

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การติดตามการชะพาคาร์บอนหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน
Inventory of Soil Carbon Loss from Soil Erosion of Thailand



กลุ่มวิจัยและพัฒนการบรรเทาภาวะโลกร้อน

สำนักวิจัยและพัฒนการจัดการที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มีนาคม 2556

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 53-55-18-23-040000-010-110-02-11

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ง
สารบัญแผนที่	จ
สารบัญตารางภาคผนวก	ช
บทคัดย่อ	2
หลักการและเหตุผล	4
วัตถุประสงค์	5
การตรวจเอกสาร	5
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	16
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการศึกษา	35
4.1 การสะสมคาร์บอนในเศษพืช	39
4.2 การสูญเสียคาร์บอนจากดิน	63
4.2.1 อัตราการหายใจของดิน	63
4.2.2 การชะล้างพังทลายของดิน	92
4.2.3 การสูญเสียคาร์บอนในดินจากการเผาไหม้เศษพืช	108
4.3 การสะสมคาร์บอนในดิน	115
4.4 การวางแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน	136
สรุปผลการทดลอง	140
ข้อเสนอแนะ	141
เอกสารอ้างอิง	142
ภาคผนวก	144



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ที่มาและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	17
2	การเตรียมข้อมูลที่ใช้ประมวลผลในแบบจำลอง MMF	18
3	ค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนจำแนกตามเนื้อดิน	20
4	ค่า C และ P ประเมินตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค	21
5	ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง MMF จำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน	22
6	การจัดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย	27
7	การแบ่งระดับของอัตราการหายใจของดิน และสภาพของดินที่อุดมสมบูรณ์ และความชื้นที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม	31
8	ที่มาและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	32
9	ปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย	40
10	ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืช ปี 2553	43
11	ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืช ปี 2554	50
12	การเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืช ระหว่างปี 2553 ถึง 2554	57
13	ค่าอัตราการหายใจของดิน ($\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในแต่ละภาคของประเทศไทยปี 2553	65
14	ค่าอัตราการหายใจของดิน ($\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในแต่ละภาคของประเทศไทยปี 2554	73
15	ค่าอัตราการหายใจของดิน ($\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในแต่ละภาคของประเทศไทยปี 2555	81
16	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ระหว่างปี 2553-2554	83
17	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ระหว่างปี 2553-2555	91
18	พื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย	103
19	พื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในระดับที่เป็นปัญหา (ระดับที่ 3-5) จำแนกตามเขต	107
20	ปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายของประเทศไทยในแต่ละเขต	107
21	ปริมาณดินจากการคำนวณ ของปี 2546-2555	108
22	สถิติการเกิดไฟไหม้ป่าของปี 2535-2555	109
23	แสดงความสัมพันธ์ของจุดไหม้ไฟในพื้นที่ป่าและการเข้าไปประเมินความเสียหายในพื้นที่จริง ปี 2553-2555	110
24	แสดงมวลชีวภาพและเปอร์เซ็นต์การสะสมของคาร์บอนในเนื้อไม้ของป่าชนิดต่างๆ	110
25	แสดงความสัมพันธ์ของจุดไหม้ไฟในพื้นที่เกษตรกรรมและการเข้าไปประเมินความเสียหายในพื้นที่จริง ปี 2553-2554	111
26	ภาพรวมของจุดไหม้ไฟ (จำนวน 57,713 จุด) ในพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรม ปี 2553-2555	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดิน ปี 2553	116
28	ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดิน ปี 2554	123
29	การเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554	130
30	หลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	138



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model)	15
2	กรอบแนวคิดหลักในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model)	28
3	สรุปภาพรวมพลวัตรของคาร์บอนสำหรับดินประเทศไทย	29
4	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีกล	139
5	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีพืช	139
6	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีวิธีกลร่วมกับวิธีพืช (การไถพรวนและปลูกพืชตามแนวระดับ - นาขั้นบันได)	139



สารบัญแนที่

แนที่		หน้า
1	ปริมาณคาร์บอนในพีชเป็นตัวแทนแสดง Carbon Gain	36
2	อัตราการหายใจของดิน เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	37
3	ปริมาณคาร์บอนในดิน เป็นตัวแทนแสดง Carbon Sequestration	37
4	ปริมาณคาร์บอนในพีชปี 2553	44
5	ปริมาณไฮโดรเจนในพีชปี 2553	45
6	ปริมาณออกซิเจนในพีชปี 2553	46
7	ปริมาณไนโตรเจนในพีชปี 2553	47
8	ปริมาณซัลเฟอร์ในพีชปี 2553	48
9	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพีชปี 2553	49
10	ปริมาณคาร์บอนในพีชปี 2554	51
11	ปริมาณไฮโดรเจนในพีชปี 2554	52
12	ปริมาณออกซิเจนในพีชปี 2554	53
13	ปริมาณไนโตรเจนในพีชปี 2554	54
14	ปริมาณซัลเฟอร์ในพีชปี 2554	55
15	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพีชปี 2554	56
16	ปริมาณคาร์บอนในพีชปี 2553-2554	58
17	ปริมาณไฮโดรเจนในพีชปี 2553-2554	59
18	ปริมาณออกซิเจนในพีชปี 2553-2554	60
19	ปริมาณไนโตรเจนในพีชปี 2553-2554	61
20	ปริมาณซัลเฟอร์ในพีชปี 2553-2554	62
21	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพีชปี 2553-2554	63
22	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 10 %	66
23	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %	67
24	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %	68
25	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %	69
26	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %	70
27	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	71
28	อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	72
29	อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 10 %	74
30	อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %	75
31	อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %	76
32	อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %	77

สารบัญแผนที่ (ต่อ)

แผนที่	หน้า
33 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %	78
34 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	79
35 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	80
36 อัตราการหายใจของดินปี 2555 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %	82
37 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 10 %	84
38 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %	85
39 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %	86
40 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %	87
41 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %	88
42 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	89
43 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %	90
44 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2555 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %	92
45 ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในปี พ.ศ.2554	95
46 ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในปี พ.ศ.2555	95
47 จำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในปี พ.ศ.2554	95
48 จำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในปี พ.ศ.2555	96
49 ความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในปี พ.ศ.2554	96
50 ความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในปี พ.ศ.2555	96
51 ความจุความชื้นของดินที่ระดับภาคสนาม (moisture content at field capacity)	97
52 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)	97
53 ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index)	97
54 ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor)	98
55 ร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor)	98
56 อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration)	98
57 ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth)	99
58 ระดับความสูงของภูมิประเทศ (Elevation)	99
59 ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation)	101
60 ความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient)	101
61 แผนที่แสดงการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยปี 2554 โดยแบบจำลอง MMF เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	104

สารบัญแผนที่ (ต่อ)

แผนที่		หน้า
62	แผนที่แสดงการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยปี 2555 โดยแบบจำลอง MMF เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	105
63	จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2553 (Hotspot in Thailand 2010) เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	112
64	จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2554 (Hotspot in Thailand 2011) เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	113
65	จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2555 (Hotspot in Thailand 2012) เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses	114
66	ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2553	117
67	ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2553	118
68	ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2553	119
69	ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2553	120
70	ปริมาณซัลเฟอร์ในดินปี 2553	121
71	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2553	122
72	ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2554	124
73	ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2554	125
74	ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2554	126
75	ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2554	127
76	ปริมาณซัลเฟอร์ในดินปี 2554	128
77	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2554	129
78	ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2553-2554	131
79	ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2553-2554	132
80	ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2553-2554	133
81	ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2553-2554	134
82	ปริมาณซัลเฟอร์ในดินปี 2553-2554	135
83	อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2553-2554	136

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่

หน้า

1 ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยของปี 2546-2556

144



แบบ วจ-3

ทะเบียนวิจัย 53-55-18-23-040000-010-110-02-11
 ชื่อโครงการวิจัย การติดตามการชะพาคาร์บอนหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน
 ผู้รับผิดชอบ นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์
 สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
 ผู้ร่วมดำเนินการ นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์
 สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
 ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร
 สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
 ผู้ร่วมดำเนินการ นายธนัญชัย คำขำ
 สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
 ผู้ร่วมดำเนินการ นายณรงค์เดช ฮองกุล
 สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
 เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552
 สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2555
 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 36 เดือน

สถานที่ดำเนินการ พิกัด ชุมชน กลุ่มชุมชน ชนิดดิน
 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศไทย - - - -

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2553	-	800,000	800,000
2554	-	800,000	800,000
2555	-	800,000	800,000
รวม	-	2,400,000	2,400,000

แหล่งงบประมาณที่ใช้ งบประมาณปกติของกรมพัฒนาที่ดิน
 พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....

(นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ.....

(.....)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ทะเบียนวิจัยเลขที่	53-55-18-23-040000-010-110-02-11	
ชื่อโครงการวิจัย	การติดตามการชะพาคาร์บอนหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน Inventory of Soil Carbon Loss from Soil Erosion of Thailand	
สถานที่ดำเนินการ	ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย	
ผู้รับผิดชอบ	นายยุทธศาสตร์ อนรรักติพันธุ์	Mr.Yuttasart Anuluxtipan
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์	Mr.Phongthorn Phianphitak
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร	Miss Somjin Wanichsathian
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายธัญญ์ คำขำ	Mr.Thanun Dumkhum
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายณรงค์เดช ฮองกุล	Mr.Narongdeth Hongkul

บทคัดย่อ

การศึกษาการชะพาคาร์บอนจากหน้าดินประเทศไทย ดำเนินการโดยใช้สมการคณิตศาสตร์ และการติดตามการสูญเสียคาร์บอนในดินจากน้อยไปจนถึงมากที่สุด 3 แนวทาง กล่าวคือ จากการหายใจ ของ จุลินทรีย์ ดินที่ใช้คาร์บอน เป็นแหล่งอาหาร การติดตามการเผาเศษพืชทาง การเกษตร และการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน ในปริมาณมากต่อปี ตามลำดับ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์คำนวณค่าการสูญเสียดิน โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนจาก บัญชีเศษพืชอย่างละเอียด ซึ่งจะตกลงสู่หน้าดินทุกปีตลอดระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่ 2553-2555 การคำนวณดังกล่าว ใช้หลักสมดุลมวล (Mass Balance) นอกจากนี้ยังทำการทดสอบสมมติฐาน ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทั้ง 6 ภาคทั่วประเทศ โดยใช้ค่า T-Test ของค่าเฉลี่ย C, H, O, N, S ทั้งในดิน และในพืช และ อัตราการหายใจของดิน ทำให้สามารถสรุปผลการเสียหายหน้าดินประเทศไทยได้ดังนี้

ปริมาณคาร์บอนที่ได้รับจากเศษวัสดุทางการเกษตรของประเทศไทย 321 ล้านไร่ และมีพื้นที่ เกษตรกรรม 198.27 ล้านไร่ หรือประมาณ 62% กรมพัฒนาที่ดินจึงมีนโยบายและเป้าหมายในการ ลดปัญหาภาวะโลกร้อนโดยมีมาตรการ ในการพยายามเก็บกักคาร์บอนลงสู่ดิน (Carbon Storage or Sequestration) สามารถวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนของพืชเศรษฐกิจ 30 ชนิด โดยเครื่อง Elemental Analyzer ซึ่งมีค่าคาร์บอนในเศษพืชระหว่าง 6.63 – 53.37 %C คิดเป็นปริมาณเศษพืช กว่า 255.27 ล้านตัน/ปี หรือคิดเป็นคาร์บอนทั้งหมดในเศษวัสดุทางการเกษตรทั้งประเทศได้ 93.48 ล้านตันคาร์บอน/ปี

เมื่อทำการติดตามตรวจวัดปริมาณคาร์บอนในดินทางภาคเกษตร 62% ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบว่า มีปริมาณคาร์บอนในดินจากภาคเกษตร ประมาณ 666.99 - 766.95 ล้านตันคาร์บอน/ปี การ สูญเสียคาร์บอนในดินประการแรกเกิดจาก การหายใจของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 1.88 - 2.20 ตันคาร์บอน/ปี หรือ 6.89 - 8.05 ตันคาร์บอน/ไร่/ปี ประการที่สองจากการ เผาเศษพืชโดยการจุดไฟเผาและหรือจากไฟป่าที่เกิดเองตามธรรมชาติ ประมาณ 1-2 ล้านตัน คาร์บอน/ปี หรือคิดเป็น 3.67 – 7.33 ล้านตันคาร์บอน/ไร่/ปี ประการสุดท้าย จากการชะล้าง พังทลายของหน้าดินทำให้สูญเสียคาร์บอนออกจากหน้าดินคิดเป็นเนื้อดิน 589.86 และ 530.18 ล้าน ตัน/ปี ในปี 2554 และ ปี 2555 ตามลำดับ คิดเป็นการสูญเสียคาร์บอนออกจากดินเท่ากับ 11.20 และ 10.07 ล้านตันคาร์บอน/ปี ตามลำดับ สรุปการสูญเสียคาร์บอนออกจากดินไม่ต่ำกว่าปีละ 11.07

- 13.20 ล้านตันคาร์บอน/ปี ซึ่งเศษพืชที่อยู่เหนือผิวดินมี 93.48 ล้านตันคาร์บอน/ปี โดย ประมาณ 86 % ของเศษพืชที่มีคาร์บอนได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน และนำไปใช้ผลิตแผ่นวัสดุเพื่องานก่อสร้าง พืชอาหารสัตว์ และส่วนหนึ่งใช้ในการเกษตรเพื่อเป็นปุ๋ยหมัก เป็นลำดับ อาจสรุปได้ว่าเกิด การสูญเสียคาร์บอนทางภาคเกษตรปีละ 14% ต่อปี ทำให้เชื่อได้ว่าจะยังคงมีคาร์บอนเต็มเต็มสู่ดินไม่ ต่ำกว่าการสูญเสียปีละ 14 % หรือ $11.07 - 13.20 \pm 2.13$ ล้านตันคาร์บอน /ปี จึงจะสามารถรักษา ระดับของคาร์บอนทั้งประเทศ 666.99 - 766.95 ล้านตันคาร์บอน/ปี

Abstract

Thai soil erosion and soil carbon loss inventory is carried out in Thailand. Using mathematical model identifies soil carbon loss that delineates from slightly to severely of carbon losses from soil. Soil carbon losses consist of three major groups such as soil respiration from microorganisms as heterotrophic soil microorganism that uses soil carbon as substrate. Secondly, anthropogenic and natural fire occurs in agricultural land areas. The last one, soil erosion is a main loss of soil carbon losses. Not only mathematical model but also monitor soil carbon takes soil and plant samples during 2010-2012 and mass balance theory involve and summarized as follow. Moreover, The T-Test for comparing means that is C, H, O, N, S in soils and plants samplings and soil respiration is concerned to compare in six regions.

The results show that Thai agricultural litters have gotten 255.27 million ton/year or 93.48 million ton carbon/year (100% C/year). Total land areas of Thailand are 513,115 km² and 62% (318,131 km²) are agricultural land areas. Land development department plans to reduce global warming impact from CO₂ emission. Carbon sequestration as carbon storage into the soil is interesting. 30 Plant types are collected and analyzed by Elemental Analyzer. The plant carbon content is 6.63 - 53.37 %C.

Thailand is 513,115 km² of total land areas. The agricultural land areas are 318,131 km² (62% of total land areas). There are 666.99-766.95 million ton carbon/year from soil surface. Soil respiration emits CO₂ 6.89-8.05 ton carbon/year or equal to 1.88-2.20 ton carbon/year. Secondly, anthropogenic and natural fire emits 3.67 – 7.33 million ton CO₂ /year or 1 – 2 million ton carbon/year. Finally, soil erosion of Thailand is the highest losses from soil surface at least 11.07 – 13.20 million ton carbon/year. 86% of total organic litter (Total C 93.48 million ton carbon/year= 100%) is used for Bio-energy, particle material in construction, animal feed stock and compost for agriculture. 14% of total carbon is fulfilled in to the soil to store carbon flux or carbon storage. At least 11.07-13.20 ± 2.13 million ton carbon/year is a figure to equilibrium or mass balance in soil of Thailand.

หลักการและเหตุผล

ดินเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญ โดยคาร์บอนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งเสถียรกว่าการสะสมคาร์บอนในน้ำ บรรยากาศ เชื้อเพลิง และมวลชีวภาพป่าไม้ ทัศนียอรรถนันท์ (2531) กล่าวว่า การปลดปล่อยคาร์บอนจากดิน ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด อาทิ มีเทนจากนาข้าว คาร์บอนไดออกไซด์ สารประกอบไนโตรเจนจากการเผาไหม้ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ และการจัดการในพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้การสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนในดินจากการชะล้างพังทลายของดินโดยอินทรีย์คาร์บอนถูกพัดพาไปพร้อมการเคลื่อนย้ายของหน้าดินซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ปัจจัยของกระบวนการดังกล่าว พิจารณาจากการแตกกระจายของเม็ดดิน และการพัดพาของหน้าดิน

การประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นบนสมมติฐาน ณ เหตุการณ์ช่วงหนึ่ง ๆ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเทคนิคการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จะสามารถช่วยบ่งชี้การสูญเสียดิน และคาร์บอนในหน้าดิน โดยกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ในแต่ละระดับความรุนแรงได้ จึงทำการศึกษา “การติดตามการชะพาคาร์บอนหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน” นี้ขึ้น เพื่อสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาวางแผน บริหารจัดการทรัพยากรดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ในการศึกษาปริมาณการสูญเสียคาร์บอนของดิน และระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง Morgan et al. 1984 หรือแบบจำลอง MMF ซึ่งเป็นแบบจำลองประเภท Physical base ครั้งนี้ จัดทำโดยการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม โดยใช้ข้อมูลในรูปข้อมูลดิจิทัลทั้งข้อมูลที่เป็นแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลรูปแบบอื่น ๆ ที่มีพิกัดภูมิศาสตร์ที่แน่นอน แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประเมินระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย โดยอาศัยปัจจัยของสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินมาใช้ในการพิจารณา ซึ่งจะทำให้การแยกประเมินปริมาณการสูญเสียดินออกเป็น 2 กระบวนการ ตามหลักการวิเคราะห์ของแบบจำลอง MMF คือ ปริมาณดินที่สามารถถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนจากกระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment) และปริมาณดินที่สามารถถูกเคลื่อนย้ายด้วยน้ำไหลพาหน้าดินจากกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) โดยส่วนที่มีปริมาณดินน้อยกว่าจะถือว่าเป็นตัวจำกัดปริมาณดินที่จะถูกชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษา และถือเป็นปริมาณดินที่จะสูญเสียไปในพื้นที่ศึกษาอันเนื่องมาจากการชะล้างพังทลายของดิน

การใช้ข้อมูลในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ (Climatic factor) เช่น ปริมาณน้ำฝนรายปี (Annual rainfall) จำนวนวันฝนตกในรอบปี (Rainy day) เป็นต้น และปัจจัยทางด้านดิน (Soil factor) เช่น ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ค่าความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (Moisture storage at field capacity) เป็นต้น โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลในแต่ละปัจจัยจะถูกนำมาเตรียมเป็นชั้นข้อมูลในรูปแบบ vector ซึ่งเก็บเชื่อมโยงข้อมูลแบบฐานข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ (Attribute database) และรูปแบบ raster ซึ่งแสดงข้อมูลด้วยฐานข้อมูลภาพ (Graphic database) โดยหลังจากเตรียมข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลแล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศ

ภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ตามเงื่อนไขของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Morgan et al. 1984 โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ จะแสดงถึงระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ซึ่งแบ่งออกเป็นความรุนแรง 5 ระดับ ตั้งแต่รุนแรงน้อยมากจนถึงรุนแรงมาก และแยกระดับความรุนแรงระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูงออกจากกันรวมเป็น 10 ระดับ ตามการแบ่งระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดไว้

สำหรับการศึกษาปริมาณการสูญเสียคาร์บอนของดิน จะดำเนินการโดยการกำหนดจุดทดสอบจากแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน เก็บตัวอย่างและเฝ้าติดตามตรวจสอบและประเมินปริมาณคาร์บอนที่สูญเสีย อันเนื่องมาจากระบวนการชะล้างพังทลายของดิน และตรวจสอบผลความถูกต้องจากแผนที่ โดยผลการศึกษาที่ได้จะนำไปใช้ในการวางแผนทางป้องกันและแก้ไขผลกระทบที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินต่อประชาชนในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการสูญเสียคาร์บอนตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทำให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนออกจากดิน
3. ศึกษาปริมาณและพลวัตรของคาร์บอนในดิน (Carbon Sequestration and Dynamic)

การตรวจเอกสาร

การชะล้างพังทลายของดิน (Erosion) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจากน้ำ ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลก มากระทำให้วัตถุธาตุหรือสารแตกแยกออกจากกัน แล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินหรือสารหรือวัตถุธาตุดังกล่าวไปตกตะกอนที่บริเวณอีกแห่งหนึ่ง (นิพนธ์ , 2545)

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินถูกชะล้างพังทลาย คือ ฝนและลม ซึ่งผลกระทบจากปัจจัยทั้งสองต่อการ ชะล้างพังทลายของดินนี้ จะแตกต่างกันไปตามสภาพทางภูมิศาสตร์ของโลก กล่าวคือ ด้วยปริมาณและคุณภาพของฝนและลม สำหรับประเทศไทยนั้น จะเน้นไปที่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับอัตราการชะล้างพังทลายของดินเป็นหลัก

1. รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญในประเทศไทย

ลักษณะการชะล้างพังทลายของดินไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดนั้น มีสาเหตุมาจากความรุนแรงของเม็ดฝนที่ตกกระทบ และจากแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดิน อันเกิดจากดินไม่สามารถรับการซึมของน้ำฝนได้หมด และถ้าฝนตกหนักมากอาจเกิดการเคลื่อนและการเลื่อนไหลของมวลดินโดยแรงดึงดูดของโลกและแรงดันของน้ำใต้ผิวดิน แม้ว่าการเลื่อนไหลของดินจะเป็นการพังทลายของดินที่มีปริมาณมาก แต่มักไม่เกิดบ่อยนัก การพังทลายของดินส่วนใหญ่จึงมักเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ และมักจะเกิดขึ้นเสมอบนพื้นที่ลาดเขา ถ้าหากว่าฝนตกหนักนักพลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะมีเพียงการชะล้างพังทลายของหน้าดินและพัดพาสิ่งต่ำ แต่จะตกตะกอนในตอนใดตอนหนึ่งของลาดเขาโดยไม่พัดพาสิ่งต่ำลงสู่ลำธาร ตะกอนที่ตกทับถมก่อนถึงร่องลำธารก็จะเป็นแหล่งของดินที่จะถูกพัดพาสิ่งต่ำลงไปอีกจากฝนตกในคราวต่อ ๆ ไป ยกเว้นเสียว่าไม่มีฝนตกตามมาในเวลาใกล้เคียงกัน จนพืชพรรณขึ้นปกคลุมอย่างดี ดินที่ตกตะกอนดังกล่าวจะได้รับการป้องกันจากพลัง

น้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดียิ่งขึ้น รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน ที่สำคัญ ๆ (ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และคณะ. 2547) ในประเทศไทยมีดังนี้

1.1 การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น (Splash erosion)

การตกกระทบของเม็ดฝนติดต่อกัน จากน้ำฝนนับหมื่น ๆ นับล้านเม็ดนั้น จะทำให้อนุภาคดินบนผิวหน้าแตกกระจาย และกระเด็นออกไปจากตำแหน่งเดิม โดยเฉพาะจะเกิดอย่างรุนแรงบนผิวดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม การชะล้างพังทลายชนิดนี้ถ้าเกิดในที่ราบเม็ดดินก็จะไปได้ไกลนัก แต่ถ้าเกิดบนพื้นที่ลาดเขาจะถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาไป อย่างไรก็ตาม การกัดกร่อนในลักษณะประเดี๋ยวนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการสูญเสียดินที่ค่อยเป็นค่อยไป และมักไม่ค่อยมีคนสนใจกันมากนัก

1.2 การชะล้างพังทลายแบบผิวผ่าน (Sheet erosion)

เม็ดดินที่ถูกกัดชะโดยกระบวนการชะล้างพังทลายแบบประเดี๋ยวนี้ นับเป็นแหล่งดินตะกอนที่จะถูกพัดพาเคลื่อนที่ออกไปจากพื้นที่ลาดเขาโดยแรงน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งไหลเอ่อเหนือผิวดินเป็นแผ่นบาง ๆ อัตราการถูกพัดพาสูงที่ต่ำขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ ขนาด รูปร่าง และความหนาของตะกอนก็มีส่วนอยู่มากในการที่จะถูกพัดพาไปได้มากหรือน้อย

การกัดกร่อนในลักษณะนี้เห็นได้ยาก และชาวไร่มักไม่ค่อยได้สังเกต การกัดกร่อนแบบนี้ให้เสียหายดินที่มีสีดำนับเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมาก เพราะมีอินทรีย์วัตถุสูง การปล่อยให้มีการกัดกร่อนเช่นนี้เกิดขึ้นบ่อย ๆ จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลง ในขณะเดียวกันก็ต้องลงทุนหาปุ๋ยมาใส่ทดแทนมากขึ้น

1.3 การชะล้างพังทลายแบบร่องร้ว (Rill erosion)

การชะล้างพังทลายในลักษณะนี้เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินร่วมกันเป็นทางน้ำเล็ก ๆ แล้วกัดเซาะลงไปในเนื้อดิน แต่เนื่องจากความคงทนของดินแตกต่างกันไป ประกอบกับแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินยังไม่หนามากนัก การกัดกร่อนจึงเป็นไปในลักษณะร่องตื้น ๆ เล็ก ๆ กระจายทั่วผิวดิน ปกติ ร่องเล็ก ๆ ดังกล่าวจะมีแนวเกือบเป็นเส้นตรงยาวติดต่อกันไปและขนานกันไปเป็นร้ว ๆ ร่องดังกล่าวนี้ต้นจนสามารถปรับให้หายไปได้โดยการไถพรวนแบบธรรมดา ๆ

ความรุนแรงของกระบวนการกัดชะ และกระบวนการเคลื่อนย้ายในกรณีที่เกิดการชะล้างพังทลายแบบนี้ มีความรุนแรงมากกว่าที่เกิดในลักษณะการชะล้างพังทลายแบบแผ่น การชะล้างพังทลายแบบร่องร้วนี้ หน้าดินบางส่วนจะสูญเสียไป แต่เมื่อใดเกิดร่องร้วแล้วและไม่มีการปรับผิวดินใหม่ น้ำในร่องร้วก็จะกัดกร่อนร่องร้วนี้ให้ลึก และกว้างจนถึงขั้นล้างได้อย่างรวดเร็ว

1.4 การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก (Gully erosion)

การเกิดการชะล้างพังทลายของดินลักษณะนี้เกิดขึ้น เนื่องจากไม่ได้มีการป้องกันหรือปรับปรุงหน้าดินที่มีลักษณะการชะล้างพังทลายแบบร่องร้ว ปล่อยให้ น้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินกัดกร่อนลึกลงไปเรื่อย ๆ ร่องร้วจึงขยายตัวขึ้นเป็นร่องลึกลงไปถึงดินชั้นล่าง การเกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึกนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำไหลในร่องทั้งในลักษณะการกัดชะและการเคลื่อนย้ายดิน รูปตัดของร่องลึกนี้มักเป็นรูปตัว U หรือ ตัว V แล้วแต่ชนิดของดิน การชะล้าง

พังทลายแบบร่องลึกนี้ ยากที่จะปรับหน้าดินใหม่ด้วยเครื่องไถพรวนชนิดใด ต้องเสียเวลาและลงทุนมากในการที่จะควบคุมให้กลับสู่สภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นเดิม

1.5 การชะล้างพังทลายแบบเลื่อนไหล (Mass soil movement)

การชะล้างพังทลายของดินแบบเลื่อนไหลนี้เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินบนที่มีความลาดชันสูง เนื่องจากแรงถ่วงของโลก และความแตกต่างของความชื้นของมวลสารชนิดเดียวกันหรือคนละชนิดกัน การพังทลายแบบนี้อาจเกิดตามธรรมชาติได้ แต่กิจกรรมของมนุษย์มักเป็นตัวเร่งและก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบนี้มากกว่าธรรมชาติ รายละเอียดของการพังทลายแบบนี้จะกล่าวถึงในโอกาสต่อไป

1. 6 การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ (Stream-bank erosion หรือ channel erosion)

การพังทลายแบบนี้เกิดขึ้น เพราะลำน้ำค่อนข้างใหญ่นั้นจะมีน้ำไหลผ่านในร่องน้ำเป็นปริมาณมาก และเป็นเวลายาวนาน โดยเฉพาะภายหลังฝนตกหนัก พลังน้ำไหลตามร่องหรือลำน้ำนี้จะกัดเซาะดินชายฝั่งซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับผิวหน้าดิน ทำให้เกิดชะง่อนง้ำ ไตผิวน้ำลึกเข้าไปในฝั่งจนดินบนเหนือระดับน้ำไม่มีฐานค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอที่จะไหลเลื่อนและพังลงมาสู่ท้องลำธารได้ การพังทลายแบบนี้จะมีมากบริเวณลำธารหักโค้งหรือลำน้ำเปลี่ยนทิศทางการไหล ซึ่งในบางแห่งก็ทำให้เสียพื้นที่ทำกินและที่อยู่อาศัยบริเวณสองฝั่งลำน้ำได้มากทีเดียว

2. ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่ออัตราการชะล้างพังทลายของดิน เมื่อพิจารณาตามกระบวนการที่กล่าวโดยรายละเอียดในตอนต้นนั้น สรุปได้ดังนี้

2.1 อิทธิพลของลมฟ้าอากาศ

2.1.1 อิทธิพลของฝน

ปัจจัยอันสำคัญที่สุดในบรรดาปัจจัยเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินก็คือ ฝน ทั้งนี้เพราะแรงตกกระทบของเม็ดฝนนับเป็นพลังงานอันแรกที่ทำให้ดินเกิดการแตกแยกออกจากกัน แรงตกกระทบดังกล่าวยังเป็นตัวการต่อเนื่องที่ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินด้วย

ลักษณะอื่นๆ ของฝนที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน คือ ลักษณะการแตกกระจายของฝน (Distribution) ปริมาณการชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นได้สูงสุดเมื่อฝนตกหนัก และหน้าดินว่างเปล่าปราศจากสิ่งปกคลุม หรือในช่วงที่พืชพรรณเพิ่งเริ่มงอกหรือเพิ่งเริ่มตั้งตัวได้

2.1.2 อิทธิพลของการเปลี่ยนอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน หรือระหว่างฤดูกาลนั้น มีผลต่อการปรับตัวของโครงสร้างดิน ทำให้การจับตัวกันของอนุภาคดินมีแรงยึดกันน้อยลง

2.2 อิทธิพลของสภาพภูมิประเทศ

2.2.1 ความลาดเทของพื้นที่

ความลาดเทของพื้นที่นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน โดยทั่วไปแล้วเมื่อความลาดเทมากขึ้นอัตราการชะล้างพังทลายของดินจะมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะพื้นที่ลาดชันนั้นมักทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้มาก เพราะดินมีโอกาสเก็บกักน้ำฝนที่ตกลงมาได้น้อย ทำให้มีการไหลบ่าหน้าดินรวดเร็วและรุนแรง

บนพื้นที่ลาดเทมาก ๆ นั้น เมื่อน้ำไหลบ่าหน้าดินเกิดได้รวดเร็ว พลังน้ำจะกัดกร่อนและพัดพาดินที่ถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำได้มาก อย่างไรก็ตาม ความลาดชันจะมีผลเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ฝนตกแผ่วเบา และนานจนกระทั่งน้ำไหลบ่าหน้าดินมีอัตราไหลคงที่ แต่จะมีอิทธิพลรุนแรงมากถ้าฝนตกในช่วงเวลาสั้น ๆ

2.2 ความยาวของแนวความลาดเท

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของดินที่ถูกชะล้างพังทลายจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความยาวของความลาดเทมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอัตราการไหลบ่าหน้าดินเพิ่มมากขึ้นไปตามความยาวของความลาดเทที่ยาวมากขึ้นนั่นเอง อย่างไรก็ตามบนพื้นที่ลาดชัน การกัดกร่อนผิวหน้าดินมักจะไม่สามารถเห็นบนบริเวณสันเขา และส่วนที่เป็นเชิงลาดลงมา ในกรณีที่ฝนตกสม่ำเสมอทั่วทั้งลาดเขา แต่จะเห็นการชะล้างพังทลายของดินอย่างชัดเจนบริเวณที่ต่ำลงมา ตรงจุดที่น้ำไหลบ่าหน้าดินเริ่มมีพลังกัดเซาะสูงกว่าแรงต้านทานของอนุภาคดิน ดังนั้นจึงมักเห็นเสมอว่าตามแนวสันเขานั้นจะมีความกว้างอยู่ขนาดหนึ่งซึ่งไม่ค่อยมีการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นมากนัก ซึ่งความกว้างของแต่ละแนวสันเขานี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการด้วยกัน

เมื่อน้ำไหลบ่าหน้าดินไหลลงสู่ที่ต่ำนั้น ปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งพลังการเคลื่อนย้ายดินของน้ำไหลบ่าหน้าดินหมดสมรรถนะ ไม่สามารถจะพัดพาเคลื่อนย้ายมวลดินตะกอนลงต่ำไปได้อีกแล้ว กระบวนการตกตะกอนก็จะเกิดขึ้น ณ จุดนั้นๆ ส่วนมากมักจะเป็นบริเวณใกล้ ๆ สองฝั่งลำธาร ดังนั้นการที่จะลดอัตราและปริมาณการชะล้างพังทลายของดินบริเวณลาดเขาควรจะทำเครื่องกีดขวางทางน้ำเป็นช่วงๆ ตามลาดเขาด้วยระยะทางที่เหมาะสม

2.2.3 รูปร่างของความลาดเท

ความลาดเทของพื้นที่ผืนใดผืนหนึ่ง อาจมีลักษณะของแนวความลาดเทแบบตรงเรียบ หรือลาดนูนขึ้น และโค้งลง หรือลาดเว้าลง และงอขึ้นก็ได้ บนความลาดเทที่โค้งขึ้น (Convex) นั้น ความลาดเอียงจะมีมากตอนใกล้ ๆ จุดต่ำสุดของแนวความลาดเท ซึ่งเป็นบริเวณที่อัตราความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ผลที่ตามมาคือการชะล้างพังทลายของดินจะมากกว่าความลาดเทแบบอื่นๆ

บนความลาดเทแบบเว้า (Concave) ความลาดเอียงจะลดน้อยลงตอนบริเวณใกล้จุดสิ้นสุดของความลาดเท ซึ่งมักทำให้เกิดการตกตะกอนบริเวณดังกล่าวนี้ มากกว่าที่จะเกิดการชะล้างพังทลายต่อไป ทั้งนี้เพราะอัตราการไหลบ่าของน้ำหน้าดินและถูกทำให้ลดลงอย่างรวดเร็วนั่นเอง

2.3 ปัจจัยเกี่ยวกับดิน

ดินแต่ละชนิดจะถูกชะล้างพังทลายได้ยากง่ายแตกต่างกันไป แม้ว่าจะถูกชะและถูกเคลื่อนย้ายด้วยแรงปะทะของน้ำฝน และพลังเคลื่อนย้ายของน้ำไหลบ่าหน้าดินในอัตราและปริมาณเดียวกัน บนความลาดเทและพืชพรรณที่คลุมผิวหน้าดินหนาแน่นเท่าเทียมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของดินที่สำคัญ

2.3.1 ความคงทนต่อการถูกกัดเซาะและเคลื่อนย้าย

ในกระบวนการชะล้างพังทลายของดินซึ่ง มี 3 ขั้นตอน คือ การกัดเซาะ การเคลื่อนย้าย และการตกทับถม นั้น การทดลองในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นแล้วว่า กระบวนการในลำดับต่างๆ นั้น เกิดขึ้นกับดินแต่ละชนิดแตกต่างกันไป โดยทั่วไปนั้นความยากง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย (Detachability) จะเพิ่มขึ้นไปตามขนาดของอนุภาคดิน แต่จะเป็นไปในทำนองตรงกันข้าม เมื่อกล่าวถึงความยากง่ายในการเคลื่อนย้าย (Transportability) ตัวอย่างเช่น อนุภาคของดินเหนียวจะยากต่อการถูกกัดเซาะมากกว่าอนุภาคดินทราย แต่ก็ง่ายต่อการที่ถูกพัดพาเคลื่อนย้ายไปมากกว่าดินทราย เป็นต้น

2.3.2 อัตราการซึมผ่านของดิน

ความสามารถในการเปียกน้ำของดิน และสมรรถนะการอุ้มน้ำสูงสุดของดิน การเคลื่อนย้ายของน้ำจากผิวดินลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป ไม่ว่าจะผ่านลงไปโดยตรงตามธรรมชาติ รอยแยกของดิน รูที่เกิดจากการผุพังของรากไม้ หรือรูที่สัตว์ขุดขึ้น เป็นที่รู้จักกันดีในหมู่นักอนุรักษ์ดินและน้ำ และเรียกกันว่า การซึมผ่านผิวดิน (Infiltration)

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

ลักษณะที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งของอัตราการซึมผ่านผิวดินก็คือ จะเป็นไปอย่างรวดเร็วในดินที่ค่อนข้างแห้ง และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อดินเริ่มเปียก ในที่สุดก็จะเข้าสู่อัตราการซึมคงที่ ซึ่งจะกินเวลามากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อดิน และโครงสร้างของดินเป็นสำคัญ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการนี้ เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด (Maximum water holding capacity) ของมันเองสูง และมักจะเป็นตัวเชื่อมปรับปรุงให้ดินมีโครงสร้างจับตัวกันแบบ granular ลักษณะดังกล่าวนี้จะพบในดินที่มีการไถพรวนหญ้า และหญ้าผสมพืชตระกูลถั่ว กลบดินคลุกเคล้ากัน

2.3.3 ความลึกของดินชั้นบน

ดินที่บริเวณผิวหน้าดินถูกกัดเซาะไปนั้นมักจะง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้เพราะหน้าดินซึ่งเคยเป็นเนื้อดินร่วนซุย โครงสร้างดีและอินทรีย์วัตถุสูง ได้ถูกชะล้างไปจนหมดแล้ว ดินที่เหลืออยู่จึงจะมีสมรรถนะซึมซับน้ำได้น้อยกว่าที่เคยเป็น ทำให้น้ำไหลบ่าดินเกิดขึ้นได้ง่ายและมาก อัตราการชะล้างพังทลายจึงเป็นไปได้ให้อัตราสูง

ปกติการชะล้างพังทลายของดินรูปแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น ได้เกิดขึ้นอยู่เสมอในธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งของการปรับระดับผิวโลก แต่มักเป็นไปได้ในอัตราที่ต่ำและเป็นไปได้ช้า ๆ และผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าวตามธรรมชาตินี้มีผลดีต่อมวลมนุษย์มากกว่าผลเสีย แต่ถ้าหากว่ากระบวนการชะล้างพังทลายนี้ถูกเร่งโดยการกระทำของมนุษย์ไม่ว่าด้วยเหตุผลประการใดก็ตาม ผลเสียหายจะเริ่มตามมาและเพิ่มพูนขึ้นเรื่อย ๆ หากไม่มีมาตรการควบคุมหรือป้องกัน

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

การคาดคะเนหรือพยากรณ์การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การเกิดตะกอนในลำน้ำ และการปนเปื้อนของมลสารต่าง ๆ ในน้ำ มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการคาดหมายหรือพยากรณ์ และการนำไปใช้งานในด้านการออกแบบโครงสร้าง เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือเพื่อเตรียมแผนป้องกันผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีหน่วยงานต่าง ๆ ดำเนินการวิจัยเพื่อการประเมินและทำนายการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic model) และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ โดยในเบื้องต้น ได้แก่ สมการการสูญเสียดินสากล หรือ USLE (Universal Soil Loss Equation) ซึ่งเป็นสมการเอมไพริคอล (Empirical model) ที่ได้จากแปลงทดลองทั่วสหรัฐอเมริกามากกว่า 10,000 แปลงต่อปี (Wischmeier and Smith, 1965) จึงมีการนำสมการนี้ไปใช้กันอย่างแพร่หลายในการวางแผนใช้ประโยชน์ที่ดิน และคาดคะเนปริมาณตะกอนจากพื้นที่

จากนั้นจึงมีการพัฒนาสมการอื่น ๆ ต่อมา ได้แก่ สมการ MUSLE ที่จัดทำในปี 1977 โดย Williams and Berndt ที่ใช้ในการหาสมรรถนะการกัดเซาะ (Detachment capacity) และสมรรถนะในการเคลื่อนย้ายตะกอน (Transport capacity) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้หาการพัดพาตะกอนจากยอดเขาสูงสู่ร่องน้ำ

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

สำหรับแบบจำลองที่ได้กล่าวในข้างต้นนี้ยังคงเป็นแบบจำลองประเภท Empirical based คือ เป็นแบบจำลองที่อาศัยพื้นฐานจากการทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลมา และนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลโดยการวิเคราะห์ทางสถิติและคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ข้อดีของแบบจำลองแบบ Empirical based นี้คือสามารถนำมาใช้ได้สะดวก แต่จุดอ่อนสำหรับแบบจำลองประเภทนี้ คือ ค่าคงที่บางตัวของปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองนี้อาศัยพื้นฐานมาจาก

การทดลองในพื้นที่ เช่น ค่าการปกคลุมของพืช หากผู้นำแบบจำลองมาใช้โดยมิได้ทราบถึงที่มาของค่าต่าง ๆ ย่อมจะส่งผลให้การใช้แบบจำลองได้ผลที่ไม่แม่นยำ

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 แบบจำลองประเภทนี้ได้แก่ แบบจำลอง CREAMS แบบจำลอง Water Erosion Prediction Project (WEPP) ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) และแบบจำลอง European Soil Erosion Model (EUROSEM) สำหรับแบบจำลอง CREAM ที่จัดทำขึ้นในปี 1980 นั้น พัฒนาขึ้นมาเพื่อเสริมรายละเอียดของ แบบจำลอง MUSLE โดยมุ่งเน้นในการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการประเมินค่าอัตราการชะล้างพังทลายในพื้นที่ระดับสนาม และรวมถึงมลพิษทางเคมี โดยการพัฒนาอันอาศัยแนวคิดให้มีการเลียนแบบกระบวนการธรรมชาติต่าง ๆ ไว้ จากแนวคิดลักษณะนี้ของแบบจำลอง CREAM แม้จะให้รายละเอียดในกระบวนการชะล้างพังทลายของดินได้ดีแต่การนำไปใช้จำเป็นต้องอาศัยตัวพารามิเตอร์มากและสลับซับซ้อน ในหลายกรณีการนำไปใช้ให้ได้ผลถูกต้องได้ดีจึงเป็นไปได้ยาก (นิพนธ์ , 2545) แบบจำลองประเภท Process based model มีข้อดี คือ สามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นได้ง่ายเพียงแต่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา แต่ข้อเสียของแบบจำลองประเภทนี้คือ มีความซับซ้อนสูงและอาศัยข้อมูลในการศึกษาพิจารณามาก (Shrestha, 2003)

