ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ต้นแบบอนุรักษ์ดินและน้ำจังหวัดเชียงใหม่

Soil and Water Conservation Model in Chiang Mai Province

โดย

นายยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์

นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์

นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร

นางสาววิชิตา อินทรศรี

นายธนัญชย์ ดำขำ

นายณรงค์เดช ฮองกูล

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 59-63-02-11-020000-009-108-01-13

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการบรรเทาภาวะโลกร้อนทางการเกษตร

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เดือนกรกฎาคม 2564

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

สารบัญ (1)
สารบัญตาราง (2)
สารบัญภาพ (3)
บทคัดย่อ
Abstract
หลักการและเหตุผล 1
วัตถุประสงค์ 2
การตรวจเอกสาร 2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ 9
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ 9
ผลการวิจัยและวิจารณ์ 17
1) ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา 17
2) การชะล้างพังทลายของดิน 21
- ปริมาณตะกอนดินในถังดักตะกอน 21
- วิธีปักหมุดเพื่อวัดการชะล้างพังทลายของดิน (Pin Technique) 32
- ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) 39
- ประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) 40
- การประเมินอัตราการสูญเสียดิน 4 วิธี 45
สรุปผลและข้อเสนอแนะ 46
เอกสารอ้างอิง 47

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2559	17
2	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2560	18
3	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2561	19
4	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2562	20
5	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2563	20
6	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)	22
7	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)	23
8	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม-สิงหาคม 2561)	24
9	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)	25
10	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม2562-กันยายน2563)	26
11	ปริมาณตะกอนดินทั้งหมดในแปลงศึกษาจากถังตกตะกอนดิน	27
12	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)	28
13	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)	29
14	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม–สิงหาคม 2561)	30
15	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)	31
16	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม2562-สิงหาคม 2563)	32
17	ปริมาตรและปริมาณทิศทางการพัดพาเคลื่อนย้ายดินในแปลงศึกษามาตรฐานด้วยวิธีปักหมุด	33
18	ปริมาณการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย	39
19	ปริมาณการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก	39
20	อัตราการสูญเสียดินจากการประเมินการสูญเสียดินทั้ง 4 วิธี	45

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จุดศึกษาแปลงชะล้างพังทลายของดิน ณ โครงการหลวงห้วยลึก	11
2	ตัวอย่างแปลงสำรวจเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน (Wishmeier plot)	12
3	การวางบ่อดักตะกอนดินในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน	13
4	วิธีการปักหมุดในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน	14
5	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2559	17
6	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2560	18
7	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2561	19
8	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2562	20
9	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2563	21
10	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)	22
11	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)	23
12	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม-สิงหาคม 2561)	24
13	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)	25
14	ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม2562-กันยายน 2563)	26
15	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)	28
16	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)	29
17	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม-สิงหาคม 2561)	30
18	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)	31
19	ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม 2562 –สิงหาคม 2563)	32
20	การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2559 โดยวิธี Terrain analysis	34
21	การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2560 โดยวิธี Terrain analysis	35
22	การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2561 โดยวิธี Terrain analysis	36
23	การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2562 โดยวิธี Terrain analysis	37
24	การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2563 โดยวิธี Terrain analysis	38
25	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2559	41
26	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2560	42
27	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2561	43
28	การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2562	44

แบบ วจ.3

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 59-63-02-11-020000-009-108-01-13

ชื่อโครงการวิจัย ต้นแบบอนุรักษ์ดินและน้ำจังหวัดเชียงใหม่

Soil and Water Conservation Model in Chiang Mai Province

ผู้รับผิดชอบ นายยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์

หน่วยงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ผู้ร่วมดำเนินการ นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์

นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร

นางสาววิชิตา อินทรศรี

นายธนัญชย์ ดำขำ

นายณรงค์เดช ฮองกูล

หน่วยงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

เริ่มต้น เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

สิ้นสุด เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก จังหวัดเชียงใหม่

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2559	-	720,000	720,000
2560	-	720,000	720,000
2561	-	600,000	600,000
2562	-	421,400	421,400
2563	-	508,000	508,000
รวม	**-**	**2,969,400**	**2,969,400**

แหล่งงบประมาณที่ใช้ งบประมาณปกติของกรมพัฒนาที่ดิน

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ลงชื่อ

(นายยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ

(นายประเสริฐ เทพนรประไพ)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 59-63-02-11-020000-009-108-01-13
ชื่อโครงการวิจัย ต้นแบบอนุรักษ์ดินและน้ำจังหวัดเชียงใหม่
Soil and Water Conservation Model in Chiang Mai Province
กลุ่มชุดดิน -
สถานที่ดำเนินการ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก จังหวัดเชียงใหม่
ผู้ร่วมดำเนินการ นายยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์ Mr.Yuthasart Anuluxtipun
นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์ Mr.Phongthorn Phianphitak
นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร MissSomjin Wanichsathian
นางสาววิชิตา อินทรศรี MissWichita Intharasri
นายธนัญชย์ ดำขำ Mr.Thanun Dumkhum
นายณรงค์เดช ฮองกูล Mr.Narongdech Hongkul

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ไปจนถึงเดือนกันยายน 2563 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ประเมินผลกระทบของมาตรการในการจัดการลุ่มน้ำที่มีผลต่อทรัพยากรดิน ตลอดจนส่งเสริมให้มีการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวางแปลงศึกษาขนาด 4 x 22 เมตร ที่ความลาดชัน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับ 9-10, 20-25 และ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวน 6 แปลงศึกษาต่อหนึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำ บนพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันไป พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงที่สุดในช่วงปี 2560 คิดเป็น 5,297.60 มิลลิเมตร และในช่วงปี 2563 มีปริมาณน้ำฝนสะสมต่ำที่สุดคิดเป็น 1,085.60 มิลลิเมตร

ผลการประเมินการสูญเสียดินของการศึกษาการชะล้างพังทลายดินจากปริมาณตะกอนในบ่อดักตะกอน พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย ตลอดระยะเวลาห้าปีพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินสะสมจากการชั่งน้ำหนักดินในบ่อดักตะกอน 2,357.87 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นอัตราการสูญเสีย 0.79 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินสะสมจากการชั่งน้ำหนักดินในบ่อดักตะกอน 1,912.68 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นอัตราการสูญเสีย 0.64 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างจะพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการปลูกพืชผัก (ECM06) เกิดการสูญเสียดินสูงที่สุดคิดเป็นอัตรา 1.17 ตันต่อไร่ต่อปี และการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบป่าเบญจพรรณ (ECM04) เกิดการสูญเสียดินต่ำที่สุดเพียง 0.27 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดินเมื่อปี 2556 โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ มีอัตราการสูญเสียดิน 0.20 ตันต่อไร่ต่อปี และสอดคล้องกับการศึกษาการสูญเสียดินของ Morgan, Morgan and Finney (MMF model) ซึ่งมีอัตราการสูญเสียดิน 3.05 ตันต่อไร่ต่อปี บนพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย และอัตราการสูญเสียดิน 1.78 ตันต่อไร่ต่อปี บนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

From October 2015 to September 2020, the Paired Watershed project was implemented in the Mae Poi and Huai Luek sub-basins of Chiang Dao district in Chiang Mai Province. The standard soil erosion plot sites are 4 x 22 meters in size and are installed in three slope classes: 9-10 percent, 20-25 percent, and 30-35 percent. Both sub-basins are made up of six parcels of land that are used differently. The objective is to assess the impact of soil erosion using an empirical aspect mathematics equation and MMF soil erosion modeling.

At Mae Poi and Huai Luek sub basins, the maximum average annual rainfall was 5,297.60 mm in 2017, whereas the lowest average annual rainfall was 1,085.60 mm in 2020. Huai Luek sub basin has a greater quantity of soil sediment box than Mae Poi sub basin, which has 2,357.87 kg/rai or soil erosion class 0.79 ton/rai/year and Mae Poi sub basin has 1,912.68 kg/rai or soil erosion class 0.79 ton/rai/year. The greatest soil sedimentation rate in a vegetable plot is 1.17 ton/rai/year. The natural Mixed Deciduous Forest, on the other hand, has the lowest soil sediment level at 0.27 ton/rai/year. In addition, the mathematics equation generates a soil erosion class of 0.20 ton/rai/year, as defined by the Land Development Department in 2013. Furthermore, MMF modeling predicts 3.05 tons per rai per year in the Mae Poi sub-basin and 1.78 tons per rai per year in the Huai Luek sub-basin. According to the following, the MMF model's soil erosion evaluation includes both empirical and mathematical equations of soil erosion in the same direction.

หลักการและเหตุผล

ในโอกาสที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารีในโอกาสทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษา ในปี 2558 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนึกในพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ทรงปฏิบัติพระราชกรณียกิจด้านการพัฒนาชนบทต่อเนื่องนานกว่า 30 ปี และเพื่อเป็นการเทิดพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโอกาสทรงเจริญพระชนมายุครบ 60 พรรษา จึงได้เสนอแนวคิดในการจัดทำโครงการ “เมืองต้นแบบอนุรักษ์ดินและน้ำกรมพัฒนาที่ดิน” เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่ยั่งยืนและช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในชุมชน เน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของกลุ่มหมอดิน ยุวเกษตรกรในโรงเรียน กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกรอื่น ๆ แล้วขยายผลการน้อมนำแนวพระราชดำริ และการดำเนินโครงการจากหมอดิน ตลอดจนขยายผลไปยังหมู่บ้านที่ตั้งโรงเรียนในพื้นที่สูงที่ได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อให้เกิดการพัฒนาอาชีพด้านการเกษตร ลดการพึ่งพาปัจจัยภายนอกนำไปสู่การพึ่งพาตนเอง เสริมสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นแนวทางในการดำเนินงาน ควบคู่ไปกับเมืองเกษตรสีเขียว อันได้แก่ เชียงใหม่ ราชบุรี พัทลุง หนองคาย ศรีสะเกษ และจันทบุรี ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

โครงการฯ นี้นอกจากจะเทิดพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโอกาสทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษาปี 2558 แล้ว ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรโดยอาศัยงานวิจัยต้นแบบ Paired watershed เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังช่วยปลูกฝังการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สูงให้กับโรงเรียนให้ตระหนักถึงประโยชน์การอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นการเพิ่มผลผลิตอย่างพอเพียงจนสามารถนำผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือนำมาขายให้เกิดรายได้ที่ยั่งยืนอย่างสม่ำเสมอ และยังขยายผลด้านการผลิตทางการเกษตรสู่ครอบครัวของนักเรียนและชุมชน รวมถึงปลูกฝังให้เด็กนักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่ออาชีพการเกษตร การอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความรู้และทักษะในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิต ด้วยการใช้กระบวนการกลุ่มหมอดิน ยุวเกษตรกรในโรงเรียนเป็นแนวทางในการดำเนินงาน มีเป้าหมายการดำเนินงานในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนและโรงเรียนใกล้เคียงในพื้นที่สูง ให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากหมอดินสู่โรงเรียน จำนวน 5 โรงเรียน และชุมชนที่ตั้งโรงเรียน จำนวน 5 ชุมชนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยเริ่มดำเนินงานในปี 2559 และสิ้นสุดโครงการฯในปี2563

