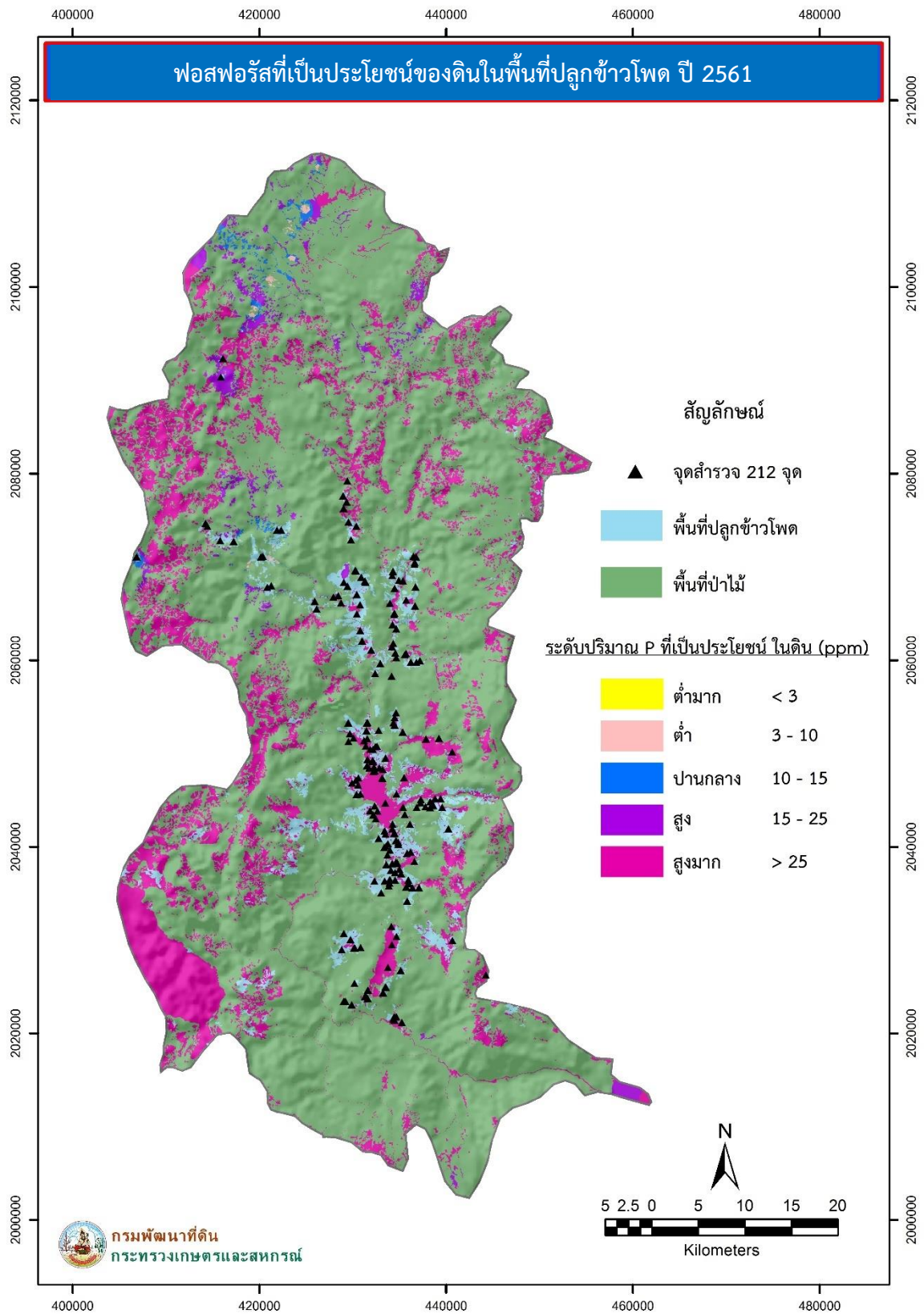
ภาพที่ 27 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



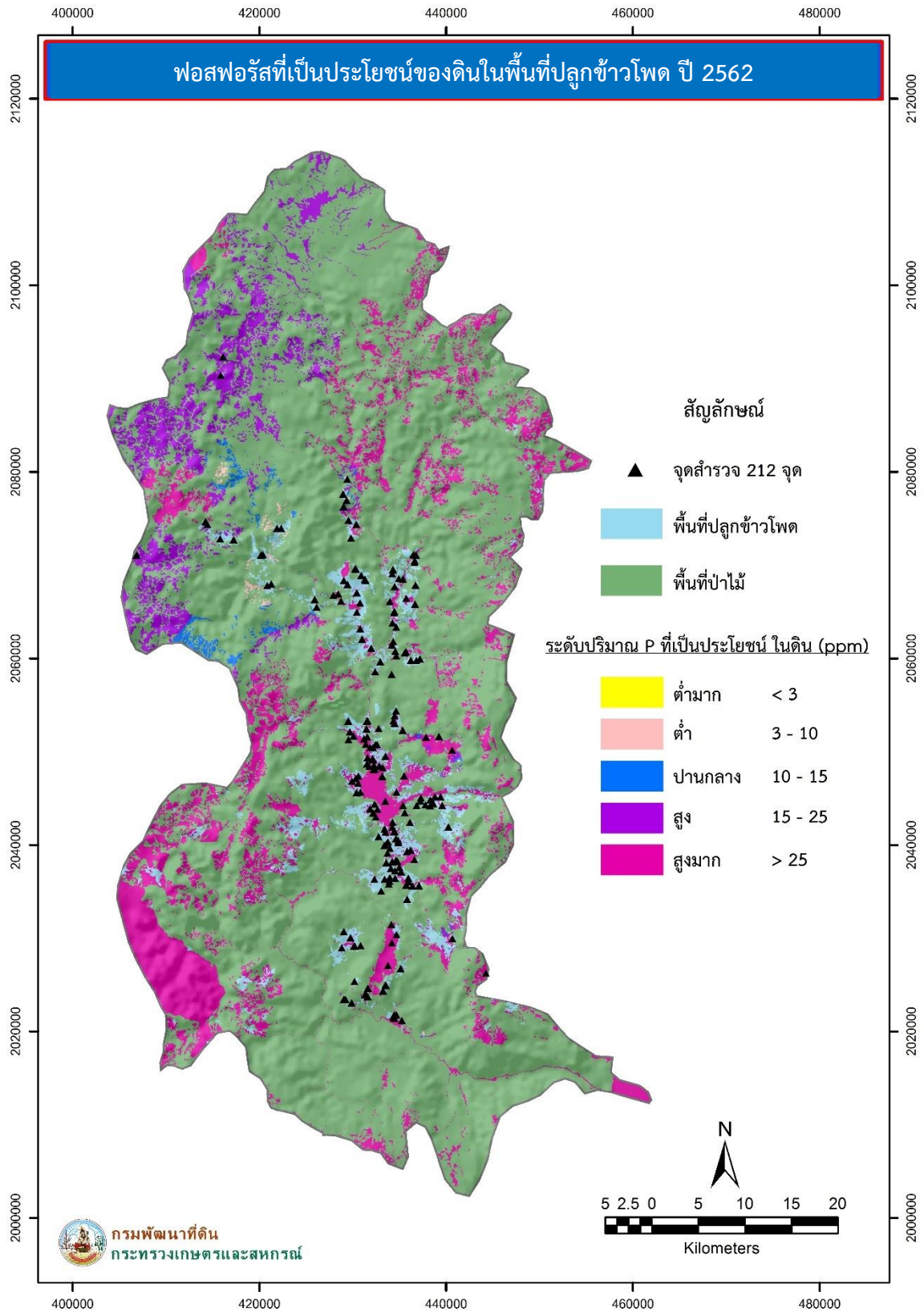
ภาพที่ 28 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562



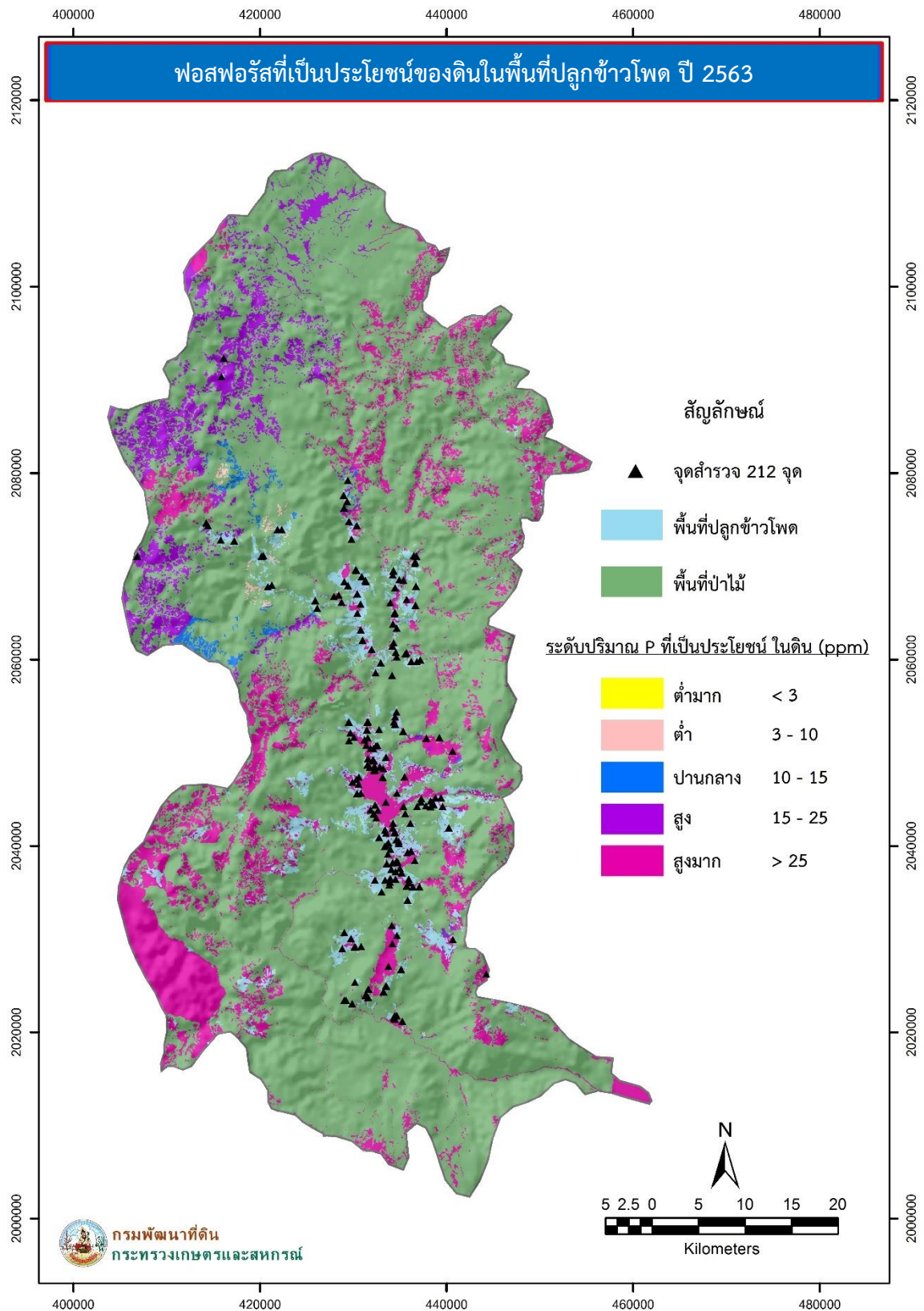
ภาพที่ 29 ไนโตรเจนทั้งหมดของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563



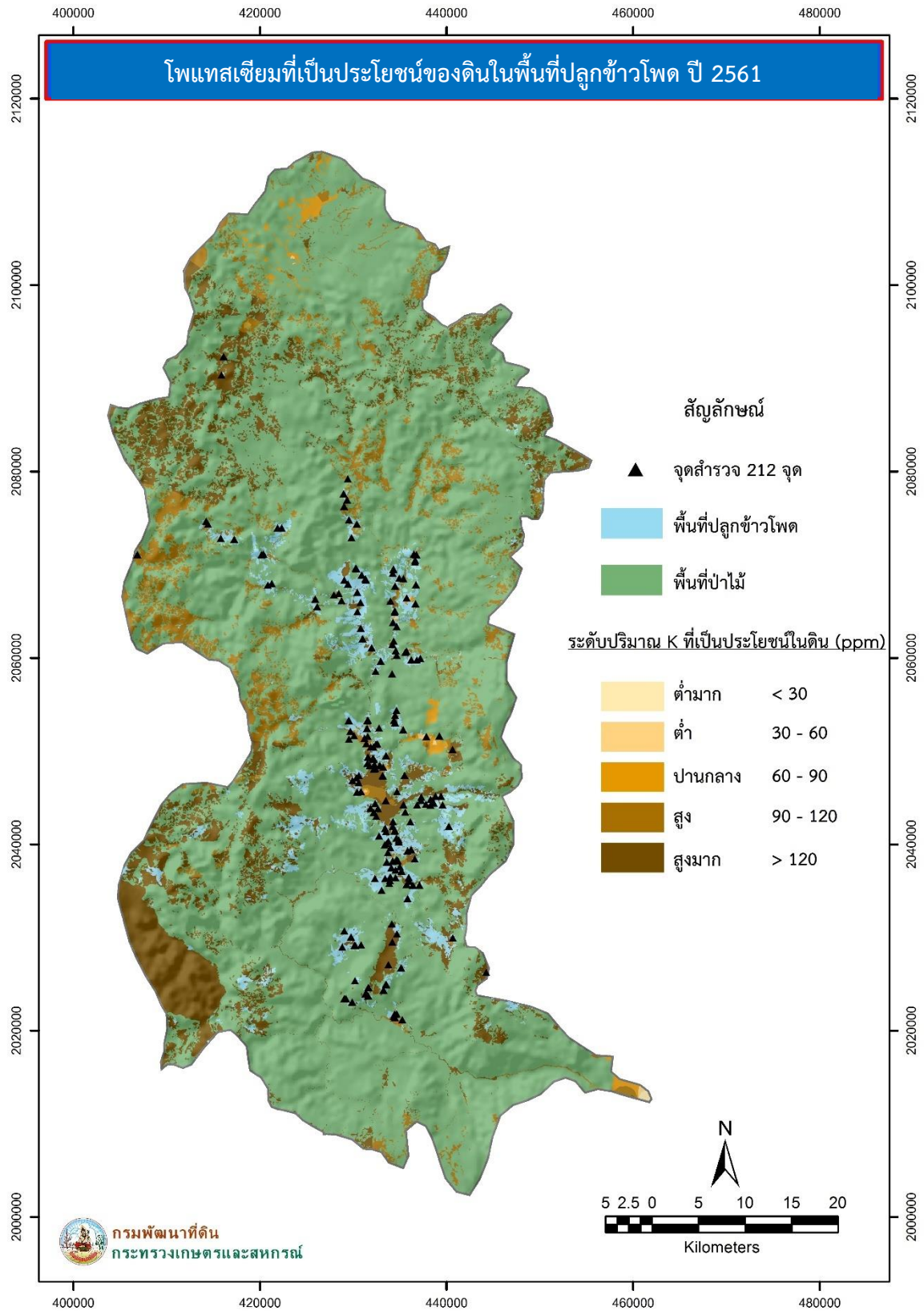
ภาพที่ 30 พอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