ดังนั้น Morgan et al., (1984) ได้พยายามพัฒนาแบบจำลองที่สะดวกต่อผู้ใช้งานขึ้น โดยยังคงอาศัยหลักการของสมการ USLE ในการพัฒนา โดยเป็นการผสมผสานระหว่างแบบจำลอง Physical based และ Empirical based คือ แบบจำลอง Morgan et al., 1984 (MMF) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อทำนายการชะล้างพังทลายของดินรายปีในพื้นที่ลาดเขา โดยมีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ แบบจำลอง MMF ได้พิจารณาถึงกลไกที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบทางกายภาพ โดยคำนึงถึงกลไกย่อยต่าง ๆ เช่น พลังงานของเม็ดฝนในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำให้เม็ดดินแตกกระจาย เป็นต้น แต่เนื่องจากการพัฒนากลไกเหล่านี้ซับซ้อน การจะอธิบายถึงกลไกทั้งหมดจะต้องอาศัยข้อมูลและเวลาในการวิเคราะห์มาก ดังนั้นในแบบจำลอง MMF เองจึงต้องอาศัยการพิจารณาในรูปแบบของ Empirical based เข้าผนวกด้วย โดยการนำค่าคงที่เข้าใส่ในแบบจำลอง

จากงานวิจัยของ Iampornrat et al., (2002) ที่ได้วิจัยเปรียบเทียบปริมาณการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากลเปรียบเทียบกับแบบจำลอง MMF ในพื้นที่ตำบล

เขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้พบว่าแบบจำลอง MMF สามารถประเมินการชะล้างพังทลายของดินได้เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การนำแบบจำลอง MMF มาใช้ให้ได้ประสิทธิภาพนั้นยังคงต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้แบบจำลองร่วมกับข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการประมวลผลด้วย จากแบบจำลอง MMF ซึ่งจากแบบจำลอง MMF นี้ จะพบว่าไม่ได้ให้ความสำคัญไปที่ดินที่แตกกระจายเนื่องจากน้ำท่า และการพัดพาที่เกิดจากพลังงานจลน์ของน้ำฝน และไม่ได้พิจารณาถึงค่าอิทธิพลของความยาวของความลาดชันที่มีต่อการชะล้างพังทลายของดิน (slope length factor) จึงควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเหมาะสมและถูกต้องในการนำแบบจำลอง MMF มาใช้ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney (MMF model)

แบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) นั้นเป็นแบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินที่นำเอาหลักการของ Empirical based model และ Physical based model มาใช้ร่วมกัน (Mixed model) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย มอร์แกน และคณะ (1984) การพัฒนาแบบจำลอง MMF ขึ้นนั้นยังคงอาศัยหลักการของสมการ USLE ในการพัฒนา ซึ่งจุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองนี้ขึ้นก็เพื่อที่จะทำนายการชะล้างพังทลายของดินรายปีในพื้นที่ลาดเขา โดยมีข้อดีคือ มีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ แบบจำลอง MMF ได้พิจารณาถึงกลไกที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบทางกายภาพ โดยคำนึงถึงกลไกย่อยต่าง ๆ เช่น พลังงานของเม็ดฝนในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำให้เม็ดดินแตกกระจาย เป็นต้นซึ่งเป็นหลักการของ Physical based model แต่เนื่องจากการพัฒนาหลักกลไกเหล่านี้ซับซ้อน การจะอธิบายถึงกลไกทั้งหมดจะต้องอาศัยข้อมูลและเวลาในการวิเคราะห์มาก ดังนั้นในแบบจำลอง MMF เองจึงต้องอาศัยการพิจารณาในรูปแบบของ Empirical based เข้ามาผนวกด้วย โดยการนำค่าคงที่เข้าไปในแบบจำลอง

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

4.1 กระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment)

ในการพิจารณาถึงกระบวนการแตกกระจายของดินนั้น แบบจำลอง MMF จะได้พิจารณาถึงพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่สามารถทำให้ดินแตกกระจายออกเป็นเม็ดดิน ซึ่งขนาดของเม็ดฝนที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดพลังงานจลน์ต่างกันตามไปด้วย ดังนั้นแบบจำลอง MMF จึงอาศัยการพิจารณาปริมาณของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนแต่ละขนาดที่จะทำให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน ซึ่งปริมาณของพลังงานจลน์นั้นมีความสัมพันธ์กับ สภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลกเช่น ขนาดของเม็ดฝนในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตรจะมีขนาดใหญ่กว่าเม็ดฝนของประเทศในเขตอบอุ่น ดังนั้นพลังงานจลน์ที่เกิดจากเม็ดฝนในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตร ย่อมมากกว่าที่เกิดในประเทศเขตอบอุ่น สำหรับการคำนวณปริมาณพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นจากเม็ดฝนเพื่อนำมาใช้ในแบบจำลอง MMF นั้นจะ

อาศัยสมการที่เกิดขึ้นจากการทดลองมาแล้วในแต่ละเขตสภาพภูมิอากาศ โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี และความหนักเบาของฝนที่เกิดขึ้นในหนึ่งชั่วโมงมาใช้ในการคำนวณพลังงานจากน้ำฝน

สำหรับกระบวนการแตกกระจายของดินที่ได้พิจารณาถึงพลังงานจลน์จากเม็ดฝนแล้ว ยังผนวกด้วยการพิจารณาถึงความคงทนต่อการถูกกัดเซาะของดินแต่ละประเภทมาประกอบ 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

4.2 การพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation)

การพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่าจะเป็นการพิจารณา การพัดพา ดินจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งพิจารณาถึงปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Run off) ประกอบกับความลาดชันของพื้นที่ รวมถึงชนิดของพืชที่ปกคลุมพื้นที่อยู่

สำหรับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินนั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อดินนั้นดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว (Saturation point) ในแบบจำลอง MMF นั้นจะพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน และความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินที่ระดับสนาม เพื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่ดินสามารถกักเก็บไว้ได้ และน้ำที่มีปริมาณมากเกินไปจนเกินพอนั้นก็จะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งสามารถพัดพาเอาเม็ดดินไปเป็นตะกอนดินได้ ซึ่งการพัดพาเอาตะกอนดินไปได้ไกลเพียงใดนั้นก็ขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่ที่สามารถให้น้ำไหลไปได้ รวมถูกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆว่าจะยับยั้งการไหลบ่าของน้ำได้มากน้อยเพียงใด

ซึ่งสมการของกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) เป็นดังนี้

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

T = ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (Soil transportation) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร

C = ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (Crop cover)

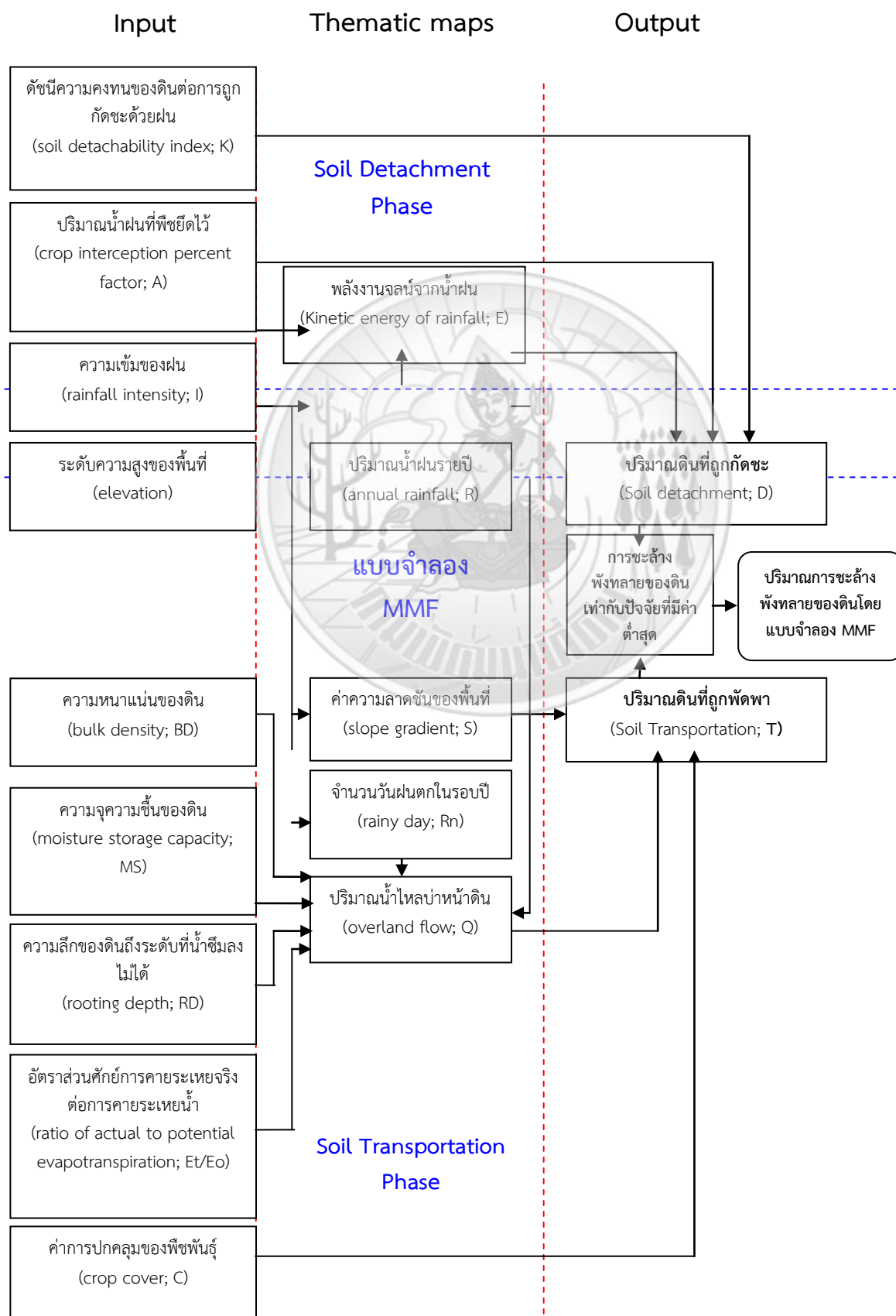
Q = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Overland flow)

S = ค่าความลาดชันของพื้นที่ (Slope gradient)

หลังจากพิจารณาถึงกระบวนการแตกกระจายของดิน (Soil detachment) และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Soil transportation) แนวคิดของแบบจำลอง MMF นั้นคือ การนำทั้ง 2 กระบวนการมาเปรียบเทียบกับกัน โดยที่กระบวนการใดก็ตามมีความสามารถน้อยกว่าจะเป็นตัวจำกัด และเป็นปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจริง เปรียบเทียบได้กับการขุดดิน กระบวนการแตกกระจายของดินนั้นเปรียบได้กับปริมาณดินที่ขุดออกมาได้ และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายเปรียบได้กับรถยนต์ที่มาขนดิน ถ้าเราขุดดินได้ 100 ตันต่อวัน แต่รถยนต์ที่มาขนดินขนได้เพียง 50 ตันต่อวัน ดังนั้นดินที่ถูกขนไปได้ก็มีเพียง 50 ตันต่อวัน กล่าวได้ว่ารถยนต์ขนดินจะเป็นตัวจำกัด ในทางกลับกันถ้าเราขุดดินได้เพียง 100 ตันต่อวัน แต่รถยนต์ที่มาขนดินขนได้ 200 ตันต่อวัน ปริมาณดินที่ถูกขนไปได้ก็มีเพียง 100 ตันต่อวัน จำนวนดินที่ถูกขุดออกมาได้ก็จะเป็นตัวจำกัด

สำหรับการนำแบบจำลอง MMF ไปใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การนำแบบจำลอง MMF มาใช้ให้ได้ประสิทธิภาพนั้นยังคงต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของข้อมูลต่าง ๆ 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 โดยมี การแยกกระบวนการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 2 ขบวนการ ได้แก่ การแตกกระจายของดิน (Soil detachment) และการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจาย (Transportation) ในขั้นตอนของการแตกกระจายของดินจะพิจารณาถึงผลกระทบจากน้ำฝน พลังงานของฝน และคุณสมบัติของดิน ส่วนในขั้นตอนการพัดพาจะพิจารณาผลกระทบจากน้ำท่า (Runoff) ในการพัดพาดินจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จากนั้นจึงมีการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินระหว่าง 2 ขบวนการ ขบวนการใดให้ค่าน้อยกว่าก็จะถือว่าค่านั้นเป็นปริมาณดินที่สูญเสียไป เนื่องจากหากมีการแตกกระจายของดินน้อยแต่มีการพัดพามากก็จะถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินในปริมาณเท่ากับการแตกกระจายของดิน แต่หากพื้นที่ใดมีการแตกกระจายของดินมากแต่มีการพัดพาน้อยก็จะถือว่ามีการชะล้างพังทลายของดินในปริมาณเท่ากับการพัดพา (Shrestha, 2003)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินงาน เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552
สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2555

สถานที่ดำเนินการ พื้นที่เก็บตัวอย่างจำนวน 1,132 จุด ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

การสูญเสียคาร์บอนตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล 32 บิต ความเร็วหน่วยประมวลผลกลางไม่น้อยกว่า 1.8 GHz ซึ่งมีพื้นที่เก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 40 GB
2. เครื่องพิมพ์แผนที่สี
3. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล
 - โปรแกรม Arcview GIS พร้อม Spatial Analyst Extension (ESRI, USA)
 - โปรแกรม ArcInfo ในชุดโปรแกรม ArcGIS (ESRI, USA)
 - โปรแกรม ILWIS 3.1 Academic (ITC, The Netherlands)
4. ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศและข้อมูลดิจิทัลที่ใช้ในการศึกษา

วิธีการ

1. ตรวจสอบเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
ศึกษาถึงข้อมูลเบื้องต้นของการชะล้างพังทลายของดิน รูปแบบของการชะล้างพังทลายของดิน ประเภทของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในส่วนของการใช้แบบจำลอง MMF เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงรายละเอียดของปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา อันได้แก่ ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและปัจจัยที่เกี่ยวกับดิน
2. ออกแบบการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน
ในการออกแบบการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและใช้ในแบบจำลอง และนำมาจัดทำกระบวนการในการจัดการข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ (Attribute Data) เพื่อให้กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษา และสามารถดำเนินการได้โดยคำสั่งของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้
3. การรวบรวมข้อมูล
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลทั้งในรูปแบบที่เป็นแผนที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลดิจิทัลที่มีพิกัดของจุดข้อมูลที่แน่นอน ได้แก่ ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1

4. การเตรียมข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาจัดเตรียมเป็นชั้นข้อมูลในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการจัดเตรียมข้อมูลทั้งหมด 11 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ที่มาและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	ที่มา	รายละเอียดข้อมูล
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา - ข้อมูลปริมาณน้ำฝน - ข้อมูลจำนวนวันฝนตก - ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลเชิงปริมาณในรูปแบบดิจิทัล พร้อมพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของข้อมูล จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ โดยเป็นข้อมูลรายเดือนและรายปีของปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2555
ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	ข้อมูลแผนที่บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบ vector จำนวน 1,273 จุดเก็บตัวอย่างทั่วประเทศ
ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ	กรมพัฒนาที่ดิน	ข้อมูลเส้นความสูงเท่า (contour line) ของพื้นที่ทั่วประเทศ ในรูปแบบแผนที่บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีระยะห่างชั้นละ 100 เมตร
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2550 โดยการแปลจากภาพถ่ายดาวเทียม มาตราส่วนแผนที่ 1:100,000 และ 1:50,000
ข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	ฐานข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย มาตราส่วนระดับภาค 1:100,000 จัดทำในปี พ.ศ. 2545
ข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด	กรมพัฒนาที่ดิน	ขอบเขตการปกครองอ้างอิงตามกรมการปกครองถึงปี พ.ศ. 2542 มาตราส่วน 1:50,000

ตารางที่ 2 การเตรียมข้อมูลที่ใช้ประมวลผลในแบบจำลอง MMF

ข้อมูล	ที่มาของข้อมูล
ข้อมูลอุตุนิมวิทยา	
- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall: R)	เตรียมโดยการใช้ข้อมูลจากจากสถานี ตรวจวัดสภาพอากาศ กรม
- ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day: Rn)	อุตุนิมวิทยาของปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2555
- ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity: I)	
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน	
- ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity: MS)	เตรียมจากฐานข้อมูลสมบัติทาง กายภาพของดินของกรมพัฒนาที่ดิน
- ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density: BD)	ร่วมกับการใช้ค่าจากการตรวจเอกสาร
- ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index: K)	
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน	
- ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor: A)	เตรียมขึ้นจากฐานข้อมูลการใช้ ประโยชน์ที่ดินในปี 2550 โดยการใช้ค่า
- ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD)	จากการตรวจเอกสาร
- ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหย น้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration: E_t/E_0)	
- ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C)	
ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ	
ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ (Elevation)	คำนวณจากข้อมูลเส้นความสูงเท่า (contour line) ที่มีระยะห่างชั้นละ 100 เมตร

จาก ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการป้อนเข้าสู่แบบจำลอง MMF มีทั้งสิ้น 11 ข้อมูลซึ่งมีวิธีการเตรียมดังนี้

(1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

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

ข้อมูลทั้ง 3 ประเภท ได้มาจากรฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2555 ซึ่งข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งต้องนำมาเตรียมก่อนการวิเคราะห์ด้วยวิธีดังนี้

- นำเข้าข้อมูลเชิงปริมาณและพิกัดภูมิศาสตร์แบบ Latitude-Longitude ของแต่ละข้อมูลไปเป็นฐานข้อมูลตาราง Database File (.DBF)
- นำเข้าสู่ชั้นข้อมูล GIS ในรูปแบบของโปรแกรม Arcview GIS
- แปลงพิกัดภูมิศาสตร์ลงสู่ระบบ UTM Indian_Datum_1975 Zone 47
- แปลงข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม ILWIS 3.1
- ทำการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดตามพิกัดลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Inverse Distance ด้วย Algorithm ของโปรแกรม ILWIS 3.1 ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

(2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดินที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย

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

สำหรับข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม และข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน นำมาจากรฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งค่าที่ได้มานั้นเป็นค่าที่ได้มาจากการสำรวจจุดตัวอย่างจำนวน 1,273 จุดทั่วประเทศ ในส่วนของข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน อาศัยค่าที่ได้จากการตรวจเอกสารซึ่งอ้างอิงกับข้อมูลเนื้อดิน ซึ่งมาจากรฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดินเช่นกัน สำหรับค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนที่นำมาใช้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 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	0.10
loam	
Clay loam	0.70
Silt clay loam	0.80
Sandy clay	0.30
Silt clay	0.50
Clay	0.05

ที่มา: Morgan (2001)

สำหรับวิธีการเตรียมข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์มีดังนี้

- ป้อนค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกสาร เข้าสู่ฐานข้อมูลกายภาพของดินในรูปแบบข้อมูลตารางของโปรแกรม Arcview GIS
- แปลงข้อมูลจากรูปแบบของโปรแกรม Arcview GIS เข้าสู่โปรแกรม ILWIS 3.1
- ทำการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดตามพิกัดลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Inverse Distance ด้วย Algorithm ของโปรแกรม ILWIS 3.1 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_p/E_0)

- ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD)

ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ ที่นำมาใช้เป็นค่าที่ได้จากการตรวจเอกสาร ซึ่งได้จัดทำไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor: C) ในที่นี้เป็นผลคูณระหว่าง ค่าปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor: C) และค่าการปฏิบัติป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (practice factor: P) ที่ใช้ในสมการสูญเสียดินสากล เพื่อแสดงถึง

ความสามารถของพืชคลุมดินที่มีผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์อ้างอิงได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ดังตารางที่ 4

ในการเตรียมข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ และข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด ได้ใช้ค่าจากการตรวจเอกสารโดยจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน และในการเตรียมข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD) ในการศึกษาได้ใช้ค่าจากแบบจำลอง revised Morgan, Morgan and Finney ซึ่งได้ใช้คำว่า “effective hydrological depth” แทนคำว่า “rooting depth” ค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าความลึกที่รากพืชสามารถดึงเอาน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ (ในหน่วยเมตร) ค่าของทั้ง 3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแสดงดัง ตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่า C และ P ประเมินตามกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินตามภูมิภาค

กลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ภาคกลาง		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ภาคตะวันออก		ภาคใต้					
	C	P	C	P	C	P	C	P				
นาข้าว	0.280	1.0	0.280	1.0	0.280	0.1	นาข้าว	0.280	1.0	0.280	1.0	0.280
พืชไร่	0.485	1.0	0.485	1.0	0.474	1.0	พืชไร่	0.485	1.0	0.485	1.0	0.474
ไม้ยืนต้น	0.150	1.0	0.150	1.0	0.150	1.0	ไม้ยืนต้น	0.150	1.0	0.150	1.0	0.150
ไม้ผล	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300	1.0	ไม้ผล	0.300	1.0	0.300	1.0	0.300
พืชสวน	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600	1.0	พืชสวน	0.600	1.0	0.600	1.0	0.600
ไร่มนเวียน	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250	1.0	ไร่มนเวียน	0.250	1.0	0.250	1.0	0.250
ทุ่งหญ้า	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100	1.0	ทุ่งหญ้า	0.100	1.0	0.100	1.0	0.100
เกษตรผสมผสาน	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225	1.0	เกษตรผสมผสาน	0.225	1.0	0.225	1.0	0.225
ป่าไม่ผลัดใบ	0.003	1.0	0.003	1.0	0.003	1.0	ป่าไม่ผลัดใบ	0.003	1.0	0.003	1.0	0.003
ป่าผลัดใบ	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048	1.0	ป่าผลัดใบ	0.048	1.0	0.048	1.0	0.048
สวนป่า	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	สวนป่า	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088
วนเกษตร	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088	1.0	วนเกษตร	0.088	1.0	0.088	1.0	0.088
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015	1.0	ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	0.015	1.0	0.015	1.0	0.015

ที่มา: ดัดแปลงจากการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

สำหรับวิธีการเตรียมข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์มีดังนี้

- บ่อนค่าของข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกสาร เข้าสู่ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบข้อมูลตารางของโปรแกรม Arcview GIS
- แปลงข้อมูลจากรูปแบบของโปรแกรม Arcview GIS เข้าสู่โปรแกรม ILWIS 3.1

- ทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบพื้นที่ปิด (polygon) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบ vector ให้อยู่ในรูปแบบของ raster ของโปรแกรม ILWIS 3.1 ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 5 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
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)

(4) ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาระดับความสูงของภูมิประเทศ คือข้อมูลเส้นความสูงเท่า (contour line) ที่มีระยะห่างกันชั้นละ 100 เมตร มีวิธีการเตรียมข้อมูลให้เป็นความสูงของภูมิประเทศดังนี้

- แปลงข้อมูลเส้นชั้นความสูงเท่าจากรูปแบบของโปรแกรม Arcview GIS เข้าสู่โปรแกรม ILWIS 3.1

- ทำการกระจายค่าข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเส้นชั้นความสูงเท่าโดยวิธี Interpolation เพื่อสร้างข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ด้วย Algorithm ของโปรแกรม ILWIS 3.1 ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

5. การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปี โดยแบบจำลอง MMF

ในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปีขึ้นโดยใช้แบบจำลอง MMF ของปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2555 โดยทั้ง 2 ปีใช้วิธีการจัดทำแบบเดียวกัน ทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

กับดิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อมองในภาพรวมของพื้นที่ศึกษา แต่สำหรับข้อมูลทางด้านสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้ จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละปี เนื่องจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนในแต่ละปี

การจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปีโดยแบบจำลอง MMF จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแตกกระจายของเม็ดดินที่เกิดจากเม็ดฝน (soil detachment phase) และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (soil transportation phase) อันเป็นแนวคิดของแบบจำลอง MMF ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

(1) การประเมินการแตกกระจายของดินอันเนื่องมาจากฝน (soil detachment phase)

การจัดทำแผนที่ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ทำได้โดยการคำนวณพลังงานของน้ำฝนที่จะก่อให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน แล้วนำพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นมาประเมินปริมาณดินที่กระจายออกเป็นเม็ดดิน ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

- การหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝน (kinetic energy of rainfall)

การหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่จะก่อให้เกิดการแตกตัวของดิน ในที่นี้ได้ใช้สมการของ Hudson (1965) ที่ได้ทำการทดลองหาพลังงานจลน์ของเม็ดฝนในประเทศ Zimbabwe ซึ่งสมการของ Hudson นี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้กับประเทศในเขตร้อนชื้น

การวิเคราะห์หาโดยการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วย มิลลิเมตร และข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในหน่วย มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ที่อยู่ในรูปข้อมูลแบบ raster ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร มาทำการวิเคราะห์ตามสมการของ Hudson (1965) เพื่อที่จะได้ข้อมูลพลังงานจลน์ของฝน (kinetic energy of rainfall) ในหน่วยจูลต่อตารางเมตร ในรูปข้อมูลแบบ raster ที่ขนาดมี grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร สมการการหาพลังงานจลน์ของฝน โดย Hudson (1965) 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 = ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index) ในหน่วย กรัมต่อจุล

E = พลังงานจลน์ของฝน (Kinetic energy of rainfall) ในหน่วย จูลต่อตารางเมตร

A = ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor)

$a = 0.05$

$b = 1.0$

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมการทั้ง 2 สมการข้างต้นจะทำการเขียนคำสั่งบน โปรแกรม ILWIS 3.1 เพื่อให้โปรแกรมทำการประมวลผลตามคำสั่งที่เขียนเอาไว้ โดยใช้ข้อมูลที่เตรียมไว้ในการประมวลผล และได้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาเป็นแผนที่ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอยู่ในรูปของข้อมูลแบบ raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

(2) การประเมินการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation phase)

การทำแผนที่การพัดพาอนุภาคดินด้วยน้ำไหลบ่าหน้าดิน จัดทำโดยการพิจารณาจาก ปัจจัยย่อย ๆ ก่อนแล้วจึงนำปัจจัยเหล่านั้นมาประเมินหาปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปด้วย น้ำไหลบ่า ปัจจัยย่อยที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี ปริมาณน้ำฝน ที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยที่ได้จะนำไปคำนวณเป็นปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ที่เกิดขึ้น และนำไปวิเคราะห์ต่อจนได้ค่าของปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปได้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day)

การประเมินปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน ได้มาจากการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วย mm มาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ซึ่ง การพิจารณาเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$R_0 = R/R_n$$

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

R = ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในหน่วย มิลลิเมตร

R_n = ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในหน่วย วัน

- การหาปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation)

การหาปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ จะอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพของดิน 2 ปัจจัยคือ ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity: MS) ในหน่วย เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก และข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density: BD) ในหน่วย เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยนำปัจจัยทั้ง 2 มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวกับพืชอีก 2 ปัจจัยคือ ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration: E_p/E_0) และข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืช

นำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth: RD) ในหน่วย เมตร ซึ่งในการประมวลผลจะใช้ข้อมูลที่ได้จาก การเตรียมข้อมูลมาประมวลผลในสมการต่อไปนี้

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

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

MS = ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity) ในหน่วย เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

BD = ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ในหน่วย เมกะกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร

RD = ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth) ในหน่วย เมตร

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

- การหาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Overland flow)

การหาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Overland flow) เป็นการนำเอาข้อมูลปริมาณ น้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (Soil moisture capacity under actual vegetation) มาพิจารณา ร่วมกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (Mean rain per rainy day) โดยค่าที่ได้ จะนำมาพิจารณา ร่วมกับปริมาณน้ำฝนรายปี (Annual rainfall) อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะให้ผลออกมาเป็นปริมาณน้ำไหลบ่าที่ เกิดขึ้น (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) ทำได้โดย นำค่าของปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (Crop cover factor: C) รวมถึงค่าความลาดชันของภูมิประเทศในหน่วยองศา (Slope gradient) ซึ่งค่าของความลาดชันนี้สามารถหาได้จากข้อมูลความสูงของระดับภูมิประเทศโดยใช้คำสั่งในโปรแกรม ILWIS 3.1 เมื่อได้ข้อมูลครบทั้ง 3 ปัจจัยแล้วจึงนำมาประมวลผลตามสมการดังต่อไปนี้

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

T = ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วย กิโลกรัมต่อ ตารางเมตร

C = ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover)

Q = ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) ในหน่วย มิลลิเมตร

S = ค่าความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient) ในหน่วย องศา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมการข้างต้นจะใช้การเขียนคำสั่งบนโปรแกรม ILWIS 3.1 เพื่อให้โปรแกรมทำการประมวลผลตามคำสั่งที่เขียนเอาไว้ โดยใช้ข้อมูลที่เตรียมไว้ใน การประมวลผล และได้ผลลัพธ์สุดท้ายออกมาเป็นแผนที่ปริมาณเม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอยู่ในรูปของข้อมูลแบบ raster ที่ขนาด grid cell size 100 x 100 ตารางเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

(3) การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion)

หลังจากการประมวลผลข้อมูลอันได้มาซึ่งแผนที่ปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน (soil detachment) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร และแผนที่ปริมาณเม็ดดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation) ในหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วตามแนวคิดของแบบจำลอง MMF จะนำแผนที่ของทั้ง 2 กระบวนการมาเปรียบเทียบกันโดยที่ปริมาณการสูญเสียดินของ กระบวนการใดที่น้อยกว่า ปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดจากกระบวนการนั้นก็จะเป็ปริมาณดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่นั้น สำหรับการจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินสามารถทำได้ดังนี้

- เขียนคำสั่งบนโปรแกรม ILWIS 3.1 โดยมีเงื่อนไขว่าระหว่างปริมาณการแตกกระจายของเม็ดดิน และปริมาณเม็ดดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า ปริมาณของกระบวนการใดมีค่าน้อยกว่าให้ถือเป็ปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน

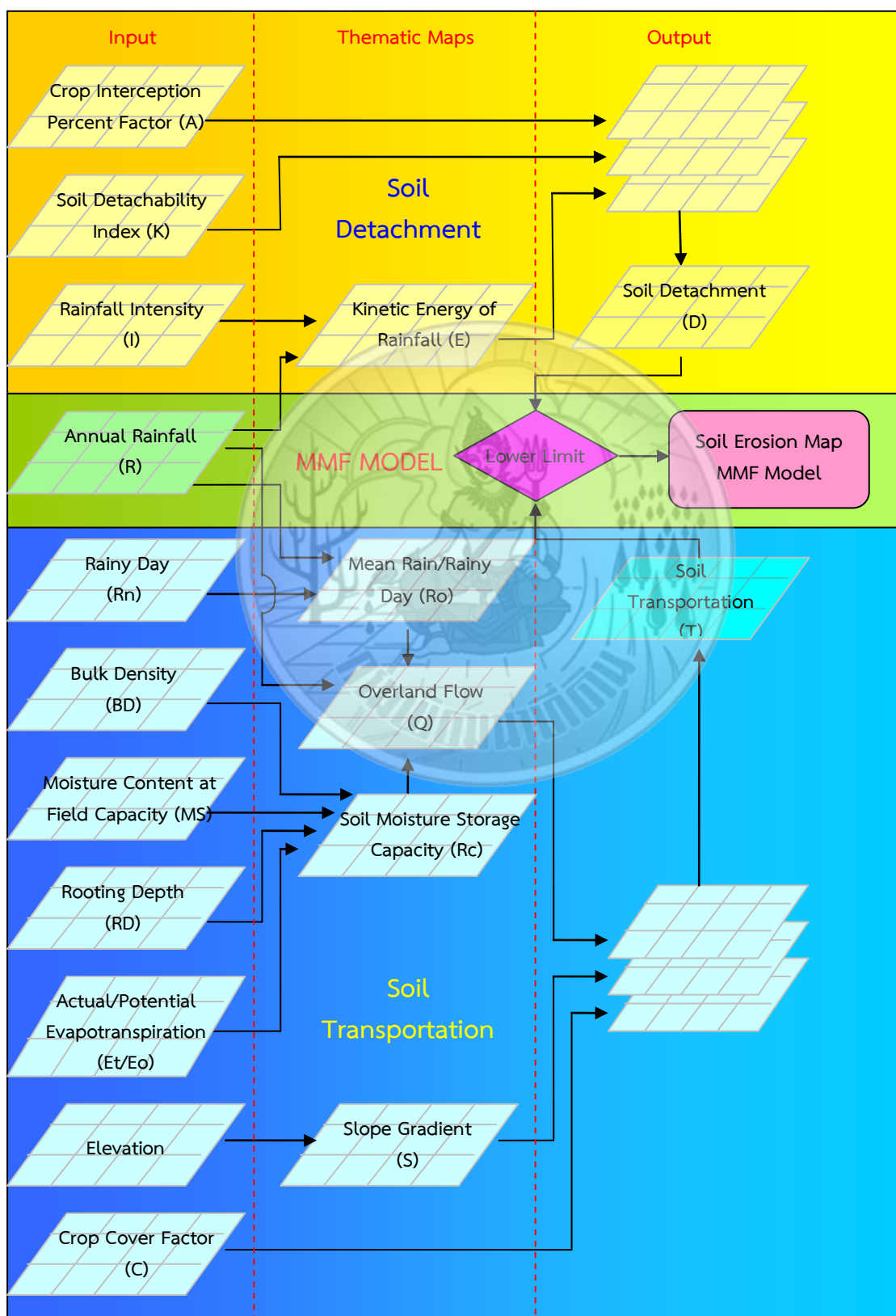
- เมื่อได้แผนที่การชะล้างพังทลายของดินซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตรแล้ว จะใช้การเขียนคำสั่งบนโปรแกรม ILWIS 3.1 เพื่อเปลี่ยนค่าดังกล่าวให้อยู่ในหน่วย ตัน/ไร่

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

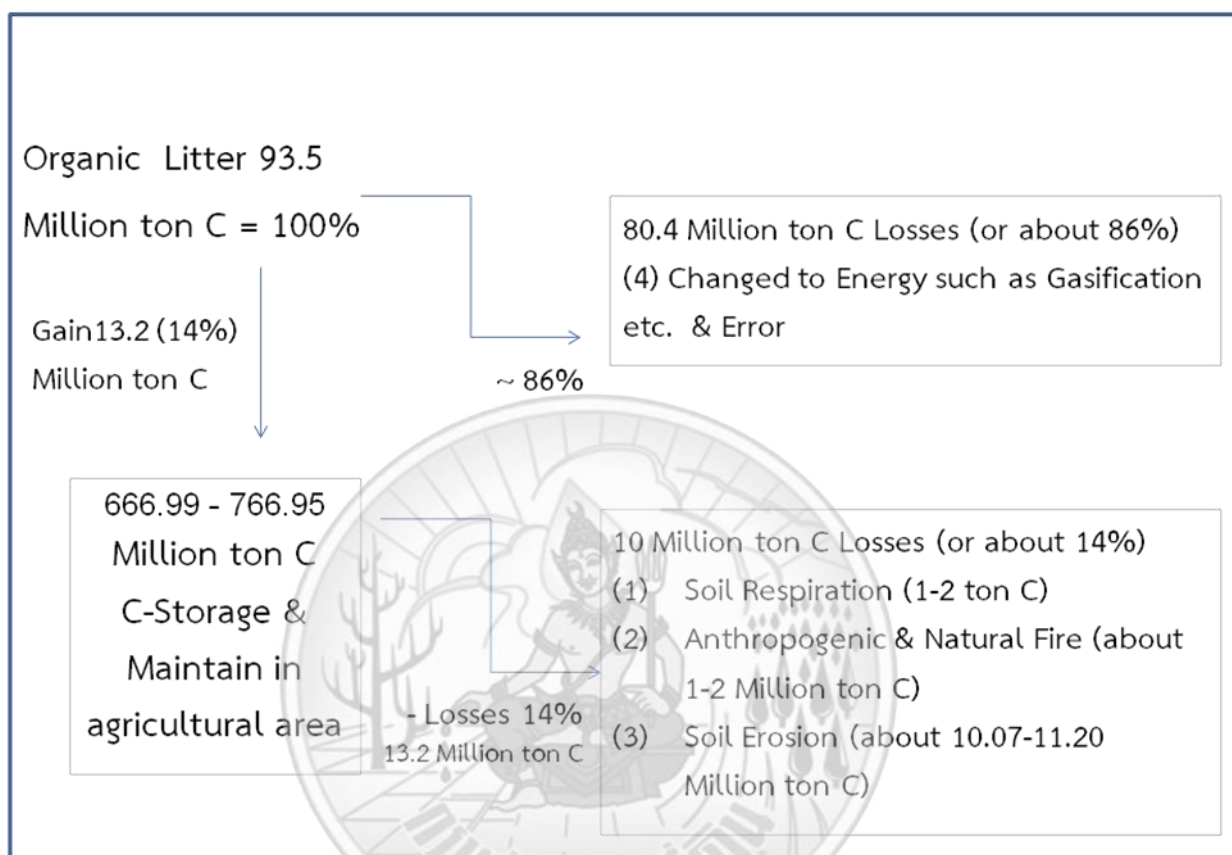
- ทำการแบ่งระดับการชะล้างพังทลายของดินออกเป็นระดับความรุนแรง 5 ระดับ คือตั้งแต่ระดับที่มีการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากจนถึงระดับที่รุนแรงมาก และแยกระหว่างพื้นที่ราบและพื้นที่สูง จะได้ผลการศึกษาเป็นแผนที่แสดงระดับการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย รายปี สำหรับการจัดแบ่งระดับความรุนแรงอธิบายดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 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%		
พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ลาดหุบเขาความลาดชันมากกว่า 35%		
ที่มา: ดัดแปลงจากการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)		



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดหลักในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model)



ภาพที่ 3 สรุปภาพรวมพลวัตรของคาร์บอนสำหรับดินประเทศไทย

6. การศึกษาปริมาณการสูญเสียคาร์บอน

6.1 การคัดเลือกจุดเฝ้าติดตามในแต่ละพื้นที่

คัดเลือกจุดเฝ้าติดตามในแต่ละพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยมีเงื่อนไขคือ

แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นรายภาค 5 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้

แบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ออกเป็น 5 ระดับ

ได้แก่ น้อยมาก น้อย ปานกลาง รุนแรง และรุนแรงมาก

แบ่งประเภทของดินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ดินร่วน ดินเหนียว และดิน

ทราย

กำหนดจำนวนการเก็บตัวอย่างในแต่ละระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายและแต่ละประเภทของดิน ขั้นต่ำ 30 จุดทั่วประเทศ ดังนั้นจะมีจุดเก็บตัวอย่าง 2,700 จุดทั่วประเทศ

6.2 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อน และหลังฤดูฝน จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อทำ Composite Sampling แล้วส่งเข้าห้องทดลอง เพื่อวิเคราะห์คาร์บอนในดิน

6.3 การคำนวณ

การหา ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน = ปริมาณคาร์บอนที่เกิดขึ้น - ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสีย

การหาอัตราการสะสมคาร์บอนในดิน = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน / ระยะเวลา

การหาอัตราการเกิดคาร์บอนในดิน = ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน / ระยะเวลา

การหาอัตราการสูญเสียคาร์บอน = ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสีย / ระยะเวลา

7. การวางแผนทางป้องกันและแก้ไขการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน

ทำการพิจารณาแนวทางป้องกันและแก้ไขการเกิดการสูญเสียคาร์บอน และการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่ตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายที่เกิด โดยเลือกวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่

การสูญเสียคาร์บอนในดินจากอัตราการหายใจของดิน

อุปกรณ์

1. Li-840 CO₂/H₂O gas analyzer
2. ชุดเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (soil core samplers)
3. ชุดวัดความชื้น
4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
5. จอบ เสียมหรือพลั่ว

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างดินที่เก็บโดยใช้ชุดเก็บแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (soil core samplers)
2. เติมน้ำลงใน soil core samplers เพื่อปรับให้ค่าความชื้นในดินเป็นไปตามค่าความชื้นที่กำหนด คือ 15%
3. วัดความชื้นของดินใน soil core samplers
4. วัดอัตราการหายใจของดินใน soil core samplers (แบบ undisturbed core) และบันทึกค่าที่ได้
5. ทำซ้ำข้อ 2-4 โดยปรับค่าความชื้นในดินเป็นไปตามค่าความชื้นที่กำหนด คือ 20%, 25%, 30% และ 35% ตามลำดับ
6. เมื่อวัดอัตราการหายใจของดินใน soil core samplers (แบบ undisturbed core) ที่ความชื้น 35% แล้ว ให้นำดินมาบดและวัดอัตราการหายใจของดิน (แบบ disturbed) บันทึกค่าที่ได้
7. นำปริมาณคาร์บอนที่วัดได้ และเวลามาสร้างกราฟที่ความชื้นต่างๆ โดยให้แกน x เป็นเวลาในหน่วยวินาที และแกน y เป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ในหน่วย ppm เพื่อคำนวณหาอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ

ตารางที่ 7 การแบ่งระดับของอัตราการหายใจของดิน และสภาพของดินที่อุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม

อัตราการหายใจ (mgCO ₂ -C/cm ² /s.)	ระดับชั้น	องค์ประกอบของดิน
0	ไม่มีปฏิกิริยาใดๆทางดิน	ดินปราศจากกิจกรรมทางด้านชีววิทยา และค่อนข้างปลอดเชื้อทางดิน
< 9.196	มีปฏิกิริยาทางดินต่ำมาก	ดินมีปริมาณความเป็นประโยชน์ของสารอินทรีย์ลดลงมาก และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในปริมาณเล็กน้อย
9.196 - 15.988	มีปฏิกิริยาทางดินต่ำ	ดินมีปริมาณความเป็นประโยชน์ของสารอินทรีย์ค่อนข้างลดลง และมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในปริมาณต่ำ
15.988 - 30.976	มีปฏิกิริยาทางดินปานกลาง	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์เข้าใกล้สู่สถานะในอุดมคติ
30.976 - 63.104	มีค่าที่ค่อนข้างเหมาะสมสำหรับกิจกรรมทางดิน	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์สถานะในอุดมคติ และมีอินทรีย์วัตถุเพียงพอ และมีการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์
> 63.104	มีกิจกรรมทางดินค่อนข้างสูง และไม่ปกติ	ดินมีกิจกรรมจุลินทรีย์สูงมาก และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก นอกจากนี้อาจมีปริมาณอินทรีย์วัตถุใหม่ หรือปุ๋ยคอกสูง

ที่มา: ดัดแปลงจากตาราง General soil respiration class ratings and soil condition at optimum soil temperature and moisture conditions, primarily for agricultural land uses, Woods End Research, 1977.