เมื่อโครงการฯ เสร็จสิ้นแล้วหมอดิน เกษตรกรในท้องถิ่น เกิดการพัฒนาอาชีพด้านการเกษตร ลดการพึ่งพาปัจจัยภายนอกนำไปสู่การพึ่งพาตนเอง เสริมสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนและโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จะสามารถเพิ่มผลผลิตให้พอเพียงตลอดปีการศึกษาตามมาตรฐานการประเมิน และแก้ปัญหาการขาดโภชนาการของเด็กนักเรียนในโรงเรียนได้อย่างยั่งยืน ชุมชนเป้าหมายมีการพัฒนาด้านการผลิตทางการเกษตร มีแหล่งอาหารในชุมชนและเพิ่มรายได้ให้กับสมาชิกในชุมชน ตลอดจนครู นักเรียน และชุมชน มีความรู้และอุดมการณ์ด้านการเกษตร การประกอบอาชีพ และการดำเนินชีวิตตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

อีกทั้งยังรักษาต้นน้ำลำธารโดยใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพื้นฐานทำให้เกิดความมั่นคงในอาชีพเกษตรกรรมต่อตนเองและชุมชน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา เปรียบเทียบ ติดตาม รวบรวมข้อมูล และประเมินผลกระทบของมาตรการในจัดการลุ่มน้ำที่มีผลต่อทรัพยากรดิน บริเวณลุ่มน้ำที่ศึกษา

2. เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ องค์ความรู้ด้านเมืองเกษตรสีเขียว

3. เพื่อดำเนินการ ศึกษา เปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์ปริมาณดินตะกอนจากบ่อดักตะกอน กับสมการทางคณิตศาสตร์จากการชะล้างพังทลายดิน และแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney

การตรวจเอกสาร

1. การอนุรักษ์ดินและน้ำ

การอนุรักษ์ดินและน้ำคือ การใช้น้ำหรือการจัดการทรัพยากรดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยป้องกันการชะล้างการพังทลายของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สามารถทำการเกษตรได้ตลอดไป (http://reg.ksu.ac.th/teacher/myweb)

1.1 การอนุรักษ์ดิน เพื่อรักษาความสามารถในการผลิตของดินให้ยืนนานและเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยเนื้อที่ดิน มีหลักการอนุรักษ์ดินคือ

- ลดอัตราการกัดกร่อนของดิน
- เพิ่มหรือรักษาระดับปริมาณของธาตุอาหารและอินทรียวัตถุในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
- ปรับปรุงโครงสร้างของดินให้อยู่สภาพที่เหมาะสม
- ทำให้สามารถใช้น้ำอย่างประหยัด

1.2 การอนุรักษ์น้ำ ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญเหมือนกับทรัพยากรดินดังนั้นกิจกรรมการอนุรักษ์น้ำจึงต้องมีการดำเนินการควบคู่กันไป มีหลักการอนุรักษ์น้ำคือ

- ลดการป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการระเหยของน้ำบนผิวดิน
- เพิ่มแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นนานที่สุด
- ให้มีการใช้น้ำอย่างประหยัดและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.3 พื้นที่การอนุรักษ์ดินและน้ำ

จากรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน(2538) ได้ระบุว่าในปี2524 มีพื้นที่ดินที่เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายในระดับความรุนแรงมาก มีพื้นที่ 107.69 ล้านไร่ พื้นที่ดังกล่าวกระจายอยู่ตามภาคต่าง ๆ ของประเทศ ที่พบมากที่สุด คือ บริเวณที่มีความลาดชันทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาค

ตะวันออก ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ที่ถูกบุกรุกถากถางเพื่อขยายพื้นที่ทำการเพาะปลูก ในปี2538 มีพื้นที่ดินที่เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายเพิ่มขึ้นเป็น 134.54 ล้านไร่ ซึ่งพื้นที่จำเป็นต้องมีการจัดการโดยวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ คือ วิธีการที่นำมาใช้ในพื้นที่หนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งหรือชะลออัตราการชะล้างพังทลายของดิน โดยอาศัยหลักการสำคัญ คือ เมื่อฝนตกลงมาในที่ใดที่หนึ่งจะพยายามให้มีการเก็บกักน้ำไว้ ณ ที่นั้นเพื่อให้น้ำไหลซึมลงไปในดินเป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูก ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1.3.1 วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้ระบบพืช

เป็นวิธีการจัดระบบพืชโดยการผสมผสานกันระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการระบบพืชปลูก ได้แก่

- การปลูกพืชเป็นแถบ
- การปลูกพืชตามแนวระดับ
- การปลูกพืชคลุมดิน
- การปลูกพืชบำรุงดิน
- การปลูกพืชแซม
- การปลูกพืชเหลื่อมฤดู
- การปลูกพืชหมุนเวียน
- การปลูกแถบหญ้าตามแนวระดับ
- การปลูกพืชไม้พุ่มเป็นแถบตามแนวระดับ
- การทำคันเศษซากพืชตามแนวระดับ

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้ระบบพืช จะต้องปฏิบัติดังนี้

- ไม่เผาทำลายเศษซากพืช
- ไม่ทำไร่เลื่อนลอย
- ไถพรวนให้ถูกวิธีไม่ไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเทของพื้นที่แต่ไถพรวนขวางความลาดเทของพื้นที่และไม่ทำการไถพรวนบ่อยครั้ง
- ปลูกพืชให้ถูกวิธี ปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดินคลุมดินและปลูกตามแนวระดับ
- ปรับปรุงบำรุงดิน ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด
- บนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเกิน 35 เปอร์เซ็นต์ ไม่ควรทำการเกษตร แต่ถ้ามีความจำเป็นจะต้องทำคันดินเป็นขั้นบันไดขวางความลาดเทของพื้นที่ จัดทำร่องน้ำและแหล่งเก็บกักน้ำให้ไหลลงเฉพาะแห่ง และยกร่องปลูกพืชบนแนวคันดินระดับเดียวกัน

1.3.2 วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยใช้วิธีกล

โดยมุ่งหนักไปในการก่อสร้างสิ่งกีดขวางความลาดชันของพื้นที่ เพื่อสกัดกั้นน้ำไหลบ่าและการพังทลายของดิน การอนุรักษ์โดยวิธีกลนี้เป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายได้ทันที แต่เสียค่าใช้จ่ายสูง และ

ในระหว่างก่อสร้างต้องพิถีพิถันทำให้ดี มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดความเสียหายมากขึ้นไปอีก ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีคือ

1) การปลูกพืชตามแนวระดับ (Control cultivation) ได้แก่ การไถพรวน ปลูกและเก็บเกี่ยวพืชขนานไปตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ เหมาะที่จะใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 2 - 7 เปอร์เซ็นต์

2) การสร้างคันดินกั้นน้ำ (Terracing) เป็นการสร้างคันดินหรือร่องน้ำขวางความลาดชันของพื้นที่เพื่อลดความยาวของพื้นที่ที่รับน้ำฝนให้สั้นลง อย่างไรก็ตามการที่จะให้คันดินกั้นน้ำมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินนั้นจะต้องทำการปลูกพืชตามแนวระดับ และใช้มาตรการอื่น ๆ ผสมผสานไปด้วย ชนิดของคันดินแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- คันดินขั้นบันได (Bench terrace) ทำโดยการปรับพื้นที่ลาดชันให้เป็นขั้นบันไดซึ่งนอกจากจะลดความยาวของความลาดชันของพื้นที่แล้ว ยังเป็นลดการลาดชันของพื้นที่ลงอีกด้วย ขั้นบันไดดินนี้ส่วนใหญ่ใช้กับพื้นที่ที่มีความลาดชันเกินกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และดินต้องเป็นดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร

- คันดินกั้นน้ำ (Field terrace) เป็นการสร้างคันดินและร่องน้ำขวางความลาดชันของพื้นที่เป็นช่วง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นคันดินแบบลดระดับ (Graded terrace) เพื่อช่วยระบายน้ำ หรือเป็นแบบระดับ (Level) เพื่อเก็บกักเก็บน้ำไว้ก็ได้

3) การปรับพื้นที่เฉพาะหลุม (Individual basin) เป็นการปรับพื้นที่เป็นช่วง ๆ เฉพาะบริเวณหลุมปลูกต้นไม้ เหมาะที่จะใช้กับไม้ผล และไม้ยืนต้นต่าง ๆ ขนาดของหลุมยิ่งกว้างมากก็ยิ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างของดินได้สูง

4) คูรับน้ำรอบเขา (Hillside ditch) เป็นคูรับน้ำที่จัดทำขึ้นขวางความลาดชันของพื้นที่เป็นช่วง ๆ โดยมีระดับของร่องน้ำลาดไปยังทางน้ำที่จัดทำขึ้นหรือบริเวณที่รับน้ำได้ เช่น ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือแปลงพืชคลุมหนา ๆ

5) คันดินเบนน้ำ (Diversion) เป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นเพื่อเบนน้ำเหนือพื้นที่ไม่ให้เข้าไปรบกวนในไร่นา ที่พักอาศัย ฯลฯ หรืออาจจะเบนน้ำไปลงอ่างเก็บน้ำก็ได้

6) เขื่อนกั้นร่องน้ำ (Check dam) เป็นสิ่งก่อสร้างขึ้นเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายแบบร่องลึกโดยสร้างขวางทางน้ำเป็นช่วง ๆ ในร่องน้ำที่เกิดการกัดเซาะ เพื่อชะลอความเร็วของน้ำ ช่วยให้เกิดการตกตะกอนทับถมในร่องน้ำ ทำให้ร่องน้ำตื้นเขิน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป เขื่อนกั้นร่องน้ำนี้อาจสร้างด้วยเศษไม้ ท่อนไม้ หิน ดิน หรือคอนกรีตก็ได้

7) ทางระบายน้ำ (Water way) สร้างขึ้นเพื่อรับน้ำจากคันดินกั้นน้ำ คูรับน้ำรอบเขาหรือบริเวณระบายน้ำของอ่างเก็บน้ำ เพื่อควบคุมการไหลของน้ำไปยังที่กำหนดไว้ โดยไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายขึ้น ทางระบายน้ำนี้อาจสร้างขึ้นใหม่ หรือปรับปรุงจากร่องน้ำธรรมชาติก็ได้