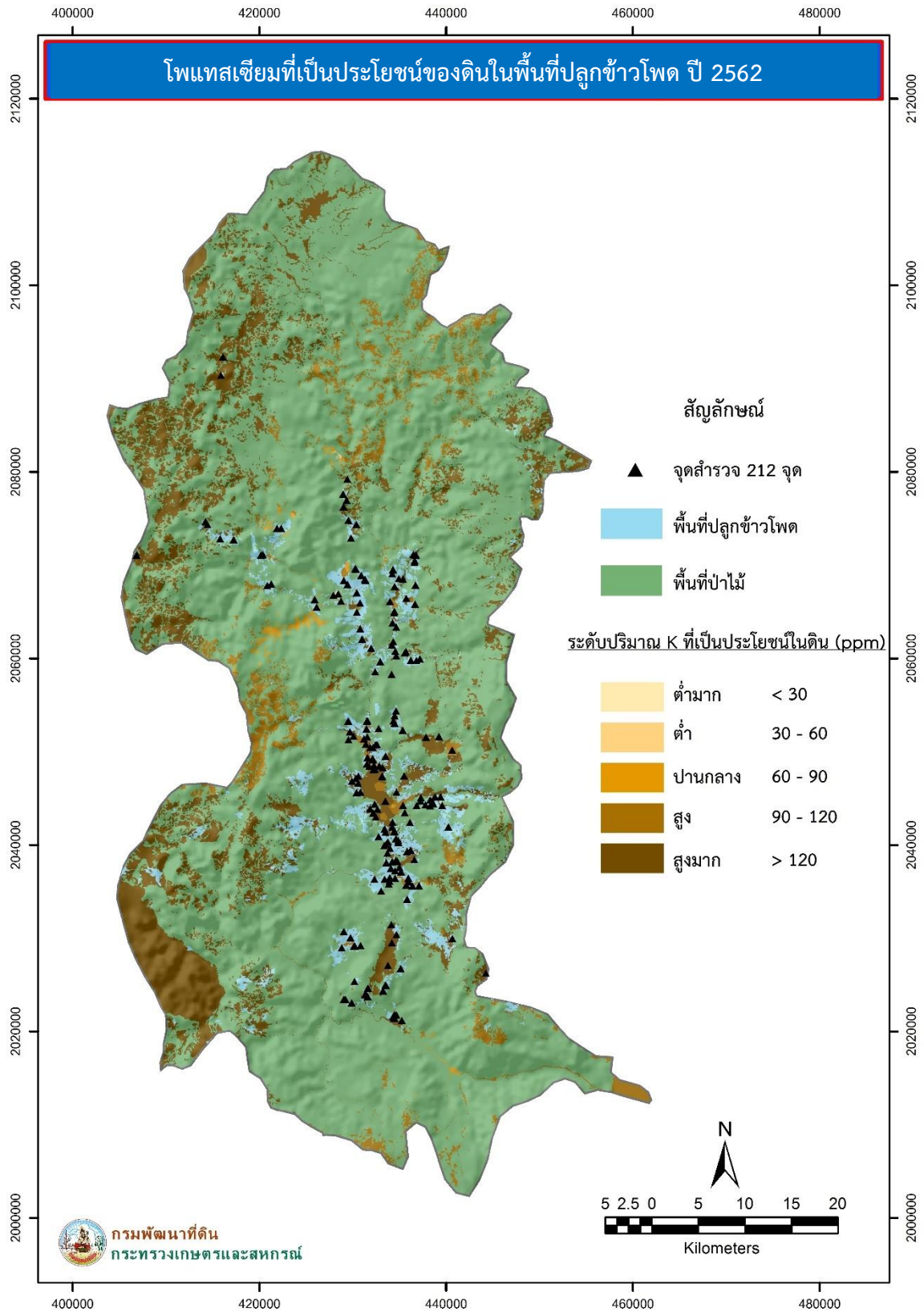
ภาพที่ 31 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562



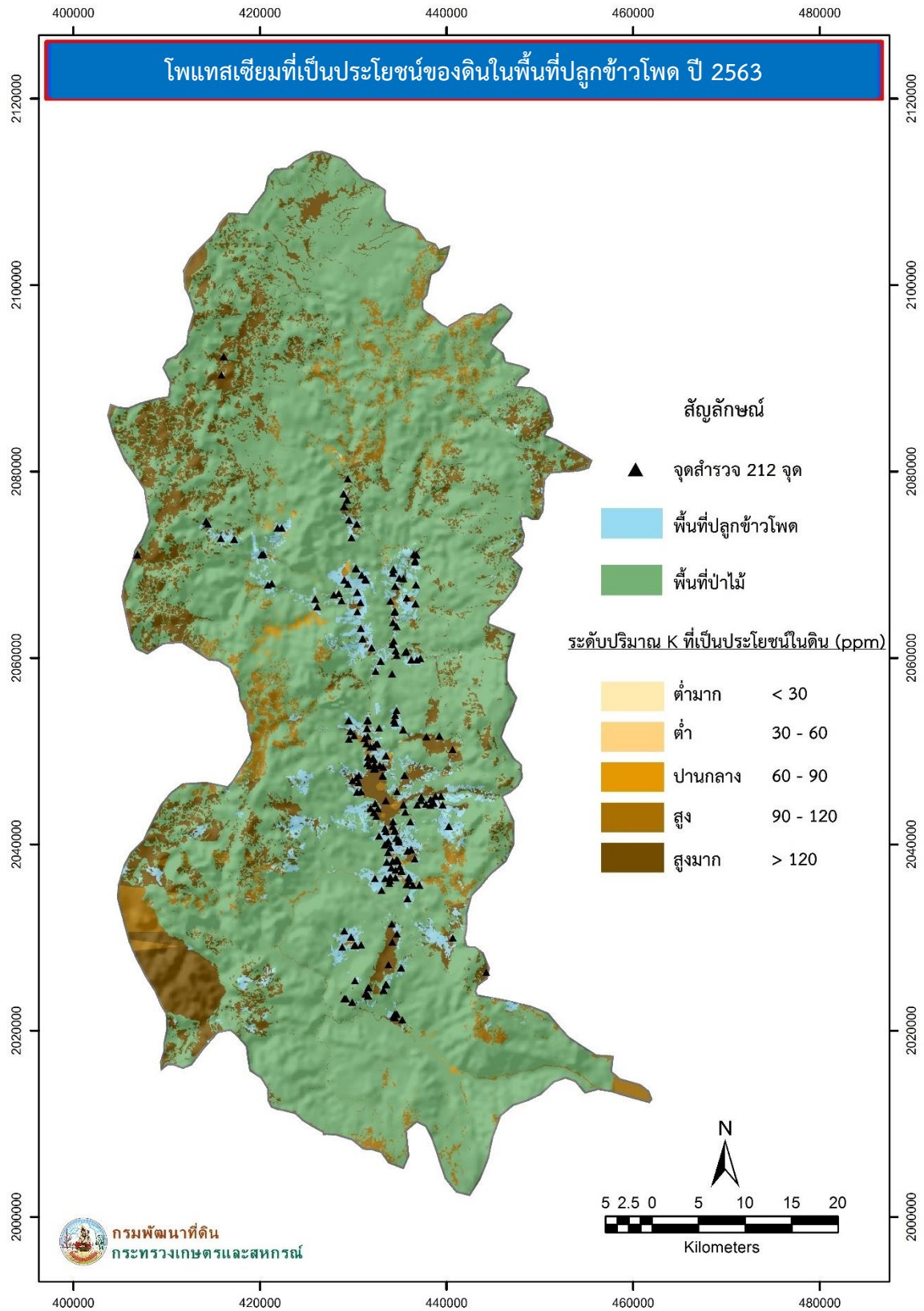
ภาพที่ 32 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563



ภาพที่ 33 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



ภาพที่ 34 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562



ภาพที่ 35 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563

2.4 การเปลี่ยนแปลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562

การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดปี 2561/2562 พบว่าจำนวนพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 649 และ 30,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.56 และ 26.13 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 17,962 และ 13,038 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.47 และ 11.23 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับสูงมากมีการลดลง 36,848 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.73 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 1,051 4,177 และ 31,620 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.90 3.60 และ 27.22 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 9,895 และ 918 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.52 และ 0.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 10,814 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.31

จำนวนพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมาก ปานกลาง และสูงมากมีการลดลง 19 704 และ 2,955 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 0.61 และ 2.54 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2,576 และ 1,102 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.22 และ 0.95 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงและสูงมากมีการลดลง 2,061 และ 1,039 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.77 และ 0.94 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 124 และ 3,030 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.11 และ 2.61 ตามลำดับ

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562/2563

การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดปี 2562/2563 พบว่าจำนวนพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและสูงมีการลดลง 279 และ 342 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 0.29 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับปานกลางและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 285 และ 337 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.25 และ 0.29 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการลดลง 596 214 และ 349 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.51 0.18 และ 0.30 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 1,159 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.00

จำนวนพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 390 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 24 และ 366 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 0.32 ตามลำดับ

จำนวนพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับปานกลางและสูงมีการลดลง 9 และ 53 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2 และ 60 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002 และ 0.05 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จำนวนพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 6,223 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.36 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 111 642 และ 5,470 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.10 0.55 และ 4.71 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความอุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม	
		พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่	พื้นที่
		(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)
2561/ 2562	ต่ำมาก	-	-	-	-	-9,895	-8.52	-19	-0.02	-	-
	ต่ำ	-649	-0.56	1,051	0.90	10,814	9.31	2,576	2.22	124	0.11
	ปานกลาง	-30,350	-26.13	4,177	3.60	-918	-0.79	-704	-0.61	3,030	2.61
	สูง	17,962	15.47	31,620	27.22	-	-	1,102	0.95	-2,061	-1.77
	สูงมาก	13,038	11.23	-36,848	-31.73	-	-	-2,955	-2.54	-1,093	-0.94
2562/ 2563	ต่ำมาก	-	-	-	-	24	0.02	0	0.00	-	-
	ต่ำ	-279	-0.24	-596	-0.51	-390	-0.34	2	0.002	111	0.10
	ปานกลาง	285	0.25	-214	-0.18	366	0.32	-9	-0.01	642	0.55
	สูง	-342	-0.29	-349	-0.30	-	-	-53	-0.05	5,470	4.71
	สูงมาก	337	0.29	1,159	1.00	-	-	60	0.05	-6,223	-5.36

3. การชะล้างพังทลายของดิน ด้วยการประเมินจากแบบจำลอง Morgan Morgan and Finney (MMF model)

3.1 การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำแม่แจ่มดังกล่าว สามารถนำมาประมวลผลข้อมูลโดยอาศัยการประเมินด้วยแบบจำลอง Morgan Morgan and Finney (MMF model) เพื่อจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มขึ้น โดยผลการศึกษาที่ได้เป็นระดับการชะล้างพังทลายของดิน ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 5 ระดับ นอกจากนี้ยังมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ราบและพื้นที่สูง

พื้นที่ราบ หมายถึง ที่ราบลุ่มน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 35 จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 1 – 61 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตรฐาน 1 : 50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ราบหุบเขา ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 62 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตรฐาน 1 : 50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

จากการแบ่งพื้นที่วิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ทำให้ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินนั้นแบ่งออกเป็น 10 ระดับ ซึ่งระดับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ราบจะใช้อักษรภาษาอังกฤษ

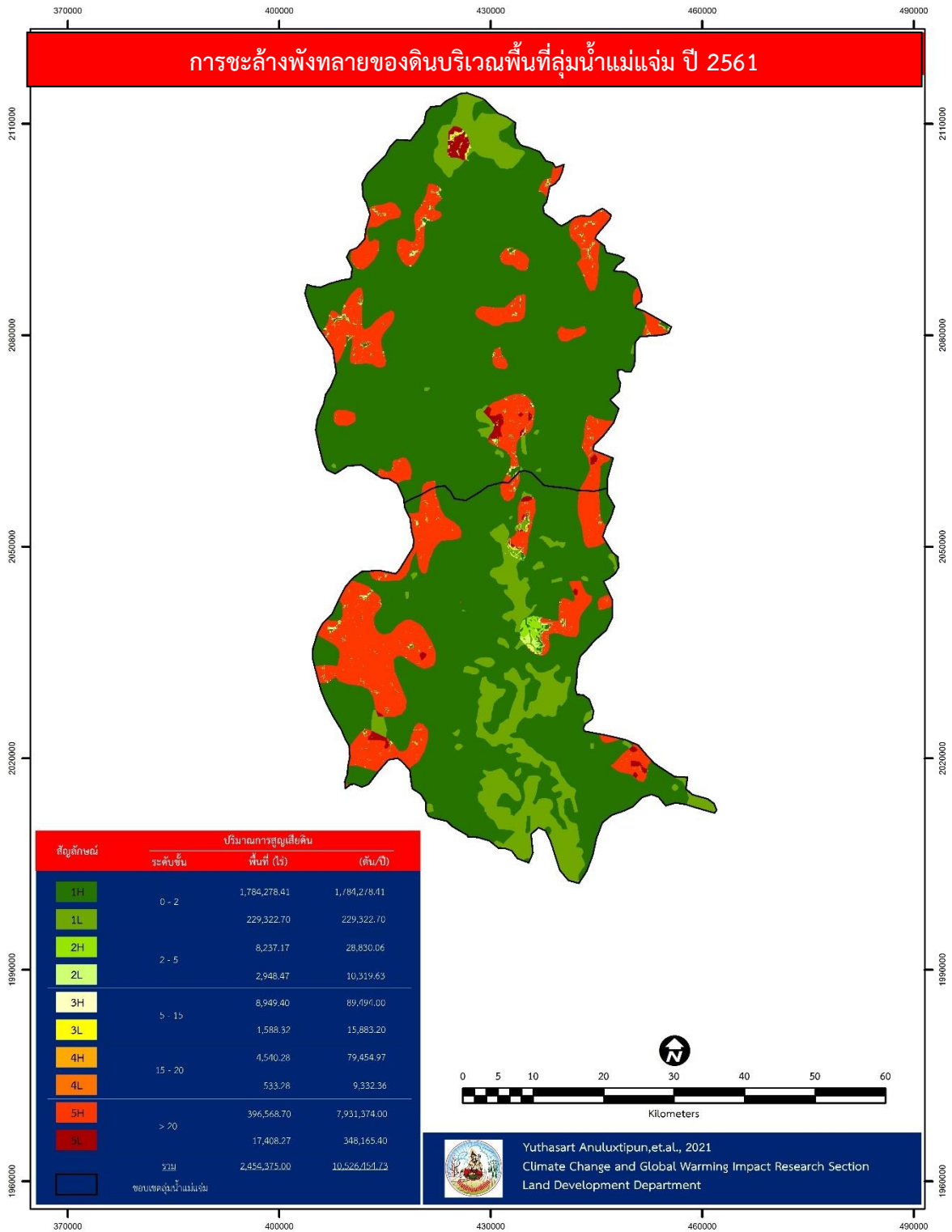
คือตัว “L” ต่อท้ายระดับความรุนแรงที่ 1 – 5 และการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่สูงนั้นจะใช้อักษรภาษาอังกฤษคือตัว “H” ต่อท้ายระดับความรุนแรงที่ 1 – 5

สำหรับผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน โดยแบบจำลอง MMF สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มทั้งสิ้น 2,454,375 ไร่ ในปี 2561 – 2563 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีปริมาณการสูญเสียดิน เฉลี่ย 10,959,467 ตันต่อปี หรือ 10,526,453 9,603,606 และ 12,748,342 ตันต่อปี ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก หรือระดับที่ 1 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 0 – 2 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่เฉลี่ย 1,777,994 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 72.50 หรือ 2,013,601 2,026,422 และ 1,293,958 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 82.04 82.56 และ 52.72 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินที่ระดับรุนแรงมาก หรือระดับที่ 5 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่เฉลี่ย 284,908 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 7.81 หรือ 413,977 163,082 และ 654 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.80 6.65 และ 0.03 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมากนี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่สูงมากกว่าในพื้นที่ราบ

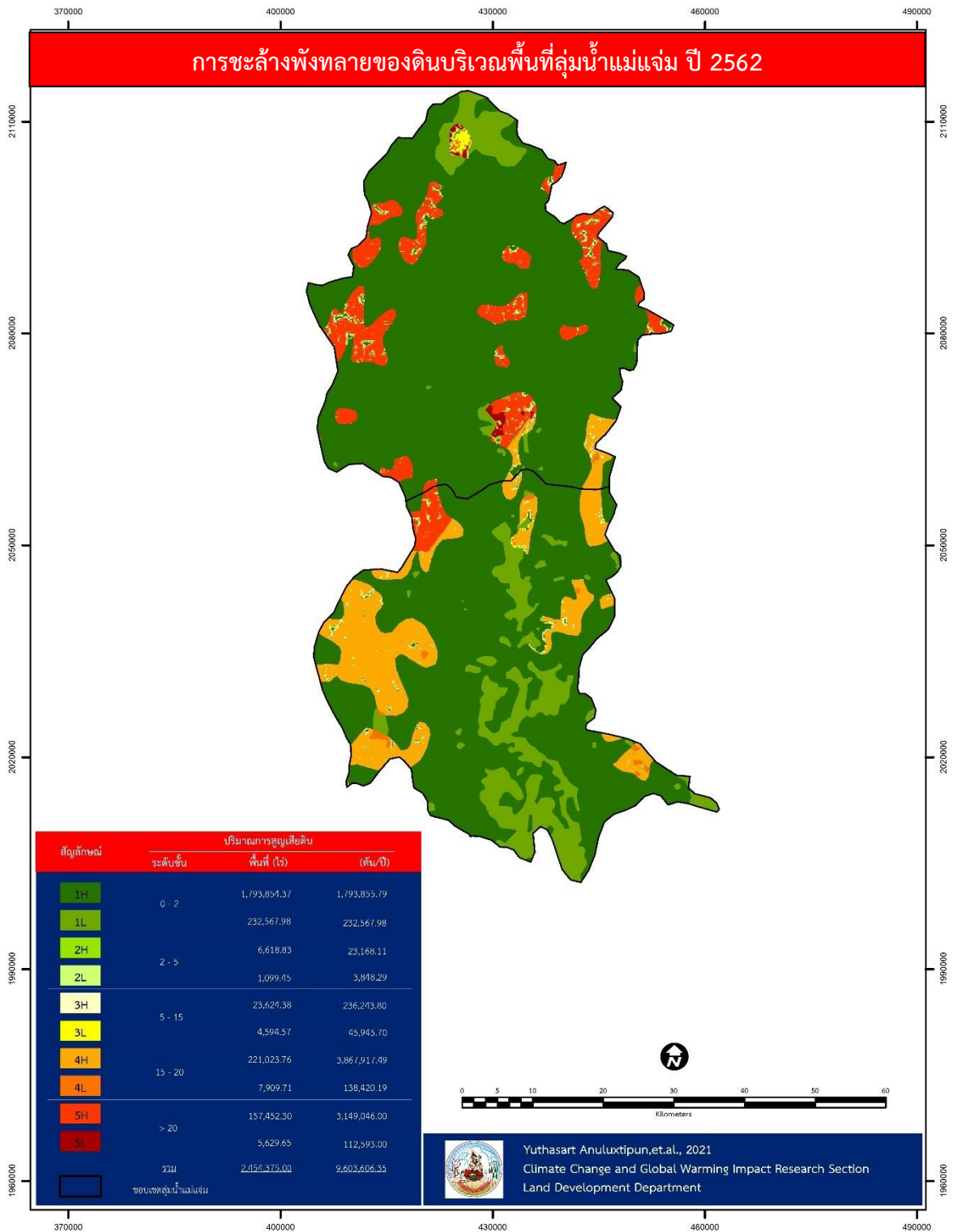
สำหรับผลการศึกษา สามารถประเมินพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินได้ โดยพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน หมายถึง พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงปานกลางถึงรุนแรงมาก หรือระดับ 3 – 5 หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายตั้งแต่ 5 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไป พบว่า มีพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 731,287 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 26.05 หรือ 429,588 420,234 และ 1,067,030 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.50 17.12 และ 43.47 ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวควรมีการวางแผนป้องกันการเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน โดยการวางมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่เพื่อลดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน สำหรับการชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มปี 2561 – 2563 ดังแสดงในตารางที่ 16 และดังแสดงในภาพที่ 36 – 38