การสูญเสียคาร์บอนในดินจากการเผาไหม้เศษพืช

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล 32 บิต ความเร็วหน่วยประมวลผลกลางไม่น้อยกว่า 1. 8 GHz ซึ่งมีพื้นที่เก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 40 GB
2. โปรแกรม SPSS version 11.5 (Statistical Package for the Social Science)
3. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล
 - โปรแกรม Arcview GIS พร้อม Spatial Analyst Extension (ESRI, USA)
 - โปรแกรม ArcInfo ในชุดโปรแกรม ArcGIS (ESRI, USA)
 - โปรแกรม ILWIS 3.1 Academic (ITC, The Netherlands)
4. ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศและข้อมูลดิจิทัลที่ใช้ในการศึกษา

วิธีการ

1. ตรวจสอบเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
ในการดำเนินการศึกษามีการรวบรวมและศึกษาข้อมูลในเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงของการเกิด Hotspot ข้อมูลทุติยภูมิ ตรวจสอบเอกสาร ที่มาของปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลทางสถิติ ทั้งในรูปแบบที่เป็นแผนที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลดิจิทัลที่มีพิกัดของจุดข้อมูลที่แน่นอน รวมถึงข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่จริง (Ground Truth Survey) เพื่อนำมาเตรียมข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ที่มาและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	ที่มา	รายละเอียดข้อมูล
พิกัดHotspot	ดาวเทียม AQUAR, TERA ในระบบ MODIS	ข้อมูลพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของข้อมูลจุด Hotspot ที่เกิดขึ้น ซึ่งรายงานเป็นประจำทุกวัน
แผนที่ (Topography)	กรมแผนที่ดิน	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณพร้อมพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ประเทศไทย
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมแผนที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2546 โดยการแปลงจากภาพถ่ายดาวเทียม มาตราส่วนแผนที่ 1:50,000
ความถี่ลม การกระจายตัวของทิศทางลม และความเร็วลมในเวลาต่างๆ (Wind Rose)	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณ จากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ ซึ่งรายงานเป็นประจำทุกวัน
ความชื้นดิน (Soil Moisture Regime)	กรมแผนที่ดิน	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณพร้อมพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของความชื้นดิน ในประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000
สารอินทรีย์ในดิน (Soil Organic Matter)	กรมแผนที่ดิน	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณพร้อมพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของสารอินทรีย์ในดิน ในประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000
ขนาดพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ (Burning Area)	การสำรวจพื้นที่	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณของพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้ พร้อมพิกัดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของข้อมูลพื้นที่ Hotspot ที่เกิดขึ้นจริง
พื้นที่ที่เกิดไฟป่า	ส่วนควบคุมไฟป่า กรมอุทยานแห่งชาติ	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณของพื้นที่ที่เกิดไฟป่า ซึ่งรายงานเป็นประจำทุกปี
พื้นที่ที่เกิดอัคคีภัย	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	ข้อมูลดิจิทัลเชิงปริมาณของพื้นที่ที่เกิดอัคคีภัย ซึ่งรายงานเป็นประจำทุกปี

3. การคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายที่เกิดจุดไฟไหม้ (Hotspot)

การคัดเลือกพื้นที่เป้าหมาย โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีทางดาวเทียมที่สามารถตรวจจับพิกัดที่เกิดจุดไฟไหม้ (Hotspot) ในพื้นที่ของประเทศไทย แล้วนำมาเข้าข้อมูลผ่านโปรแกรม ThaiCO₂HOT SPOT เพื่อประมวลผลออกมาเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ที่เกิดจุดไฟไหม้ (Hotspot) พื้นที่เฝ้าระวังและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากพื้นที่ที่มีการเผาเศษพืชหรือไฟป่า

4. การเก็บข้อมูล และการสำรวจพื้นที่ การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจุดพื้นที่ไฟไหม้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันของชนิดพืชพันธุ์ที่มีการเผาว่าเมื่อเกิดการเผาเศษพืชพันธุ์ชนิดนั้นขึ้นแล้ว จะมีพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้เท่าไร ต่อ 1 จุด ที่เกิดการเผาไหม้ และคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นที่ไฟไหม้ รวมถึงเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของพิกัด Hotspot จากดาวเทียมกับการสำรวจพื้นที่จริงที่เกิด Hotspot (Ground Truth Survey)

5. การคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียจากการเกิดจุดไฟไหม้

ปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ไฟไหม้ป่า = พื้นที่ไฟไหม้ป่า (ไร่) × ปริมาณคาร์บอนที่สะสมจากชีวมวลในป่าโดยเฉลี่ย (ตันC/ไร่/ปี)

อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ป่าที่เสียหายต่อจำนวนจุดที่เกิดไฟป่า = พื้นที่ป่าที่เกิดไฟป่า (ไร่) / จำนวนจุดไหม้ไฟในพื้นที่ป่า (จุด)

อัตราส่วนระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมที่เสียหายต่อจำนวนจุดที่เกิดอัคคีภัย = พื้นที่ทางการเกษตรที่เกิดอัคคีภัย (ไร่) / จำนวนจุดไหม้ไฟในพื้นที่เกษตรกรรม (จุด)

ปริมาณคาร์บอนในดิน (Carbon Storage or Sequestration)

การสะสมคาร์บอนจากเศษพืช

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพืช
2. เครื่องชั่งน้ำหนักตัวอย่างพืช
3. ตลับเมตร
4. เครื่อง Elemental Analyzer

วิธีการ

1. การคัดเลือกพืชในแต่ละพื้นที่

1.1 การคัดเลือกพืชในแต่ละพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เป็นการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2546 – 2550

1.2 พืชที่คัดเลือกประกอบด้วย พืชไม้ยืนต้น พืชไร่ และพืชสวน จำนวน 12 ชนิด ใน 77 จังหวัดของประเทศไทย

2. สำรวจพื้นที่จริง และสร้างแปลงทดลอง

3. การดำเนินการวิจัย โดยวางแผนเก็บตัวอย่างขนาด 1X1 ตารางเมตร เก็บตัวอย่างเศษวัสดุที่ร่วงหล่นลงสู่พื้น เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ชุดเก็บแบบไม่ทำลายโครงสร้าง และสุ่มเก็บตัวอย่างดิน

เพิ่มเติม โดยใช้จอบ เสียมหรือพลั่วขุดหลุมเป็นรูป V (ตัววี) ให้ลึกในแนวตั้งประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของดินในขั้นตอนต่อไป

4. ชั่งหาน้ำหนักเปียกของตัวอย่างเศษวัสดุที่ร่วงหล่นลงสู่พื้น แล้วผึ่งแดดเป็นเวลา 5 วัน ชั่งหาน้ำหนักแห้ง

5. นำตัวอย่างพืชวิเคราะห์หาปริมาณ C, H, O, N และ S โดยเครื่อง Elemental Analyzer

6. นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาใช้ เพื่อกำหนดชนิดพืชในพื้นที่ และคำนวณหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในพืช ดังนี้

ปริมาณผลผลิต (กก./ปี) = พื้นที่ (ไร่) X ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่/ปี (กก./ไร่/ปี)

ปริมาณเศษวัสดุ (กก./ปี) = สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิต X ปริมาณผลผลิต (กก./ปี)

น้ำหนักแห้ง (กก./ปี) = ปริมาณเศษวัสดุ (กก./ปี) X เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (กก./ปี) = น้ำหนักแห้ง (กก./ปี) X เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในน้ำหนักแห้ง

การสะสมคาร์บอนในดิน

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
2. จอบ เสียมหรือพลั่ว
3. เครื่อง Elemental Analyzer

วิธีการ

1. นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในขั้นตอนของการสะสมคาร์บอนจากเศษพืช มาตากในที่ร่ม 5 วันจนแห้ง

2. นำตัวอย่างดินวิเคราะห์หาปริมาณ C, H, O, N และ S โดยเครื่อง Elemental Analyzer

3. คำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่เกิดขึ้น = ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน + ปริมาณคาร์บอน

อินทรีย์ในพืช

ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน = ปริมาณคาร์บอนที่เกิดขึ้น - ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสีย

4. คำนวณอัตราการสะสมคาร์บอนในดิน

การหาอัตราการสะสมคาร์บอนในดิน = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน / ระยะเวลา

การหาอัตราการเกิดคาร์บอนในดิน = ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน / ระยะเวลา

การหาอัตราการเกิดคาร์บอนในพืช = ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในพืช / ระยะเวลา

การหาอัตราการสูญเสียคาร์บอน = ปริมาณคาร์บอนที่สูญเสีย / ระยะเวลา

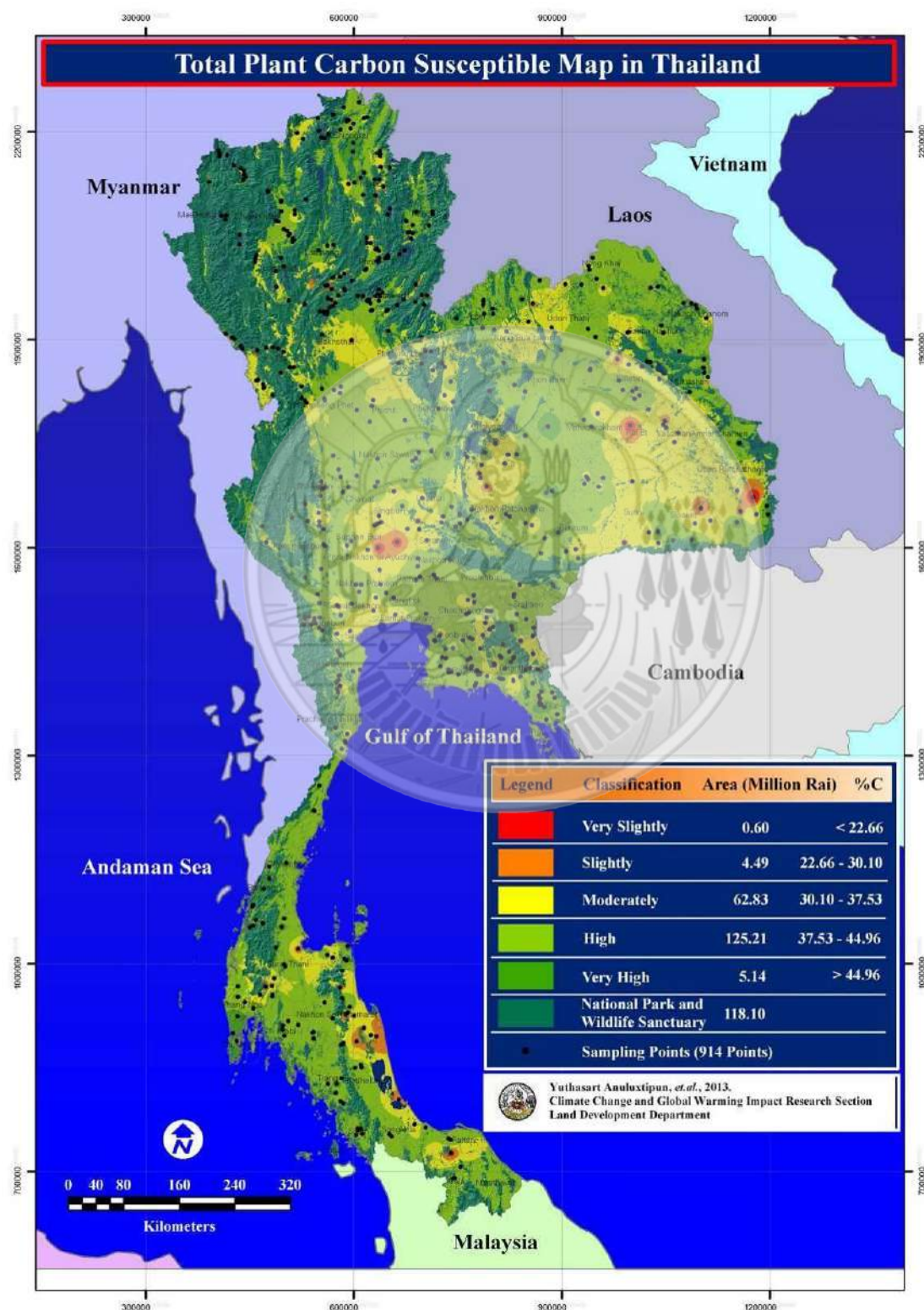
การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย

$$\Delta C_{\text{tot}} = \Delta C_{\text{AB}} + \Delta C_{\text{RES}} + \Delta C_{\text{FIRE}} + \Delta C_{\text{EROS}} + \Delta C_{\text{ERRO}} + \Delta C_{\text{SO}}$$

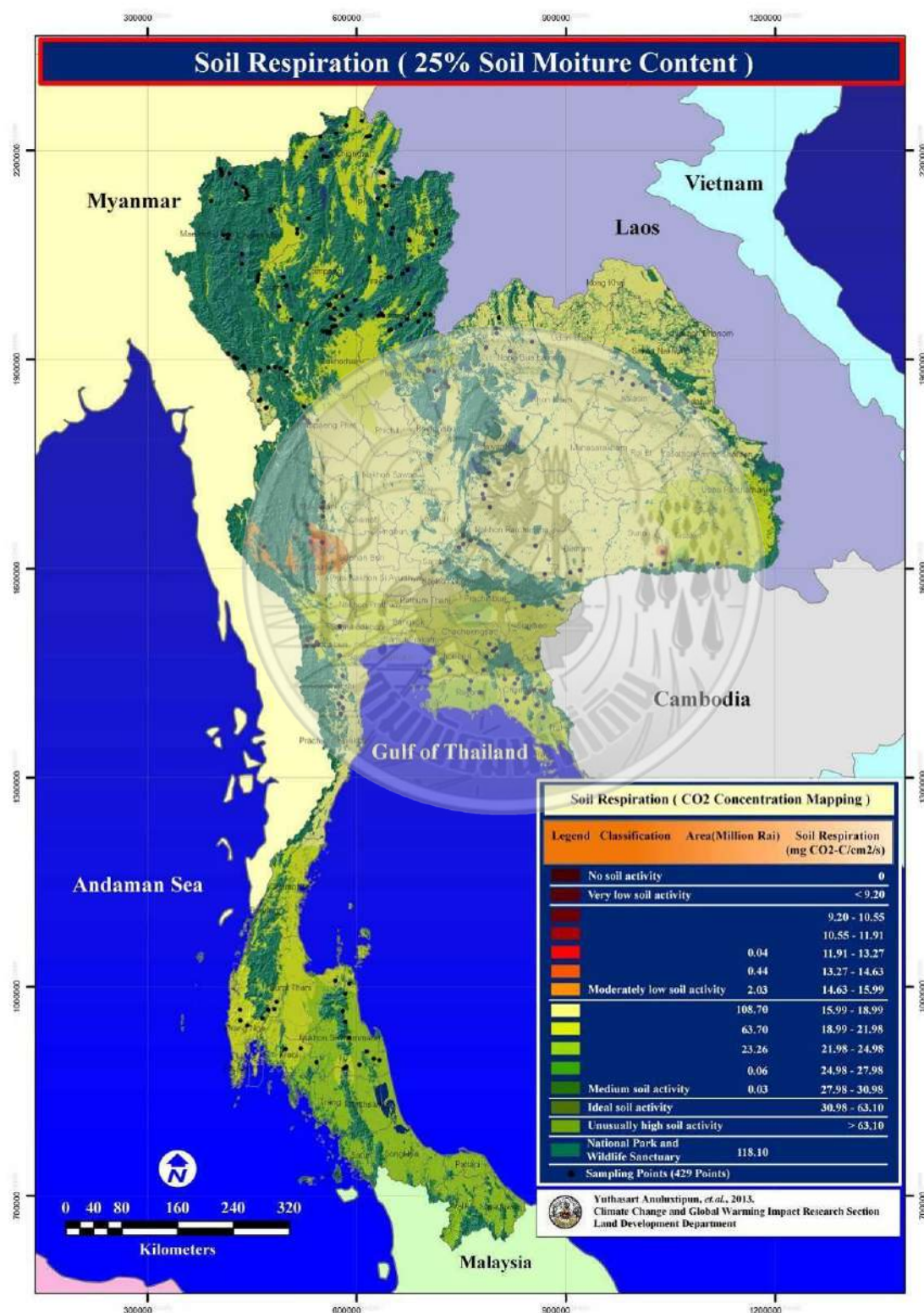
โดย ΔC_{tot} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย
 ΔC_{AB} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือดิน
 ΔC_{RES} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนจากการหายใจของจุลินทรีย์
 ΔC_{FIRE} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนจาก hot spot
 ΔC_{EROS} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนจากการชะล้างพังทลายของดิน
 ΔC_{ERRO} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนจาก error
 ΔC_{SO} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของดิน

ผลการศึกษา

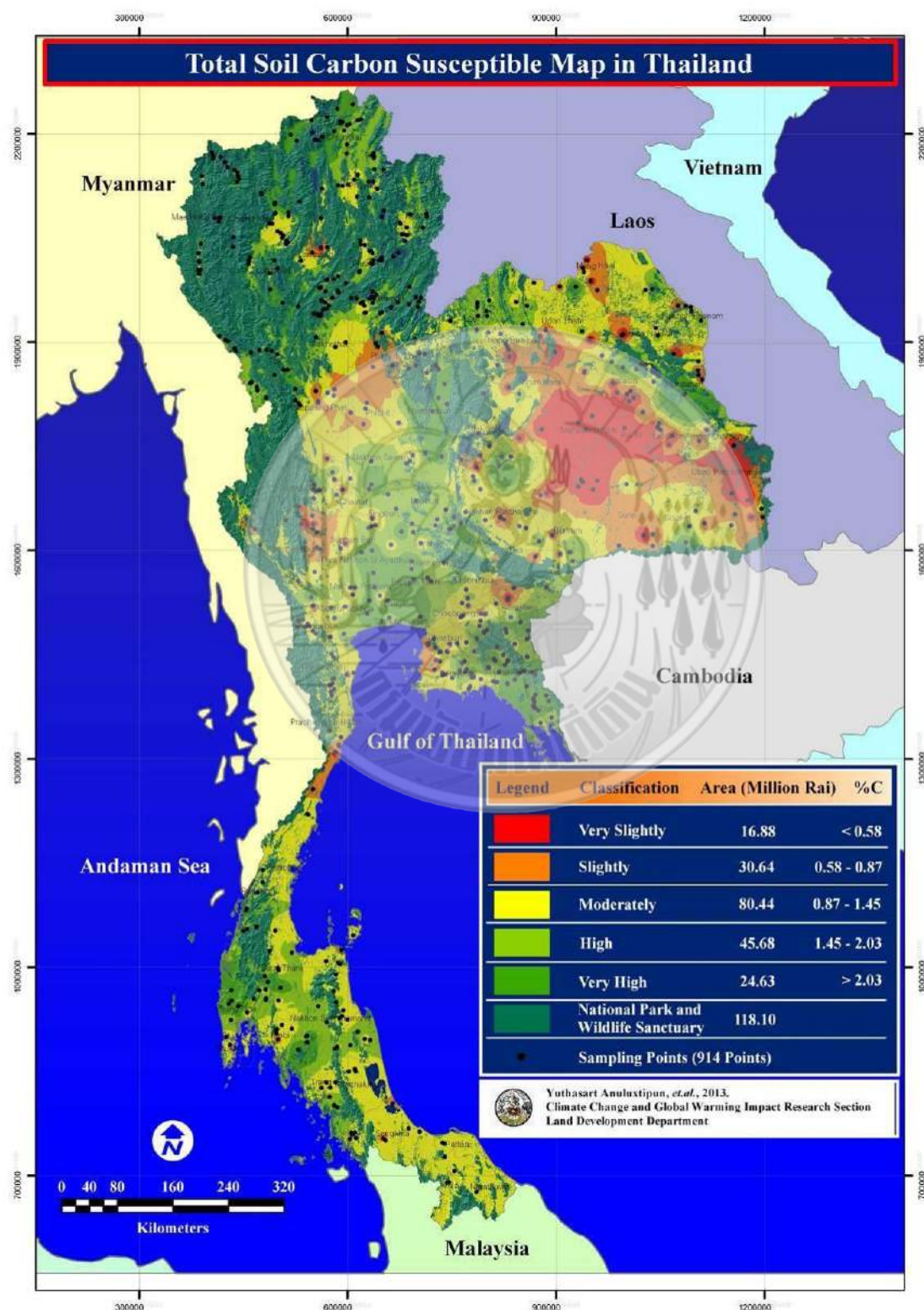
ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 321 ล้านไร่ โดยเป็นพื้นที่เกษตรกรรม 56% หรือประมาณ 180 ล้านไร่ กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการเก็บตัวอย่างดินและพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิด ทั่วประเทศมาวิเคราะห์ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของพืช และปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ในตัวอย่างดินและพืช ด้วย Elemental analyzer ซึ่งธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์และเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน บ่งชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของดินในพื้นที่เกษตรกรรม โดยพบว่าปริมาณคาร์บอนของพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดมีค่าอยู่ระหว่าง 6.63 – 53.37 %C แสดงดังแผนที่ 1. และเนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดิน รวมถึงสภาพภูมิอากาศและสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ทำให้มีการสูญเสียปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน จึงได้ทำการหาปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อยในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยการวัดอัตราการหายใจด้วย LI-COR รุ่น LI-840 CO₂/H₂O Gas Analyzer ซึ่งทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ยังไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) และตัวอย่างดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง (disturbed soil) ซึ่งปริมาณคาร์บอนที่วัดได้สามารถนำมาหาค่า coefficient เพื่อหาอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนในดิน โดยพบว่าดินประเทศไทยมีอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนจากการหายใจของจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 12.47 - 30.07 mg.CO₂-C/cm²/s แสดงดังแผนที่ 2. โดยพบว่าดินเหนียวที่ถูกทำลายโครงสร้างมีค่าอัตราการหายใจมากกว่าดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้างถึง 4.92 เท่า รองลงมาคือ ดินทราย 2.82 เท่าและน้อยที่สุดคือดินร่วน 2.45 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการหายใจเฉลี่ยของดินแบบถูกทำลายโครงสร้างและไม่ถูกทำลายโครงสร้าง พบว่า ดินที่ถูกทำลายโครงสร้างมีค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 260.4 - 421.2 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งมีค่ามากกว่าดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 250.4 - 411.5 mg.CO₂-C/cm²/s เนื่องจากดินที่ถูกทำลายโครงสร้างจะเกิดกิจกรรมในดินเพิ่มขึ้นจึงมีอัตราการหายใจมากขึ้น โดยภาคใต้มีอัตราการหายใจเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ และจากการศึกษาสามารถทราบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดินโดยเฉลี่ยแต่ละปีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18 – 17.26 %C แสดงดังแผนที่ 3.



แผนที่ 1 ปริมาณคาร์บอนในพืชเป็นตัวแทนแสดง Carbon Gain



แผนที่ 2 อัตราการหายใจของดิน เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses



แผนที่ 3 ปริมาณคาร์บอนในดิน เป็นตัวแทนแสดง Carbon Sequestration

4.1 การสะสมคาร์บอนในเศษพืช (Carbon Gain)

จากการศึกษาปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย มี 255,274,543 ตัน/ปี แสดงดังตารางที่ 9 และจากการวิเคราะห์เศษพืชช่วงปี 2553-2554 พบว่ามีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยอยู่ที่ 36.62% ดังนั้นจะมีปริมาณคาร์บอนทั้งหมดใน เศษวัสดุทางการเกษตร ทั้งประเทศไทย 93,481,537.65 ตันคาร์บอน/ปี และจากการศึกษาปริมาณคาร์บอนในเศษพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดของประเทศไทยในปี 2553 และ 2554 พบว่า มีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่าง 6.63-53.37 %C ดังแสดงในแผนที่ 1 โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในเศษพืชของปี 2553 และ 2554 มีดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) ในพืช ปี 2553

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ พบว่าปริมาณคาร์บอนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 6.63 – 51.92 % C ซึ่งในภาคใต้จะมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันออกจะมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 32.44 และ 41.32 %C ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %C จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 32.44, 32.86, 34.52, 36.14, 37.60, และ 41.32 %C ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 6.63 %C และพบว่าเศษพืชของจังหวัดจันทบุรี ให้ค่าการวิเคราะห์ %C สูงสุด มีค่า 51.92 %C ดังแสดงในแผนที่ 4 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 9 ปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย

ลำดับ	ชนิดพืช	พื้นที่ ^{1/} (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย ต่อพื้นที่ต่อปี ^{2/} (กิโลกรัม/ไร่/ ปี)	ผลผลิตเฉลี่ยทั้งหมด ต่อปี ^{3/} (กิโลกรัม/ปี)	สัดส่วนระหว่างผล ตกค้างทาง การเกษตรต่อ ผลผลิต ^{4/}	ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมดจาก การเกษตร	
						(กิโลกรัม/ปี)	(ตัน/ปี)
		(1)	(2)	(3) = (1)*(2)	(4)	(5) = (3)*(4)	(6) = (5)/1000
1	ข้าว	85,299,197.28	587.50	50,113,278,402	1.4	70,158,589,763	70,158,590
2	ข้าวโพด	9,668,804.37	874.50	8,455,369,422	1.0	8,455,369,422	8,455,369
3	มันสำปะหลัง	8,167,857.80	3,000.00	24,503,573,400	0.4	9,801,429,360	9,801,429
4	อ้อย	12,892,501.33	7,120.00	91,794,609,470	1.5	137,691,914,204	137,691,914
5	กะหล่ำปลี	42,102.80	4,500.00	189,462,600	1.5	284,193,900	284,194
6	สับปะรด	665,166.41	3,733.00	2,483,066,209	1.0	2,483,066,209	2,483,066
7	มะขาม	537,552.25	242.00	130,087,645	3.0	390,262,934	390,263
8	ยางพารา	19,117,116.43	286.00	5,467,495,299	3.0	16,402,485,897	16,402,486
9	ปาล์มน้ำมัน	1,438,725.98	2,725.00	3,920,528,296	1.0	3,920,528,296	3,920,528
10	มะพร้าว	1,285,265.93	1,016.00	1,305,830,185	1.0	1,305,830,185	1,305,830
11	ลิ้นจี่	88,219.88	6,744.00	594,954,871	1.0	594,954,871	594,955
12	ลำไย	376,947.71	1,000.00	376,947,710	2.0	753,895,420	753,895
13	มะม่วง	295,616.18	700.00	206,931,326	2.0	413,862,652	413,863
14	ทุเรียน	26,453.77	1,313.00	34,733,800	2.0	69,467,600	69,468

ตารางที่ 9 (ต่อ) ปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย

ลำดับ	ชนิดพืช	พื้นที่ ^{1/} (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อ พื้นที่ต่อปี ^{2/} (กิโลกรัม/ไร่/ปี)	ผลผลิตเฉลี่ยทั้งหมด ต่อปี ^{3/} (กิโลกรัม/ปี)	สัดส่วนระหว่างผล ตกค้างทาง การเกษตรต่อ ผลผลิต ^{4/}	ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมดจาก การเกษตร	
						(กิโลกรัม/ปี)	(ตัน/ปี)
		(1)	(2)	(3) = (1)*(2)	(4)	(5) = (3)*(4)	(6) = (5)/1000
15	มะนาว	1,216.43	1,000.00	1,216,430	2.0	2,432,860	2,433
16	ถั่วเหลือง	89,634.98	224.00	20,078,236	2.1	42,164,295	42,164
17	กล้วย	86,936.72	1,982.00	172,308,579	2.0	344,617,158	344,617
18	อ้อย	9,891.74	2,471.41	24,446,545	2.0	48,893,090	48,893
19	แตงโม	5,332.93	3,098.93	16,526,377	1.3	21,484,290	21,484
20	มังคุด	41.80	1,227.00	51,289	1.1	56,417	56
21	ส้ม	354,301.17	2,780.00	984,957,253	2.0	1,969,914,505	1,969,915
22	มะละกอ	2,367.70	2,966.00	7,022,598	1.0	7,022,598	7,023
23	ขนุน	1,269.23	3,000.00	3,807,690	1.2	4,569,228	4,569
24	เงาะ	1,985.96	1,681.00	3,338,399	1.5	5,007,598	5,008
25	ถั่วลิสง	2,662.43	235.00	625,671	1.0	625,671	626
26	ยางสด	838.91	1,268.32	1,064,006	2.0	2,128,013	2,128
27	มันฝรั่ง	2,588.33	1,931.00	4,998,065	0.4	1,999,226	1,999
28	กาแฟ	218,264.52	159.00	34,704,059	2.0	69,408,117	69,408
29	มะม่วงหิมพานต์	52,005.82	268.46	13,961,482	2.0	27,922,965	27,923

ตารางที่ 9 (ต่อ) ปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรในประเทศไทย

ลำดับ	ชนิดพืช	พื้นที่ ^{1/} (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อ พื้นที่ต่อปี ^{2/} (กิโลกรัม/ไร่/ปี)	ผลผลิตเฉลี่ย ทั้งหมด ต่อปี ^{3/} (กิโลกรัม/ปี)	สัดส่วนระหว่างผล ตกค้างทางการเกษตร ต่อผลผลิต ^{4/}	ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมดจาก การเกษตร	
						(กิโลกรัม/ปี)	(ตัน/ปี)
		(1)	(2)	(3) = (1)*(2)	(4)	(5) = (3)*(4)	(6) = (5)/1000
30	งา	1,861.40	120.00	223,368	2.0	446,736	447
Total		140,732,728				255,274,543,479	255,274,543
Manure ^{3/}							21,936,897

หมายเหตุ: ^{1/} แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาจากโปรแกรม AgZone 3.0 ของกรมพัฒนาที่ดิน (2003)

^{2/} สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2002)

^{3/} สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2002)

^{4/} Daniela Jolli and Stefan Giljum. Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery. Nr.3, March 2005. SERI

Studies.

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืช ปี 2553

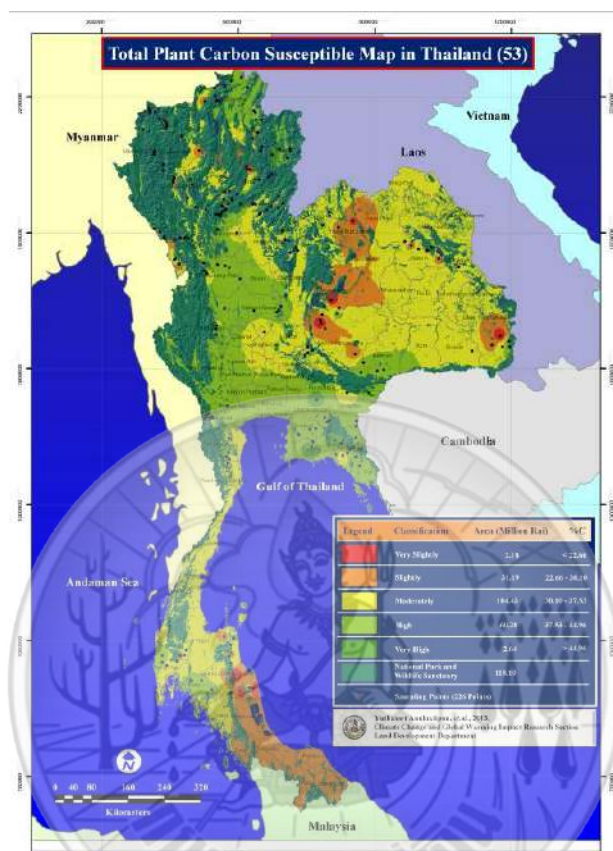
พารามิเตอร์ ภาค	Carbon**		Hydrogen**		Oxygen**		Nitrogen ^{ns}		Sulfur**		C/N Ratio ^{ns}	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
เหนือ	36.14 ab	24.65	4.86 a	27.16	33.87 ab	30.62	1.36 ab	59.56	0.29 d	37.93	36.77 a	89.04
ใต้	32.44 a	34.99	4.25 a	38.59	38.41 b	35.12	1.32 ab	40.91	0.10 a	40.00	25.38 a	15.41
กลาง	37.60 ab	16.38	5.07 a	16.77	32.20 ab	22.58	1.45 ab	49.66	0.21 c	71.43	31.52 a	45.40
ตะวันตก	34.52 a	25.90	4.51 a	28.60	36.35 b	28.67	1.05 a	41.90	0.09 a	44.44	36.83 a	39.53
ตะวันออก	41.32 b	18.10	6.27 b	18.18	27.11 a	32.87	1.65 b	33.33	0.17 bc	35.29	27.88 a	44.12
ตะวันออกเฉียงเหนือ	32.86 a	31.71	4.27 a	33.72	37.84 b	33.14	1.44 ab	74.31	0.11 ab	54.55	29.36 a	45.40
ค่าเฉลี่ย	35.81	25.29	4.87	27.17	34.30	30.50	1.38	49.95	0.16	47.27	31.29	46.48
f-test	4.10		10.24		4.77		1.97		31.40		1.68	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

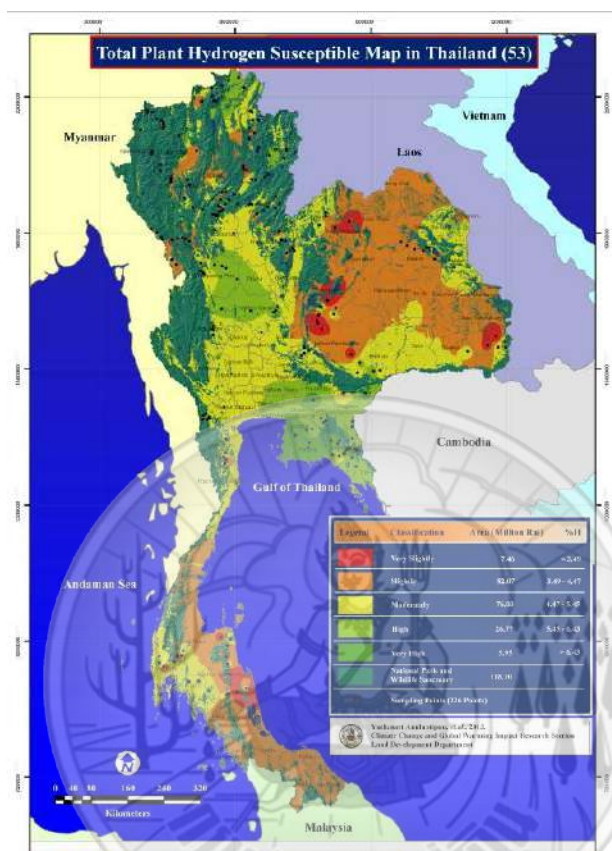
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างพืชของปี 2553 = 226 จุด



แผนที่ 4 ปริมาณคาร์บอนในพืชปี 2553

4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจน (H) ในพืช ปี 2553

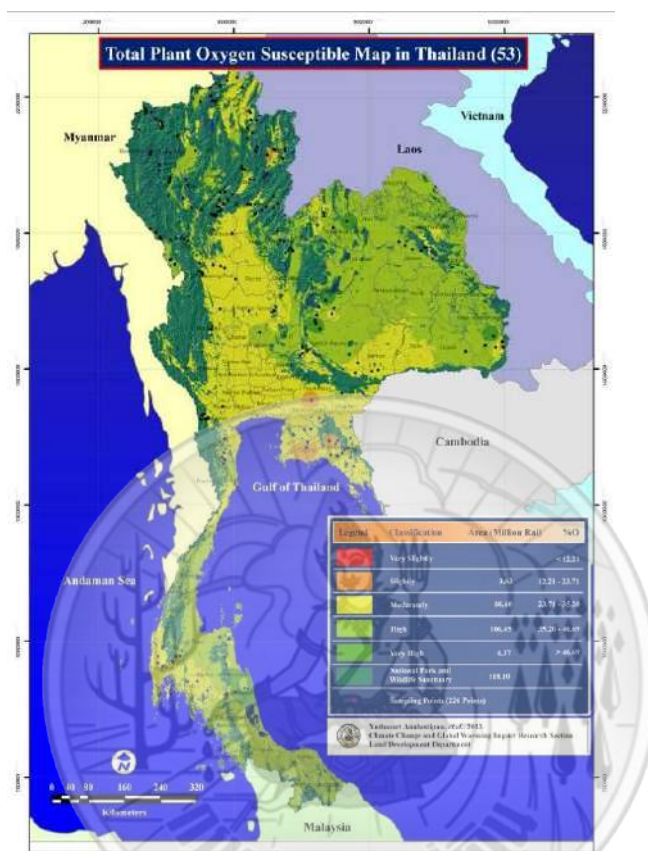
จากการวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศไทย พบว่า ปริมาณไฮโดรเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.99-7.86 %H ซึ่งในภาคใต้จะมีปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันออกจะมีปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 4.25 และ 6.27 %H ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %H จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 4.25, 4.27, 4.51, 4.86, 5.07, และ 6.27 %H ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาค ตะวันตก ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพบว่า จังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่า 0.99 %H และพบว่าเศษพืชของจังหวัดระยอง ให้ค่าการวิเคราะห์ %H สูงสุด มีค่า 7.86 %H ดังแสดงในแผนที่ 5 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 5 ปริมาณไฮโดรเจนในพืชปี 2553

4.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจน (O) ในพืช ปี 2553

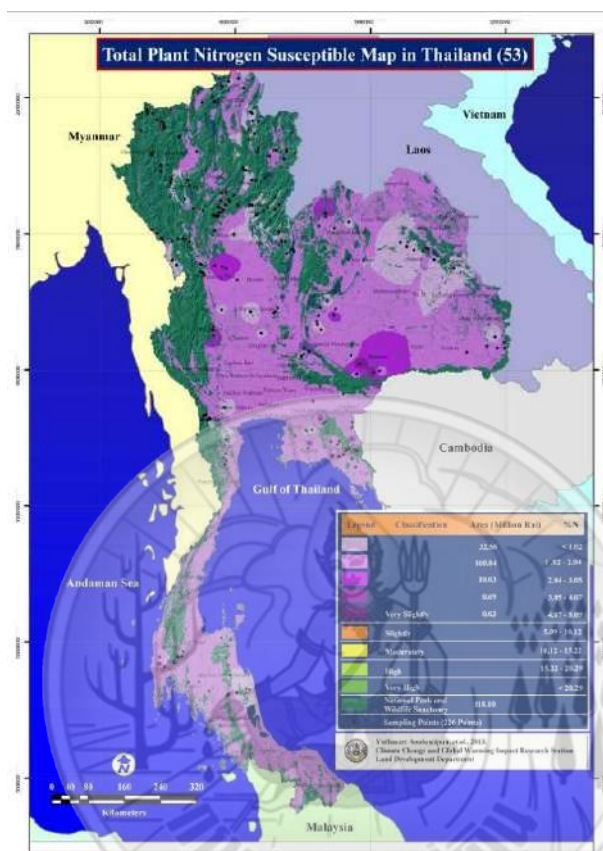
จากการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศพบว่ามีปริมาณออกซิเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 14.40 – 68.19 %O ซึ่งในภาคตะวันออกจะมีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคใต้จะมีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 27.11 และ 38.41 %O ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %O จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 27.11, 32.20, 33.87, 36.35, 37.84, และ 38.41 %O ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดจันทบุรี มีค่า 14.40 %O และพบว่าเศษพืชของจังหวัดแพร่ ให้ค่าการวิเคราะห์ %O สูงสุด มีค่า 68.19 %O ดังแสดงในแผนที่ 6 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 6 ปริมาณออกซิเจนในพืชปี 2553

4.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ในพืช ปี 2553

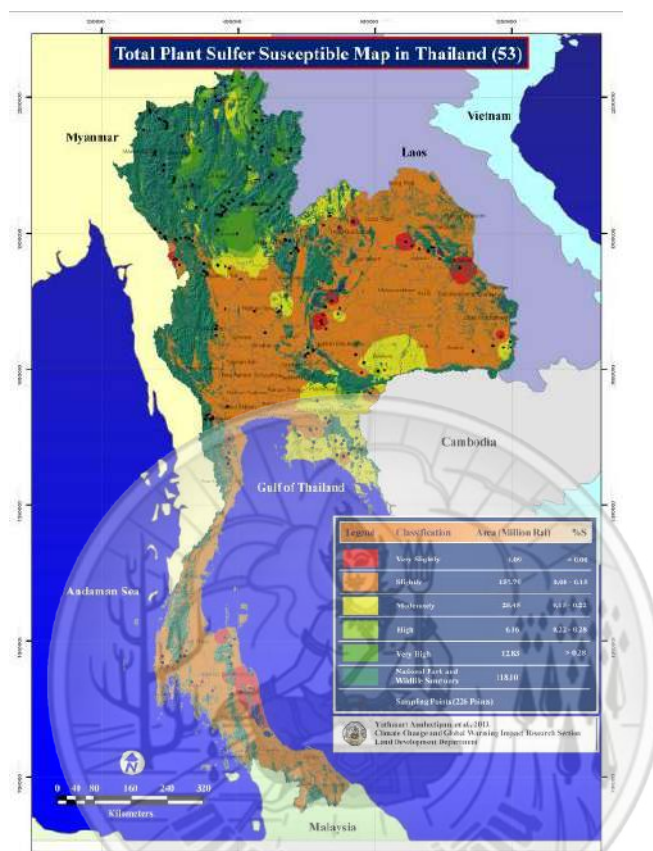
จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.15 – 4.35 % N ซึ่งในภาคตะวันตกจะมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันออกจะมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.05 และ 1.65 %N ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %N จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 1.05, 1.32, 1.36, 1.44, 1.45, และ 1.65 %N ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 0.15 %N และพบว่าพืชของจังหวัดเลย ให้ค่าการวิเคราะห์ %N สูงสุด มีค่า 4.35 %N ดังแสดงในแผนที่ 7 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนในพืชปี 2553