8) บ่อน้ำในไร่นา (Farm pond) ช่วยในการเก็บกักน้ำที่ไหลบ่ามาตามหน้าดินรวมทั้งตะกอนที่ถูกชะล้างไว้เป็นช่วง ๆ ไม่ให้เกิดผลเสียหายรุนแรงแก่พื้นที่เพาะปลูก ตลอดจนแหล่งน้ำอื่น ๆ นอกจากนั้นยังเป็นการเก็บกักน้ำไว้ในช่วงที่จำเป็นอีกด้วย

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information systems)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ ระบบ GIS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) โดยข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาจะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกันซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ

“GIS เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อนและปัญหาในการจัดการ” เป็นคำจำกัดความที่ได้ให้ไว้โดย Federal interagency coordinating committee (1988)

“ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงสัณฐานของวัตถุทุกอย่างบนพื้นผิวโลก (Spatial) เกี่ยวกับระบบแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศและแผนผังต่าง ๆ ของลักษณะภูมิประเทศทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้นสิ่งเหล่านี้สามารถแปลความออกมาเป็นรหัสอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเรียกออกมาใช้งาน แก้ไขและวิเคราะห์ข้อมูลได้” (พรทิพย์, 2531) แต่จากการสำรวจอัตราส่วนในการนำไปใช้ประโยชน์ถือว่า ประสบผลสำเร็จน้อยมาก (Marble และ Penquet, 1983) ทั้งนี้เนื่องจาก มีปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่และการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องเพราะข้อมูลที่บันทึกไว้อาจผิดพลาดได้ซึ่งเป็นเรื่องของคณิตศาสตร์และซอฟท์แวร์ (ครรชิต, 2529)

และอีกความหมายหนึ่ง คือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึงกระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware),ซอฟท์แวร์ (Software),ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic data) และการออกแบบ (Personnel design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์หรือหมายถึง การใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ ในการจัดเก็บและการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ นั้นเอง

3. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล หมายถึง วิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวกับวัตถุ (Object) พื้นที่หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) ต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกจากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุ

เป้าหมายนั้น ๆ ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำที่เรียกว่า ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพ จากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite image) องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จาก

ดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive remote sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active remote sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น

หลักในการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล มีวิธีการและขั้นตอนประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ ดังต่อไปนี้คือ

3.1 การได้รับข้อมูล (Data acquisition)

การได้รับข้อมูลในกระบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเป็นกระบวนการต่าง ๆ ที่ให้ได้มาซึ่งข้อมูล โดยเริ่มตั้งแต่ ดาวเทียมหรือยานสำรวจ (Platform) ที่ถูกส่งออกสู่วงโคจรในตำแหน่งที่จะทำการบันทึกข้อมูล หรือสัญญาณของวัตถุหรือพื้นผิวโลกจนถึงขั้นการส่งข้อมูลหรือสัญญาณการสะท้อนพลังงานมาสู่สถานีรับภาคพื้นดิน (Receiving station) และผลิตออกมาเป็นข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลในรูปแบบของข้อมูลเชิงอนุมาน (Analog data) และข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital data)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลหรือข้อมูลจากดาวเทียมมีวิธีการวิเคราะห์อยู่ 2 วิธี คือ

3.2.1 การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพ (Quantitative) ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน ซึ่งอาจจะตีออกมาในรูปของดีเลว

3.2.2 การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้การวิเคราะห์หรือการจำแนกประเภทข้อมูลต้องคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

1) Multi-temporal approach คือ การเปลี่ยนแปลงไปตามการเวลา ซึ่งการวิเคราะห์จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างนำมาเสริมหรือเพิ่มข้อมูลหรือนำมาลบออกเพื่อเน้นข้อมูลบางประเภทให้เด่นขึ้น

2) Multispectral approach คือ ข้อมูลในบริเวณเดียวกันและเวลาเดียวกันจะถูกบันทึกในหลายช่วงคลื่นพร้อม ๆ กันและในแต่ละช่วงความยาวคลื่น (Band) ที่แตกต่างกันจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุหรือพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันซึ่งเป็นผลดีในการแยกจำแนกวิเคราะห์ข้อมูล

3) Multilevel approach คือ ระดับความละเอียดในการจำแนกหรือวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ที่ต้องการความละเอียดสูงจะต้องใช้ข้อมูลดาวเทียมที่ให้รายละเอียดภาพสูง (High resolution) เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT หรือจากภาพถ่ายทางอากาศ ส่วนการวิเคราะห์ในระดับภูมิภาคก็อาจใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT เป็นต้น การแปลและการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล หรือข้อมูลจากดาวเทียมมีขั้นตอนต่าง ๆ พอสรุป ได้ดังนี้

3.1) การตรวจสอบข้อมูลและรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

3.2) การเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน

3.3) การแปลและวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม

- การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual analysis) โดยการใช้ภาพ หรือฟิล์ม ในการแปลหรือวิเคราะห์ข้อมูล

- การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital analysis) โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเชิงตัวเลข (Digital image) ที่ผ่านขบวนการทำ Image enhancement และ Geometric correction เรียบร้อย

3.4) การจัดทำแผนที่ (Map displaying)

3.5) การตรวจสอบความถูกต้อง (Mapping accuracy)

ข้อมูลจากภาพดาวเทียมเป็นข้อมูลที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพการเปลี่ยนแปลง (Changing) ของทรัพยากรดิน ทรัพยากรป่าไม้ และทรัพยากรน้ำ การขยายตัวของชุมชน การพัฒนาด้านสาธารณูปโภค แสดงถึงการเคลื่อนไหว (Dynamic) ของเศรษฐกิจสังคมตลอดจนการขาดดุลของธรรมชาติ ในลักษณะของมลภาวะ (Pollution) ของทรัพยากรดินและน้ำได้เป็นอย่างดี ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นต้องแปลตีความโดยผู้แปลตีความที่มีประสบการณ์ในการแปล จึงจะสามารถเปลี่ยนข้อมูลจากภาพมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) และข้อมูลในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ได้ และในการนำเอาศาสตร์ทางด้าน Remote sensing มาใช้ในการวางแผนการบริหาร ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยนั้น มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- เพื่อสำรวจปริมาณ คุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบัน

- เพื่อศึกษาวิเคราะห์ประเมินความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดการพัฒนาและใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติที่มีในปัจจุบัน

- เพื่อวางแผนแก้ไขและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่เหมาะสม สามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม กำหนดเป็นแนวทางในการพัฒนาและควบคุมการใช้งานทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ ของประเทศ

- เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง (Changing) โดยติดตามและดูการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ได้อย่างสม่ำเสมอรวมทั้งการศึกษาสภาพในอดีต เพื่อดูแนวโน้มคาดการณ์ และวางแผนสำหรับอนาคต

- เพื่อบ่งบอกสัญญาณเตือนภัย (Warning) เมื่อนำข้อมูลหรือแผนที่ทรัพยากรธรรมชาติหลาย ๆ ปีมาเปรียบเทียบหาความแตกต่าง หรือความเปลี่ยนแปลง (Temporal change) ทำให้สามารถทำนาย หรือพยากรณ์สถานการณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในอนาคตได้ ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการส่งสัญญาณเตือนภัยให้รู้ว่าทรัพยากรประเภทนั้น ๆ อยู่ในขั้นรุนแรงหรือขั้นวิกฤติ ควรจะมีมาตรการในการป้องกันหรือแก้ไขอย่างไรบ้าง นอกจากนี้ ยังมีประโยชน์ต่อการวางแผน การพัฒนาและบริหารการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศอีกด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

นิติพัฒน์ นวมมะโน (2555) ประเมินปริมาณการชะล้างพังทลายของดิน และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ มีวิธีการวิจัยได้แก่ 1) เก็บและรวบรวมข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินจากการวางแปลงทดลองขนาด 4x12 เมตร ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ 3 ประเภท พื้นทีละ 3 แปลงทดลอง บนความชัน 18-21% แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณและค่าปัจจัยต่าง ๆ

2) วิเคราะห์และกลั่นกรองผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดินโดยอาศัยหลักในการจำแนกและกลั่นกรองผลกระทบตากหลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ ด้านคุณค่าการใช้ประโยชน์ และด้านคุณภาพชีวิต 3) ประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ที่กลั่นกรองไว้ด้วยวิธีการตลาด

บรรจงศักดิ์ ฟักสมบูรณ์ และคณะ (2562) ศึกษาการตอบสนองของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดินและอินทรียวัตถุในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองสมการสูญเสียดินสากล (USLE) มีปัจจัยสำคัญได้แก่ ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน ปัจจัยความยาวของความลาดเท ปัจจัยความลาดชัน ปัจจัยการจัดการพืช และปัจจัยการปฏิบัติควบคุมการพังทลายของดิน จากผลการศึกษาพบว่าเกิดการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบการใช้โยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีค่าสูงสุด รองลงมาได้แก่ รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่ (มันสำปะหลัง), พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ยางพารา) และพื้นที่ไม้ผล (หม่อนและเงาะ)

อานุช คีรีรัฐนิคม และ สุธาสินี โพธิสุนทร (2550) ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง ศึกษาใน 3 พื้นที่ที่มีความลาดชันแตกต่างกันคือ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 37.23 46.89 และ 52.69% ผลการศึกษาโดยวิธีการใช้หมุดปักเป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าสวนยางพาราที่มีความลาดชัน 52.69% มีการสูญเสียดินสูงถึง 137.60 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับสูงตามเกณฑ์การแบ่งอัตราการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน อันดับต่อมาคือ สวนยางพาราที่มีความลาดชัน 46.89% และ 37.23% มีปริมาณการสูญเสียดิน 80.20 และ 60.20 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง

เสาวลักษณ์ สระทองเทียน (2559) ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการการสูญเสียดินสากลสำหรับประเมินการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อเปรียบเทียบระดับความรุนแรงที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีพ.ศ. 2552 และ ปีพ.ศ. 2556 โดยศึกษาจากปัจจัยปริมาณน้ำฝน ปัจจัยความคงทนต่อการชะล้างพังทลายของดิน ปัจจัยการจัดการพืช และปัจจัยความลาดชันและความยาวของความลาดชัน ผลวิจัยพบว่าศักยภาพการชะล้างพังทลายของดินโดยการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในปีพ.ศ. 2552 ช่วงระดับความรุนแรงมากมีพื้นที่ 426.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ ช่วงระดับรุนแรงมีพื้นที่ 3,944.41 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 27,184.43 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.08 ของพื้นที่ ส่วนในปีพ.ศ. 2556 ช่วงระดับรุนแรงมากมีพื้นที่ 1,172.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.05 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงพื้นที่ 6,183.13 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.25 ของพื้นที่ ช่วงระดับความรุนแรงปานกลางมีพื้นที่ 36,992.15 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.47 ของพื้นที่

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินงาน **เริ่มต้นเดือน** ตุลาคม พ.ศ. 2558

สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2563

สถานที่ดำเนินการ **1. สถานที่ตั้ง** โครงการหลวงห้วยลึก จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล 64 บิต ความเร็วหน่วยประมวลผลกลางไม่น้อยกว่า 2.0 GHz ซึ่งมีพื้นที่เก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 500 GB

1.2 เครื่องพิมพ์แผนที่สี

1.3 ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศและข้อมูลดิจิตอลที่ใช้ในการศึกษาซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลทั้งในรูปแบบที่เป็นแผนที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลดิจิตอลที่มีพิกัดของจุดข้อมูลที่แน่นอน

1.4 อุปกรณ์สำรวจข้อมูลภาคสนาม

วิธีการ

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำจำนวน 2 ลุ่มน้ำ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ศึกษาเปรียบเทียบโดยการวางมาตรการ และวิธีการศึกษาต่าง ๆ อย่างเต็มระบบในหนึ่งลุ่มน้ำ ส่วนอีกหนึ่งลุ่มน้ำ จะไม่ดำเนินการใด ๆ นอกจากสำรวจติดตามการเปลี่ยนแปลง (Paired watershed) ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

กระบวนการต่าง ๆ เป็นดังนี้

1) การดำเนินงานจัดรวบรวมฐานข้อมูลที่มีอยู่

2) การวางแผนสำรวจข้อมูล และการวางจุดสำรวจ

3) วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

4) ดำเนินการนำองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ และความรู้เรื่องเมืองเกษตรสีเขียว เผยแพร่ และถ่ายทอดให้กับชุมชน เกษตรกร ผู้ที่เกี่ยวข้อง

5) ดำเนินการ ศึกษา เปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง MMF

6) การขยายผลการศึกษา

1. การดำเนินงานจัดรวบรวมฐานข้อมูลที่มีอยู่

ดำเนินการรวบรวมข้อมูล และจัดหมวดหมู่สินค้าจากภาคการเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศไทย แบ่งตามหมวดหมู่สินค้าที่สำคัญต่อภาคเกษตรกรรมที่ส่งออกและนำเข้าซึ่งจะดำเนินการรวบรวม สำรวจ และเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้

1.1 ข้อมูลพืชเศรษฐกิจ

- ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร
- ข้อมูลทั่วไปของแปลงตัวอย่าง ได้แก่ พิกัด, ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์, ลักษณะประเภทของดินและสภาพภูมิอากาศ, ประเภทของพืชที่ปลูก, สายพันธุ์, วัสดุพันธุ์ปลูก, วิธีการปลูก และการจัดการการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ โรค แมลงศัตรูต่าง ๆ, การจัดการน้ำ, ขนาดเนื้อที่ของแปลงปลูก, ผลผลิตช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว, ราคาต้นทุน ราคาผลผลิต การจำหน่าย ผลกำไร, ข้อมูลด้านที่ดิน, ปัญหาและอุปสรรค

1.2 ข้อมูลด้านปศุสัตว์

- ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร
- ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มตัวอย่าง ได้แก่ พิกัด, ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์, ลักษณะและสภาพภูมิอากาศ, ประเภทของสัตว์ที่เลี้ยง, สายพันธุ์, จำนวน, วิธีการเลี้ยง และการจัดการโรค ศัตรู, ขนาดเนื้อที่ของฟาร์ม, ผลผลิตช่วงระยะเวลาการเลี้ยง, ราคาต้นทุน ราคาผลผลิต การจำหน่าย ผลกำไร, ข้อมูลด้านที่ดิน, ปัญหาและอุปสรรค

1.3 ข้อมูลด้านการประมง

- ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร
- ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มตัวอย่าง ได้แก่ พิกัด, ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์, ลักษณะและสภาพภูมิอากาศ, ประเภทของสัตว์ที่เลี้ยง, สายพันธุ์, จำนวน, วิธีการเลี้ยง และการจัดการ โรค ศัตรู, ขนาดเนื้อที่ของฟาร์ม, ผลผลิตช่วงระยะเวลาการเลี้ยง, ราคาต้นทุน ราคาผลผลิต การจำหน่าย ผลกำไร, ข้อมูลด้านที่ดิน, ปัญหาและอุปสรรค

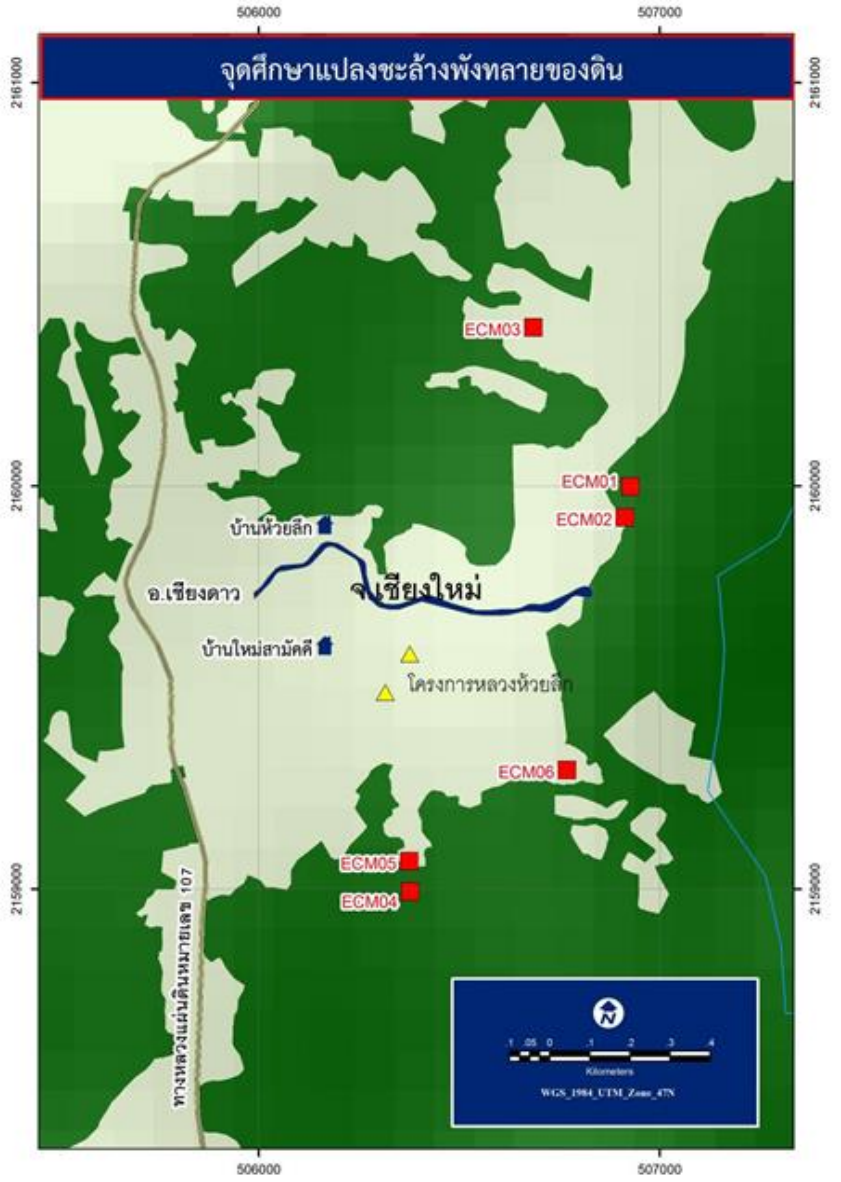
1.4 ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน ข้อมูลจากโปรแกรม TSM (Thai soil management simulation farming) ซึ่งจะมีข้อมูลของธาตุอาหารหลักและรองที่พืชแต่ละชนิด ความต้องการน้ำในการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่

1.5 ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลอื่น ๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเฝ้าติดตามรวบรวมข้อมูลด้านสถิติ ภูมิอากาศ จากหน่วยงานที่เฝ้าติดตาม เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลง และดูความสัมพันธ์กับข้อมูลด้านการเกษตร และด้านอื่น ๆ

2. การวางแผนสำรวจข้อมูล และการวางจุดสำรวจ

2.1 ทำการคัดเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำของจังหวัดเชียงใหม่ วางจุดเก็บตัวอย่างข้อมูลเกษตรกร ข้อมูลดิน ในแต่ละลุ่มน้ำ โดยแบ่งประเภทของตัวอย่าง ดังนี้

- Fix 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นตัวอย่าง ในการเฝ้าติดตามข้อมูลอย่างต่อเนื่อง
- Float 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นตัวอย่าง ในการเฝ้าติดตามข้อมูลที่ผันแปรไป



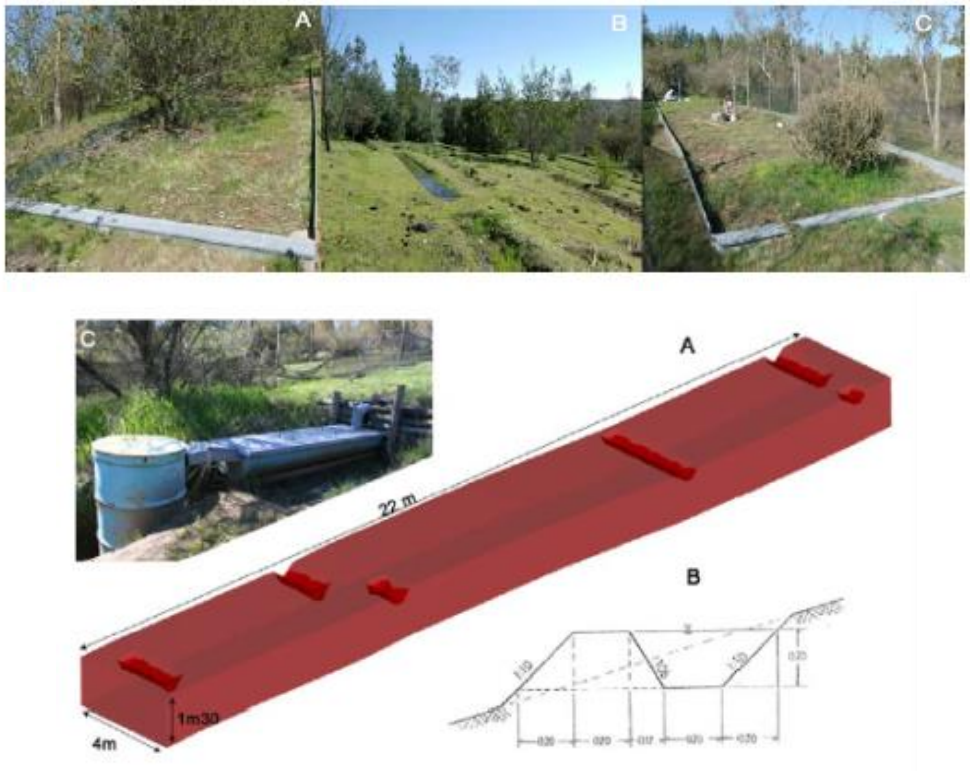
ภาพที่ 1 จุดศึกษาแปลงชะล้างพังทลายของดิน ณ โครงการหลวงห้วยลึก