ตารางที่ 16 การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

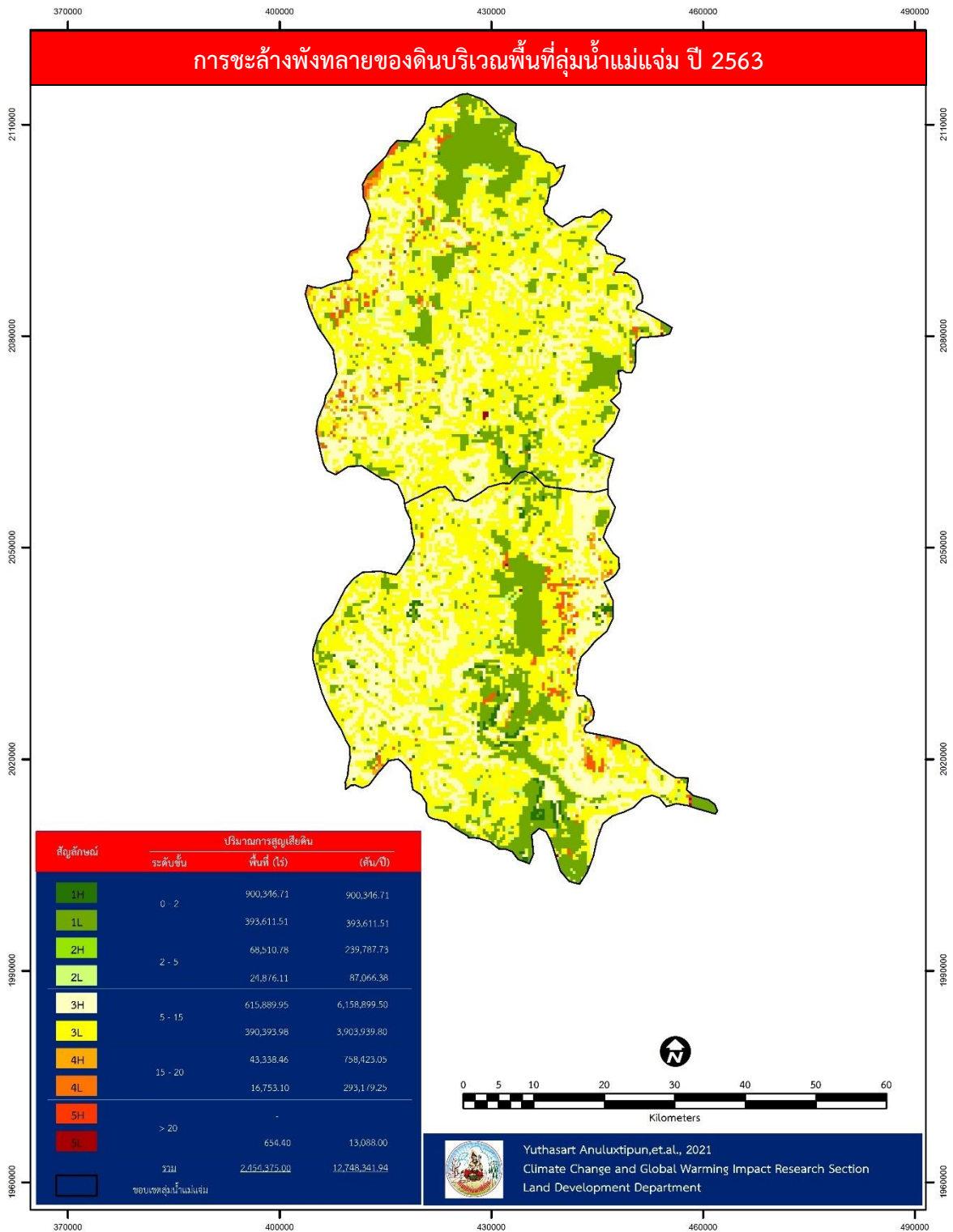
ระดับ ความ รุนแรง	ปี 2561				ปี 2562				ปี 2563				เฉลี่ย				
	พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		
	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	
1	1L	1,784,278	72.8	1,784,277	17.0	1,793,854	73.1	1,793,856	18.7	900,347	36.7	900,347	7.1	1,492,826	60.87	1,492,827	14.27
	1H	229,323	9.4	229,323	2.2	232,568	9.5	232,568	2.4	393,612	16.0	393,612	3.1	285,168	11.63	285,168	2.57
2	2L	8,237	0.3	28,830	0.3	6,619	0.3	23,168	0.2	68,511	2.8	239,788	1.9	27,789	1.13	97,262	0.80
	2H	2,948	0.1	10,320	0.1	1,099	0.04	3,848	0.04	24,876	1.0	87,066	0.7	9,641	0.38	33,745	0.28
3	3L	8,949	0.4	89,494	0.9	23,624	1.0	236,244	2.5	615,890	25.1	6,158,900	48.3	216,154	8.83	2,161,546	17.23
	3H	1,588	0.1	15,883	0.2	4,595	0.2	45,946	0.5	390,394	15.9	3,903,940	30.6	132,192	5.40	1,321,923	10.43
4	4L	4,540	0.2	79,455	0.8	221,024	9.0	3,867,917	40.3	43,338	1.8	758,423	6.0	89,634	3.67	1,568,598	15.70
	4H	533	0.02	9,332	0.1	7,910	0.3	138,420	1.4	16,753	0.7	293,179	2.3	8,399	0.34	146,977	1.27
5	5L	396,569	16.1	7,931,374	75.4	157,452	6.4	3,149,046	32.8	-	0.00	-	0.0	277,011	7.50	5,540,210	36.07
	5H	17,408	0.7	348,165	3.3	5,630	0.2	112,593	1.2	654	0.03	13,088	0.1	7,897	0.31	157,949	1.53
รวม		2,454,375	100	10,526,453	100	2,454,375	100	9,603,606	100	2,454,375	100	12,748,342	100	2,454,375	100	10,959,467	100



ภาพที่ 36 การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561



ภาพที่ 37 การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562



ภาพที่ 38 การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2563

3.2 การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

จากผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม หากพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของการชะล้างพังทลายในแต่ละปี พบว่า ปี 2561/2562 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินลดลง 922,847 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 8.77 โดยพื้นที่ที่ลดลงส่วนใหญ่เปลี่ยนจากพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงสูงมาก หรือระดับที่ 5 มีอัตราการชะล้างพังทลายมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไป จำนวน 250,895 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ระดับความรุนแรงสูง หรือระดับที่ 4 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 15 – 20 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 223,861 ไร่

สำหรับปี 2562/2563 พบว่า ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น 3,144,737 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 32.75 โดยพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เปลี่ยนจากพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงน้อยมาก หรือระดับที่ 1 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 0 – 5 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 732,463 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีระดับความรุนแรงปานกลาง หรือระดับที่ 3 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 10 – 15 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 978,065 ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ระดับ	ความรุนแรง	ปี 2561/2562				ปี 2562/2563			
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	ปริมาณ (ตัน/ปี)	ปริมาณ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	ปริมาณ (ตัน/ปี)	ปริมาณ (%)
1	1L	9,576	0.39	9,579	0.09	-893,507	-36.40	-893,509	-9.30
	1H	3,245	0.13	3,245	0.03	161,044	6.56	161,044	1.68
2	2L	-1,618	-0.07	-5,662	-0.05	-	-	-	-
	2H	-1,849	-0.08	-6,472	-0.06	23,777	0.97	83,218	0.87
3	3L	14,675	0.60	146,750	1.39	592,266	24.13	5,922,656	61.67
	3H	3,007	0.12	30,063	0.29	385,799	15.72	3,857,994	40.17
4	4L	216,484	8.82	3,788,462	35.99	-177,686	-7.24	-3,109,494	-32.38
	4H	7,377	0.30	129,088	1.23	8,843	0.36	154,759	1.61
5	5L	-239,117	-9.74	-4,782,328	-45.43	-	-	-	-
	5H	-11,778	-0.48	-235,572	-2.24	-4,976	-0.20	-99,505	-1.04
การเปลี่ยนแปลง				-922,847	-8.77			3,144,737	32.75

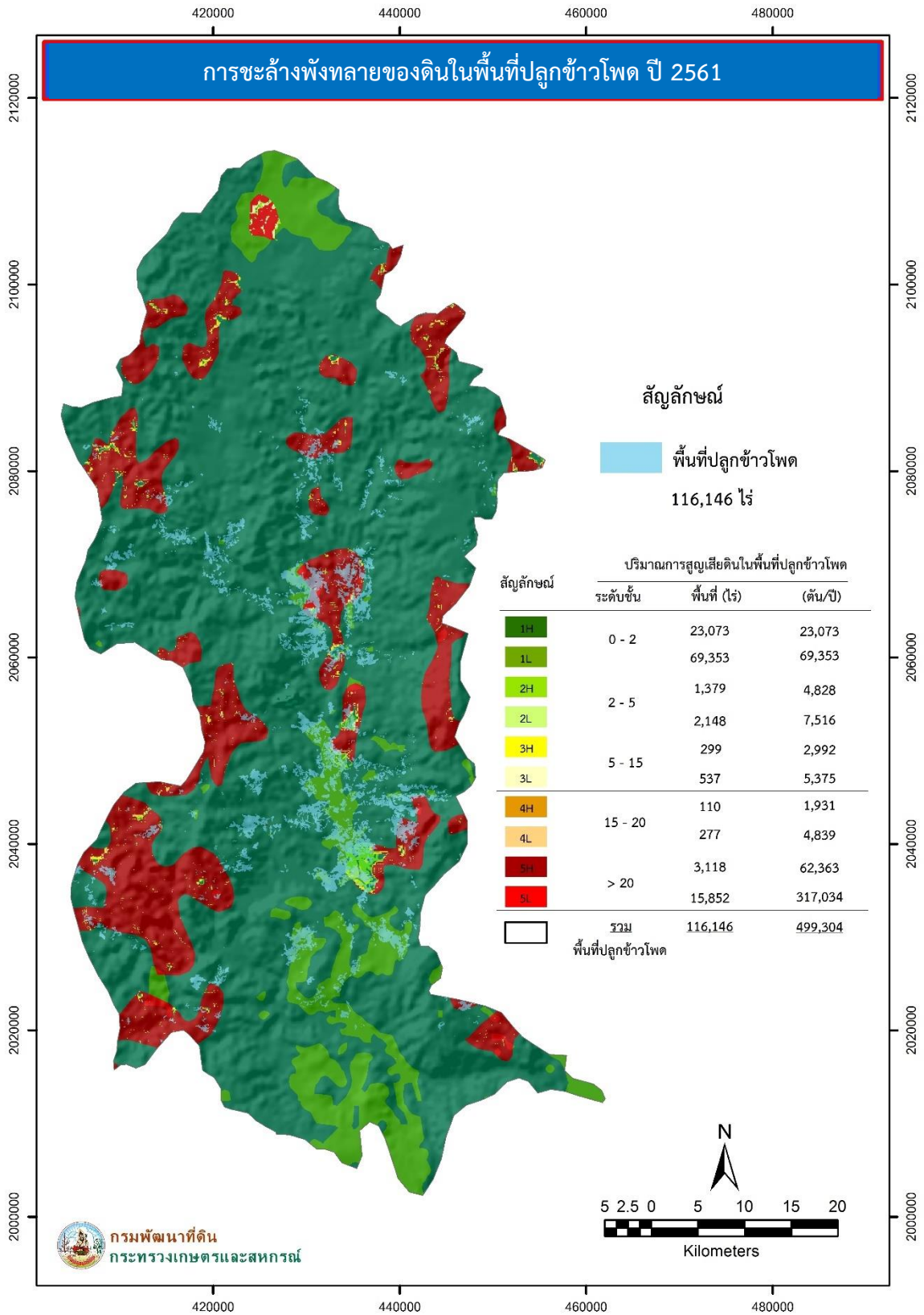
3.3 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

จากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2561 – 2563 รายงานว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งสิ้น 116,146 ไร่ สำหรับผลการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน สามารถสรุปได้ว่า ในปี 2561 – 2563 มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 613,716 ตันต่อปี หรือ 499,304 443,296 และ 898,549 ตันต่อปี ตามลำดับ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก หรือระดับที่ 1 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 0 – 2 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่เฉลี่ย 73,478 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 63.26 โดยในปี 2561 และ 2562 เป็นพื้นที่ 92,426 และ 96,090 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 79.58 และ 82.73 ตามลำดับ ส่วนปี 2563 พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับปานกลาง หรือระดับที่ 3 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 5 – 15 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่ 76,541 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 65.90 สำหรับพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินที่ระดับรุนแรงมาก หรือระดับที่ 5 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี เป็นพื้นที่เฉลี่ย 12,659 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 10.90 หรือ 18,970 7,987 และ 210 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.33 6.88 และ 0.18 ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมากนี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่สูงมากกว่าในพื้นที่ราบ