4.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในพืช ปี 2553

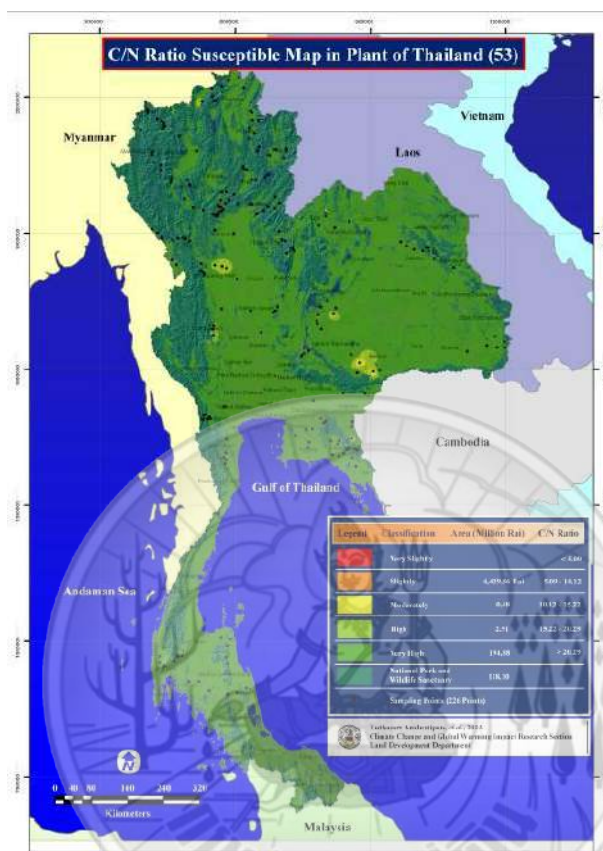
จากการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศไทย พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์มีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.69 % S ซึ่งในภาคตะวันตกจะมีปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยในพืชต่ำที่สุด และภาคเหนือจะมีปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.09 และ 0.29 %S ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %S จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.09, 0.10, 0.11, 0.17, 0.21, และ 0.29 %S ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่า 0.02 %S และพบว่าพืชของจังหวัดสุโขทัย ให้ค่าการวิเคราะห์ %S สูงสุด มีค่า 0.69 %S ดังแสดงในแผนที่ 8 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 8 ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชปี 2553

4.1.6 การวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืช ปี 2553

จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศไทย พบว่า C/N ratio มีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 9.38 - 275.74 ซึ่งในภาคใต้จะมีปริมาณ C/N ratio เฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันตกจะมี C/N ratio เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 25.38 และ 36.83 ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า C/N ratio จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 25.38, 27.88, 29.36, 31.52, 36.77, และ 36.83 ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันตก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ C/N ratio ในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดเลย มีค่า 9.38 และพบว่าเศษพืชของจังหวัดแพร่ ให้ค่าการวิเคราะห์ C/N ratio สูงสุด มีค่า 275.74 ดังแสดงในแผนที่ 9 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 9 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชปี 2553

4.1.7 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) ในพืช ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศไทย พบว่า ปริมาณคาร์บอนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 9.64 – 53.37 % C ซึ่งในภาคเหนือจะมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันออกจะมีปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 35.28 และ 39.83 %C ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %C จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 35.28, 36.85, 36.92, 38.37, 38.56, และ 39.83 %C ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 9.64 %C และพบว่าเศษพืชของจังหวัดนครศรีธรรมราช ให้ค่าการวิเคราะห์ %C สูงสุด มีค่า 53.37 %C ดังแสดงในแผนที่ 10 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืช ปี 2554

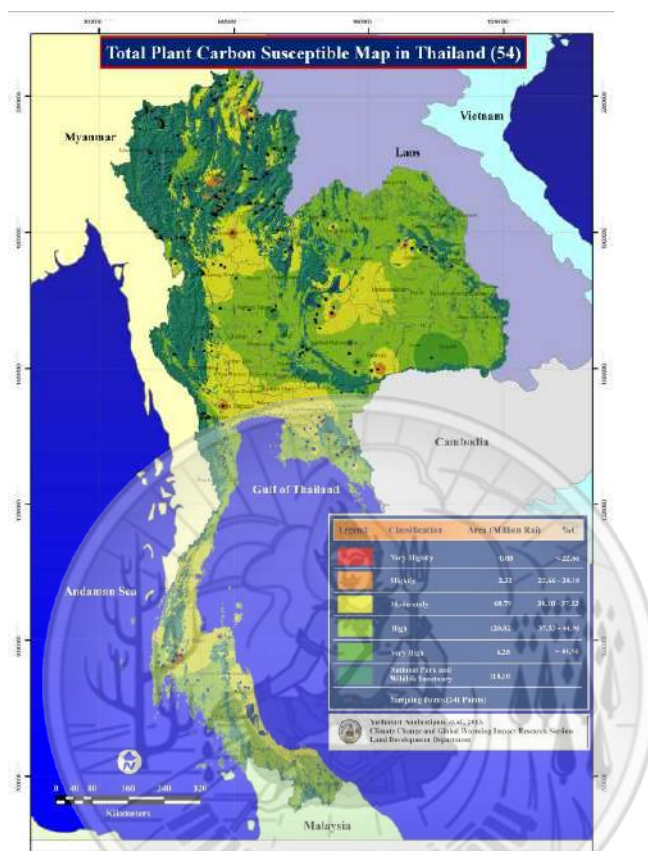
พารามิเตอร์ ภาค	Carbon*		Hydrogen**		Oxygen*		Nitrogen*		Sulfer**		C/N Ratio ^{ns}	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
เหนือ	35.28 a	24.26	4.76 a	26.89	35.08 b	28.93	1.29 ab	56.59	0.12 ab	50.00	38.07 a	90.49
ใต้	36.85 ab	22.04	5.70 b	25.26	32.28 ab	31.54	1.59 b	49.06	0.10 ab	50.00	26.24 a	29.95
กลาง	38.56 ab	18.00	5.29 ab	17.39	31.22 ab	26.17	1.33 ab	42.11	0.13 b	46.15	34.41 a	46.12
ตะวันตก	36.92 ab	20.77	5.13 ab	20.27	33.29 ab	26.91	1.10 a	85.45	0.08 a	50.00	42.05 a	47.18
ตะวันออก	39.83 b	16.97	5.37 ab	17.69	29.58 a	27.05	1.64 b	46.95	0.10 ab	50.00	28.46 a	49.12
ตะวันออกเฉียงเหนือ	38.37 ab	16.47	5.30 ab	16.04	31.56 ab	23.35	1.18 a	61.86	0.11 ab	63.64	41.08 a	56.40
ค่าเฉลี่ย	37.64	19.75	5.26	20.59	32.17	27.33	1.36	57.00	0.11	51.63	35.05	53.21
f-test	2.28		3.55		2.29		2.58		3.09		2.10	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

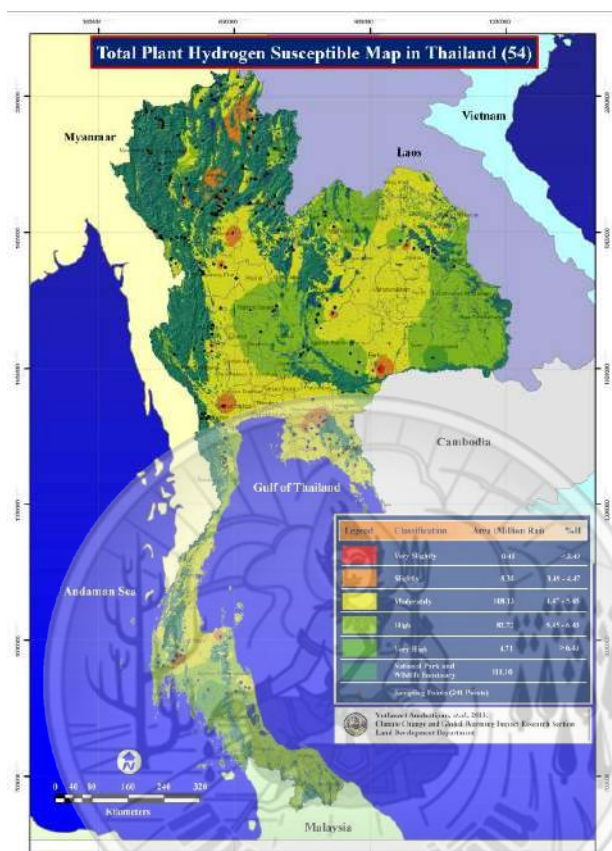
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างพืชของปี 2554 = 241 จุด



แผนที่ 10 ปริมาณคาร์บอนในพืชปี 2554

4.1.8 การวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจน (H) ในพืช ปี 2554

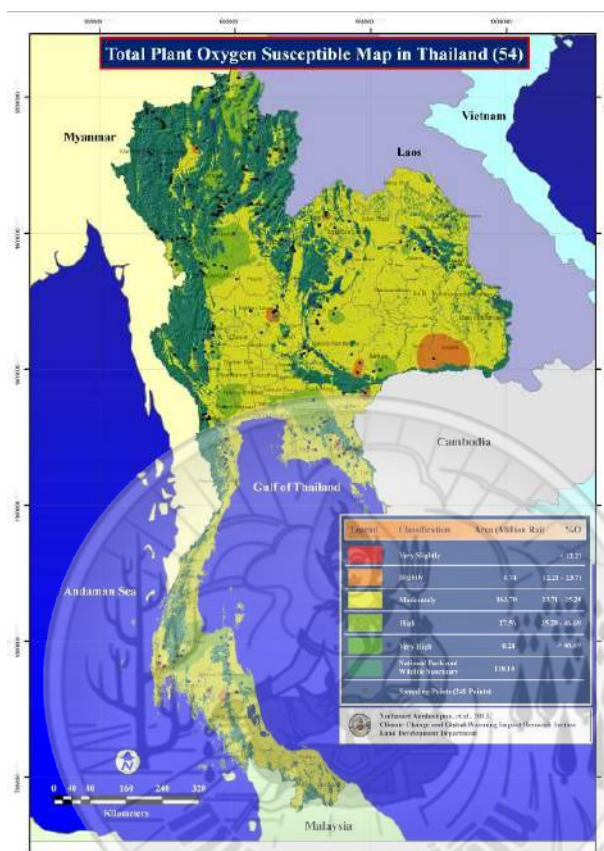
จากการวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ พบว่า ปริมาณไฮโดรเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 1.11 – 9.26 % H ซึ่งในภาคเหนือจะมีปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคใต้จะมีปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 4.76 และ 5.70 %H ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %H จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 4.76, 5.13, 5.29, 5.30, 5.37, และ 5.70 %H ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่า จังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 1.11 %H และพบว่าเศษพืชของจังหวัดน่าน ให้ค่าการวิเคราะห์ %H สูงสุด มีค่า 9.26 %H ดังแสดงในแผนที่ 11 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 11 ปริมาณไฮโดรเจนในพืชปี 2554

4.1.9 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจน (O) ในพืช ปี 2554

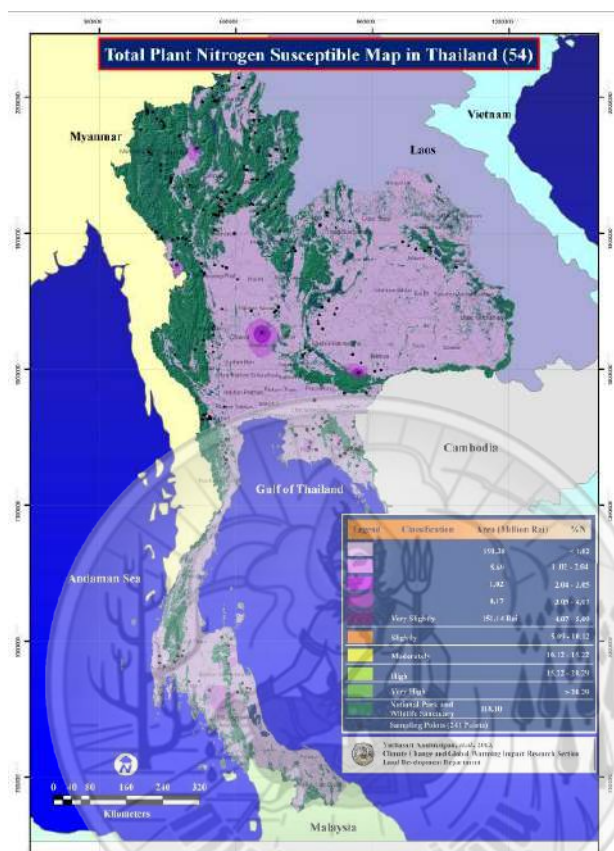
จากการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ พบว่า ปริมาณออกซิเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 10.80 – 65.12 %O ซึ่งในภาคตะวันออกจะมีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในเศษพืชต่ำที่สุด และภาคเหนือจะมีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 29.58 และ 35.08 %O ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %O จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 29.58, 31.22, 31.56, 32.28, 33.29, และ 35.08 %O ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก และภาคเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในเศษพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัด นครศรีธรรมราช มีค่า 10.80 %O และพบว่าเศษพืชของจังหวัดแพร่ ให้ค่าการวิเคราะห์ %O สูงสุด มีค่า 65.12 %O ดังแสดงในแผนที่ 12 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



แผนที่ 12 ปริมาณออกซิเจนในพืชปี 2554

4.1.10 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ในพืช ปี 2554

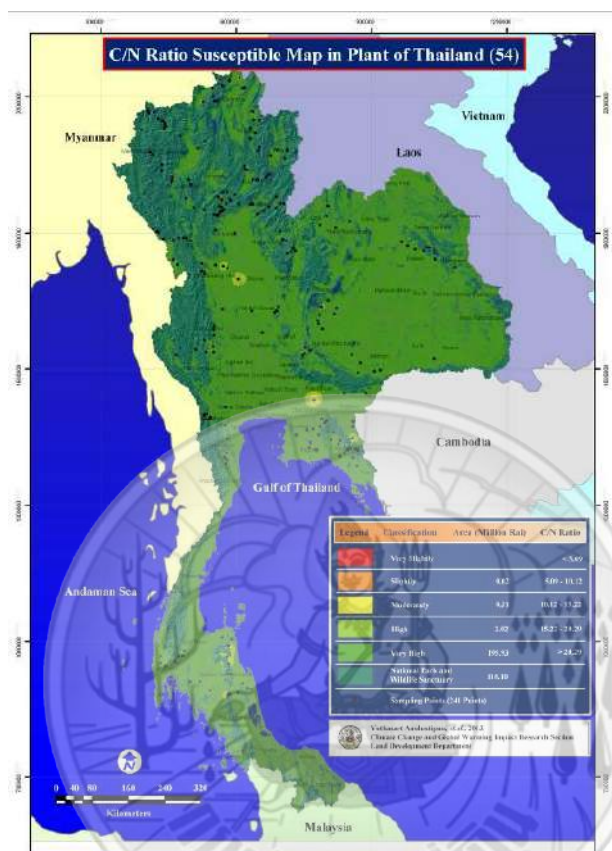
จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนมีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.10 – 5.81 % N ซึ่งในภาคตะวันตกจะมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในพืชต่ำที่สุด และภาคตะวันออกจะมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.10 และ 1.64 %N ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %N จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 1.10, 1.18, 1.29, 1.33, 1.59, และ 1.64 %N ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก เชียงใหม่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่าจังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 0.10 %N และพบว่าพืชของจังหวัดตาก ให้ค่าการวิเคราะห์ %N สูงสุด มีค่า 5.81 %N ดังแสดงในแผนที่ 13 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



แผนที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนในพืชปี 2554

4.1.11 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในพืช ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศไทย พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์มีการกระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.40 % S ซึ่งในภาคตะวันตกจะมีปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยในพืชต่ำที่สุด และภาคกลางจะมีปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.08 และ 0.13 %S ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %S จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.08, 0.10, 0.10, 0.11, 0.12, และ 0.13 %S ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยพบว่า จังหวัดที่วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชมีค่าต่ำสุดที่ จังหวัดแพร่ มีค่า 0.02 %S และพบว่าพืชของจังหวัดนครสวรรค์ ให้ค่าการวิเคราะห์ %S สูงสุด มีค่า 0.40 %S ดังแสดงในแผนที่ 14 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 15 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชปี 2554

4.1.13 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอน (C) ในพืช ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอน (C) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 36.02 และ 37.21 %C ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณคาร์บอนในเศษพืชโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 1.19 %C ดังแสดงในตารางที่ 12 และแผนที่ 16 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างพืชระหว่างปี 2553 ถึง 2554

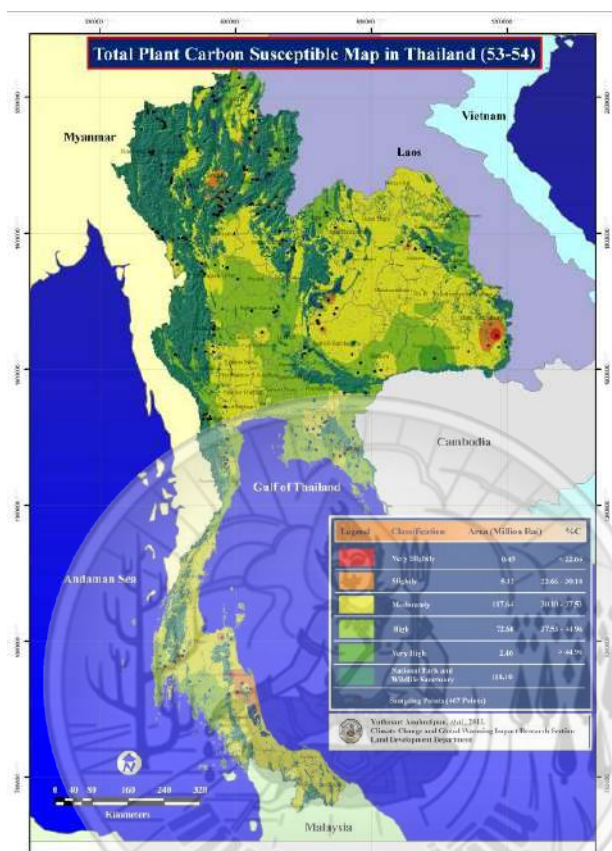
ปี	Carbon ^{ns}		Hydrogen*		Oxygen ^{ns}		Nitrogen ^{ns}		Sulfer**		C/N Ratio ^{ns}	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
2553	36.02	25.46	4.89	28.83	34.04	32.05	1.38	55.80	0.19	68.42	32.56	67.57
2554	37.21	20.85	5.14	22.37	32.74	28.16	1.33	57.14	0.11	54.55	35.92	69.57
ค่าเฉลี่ย	36.62	23.16	5.02	25.60	33.39	30.11	1.36	56.47	0.15	61.49	34.24	68.57
f-test	2.30		4.17		1.95		0.50		81.52		2.37	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

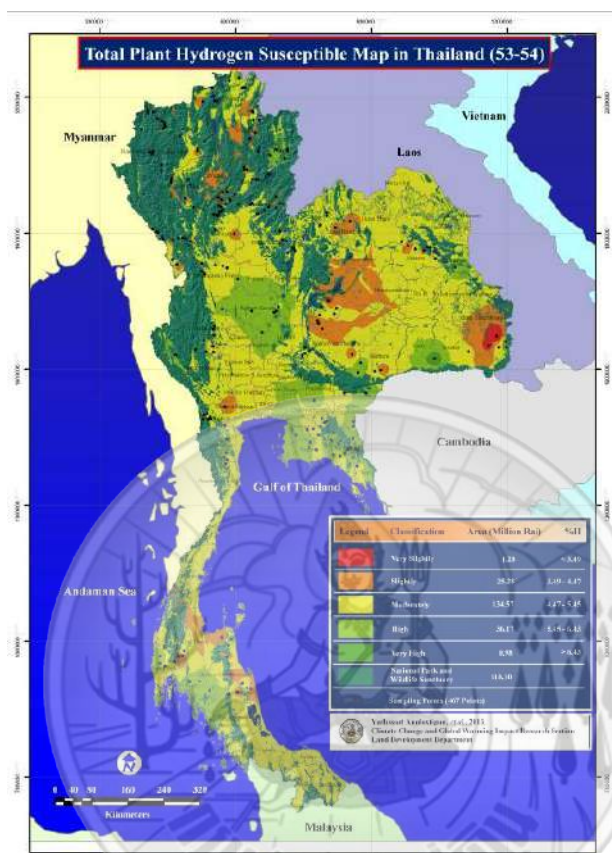
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง = 467 จุด



แผนที่ 16 ปริมาณคาร์บอนในพืชปี 2553-2554

4.1.14 การเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจน (H) ในพืช ปี 2553-2554

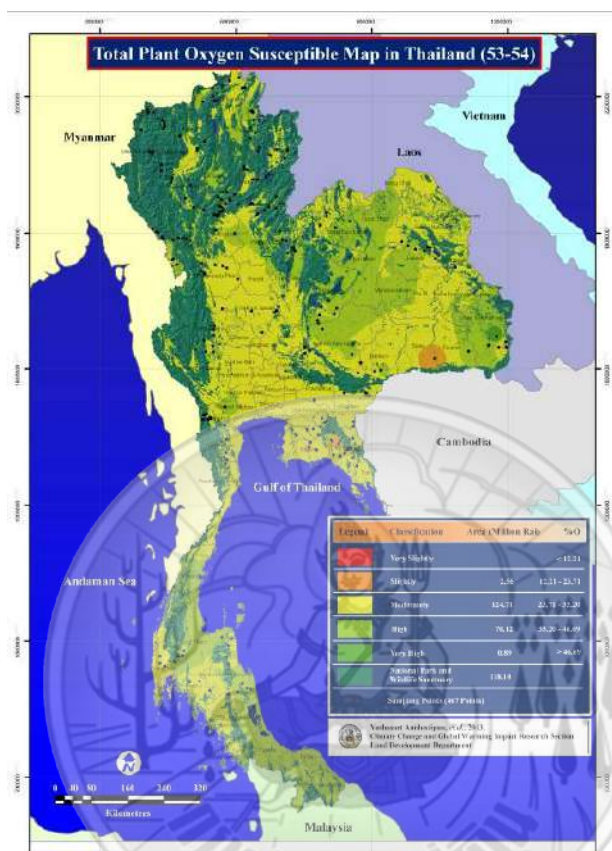
จากการเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจน (H) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 5.14 และ 4.89 %H ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณไฮโดรเจนในพืชโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 0.25 %H ดังแสดงในตารางที่ 12 และแผนที่ 17 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



แผนที่ 17 ปริมาณไฮโดรเจนในพืชปี 2553-2554

4.1.15 การเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจน (O) ในพืช ปี 2553-2554

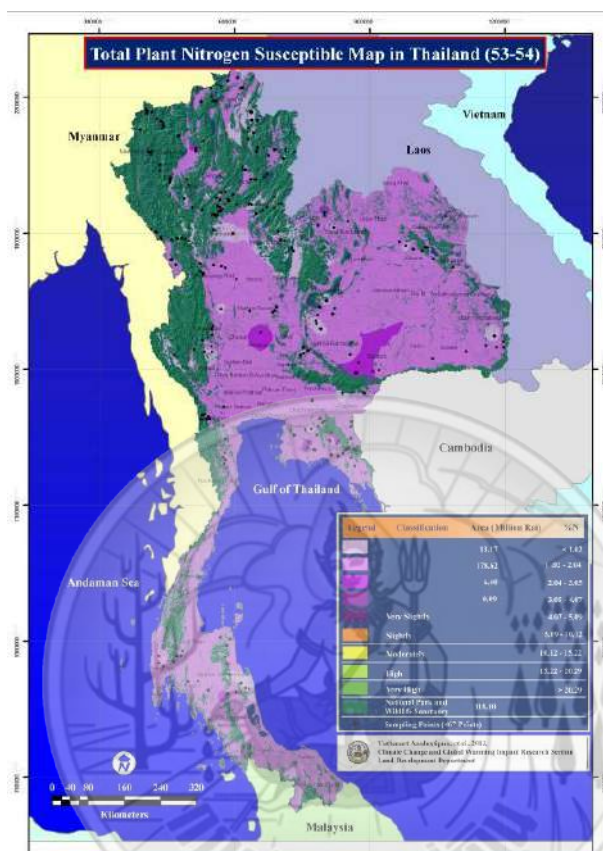
จากการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจน (O) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 34.04 และ 32.74 %O ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณออกซิเจนในเศษพืชโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง 1.3 %O ดังแสดงในตารางที่ 12 และแผนที่ 18 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

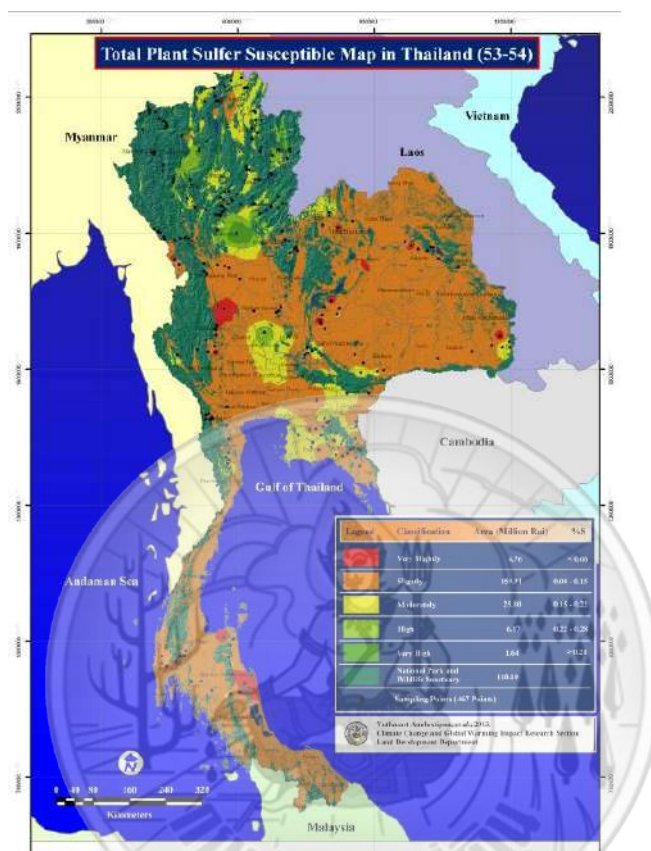


แผนที่ 18 ปริมาณออกซิเจนในพืชปี 2553-2554

4.1.16 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (N) ในพืช ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (N) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.38 และ 1.33 %N ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณไนโตรเจนในพืชโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง 0.05 %N ดังแสดงในตารางที่ 12 และแผนที่ 19 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

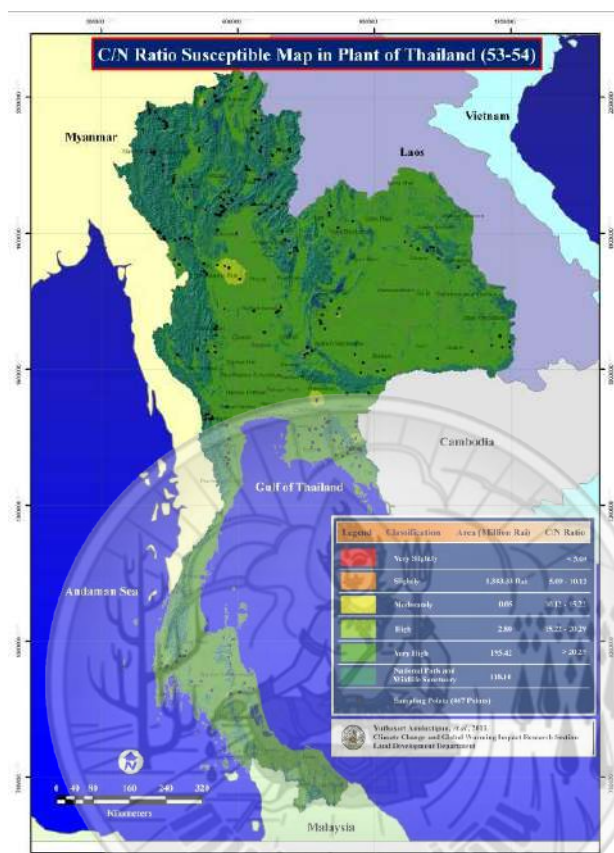




แผนที่ 20 ปริมาณซัลเฟอร์ในพืชปี 2553-2554

4.1.18 การเปรียบเทียบอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืช ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชเศรษฐกิจ 12 ชนิดทั่วประเทศ ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 32.56 และ 35.92 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 3.36 ดังแสดงในตารางที่ 12 และแผนที่ 21 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 21 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในพืชปี 2553-2554

4.2 การสูญเสียคาร์บอนจากดิน (Carbon losses)

การสูญเสียคาร์บอนจากดิน ได้ทำการศึกษา 2 กรณี คือ การสูญเสียจากอัตราการหายใจของดิน (Soil Respiration) และจากการชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion) ดังนี้

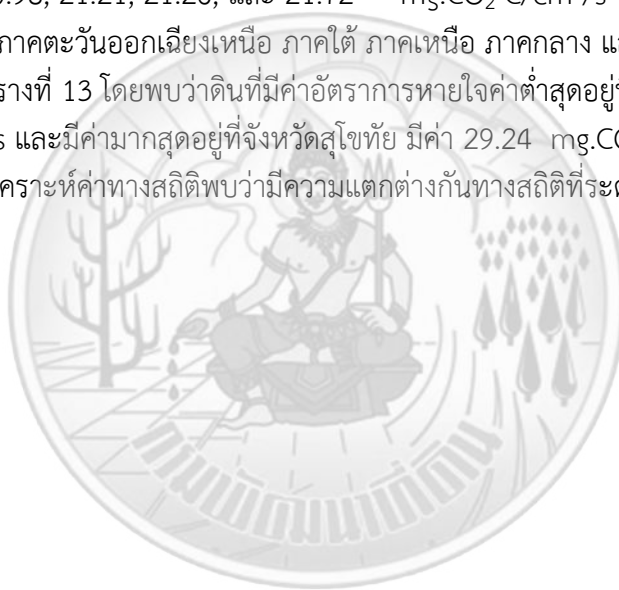
4.2.1 อัตราการหายใจของดิน (Soil Respiration)

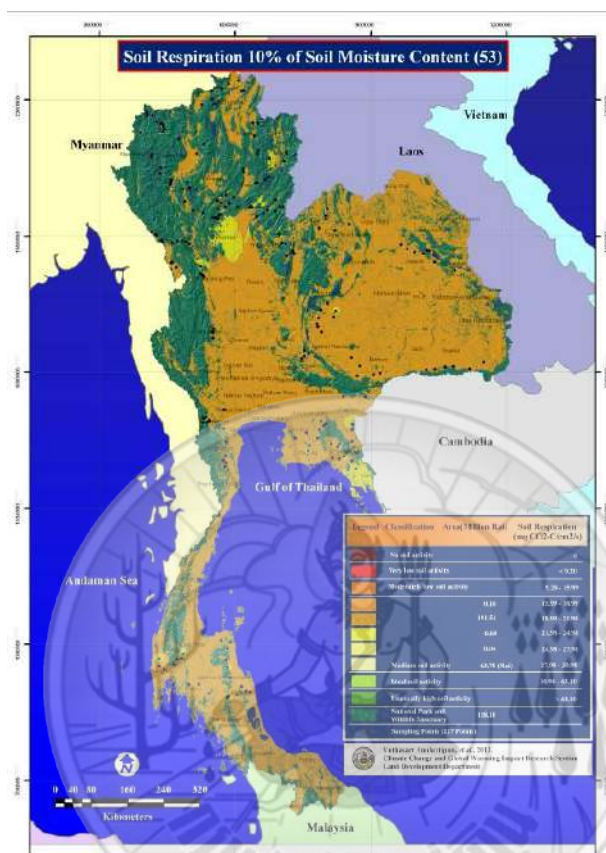
จากการศึกษาอัตราการหายใจของดินที่ระดับความชื้น 25 % ในปี 2553 - 2554 พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 12.47-30.07 mg.CO₂-C/cm²/s ดังแสดงในแผนที่ 2 โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (Undisturbed) 6 ระดับความชื้นดังนี้ 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, และ 35% และวิเคราะห์ในดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง (Disturbed) ที่ระดับความชื้น 35 % ของปี 2553 และ 2554 นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (Undisturbed) ที่ระดับความชื้น 25% ของปี พ.ศ. 2555 ด้วย โดยแสดงผลดังต่อไปนี้

(1) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 10% ปี

2553

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 10% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 17.91 – 29.24 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันตกมีการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.49 และ 21.72 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 20.49, 20.86, 20.98, 21.21, 21.26, และ 21.72 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดตาก มีค่า 17.91 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดสุโขทัย มีค่า 29.24 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 22 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



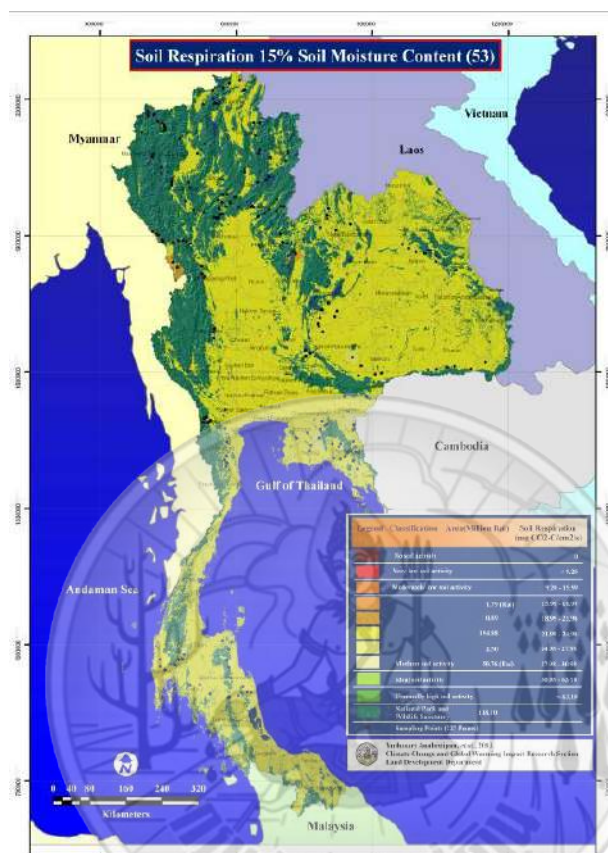


แผนที่ 22 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 10 %

(2) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 15% ปี

2553

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 15% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 17.88 – 25.16 mg.CO₂-C/cm²/s โดยดินที่ภาคตะวันตกมีการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 19.86 และ 21.64 mg.CO₂-C/cm²/s ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 19.86, 20.37, 20.49, 20.85, 21.13, และ 21.64 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออก เชียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดตาก มีค่า 17.88 mg.CO₂-C/cm²/s และมีความมากที่สุดอยู่ที่จังหวัดอุดรธานี มีค่า 25.16 mg.CO₂-C/cm²/s แสดงดังแผนที่ 23 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

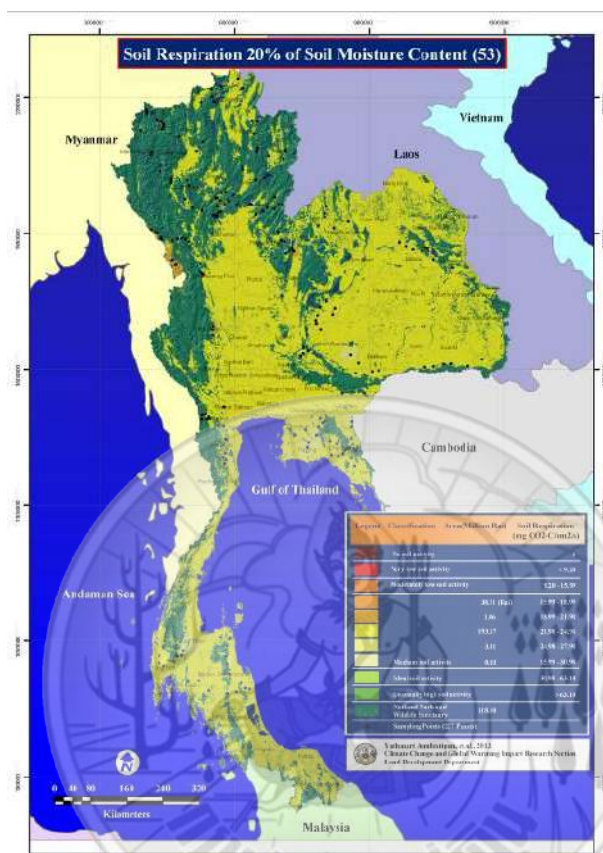


แผนที่ 23 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %

(3) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 20% ปี

2553

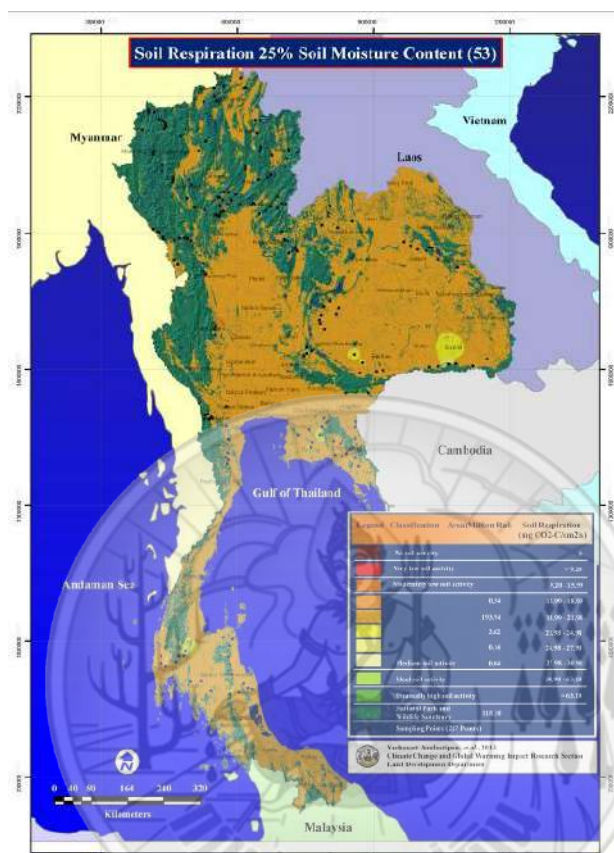
จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 20% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง $17.96 - 26.08 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันตกมีการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 19.69 และ 21.49 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 19.69, 20.14, 20.51, 21.00, 21.18, และ 21.49 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดตาก มีค่า $17.96 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดแพร่ มีค่า $26.08 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 24 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

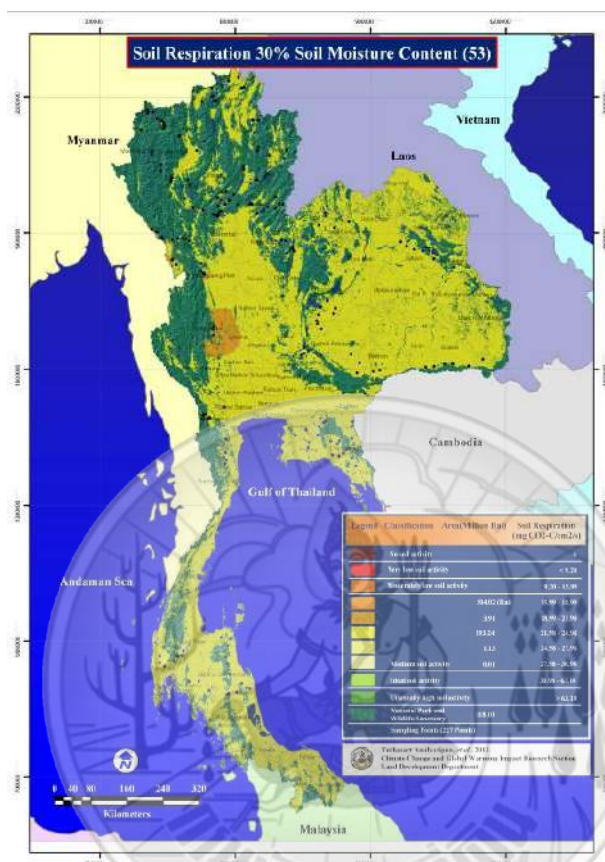


แผนที่ 24 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %

(4) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 25 % ปี 2553

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 25% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 18.22 – 30.07 mg.CO₂-C/cm²/s โดยดินที่ภาคตะวันตกมีค่าการปลดปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 19.77 และ 21.34 mg.CO₂-C/cm²/s ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 19.77, 20.00, 20.69, 20.82, 21.13, และ 21.34 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดอุทัยธานี มีค่า 18.22 mg.CO₂-C/cm²/s และมีความมากที่สุดอยู่ที่จังหวัดศรีสะเกษ มีค่า 30.07 mg.CO₂-C/cm²/s แสดงดังแผนที่ 25 และวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

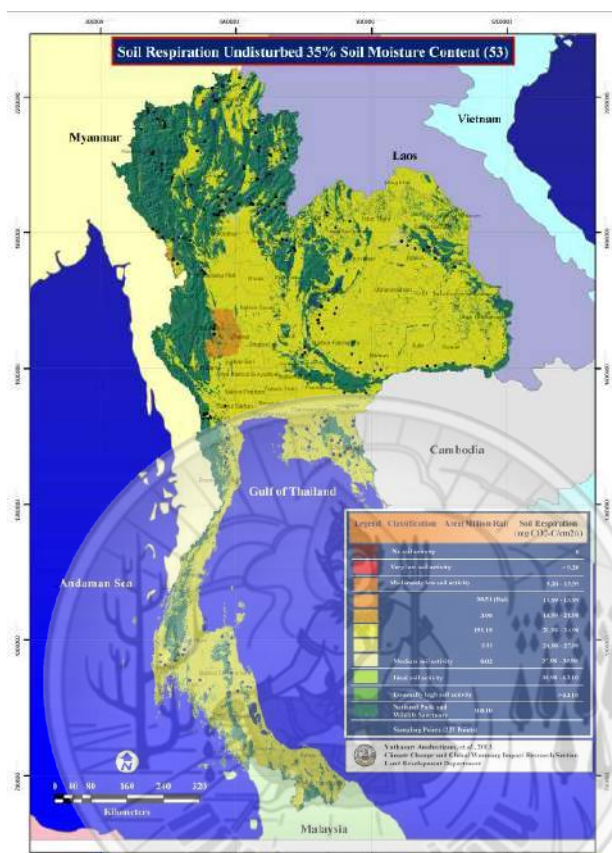




แผนที่ 26 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %

(6) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี 2553

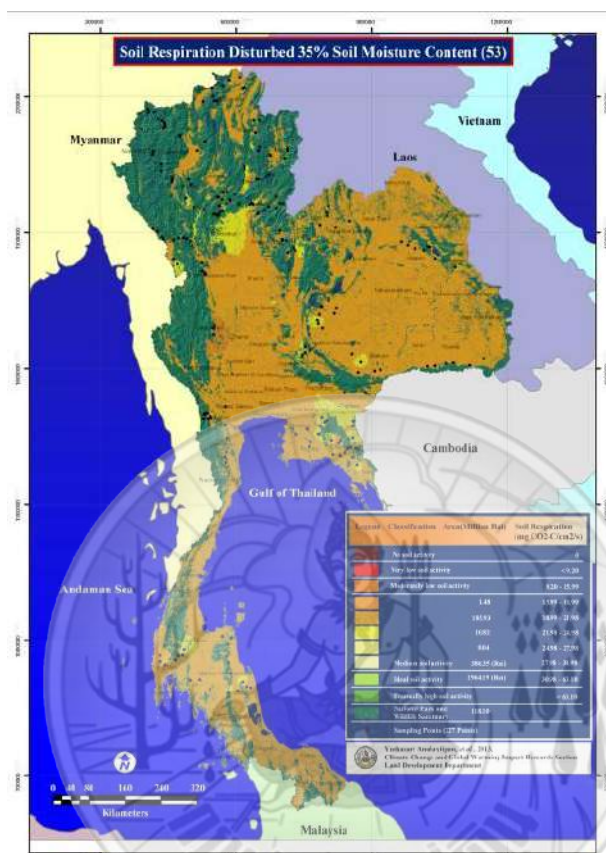
จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง $17.74 - 26.21 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันตกมีค่าการปลดปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 19.56 และ 21.48 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 19.56, 20.38, 20.53, 20.64, 21.13, และ 21.48 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออก เชียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าในจังหวัดสุโขทัยมีจุดที่ดินมีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งมีค่า 17.74 และ 26.21 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 27 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 27 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(7) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี 2553