1. ECM01 แปลงป่าไม้
2. ECM02 แปลงข้าวไร่
3. ECM03 แปลงพืชผัก
4. ECM04 แปลงป่าไม้
5. ECM05 แปลงมะม่วง
6. ECM06 แปลงพืชผัก

3. วิธีการศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

ดำเนินการวางแผนและสำรวจเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดินทั้งสองลุ่มน้ำ เพื่อประเมินการสูญเสียดิน โดยสร้างแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำละ 3 แปลง ที่มีความลาดชันและการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 6 แปลง ดังภาพที่ 12 โดยแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 22 เมตร มีระดับความลาดชันแตกต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

- ระดับความลาดชัน 9–10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตร การตั้งถิ่นฐาน ดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์
- ระดับความลาดชัน 20–25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชัน และเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากการใช้ที่ดินผิดประเภท
- ระดับความลาดชัน 30–35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง เสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินได้ง่าย และได้รับการป้องกันไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร



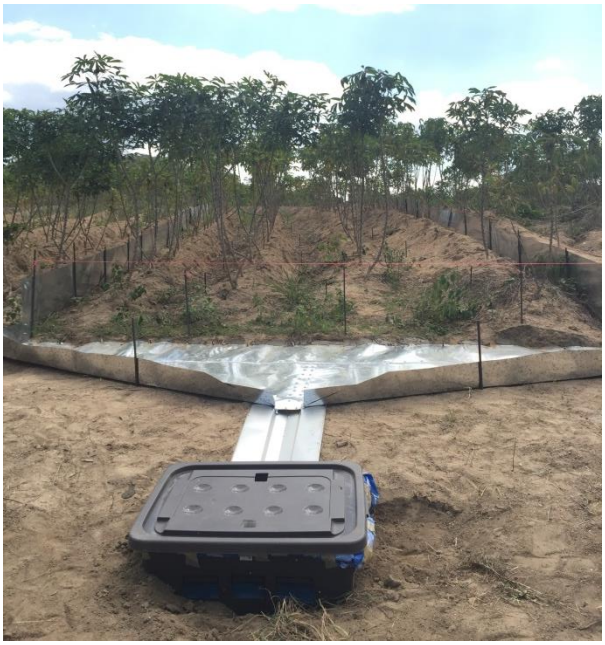
ภาพที่ 2 ตัวอย่างแปลงสำรวจเก็บข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน (Wishmeier plot)

จากการสำรวจและวางแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินดังนี้ พื้นที่ต้นน้ำเป็นป่าเบญจพรรณ พื้นที่กลางน้ำเป็นแปลงข้าวไร่ และพื้นที่ปลายน้ำเป็นแปลงปลูกพืชผัก ตามพื้นที่ที่มีความลาดชัน 30-35 20-25 และ 9-10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการใช้ประโยชน์ที่ดินตามความลาดชันที่แตกต่างกัน พื้นที่ต้นน้ำความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์เป็นป่า

เบญจพรรณ พื้นที่กลางน้ำมีความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ปลูกมะม่วง และปลายน้ำมีความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ เป็นพื้นที่ปลูกพืชผัก

3.1 ศึกษาปริมาณตะกอนดินในถังดักตะกอน

วิธีการประเมินการสูญเสียดินจากปริมาณตะกอนดินในถังดักตะกอน โดยสร้างแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก พื้นที่ละ 3 แปลง ซึ่งมีความลาดชันและการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน รวมทั้งสิ้น 6 แปลง โดยแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 22 เมตร และขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ท้ายแปลงของทุกแปลงขุดบ่อดักตะกอนดินขนาดกว้าง 0.75 เมตร ยาว 1 เมตร และลึก 1 เมตร ดังภาพที่ 2 โดยเก็บตัวอย่างดินเดือนละครั้ง แล้วนำปริมาณตะกอนดินในถังดักตะกอนดินมาอบให้แห้งและชั่งน้ำหนักหาปริมาณการสูญเสียดิน



ภาพที่ 3 การวางบ่อดักตะกอนดินในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

3.2 วิธีปักหมุดเพื่อวัดการชะล้างพังทลายของดิน (Pin Technique)

วิธีการประเมินการสูญเสียดินด้วยวิธีปักหมุดเพื่อวัดการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายของดิน ดำเนินการศึกษาในแปลงชะล้างพังทลายของดินขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 22 เมตร จำนวน 6 แปลง แบ่งเป็นลุ่มน้ำละ 3 แปลง ปักหมุดเหล็กลึกลงไปในดิน 10 เซนติเมตร เหลือส่วนเหนือดิน 20 เซนติเมตร ในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจำนวน 10 แถวๆ ละ 3 จุด รวม 30 หมุดต่อแปลง ดังภาพที่ 15 โดยวัดความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นหรือหายไปจากหมุดที่ปักไว้ทุกเดือน แล้วจึงนำมาประเมินการสูญเสียดินต่อพื้นที่

การคำนวณปริมาณการสูญเสียดินจากการวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับพื้นผิว เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนย้ายของผิวหน้าดินและจัดทำแผนที่ (Terrain analysis)

- วัดการเปลี่ยนแปลงของผิวดิน (ความสูงของผิวดิน) ตรงบริเวณที่ปักหมุดไว้ ในแต่ละเดือน
- คำนวณการเปลี่ยนแปลงของผิวดินในแต่ละเดือน
- เกลี่ยค่าการเปลี่ยนแปลงของผิวดิน (Interpolation: IDW) โดยใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ให้ครอบคลุมทั้งแปลงศึกษา
- แปลงค่าที่ได้จากการเกลี่ยค่า ให้อยู่ในรูปของ DEM หรือแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ซึ่งมีข้อมูลความสูงของผิวดินอยู่
- หาปริมาตรของผิวดินทั้งที่มีการทับถมเพิ่มขึ้น (Concave) และปริมาตรของผิวดินทั้งที่มีการชะล้างหายไป (Convex) โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

<u>คำนวณหาปริมาตรดินจากสมการ</u>

ปริมาตรดิน = DEM Volume x Bulk density

คำนวณปริมาณการสูญเสียดินในแต่ละแปลงจากสมการ

ปริมาณการสูญเสียดิน = ปริมาตรดินที่ชะล้างหายไป – ปริมาตรดินที่ทับถมเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 4 วิธีการปักหมุดในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน

3.3 ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556ก)

การประเมินการสูญเสียดินด้วยสมการการสูญเสียดินฟิตตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาพบความสัมพันธ์การสูญเสียดินของประเทศไทยโดยนำข้อมูลที่ได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายปีจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจากทั้ง 4 สถานีตรวจวัด และขนาดของพื้นที่ที่ศึกษามาประเมินการสูญเสียดินจากสมการที่กำหนดไว้ดังนี้

$$Y = (64x^{2.134})/320696887A$$

โดย Y = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตันต่อปี)

x = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายปี (มิลลิเมตร)

A = ขนาดของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา (ไร่)

3.4 ปริมาณการสูญเสียดินประเมินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney (MMF) model (Morgan et al., 1984)

วิธีการใช้แบบจำลอง MMF เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือ ต้องทราบถึงรายละเอียดของปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษา ทั้งด้านสภาพภูมิอากาศ และดินดังนี้

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้แก่
   - ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (Annual rainfall: R)
   - ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (Rainy day: Rn)
   - ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (Rainfall intensity: I)
2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดินประกอบไปด้วย
   - ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (Moisture content at field capacity: MS)
   - ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density: BD)
   - ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดชะด้วยน้ำฝน (Soil detachability index: K)
3) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบด้วย
   - ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (Crop cover factor: C)
   - ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (Crop interception percent factor: A)
   - ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (Ratio of actual to potential evapotranspiration: Et/E0)
   - ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Rooting depth: RD)
4) ข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศ
   - ข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาระดับความสูงของภูมิประเทศ คือข้อมูลเส้นความสูงเท่า (Contour line) ที่มีระยะห่างกันชั้นละ 100 เมตร (ยุทธชัย และคณะ, 2547)

4. ดำเนินการนำองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ และความรู้เรื่องเมืองเกษตรสีเขียว เผยแพร่และถ่ายทอดให้กับชุมชน เกษตรกร ผู้ที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาส่วนนี้ จะดำเนินการบูรณาการข้อมูลด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ และความรู้เรื่องเมืองเกษตรสีเขียว ร่วมกับสถานีพัฒนาที่ดินเชียงใหม่

5. ดำเนินการ ศึกษา เปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง MMF ในพื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ ด้วยแบบจำลอง MMF (Morgan, Morgan and Finney: MMF)

6. การขยายผลการศึกษา

นำผลการศึกษาขยายผลสู่พื้นที่อื่นภายในจังหวัดเมืองเกษตรสีเขียว อีก 5 จังหวัด ๆ ละ 10 แห่ง รวมทั้งโครงการทั้งสิ้น 60 แห่ง เพื่อเป็นการเทิดพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโอกาสทรงเจริญพระชนมายุครบ 60 พรรษา

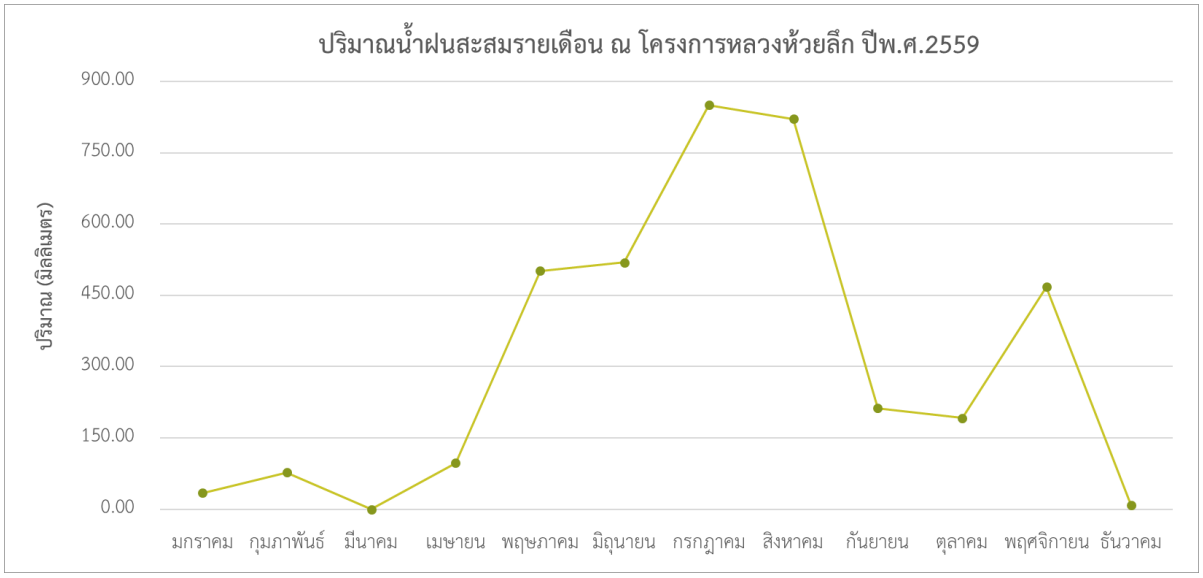
ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ปีพ.ศ.2559 เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือน จากการติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 5 พบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษาเดือนมกราคมมีค่าสะสมเท่ากับ 34.2 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนสะสม 77.7 มิลลิเมตร เดือนมีนาคมไม่พบการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่ เดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 97.4 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 501.4 มิลลิเมตร เดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 519.1 มิลลิเมตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 850.6 มิลลิเมตรซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดในช่วงปีการศึกษา เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 821.6 มิลลิเมตร เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 213.1 มิลลิเมตร เดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 191.9 มิลลิเมตร เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 468.2 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 9.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2559