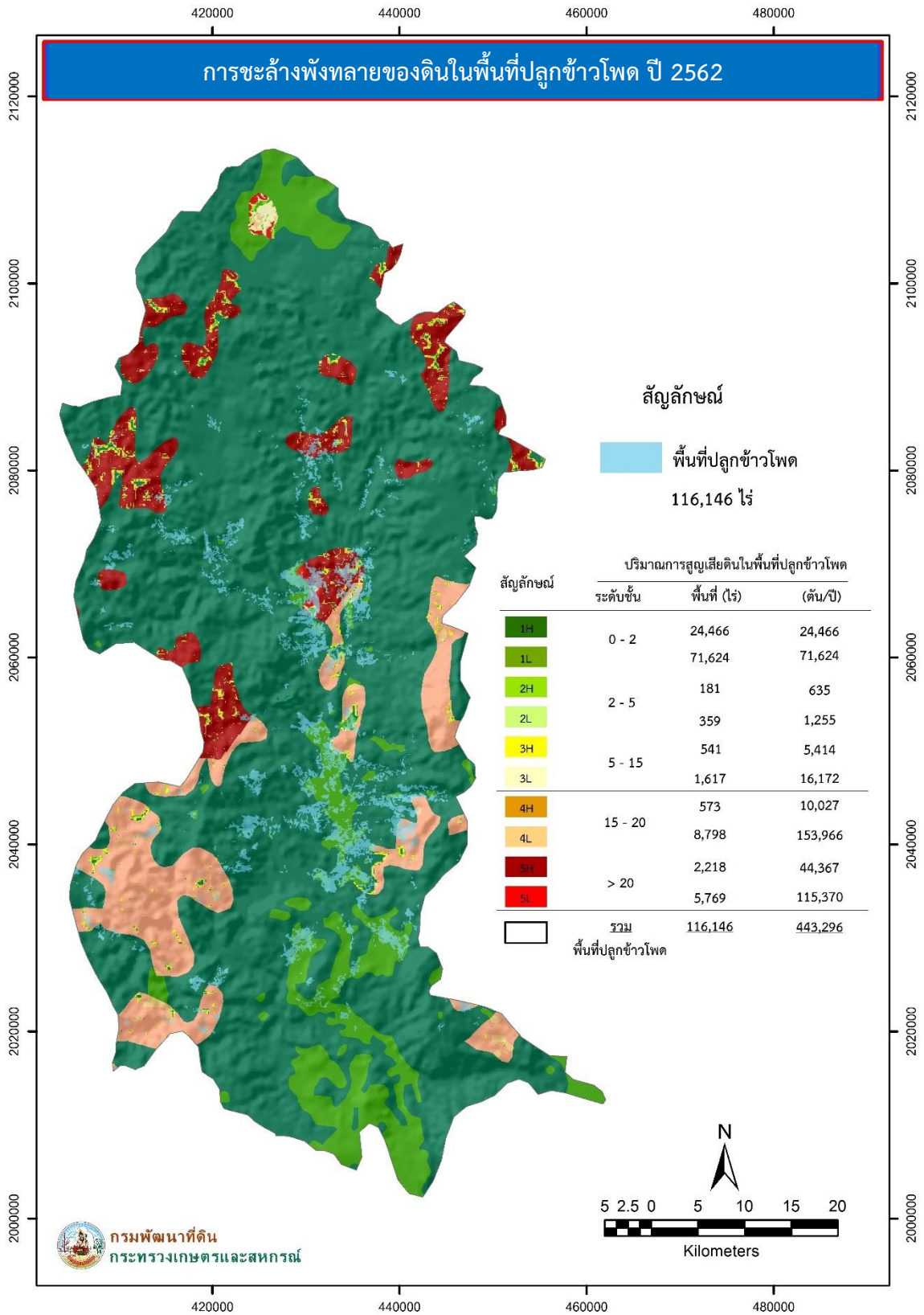
สำหรับผลการศึกษาสามารถประเมินพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินได้ โดยพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน หมายถึง พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงปานกลาง ถึงรุนแรงมาก หรือระดับ 3 – 5 มีอัตราการชะล้างพังทลายตั้งแต่ 5 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไป พบว่า ปี 2561 – 2563 มีพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ย 44,110 คิดเป็นร้อยละ 37.98 หรือ 20,193 19,517 และ 81,812 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.39 16.80 และ 70.44 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวควรมีการวางแผนป้องกันการเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน โดยการวางมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ เพื่อลดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย สำหรับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563 ดังแสดงในตารางที่ 18 และดังแสดงในภาพที่ 39 – 41

ตารางที่ 18 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

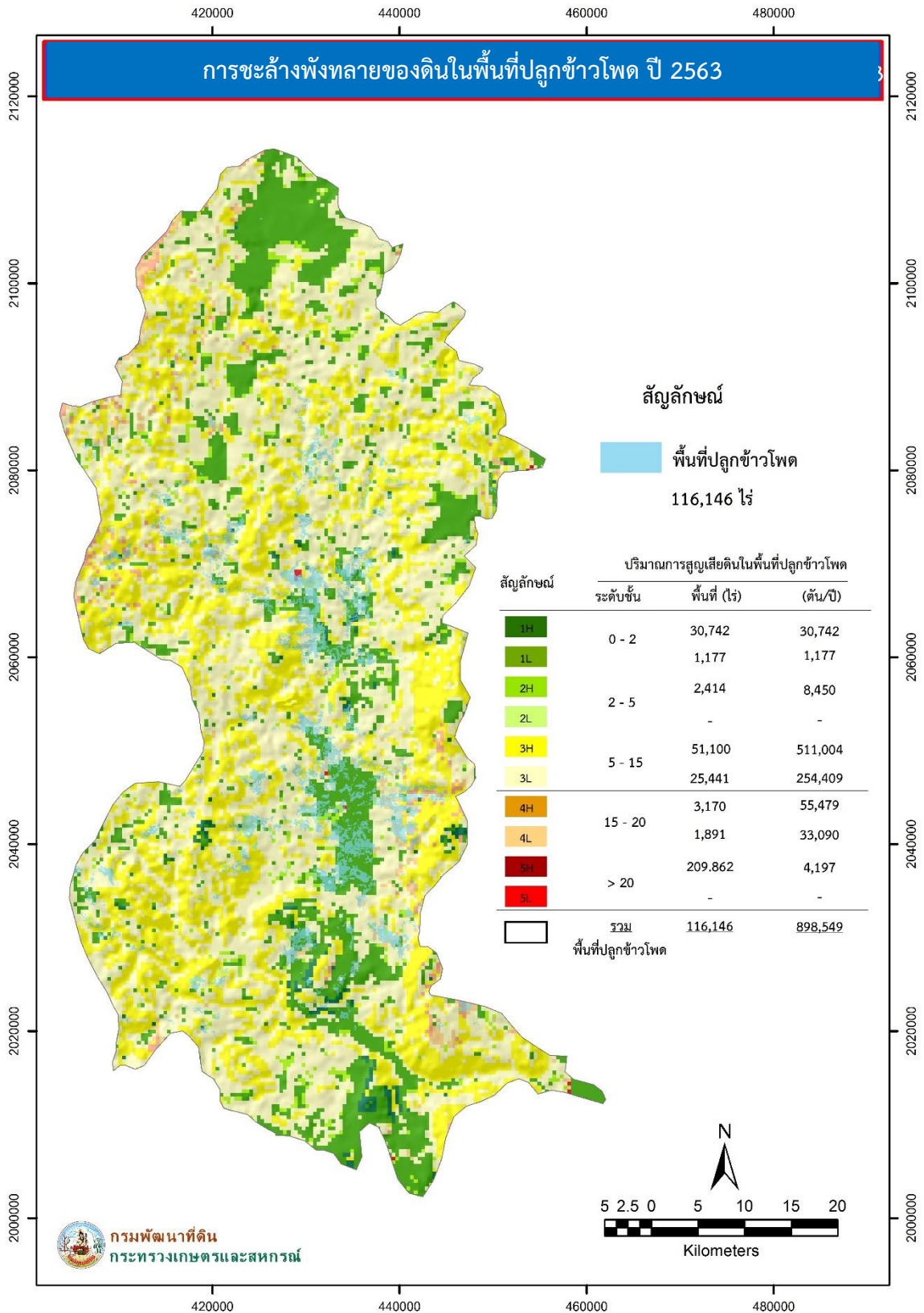
ระดับ ความ รุนแรง	ปี 2561				ปี 2562				ปี 2563				เฉลี่ย				
	พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		พื้นที่		ปริมาณการ สูญเสียดิน		
	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	ไร่	%	ตัน/ปี	%	
1	1L	69,353	59.71	69,353	13.89	71,624	61.67	71,624	16.16	1,177	1.01	1,177	0.13	47,385	40.80	47,385	10.06
	1H	23,073	19.87	23,073	4.62	24,466	21.06	24,466	5.52	30,742	26.47	30,742	3.42	26,094	22.47	26,094	4.52
2	2L	2,148	1.85	7,516	1.51	359	0.31	1,255	0.28	-	-	-	-	1,254	1.08	4,386	0.90
	2H	1,379	1.19	4,828	0.97	181	0.16	635	0.14	2,414	2.08	8,450	0.94	1,325	1.14	4,638	0.68
3	3L	537	0.46	5,375	1.08	1,617	1.39	16,172	3.65	25,441	21.90	254,409	28.31	9,198	7.92	91,985	11.01
	3H	299	0.26	2,992	0.60	541	0.47	5,414	1.22	51,100	44.00	511,004	56.87	17,313	14.91	173,137	19.56
4	4L	277	0.24	4,839	0.97	8,798	7.57	153,966	34.73	1,891	1.63	33,090	3.68	3,655	3.15	63,965	13.13
	4H	110	0.10	1,931	0.39	573	0.49	10,027	2.26	3,170	2.73	55,479	6.17	1,284	1.11	22,479	2.94
5	5L	15,852	13.65	317,034	63.50	5,769	4.97	115,370	26.03	-	-	-	-	10,811	9.31	216,202	44.77
	5H	3,118	2.68	62,363	12.49	2,218	1.91	44,367	10.01	209,862	0.18	4,197	0.47	1,849	1.59	36,976	7.66
รวม		116,146	100.00	499,304	100.00	116,146	100.00	443,296	100.00	116,146	100.00	898,549	100.00	116,146	100.00	613,716	100.00



ภาพที่ 39 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561



ภาพที่ 40 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562



ภาพที่ 41 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2563

3.4 การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

จากผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด หากพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของการชะล้างพังทลายในแต่ละปี พบว่า ปี 2561/2562 ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินลดลง 56,008 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 11.22 โดยพื้นที่ที่ลดลงส่วนใหญ่เปลี่ยนจากพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงสูงมาก หรือระดับที่ 5 มีอัตราการชะล้างพังทลายมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไป จำนวน 10,983 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ระดับความรุนแรงสูง หรือระดับที่ 4 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 15 – 20 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 8,984 ไร่

สำหรับปี 2562/2563 พบว่า ปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น 455,253 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 102.70 โดยพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เปลี่ยนจากพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงน้อยมาก หรือระดับที่ 1 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 0 – 5 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 64,170 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ระดับความรุนแรงปานกลาง หรือระดับที่ 3 มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 10 – 15 ตันต่อไร่ต่อปี จำนวน 74,383 ไร่ ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของพื้นที่ระดับความรุนแรง ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

ระดับความรุนแรง	พื้นที่ (ไร่)	ปี 2561/2562				ปี 2562/2563			
		พื้นที่ (%)	ปริมาณ (ตัน/ปี)	ปริมาณ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	ปริมาณ (ตัน/ปี)	ปริมาณ (%)	
1	1L	2,271	1.96	2,271	0.45	-70,446	-60.65	-70,446	-15.89
	1H	1,393	1.20	1,393	0.28	6,276	5.40	6,276	1.42
2	2L	-1,789	-1.54	-6,261	-1.25	-	-	-	-
	2H	-1,198	-1.03	-4,193	-0.84	2,233	1.92	7,815	1.76
3	3L	1,080	0.93	10,798	2.16	23,824	20.51	238,237	53.74
	3H	242	0.21	2,423	0.49	50,559	43.53	505,589	114.05
4	4L	8,522	7.34	149,127	29.87	-6,907	-5.95	-120,875	-27.27
	4H	463	0.40	8,096	1.62	2,597	2.24	45,452	10.25
5	5L	-10,083	-8.68	-201,664	-40.39	-	-	-	-
	5H	-900	-0.77	-17,996	-3.60	-2,008	-1.73	-40,170	-9.06
การเปลี่ยนแปลง				-56,008	-11.22			455,253	102.70

3.5 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561/2562

การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561/2562 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 1,562 และ 234,530 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.09 และ 14.07 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 7,025 และ 229,067 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.42 และ 13.74 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำมาก ต่ำ และปานกลางมีการลดลง 60 328,689 และ 248,879 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.004 19.71 และ 14.93 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 9,070 และ 491,407 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.54 และ 29.47 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 81,228 และ 94,373 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.87 และ 5.66 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 175,601 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.53

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากและสูงมากมีการลดลง 33 และ 297,945 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002 และ 17.87 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 26,088 35,769 และ 236,120 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.56 2.15 และ 14.16 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากและสูงมีการลดลง 818 และ 146,213 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.05 และ 8.77 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 3,396 4,530 และ 139,106 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.20 0.27 และ 8.34 ตามลำดับ

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562/2563

การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562/2563 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 164 และ 16,624 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 1.00 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 4,024 และ 12,764 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 0.77 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 3,106 และ 20,227 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.19 และ 1.21 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 3,963 และ 19,370 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 1.16 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 1,446 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.09 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 340 และ 1,105 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 0.07 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมีการลดลง 955 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.06 ในขณะที่ระดับต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 158 23 26 และ 746 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 0.001 0.002 และ 0.04 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 95,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.74 ในขณะที่ระดับต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 158 279 1,648 และ 93,552 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 0.02 0.10 และ 5.61 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความอุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
		ต่ำมาก	-	-	-60	-0.004	-81,228	-4.87	-33	-0.002	-818
2561/ 2562	ต่ำ	-1,562	-0.09	-328,689	-19.71	175,601	10.53	26,088	1.56	3,396	0.20
	ปานกลาง	-234,530	-14.07	-248,879	-14.93	-94,373	-5.66	35,769	2.15	4,530	0.27
	สูง	7,025	0.42	9,070	0.54	-	-	236,120	14.16	-146,213	-8.77
	สูงมาก	229,067	13.74	491,407	29.47	-	-	-297,945	-17.87	139,106	8.34
2562/ 2563	ต่ำมาก	-	-	-	-	340	0.02	158	0.01	158	0.01
	ต่ำ	-164	-0.01	-3,106	-0.19	-1,446	-0.09	23	0.001	279	0.02
	ปานกลาง	-16,624	-1.00	-20,227	-1.21	1,105	0.07	26	0.002	1,648	0.10
	สูง	4,024	0.24	3,963	0.24	-	-	-955	-0.06	93,552	5.61
	สูงมาก	12,764	0.77	19,370	1.16	-	-	746	0.04	-95,637	-5.74

3.6 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562

การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 649 และ 30,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.56 และ 26.13 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 17,962 และ 13,038 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.47 และ 11.23 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำมาก ต่ำ และปานกลางมีการลดลง 17 10,324 และ 29,897 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 8.89 และ 25.74 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 17,812 และ 22,426 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.34 และ 19.31 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 9,895 และ 918 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.52 และ 0.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้น 10,814 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.31

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมาก ปานกลาง และสูงมากมีการลดลง 19 704 และ 2,955 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 0.61 และ 2.54 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำ และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2,576 และ 1,102 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.22 และ 0.95

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงและสูงมากมีการลดลง 2,061 และ 1,093 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.77 และ 0.94 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 124 และ 3,030 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.11 และ 2.61 ตามลำดับ

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562/2563

การเปลี่ยนแปลงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562/2563 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและสูงมีการลดลง 279 และ 342 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 0.29 ตามลำดับ ที่ระดับปานกลางและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 285 และ 337 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.25 และ 0.29 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำปานกลาง และสูงมีการลดลง 596 214 และ 349 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.51 0.18 และ 0.30 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 1,159 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 1.00 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 390 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 24 และ 366 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 0.32 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับปานกลางและสูงมีการลดลง 9 และ 53 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2 และ 60 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002 และ 0.05 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 6,223 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.36 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 111 642 และ 5,470 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.10 0.02 0.55 และ 4.71 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

ปี	ระดับความอุดมสมบูรณ์	อินทรีย์วัตถุ		คาร์บอน		ไนโตรเจนทั้งหมด		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	
		พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
2561/ 2562	ต่ำมาก	-	-	-17	-0.01	-9,895	-8.52	-19	-0.02	-	-
	ต่ำ	-649	-0.56	-10,324	-8.89	10,814	9.31	2,576	2.22	124	0.11
	ปานกลาง	-30,350	-26.13	-29,897	-25.74	-918	-0.79	-704	-0.61	3,030	2.61
	สูง	17,962	15.47	17,812	15.34	-	-	1,102	0.95	-2,061	-1.77
	สูงมาก	13,038	11.23	22,426	19.31	-	-	-2,955	-2.54	-1,093	-0.94
2562/ 2563	ต่ำมาก	-	-	-	-	24	0.02	0	0.000	-	-
	ต่ำ	-279	-0.24	-596	-0.51	-390	-0.34	2	0.002	111	0.10
	ปานกลาง	285	0.25	-214	-0.18	366	0.32	-9	-0.01	642	0.55
	สูง	-342	-0.29	-349	-0.30	-	-	-53	-0.05	5,470	4.71
	สูงมาก	337	0.29	1,159	1.00	-	-	60	0.05	-6,223	-5.36

4. การเผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

4.1 จำนวนจุดความร้อน

จากการติดตามและรวบรวมจุดความร้อนจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาเฉพาะของอาเซียน และระบุพิกัดด้วยโปรแกรม ThaiCO₂HOTSPOT ของกรมพัฒนาที่ดินแล้ว พบว่า ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561 – 2563 เกิดจุดความร้อน (Hot Spot) เฉลี่ย 21 จุดต่อปี หรือ 13 19 และ 30 จุดตามลำดับ รวมทั้ง 3 ปีเท่ากับ 62 จุด ดังภาพที่ 16 เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของจุดความร้อนในแต่ละปี พบว่า จำนวนจุดความร้อนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9 จุดต่อปี คิดเป็นร้อยละ 52.02 โดยในปี 2561/2562 เพิ่มขึ้น 6 จุด คิดเป็นร้อยละ 46.15 และในปี 2562/2563 เพิ่มขึ้น 11 จุด คิดเป็นร้อยละ 57.89 สำหรับการเพิ่มขึ้นของจุดความร้อนในแต่ละปีนั้น อาจเกิดจากสภาวะอากาศที่มีความแห้งแล้ง และปริมาณเศษวัสดุที่สะสมอยู่ ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ง่าย