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง (disturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% พบว่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง $17.94 - 32.78 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันตกมีการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.68 และ $21.75 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ $20.68, 20.75, 21.03, 21.48, 21.65,$ และ $21.75 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดกำแพงเพชร มีค่า $17.94 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดสุโขทัย มีค่า $32.78 \text{ mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 28 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



แผนที่ 28 อัตราการหายใจของดินปี 2553 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(8) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 10% ปี

2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 10% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.86 – 28.86 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 14.13 และ 23.16 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 14.13, 17.57, 17.96, 20.12, 21.45, และ 23.16 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 12.86 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีความมากที่สุดอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 28.86 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 29 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 14 ค่าอัตราการหายใจของดิน ($\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในแต่ละภาคของประเทศไทยปี 2554

พารามิเตอร์		ค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย CO ₂ -C/cm ² /sec) ในแต่ละเปอร์เซ็นต์ความชื้น													
		10% undis**		15% undis**		20% undis**		25% undis**		30% undis**		35% undis**		35% dis**	
		Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
เหนือ		20.12 c	6.26	19.52 c	5.38	19.42 c	5.66	19.68 c	7.01	19.50 c	6.46	19.45 c	5.86	20.07 c	8.12
	ใต้	23.16 d	16.67	22.72 d	16.73	22.77 e	17.35	22.96 d	17.38	23.16 d	16.06	23.02 d	16.33	23.29 d	14.43
กลาง		17.96 b	13.03	17.76 b	13.80	17.66 b	13.36	17.76 b	11.94	17.69 b	11.76	17.65 b	11.39	18.24 b	12.88
ตะวันตก		17.57 b	12.35	17.15 b	9.50	17.13 b	9.98	17.16 b	11.19	17.55 b	12.02	17.64 b	13.04	18.32 b	13.59
ตะวันออก		21.45 c	17.58	20.97 c	16.83	21.05 d	16.72	20.94 c	17.10	20.88 c	16.71	20.78 c	15.74	21.24 c	15.54
ตะวันออกเฉียงเหนือ		14.13 a	6.86	13.86 a	6.71	13.82 a	6.73	13.77 a	5.88	13.94 a	5.95	13.99 a	6.22	14.55 a	8.32
ค่าเฉลี่ย		19.07	12.13	18.66	11.49	18.64	11.63	18.71	11.75	18.79	11.49	18.76	11.43	19.29	12.15
f-test		55.78		59.35		58.70		58.03		59.40		58.70		48.47	

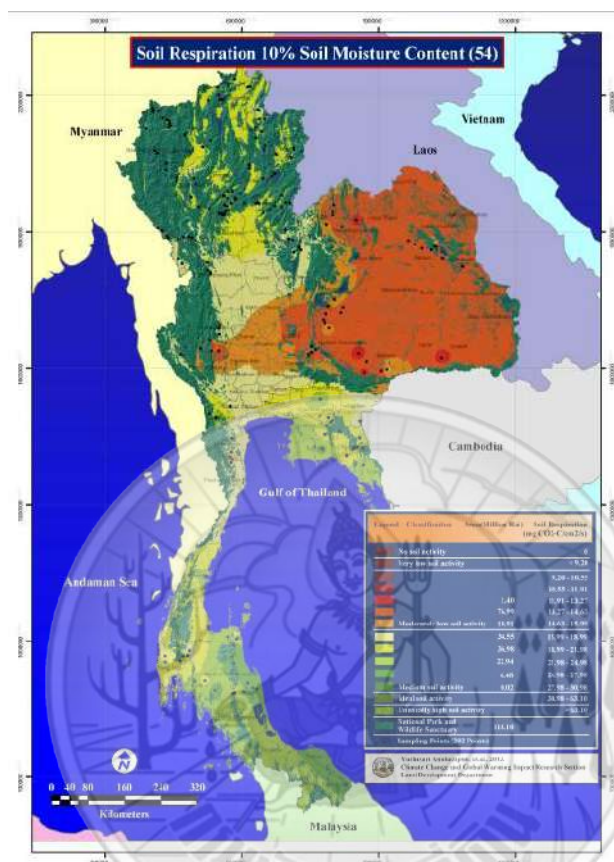
หมายเหตุ: 10% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 10%
 15% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 15%
 20% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 20%
 25% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 25%
 30% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 30%
 35% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 35%
 35% dis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Disturbed core ที่ระดับความชื้น 35%

หมายเหตุ: * คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างของปี 2554 = 202 จุด

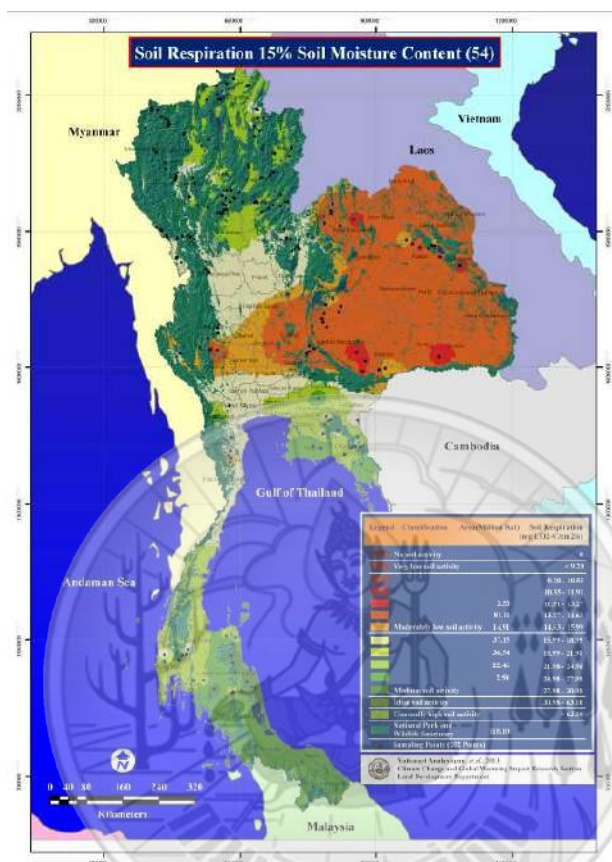


แผนที่ 29 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 10 %

(9) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 15% ปี

2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 15% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.49 – 27.51 mg.CO₂-C/cm²/s โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 13.86 และ 22.72 mg.CO₂-C/cm²/s ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 13.86, 17.15, 17.76, 19.52, 20.97, และ 22.72 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดกาญจนบุรี มีค่า 12.49 mg.CO₂-C/cm²/s และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดกระบี่ มีค่า 27.51 mg.CO₂-C/cm²/s แสดงดังแผนที่ 30 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

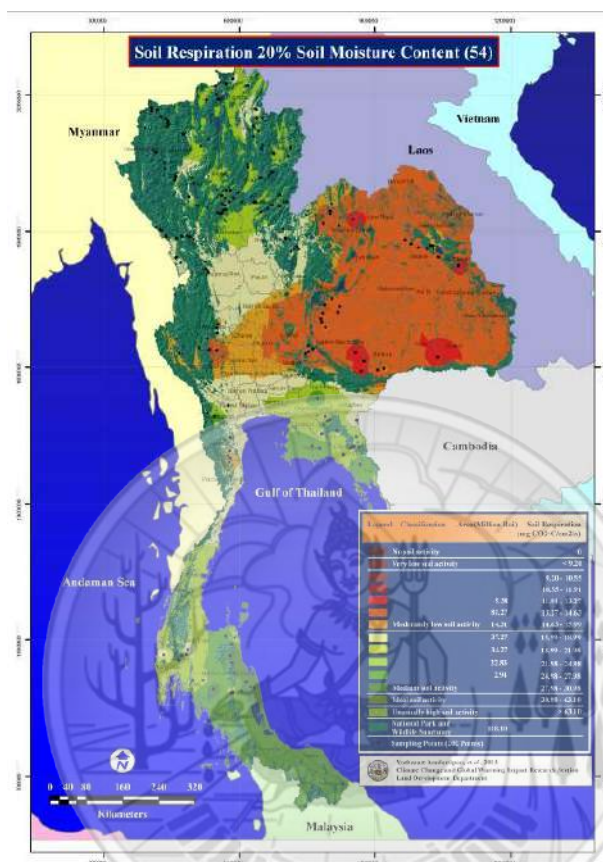


แผนที่ 30 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %

(10) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 20% ปี

2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 20% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.45 – 27.39 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 13.82 และ 22.77 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 13.82, 17.13, 17.66, 19.42, 21.05, และ 22.77 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดหนองบัวลำภู มีค่า 12.45 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 27.39 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 31 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

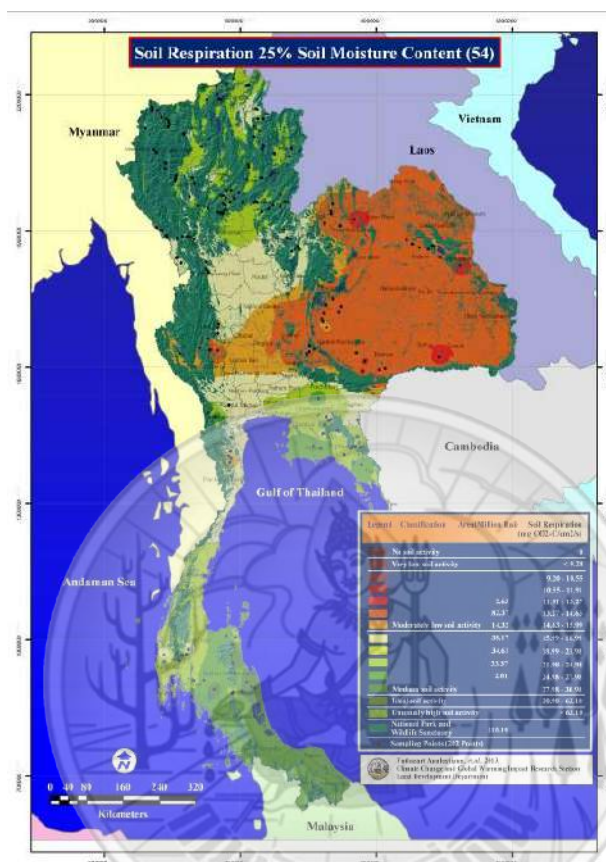


แผนที่ 31 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %

(11) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 25% ปี

2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 25% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.47 – 27.77 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 13.77 และ 22.96 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 13.77, 17.16, 17.76, 19.68, 20.94, และ 22.96 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดหนองบัวลำภู มีค่า 12.47 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า 27.77 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 32 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

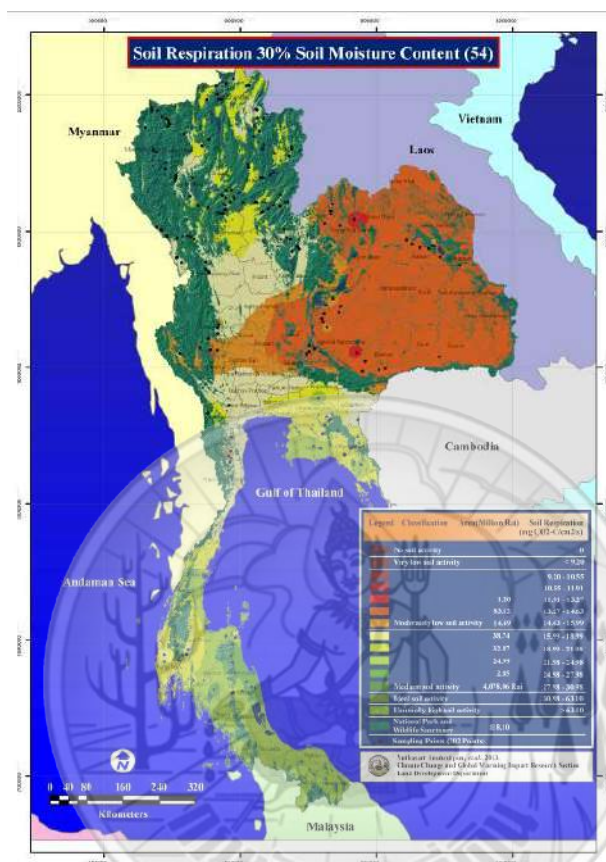


แผนที่ 32 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %

(12) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 30% ปี

2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 30% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.72 – 28.41 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 13.94 และ 23.16 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 13.94, 17.55, 17.69, 19.50, 20.88, และ 23.16 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดชัยภูมิ มีค่า 12.72 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า 28.41 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 33 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

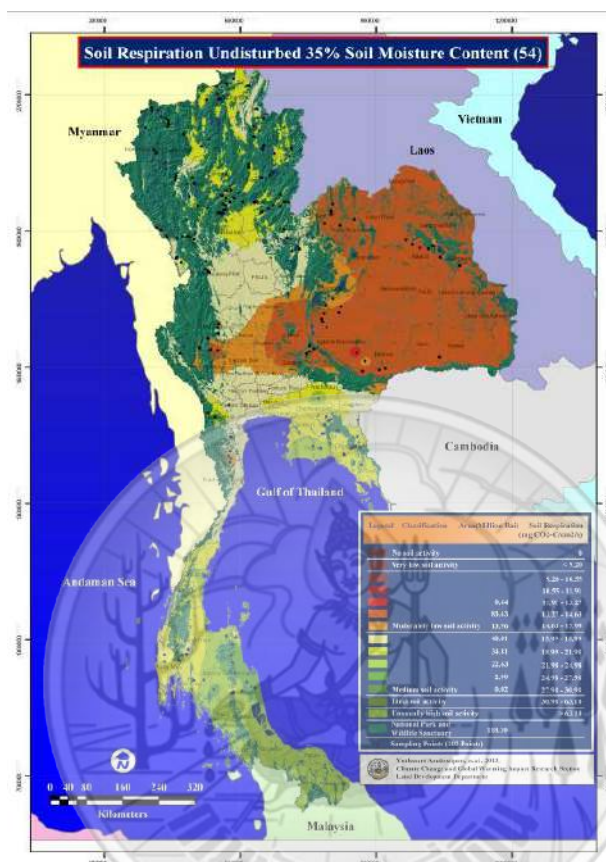


แผนที่ 33 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %

(13) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี

2554

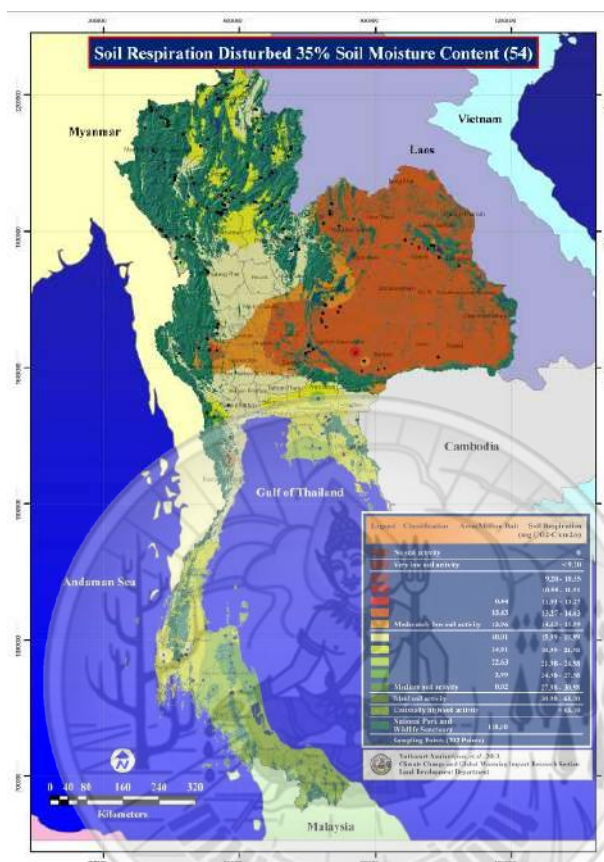
จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.56 – 28.63 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 13.99 และ 23.02 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 13.99, 17.64, 17.65, 19.45, 20.78, และ 23.02 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดกาญจนบุรี มีค่า 12.56 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 28.63 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 34 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 34 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(14) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี 2554

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง (disturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 12.79 – 27.99 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ โดยดินที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาคใต้ ซึ่งมีค่าดังนี้ 14.55 และ 23.29 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 14.55, 18.24, 18.32, 20.07, 21.24, และ 23.29 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัดเลย มีค่า 12.79 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัดกระบี่ มีค่า 27.99 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ แสดงดังแผนที่ 35 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 35 อัตราการหายใจของดินปี 2554 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(15) การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 25% ปี

2555

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 25% พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ระหว่าง 18.35 – 39.29 mg.CO₂-C/cm²/s โดยดินที่ภาคใต้มีการปล่อยโดยเฉลี่ยออกมาต่ำที่สุด และมากที่สุดที่ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 25.77 และ 32.17 mg.CO₂-C/cm²/s ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 25.77, 27.98, 28.51, 28.53, 28.71 , และ 32.17 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 15 โดยพบว่าดินที่มีค่าอัตราการหายใจค่าต่ำสุดอยู่ที่จังหวัด สุราษฎร์ธานี มีค่า 18.35 mg.CO₂-C/cm²/s และมีค่ามากที่สุดอยู่ที่จังหวัด หนองคาย มีค่า 39.29 mg.CO₂-C/cm²/s แสดงดังแผนที่ 36 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 15 ค่าอัตราการหายใจของดิน ($\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในแต่ละภาคของประเทศไทยปี 2555

พารามิเตอร์	ค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ในเปอร์เซ็นต์ความชื้น 25 %**	
ภาค	Mean	%cv
เหนือ	27.98 ab	3.50
ใต้	25.77 a	27.59
กลาง	28.51 b	4.45
ตะวันตก	28.53 b	4.35
ตะวันออก	28.71 b	2.12
ตะวันออกเฉียงเหนือ	32.17 c	13.34
ค่าเฉลี่ย	28.61	9.23
f-test	12.31	

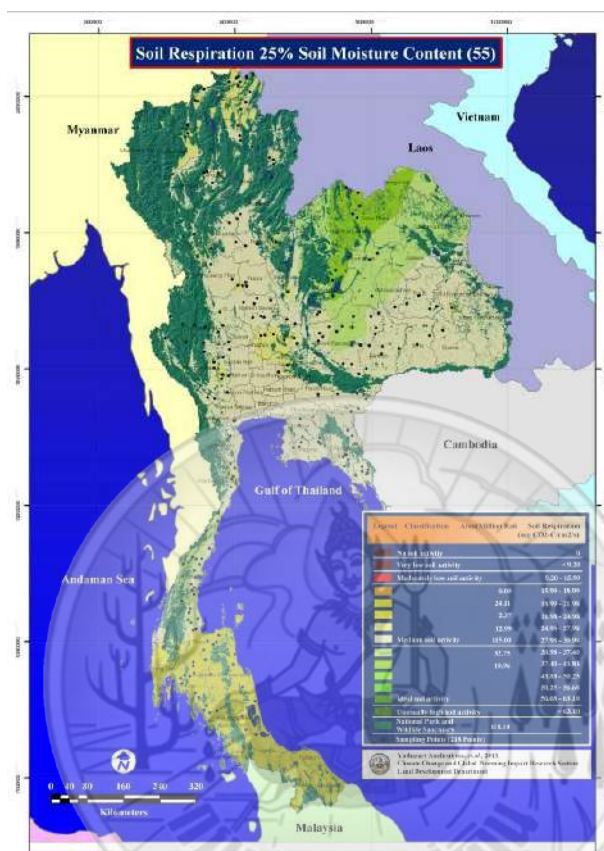
หมายเหตุ: อัตราการหายใจของดิน เป็นแบบ Undisturbed core

หมายเหตุ: * คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

n จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง ของปี 2555 = 218 จุด



แผนที่ 36 อัตราการหายใจของดินปี 2555 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %

(16) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 10% ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 10% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 21.14 และ 19.06 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.08 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 37 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ระหว่างปี 2553-2554

พารามิเตอร์ ปี		ค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย CO ₂ -C/cm ² /sec) ในแต่ละเปอร์เซ็นต์ความชื้น													
		10% undis**		15% undis**		20% undis**		25% undis**		30% undis**		35% undis**		35% dis**	
		Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
2553		21.14	6.91	20.86	5.99	20.82	6.15	20.78	6.21	20.76	5.78	20.77	6.55	21.28	8.36
2554		19.06	18.05	18.62	17.67	18.57	17.88	18.68	18.25	18.70	17.70	18.66	17.42	19.23	17.16
ค่าเฉลี่ย		20.10	12.48	19.74	11.83	19.70	12.02	19.73	12.23	19.73	11.74	19.72	11.99	20.26	12.76
f-test		68.67		90.77		89.17		73.90		76.72		80.02		66.48	

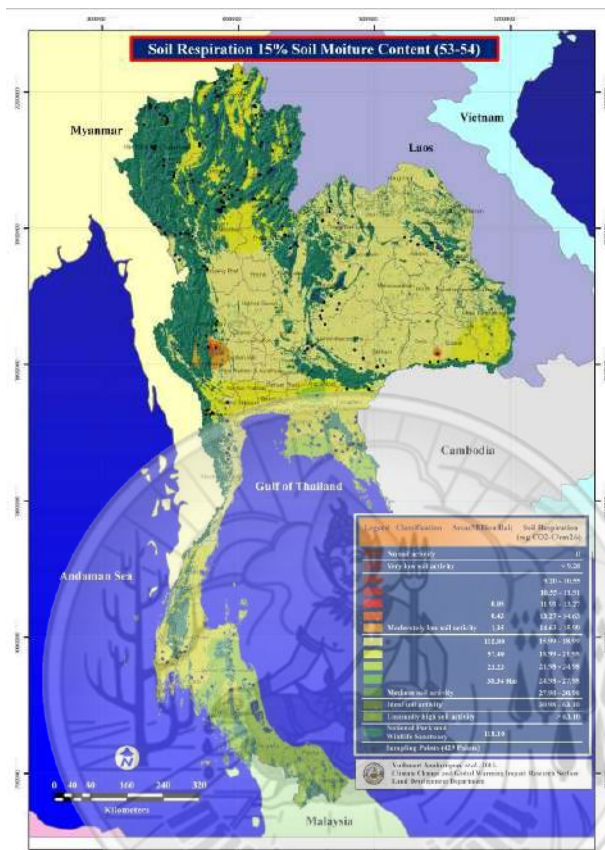
หมายเหตุ: 10% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 10%
 15% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 15%
 20% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 20%
 25% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 25%
 30% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 30%
 35% undis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Undisturbed core ที่ระดับความชื้น 35%
 35% dis คือ อัตราการหายใจของดินแบบ แบบ Disturbed core ที่ระดับความชื้น 35%

หมายเหตุ: * คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

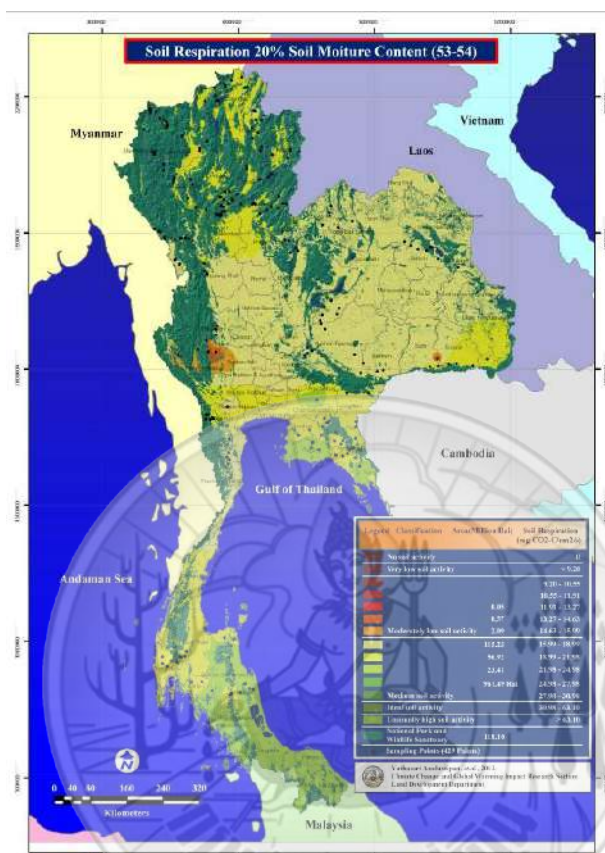
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง = 429 จุด



แผนที่ 38 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโดยโครงสร้าง ที่ความชื้น 15 %

(18) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 20% ปี 2553-2554

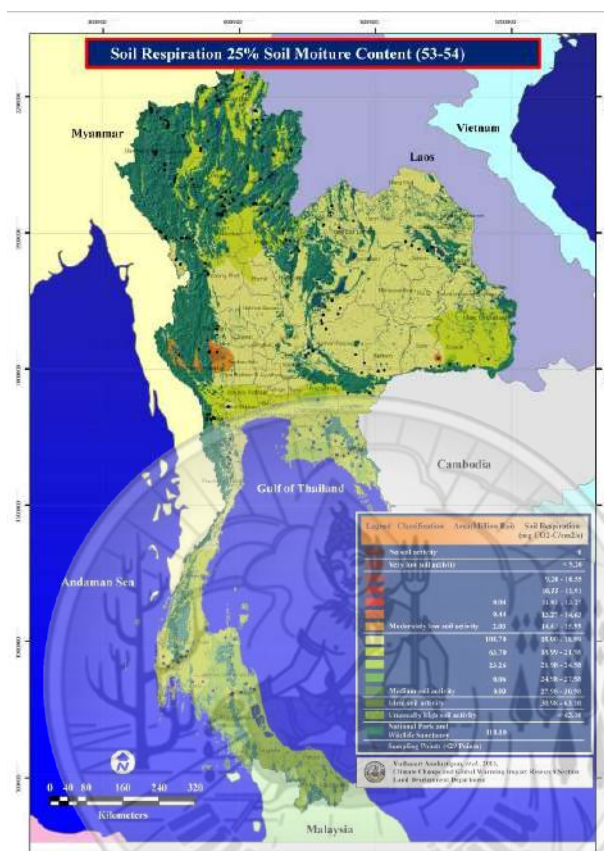
จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 20% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.82 และ 18.57 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.25 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 39 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 39 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 20 %

(19) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 25% ปี 2553-2554

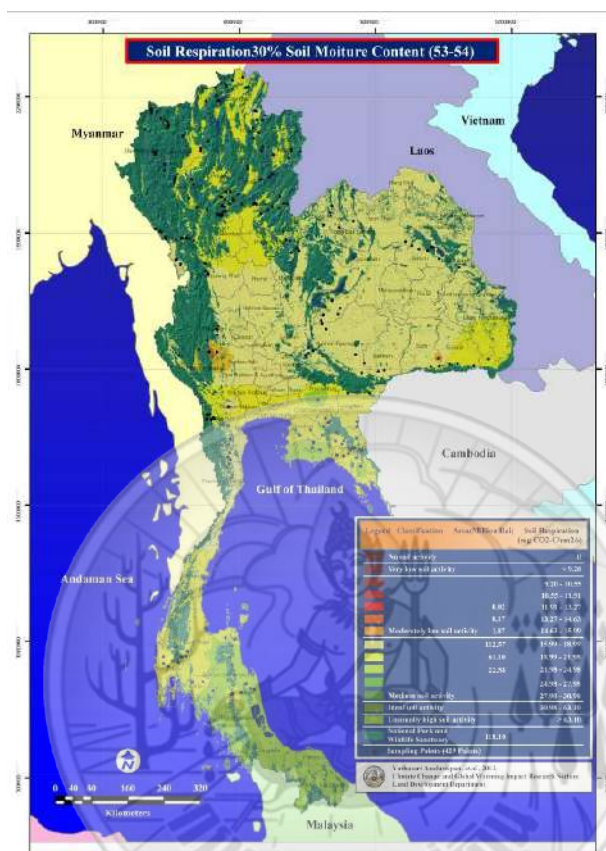
จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 25% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.78 และ 18.68 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.1 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 40 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 40 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %

(20) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 30% ปี 2553-2554

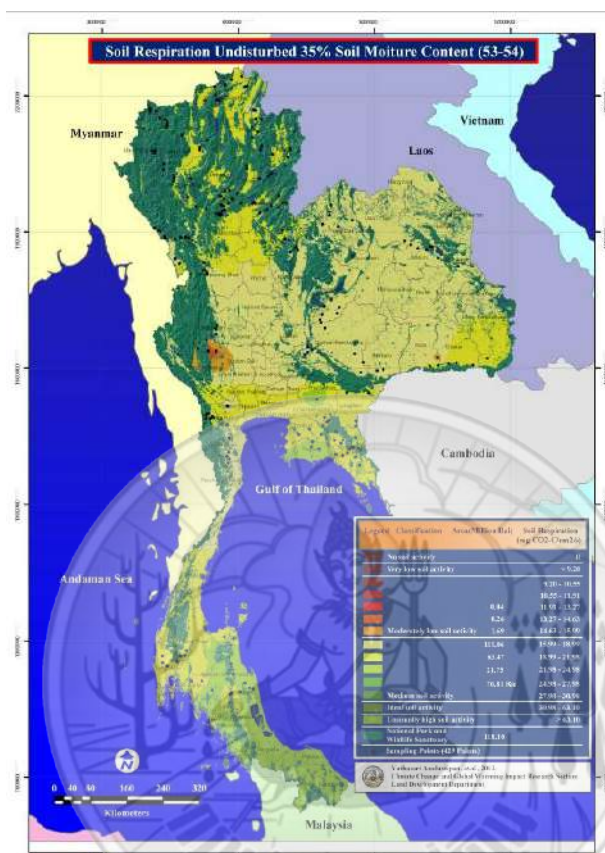
จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 30% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.76 และ 18.70 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.06 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 41 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 41 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 30 %

(21) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี 2553-2554

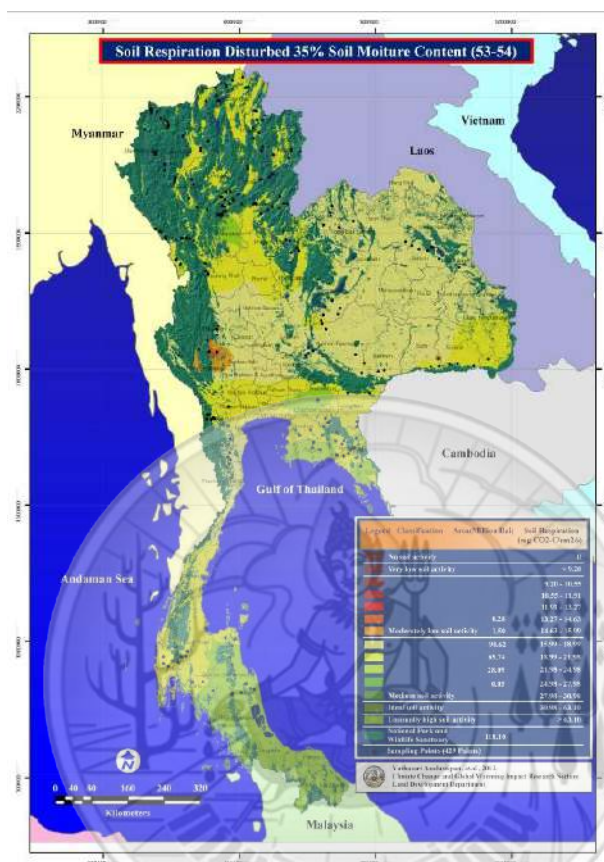
จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 20.77 และ 18.66 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.11 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 42 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 42 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(22) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 35% ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 35% ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 21.28 และ 19.23 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ตามลำดับ แสดงว่า อัตราการหายใจเฉลี่ยของจุลินทรีย์มีค่าลดลง 2.05 $\text{mg.CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ ดังแสดงในตารางที่ 16 และแผนที่ 43 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 43 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2554 ที่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35 %

(23) การเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ความชื้น 25% ปี 2553-2555

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ทั่วประเทศไทย ที่ระดับความชื้นของดิน 25% ระหว่างปี 2553 ถึง 2555 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 12.47 – 39.29 mg.CO₂-C/cm²/s โดยปี 2555 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และปี 2554 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 28.59 และ 18.68 mg.CO₂-C/cm²/s ตามลำดับ หากทำการเรียงค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยจะได้ดังนี้ 18.68, 20.78, และ 28.59 mg.CO₂-C/cm²/s ซึ่งเรียงตามปี ได้ดังนี้ 2554, 2553, และ 2555 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 17 และแผนที่ 44 และจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ระหว่างปี 2553-2555

พารามิเตอร์	ค่าอัตราการหายใจของดิน (หน่วย $\text{CO}_2\text{-C}/\text{cm}^2/\text{sec}$) ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 25%**	
ปี	Mean	%cv
2553	20.78 b	6.21
2554	18.68 a	18.25
2555	28.59 c	15.36
ค่าเฉลี่ย	22.68	13.27
f-test	545.17	

หมายเหตุ: อัตราการหายใจของดิน เป็นแบบ Undisturbed core

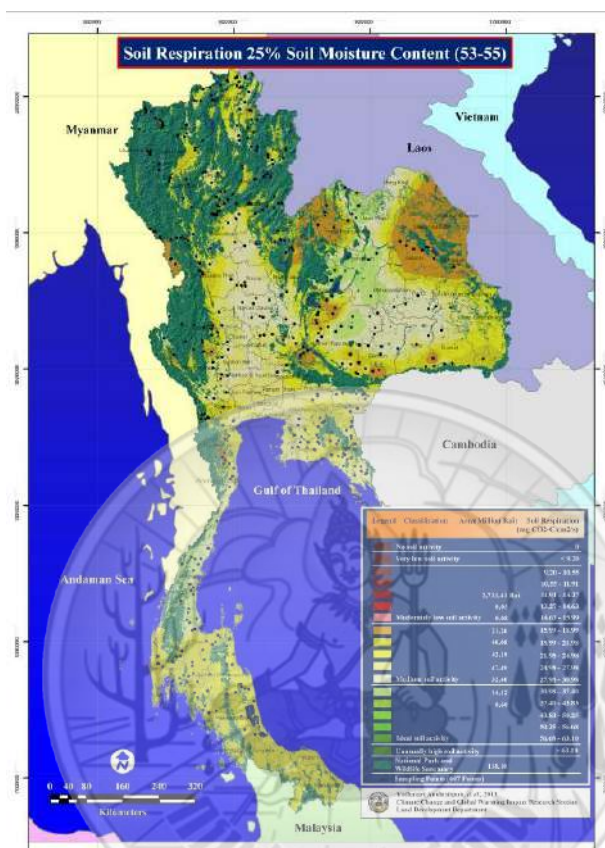
หมายเหตุ: * คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

n จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง = 647 จุด





แผนที่ 44 อัตราการหายใจของดินปี 2553-2555 ที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 25 %

4.2.2 การชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion)

(1) ปัจจัยและกระบวนการในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

ในการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยแบบจำลอง MMF สามารถได้ผลการศึกษาเบื้องต้นคือ ผลจากการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแตกกระจายของเม็ดดิน และกระบวนการพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า เพื่อใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน โดยผลจากการเตรียมข้อมูลให้เป็นชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขของการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1.1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

- ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีนั้น เป็นค่าที่ได้มาจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จากการเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี ในปี พ.ศ.25 54-2555 โดยการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแบบ Inverse Distance พบว่าปริมาณน้ำฝนรายปีของประเทศไทยในปี พ.ศ.2554-2555 อยู่ในช่วง 684.81-5,496.27 มิลลิเมตร และ 800.31-5,559.35 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 45-46 ตามลำดับ

- จำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day)

ข้อมูลจำนวนวันฝนตกของประเทศไทย ซึ่งได้จากกระบวนการเตรียมข้อมูลนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 87-214 วัน ในปี พ.ศ. 2554 และ 95-225 วัน ในปี 2555 และจากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีจำนวนวันฝนตกสูงนั้น มีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณพื้นที่ภาคภาคใต้ ภาคตะวันออกบางพื้นที่ และภาคตะวันตกบางพื้นที่ สำหรับผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 47-48 ตามลำดับ

- ความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity)

จากการเตรียมข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง ที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมงของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2554-2555 มีค่าอยู่ในช่วง 16.66-120.92 มิลลิเมตร และ 19.81-100.78 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 49-50 ตามลำดับ

- ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (moisture content at field capacity)

ข้อมูลค่าความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม ที่เตรียมขึ้นจากการกระจายค่าข้อมูลจากจุดสำรวจตัวอย่างจำนวน 1273 จุดทั่วประเทศที่สำรวจโดยกรมพัฒนาที่ดิน ลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average นั้น จากผลการศึกษาพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก โดยพื้นที่ที่มีค่าความจุความชื้นของดินต่ำนั้น ส่วนมากจะอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับผลการศึกษาในส่วนของการเตรียมค่าความจุความชื้นของดินที่ระดับสนามสามารถแสดงดัง แผนที่ 51

- ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

การเตรียมข้อมูลความหนาแน่นรวมของดินนั้น สามารถเตรียมขึ้นจากการกระจายค่าข้อมูลจากจุดสำรวจตัวอย่างจำนวน 1273 จุดทั่วประเทศ ลงสู่ทุกพื้นที่โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average ผลการศึกษาพบว่าความหนาแน่นรวมของดินในประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-2.33 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมสูงนั้น ส่วนมากกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 52

- ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index)

ค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน สามารถเตรียมขึ้นโดยอาศัยค่าที่ได้จากการตรวจเอกสาร และนำค่าดังกล่าวมาอ้างอิงกับข้อมูลเนื้อดิน ที่เป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมพัฒนาที่ดิน เมื่อทำการเตรียมข้อมูล โดยการกระจายค่าข้อมูลซึ่งเป็นจุดลงสู่ทุกพื้นที่ โดยการ Interpolation โดยวิธี Moving Average พบว่าค่าดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน มีค่าอยู่ในช่วง 0.05-1.20 กรัมต่อจุล สำหรับผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 53

- ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor)

ข้อมูลของค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ ที่นำมาใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยแบบจำลอง MMF นั้นเป็นการใช้ค่าจากการตรวจเอกสาร ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน (2545) เป็นผู้ศึกษาและจัดทำไว้ โดยการให้ค่านี้จะอ้างอิงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ จากการเตรียมข้อมูลค่าที่นำมาใช้จะอยู่ในช่วง 0.00-0.80 ซึ่งค่าที่มากขึ้นจะส่งผลให้การชะล้างพังทลายของดินลดลง สำหรับผลการศึกษาในการจำแนกค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน แสดงดัง แผนที่ 54

- ร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor)

ในการเตรียมข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ เป็นการให้ค่าจากการตรวจเอกสาร ที่จำแนกตามประเภทของพืช และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการให้ค่านี้จะอ้างอิงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน และจากการเตรียมข้อมูลค่าที่นำมาใช้นั้นจะอยู่ในช่วง 0-35 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ที่มีค่าต่ำนั้น จะส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงขึ้น สำหรับผลการศึกษาสามารถแสดงดัง แผนที่ 55

- อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration)

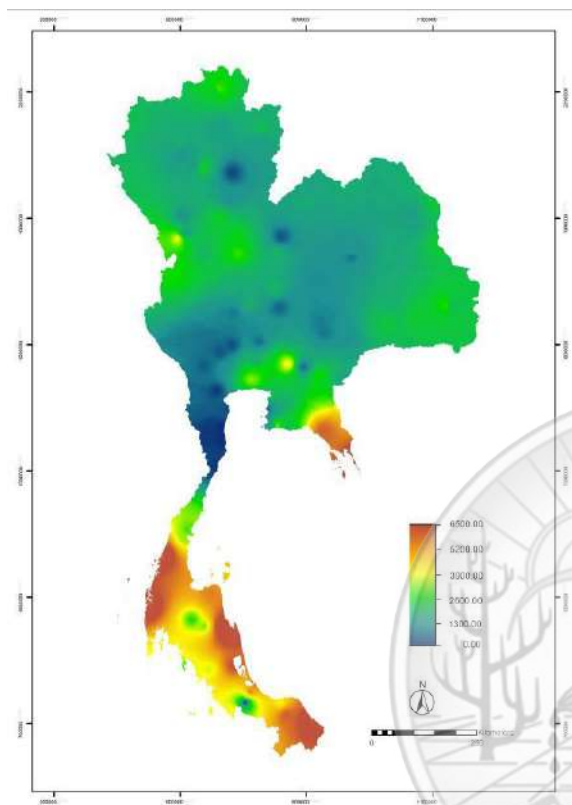
ค่าของอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุดนั้น เป็นการเตรียมข้อมูลโดยใช้ค่าจากการตรวจเอกสาร ซึ่งค่าต่างๆจะขึ้นกับชนิดของพืช และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับการให้ค่านี้จะอ้างอิงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ซึ่งค่าอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุดที่นำมาใช้นั้น จะอยู่ในช่วง 0.00-1.35 โดยค่าอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด ที่มีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้การชะล้างพังทลายของดินลดลง สำหรับผลการศึกษาแสดงได้ดัง แผนที่ 56

- ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth)

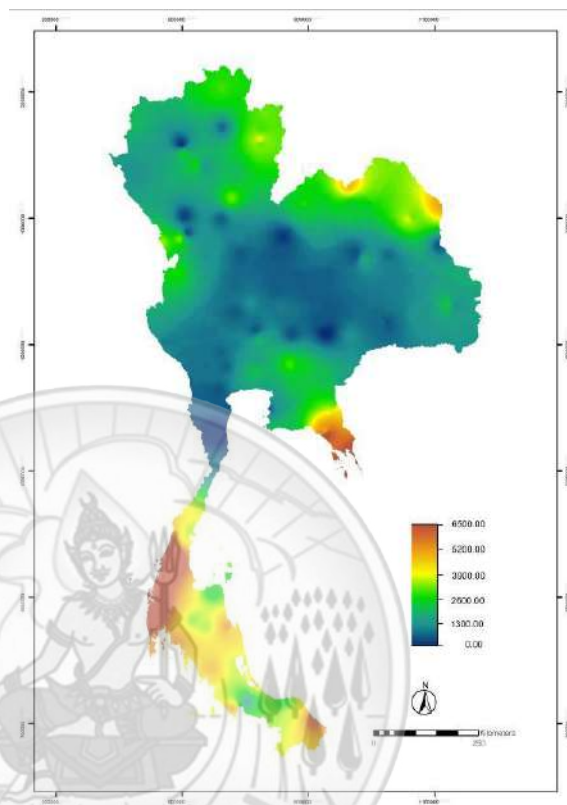
ค่าความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น เป็นการให้ค่าซึ่งอ้างอิงจากการตรวจเอกสาร สำหรับค่าความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ จะหมายถึงปริมาณน้ำในดินที่รากพืชสามารถดึงไปใช้ได้ ค่าที่ใช้จะบอกเป็นระดับความลึกของน้ำในดิน สำหรับการเตรียมข้อมูลนั้น จะอ้างอิงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ เช่นเดียวกันกับค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ โดยค่าความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ที่ใช้ในการศึกษาจะอยู่ในช่วง 0.0-0.2 เมตร สำหรับผลการศึกษาแสดงได้ดัง แผนที่ 57

- ระดับความสูงของภูมิประเทศ (Elevation)

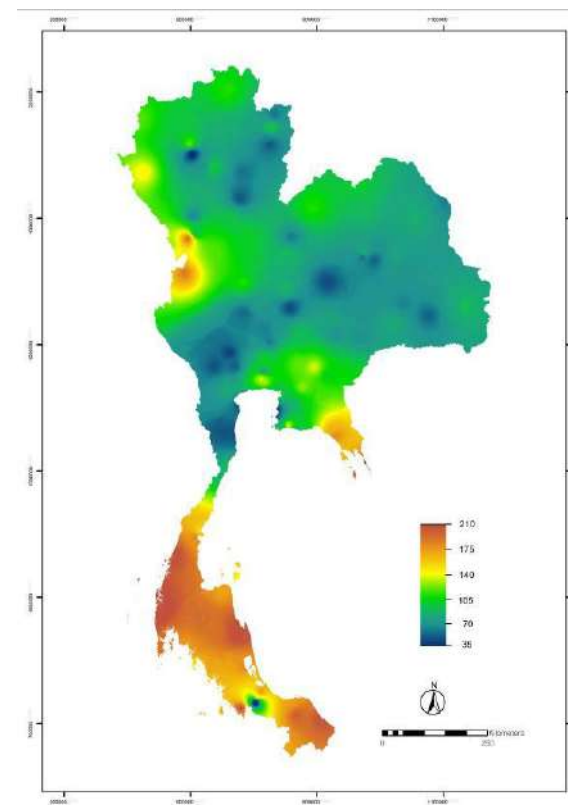
ค่าระดับความสูงของภูมิประเทศนั้น สามารถเตรียมได้จากข้อมูลเส้นชั้นความสูงเท่า โดยวิธีการกระจายค่าของข้อมูลลงสู่ทุกพื้นที่ด้วยวิธี Interpolation เพื่อสร้างข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งเป็นข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ โดยค่าที่ได้จากการทำ Digital Elevation Model ของประเทศไทยนั้นจะอยู่ในช่วง 47.9-2415.9 เมตร สำหรับผลการศึกษาแสดงได้ดัง แผนที่ 58



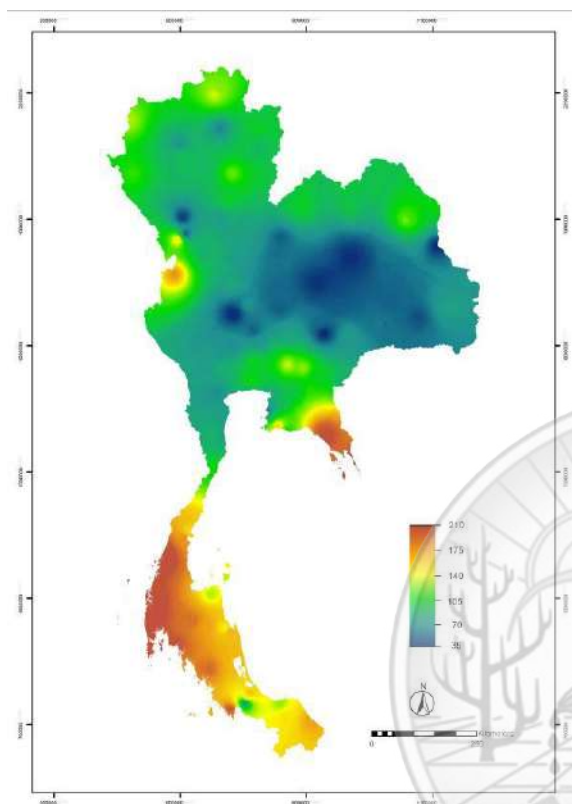
แผนที่ 45 ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในปี พ.ศ.2554



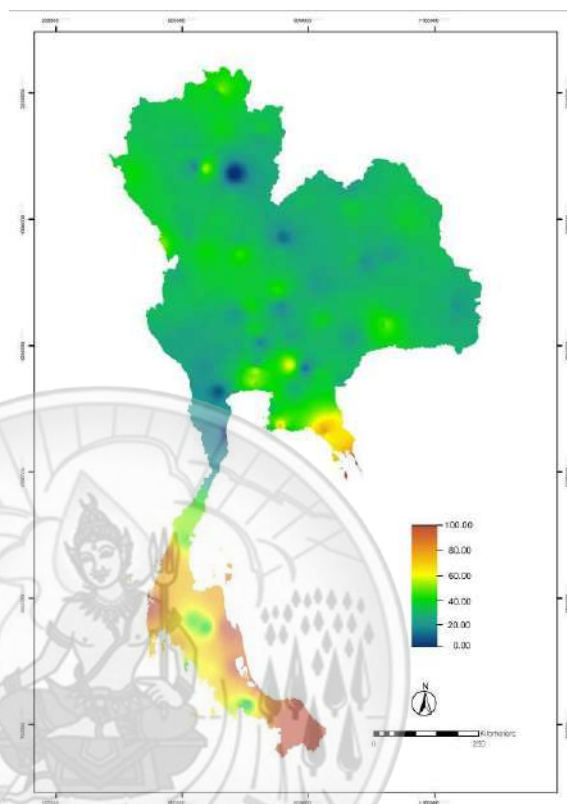
แผนที่ 46 ปริมาณน้ำฝนรายปี (annual rainfall) ในปี พ.ศ.2555



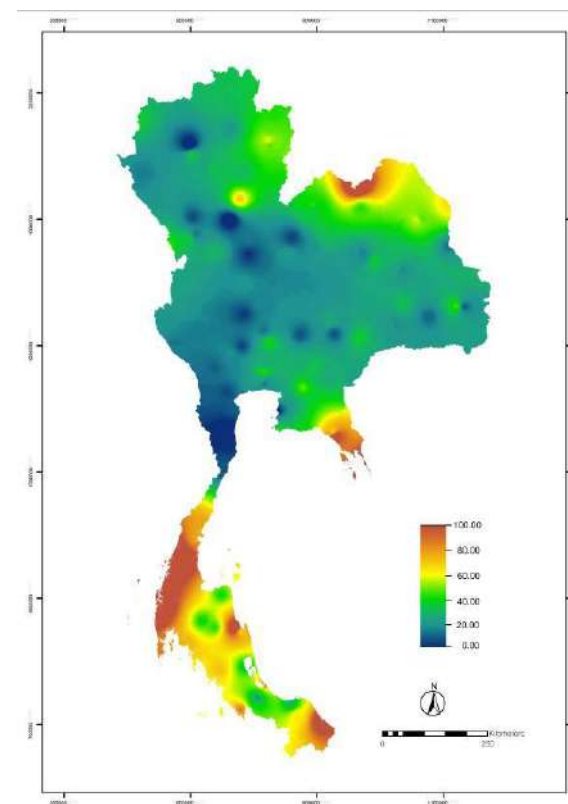
แผนที่ 47 จำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในปี พ.ศ.2554



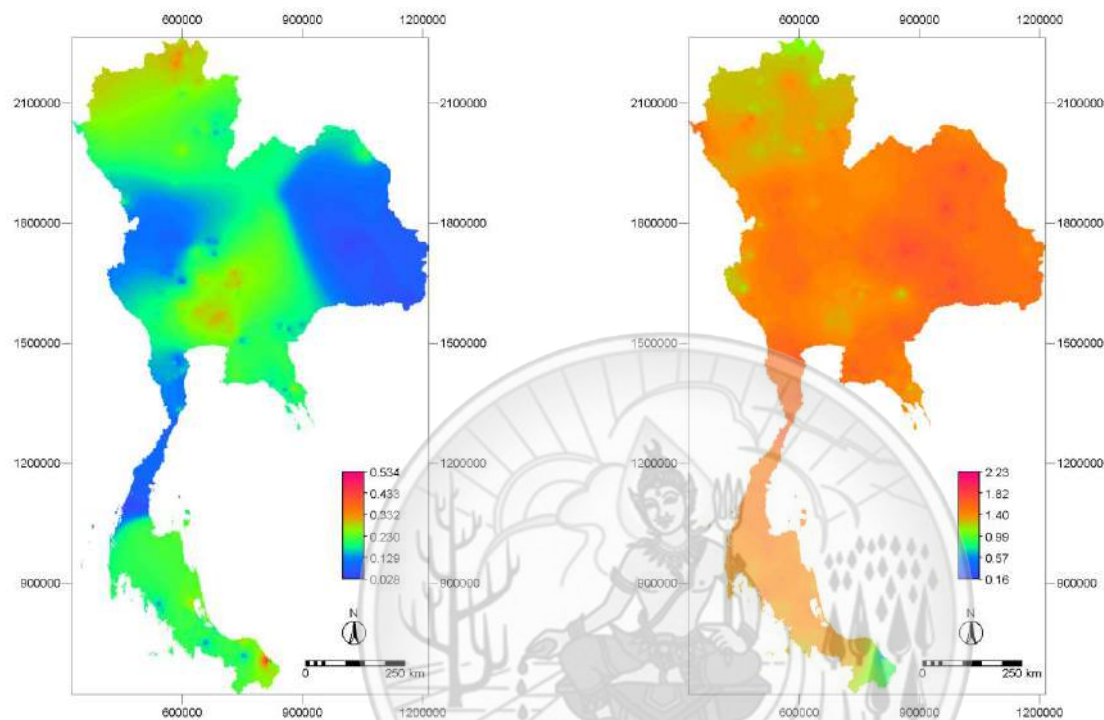
แผนที่ 48 จำนวนวันฝนตกในรอบปี (rainy day) ในปี พ.ศ.2555



แผนที่ 49 ความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในปี พ.ศ.2554

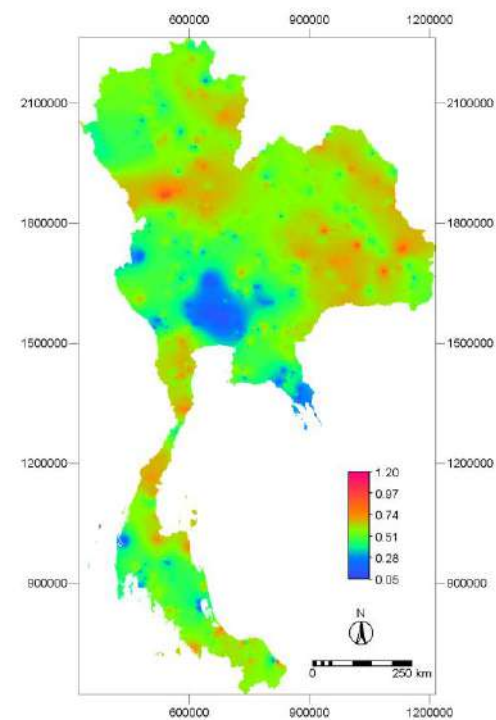


แผนที่ 50 ความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (rainfall intensity) ในปี พ.ศ.2555

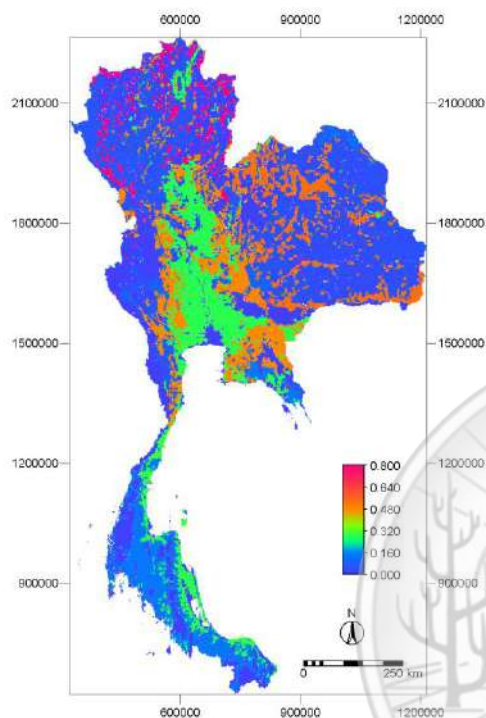


แผนที่ 51 ความจุความชื้นของดินที่ระดับภาคสนาม (moisture content at field capacity)

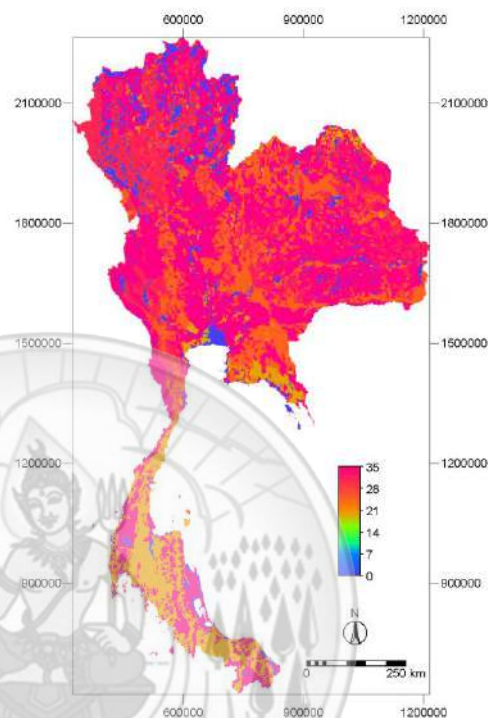
แผนที่ 52 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)



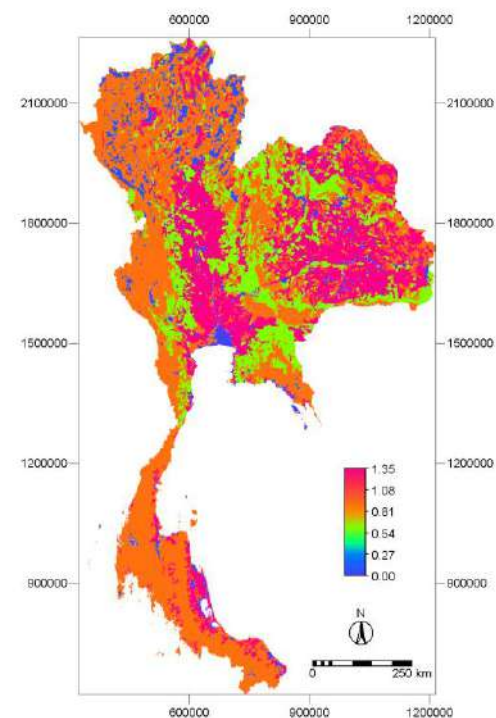
แผนที่ 53 ดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝน (soil detachability index)



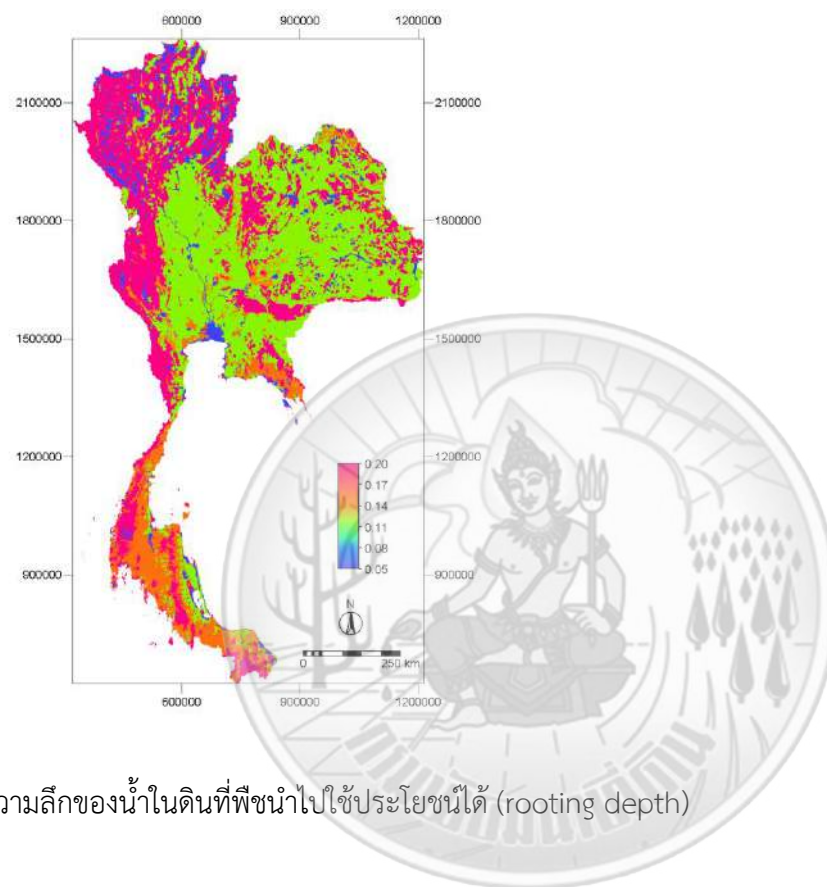
แผนที่ 54 ค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (crop cover factor)



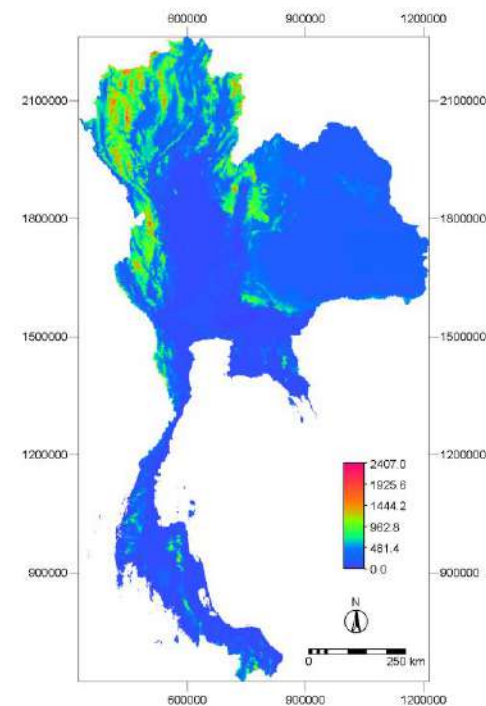
แผนที่ 55 ร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (crop interception percent factor)



แผนที่ 56 อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (ratio of actual to potential evapotranspiration)



แผนที่ 57 ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (rooting depth)



แผนที่ 58 ระดับความสูงของภูมิประเทศ (Elevation)

(1.2) กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

(1.2.1) กระบวนการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่า (soil transportation phase)

ผลการศึกษาในส่วนของการพัดพาอนุภาคดินที่แตกกระจายไปกับน้ำไหลบ่า นั้น สามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันในหนึ่งปี (mean rain per rainy day) ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation) ความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient) ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (overland flow) และการหาปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพา (soil transportation) สำหรับผลจากการศึกษามีดังนี้

- ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation)

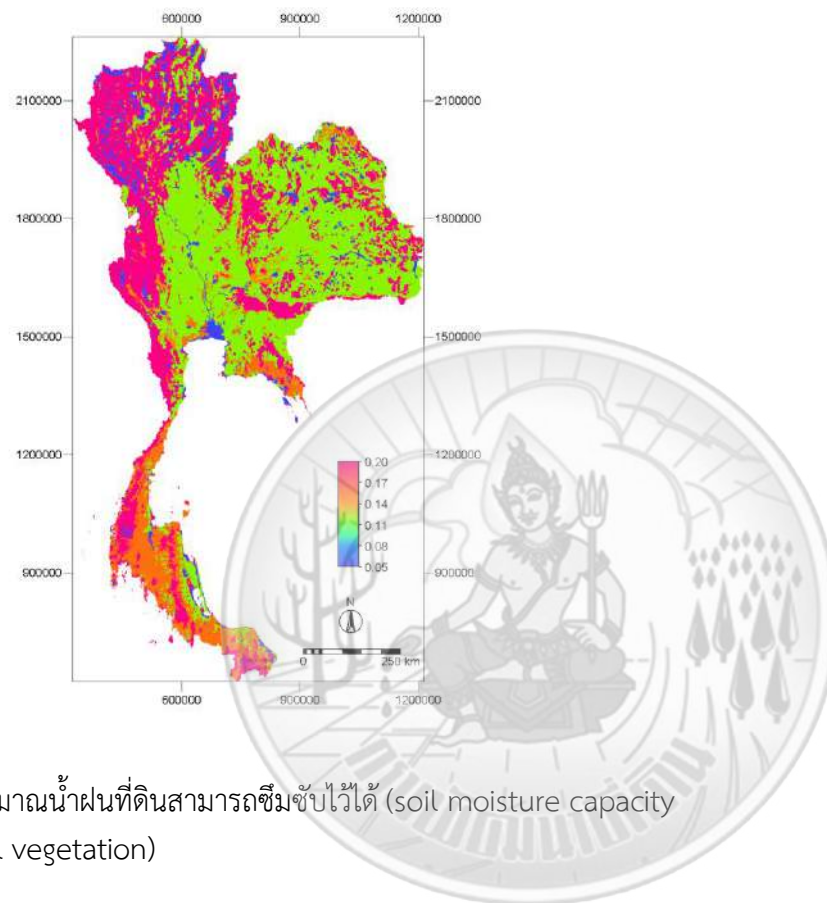
การประมวลผลเพื่อประเมินหาปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้นั้น อาศัยข้อมูลที่เตรียมขึ้นคือ ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม ความหนาแน่นรวมของดิน ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ และอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือ ผลการศึกษาที่ได้พบว่า ค่าของปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0-135 มิลลิเมตร โดยผลการศึกษาแสดงได้ดัง แผนที่ 59

- ความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient)

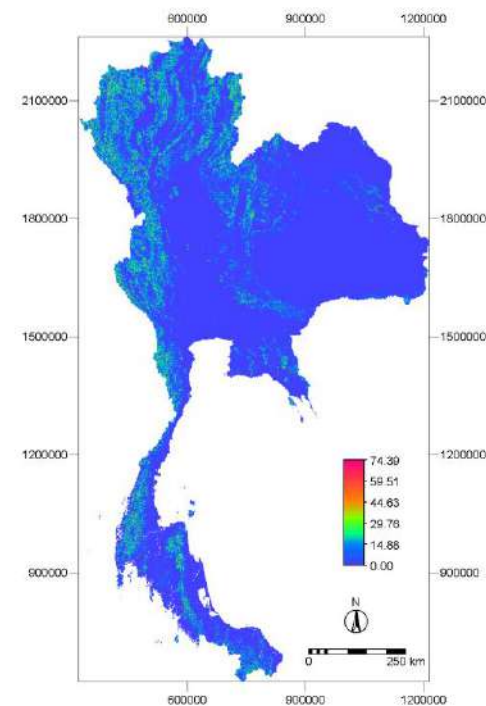
ในการพิจารณากระบวนการพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินด้วยแบบจำลอง MMF นั้น ความลาดชันของภูมิประเทศเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน สำหรับข้อมูลความลาดชันของภูมิประเทศ สามารถประเมินได้จากข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีความลาดชันของภูมิประเทศอยู่ในช่วง 0.00-74.39 องศา โดยพื้นที่ที่มีระดับความลาดชันของภูมิประเทศลาดชันมากนั้นส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณเทือกเขาทางภาคเหนือ รวมถึงเทือกเขาที่ทอดตัวลงมาจากภาคตะวันตกและภาคใต้ นอกจากนี้ยังพบในพื้นที่ที่เป็นภูเขาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกอีกด้วย สำหรับผลการศึกษาแสดงได้ดัง แผนที่ 60

- ปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพา (soil transportation)

การประเมินปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่า นั้น จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าของประเทศไทย ที่ได้จากการประเมินมีปริมาณดินของปี 2554 และ 2555 เท่ากับ 589.85 ล้านตัน และ 530.18 ล้านตัน ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวพบว่าค่าสูงสุดของปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าที่พบนั้นมีค่าสูงมาก อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวเป็นเพียงค่าในทางทฤษฎีเท่านั้น ในความเป็นจริงปริมาณดังกล่าวอาจจะไม่เกิดขึ้นจริง เนื่องจากปริมาณอนุภาคดินที่สามารถถูกพัดพาไปได้อาจจะไม่มีมากถึงค่าดังกล่าว



แผนที่ 59 ปริมาณน้ำฝนที่ดินสามารถซึมซับไว้ได้ (soil moisture capacity under actual vegetation)



แผนที่ 60 ความลาดชันของภูมิประเทศ (slope gradient)

(2) การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยโดยแบบจำลอง MMF

จากการประมวลผลข้อมูลโดยอาศัยการประเมินด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) สามารถจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินรายปีในประเทศไทยขึ้น โดยผลการศึกษาที่ได้เป็นระดับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ต่างๆของปี พ.ศ. 2554-2555 ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 5 ระดับดังที่กล่าวไปแล้วในวิธีการศึกษา นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนคือ พื้นที่ราบ และพื้นที่สูง

พื้นที่ราบ หมายถึง ที่ราบลุ่มน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่า 35% จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 1-61 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

พื้นที่สูง หมายถึง ภูเขาและที่ลาดหุบเขา ความลาดชันมากกว่า 35% จำแนกตามกลุ่มชุดดินที่ 62 ตามแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

จากการแบ่งพื้นที่วิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ทำให้ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินนั้นแบ่งออกเป็น 10 ระดับ ซึ่งระดับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ราบจะใช้อักษรภาษาอังกฤษคือตัว “L” ต่อท้ายระดับความรุนแรงที่ 1-5 และการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่สูงนั้นจะใช้อักษรภาษาอังกฤษคือตัว “H” ต่อท้ายระดับความรุนแรงที่ 1-5

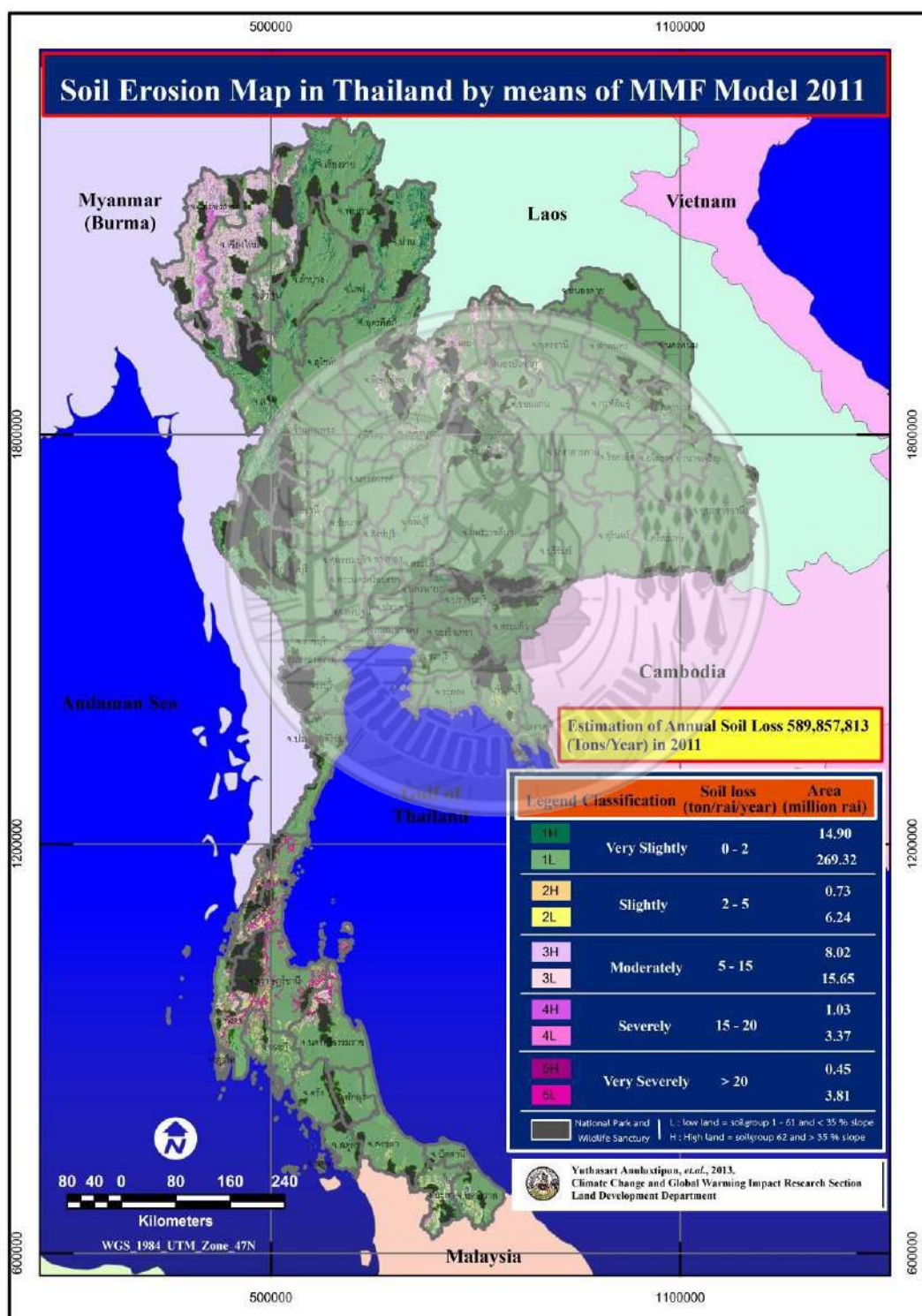
สำหรับผลการศึกษาระดับการชะล้างพังทลายของดิน โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) สามารถสรุปได้ว่า ในปี พ.ศ. 2554-2555 ประเทศไทย มีที่ได้จากการประเมินมีปริมาณเท่ากับ 589.86 ล้านตัน/ปี ในปี พ.ศ.25 54 และในปี พ.ศ.25 55 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอนุภาคดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าของประเทศไทย มีปริมาณ เท่ากับ 530.18 ล้านตัน/ปี ในปี ตามลำดับ จากการศึกษาประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งสิ้น 320,696,887 ไร่ โดยพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย มีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ช่วง 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งในปี พ.ศ.2554 มีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับน้อยมากนี้ คิดเป็นพื้นที่ 284.23 ล้านไร่ หรือเป็น 88.61 % ของพื้นที่ทั้งประเทศ และในปี พ.ศ.2555 มีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับเดียวกันนี้ คิดเป็นพื้นที่ 286.13 ล้านไร่ หรือเป็น 89.20 % ของพื้นที่ทั้งประเทศ สำหรับขนาดพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินในระดับต่างๆ ในปี 2554-2555 สามารถแสดงดัง ตารางที่ 18

ตารางที่ 18 พื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

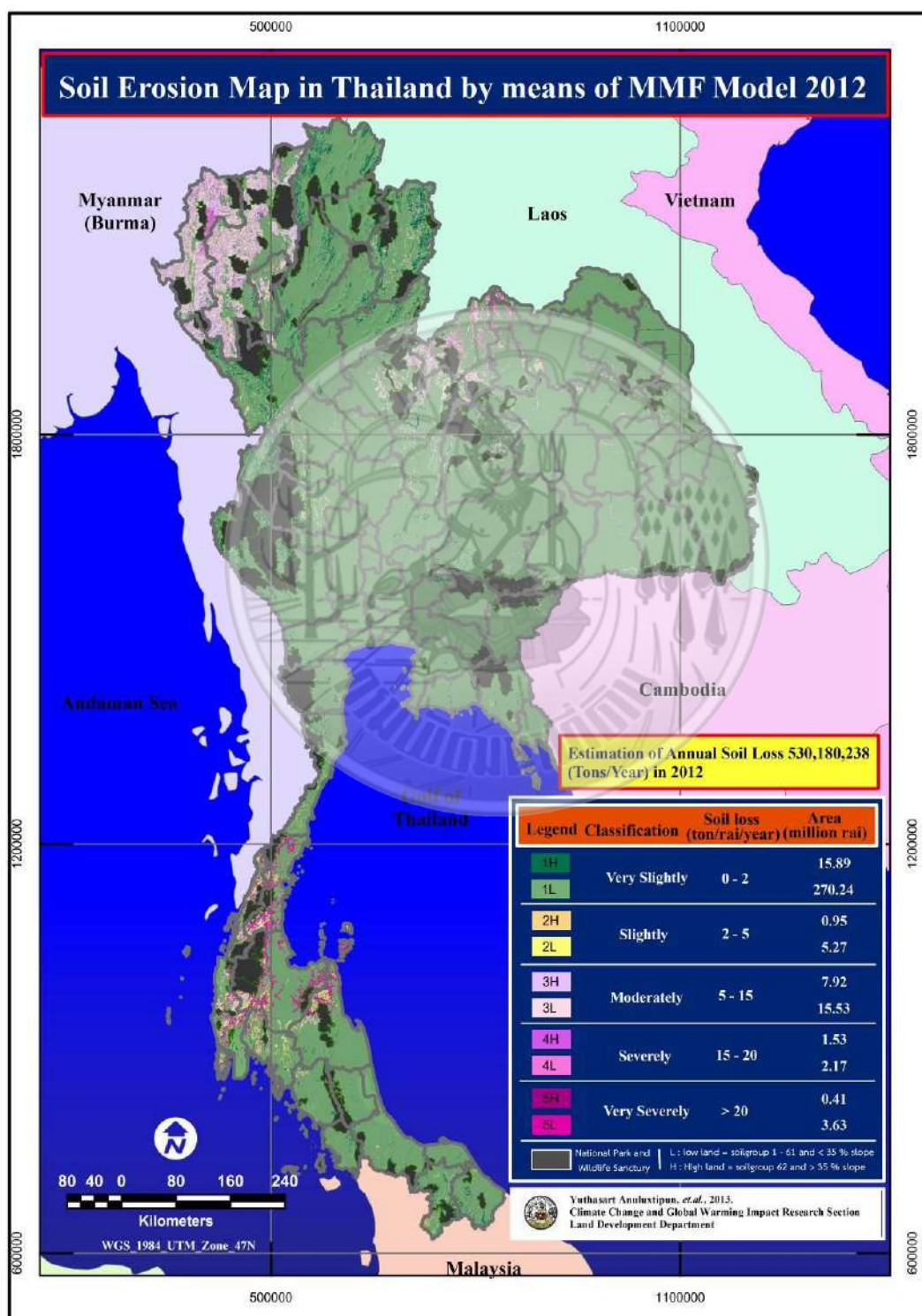
ระดับความรุนแรง		ปี พ.ศ. 2554		ปี พ.ศ. 2555	
รุนแรง		พื้นที่ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์	พื้นที่ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์
1	1L	267,523,978	83.401	268,442,661	83.687
	1H	14,907,216	4.647	15,892,334	4.954
2	2L	4,449,882	1.387	3,479,912	1.085
	2H	737,114	0.230	954,461	0.298
3	3L	15,653,128	4.880	15,537,177	4.844
	3H	8,024,187	2.502	7,921,361	2.469
4	4L	3,371,936	1.051	2,179,532	0.679
	4H	1,030,231	0.321	1,536,767	0.479
5	5L	3,818,988	1.191	3,631,471	1.132
	5H	451,477	0.141	412,798	0.129
รวม		320,768,466	100	320,768,466	100

จากตารางที่ 18 ที่ได้แสดงพื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินในระดับต่างๆ พบว่าพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยที่ระดับรุนแรงมาก หรือระดับที่ 5 (มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี) ซึ่งรวมทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่สูง มีอยู่ประมาณ 4.27 ล้านไร่ และ 4.04 ล้านไร่ ในปี 2554 และ 2555 ตามลำดับ โดยที่พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมากนี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่สูงมากกว่าในพื้นที่ราบ

สำหรับผลการศึกษาระดับการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2555 สามารถประเมินพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินได้ โดยพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินหมายถึง พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงปานกลางถึงรุนแรงมาก (ระดับ 3-5) ทั้งในพื้นที่ราบและพื้นที่สูง หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายตั้งแต่ 5 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไป โดยพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในปี พ.ศ. 2554 รวมเป็นพื้นที่ 32.35 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 10.09 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งประเทศ และปี พ.ศ.2555 เป็นพื้นที่ 31.22 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 9.73 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งประเทศ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวควรมีการวางแผนทางป้องกันการเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน โดยการวางแผนการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างในพื้นที่ เพื่อลดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย สำหรับแผนที่การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยปี 2554-2555 แสดงดัง แผนที่ 61-62



แผนที่ 61 แผนที่แสดงการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยปี 2554 โดยแบบจำลอง MMF เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses



แผนที่ 62 แผนที่แสดงการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยปี 2555 โดยแบบจำลอง MMF เป็นตัวแทนแสดง Carbon losses

จากการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในระดับความรุนแรงปานกลางถึงรุนแรงมาก (ระดับ 3-5) ทั้งในพื้นที่ราบและพื้นที่สูง หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายตั้งแต่ 5 ตันต่อไร่ต่อปีขึ้นไปราย เขต พบว่าทั้งปี 2554-5555 มีพื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายมากที่สุดคือเขต 6, 11 และ 8 โดยปี 2554 มีพื้นที่ที่ถูกชะล้างดังนี้ 16.05, 5.93 และ 5.28 ล้านไร่ ตามลำดับ ส่วนปี 2555 มีพื้นที่ที่ถูกชะล้างดังนี้ 16.04, 5.84 และ 4.99 ล้านไร่ ตามลำดับ ผลการศึกษาสามารถแสดงดังตารางที่ 19 โดยแต่ละเขตครอบคลุมพื้นที่จังหวัดต่างๆ ดังนี้

เขตที่ 1 ประกอบด้วย ปทุมธานี นครปฐม อโยธยา นครนายก สมุทรปราการ ลพบุรี สิงห์บุรี

ชัยนาท สระบุรี อ่างทอง นนทบุรี สุพรรณบุรี

เขตที่ 2 ประกอบด้วย ชลบุรี สระแก้ว ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง จันทบุรี ตราด

เขตที่ 3 ประกอบด้วย นครราชสีมา บุรีรัมย์ ชัยภูมิ สุรินทร์

เขตที่ 4 ประกอบด้วย อุบลราชธานี อำนาจเจริญ นครพนม ร้อยเอ็ด ยโสธร ศรีสะเกษ

มุกดาหาร

เขตที่ 5 ประกอบด้วย ขอนแก่น อุดรธานี หนองบัวลำภู มหาสารคาม หนองคาย กาฬสินธุ์

สกลนคร

เขตที่ 6 ประกอบด้วย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง

เขตที่ 7 ประกอบด้วย น่าน เชียงราย แพร่ พะเยา

เขตที่ 8 ประกอบด้วย พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ เลย พิจิตร

เขตที่ 9 ประกอบด้วย นครสวรรค์ อุทัยธานี ตาก สุโขทัย กำแพงเพชร

เขตที่ 10 ประกอบด้วย ราชบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม

ประจวบคีรีขันธ์

เขตที่ 11 ประกอบด้วย สุราษฎร์ธานี ระนอง พังงา ภูเก็ต นครศรีธรรมราช กระบี่ ชุมพร

เขตที่ 12 ประกอบด้วย สงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา พัทลุง นราธิวาส ตรัง

ตารางที่ 19 พื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในระดับที่เป็นปัญหา (ระดับที่ 3-5) จำแนกตามเขต

เขต	ปี พ.ศ. 2554		ปี พ.ศ. 2555	
	พื้นที่ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ	พื้นที่ (ไร่)	เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ
1	13,286	0.004	9,691	0.003
2	98,938	0.031	55,174	0.017
3	1,008,135	0.314	879,656	0.274
4	462,961	0.144	426,230	0.133
5	1,308,800	0.408	1,435,500	0.448
6	16,046,500	5.003	16,035,873	4.999
7	34,542	0.011	361,535	0.113
8	5,282,940	1.647	4,994,567	1.557
9	1,231,828	0.384	993,714	0.310
10	95,812	0.030	131,448	0.041
11	5,927,791	1.848	5,836,978	1.820
12	838,416	0.261	58,741	0.018
รวม	32,349,947	10.085	31,219,107	9.733

ตารางที่ 20 ปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายของประเทศไทยในแต่ละเขต

เขต	ปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลาย (ตัน)	
	ปี 2554	ปี 2555
1	532,491.50	410,490.60
2	2,956,173.18	1,682,055.83
3	12,998,402.20	10,105,890.63
4	6,602,359.95	5,235,258.10
5	18,396,468.99	22,030,529.02
6	215,010,176.10	193,049,810.63
7	2,152,315.45	5,810,348.18
8	72,221,287.90	64,711,298.63
9	23,699,753.17	16,777,009.82
10	2,820,057.63	3,629,406.93
11	219,727,442.15	204,334,957.12
12	12,740,885.07	2,403,183.28
รวม	589,857,813.28	530,180,238.75

หมายเหตุ: ที่ระดับความรุนแรง 1-5

จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2554 และปีพ.ศ. 2555 โดยในภาพรวมพบว่าประเทศไทยมีการชะ