ปีพ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2559	34.2	77.7	0.0	97.4	501.4	519.1	850.6	821.6	213.1	191.9	468.2	9.0

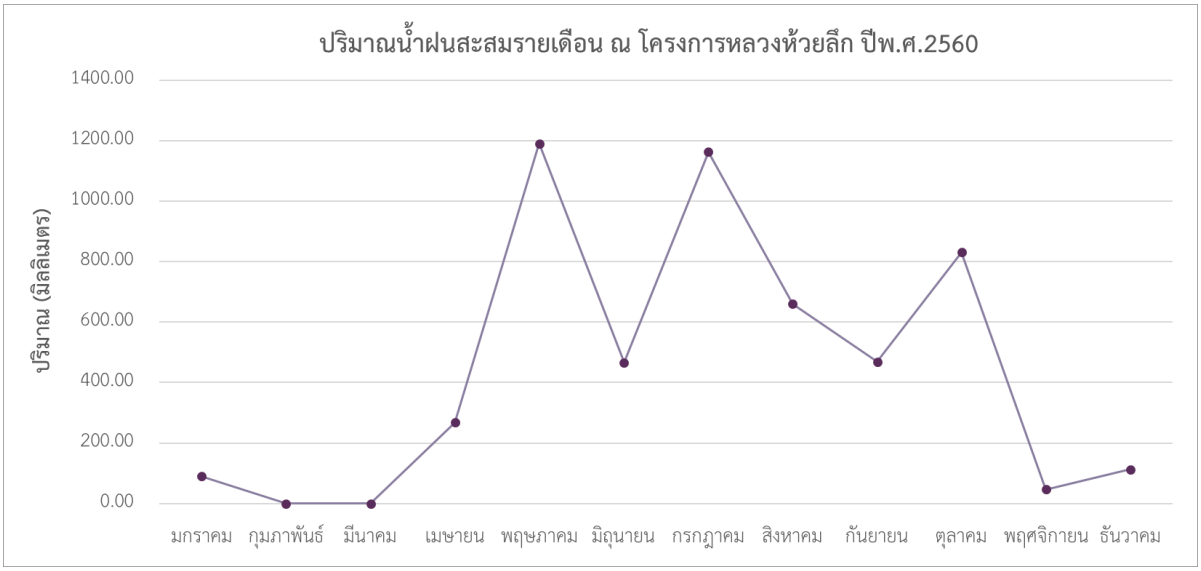


ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2559

ในปีพ.ศ.2560 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 6 พบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษาเดือนมกราคมมีค่าสะสมเท่ากับ 89.8 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์ไม่พบการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่เช่นเดียวกันกับเดือนมีนาคมที่ไม่พบการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่ เดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 268.6 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 1,191.2 มิลลิเมตรซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดในช่วงปีการศึกษา เดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 466.8 มิลลิเมตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 1,162.4 มิลลิเมตร เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 659.7 มิลลิเมตร เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 469.1 มิลลิเมตร เดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 830.4 มิลลิเมตร เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 46.4 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 113.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2560

ปีพ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2560	89.8	0.0	0.0	268.6	1,191.2	466.8	1,162.4	659.7	469.1	830.4	46.4	113.2



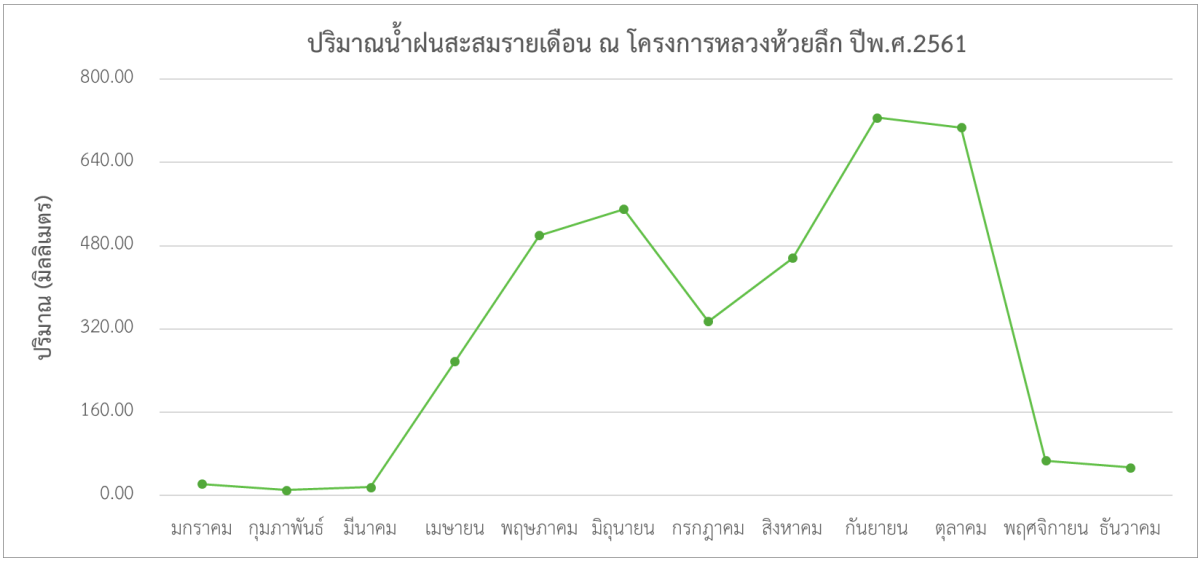
ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2560

ในปีพ.ศ.2561 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 7 พบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษาเดือนมกราคมมีค่าสะสมเท่ากับ 22.7 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนสะสม 11.0 มิลลิเมตร เดือนมีนาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 16.3 มิลลิเมตร เดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 257.7 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 500.4

มิลลิเมตร เดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 550.9 มิลลิเมตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 334.7 มิลลิเมตร เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 456.7 มิลลิเมตร เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 726.1 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดในช่วงปีการศึกษา เดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 707.3 มิลลิเมตร เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 67.3 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 54.4 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2561

ปีพ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2561	22.7	11.0	16.3	257.7	500.4	550.9	334.7	456.7	726.1	707.3	67.3	54.4

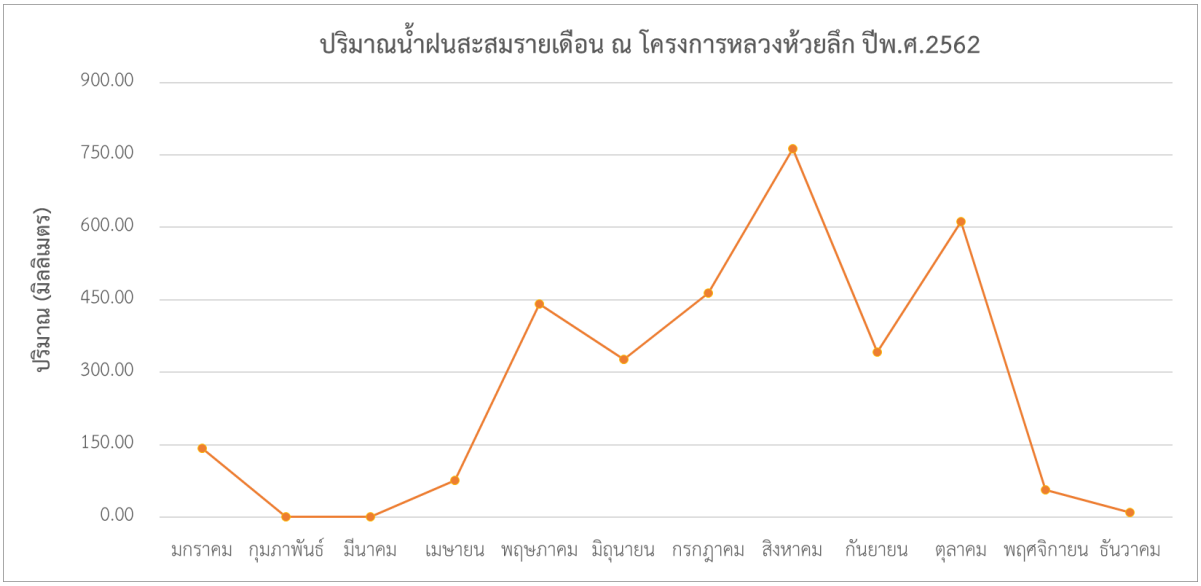


ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2561

ในปีพ.ศ.2562 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8 พบการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนบริเวณพื้นที่ศึกษาเดือนมกราคมมีค่าสะสมเท่ากับ 141.9 มิลลิเมตร เดือนกุมภาพันธ์ไม่พบการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่เช่นเดียวกับเดือนมีนาคม เดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 76.7 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 442.2 มิลลิเมตร เดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 326.8 มิลลิเมตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 464.7 มิลลิเมตร เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 763.7 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดในช่วงปีการศึกษา เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 341.8 มิลลิเมตร เดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 611.8 มิลลิเมตร เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 56.0 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 9.1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2562

ปีพ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2562	141.9	0.0	0.0	76.7	442.2	326.8	464.7	763.7	341.8	611.8	56.0	9.1