4.2 พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการประเมินด้วย

ข้อมูลจุดความร้อน

จากจำนวนจุดความร้อนดังกล่าว สามารถคำนวณพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดได้ โดยแต่ละจุดความร้อนมีโอกาสเกิดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้สูงสุด 625 ไร่ (ตามขนาดของความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Modis 1000 x 1000 เมตร) ส่งผลให้พบพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เฉลี่ย 12,917 ไร่ต่อปี หรือ 8,125 11,875 และ 18,750 ไร่ ตามลำดับ ทำให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 5,683 ตันต่อปี หรือ 3,575 5,225 และ 8,250 ตัน ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละปี พบว่า ในปี 2561/2562 พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เพิ่มขึ้น 3,750 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 46.15 ส่วนการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1,650 ตัน คิดเป็นร้อยละ 46.15 สำหรับในปี 2562/2563 พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เพิ่มขึ้น 6,875 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 57.89 และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 3,025 ตัน คิดเป็นร้อยละ 57.89 ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 จำนวนจุดความร้อน พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2563

ปี	จุดความร้อน (จุด)	การเปลี่ยนแปลงจุดความร้อน		พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (ไร่)	การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้		การปลดปล่อย CO ₂ (ตัน)	การเปลี่ยนแปลงการปลดปล่อย CO ₂	
		จุด	%		ไร่	%		ตัน	%
2561	13			8,125			3,575		
2562	19	6	46.15	11,875	3,750	46.15	5,225	1,650	46.15
2563	30	11	57.89	18,750	6,875	57.89	8,250	3,025	57.89
รวม	62	17	27.42	38,750	10,625	27.42	17,050	4,675	27.42
เฉลี่ย	21	9	52.02	12,917	5,313	52.02	5,683	2,338	52.02

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2558) และ Zhang *et al.* (2018)

4.3 ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562

ในปี 2561 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 2.72 1.52 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 43.35 และ 115.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ปี 2562 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 3.16 1.83 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 45.24 และ 118.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากการศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ในปี 2562 มีจำนวนจุดความร้อนจากการเผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด 19 จุด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในดินจากปี 2561 โดยอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.44 0.31 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.89 และ 3.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 23

เมื่อพิจารณาค่าการวิเคราะห์ทางวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Paired Sample T-test พบว่า อินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561 – 2562

ลำดับ	พิกัด		ปี 2561					ปี 2562					การเปลี่ยนแปลง ปี 2561/2562				
	X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	428881	2081489	2.53	1.41	0.13	33.68	106.91	2.72	1.57	0.14	30.82	65.79	0.18	0.16	0.01	-2.86	-41.12
2	429829	2081596	2.40	1.34	0.12	34.48	109.60	3.67	2.13	0.19	29.94	117.57	1.27	0.79	0.07	-4.54	7.97
3	430038	2081042	2.45	1.37	0.12	36.75	109.41	3.71	2.15	0.19	26.72	118.08	1.26	0.79	0.07	-10.03	8.67
4	432040	2081034	2.48	1.39	0.12	38.73	104.04	3.62	2.10	0.20	30.83	120.01	1.14	0.71	0.07	-7.90	15.98
5	437984	2029673	2.35	1.36	0.12	47.01	126.06	2.45	1.43	0.12	36.39	127.03	0.11	0.06	0.00	-10.62	0.97
6	428046	2028158	2.43	1.41	0.12	50.82	132.81	2.92	1.69	0.18	38.44	113.80	0.49	0.28	0.06	-12.38	-19.01
7	415462	2073245	3.29	1.91	0.20	22.63	108.41	4.12	2.39	0.21	17.34	151.27	0.83	0.48	0.02	-5.29	42.86
8	421467	2072445	2.70	1.56	0.14	8.74	107.90	3.25	1.89	0.17	6.69	92.17	0.54	0.33	0.03	-2.05	-15.74
9	429447	2064004	2.61	1.50	0.13	48.98	120.82	3.27	1.90	0.16	49.65	107.83	0.66	0.40	0.03	0.67	-12.99
10	434742	2039531	2.64	1.53	0.13	81.45	119.55	3.06	1.78	0.15	65.88	125.18	0.42	0.24	0.02	-15.57	5.63
11	431274	2044191	3.00	1.89	0.15	75.21	120.68	3.05	1.77	0.15	65.34	137.52	0.05	-0.12	0.00	-9.87	16.84
12	416304	2073020	3.26	1.89	0.18	19.39	107.57	4.00	2.32	0.20	14.42	150.60	0.75	0.43	0.02	-4.98	43.03
13	436309	2065971	2.46	1.43	0.12	75.16	89.95	1.90	1.10	0.10	71.52	120.07	-0.56	-0.33	-0.02	-3.64	30.12
14	428349	2052611	2.64	1.53	0.13	72.39	113.61	3.29	1.91	0.17	43.05	121.54	0.65	0.38	0.04	-29.33	7.93
15	423225	2038025	2.67	1.55	0.13	64.54	125.42	3.06	1.77	0.16	60.31	126.50	0.39	0.23	0.03	-4.24	1.08
16	439503	2042392	1.82	1.06	0.09	36.19	126.46	1.66	0.96	0.11	56.70	118.86	-0.16	-0.09	0.02	20.52	-7.60
17	431043	2067870	3.34	1.58	0.17	26.60	122.02	3.34	1.94	0.19	72.38	114.02	0.00	0.36	0.02	45.78	-8.00
18	430621	2067761	3.19	1.66	0.16	28.08	123.39	3.81	2.21	0.20	67.03	111.13	0.61	0.54	0.04	38.96	-12.26
19	431150	2068091	3.38	1.48	0.17	22.82	122.19	3.06	1.78	0.18	76.20	117.02	-0.31	0.30	0.01	53.38	-5.16
เฉลี่ย			2.72	1.52	0.14	43.35	115.62	3.16	1.83	0.17	45.24	118.74	0.44	0.31	0.03	1.89	3.12

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562/2563

ในปี 2562 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 3.02 1.72 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 37.44 และ 121.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ปี 2563 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 3.59 2.08 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 44.14 และ 126.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากการศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ในปี 2563 มีจำนวนจุดความร้อนจากการเผาไหม้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด 30 จุด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในดินจากปี 2562 โดยอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.56 0.36 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.69 และ 4.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 24

เมื่อพิจารณาค่าการวิเคราะห์ทางวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Pair Sample T-test พบว่า อินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ถูกเผาไหม้มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยอินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทับถมของเศษซากพืช ซากสัตว์ที่ยังใหม่ไม่หมดยังคงหลงเหลืออยู่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากซากพืชที่ตายไปจากการเผาไหม้จะสะสมอยู่ในดิน ส่วนไนโตรเจนอยู่ในรูปก๊าซเป็นส่วนใหญ่ การเผาจึงมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ตารางที่ 24 ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562 – 2563

ลำดับ	พิกัด		ปี 2562					ปี 2563					การเปลี่ยนแปลง ปี 2562/2563				
	X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	420171	2084987	4.33	2.30	0.30	29.40	146.73	4.04	2.34	0.20	19.40	123.32	-0.28	0.04	-0.10	-10.00	-23.42
2	429410	2082151	2.40	1.33	0.12	34.25	109.71	3.73	2.16	0.19	30.77	120.24	1.34	0.83	0.07	-3.47	10.53
3	415799	2077891	3.85	2.10	0.27	24.97	125.46	4.95	2.87	0.27	16.88	149.88	1.09	0.76	0.00	-8.09	24.41
4	415077	2076766	3.73	2.06	0.26	27.02	121.00	4.53	2.63	0.27	24.21	149.04	0.80	0.57	0.01	-2.81	28.04
5	438343	2075148	2.32	1.35	0.12	45.45	95.86	3.34	1.94	0.17	50.43	122.75	1.02	0.59	0.05	4.98	26.89
6	415177	2073213	3.31	1.92	0.20	24.15	108.30	4.30	2.49	0.22	20.75	151.87	0.98	0.57	0.02	-3.39	43.56
7	416179	2073353	3.26	1.89	0.19	20.30	107.55	4.08	2.37	0.22	16.34	150.12	0.82	0.48	0.03	-3.96	42.57
8	415030	2073447	4.32	2.51	0.23	20.90	151.79	4.32	2.51	0.23	20.90	151.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	415146	2073335	3.31	1.92	0.20	24.23	108.33	4.31	2.50	0.22	21.03	151.97	0.99	0.58	0.02	-3.20	43.64
10	415861	2072967	3.28	1.90	0.19	21.22	107.45	3.72	2.16	0.17	9.78	150.88	0.44	0.26	-0.02	-11.43	43.43
11	430599	2067507	3.11	1.66	0.16	28.76	123.25	4.19	2.43	0.22	70.48	117.12	1.08	0.77	0.06	41.71	-6.13
12	430114	2067464	2.98	1.65	0.15	22.39	127.63	4.05	2.35	0.21	63.76	110.59	1.07	0.69	0.06	41.37	-17.04
13	407583	2068126	3.76	2.18	0.26	24.72	103.59	4.25	2.47	0.26	21.14	143.98	0.50	0.29	0.00	-3.58	40.39
14	430304	2067552	3.03	1.65	0.15	24.96	125.92	4.06	2.35	0.21	66.25	112.67	1.03	0.70	0.06	41.30	-13.25
15	429747	2067964	2.74	1.56	0.14	10.17	140.60	3.66	2.12	0.20	46.76	101.40	0.92	0.56	0.06	36.59	-39.20
16	430641	2067429	3.12	1.65	0.16	29.96	122.75	4.27	2.47	0.22	71.79	118.88	1.15	0.82	0.07	41.83	-3.87
17	428190	2066111	2.97	1.72	0.15	28.83	83.88	2.67	1.55	0.13	33.46	46.10	-0.30	-0.16	-0.01	4.63	-37.78
18	436630	2064277	2.39	1.39	0.12	61.63	106.21	2.32	1.34	0.12	59.87	119.88	-0.07	-0.04	0.00	-1.76	13.68
19	434944	2052310	3.21	1.86	0.17	51.55	130.27	4.63	2.68	0.20	76.47	135.69	1.41	0.82	0.03	24.92	5.43
20	435355	2052010	2.69	1.56	0.15	39.88	134.85	4.79	2.78	0.20	75.21	141.59	2.10	1.22	0.06	35.34	6.73
21	435700	2045049	2.80	1.62	0.14	70.28	118.67	2.76	1.60	0.14	69.28	120.60	-0.03	-0.02	0.00	-1.00	1.93
22	431307	2041723	3.03	1.76	0.15	65.52	132.69	2.99	1.73	0.15	67.75	135.29	-0.04	-0.02	0.00	2.23	2.60
23	433353	2040819	3.03	1.76	0.15	68.20	127.93	2.87	1.66	0.14	53.76	123.34	-0.16	-0.09	-0.01	-14.44	-4.59
24	422892	2039099	3.04	1.76	0.16	63.47	131.95	2.80	1.62	0.16	78.45	129.20	-0.24	-0.14	0.00	14.98	-2.75
25	406144	2035102	2.92	1.70	0.16	51.15	124.21	3.05	1.77	0.19	57.40	118.80	0.13	0.07	0.02	6.25	-5.41

ลำดับ	พิกัด		ปี 2562					ปี 2563					การเปลี่ยนแปลง ปี 2562/2563				
	X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
26	429005	2030113	2.60	1.51	0.15	41.07	116.77	2.60	1.51	0.15	41.02	116.87	0.01	0.01	0.00	-0.05	0.10
27	429756	2030531	2.37	1.38	0.13	39.15	122.08	2.38	1.38	0.13	39.19	122.14	0.01	0.00	0.00	0.04	0.06
28	428793	2030059	2.37	1.38	0.12	41.58	126.43	2.69	1.56	0.16	41.08	115.68	0.32	0.18	0.04	-0.50	-10.75
29	429914	2030243	2.17	1.26	0.11	41.34	130.89	2.26	1.32	0.12	34.36	126.12	0.09	0.05	0.02	-6.99	-4.77
30	428387	2028887	2.31	1.34	0.12	46.82	132.80	3.01	1.74	0.18	26.07	115.47	0.70	0.40	0.07	-20.76	-17.33
	เฉลี่ย		3.02	1.72	0.17	37.44	121.52	3.59	2.08	0.19	44.14	126.44	0.56	0.36	0.02	6.69	4.92

5. แนวทางการแก้ปัญหา

5.1 การวางแผนแนวป้องกันและแก้ไขปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน

ในการวางแผนแนวป้องกันและแก้ไขปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินในแต่ละพื้นที่ สามารถวางแผนแนวป้องกันและแก้ไขได้โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของคาร์บอนไดออกไซด์ของดินที่เกิดขึ้น หรือแบ่งตามประเภทของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้ ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

5.1.1 การวางแผนแนวป้องกันและแก้ไขปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน

พื้นที่ที่มีระดับการคาร์บอนไดออกไซด์ของดินรุนแรงน้อยมาก มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 0 – 2 ตันต่อไร่ต่อปี แนวทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินที่เกิดขึ้น สามารถทำได้โดยแบ่งการวางแผนแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบและที่สูง ได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (1L) พื้นที่ราบในระดับความรุนแรงนี้ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพิเศษ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ

- พื้นที่สูง (1H) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินในระดับที่เป็นปัญหา

พื้นที่ที่มีระดับการคาร์บอนไดออกไซด์ของดินรุนแรงน้อย มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 2 – 5 ตันต่อไร่ต่อปี แนวทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยแบ่งการวางแผนแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบและที่สูง ได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (2L) พื้นที่นี้ควรมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างระมัดระวัง โดยการปลูกพืชตามแนวระดับหรือขวางความลาดเท และควรมีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อผลทางบวกต่อการทำการเกษตร

- พื้นที่สูง (2H) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินรุนแรงขึ้นกว่านี้

พื้นที่ที่มีระดับการคาร์บอนไดออกไซด์ของดินรุนแรงปานกลาง มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 5 – 15 ตันต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินที่เกิดขึ้น โดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบและที่สูง ได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (3L) พื้นที่นี้มีการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันจะก่อให้เกิดผลกระทบในทางลบต่อผลผลิตทางการเกษตร จึงควรมีมาตรการป้องกันการคาร์บอนไดออกไซด์ของดินทั้งวิธีพืชและวิธีกล

- พื้นที่สูง (3H) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด เพื่อลดปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินให้น้อยลง

พื้นที่ที่มีระดับการคาร์บอนไดออกไซด์ของดินรุนแรง มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 15 – 20 ตันต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาคาร์บอนไดออกไซด์ของดินที่เกิดขึ้น โดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบและที่สูง ได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (4L) พื้นที่นี้มีการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมาก หากจะใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายอย่างเคร่งครัด

- พื้นที่สูง (4H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด ควบคู่ไปกับการฟื้นฟูสภาพป่าเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินให้น้อยลง

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก มีอัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้น โดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบและที่สูง ได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (5L) พื้นที่นี้มีการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึก ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับทำการเกษตรอย่างถาวร ควรกันพื้นที่ไว้สำหรับเป็นพื้นที่ปลูกป่าหรือไม้ยืนต้น

- พื้นที่สูง (5H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชัน จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด ควบคู่กับการฟื้นฟูป่าอย่างเร่งด่วน

5.1.2 การวางแผนทางป้องกันและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน โดยแบ่งตามประเภทของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

วิธีกล (Mechanical method) ซึ่งมุ่งเน้นในการก่อสร้างสิ่งกีดขวางความลาดชันเพื่อสกัดกั้นน้ำไหลบ่าและการพังทลายของดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลนี้เป็นการป้องกันการพังทลายได้ทันที แต่เสียค่าใช้จ่ายสูง เช่น การสร้างแนวคันดิน การปลูกพืชตามแนวระดับ และการปลูกแถบหญ้าตามแนวระดับ

วิธีพืช (Vegetative method) เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและเกษตรกรสามารถทำเองได้ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชสลับเป็นแถว และการปลูกพืชหมุนเวียน

วิธีเกษตรกรรม (Agronomic method) เช่น การไถพรวนดิน การไถกลบเศษพืช และการคลุมดิน

สำหรับวิธีการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยวางมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำสามารถปฏิบัติได้ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน เช่น ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 12 – 20% และมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (cl) หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (sicl) จำเป็นต้องใช้วิธีกลเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการสร้างแนวคันดินหรือแนวหญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งได้มีการสรุปหลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 หลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ความลาดชัน (%)	ชนิดของเนื้อดิน	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	ระยะห่างแนวคันดิน (เมตร)
0 – 2	ดินทุกชนิด	วิธีเกษตรกรรม	-
2 – 5	ดินทุกชนิด	วิธีพืช	-
5 -12	ดินเหนียว	ทำคันดิน	2
12 – 20	ดินร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	วางแนวคันดิน หรือแนวหญ้าแฝก	3
20 – 35	ดินทุกชนิด ยกเว้นดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	แนวหญ้าแฝก หรือแนวคันดิน	5
> 35	ดินทุกชนิด	ปลูกป่าทดแทน	-