ล้าหลังหลายของดินลดลง ซึ่งสาเหตุของระดับความรุนแรงที่เปลี่ยนไป จะมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินและพืชนั้นยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลการศึกษาของทั้งสองปี

ตารางที่ 21 ปริมาณดินจากการคำนวณ ของปี 2546-2555

ปี (พ.ศ.)	ปริมาณฝนสะสม (ml.)	ปริมาณดิน (ตัน/ปี) จากสมการ $y = 64x^{2.134}$
2546	1,418.79	300,606,403.00*
2547	1,315.82	290,100,612.25
2548	1,473.33	369,259,847.88
2549	1,569.44	422,567,960.25
2550	1,545.39	408,874,289.15
2551	1,636.67	462,138,566.17
2552	1,500.67	384,036,714.18
2553	1,590.48	434,753,132.70
2554	1,897.26	589,857,813.28*
2555	1,580.02	530,180,238.75*

หมายเหตุ: ปริมาณดินจาก MMF Model ของปี 2546 เท่ากับ 300,606,403.00* ตัน/ไร่, ปี 2554 เท่ากับ 589,857,813.28* ตัน/ไร่ และปี 2555 เท่ากับ 530,180,238.75* ตัน/ไร่

4.2.3 การสูญเสียคาร์บอนในดินจากการเผาไหม้เศษพืช

จากข้อมูลการตรวจหาจุดความร้อนหรือจุดไหม้ไฟ (Hotspot) บนพื้นโลกด้วยระบบ MODIS ซึ่งติดตั้งอยู่บนดาวเทียม อควา (AQUA) และ เทอรา (TERRA) ขององค์การนาซาโดยที่ดาวเทียม Terra จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงเช้า และดาวเทียม Aqua จะโคจรผ่านประเทศไทยในช่วงบ่าย ทุก 48 ชั่วโมง ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) การสูญเสียคาร์บอนจากการเผาไหม้ในพื้นที่ป่าในปี 2553-2555

จากข้อมูลการสำรวจของส่วนควบคุมไฟป่า พบว่าในปี 2553 มีพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ 83,176 ไร่ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 773,536.80 ตันคาร์บอน ในปี 2554 มีพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ 25,489.10 ไร่ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 237,048.63 ตันคาร์บอน และในปี 2555 มีพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้เฉลี่ย 47,899.20 ไร่ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย 445,462.56 ตันคาร์บอน ดังตารางที่ 22 และเมื่อพิจารณาจุดไหม้ไฟที่เกิดในพื้นที่ป่าพบว่า ปี 2553 มีจำนวนจุดไหม้ไฟ 6,784 จุด โดยอัตราส่วนของพื้นที่ป่าที่เสียหายต่อจุดคิดเป็น 12.26 ไร่/จุด ส่วนปี 2554 มีจุดไหม้ไฟ 2,492 จุด มีอัตราส่วนของพื้นที่ป่าที่เสียหายต่อจุดคิดเป็น 10.23 ไร่/จุด และปี 2555 มีจุดไหม้ไฟ 3,995 จุด มีอัตราส่วนของพื้นที่ป่าที่เสียหายต่อจุดคิดเป็น 10.23 ไร่/จุด ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 22 สถิติการเกิดไฟไหม้ป่าของปี 2535-2555

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ไฟไหม้ป่า (ไร่)	ปริมาณ C เฉลี่ย (ตัน C/ปี)	ปริมาณ CO ₂ เฉลี่ย (ตัน CO ₂ /ปี)
2535	12,130,450.00	112,813,185.00	413,648,345.00
2536	9,122,609.00	84,840,263.70	311,080,966.90
2537	4,772,800.00	44,387,040.00	162,752,480.00
2538	4,023,784.00	37,421,191.20	137,211,034.40
2539	3,064,394.00	28,498,864.20	104,495,835.40
2540	4,126,300.00	38,374,590.00	140,706,830.00
2541	7,159,075.00	66,579,397.50	244,124,457.50
2542	1,843,132.00	17,141,127.60	62,850,801.20
2543	583,273.00	5,424,438.90	19,889,609.30
2544	476,182.79	4,428,499.95	16,237,833.14
2545	871,181.11	8,101,984.32	29,707,275.85
2546	98,523.00	916,263.90	3,359,634.30
2547	201,758.00	1,876,349.40	6,879,947.80
2548	189,276.00	1,760,266.80	6,454,311.60
2549	53,885.00	501,130.50	1,837,478.50
2550	117,395.00	1,091,773.50	4,003,169.50
2551	70,810.00	658,533.00	2,414,621.00
2552	61,083.60	568,077.48	2,082,950.76
2553	83,176.00	773,536.80	2,836,301.60
2554	25,489.10	237,048.63	869,178.31
2555	47,899.20	445,462.56	1,633,362.72

หมายเหตุ: ปี 2535-41 พื้นที่ไฟไหม้ป่าสำรวจโดยการบิน

ปี 2542-45 พื้นที่ไฟไหม้ป่าสำรวจโดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

ปี 2546-53 พื้นที่ไฟไหม้ป่าสำรวจโดยการรายงานจากหน่วยงานควบคุมไฟป่า

ที่มา: ส่วนควบคุมไฟป่า, 2556

ตารางที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ของจุดไหม้ไฟในพื้นที่ป่าและการเข้าไปประเมินความเสียหายในพื้นที่จริง ปี 2553-2555

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ป่าที่เสียหาย (ไร่)	จำนวนจุดไหม้ไฟ ในพื้นที่ป่า (จุด)	อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ป่าที่เสียหาย ต่อ จำนวนจุดที่เกิดไฟป่า (ไร่/จุด)
2553	83,176.00	6,784	12.26
2554	25,489.00	2,492	10.23
2555	47,899.00	3,995	11.99
ค่าเฉลี่ย			11.49

หมายเหตุ: ดัดแปลงมาจากตารางสถิติการเกิดไฟป่าของกรมอุทยานฯ ของปี 2542-2555

จากการประเมินปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่า ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยอาศัยสมการ ของ IPCC Guidelines (2006) จะได้ว่าภาพรวมของป่าไม้ทั้งหมดมีมวลชีวภาพ 21.06 ตัน/ไร่ โดยอัตราส่วนระหว่างรากต่อดินเป็น 0.26 และเปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่สะสมในเนื้อไม้มีค่าเท่ากับ 0.48 % ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงมวลชีวภาพและเปอร์เซ็นต์การสะสมของคาร์บอนในเนื้อไม้ของป่าชนิดต่างๆ

ชนิดของป่า	มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)	อัตราส่วนระหว่างราก ต่อดิน	เปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่สะสม ในเนื้อไม้
ป่าดงดิบ หรือป่าดิบชื้น	38.12	0.26	0.48
ป่าสน	21.70	0.26	0.48
ป่าชายเลน	27.79	0.48	0.47
ป่าบุ่ง ป่าทาม	5.58	0.48	0.47
ป่าไม้เบญจพรรณผสม	31.62	0.26	0.49
ป่าไม้เบญจพรรณเขตร้อน	17.03	0.26	0.51
ป่าไผ่	5.58	0.26	0.48
ภาพรวมของป่าไม้ทั้งหมด	21.06	0.26	0.48

หมายเหตุ: ดัดแปลงจากเอกสารการประชุมทางวิชาการ เรื่องการศึกษาและจัดทำ Baseline การปล่อย/กักเก็บก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้ของประเทศไทย (การประชุมเพื่อรับฟังข้อคิดเห็น) 2556.

(2) การสูญเสียคาร์บอนจากการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรมในปี 2553-2554

จากข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่าปี 2553 มีพื้นที่ทางเกษตรกรรมที่ได้รับความเสียหายจากเหตุอัคคีภัยคิดเป็นพื้นที่ 30,996.2 ไร่ มีจุดไหม้ไฟ 34 จุด มีอัตราส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมที่เสียหายต่อจุดคิดเป็น 911.65 ไร่/จุด ส่วนปี 2554 มีพื้นที่ทางเกษตรกรรมที่ได้รับความเสียหายจากเหตุอัคคีภัยคิดเป็นพื้นที่ 1,302 ไร่ มีจุดไหม้ไฟ 13 จุด มีอัตราส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมที่เสียหายต่อจุดคิดเป็น 100.15 ไร่/จุด โดยทั้ง 2 ปี มีอัตราส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมที่เสียหายต่อจุดโดยเฉลี่ยคิดเป็น 505.90 ไร่/จุด ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ของจุดไหม้ไฟในพื้นที่เกษตรกรรมและการเข้าไปประเมินความเสียหายในพื้นที่จริง ปี 2553-2554

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ทาง การเกษตรที่เกิด อัคคีภัย (ไร่)	จำนวนจุดไหม้ไฟใน พื้นที่เกษตรกรรม (จุด)	อัตราส่วนระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมที่ เสียหาย ต่อจำนวนจุดที่เกิดอัคคีภัย (ไร่/จุด)
2553	30,996.20	34	911.65
2554	1,302.00	13	100.15
ค่าเฉลี่ย			505.90

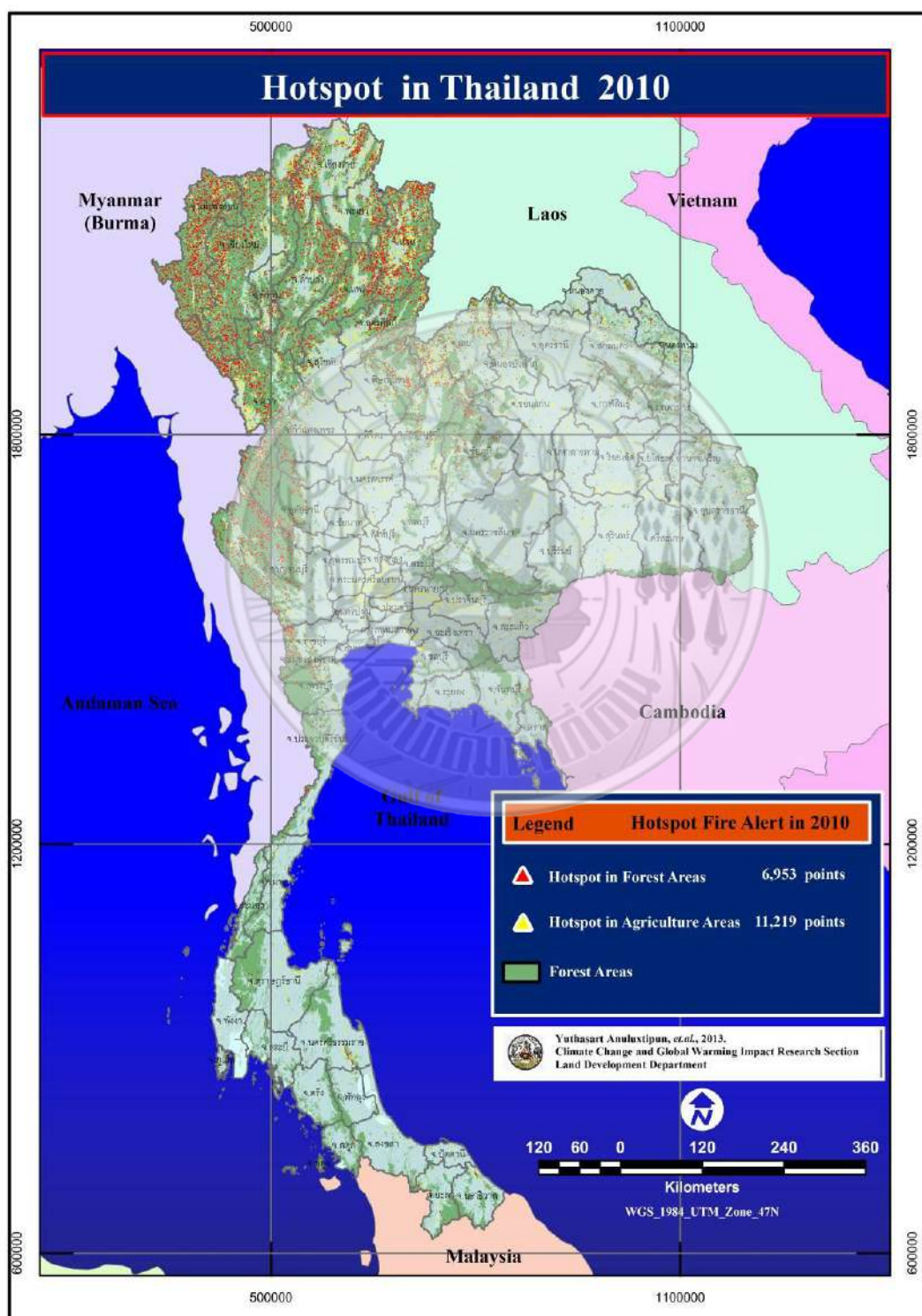
หมายเหตุ: คัดแปลงมาจากเอกสารสถานการณ์อัคคีภัย ของศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย ปี 2553 และ 2554 เนื่องจากพื้นที่จุดไหม้ไฟของกรมป้องกันฯ เป็นการคละกันในการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท จึงนำมาเพียง 20% ของพื้นที่ทั้งหมดที่เสียหาย 20% ของ 505.90 เท่ากับ 101.18 ไร่ต่อจุดไหม้ไฟ 1 จุด

จากข้อมูลจุดไหม้ไฟในพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมสามารถสรุปภาพรวมของการสูญเสียคาร์บอนจากจุดไหม้ไฟของปี 2553-2555 ได้ดังนี้ ในปี 2553 มีการสูญเสียคาร์บอนคิดเป็น 1,920,462.85 ตัน โดยมาจากพื้นที่ป่า 1,104,122.96 ตัน และพื้นที่เกษตรกรรม 816,339.88 ตัน ในปี 2554 มีการสูญเสียคาร์บอนคิดเป็น 894,073.19 ตัน โดยมาจากพื้นที่ป่า 415,701.25 ตัน และพื้นที่เกษตรกรรม 478,371.94 ตัน และในปี 2555 มีการสูญเสียคาร์บอนคิดเป็น 1,356,630.58 ตัน โดยมาจากพื้นที่ป่า 807,591.73 ตัน และพื้นที่เกษตรกรรม 549,038.85 ตัน แสดงผลดังตารางที่ 26 และแผนที่ 63-65

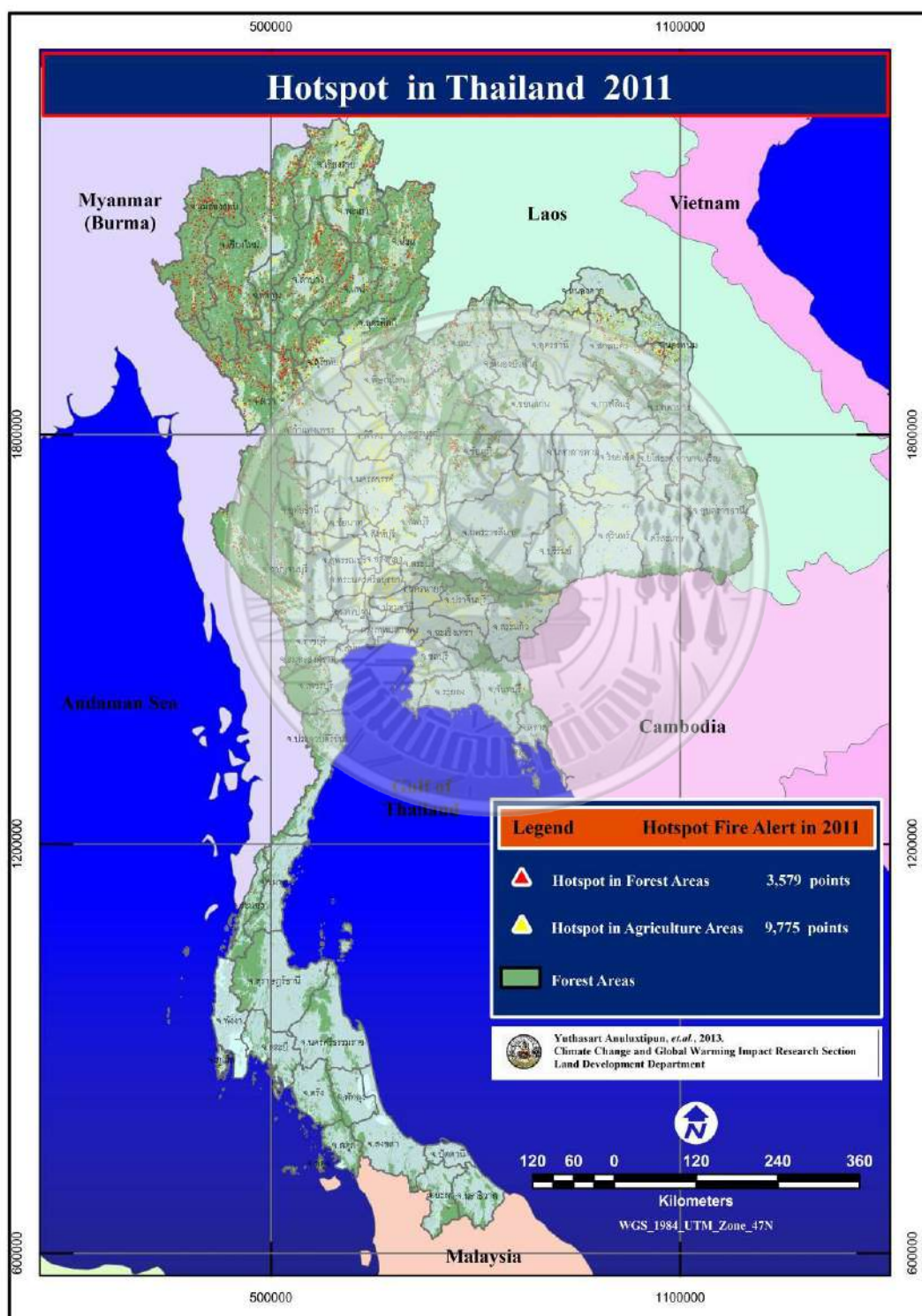
ตารางที่ 26 ภาพรวมของจุดไหม้ไฟ (จำนวน 57,713 จุด) ในพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรม ปี 2553-2555

ปี (พ.ศ.)	เขตป่า		เขตเกษตรกรรม		ปริมาณคาร์บอน ทั้งหมดที่สูญเสีย ทั้งหมดจากจุด ไหม้ของไฟ (ตัน/ปี)
	พื้นที่ที่เกิดไฟ ป่า (ไร่/ปี)	ปริมาณ คาร์บอนที่ สูญเสีย (ตัน/ปี)	พื้นที่ที่เกิด อัคคีภัย (ไร่/ปี)	ปริมาณ คาร์บอนที่ สูญเสีย (ตัน/ปี)	
2553	79,889.97	807,591.73	1,135,138.42	549,038.85	1,356,630.58
2554	41,122.71	415,701.25	989,034.50	478,371.94	894,073.19
2555	109,223.94	1,104,122.96	1,687,783.58	816,339.88	1,920,462.85

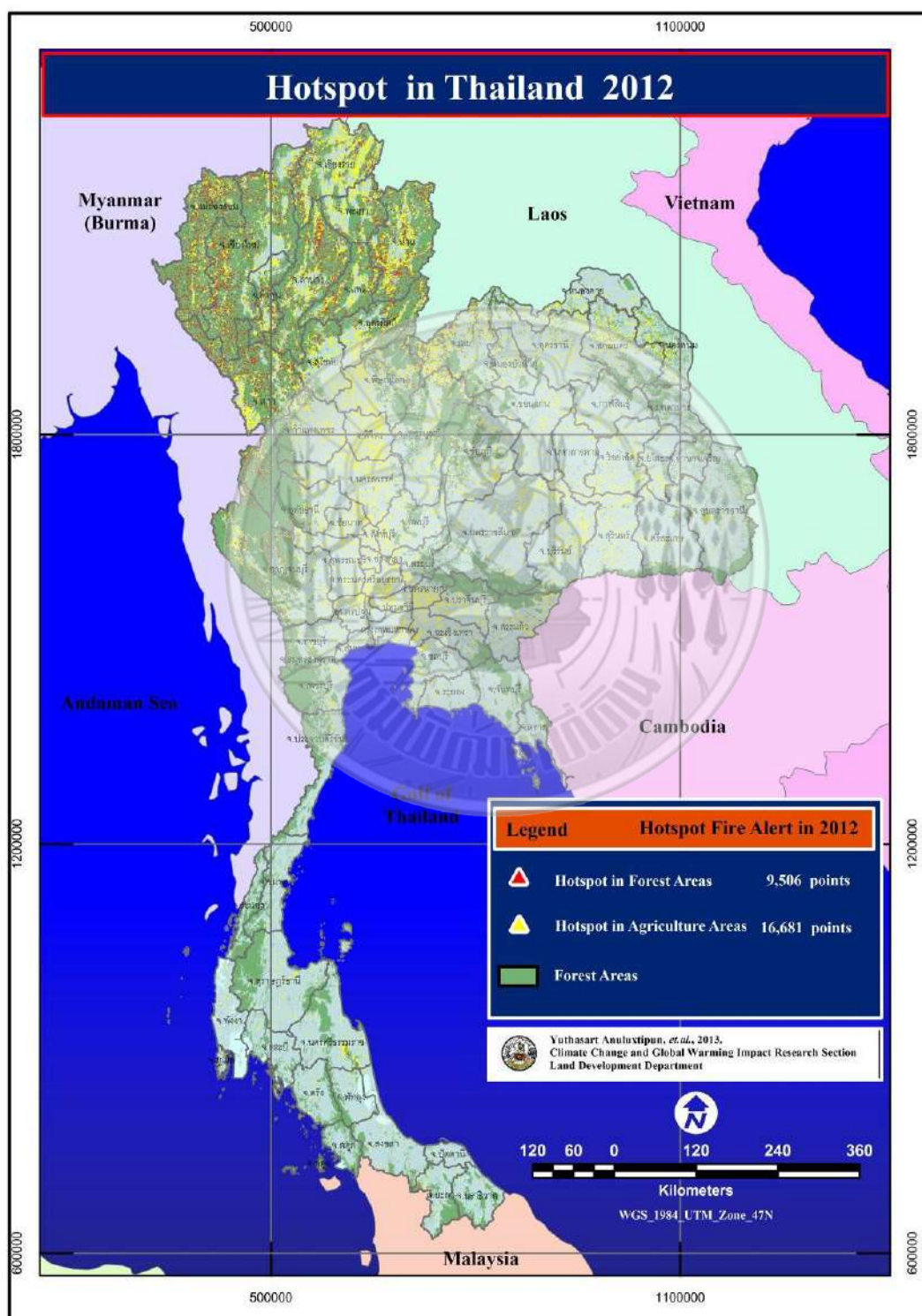
หมายเหตุ: ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม AQUAR และ TERA ในระบบ MODIS ของปี 2553-2555



แผนที่ 63 จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2553 (Hotspot in Thailand 2010) เป็น
ตัวแทนแสดง Carbon losses



แผนที่ 64 จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2554 (Hotspot in Thailand 2011) เป็น
ตัวแทนแสดง Carbon losses



แผนที่ 65 จุดที่เกิดไฟของประเทศไทย ปี 2555 (Hotspot in Thailand 2012) เป็น
ตัวแทนแสดง Carbon losses

4.3 การสะสมคาร์บอนในดิน (Carbon Storage or Carbon Sequestration)

จากการศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของปี 2553 และ 2554 ของทั้งประเทศ จำนวน 483 จุด พบว่า ดินสามารถกักเก็บคาร์บอนโดยเฉลี่ยแต่ละปีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.178-17.260 %C ดังแสดงในแผนที่ 3 โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ของปี 2553 และ 2554 มีดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (C) ในดิน ปี 2553

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินของปี 2553 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.21 – 13.41 %C โดยพบว่าการสะสมของปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.18 และ 2.13 %C ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %C จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 1.18, 1.67, 1.68, 1.81, 2.10, และ 2.13 %C ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %C ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดกาฬสินธุ์ มีค่า 0.21 %C และมีความมากที่สุดที่ จังหวัดจันทบุรี มีค่า 13.41 %C ดังแสดงในแผนที่ 66 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดิน ปี 2553

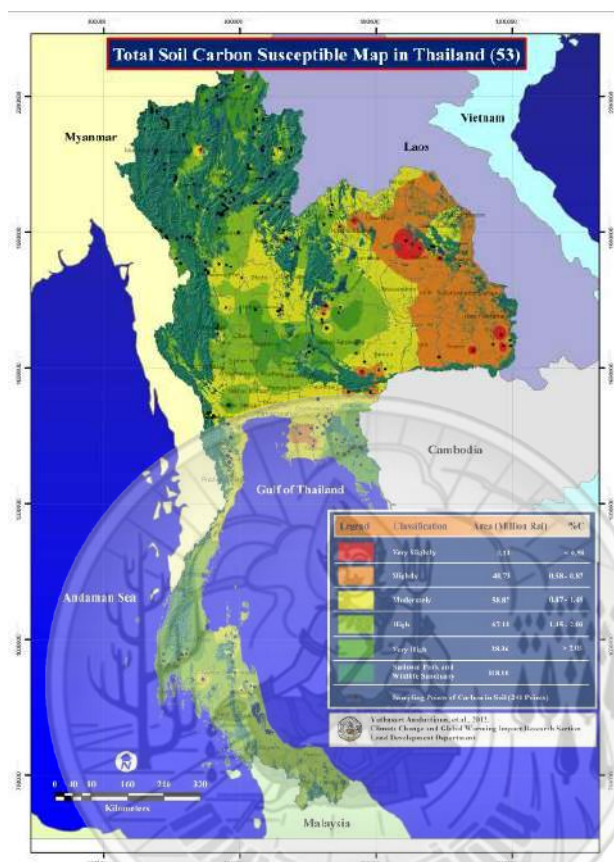
พารามิเตอร์ ภาค	Carbon**		Hydrogen**		Oxygen**		Nitrogen**		Sulfur**		C/N Ratio ^{ns}	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
เหนือ	2.10 b	58.57	0.55 ab	58.18	73.65 a	2.17	0.21 c	42.86	0.01 ab	100.00	9.94 a	30.18
ใต้	1.81 ab	59.67	0.52 ab	75.00	73.96 ab	1.96	0.21 c	42.86	0.03 bc	100.00	8.40 a	18.33
กลาง	1.68 ab	46.43	0.46 a	67.39	74.19 ab	1.44	0.17 bc	64.71	0.02 abc	100.00	11.45 a	43.49
ตะวันตก	1.67 ab	49.10	0.35 a	91.43	74.34 ab	1.53	0.14 ab	57.14	0.03 c	133.33	13.98 a	72.75
ตะวันออก	2.13 b	105.16	0.71 b	74.65	73.47 a	3.84	0.20 bc	70.00	0.02 abc	100.00	10.03 a	15.35
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1.18 a	93.22	0.31 a	106.45	74.92 b	1.80	0.11 a	54.55	0.01 a	100.00	18.32 a	193.07
ค่าเฉลี่ย	1.76	68.69	0.48	78.85	74.09	2.12	0.17	55.35	0.02	105.56	12.02	62.20
f-test	3.17		5.59		4.03		8.03		4.64		2.24	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

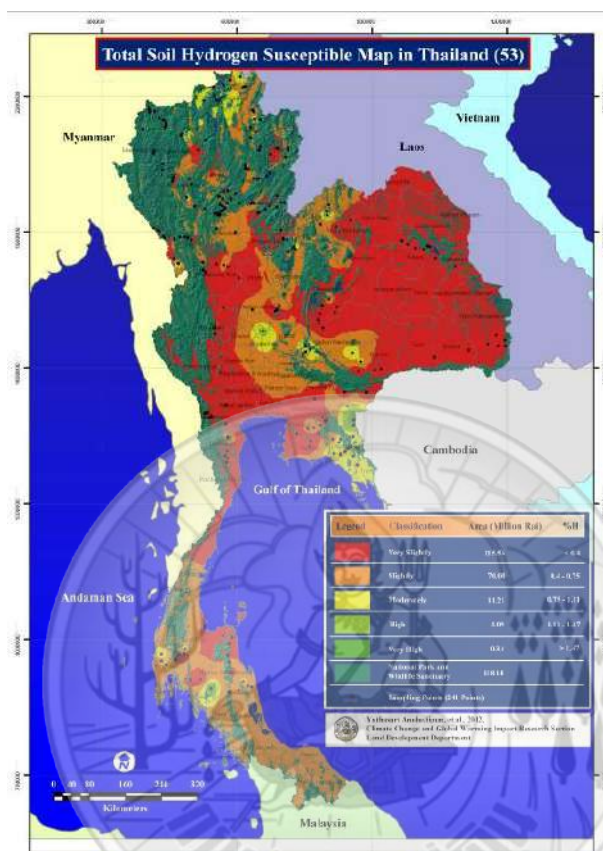
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างดินของปี 2553 = 241 จุด



แผนที่ 66 ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2553

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจน (H) ในดิน ปี 2553

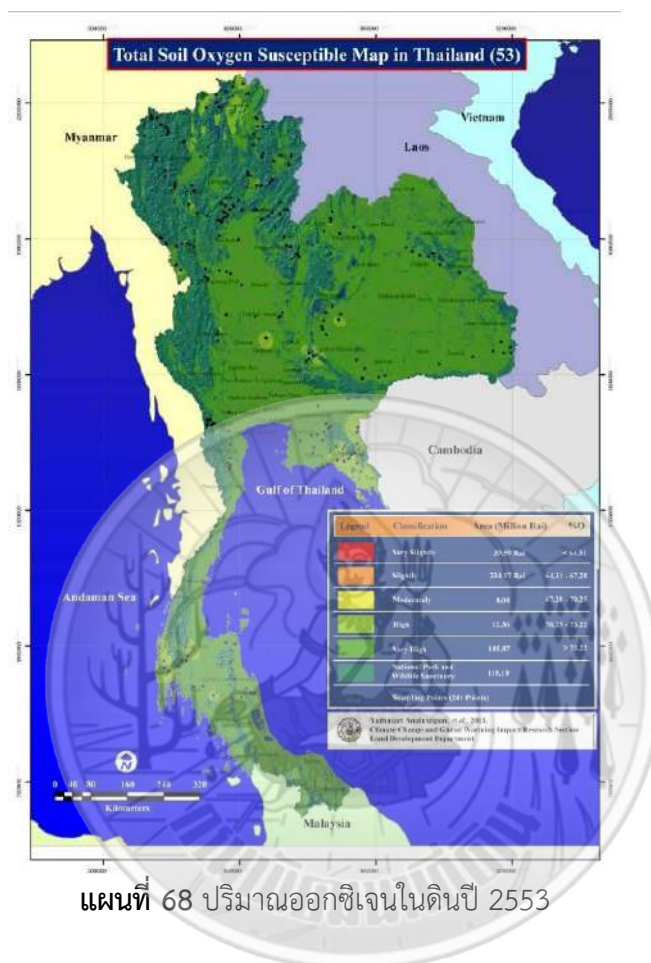
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนในดินของปี 2553 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 – 2.29 %H โดยพบว่าการสะสมของปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.31 และ 0.71 %H ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %H จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.31, 0.35, 0.46, 0.52, 0.55, และ 0.71 %H ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %H ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 0.01 %H และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดจันทบุรี มีค่า 2.29 %H ดังแสดงในแผนที่ 67 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 67 ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2553

4.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน (O) ในดิน ปี 2553

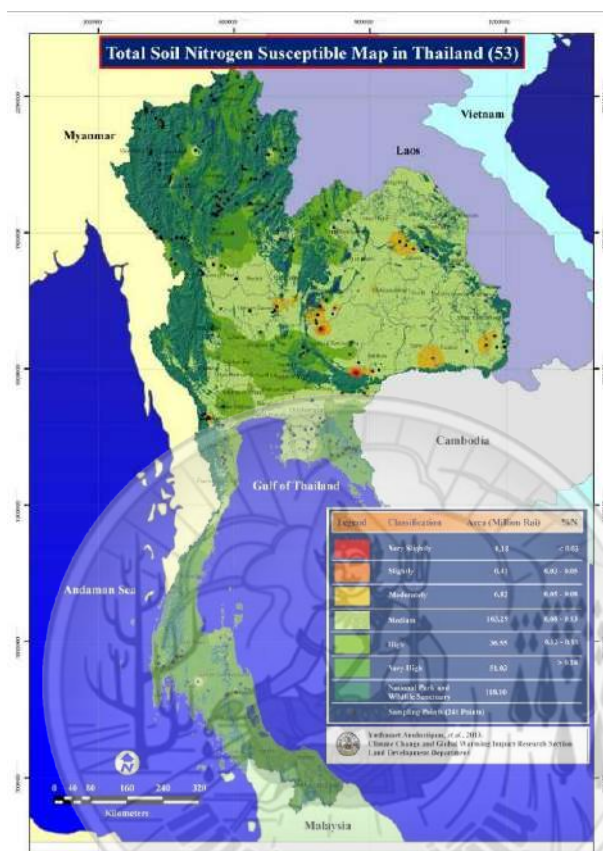
จากการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนในดินของปี 2553 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 59.95 – 76.24 %O โดยพบว่าการสะสมของปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออก และสูงสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 73.47 และ 74.92 %O ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %O จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 73.47, 73.65, 73.96, 74.19, 74.34, และ 74.92 %O ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %O ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดจันทบุรี มีค่า 59.95 %O และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดชัยภูมิ มีค่า 76.24 %O ดังแสดงในแผนที่ 68 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 68 ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2553

4.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) ในดิน ปี 2553

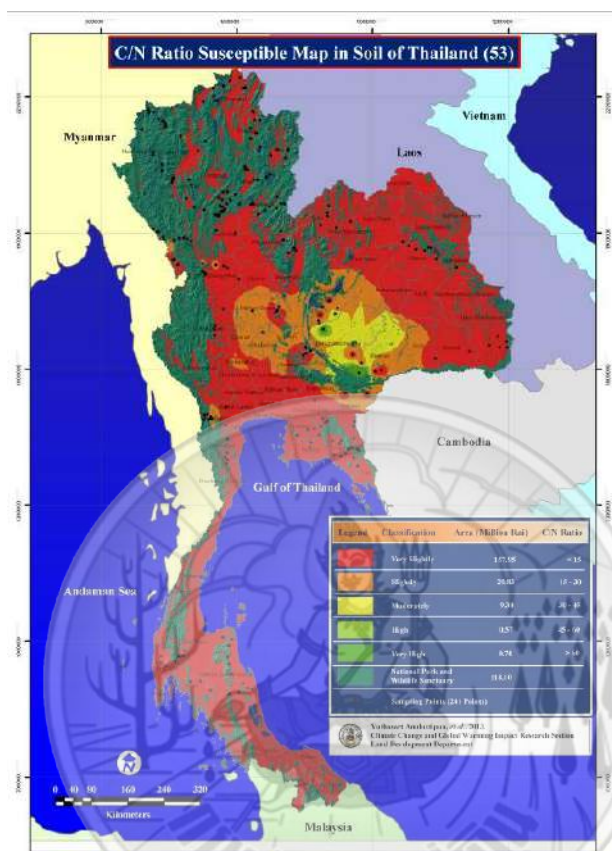
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินของปี 2553 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.002 – 0.79 %N โดยพบว่าการสะสมของปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.11 และ 0.21 %N ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %N จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.11, 0.14, 0.17, 0.20, 0.21, และ 0.21 %N ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %N ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดนครราชสีมา มีค่า 0.002 %N และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดจันทบุรี มีค่า 0.79 %N ดังแสดงในแผนที่ 69 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 69 ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2553

4.3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในดิน ปี 2553

จากการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ในดินของปี 2553 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 0.15 %S โดยพบว่าการสะสมของปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคตะวันตก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.01 และ 0.03 %S ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %S จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.01, 0.01, 0.02, 0.02, 0.03, และ 0.03 %S ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันตก ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %S ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่า 0.00 %S และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดราชบุรี มีค่า 0.15 %S ดังแสดงในแผนที่ 70 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 71 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2553

4.3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (C) ในดิน ปี 2554

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 – 17.26 %C โดยพบว่าการสะสมของปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.96 และ 2.60 %C ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %C จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.96, 1.60, 1.64, 1.88, 2.39, และ 2.60 %C ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันตก ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %C ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดสุพรรณบุรี มีค่า 0.25 %C และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดมุกดาหาร มีค่า 17.26 %C ดังแสดงในแผนที่ 72 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดิน ปี 2554

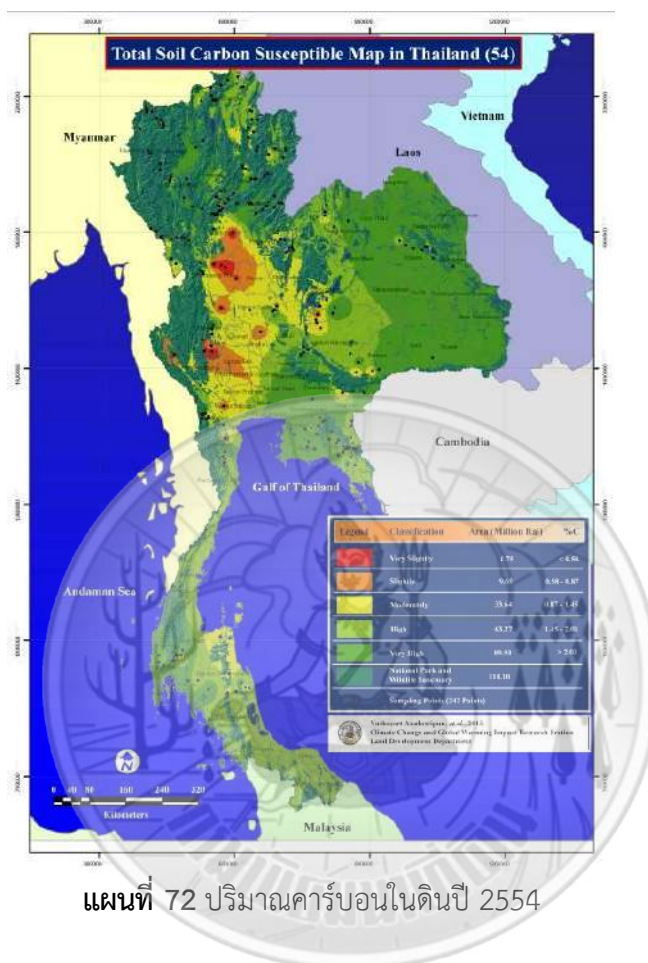
พารามิเตอร์ ภาค	Carbon**		Hydrogen**		Oxygen**		Nitrogen**		Sulfer**		C/N Ratio ^{ns}	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
เหนือ	2.39 b	59.00	0.63 b	57.14	73.30 a	2.41	0.19 bc	42.11	0.02 ab	50	15.98 a	134.98
ใต้	1.88 ab	54.79	0.63 b	84.13	73.90 ab	2.06	0.09 a	77.78	0.01 a	100	26.79 a	83.87
กลาง	1.60 ab	59.38	0.54 ab	72.22	74.23 ab	1.67	0.13 ab	46.15	0.02 ab	100	13.19 a	58.83
ตะวันตก	1.64 ab	72.56	0.39 ab	92.31	74.34 ab	2.02	0.13 ab	61.54	0.02 ab	100	20.49 a	128.70
ตะวันออก	2.60 b	108.85	0.63 b	77.78	73.07 a	4.63	0.20 c	80.00	0.02 b	50	21.66 a	249.40
ตะวันออกเฉียงเหนือ	0.96 a	68.75	0.34 a	105.88	75.11 b	1.40	0.10 a	60.00	0.01 a	100	9.98 a	30.06
ค่าเฉลี่ย	1.85	70.56	0.53	81.58	73.83	2.37	0.14	61.26	0.02	83.33	18.02	114.31
f-test	5.91		3.76		6.02		8.82		3.48		1.50	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

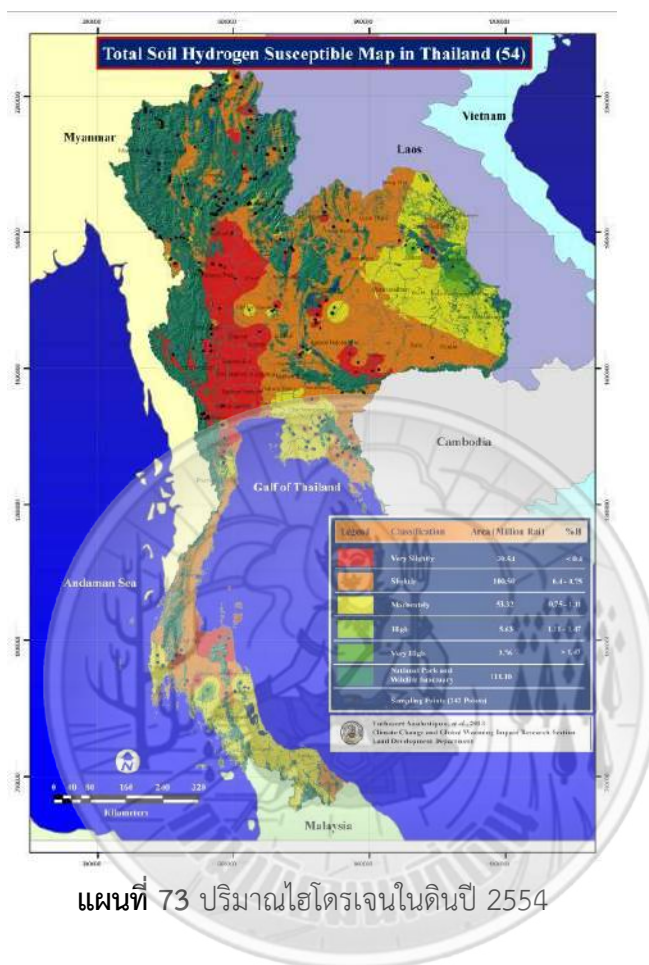
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างดินของปี 2554 = 242 จุด



แผนที่ 72 ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2554

4.3.8 การวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจน (H) ในดิน ปี 2554