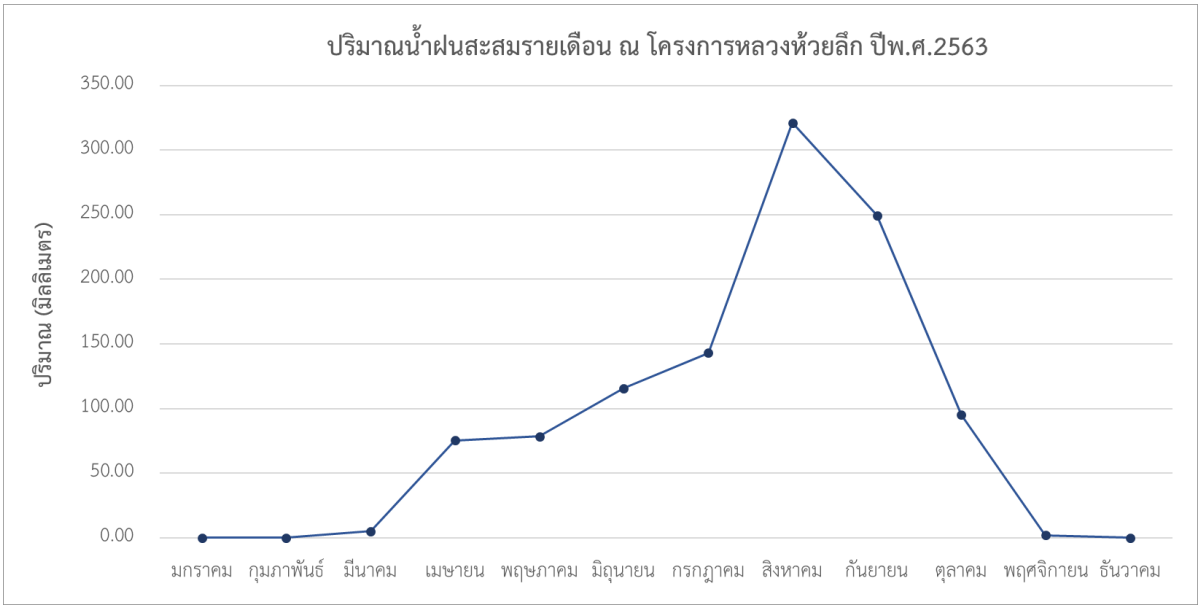


ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2562

ในปีพ.ศ.2563 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ดังที่แสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 9 พบว่าช่วงเดือนมกราคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ไม่มีการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่ เดือนมีนาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 5.1 มิลลิเมตร เดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 75.5 มิลลิเมตร เดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 78.6 มิลลิเมตร เดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 115.6 มิลลิเมตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 143.1 มิลลิเมตร เดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 321.1 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดในช่วงปีการศึกษา เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 249.4 มิลลิเมตร เดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสม 95.1 มิลลิเมตร เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสม 2.1 มิลลิเมตร และเดือนธันวาคมไม่พบการกระจายตัวของฝนหรือไม่มีฝนตกในพื้นที่

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2563

ปีพ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
2563	0.0	0.0	5.1	75.5	78.6	115.6	143.1	321.1	249.4	95.1	2.1	0.0



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ปีพ.ศ.2563

หมายเหตุ: ข้อมูลปริมาณน้ำฝนทั้งหมดได้มาจากสถานีอุตุนิยมวิทยา โครงการหลวงห้วยลึก

2. การชะล้างพังทลายของดิน

การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก จากแปลงศึกษาขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 22 เมตร ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันตามระดับความลาดชันของพื้นที่ 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ต้นน้ำความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่บริเวณกลางน้ำความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่บริเวณปลายน้ำความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาและประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษาโดยได้แบ่งออกเป็น 4 วิธีการศึกษา 1) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณตะกอนในถังดักตะกอน 2) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยวิธีปักหมุด 3) ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) และ 4) ประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) ให้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ปริมาณตะกอนดินในถังตกตะกอน

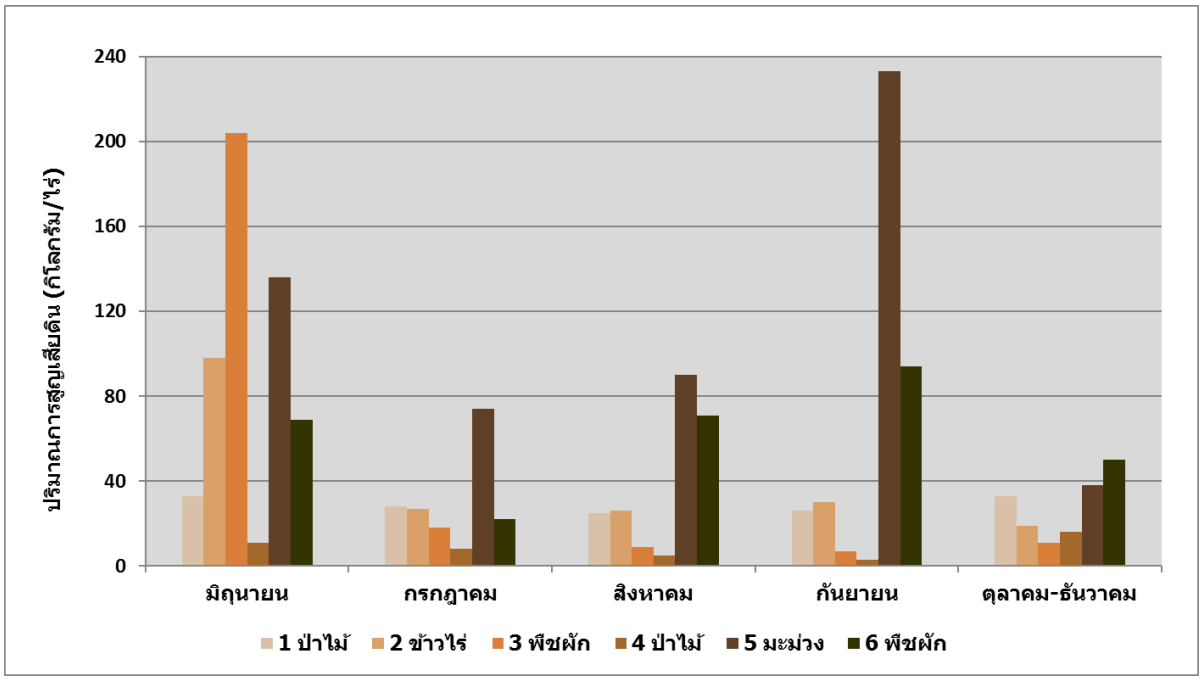
จากการศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากถังดักตะกอนดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย จำนวน 3 จุด ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันตามระดับความลาดชันของพื้นที่แบ่งเป็นแปลงป่าเบญจพรรณ (ECM01) ความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ แปลงข้าวไร่ (ECM02) ความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และแปลงพืชผัก (ECM03) ความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ในปี2559 จะพบว่าแปลงพืชผัก (ECM03) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 249 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2560 จะพบว่าแปลงข้าวไร่ (ECM02) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 116 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2561 พบว่าแปลงป่าเบญจพรรณ (ECM01) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 19.09 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2562 พบว่าแปลงป่า เบญจพรรณ (ECM01) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 414 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี2563 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการศึกษาจะพบว่าแปลงป่าเบญจพรรณ (ECM01) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 68.54 กิโลกรัมต่อไร่

การศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก จำนวน 3 จุด เช่นเดียวกับลุ่มน้ำแม่ปอย มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันตามระดับความลาดชันของพื้นที่แบ่งเป็น แปลงป่าเบญจพรรณ (ECM04) ความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ แปลงมะม่วง (ECM05) ความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และแปลงพืชผัก (ECM06) ความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ในปี2559 จะพบว่าแปลงมะม่วง (ECM05) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 571 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2560 จะพบว่าแปลงพืชผัก (ECM06) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 533 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2561 พบว่าแปลงพืชผัก (ECM06) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 53.27 กิโลกรัมต่อไร่ ปี2562 พบว่าแปลงพืชผัก (ECM06) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 178.5 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี2563 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการศึกษา จะพบว่าแปลงป่าเบญจพรรณ (ECM04) มีปริมาณตะกอนดินสูงสุดคิดเป็น 117.30 กิโลกรัมต่อไร่

ผลการศึกษาปี2559

ตารางที่ 6 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)

แปลง	มิถุนายน กิโลกรัมต่อไร่	กรกฎาคม กิโลกรัมต่อไร่	สิงหาคม กิโลกรัมต่อไร่	กันยายน กิโลกรัมต่อไร่	ตุลาคม-ธันวาคม กิโลกรัมต่อไร่
1 ป่าไม้	33.00	28.00	25.00	26.00	33.00
2 ข้าวไร่	98.00	27.00	26.00	30.00	19.00
3 พืชผัก	204.00	18.00	9.00	7.00	11.00
4 ป่าไม้	11.00	8.00	5.00	3.00	16.00
5 มะม่วง	136.00	74.00	90.00	233.00	38.00
6 พืชผัก	69.00	22.00	71.00	94.00	50.00

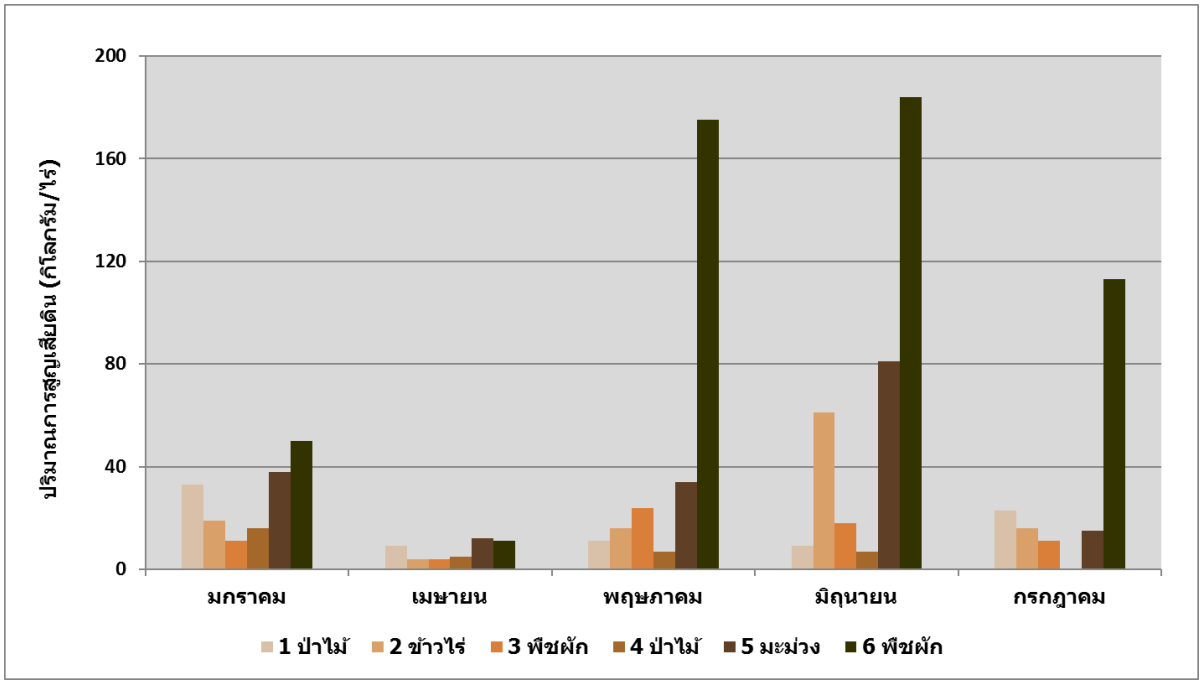


ภาพที่ 10 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)