5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร

5.2.1 การไถกลบตอซัง

การไถกลบตอซังข้าวหรือพืชไร่ที่มีอยู่ในไร่นาภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วลงไป ในดินระหว่างการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกขณะที่ดินมีความชื้น และปล่อยทิ้งไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายในดินซึ่งจะกลายเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช แล้วจึงปลูกพืชหลักตามที่ต้องการต่อไป พื้นที่ปลูกพืชไร่โดยเฉพาข้าวโพดมีการเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีเศษวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ซังข้าวโพด และเปลือก ข้าวโพด ซึ่งไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ เกษตรกรสามารถที่จะใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งหลังจากการเก็บเกี่ยว ผลผลิต แล้วไถกลบลงในดินระหว่างการเตรียมแปลงปลูก พืชใหม่ต่อไปได้ โดยวัสดุเศษพืชไร่จำพวกตอซังข้าวโพด และข้าวฟ่าง ทำการฉีดย่น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตรต่อไร่ ผสมกับน้ำ 40 ลิตร ใช้ระยะเวลาการไถกลบ 10 วัน ส่วน พืชตระกูลถั่วไถกลบโดยใช้น้ำหมักชีวภาพอัตราเดียวกัน ฉีด พ่นแล้วไถกลบประมาณ 10 วัน

5.2.2 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุทางการเกษตร

ปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรสามารถผลิตใช้ได้เองอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เกษตรของตนเองคือ ปุ๋ยหมักซึ่งใช้วัสดุอินทรีย์จากเศษซากของพืชและสัตว์มาหมักทำเป็นปุ๋ยโดยให้จุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่ภายในมูลสัตว์ ทำหน้าที่ในการย่อยสลายเศษซากวัสดุเกษตรเหล่านั้นให้มีขนาดเล็กลงจนสามารถปลดปล่อยอินทรีย์วัตถุออกมาในดินแล้วช่วยปรับสภาพทางกายภาพและสมบัติดินทางเคมีและชีวภาพ เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภคของมนุษย์ เช่น “โครงการทำปุ๋ยหมักสูตรพระราชทานจากตอซังข้าวโพดและเศษพืช เพื่อลดปัญหาหมอกควันและบรรเทาภาวะโลกร้อน” โดยกรมพัฒนาที่ดินเพื่อรณรงค์ปลูกจิตสำนึกให้เกษตรกรงดการเผาตอซัง และนำวัสดุตอซังที่เหลือใช้จากไร่นามาทำปุ๋ยหมักสูตรพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยใช้สารเร่งซูเปอร์พด.1 และน้ำหมักชีวภาพ (ผลิตจาก สารเร่งซูเปอร์พด.2) ในการเร่งการสลายตัวของเศษตอซังข้าวโพด และนำปุ๋ยหมักไปใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต เพิ่มรายได้ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดปัญหาหมอกควันและบรรเทาภาวะโลกร้อน

5.2.3 การผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การทำแหล่งพลังงานทดแทนที่ประเทศไทยสามารถผลิตได้เอง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจ คือ การนำวัสดุชีวมวลและของเหลือใช้จากภาคครัวเรือน ภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม มาแปรรูปให้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งนอกจากจะได้พลังงานทดแทนที่นำไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ แล้ว ยังช่วยลดปริมาณของเหลือใช้ที่ต้องกำจัดให้เหลือน้อยลงอีกด้วย โดยกระบวนการที่นำมาใช้แปรรูปชีวมวล หรือของเสียให้เป็นเชื้อเพลิง ในปัจจุบันมีทั้งที่เป็นกระบวนการทางกายภาพ ทางเคมี ทางความร้อน และทางชีวภาพ ส่วนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ก็มีทั้งที่อยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการขนส่ง

เทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีคุณสมบัติบางอย่างที่เป็นข้อจำกัดต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น มีความชื้นสูง มีรูปร่างที่แน่นอนแต่ขนาดไม่สม่ำเสมอ และบางชนิดมีความหนาแน่นน้อย โดยปกติชีวมวลจะมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเชื้อเพลิงจากฟอสซิล 2-8 เท่า และมีพลังงานต่อหน่วย ปริมาตรต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลประมาณ 25 เท่า ทำให้ยากต่อการเก็บรวบรวม และขนส่ง เช่น ลื่นเปื่อยพังสำหรับเก็บรวบรวม หรือเกิดปัญหาการฟุ้งกระจายในระหว่างการขนส่ง เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวแล้วการใช้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำและมีรูปร่างหรือขนาดไม่สม่ำเสมอจะทำให้ กระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานมีประสิทธิภาพต่ำ เช่น การเปลี่ยนซังข้าวโพดให้เป็นพลังงาน เป็นอีกแนวทางหนึ่งช่วยลดปัญหาหมอกควันในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งกระบวนการหลักในการเปลี่ยนเศษชีวมวลหรือซังข้าวโพด ให้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Corn Pellet) ซึ่งสามารถทำให้ชุมชนในพื้นที่เขตภาคเหนือ ที่ทำการปลูกข้าวโพดในปริมาณที่มาก สามารถนำซังข้าวโพดมาสร้างประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อสร้างรายได้และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน ซึ่งจะเป็นการสร้างชุมชนและธุรกิจสีเขียวอย่างยั่งยืน

6. วิจารณ์ผลการศึกษา

การเก็บตัวอย่างดินโดยการสำรวจภาคสนาม เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดินนั้น ไม่สามารถดำเนินการได้ครบตามเป้าหมายในแต่ละปี เนื่องจากปัญหาอุปสรรคในหลาย ๆ ด้าน อาทิ การดำเนินงานอยู่ในช่วงฤดูฝนเป็นหลัก ทำให้การเดินทางเข้าถึงพื้นที่จุดเก็บมีความยากลำบาก เนื่องจากเป็นภูเขาสูงและถนนลูกรัง ต้องอาศัยความระมัดระวังอย่างมาก อีกทั้งปี พ.ศ. 2562 – 2563 เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้การดำเนินการสำรวจภาคสนามเป็นไปอย่างล่าช้า และมีข้อจำกัด หรือไม่สามารถออกสำรวจภาคสนามได้

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนล่าง ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2561 – 2563 พื้นที่ศึกษา 2,454,375 ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพด 116,416 ไร่ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,011.6 มิลลิเมตรต่อปี โดยปี 2561 – 2563 เท่ากับ 980.4 972.4 และ 1,082.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยปี 2561 มีปริมาณมากกว่าปี 2562 และในปี 2563 มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีมากที่สุด

2. ความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 1,521,274 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 61.98

ปริมาณคาร์บอน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 1,519,844 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 61.92

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เฉลี่ยเท่ากับ 2,379,547 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 96.95

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 1,928,760 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 78.58

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 1,470,707 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 59.92

สำหรับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำสุดถึงสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.32-5.50 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.08 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 71,044 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 61.17

ปริมาณคาร์บอน พบว่า มีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.76-3.19 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.79 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูง เฉลี่ยเท่ากับ 66,429 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 57.20

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า มีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.07-0.51 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.17 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำ เฉลี่ยเท่ากับ 111,164 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 95.71

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า มีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 8.13-98.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 58.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 102,362 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 88.13

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า มีค่าต่ำสุดถึงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 55.43-158.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 121.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับสูงมาก เฉลี่ยเท่ากับ 71,161 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 61.27

3. การชะล้างพังทลายของดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 10,959,467 ตันต่อปี สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวโพดเฉลี่ย 613,716 ตันต่อปี โดยปี 2561 มีปริมาณการสูญเสียดินมากกว่าปี 2562 และในปี 2563 มีปริมาณมากที่สุด และพบว่า การชะล้างพังทลายแปรผันตามกันกับปริมาณน้ำฝนสะสม หากพิจารณาจากพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าปี 2563 เกิดพื้นที่ที่มีปัญหามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.47 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม และร้อยละ 70.44 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพด

4. การเปลี่ยนแปลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จากปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน และการชะล้างพังทลายของดิน

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2561/2562 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 1,671 และ 250,969 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.07 และ 10.23 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 7,517 และ 245,123 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.31 และ 9.99 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 2,951 และ 268,218 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.12 และ 10.93 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 9,703 และ 261,530 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.40 และ 10.66

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 86,922 และ 100,987 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.54 และ 4.11 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 187,909 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.66

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากและสูงมากมีการลดลง 35 และ 318,829 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 และ 12.99 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 27,917 38,276 และ 252,671 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.14 1.56 และ 10.29

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมีการลดลง 156,462 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.37 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 3,634 4,848 และ 148,856 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.15 0.20 และ 6.06 ตามลำดับ

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี 2562/2563 พบว่า ขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 345 และ 17,789 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.72 ตามลำดับ ที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 4,306 และ 13,828 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.18 และ 0.56 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 315 และ 19,330 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 4,243 และ 15,402 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.17 และ 0.63

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 1,378 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.06 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 195 และ 1,183 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.05

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมีการลดลง 852 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.03 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 25 28 และ 799 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 0.001 และ 0.03 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 102,171 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.16 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 298 1,764 และ 100,109 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 0.07 และ 4.08

5. การเปลี่ยนแปลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จากปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน และการชะล้างพังทลายของดิน

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562 พบว่าขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและปานกลางมีการลดลง 649 และ 30,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.56 และ 26.13 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 17,962 และ 13,038 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.47 และ 11.23 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับสูงมากมีการลดลง 36,848 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.73 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 1,051 4,177 และ 31,620 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.90 3.60 และ 27.22

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการลดลง 9,895 และ 918 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.52 และ 0.79 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 10,814 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.31

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมาก ปานกลาง และสูงมากมีการลดลง 19 704 และ 2,955 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 0.61 และ 2.54 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2,576 และ 1,102 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.22 และ 0.95

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงและสูงมากมีการลดลง 2,061 และ 1,039 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.77 และ 0.94 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 124 และ 3,030 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.11 และ 2.61

พื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2562/2563 จากผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดปี 2562/2563 พบว่าขนาดของพื้นที่ของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับต่ำและสูงมีการลดลง 279 และ 342 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.24 และ 0.29 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับปานกลางและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 285 และ 337 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.25 และ 0.29 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณคาร์บอนที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการลดลง 596 214 และ 349 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.51 0.18 และ 0.30 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 1,159 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.00

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระดับต่ำมีการลดลง 390 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 ในขณะที่ระดับต่ำมากและปานกลางมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 24 และ 366 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 และ 0.32 ตามลำดับ

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับปานกลางและสูงมีการลดลง 9 และ 53 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ในขณะที่ระดับต่ำและสูงมากมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 2 และ 60 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.002 และ 0.05 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับต่ำมากไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ขนาดของพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ระดับสูงมากมีการลดลง 6,223 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.36 ในขณะที่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ 111,642 และ 5,470 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.10 0.55 และ 4.71 ตามลำดับ

6. เกิดจุดความร้อน (Hot Spot) เฉลี่ย 21 จุดต่อปี หรือ 13 จุด 19 จุด และ 30 จุด ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้เฉลี่ย 12,917 ไร่ต่อปี หรือ 8,125 11,875 และ 18,750 ไร่ ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดตามลำดับ ทำให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 5,683 ตันต่อปี หรือ 3,575 5,225 และ 8,250 ตัน ตามลำดับ การเกิดจุดความร้อน พื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ผลกระทบของการเผาไหม้ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปี 2561/2562 และปี 2562/2563 พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าการวิเคราะห์ทางวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Pair Sample T-test พบว่า อินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทับถมของเศษซากพืช ซากสัตว์ที่ยังใหม่ไม่หมดยังคงหลงเหลืออยู่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากซากพืชที่ตายไปจากการเผาไหม้จะสะสมอยู่ในดิน ส่วนไนโตรเจนอยู่ในรูปก๊าซเป็นส่วนใหญ่ การเผาจึงมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

7. จากผลการศึกษา สามารถวางแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ได้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีกล วิธีพืช และวิธีเกษตรกรรม อีกทั้งสามารถวางแนวทางการแก้ไขปัญหาการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร โดยการไกล่เกลี่ยต่อซึ่ง การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นั้นหากมีการปรับปรุงฐานข้อมูลให้มีความละเอียดและทันสมัยมากยิ่งขึ้น และเพิ่มปัจจัยในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความเข้มของแสง จะทำให้การประเมินมีความแม่นยำ และถูกต้องเพิ่มขึ้น
2. ควรมีการจัดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ ตามระดับความลาดชัน เพื่อลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน การสูญเสียธาตุอาหารพืช และลดการสิ้นเปลืองของแหล่งน้ำ
3. ควรมีการศึกษาด้านเศรษฐกิจและสังคม เพื่อหาความสัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เปลี่ยนแปลง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบถึงแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะล้างพังทลายของดินจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ทำการศึกษาศึกษา
2. เป็นแนวทางในการวางแผนการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาคาการชะล้างพังทลายของดิน
3. เป็นแนวทางในการดำเนินการในพื้นที่อื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2561. ปก.แนะนำป้องกันไฟฟ้า “ไม่จุดไฟ ไม่เผาป่า” ลดปัญหาหมอกควัน. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <https://gnews.apps.go.th/news?news=13409>
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. โปรแกรม ThaiCO2 Hotspot (FIRE ALERT). ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก http://www.ddd.go.th/web_ord/hotspot/hsp.pdf
- กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. การป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <http://iddindee.ddd.go.th/web/SoilData/6/6-3/pdf/14.การป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน.pdf>
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. มลพิษทางอากาศ. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <https://datacenter.deqp.go.th/knowledge/อากาศ/มลพิษทางอากาศ/>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <http://climate.tmd.go.th/content/article/9>
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. แผนป้องกันและแก้ไขปัญหาการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรม ปี 2564/2564. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <https://www.opsmoac.go.th/saraburi-dwl-files-422991791052>
- กรีนพีซ. 2563. ข้าวโพด – การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและมลพิษทางอากาศข้ามพรมแดน. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <https://www.greenpeace.org/static/planet4-thailandstateless/2020/05/23188342-haze-maize-report-final-for-online.pdf>
- ทิพวรรณ ประภามณฑล และคณะ. 2556. การศึกษาการได้รับสารก่อมลพิษจากภาวะหมอกควันและไฟฟ้าในเด็กอนุบาล พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่. หน่วยวิจัยสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Mathematical Models of Soil Erosion and Sediment Pollution in Watershed). กรุงเทพฯ: ฝ่ายจัดพิมพ์ตำรา ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์.
- ปณิตธร ธนดลเมธาพร ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และศุทธิณี ดนตรี. 2561. การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อศักยภาพการเกิดไฟฟ้าในจังหวัดเชียงใหม่โดยใช้แบบจำลองการถดถอย. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kmutnbjournal/article/view/197415/137381>
- ยุทธชัย อนุรักษ์พันธ์, กิตติพงษ์ ทรงรักษเกียรติ์, และ อรรถ สมร่าง. 2547. แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion Modeling). กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- ศูนย์ข้อมูลการจัดการคุณภาพอากาศจังหวัดพะเยา. 2558. การเผาในที่โล่ง. วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา.

- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. **โครงการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ.** ศูนย์เครือข่ายวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิอากาศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2553. **การแก้ไขปัญหาหมอกควันในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** สำนักประชาสัมพันธ์เขต 3 จังหวัดเชียงใหม่.
- สมเกียรติ มีธรรม. 2558. **ป่าไม้ที่ดินแม่แจ่ม : ปัญหา สาเหตุ ผลกระทบ และทางออก.** ค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2560, จาก <http://www.ftawatch.org/node/46770>
- สหัชชัย คงทน และคณะ. 2547. **ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและผลกระทบต่อการผลิตข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษาจังหวัดขอนแก่น.**
- ส่วนควบคุมไฟป่า สำนักป้องกันปราบปราม และควบคุมไฟป่า. 2558. **สถิติการเกิดไฟป่า.** ค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2560, จาก <https://www.dnp.go.th/forestfire/2546/firestatistic%20Th.htm>
- สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. 2558. **โครงการบริหารจัดการน้ำจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่แจ่ม.** เชียงใหม่: สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่.
- สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7. 2558. **ไกลบตอซัง สร้างดินยั่งยืน พื้นลิ่งเวดล้อม.** ค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2560, จาก http://r07.idd.go.th/WEB_R07_Version2/07_KM/DATA/Km2.pdf
- สุชน ตั้งทวีวัฒน์. 2557. **โครงการหมู่บ้านข้าวโพดลดหมอกควัน.** ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- แสงจันทร์ ลีมีจรกิจ อัครมน ลีมีสกุล และทวิวงศ์ ศรีบุรี. 2553. **การประเมินสถานะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยง และความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤติ.** ค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2560, จาก https://www.researchgate.net/publication/327987691_khorngkar_karprameinsphawakhwamrunraengsphaphphumixakaskhxngprathesthiy_karwikheraahkwamseiyng_laeakhwamlxhaelmkxngphunthiwikvti_rayathi_1_karprameinsphawakhwamrunraengsphaphphumixakas_laeaphunthiwi
- อดิเรก ปัญญา ลือ เกษภา จงใจดี ศันสนีย์ จำจด และเบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2561. **ผลของการปลูกข้าวโพดแซมถั่วต่อการชะล้างพังทลายหน้าดิน และความหลากหลายทางชีวภาพในดิน.** ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=3_88_60_Adirek.pdf&id=3260&keeptrack=0
- อุมาพร ทุมประดา. ม.ป.ป. **ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณและคุณภาพอาหารสัตว์.** ค้นเมื่อ 30 กันยายน 2563, จาก <http://www.agri.ubu.ac.th/mis/seminar/upload/77.pdf>

- Daniel D. Richter and Zachary Brecheisen. 2014. **Ordering Interfluves: A Simple Proposal for Understanding Critical Zone Evolution.** retrieved september 1, 2019 from https://www.researchgate.net/publication/265089770_Ordering_Interfluves_A_Simple_Proposal_for_Understanding_Critical_Zone_Evolution
- lampornrat, K.; M. Vanmolle and V. Heyvaert. 2002. **Application of the USLE model and the Morgan model for soil erosion mapping: The case study in Tambon Khao Hin Sorn, Amphoe Phanomsarakam, Chachoengsao Province, Thailand.** Bangkok: Presentation Poster World Congress of Soil Science.
- Morgan R.P.C.; D.D.V. Morgan and H.J. Finney. 1984. **A predictive model for the assessment for soil erosion risk.** J. Agri. Engng. Res. 30: 245-253.
- Morgan R.P.C. **A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan-Moorgan-Finney model.** United Kingdom: Catena, 2001.
- Shrestha, D. P. 2003. **Modeling Approach.** The Netherlands: Powerpoint Presentation.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1965. **Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains.** Agr. Handbook No. 282, U.S. Dept. Agr., Washington, DC.
- Zhang, X., Y. Lu, Q. Wang and X. Qian. 2018. **A high-resolution inventory of air pollutant emissions from crop residue burning in China.** retrieved April 30, 2020. Form https://www.researchgate.net/publication/323524546_A_highresolution_inventory_of_air_pollutant_emissions_from_crop_residue_burning_in_China

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2561

วันที่	ปริมาณฝนรายวัน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0	0	0	0	43.8	15.1	0	0	0.2	21.5	0	0
2	0	0	0	0.8	23.1	0.6	0	0	2.8	51.4	0	0
3	0.3	0	0	0	9.7	0	0	0	1.1	6.6	0	0
4	0	0	0	0.6	0.5	0	1.2	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0.3	0.1	0	0	6.6	1.1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0.6	2.5	0	0	0
7	0	0	0	0.8	0	2.5	1.5	0	0	0	0	0
8	0	0	1.9	0	0	0	4.9	2	3.3	0	0	0.6
9	0	0	0	0	4.1	4.1	2.6	16.4	4.9	0	0	0
10	0	0	0	0	5.5	6.3	5.9	0	0	5.7	0.7	0
11	0	0	6.5	0.2	0	6.1	0.3	0	0	0.1	0	3.4
12	0	0	0	0	9.3	3.8	3.5	0	0	4.1	7.1	12.7
13	0	0	0	0	0	0.7	4.4	0	0.2	0	0.7	1.3
14	0	0	0	0	0.5	0.8	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0.8	1.6	0.8	0	0	0	0
16	0	0	0	0.8	0	0	1.1	0.4	0	0	0	0
17	0	0	0	10.1	0	0	17.4	26.4	0	0	0	0
18	0	0	0	4.6	0	0	7.3	24.2	19.1	0	0	0
19	0	0	0	0	0	4.2	23	0	18	0	0	0
20	0	0	0	0.6	0	0	13	0	0	0	0	4
21	0	0	0	0	3.7	8.8	2.6	4.7	0	25.6	0	0
22	0	0	0	0	0	0	8.3	0.1	0	34.5	0	0
23	0	0	0	0	57.7	14	20.1	2.6	0	48.2	0	0
24	0	0	1	0.8	1.2	0	1.8	0.3	0	2.7	0	0
25	0	0	0	0.8	0	8.1	9.7	1.9	0	0	0	0
26	0	0	0.1	0	0	11.4	7.5	1.6	0	0	0	0
27	0	0	0	15.4	0	17.3	1.3	29.5	0	0	0	0
28	0	0	0	0.5	5.1	38.4	19.9	0	0	0	0	2
29	0	0	0	0	28.1	1.8	0	0.2	10.9	0	0	0.5
30	0	0	0	0	1.1	0	0.2	0	0	14.2	0	0.2
31	0	0	1.1	0	3.1	0	0.3	2	0	0	0	0
รวม	0.3	0	10.6	36.3	196.7	144.8	159.4	120.3	64.2	214.6	8.5	24.7

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2562

วัน ที่	ปริมาณฝนรายวัน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0	0	0	0	0	17.8	0.4	4.5	0.2	12.2	0	0
2	0	0	0	0	0	0.4	1.5	1.4	34.3	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.7	0
4	0	0	0	0	0	0	0	16.9	5	40.7	1.1	0
5	0	0	0	0	0	15.2	0.4	18.3	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	16.5	0	0
7	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0.2	0	33.4	0
8	38.7	0	0	0	0	0	9.9	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	4	0	1.7	13	1.8	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0.4	0.3	31.4	0.5	3.7	0	0
11	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0	0
12	0	0	0	0	1.5	0.5	0	4.4	20.8	1.3	0	0
13	0	0	0	0	12.9	0.8	0	0.6	29.7	6.1	4.2	0
14	0	0	0	0	18.1	2.9	9.5	10.9	0.3	61.1	0.6	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.2	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0.4	0	14.6	0	0	0	0
17	0.1	0	0	0	0	0	0	8.2	2.2	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0.3	0	0	81.6	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0.4	0	2.3	7.5	0	0	0
20	0	0	0	12.5	0	0	0	0.3	0.2	0	0	0
21	0	0	0	6.4	2.2	0	2.5	3.1	12.6	0	0	0
22	0	0	0	0	3.8	0	0	45.6	1.2	0	0	0
23	0	0	0	0.8	0	0	11	15.4	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	17.2	5.8	0.5	0	0	0
25	0	0	0	2.6	8.4	1.2	2.7	0	0	18.2	0	0
26	0	0	0	0	3.7	0	10.3	22.1	9.3	0	0	0
27	0	0	0	0	8.5	1.3	7.2	2.6	4.9	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	1	0	0.4	0	15.5	0	9.1
30	0	0	0	0	3.4	0	12.8	9.2	0	0	0	0
31	0	0	0	0	10.7	0	9.6	5.9	0	0	0	0
รวม	38.8	0	0	22.3	77.3	43.5	97.3	238.3	214.3	175.5	56	9.1

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายวัน ณ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปี 2563

วัน ที่	ปริมาณฝนรายวัน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0	0	0	0	27.9	2.1	11.1	0	10	25	0	0
2	0	0	0	0	0.7	0	0	92.2	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	28.3	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0.2	0	49.8	0	5.8	1.4	0
5	0	0	0	0	0	0	0	1.6	2	1.7	0	0
6	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1.3	0	0
7	0	0	0	0	0	6.3	10	13.7	0	2.4	0.7	0
8	0	0	0	0	0.2	0.6	13.9	5.7	44.1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	9.4	0	1.2	0	0	0
10	0	0	0	0	0.8	4.2	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0.2	0	0	1.9	5.7	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	23.2	40	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	10.3	50.3	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	3.7	0	15.9	22.6	0	0	0
15	0	0	5.1	6.5	3.7	0	0	7.1	0.3	0.4	0	0
16	0	0	0	0	0	0.3	2.5	1.1	0	22.3	0	0
17	0	0	0	0	0	14.9	27	2.3	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	9.1	0	1.5	1.1	0.2	0	0
19	0	0	0	0	0	6.1	0	0.1	30.4	1.4	0	0
20	0	0	0	0	0	0	9	5.8	46.1	0.2	0	0
21	0	0	0	0	0	2.7	0	5.1	1.4	0.8	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	39.3	0.5	0	0	0
23	0	0	0	0	0	5.2	0.6	10.2	81.2	0	0	0
24	0	0	0	0	0	1.8	0	0.2	0.3	0	0	0
25	0	0	0	31.1	0	7.2	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	20.3	0	33.1	0	1.9	2	20.6	0	0
27	0	0	0	0.1	0	1.4	4.1	0	0.5	1.1	0	0
28	0	0	0	2.7	1.2	0	14.6	1.7	0	0	0	0
29	0	0	0	2.4	0.2	0	0	0	0	8.5	0	0
30	0	0	0	0	5.9	0	2.1	12.7	0	3.4	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0	0
รวม	0	0	5.1	63.1	41.5	98.9	137.8	389	249.4	95.1	2.1	0

ตารางภาคผนวกที่ 4 จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2561

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	MJC61-001	433499	2044682	1.32	0.77	0.07	97.50	105.50
2	MJC61-002	434462	2021407	1.55	0.90	0.08	95.30	102.00
3	MJC61-003	434451	2021766	1.04	0.60	0.05	28.70	99.00
4	MJC61-004	432123	2049245	1.46	0.97	0.07	98.00	159.00
5	MJC61-005	432189	2049121	1.68	0.85	0.08	47.80	128.00
6	MJC61-006	432781	2052457	2.18	1.26	0.11	69.70	152.00
7	MJC61-007	431598	2023740	3.85	2.23	0.19	95.80	153.00
8	MJC61-008	431287	2023920	3.66	2.12	0.18	67.40	144.00
9	MJC61-009	433236	2024356	2.02	1.17	0.10	92.70	158.10
10	MJC61-010	431596	2024615	4.21	2.44	0.21	90.20	128.00
11	MJC61-011	433567	2024899	2.90	1.68	0.15	15.30	153.00
12	MJC61-012	431472	2052436	3.73	2.16	0.19	90.30	104.00
13	MJC61-013	430184	2025365	2.80	1.62	0.14	91.60	123.00
14	MJC61-014	439245	2051607	4.04	2.34	0.20	96.90	130.00
15	MJC61-015	430844	2029175	2.70	1.57	0.14	42.10	118.00
16	MJC61-016	440681	2029943	2.42	1.40	0.12	9.90	124.00
17	MJC61-017	430143	2029145	1.21	0.70	0.06	32.90	147.00
18	MJC61-018	444244	2026250	2.08	1.21	0.10	61.70	158.00
19	MJC61-019	434132	2031439	2.43	1.41	0.12	82.20	139.00
20	MJC61-020	431548	2051564	5.09	2.95	0.25	94.90	108.00
21	MJC61-021	435725	2035691	4.25	2.47	0.21	57.40	124.00
22	MJC61-022	436415	2035600	3.31	1.92	0.17	39.90	138.00
23	MJC61-023	437097	2035616	3.65	2.12	0.18	94.30	119.00
24	MJC61-024	434545	2036417	1.72	1.00	0.09	97.40	135.00
25	MJC61-025	435196	2037095	2.26	1.31	0.11	13.50	124.00
26	MJC61-026	433947	2036108	2.48	1.44	0.12	22.50	125.00
27	MJC61-027	432330	2036311	4.26	2.47	0.21	80.50	110.00
28	MJC61-028	429058	2030704	2.44	1.42	0.12	39.80	123.00
29	MJC61-029	434631	2038344	3.61	2.09	0.18	90.50	136.00
30	MJC61-030	434701	2038194	2.29	1.33	0.11	31.30	100.00

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
31	MJC61-031	431303	2068491	3.39	1.25	0.17	11.80	124.00
32	MJC61-032	433932	2036433	2.15	1.97	0.11	96.30	149.00
33	MJC61-033	434226	2038166	3.70	2.15	0.19	95.20	133.00
34	MJC61-034	435955	2036427	1.86	1.08	0.09	21.90	128.00
35	MJC61-035	434098	2037480	3.15	1.83	0.16	49.60	136.00
36	MJC61-036	436038	2036023	4.66	2.70	0.23	97.90	147.00
37	MJC61-037	436595	2038416	3.02	1.75	0.15	91.30	150.00
38	MJC61-038	433725	2039092	1.95	1.13	0.10	94.50	137.00
39	MJC61-039	433725	2039092	2.97	1.72	0.15	97.40	136.00
40	MJC61-040	433604	2038084	2.23	1.29	0.11	92.40	126.00
41	MJC61-041	433374	2039904	1.97	1.14	0.10	46.50	148.00
42	MJC61-042	433984	2039603	3.20	1.86	0.16	93.40	128.00
43	MJC61-043	433778	2040316	1.84	1.07	0.09	99.00	101.00
44	MJC61-044	430906	2068884	4.44	2.58	0.22	62.20	111.00
45	MJC61-045	434245	2041932	1.95	1.13	0.10	97.30	100.00
46	MJC61-046	434877	2040268	2.30	1.33	0.12	89.90	114.00
47	MJC61-047	433576	2040051	2.01	1.17	0.10	33.20	118.00
48	MJC61-048	435839	2039303	2.72	1.58	0.14	67.00	109.10
49	MJC61-049	434484	2041428	2.42	1.40	0.12	88.20	122.00
50	MJC61-050	432774	2040878	1.07	0.62	0.05	47.00	140.00
51	MJC61-051	433527	2041358	3.71	2.15	0.19	91.50	139.00
52	MJC61-052	433411	2041713	2.30	1.33	0.12	43.70	117.00
53	MJC61-053	436140	2042394	1.75	1.02	0.09	24.40	144.00
54	MJC61-054	434274	2042430	3.37	1.95	0.17	28.80	102.00
55	MJC61-055	435588	2043431	1.00	0.58	0.05	51.60	110.00
56	MJC61-056	435375	2044229	2.82	1.64	0.14	81.30	152.00
57	MJC61-057	438282	2044188	1.83	1.06	0.09	15.40	132.00
58	MJC61-058	439587	2044219	1.30	0.75	0.07	13.10	110.00
59	MJC61-059	436839	2044219	1.06	0.61	0.05	32.20	149.00
60	MJC61-060	437802	2044278	1.30	0.75	0.07	2.40	99.50
61	MJC61-061	431865	2043860	3.57	2.07	0.18	93.70	125.00

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
62	MJC61-062	432465	2043005	4.13	2.40	0.21	70.40	149.00
63	MJC61-063	432363	2044350	3.13	1.82	0.16	59.10	148.50
64	MJC61-064	438639	2044404	1.65	0.96	0.08	46.00	134.00
65	MJC61-065	438288	2044800	2.61	1.51	0.13	38.90	136.00
66	MJC61-066	437274	2044701	1.88	1.09	0.09	25.20	118.00
67	MJC61-067	437296	2045064	2.72	1.58	0.14	33.30	128.00
68	MJC61-068	439413	2045161	1.97	1.14	0.10	88.60	142.00
69	MJC61-069	438814	2045161	3.16	1.83	0.16	19.80	122.00
70	MJC61-070	430427	2045592	1.22	0.71	0.06	12.00	114.00
71	MJC61-071	435513	2047385	2.22	1.29	0.11	22.60	148.00
72	MJC61-072	434693	2045631	1.25	0.73	0.06	9.00	142.00
73	MJC61-073	429910	2046827	2.79	1.62	0.14	32.50	131.00
74	MJC61-074	430577	2046591	2.64	1.53	0.13	61.60	157.00
75	MJC61-075	430837	2045644	4.15	2.41	0.21	68.80	116.00
76	MJC61-076	432259	2048071	2.54	1.47	0.13	50.30	157.20
77	MJC61-077	430343	2047128	5.48	3.18	0.27	95.50	108.00
78	MJC61-078	430615	2047358	4.09	2.37	0.20	69.70	154.00
79	MJC61-079	433191	2047284	1.24	0.72	0.06	18.00	134.00
80	MJC61-080	431545	2048686	2.12	1.23	0.11	9.40	149.00
81	MJC61-081	431764	2048415	3.92	2.27	0.20	25.60	126.00
82	MJC61-082	431576	2049361	2.02	1.17	0.10	71.80	139.00
83	MJC61-083	432280	2048544	1.69	0.98	0.08	91.30	148.10
84	MJC61-084	432368	2048116	2.69	1.56	0.13	34.40	154.50
85	MJC61-085	432154	2050431	1.56	0.90	0.08	27.10	111.10
86	MJC61-086	432598	2050762	3.29	1.91	0.16	93.80	107.50
87	MJC61-087	431496	2053255	2.39	1.39	0.12	49.50	154.00
88	MJC61-088	429539	2053255	3.01	1.75	0.15	65.50	117.00
89	MJC61-089	429539	2051261	1.73	1.00	0.09	74.50	140.00
90	MJC61-090	434364	2053293	1.94	1.13	0.10	60.70	126.00
91	MJC61-091	434661	2060258	3.94	2.29	0.20	34.60	138.10
92	MJC61-092	435711	2060698	2.55	1.48	0.13	39.10	156.00