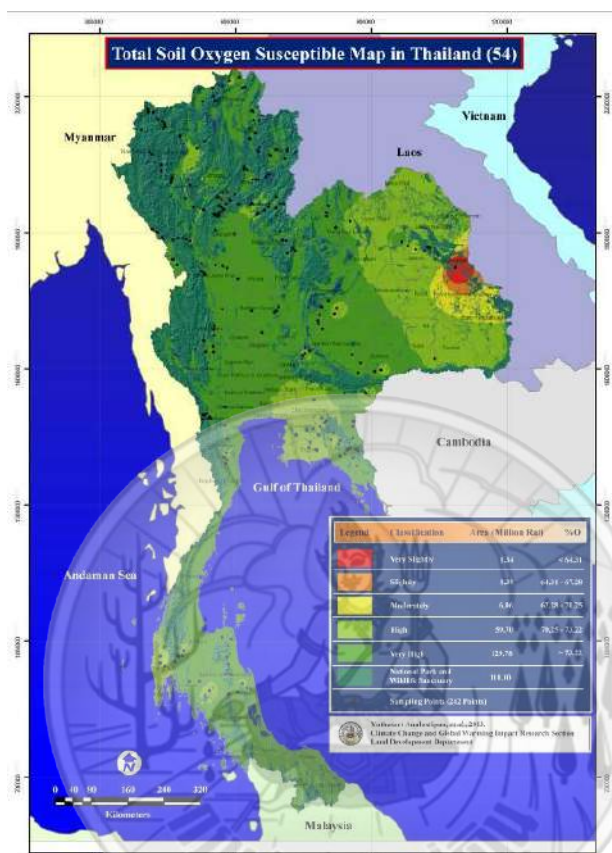
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 – 2.26 %H โดยพบว่าการสะสมของปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.34 และ 0.63 %H ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %H จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.34, 0.39, 0.54, 0.63, 0.63, และ 0.63 %H ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %H ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดอุทัยธานี มีค่า 0.02 %H และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดกระบี่ มีค่า 2.26 %H ดังแสดงในแผนที่ 73 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 73 ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2554

4.3.9 การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน (O) ในดิน ปี 2554

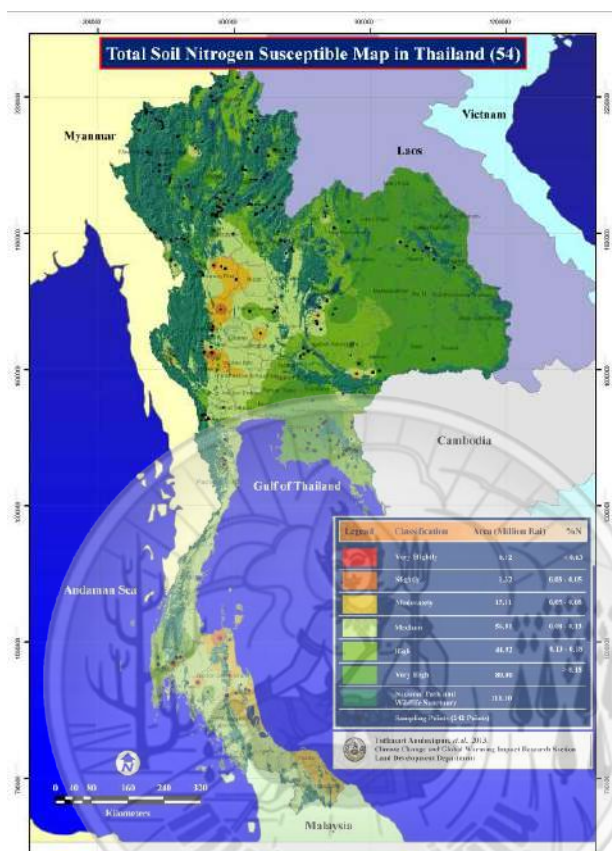
จากการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 56.17 – 76.23 %O โดยพบว่าการสะสมของปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออก และสูงสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 73.07 และ 75.11 %O ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %O จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 73.07, 73.30, 73.90, 74.23, 74.324, และ 75.11 %O ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %O ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดมุกดาหาร มีค่า 56.17 %O และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดสุพรรณบุรี มีค่า 76.23 %O ดังแสดงในแผนที่ 74 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 74 ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2554

4.3.10 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) ในดิน ปี 2554

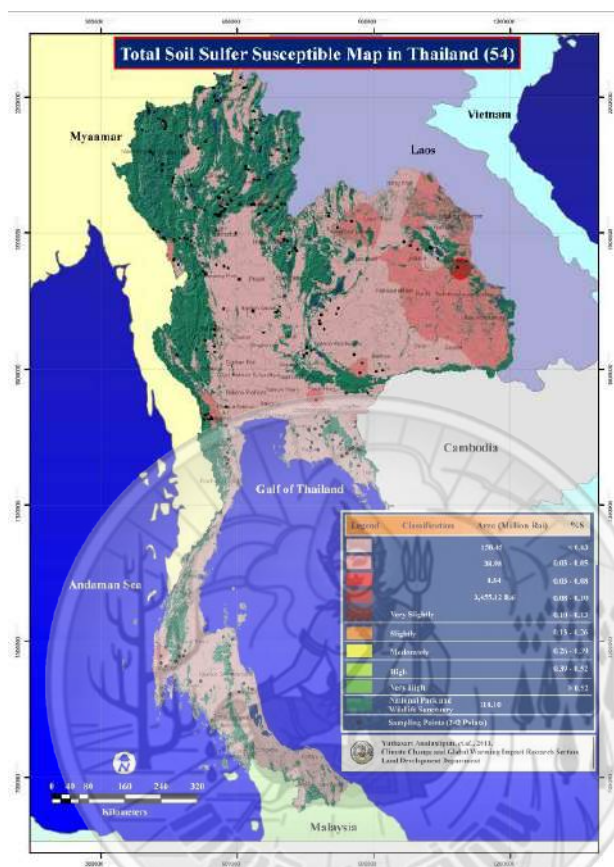
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.001 – 0.86 %N โดยพบว่าการสะสมของปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคใต้ และสูงสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.09 และ 0.20 %N ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %N จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.09, 0.10, 0.13, 0.13, 0.19, และ 0.20 %N ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %N ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดสระแก้ว มีค่า 0.001 %N และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดมุกดาหาร มีค่า 0.86 %N ดังแสดงในแผนที่ 75 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 75 ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2554

4.3.11 การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในดิน ปี 2554

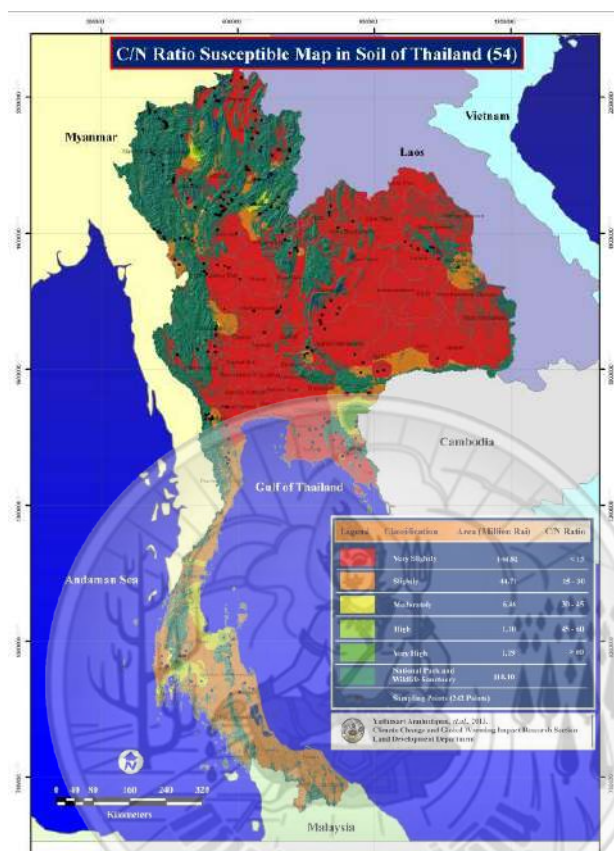
จากการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.001 – 0.08 %S โดยพบว่าการสะสมของปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยในดินต่ำสุดที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสูงสุดที่ภาคตะวันออก ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.01 และ 0.02 %S ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า %S จากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 0.01, 0.01, 0.02, 0.02, 0.02, และ 0.02 %S ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี %S ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดเชียงราย ตาก อุตรดิตถ์ ฉะเชิงเทรา และพังงา มีค่า 0.001 %S และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดอุตรดิตถ์ มีค่า 0.08 %S ดังแสดงในแผนที่ 76 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 76 ปริมาณซัลเฟอร์ในดินปี 2554

4.3.12 การวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดิน ปี 2554

จากการวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินของปี 2554 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 3.51 – 327.00 โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณ C/N ratio เฉลี่ยในดินต่ำที่สุด และภาคใต้จะมี C/N ratio เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งมีค่าดังนี้ 9.98 และ 26.79 ตามลำดับ หากทำการเรียงลำดับค่า C/N ratio เฉลี่ยจากน้อยไปหามาก จะได้ดังนี้ 9.98, 13.19, 15.98, 20.49, 21.66, และ 26.79 ซึ่งเรียงตามภาคได้ดังต่อไปนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคใต้ ดังแสดงในตารางที่ 28 โดยพบว่าจังหวัดที่มี C/N ratio ในดินต่ำสุดที่ จังหวัดสุโขทัย มีค่า 3.51 และมีค่ามากที่สุดที่ จังหวัดสระแก้ว มีค่า 327.00 ดังแสดงในแผนที่ 77 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 77 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2554

4.3.13 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอน (C) ในดิน ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอน (C) ในดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.82 และ 1.97 %C ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณคาร์บอนในดินโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 0.15 %C ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 78 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ ค่า C, H, O, N, S และ C/N ratio ในตัวอย่างดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554

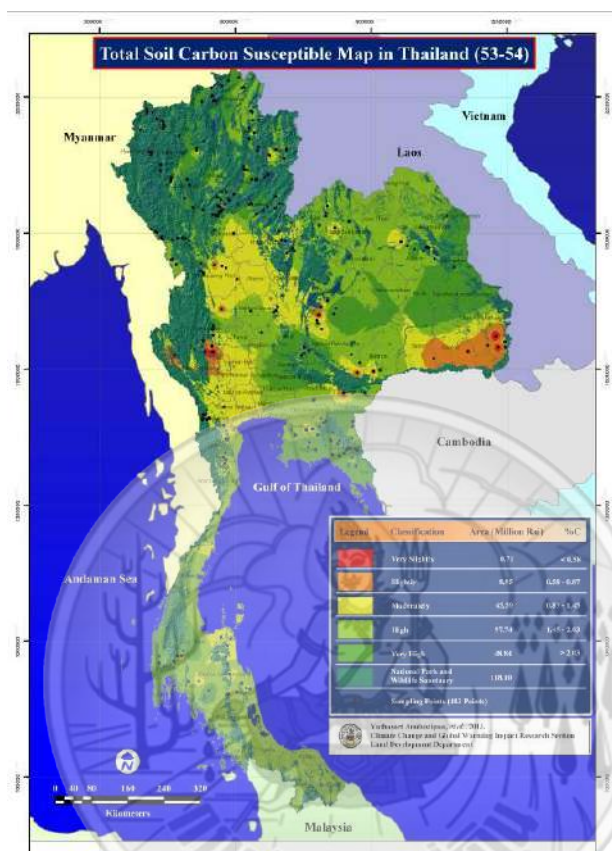
ปี	Carbon ^{ns}		Hydrogen ^{ns}		Oxygen ^{ns}		Nitrogen**		Sulfer ^{ns}		C/N Ratio**	
	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv	Mean	%cv
2553	1.82	72.53	0.49	77.55	74.01	2.31	0.18	55.56	0.183	100	11.83	124.60
2554	1.97	80.71	0.55	74.55	73.84	2.70	0.15	66.67	0.178	50	17.15	157.14
ค่าเฉลี่ย	1.90	76.62	0.52	76.05	73.93	2.51	0.17	61.12	0.181	75.00	14.49	140.87
f-test	1.20		2.43		1.08		7.94		0.11		7.25	

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

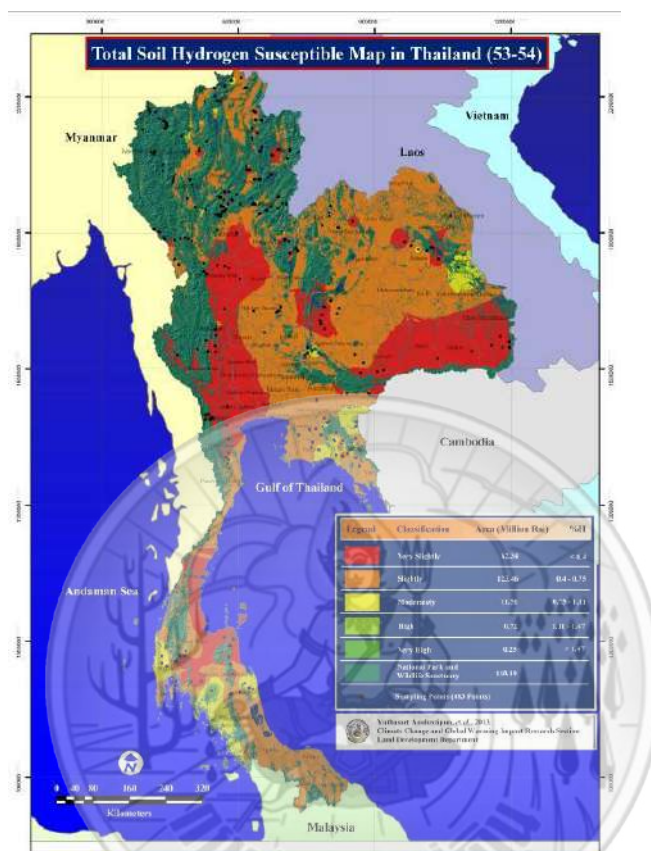
n จำนวนจุดเก็บตัวอย่างดิน = 483 จุด



แผนที่ 78 ปริมาณคาร์บอนในดินปี 2553-2554

4.3.14 การเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจน (H) ในดิน ปี 2553-2554

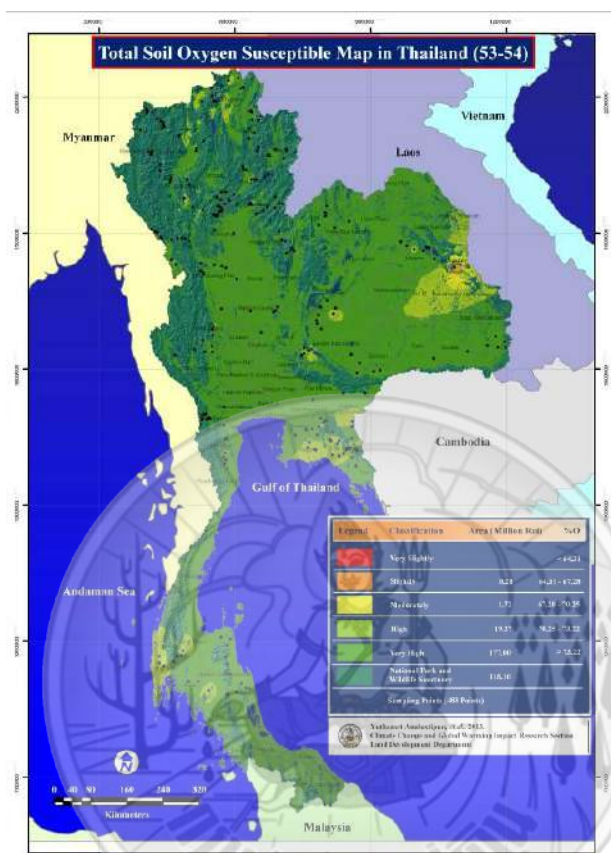
จากการเปรียบเทียบปริมาณไฮโดรเจน (H) ในดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณไฮโดรเจนเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.49 และ 0.55 %H ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณไฮโดรเจนในดินโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 0.06 %H ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 79 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 79 ปริมาณไฮโดรเจนในดินปี 2553-2554

4.3.15 การเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจน (O) ในดิน ปี 2553-2554

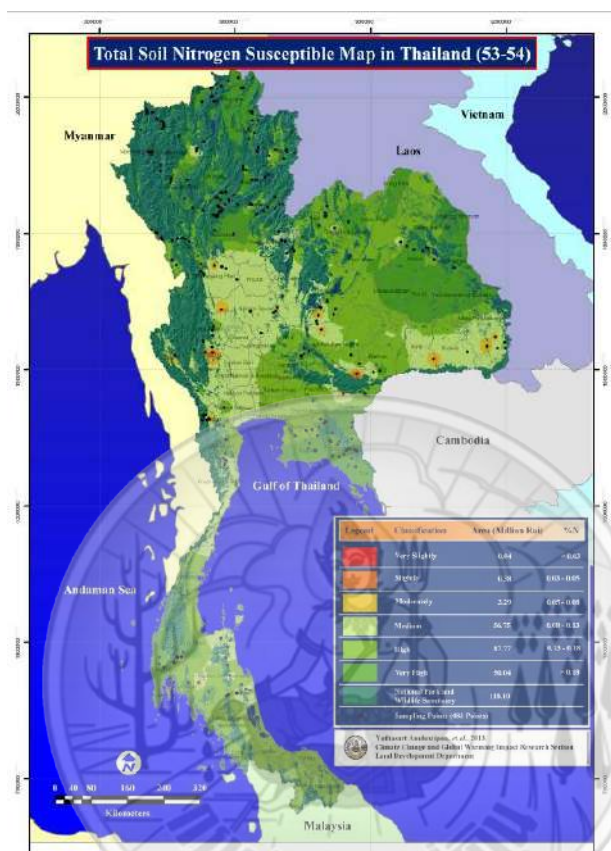
จากการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจน (O) ในดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 74.01 และ 73.84 %O ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณออกซิเจนในดินโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง 0.17 %O ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 80 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 80 ปริมาณออกซิเจนในดินปี 2553-2554

4.3.16 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (N) ในดิน ปี 2553-2554

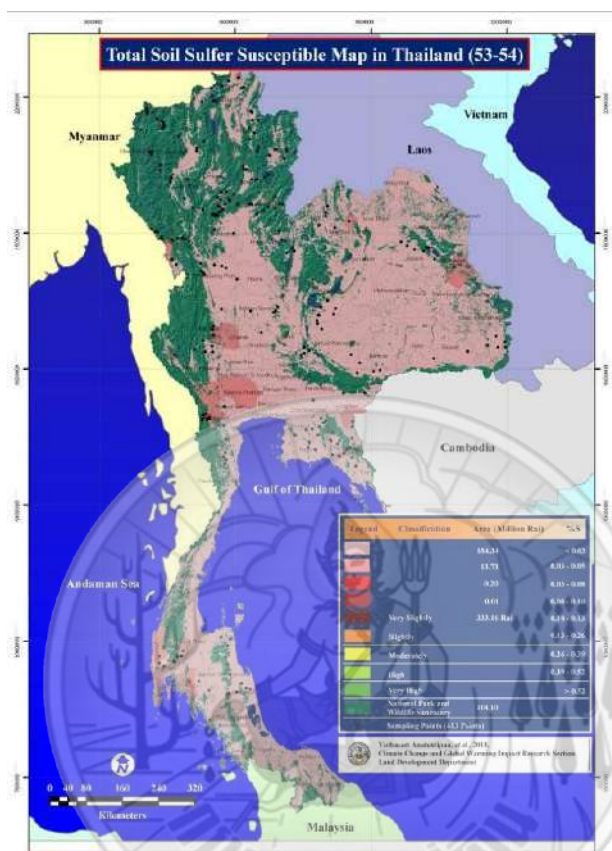
จากการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (N) ในดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.18 และ 0.15 %N ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง 0.03 %N ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 81 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 81 ปริมาณไนโตรเจนในดินปี 2553-2554

4.3.17 การเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในดิน ปี 2553-2554

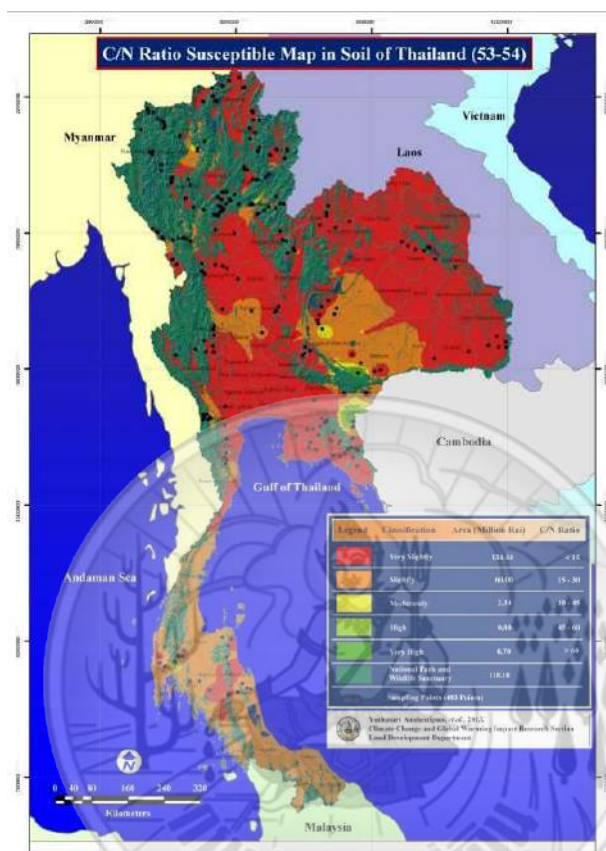
จากการเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในดินระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 ปริมาณซัลเฟอร์เฉลี่ยมากกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 0.183 และ 0.178 %S ตามลำดับ แสดงว่า ปริมาณซัลเฟอร์ในดินโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง 0.005 %S ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 82 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



แผนที่ 82 ปริมาณซัลเฟอร์ในดินปี 2553-2554

4.3.18 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดิน ปี 2553-2554

จากการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดิน ระหว่างปี 2553 ถึง 2554 พบว่า ปี 2553 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าปี 2554 ซึ่งมีค่าดังนี้ 11.83 และ 17.15 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 5.32 ดังแสดงในตารางที่ 29 และแผนที่ 83 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามี ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างเด่นชัด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



แผนที่ 83 อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินปี 2553-2554

4.4 การวางแผนทางป้องกันและแก้ไขปัญหการชะล้างพังทลายของดิน

ในการวางแผนทางป้องกันและแก้ไข ปัญหาการชะล้างพังทลายของดินในแต่ละพื้นที่ สามารถวางแผนทางป้องกันและแก้ไขได้ โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้น หรือแบ่งตามประเภทของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้ ซึ่งผลการศึกษา มีดังนี้

4.5.1 การวางแผนทางป้องกันและแก้ไขปัญหการชะล้างพังทลายของดิน โดยแบ่งตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลาย

(1) พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงน้อยมาก (very slight)

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงน้อยมาก (very slight) มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 0 – 2 ตันต่อไร่ต่อปี แนวทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยแบ่งการวางแผนทางปฏิบัติระหว่างที่ราบ และที่สูงได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (1L) พื้นที่ในระดับความรุนแรงนี้ ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพิเศษ เพราะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ
- พื้นที่สูง (1H) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่เป็นปัญหา

(2) พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงน้อย (slight)

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงน้อย (slight) มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 2 – 5 ต้นต่อไร่ต่อปี แนวทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยแบ่งการวางแผนทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบ และที่สูงได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (2L) พื้นที่นี้ควรมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างระมัดระวังโดยการปลูกพืชตามแนวระดับหรือขวางความลาดเท และควรมีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อผลทางบวกต่อการทำการเกษตร

- พื้นที่สูง (2H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่ยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติ จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงขึ้นกว่านี้

(3) พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงปานกลาง (moderate)

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงปานกลาง (moderate) มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 5 – 15 ต้นต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นโดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบ และที่สูงได้ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ราบ (3L) พื้นที่นี้มีการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันจะก่อให้เกิดผลกระทบในทางลบต่อผลผลิตทางการเกษตร จึงควรมีมาตรการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินทั้งวิธีพืช และวิธีกล

- พื้นที่สูง (3H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด เพื่อลดปัญหาการชะล้างพังทลายให้น้อยลง

(4) พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรง (severe)

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นรุนแรง (severe) มีอัตราการสูญเสียดินในช่วง 15 – 20 ต้นต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นโดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบ และที่สูงได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (4L) พื้นที่นี้มีการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมาก หากจะใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายอย่างเคร่งครัด

- พื้นที่สูง (4H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัด ควบคู่ไปกับการฟื้นฟูสภาพป่าเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินให้น้อยลง

(5) พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (very severe)

พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (very severe) มีอัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ต้นต่อไร่ต่อปี สามารถวางแผนทางการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นโดยแบ่งแนวทางการปฏิบัติระหว่างที่ราบ และที่สูงได้ดังนี้

- พื้นที่ราบ (5L) พื้นที่นี้มีมักมีการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึก (gully) ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการเกษตรอย่างถาวรควรกันพื้นที่ไว้สำหรับเป็นพื้นที่ปลูกป่าหรือไม้ยืนต้น

- พื้นที่สูง (5H) พื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชัน จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเคร่งครัดควบคู่กับการฟื้นฟูป่าอย่างเร่งด่วน

4.5.2 การวางแผนทางป้องกันและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน โดยแบ่งตามประเภทของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

(1) วิธีกล (Mechanical method)

ซึ่งมุ่งเน้นในการก่อสร้างสิ่งกีดขวางความลาดชัน เพื่อสกัดกั้นน้ำไหลบ่าและการพังทลายของดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลนี้เป็นการป้องกันการพังทลายได้ทันทีแต่เสียค่าใช้จ่ายสูงเช่น การสร้างแนวคันดิน การปลูกพืชตามแนวระดับ และการปลูกแถบหญ้าตามแนวระดับ เป็นต้น

(2) วิธีพืช (Vegetative method)

เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและเกษตรกรสามารถทำได้เอง เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชสลับเป็นแถว และการปลูกพืชหมุนเวียน เป็นต้น

(3) วิธีเกษตรกรรม (Agronomic method)

เช่น การไถพรวนดิน การไถกลบเศษพืช และการใช้วัสดุคลุมดิน เป็นต้น

สำหรับวิธีการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยวางแผนมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำสามารถปฏิบัติได้ตามมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน เช่น ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 12-20% และมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (cl) หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (sicl) จำเป็นต้องใช้วิธีกลเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการสร้างแนวคันดินหรือแนวหญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งได้มีการสรุปหลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 หลักเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ความลาดชัน (%)	ชนิดของเนื้อดิน	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	ระยะห่างระหว่างแนวคันดินในแนวตั้ง (เมตร)
0 – 2	ดินทุกชนิด	วิธีเกษตรกรรม	-
2 – 5	ดินทุกชนิด	วิธีพืช	-
5 – 12	ดินเหนียว	ทำคันดิน	2
12 – 20	ดินร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	วางแนวคันดินหรือแนวหญ้าแฝก	3
20 – 35	ดินทุกชนิด ยกเว้นดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	แนวหญ้าแฝกหรือแนวคันดิน	5
> 35	ดินทุกชนิด	ปลูกป่าทดแทน	-

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์ดินและน้ำระดับกลุ่มชุดดินในประเทศไทย (ไชยสิทธิ์, 2539)

นอกจากการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อการกำหนดแผนงานอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว มาตรการในการสร้างปอดักตะกอนในพื้นที่ลาดชัน ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าจะ

นำไปใช้ในการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยในการเก็บกักน้ำที่ไหลบ่ารวมทั้งตะกอนที่ถูกชะล้างไว้เป็นช่วง ๆ เพื่อลดความเสียหายรุนแรงแก่พื้นที่เพาะปลูก ตลอดจนแหล่งน้ำอื่น ๆ โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งบ่อดักตะกอน คือ ตำแหน่งบนเส้นทางน้ำที่มีความลาดชันสูงสุด ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาตำแหน่งบ่อดักตะกอนในระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งผลจากการกำหนดขอบเขตมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้สามารถกำหนดแนวโครงสร้างงานอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การวางแนวคันดิน และ/หรือ แนวหญ้าแฝก ตลอดจนสามารถกำหนดตำแหน่งของบ่อดักตะกอนได้ในพื้นที่เป้าหมายได้ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการวางแผนการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินต่อไป



ภาพที่ 4 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีกล
ที่มา โครงการพัฒนา บ้านกอก - บ้านจูน อ.บัว จ.
น่าน



ภาพที่ 5 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีพืช
ที่มา ศูนย์บริการและพัฒนาที่สูง ปางตองตาม
พระราชดำริ จ.แม่ฮ่องสอน



ภาพที่ 6 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีวิธีกลร่วมกับวิธีพืช
(การไถพรวนและปลูกพืชตามแนวระดับ - นาขั้นบันได) ที่มา
การดำเนินการนาร่อง ในพื้นที่ตำบลขุนน่าน จ.น่าน

สรุปผล

การชะพาคาร์บอนจากหน้าดินประเทศไทย ดำเนินการโดยใช้สมการคณิตศาสตร์ และการติดตามการสูญเสียคาร์บอนจากน้อยไปจนถึงมากที่สุด 3 ทาง กล่าวคือ คือการหายใจจากจุลินทรีย์โดยใช้คาร์บอนจากดินเป็นแหล่งอาหาร การติดตามการเผาเศษพืชทางการเกษตร และการเสียหายหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดินในปริมาณมากต่อปีตามลำดับ นอกจากการใช้สมการทางคณิตศาสตร์คำนวณค่าการสูญเสียดินแล้วยัง ทำการวิเคราะห์หา ปริมาณคาร์บอนจากบัญชีเศษพืชโดยละเอียดซึ่งจะตกลงสู่หน้าดินทุกปีตลอดระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่ 2553-2555 โดยใช้หลักสมดุลมวล (Mass Balance) ทำให้สามารถสรุปผลการเสียหายหน้าดินประเทศไทยได้ดังนี้

1. จากการสูญเสียหน้าดินในปริมาณมากต่อปีจากการชะล้างพังทลายของดิน ในระดับความรุนแรงปานกลางถึงรุนแรงมาก (ระดับ 3-5) ทั้งในพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ทำให้สามารถเรียงลำดับการสูญเสียคาร์บอนจากการชะล้างได้ดังนี้ เขต 6 มีการสูญเสียมากที่สุด รองลงมา คือ เขต 11 และ 8 โดยปี 2554 มีพื้นที่ที่ถูกชะล้างดังนี้ 16.05, 5.93 และ 5.28 ล้านไร่ ตามลำดับ ส่วนปี 2555 มีพื้นที่ที่ถูกชะล้างดังนี้ 16.04, 5.84 และ 4.99 ล้านไร่ตามลำดับ

2. ปริมาณคาร์บอนที่ได้รับจากเศษวัสดุทางการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 321 ล้านไร่ และมีพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 198 ล้านไร่ หรือประมาณ 62% กรมพัฒนาที่ดินจึงมีนโยบายและเป้าหมายในการลดปัญหาภาวะโลกร้อนโดยมีมาตรการในการพยายามเก็บกักคาร์บอนลงสู่ดิน (Carbon Sequestration) และลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคเกษตรกรรม ต้องจัดทำบัญชีเศษวัสดุทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจ 30 ชนิดพืช โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและพืช วิเคราะห์น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง และปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจนออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ โดยเครื่อง Elemental Analyzer แล้ววางมาตรการลดปริมาณก๊าซ CO_2 , CH_4 และ N_2O จากเศษวัสดุดังกล่าว จากการศึกษาศาสามารถวิเคราะห์หา ปริมาณคาร์บอนของ พืชเศรษฐกิจ 30 ชนิด ซึ่งมีค่าระหว่าง 6.63 – 53.37 %C คิดเป็นปริมาณ เศษพืช กว่า 255.27 ล้านตัน/ปี หรือคิดเป็นคาร์บอนทั้งหมดในเศษวัสดุทางการเกษตรทั้งประเทศไทย 93.48 ล้านตันคาร์บอน/ปี

2.1 การสูญเสียคาร์บอนในดิน อัตราการหายใจของดินประเทศไทย ซึ่งทำการตรวจวัดโดยเครื่อง LI-COR รุ่น LI-840 Gas Analyzer พบว่า ดินมีอัตราการหายใจจากจุลินทรีย์ในดิน อยู่ระหว่าง 12.47 – 30.07 $\text{mgCO}_2\text{-C/cm}^2$ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วน ระหว่างดินแบบถูกทำลายโครงสร้าง (disturbed soil) และไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed soil) ที่ช่วงระดับความชื้น 1.01 - 43.7% ของ ดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย พบว่าดินเหนียวเมื่อมีการทำลายโครงสร้างดินจะให้ค่ามากกว่าการที่ดินไม่ถูก ทำลายโครงสร้างถึง 4.92 เท่า รองลงมาคือ ดินทราย 2.82 เท่า และน้อยที่สุดคือ ดินร่วน 2.45 เท่าตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยอัตราการหายใจของดินแบบถูกทำลายโครงสร้างที่ % ความชื้นต่าง ๆ พบว่าที่ ความชื้น 10% ดินมีค่าอัตราการหายใจเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากดินได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจากสภาวะเดิมอย่างรวดเร็ว เกิดกิจกรรมในดินเพิ่มขึ้น ดินจึงมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มความชื้นของดิน ดินจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 333 – 340 $\text{mg CO}_2\text{-C/cm}^2/\text{s}$ นอกจากนี้เมื่อพิจารณา เปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินแบบถูกทำลายโครงสร้าง และ ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่ความชื้น 35% พบว่าแบบถูกทำลายโครงสร้าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ ระหว่าง 260.4 –

421.2 mg CO₂-C/cm²/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าแบบไม่ถูกทำลายโครงสร้าง ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 250.4 – 411.5 mg CO₂-C/cm²/s เนื่องจากดินที่ถูกทำลาย โครงสร้างจะเกิดกิจกรรมในดินเพิ่มขึ้นจึงมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น โดยภาคใต้มีอัตราการหายใจเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ สรุปโดยภาพรวม การสูญเสียประการแรกจาก การหายใจของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่เกษตรกรรมในปริมาณน้อย โดยประมาณ 1.88 - 2.20 ตันคาร์บอน/ปี หรือ 6.89 - 8.05 ตันคาร์บอนบอนไดออกไซด์/ปี

2.2 จากการเผาเศษพืชโดยการจุดไฟเผาและหรือจากไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยประมาณ 1-2 ล้านตันคาร์บอน/ปี หรือคิดเป็น 3.67 – 7.33 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์/ปี

3. การกักเก็บคาร์บอนในดิน มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดินของประเทศไทยโดยเฉลี่ยแต่ละปี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.178 – 17.260 %C หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนในดินทั้งประเทศ สำหรับพื้นที่การเกษตรประมาณ 666.99 - 766.95 ล้านตันคาร์บอน/ปี ทำให้เชื่อได้ว่าจะยังคงมีคาร์บอนเดิมเต็มสู่ดินไม่ต่ำกว่าการสูญเสียปีละ 14% หรือ 11.07 – 13.20±2.13 ล้านตันคาร์บอน /ปี จึงจะสามารถรักษาระดับของคาร์บอนทั้งประเทศ 666.99 - 766.95 ล้านตันคาร์บอน/ปี อีกนัยหนึ่งกล่าวคือ ประเทศไทยจำเป็นต้องรักษาคุณภาพของปริมาณคาร์บอนลงสู่ดินราว 11.07 – 13.20±2.13 ล้านตันคาร์บอน/ปี

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินการสูญเสียคาร์บอนจากดิน จำเป็นต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ในการประเมิน ซึ่งต้องทำความเข้าใจกับ MMF model ที่เป็น Empirical base model ร่วมกับ Physical base model ให้ดีว่าแต่ละโมเดลมีข้อจำกัดในการประเมิน การชะล้างพังทลายของดินอย่างไร และเมื่อเข้าใจก็จะสามารถเข้าใจถึงวิธีการประเมินการสูญเสียหน้าดิน ทั้งประเทศต่อปี เท่ากับสามารถยอมรับค่าประเมินการสูญเสียคาร์บอนออกจากดินของประเทศไทย

2. ในการประเมินพื้นที่ความเสียหายจากการเกิดไฟไหม้ในพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม เป็นการรวบรวมข้อมูลจาก 2 หน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบโดยตรง คือ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และกรมอุทยานฯ โดยนำผลการรายงานประจำปีร่วมกับการใช้ Application Hot Spot Fire Alert ของกรมพัฒนาที่ดิน ช่วยประมวลจากฐานข้อมูล C map จากการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ดังนั้น ข้อมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าวิเคราะห์ทั้งในห้อง Lab จากการวิเคราะห์ C content ในเศษพืช และ น้ำหนักแห้ง เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการประเมินจุดไหม้ไฟโดยภาพถ่ายดาวเทียม AQUAR และ TERRA ในระบบ MODIS ทำให้หาความสัมพันธ์ ระหว่างพื้นที่ที่เข้าไปประเมินการเกิดไฟในพื้นที่ป่าไม้ และการประเมินการเกิดไฟในพื้นที่เกษตรกรรมได้ การประเมินพื้นที่โดย ground truth survey ระหว่างจุดที่เกิดไฟกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงยังมีความจำเป็นเพื่อให้เกิดการประเมินการสูญเสียคาร์บอนจากหน้าดิน ในอีกแนวทางหนึ่งก็คือการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมประเมินพื้นที่เสียหายจากระยะไกลหลังวันเกิดเหตุคือมีไฟเกิดแล้วไม่เกิน 1 สัปดาห์เพื่อให้สามารถประเมินพื้นที่ที่มีขนาดที่ถูกต้องได้ดีที่สุด

3. การประเมินค่าอัตราการหายใจของดินเกิดจาก การใช้เครื่องมือที่วัด CO₂ โดยตรงและเป็นเครื่อง Li-COR รุ่น LI-840 gas analyzer ที่วัดใน chamber โดยวัดใน Undisturbed core และหลังจากปรับเปลี่ยนค่าความชื้นดิน จะทำการวัดซ้ำอีกครั้งโดยทำลายโครงสร้างดินเพื่อให้ดินมีอัตราการหายใจสูงสุดเพราะมีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้น ทำให้นักวิจัยสามารถตอบโจทย์ในเรื่องการสูญเสีย

คาร์บอนออกจากหน้าดินได้ตรงประเด็นมากที่สุด โดยทั้งสามปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นเรียงลำดับการสูญเสียจากมากไปน้อย ทำให้บอกถึงสมดุลมวลของคาร์บอนได้อย่างดี ในเรื่อง Carbon Storage หรือ Sequestration

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- ไชยสิทธิ์ อนุกรมพันธ์. 2539. คู่มือการอนุรักษ์ดินและน้ำระดับกลุ่มชุดดินในประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Mathematical Models of Soil Erosion and Sediment Pollution in Watershed). กรุงเทพฯ: ฝ่ายจัดพิมพ์ตำรา ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์.
- ยุทธชัย อนุรักษิพันธ์, กิตติพงศ์ ทรงรักษ์เกียรติ, และ อรรถ สมร้าง . 2547. แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน (Soil Erosion Modeling). กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. แผนพัฒนาการเกษตร ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. กรุงเทพมหานคร.
- Agzone 3.0. 2005. Application Program of Agzone version 3.0. Land Development Department, Ministry of agriculture.
- Becker, A., and P. Serban, 1990. *Hydrological Models for Water-Resources Systems Design and Operation*. Operational Hydrol. Rep. No. 34, World. Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 80 p.
- Beasley, D. B., L. F. Huggins, and E. J. Monke, 1980. *ANSWERS: a model for watershed planning*. Transactions of the ASAE, 23(1980)4, 938-944 pp.
- Shrestha. D. P., 2003. .Modelling Approach. The Netherlands: Powerpoint Presentation.
- Jolli, D., and S. Giljum, 2005. *Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery*. Sustainable Europe Research Institute (SERI): Austria.
- Hudson, N.W., 1965. *The influence of rainfall on the mechanic of soil erosion with particular reference to northern Rhodesia*. M.S. Thesis, University of Cape Town, South Africa.
- Hudson, N.W., 1973. *Soil Conservation*. BT Batsford Ltd., London, 320 p.
- lampornrat, K., V.M.A. Heyvaert, and M. Van Molle, 2002. *The application of the RUSLE and Morgan model for estimation of soil erosion*. Case study in Tambon Khao Hin Sorn, Amphoe Phanomsarakam, Chachoensao Province, Thailand. Program and Abstract, The 17th World Congress on Soil Science, Bangkok, Thailand. (Poster).
- Eggleston S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories volume 4*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.

- Meijerink, A. M. J., 1988. *Modelling in the land and water domain with a versatile GIS, ILWIS; experiences from a large tropical catchment*. In: Land Qualities in Space and Time (ed. by J. Bouma and A. K. Bregt). Proc. Symp. Int. Soc. of Soil Science, Wageningen, The Netherlands, 73-87 pp.
- Meyer, L. D., and W. H. Wischmeier, 1969. *Mathematical simulation of the process soil erosion by water*. Trans. ASAE 12: 754-755, 762 pp.
- Meyer L. D., G. R. Foster, and M. J. M. Romkens, 1975. *Source of Soil Eroded by Water From Upland Slopes*. In 'Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources'. Washington, USDA. 177-189 pp.
- Finney M. M., 1984. *A predictive model for the assessment for soil erosion risk*. Journal of agricultural engineering research 30: 245-253 pp.
- Morgan R. P. C., 2001. *A simple approach to soil loss prediction. A revised Morgan-Morgan-Finney model*, United Kingdom. Catena 44: 305-322 pp.
- Olderman, L. R., R. T. A. Hakkeling, and W. G. Sambrock, 1991. *World Map of Status of Human Induced Land Degradation: An Elementary Note*. 2nd Revised Edition. International Soil Reference and Information Center. Wageningen, The Netherlands.
- Stocking, M., 1981. *A working model for the estimation of soil loss suitable for underdevelopment areas*, Development Studies Occasional Paper No. 15, University of East Anglia, UK.
- Renard, K. G., G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, and D. C. Yoder, 1987. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Dept. of Agriculture, Agric. Handbook No. 703, 404 p.
- Flacke W., K. Auerswald, and L. Neufang, 1990 *Combining a modified Universal Soil Loss Equation with a digital terrain model for computing high resolution maps of soil loss resulting from rain wash*. Catena 17: 383-397 pp.
- Williams, J. R., and H. D. Berndt, 1977. *Sediment yield prediction based on watershed hydrology*. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 20, 1100-1104 pp.
- 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.
- Woods End Research. 1997. *Guide to solvita testing and managing your soil*. Woods End Research Laboratory, Inc., Mt. Vernon, ME.
- สถิติการเกิดไฟป่า <http://www.dnp.go.th/forestfire/2546/firestatistic%20Th.htm>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร <http://www2.oae.go.th/statistic/yearbook/2002-03/>

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยของปี 2546-2556

ปี	ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยต่อปี (ml.)
2003	1,418.79
2004	1,315.82
2005	1,473.33
2006	1,569.44
2007	1,545.39
2008	1,636.67
2009	1,500.67
2010	1,590.48
2011	1,897.26
2012	1,580.02

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556