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน					
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	
93	MJC61-093	434349	2061773	1.43	0.83	0.07	80.00	147.00	
94	MJC61-094	437198	2059938	4.89	2.84	0.37	85.50	141.00	
95	MJC61-095	434673	2063341	3.61	2.09	0.18	73.10	120.00	
96	MJC61-096	434272	2063787	2.23	1.29	0.11	6.60	132.00	
97	MJC61-097	430337	2069554	1.66	0.96	0.08	10.60	129.00	
98	MJC61-098	434463	2065030	1.15	0.67	0.06	23.70	143.00	
99	MJC61-099	430434	2064939	0.92	0.53	0.05	79.80	129.00	
100	MJC61-100	436665	2065800	2.89	1.68	0.14	94.00	105.00	
101	MJC61-101	436768	2071065	1.93	1.12	0.10	70.10	105.00	
102	MJC61-102	425919	2066268	3.45	2.00	0.17	22.80	141.00	
103	MJC61-103	428760	2066118	2.62	1.52	0.13	30.20	113.10	
104	MJC61-104	427926	2066755	5.28	3.06	0.26	14.60	113.00	
105	MJC61-105	433994	2066072	2.83	1.64	0.14	20.60	159.00	
106	MJC61-106	436724	2067848	2.18	1.26	0.11	4.70	149.00	
107	MJC61-107	435388	2068489	3.19	1.85	0.16	21.00	86.00	
108	MJC61-108	434501	2067680	2.32	1.35	0.12	97.10	100.00	
109	MJC61-109	434325	2069526	1.97	1.14	0.10	44.60	108.50	
110	MJC61-110	434248	2069064	1.26	0.73	0.06	25.60	133.00	
111	MJC61-111	429449	2067920	2.61	1.51	0.13	3.90	148.00	
112	MJC61-112	436650	2070486	3.01	1.75	0.15	17.40	139.00	
113	MJC61-113	434931	2068544	1.74	1.01	0.09	38.80	104.00	
114	MJC61-114	436511	2071126	2.08	1.21	0.10	15.10	128.00	
115	MJC61-115	420382	2071115	4.35	2.52	0.22	2.40	107.00	
116	MJC61-116	406871	2071067	3.65	2.12	0.31	8.90	102.00	
117	MJC61-117	415883	2090331	3.99	2.31	0.57	8.40	152.00	
118	MJC61-118	416094	2092305	4.93	2.86	0.25	11.40	155.00	
119	MJC61-119	429056	2023428	3.26	1.89	0.16	19.30	120.00	
				ค่าต่ำสุด	0.92	0.53	0.05	2.40	86.00
				ค่าสูงสุด	5.48	3.18	0.57	99.00	159.00
				เฉลี่ย	2.66	1.54	0.14	53.34	129.55

ตารางภาคผนวกที่ 5 จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2562

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	MJC62-001	433157	2047366	2.85	1.65	0.14	18.00	134.00
2	MJC62-002	434693	2045632	2.80	1.62	0.16	9.00	142.00
3	MJC62-003	432639	2043806	4.08	2.37	0.20	47.00	140.00
4	MJC62-004	431876	2050422	1.53	0.89	0.09	92.60	141.00
5	MJC62-005	432129	2049189	5.45	3.16	0.32	27.10	111.10
6	MJC62-006	429816	2072896	2.91	1.69	0.15	32.40	130.00
7	MJC62-007	432415	2050732	3.02	1.75	0.19	51.60	127.00
8	MJC62-008	431580	2053306	3.30	1.92	0.16	90.20	128.00
9	MJC62-009	429488	2053219	2.16	1.26	0.14	65.50	117.00
10	MJC62-010	432201	2043411	2.45	1.42	0.14	50.20	157.10
11	MJC62-011	440645	2050159	2.50	1.45	0.12	26.00	99.90
12	MJC62-012	437847	2051533	2.18	1.27	0.20	29.00	124.00
13	MJC62-013	440645	2050159	4.71	2.73	0.22	26.10	100.00
14	MJC62-014	429540	2074807	5.15	2.98	0.28	30.80	124.00
15	MJC62-015	428974	2077597	2.08	1.21	0.14	19.10	118.00
16	MJC62-016	433235	2024339	4.35	2.53	0.23	92.70	158.10
17	MJC62-017	433488	2024945	2.53	1.47	0.20	97.50	105.50
18	MJC62-018	434347	2021536	2.54	1.47	0.16	80.00	147.00
19	MJC62-019	431658	2024605	4.29	2.49	0.25	59.00	130.00
20	MJC62-020	429224	2023448	3.05	1.77	0.18	3.60	145.00
21	MJC62-021	440254	2041926	1.33	0.77	0.10	56.70	119.00
22	MJC62-022	430233	2029141	2.65	1.54	0.18	93.60	67.70
23	MJC62-023	430850	2029179	3.13	1.82	0.18	62.20	111.00
24	MJC62-024	435728	2066415	1.76	1.02	0.10	94.60	141.00
25	MJC62-025	435583	2060594	2.75	1.59	0.19	51.60	110.00
26	MJC62-026	431350	2068361	2.89	1.68	0.18	79.00	120.00
27	MJC62-027	420185	2071083	3.55	2.06	0.21	2.40	107.00
28	MJC62-028	428449	2066899	2.27	1.32	0.12	32.70	36.50
29	MJC62-029	425946	2066284	4.11	2.38	0.22	6.70	76.40
30	MJC62-030	430266	2069614	4.54	2.63	0.20	93.70	67.80

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
31	MJC62-031	435828	2034166	2.87	1.66	0.12	67.00	109.10
32	MJC62-032	434692	2030361	4.76	2.76	0.22	8.90	141.90
33	MJC62-033	434182	2029494	3.69	2.14	0.19	95.20	133.00
34	MJC62-034	433780	2027072	1.43	0.83	0.08	90.80	137.40
35	MJC62-035	435130	2026744	2.42	1.40	0.16	91.60	103.90
36	MJC62-036	429894	2023074	3.22	1.87	0.15	32.50	131.00
37	MJC62-037	436837	2059778	4.91	2.85	0.27	32.20	149.00
38	MJC62-038	431402	2024008	1.76	1.02	0.11	90.10	102.00
39	MJC62-039	435253	2021184	1.64	0.95	0.12	95.60	144.00
40	MJC62-040	434652	2021797	3.82	2.21	0.18	34.60	138.10
41	MJC62-041	436233	2059797	2.08	1.21	0.11	90.40	122.90
42	MJC62-042	428825	2028946	3.08	1.78	0.19	19.00	117.00
43	MJC62-043	434431	2064868	5.18	3.00	0.24	28.70	99.00
44	MJC62-044	436630	2070277	3.01	1.75	0.13	17.30	138.90
45	MJC62-045	434302	2069459	3.94	2.28	0.16	44.50	108.40
46	MJC62-046	429767	2030061	2.22	1.29	0.12	32.20	128.00
47	MJC62-047	432413	2058550	2.33	1.35	0.09	51.50	126.90
48	MJC62-048	432952	2059643	2.41	1.40	0.10	90.80	99.00
49	MJC62-049	431981	2061072	2.32	1.35	0.16	92.70	142.00
50	MJC62-050	431016	2062058	2.35	1.36	0.10	35.60	142.00
51	MJC62-051	430819	2063169	3.24	1.88	0.13	68.80	116.00
52	MJC62-052	434553	2060765	2.44	1.41	0.14	94.10	128.00
53	MJC62-053	431409	2050784	2.28	1.32	0.14	90.30	104.00
54	MJC62-054	434179	2061420	3.57	2.07	0.13	95.10	132.90
55	MJC62-055	434167	2058286	5.19	3.01	0.24	95.00	132.80
56	MJC62-056	430433	2067020	4.80	2.78	0.25	79.80	129.00
57	MJC62-057	430792	2065924	4.60	2.67	0.22	68.70	115.00
58	MJC62-058	429050	2068335	3.73	2.17	0.22	19.30	120.00
59	MJC62-059	421264	2067973	3.77	2.19	0.28	8.70	105.50
60	MJC62-060	420840	2067787	1.65	0.96	0.08	8.30	105.30
61	MJC62-061	430101	2051634	5.16	2.99	0.34	32.90	147.00

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
62	MJC62-062	415801	2072819	3.64	2.11	0.16	8.30	151.00
63	MJC62-063	414447	2074323	3.08	1.79	0.47	19.00	150.00
64	MJC62-064	414249	2074661	4.07	2.36	0.24	37.30	150.00
65	MJC62-065	426138	2065479	3.57	2.07	0.19	6.80	76.50
66	MJC62-066	417246	2072707	5.06	2.94	0.29	27.40	157.00
67	MJC62-067	430393	2074362	2.76	1.60	0.19	11.90	113.00
68	MJC62-068	429430	2079190	4.42	2.56	0.24	3.90	148.00
69	MJC62-069	429030	2076245	5.18	3.01	0.23	19.20	119.00
70	MJC62-070	422327	2073925	3.07	1.78	0.16	6.00	67.50
71	MJC62-071	429350	2076940	2.06	1.19	0.12	3.70	146.00
72	MJC62-072	431201	2051376	2.98	1.73	0.15	34.70	37.60
73	MJC62-073	429682	2052102	5.31	3.08	0.21	32.10	127.00
74	MJC62-074	421894	2073925	4.25	2.47	0.17	5.00	67.40
	ค่าต่ำสุด			1.33	0.77	0.08	2.40	36.50
	ค่าสูงสุด			5.45	3.16	0.47	97.50	158.10
	เฉลี่ย			3.27	1.90	0.180	47.81	120.19

ตารางภาคผนวกที่ 6 จุดเก็บตัวอย่างข้าวโพด และผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ปี 2563

ลำดับ	รหัสจุดเก็บ ตัวอย่าง	พิกัด		ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน				
		X	Y	OM (%)	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	MJC63_001	434422	2041409	4.07	2.36	0.20	28.50	98.80
2	MJC63_002	434885	2040459	1.83	1.06	0.09	38.70	103.90
3	MJC63_003	436211	2039449	4.33	2.51	0.31	82.00	138.00
4	MJC63_004	432861	2048453	3.35	1.94	0.18	90.60	98.80
5	MJC63_005	433220	2048266	2.41	1.40	0.14	92.60	158.00
6	MJC63_006	433519	2049497	2.55	1.48	0.14	97.60	52.40
7	MJC63_007	435005	2037568	3.24	1.88	0.17	19.60	43.80
8	MJC63_008	434498	2053022	3.13	1.82	0.17	97.10	100.00
9	MJC63_009	433983	2036467	1.71	0.99	0.10	93.40	128.00
10	MJC63_010	434649	2054340	3.40	1.97	0.16	34.50	138.00
11	MJC63_011	434487	2053815	2.43	1.41	0.11	97.00	99.90
12	MJC63_012	435360	2052275	5.56	3.22	0.22	81.30	152.00
13	MJC63_013	432229	2048078	3.55	2.06	0.19	50.30	157.20
14	MJC63_014	433412	2036316	2.62	1.52	0.16	90.40	80.00
15	MJC63_015	434529	2037227	4.30	2.50	0.22	97.30	134.90
16	MJC63_016	433862	2035788	4.74	2.75	0.10	93.00	144.00
17	MJC63_017	434640	2040646	3.11	1.80	0.14	34.40	137.90
18	MJC63_018	433052	2035039	3.71	2.15	0.48	83.50	120.00
19	MJC63_019	434792	2038237	2.79	1.62	0.16	89.80	113.90
	ค่าต่ำสุด			1.71	0.99	0.09	19.60	43.80
	ค่าสูงสุด			5.56	3.22	0.48	97.60	158.00
	เฉลี่ย			3.31	1.92	0.182	73.24	115.76

ตารางภาคผนวกที่ 7 จุดความร้อนในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2561 – 2563

ลำดับ	ปี	พิกัด X	พิกัด Y	ลำดับ	ปี	พิกัด X	พิกัด Y	ลำดับ	ปี	พิกัด X	พิกัด Y
1	2561	437246	2030118	22	2562	429447	2064004	43	2563	429747	2067964
2	2561	430942	2069088	23	2562	434742	2039531	44	2563	436630	2064277
3	2561	430940	2068313	24	2562	431274	2044191	45	2563	431307	2041723
4	2561	416513	2072687	25	2562	416304	2073020	46	2563	435700	2045049
5	2561	414616	2072807	26	2562	436309	2065971	47	2563	415077	2076766
6	2561	433469	2068083	27	2562	428349	2052611	48	2563	429005	2030113
7	2561	434527	2068965	28	2562	423225	2038025	49	2563	429756	2030531
8	2561	429934	2053158	29	2562	439503	2042392	50	2563	428793	2030059
9	2561	429301	2081266	30	2562	431043	2067870	51	2563	429914	2030243
10	2561	430782	2082810	31	2562	430621	2067761	52	2563	435355	2052010
11	2561	420184	2068245	32	2562	431150	2068091	53	2563	422892	2039099
12	2561	438251	2079353	33	2563	430599	2067507	54	2563	415861	2072967
13	2561	408300	2030898	34	2563	434944	2052310	55	2563	420171	2084987
14	2562	428881	2081489	35	2563	430114	2067464	56	2563	433353	2040819
15	2562	429829	2081596	36	2563	407583	2068126	57	2563	430641	2067429
16	2562	430038	2081042	37	2563	415177	2073213	58	2563	428190	2066111
17	2562	432040	2081034	38	2563	416179	2073353	59	2563	415799	2077891
18	2562	437984	2029673	39	2563	415030	2073447	60	2563	429410	2082151
19	2562	428046	2028158	40	2563	415146	2073335	61	2563	438343	2075148
20	2562	415462	2073245	41	2563	428387	2028887	62	2563	406144	2035102
21	2562	421467	2072445	42	2563	430304	2067552				

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน
ระหว่างปี 2561/2562 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ บริเวณพื้นที่ถูกเผาไหม้

Paired Samples Test								
	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
OM_61 - OM_62	-0.438	0.510	0.117	-0.684	-0.192	-3.739	18	0.002
C_61 - C_62	-0.313	0.297	0.068	-0.456	-0.170	-4.596	18	0.000
N_61 - N_62	-0.029	0.025	0.006	-0.040	-0.017	-5.046	18	0.000
P_61 - P_62	-1.894	21.810	5.004	-12.406	8.619	-0.378	18	0.710
K_61 - K_62	-3.117	21.020	4.822	-13.248	7.015	-0.646	18	0.526

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน
ระหว่างปี 2562/2563 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ บริเวณพื้นที่ถูกเผาไหม้

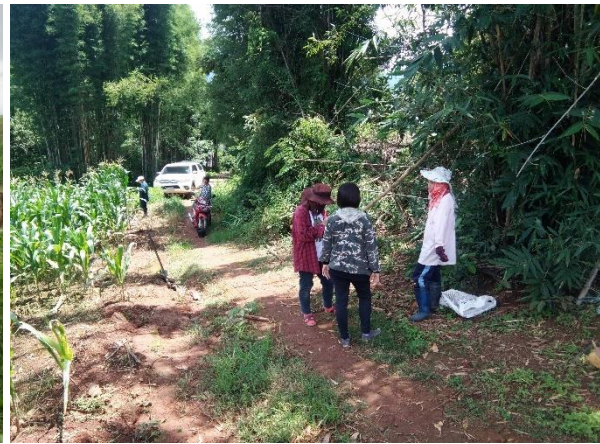
Paired Samples Test								
	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
OM_62 - OM_63	-0.563	0.628	0.113	-0.793	-0.332	-4.989	29	0.000
C_62 - C_63	-0.360	0.375	0.068	-0.500	-0.220	-5.256	29	0.000
N_62 - N_63	-0.020	0.037	0.007	-0.034	-0.007	-3.032	29	0.005
P_62 - P_63	-6.691	18.704	3.415	-13.676	0.293	-1.960	29	0.060
K_62 - K_63	-4.923	23.059	4.210	-13.533	3.688	-1.169	29	0.252



ภาพภาคผนวกที่ 1 เก็บตัวอย่างดินในแปลงข้าวโพด



ภาพภาคผนวกที่ 2 เก็บข้อมูลต้นข้าวโพด



ภาพภาคผนวกที่ 3 สอบถามข้อมูลเกษตรกร