ผลการศึกษาปี2560

ตารางที่ 7 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)

แปลง	มกราคม กิโลกรัมต่อไร่	กุมภาพันธ์ กิโลกรัมต่อไร่	มีนาคม กิโลกรัมต่อไร่	เมษายน กิโลกรัมต่อไร่	พฤษภาคม กิโลกรัมต่อไร่	มิถุนายน กิโลกรัมต่อไร่	กรกฎาคม กิโลกรัมต่อไร่
1 ป่าไม้	33.00	0.00	0.00	9.00	11.00	9.00	23.00
2 ข้าวไร่	19.00	0.00	0.00	4.00	16.00	61.00	16.00
3 พืชผัก	11.00	0.00	0.00	4.00	24.00	18.00	11.00
4 ป่าไม้	16.00	0.00	0.00	5.00	7.00	7.00	0.00
5 มะม่วง	38.00	0.00	0.00	12.00	34.00	81.00	15.00
6 พืชผัก	50.00	0.00	0.00	11.00	175.00	184.00	113.00

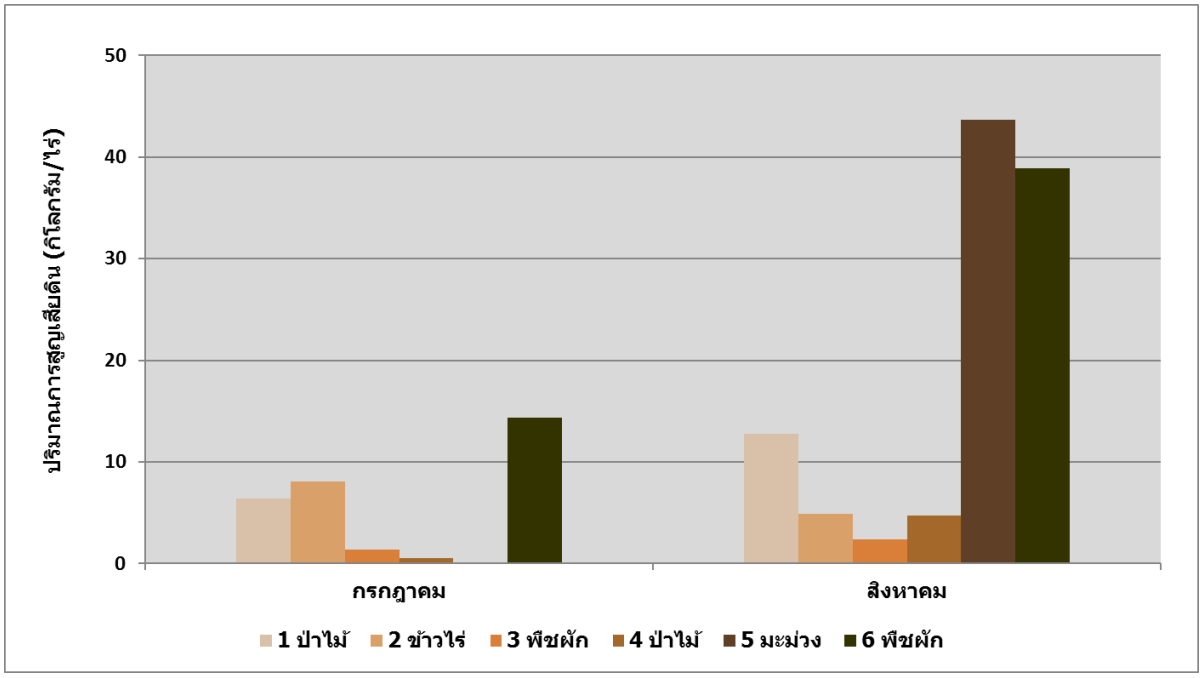


ภาพที่ 11 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)

ผลการศึกษาปี2561

ตารางที่ 8 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม – สิงหาคม 2561)

แปลง	กรกฎาคม กิโลกรัมต่อไร่	สิงหาคม กิโลกรัมต่อไร่
1 ป่าไม้	6.36	12.73
2 ข้าวไร่	8.09	4.91
3 พืชผัก	1.36	2.36
4 ป่าไม้	0.55	4.73
5 มะม่วง	-	43.64
6 พืชผัก	14.36	38.91

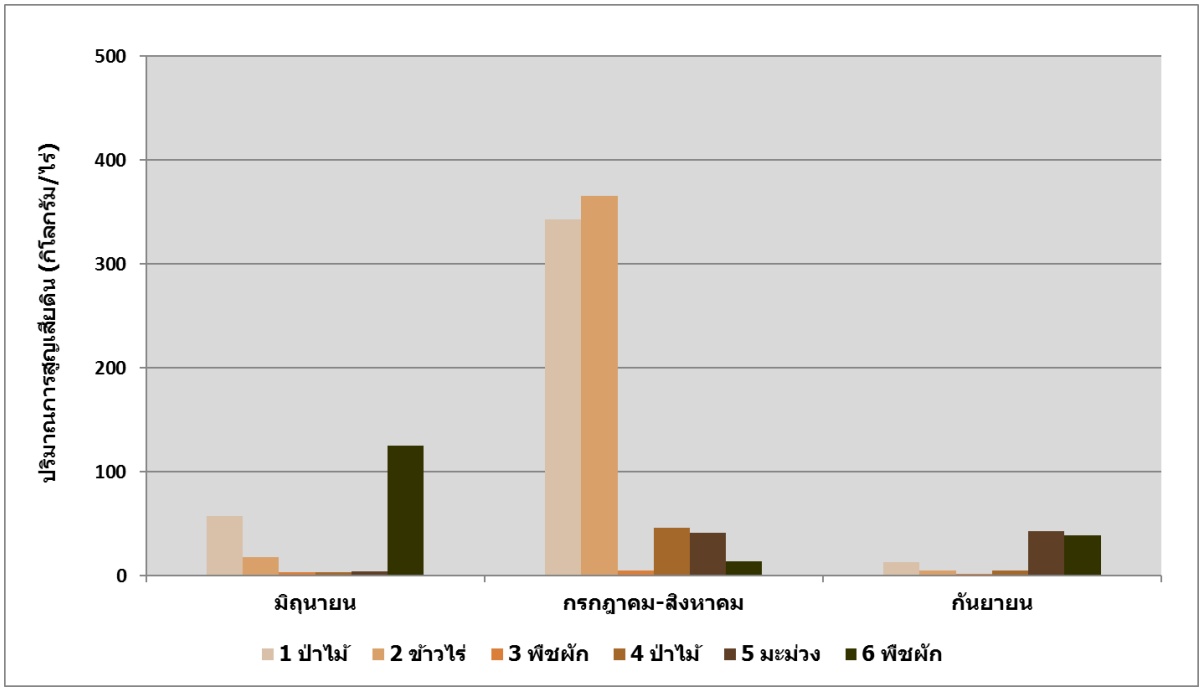


ภาพที่ 12 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม – สิงหาคม 2561)

ผลการศึกษาปี2562

ตารางที่ 9 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)

แปลง	มิถุนายน กิโลกรัม/ไร่	กรกฎาคม-สิงหาคม กิโลกรัม/ไร่	กันยายน กิโลกรัม/ไร่
1 ป่าไม้	57.55	343.45	13.00
2 ข้าวไร่	18.00	365.82	5.00
3 พืชผัก	3.09	4.90	2.00
4 ป่าไม้	3.27	46.00	5.00
5 มะม่วง	4.18	41.09	43.00
6 พืชผัก	125.45	14.00	39.00

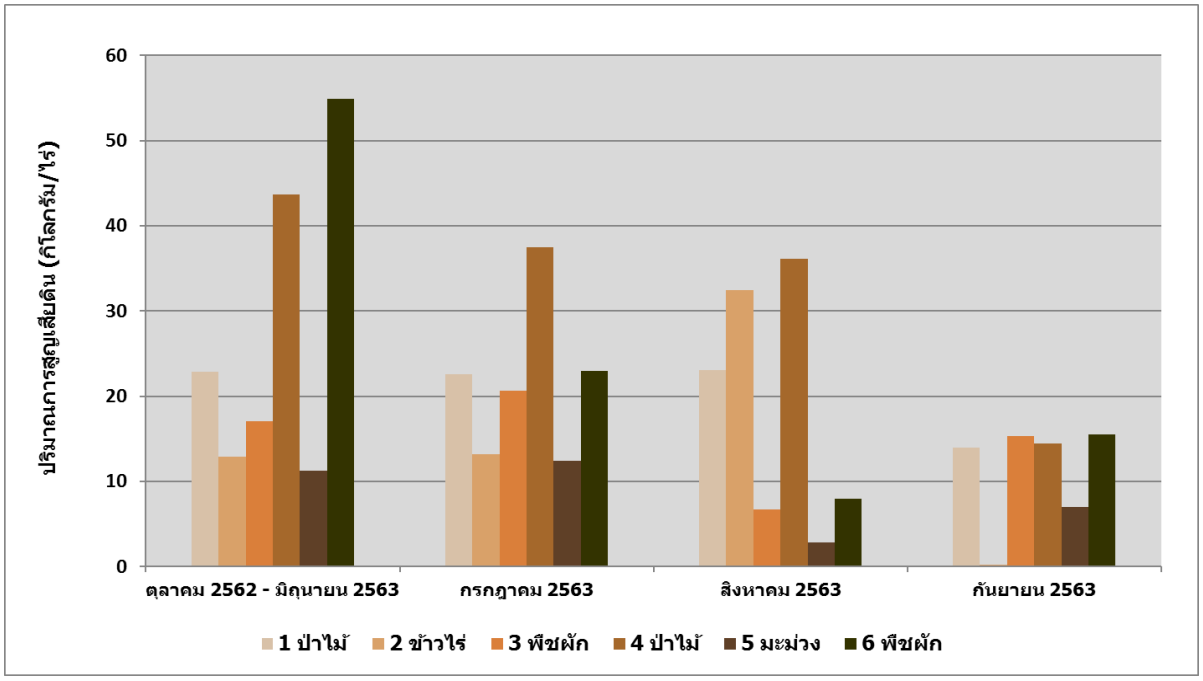


ภาพที่ 13 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)

ผลการศึกษาปี2563

ตารางที่ 10 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563)

แปลง	ตุลาคม 2562 - มิถุนายน 2563 กิโลกรัมต่อไร่	กรกฎาคม 2563 กิโลกรัมต่อไร่	สิงหาคม 2563 กิโลกรัมต่อไร่	กันยายน 2563 กิโลกรัมต่อไร่
1 ป่าไม้	22.90	22.55	23.09	14.00
2 ข้าวไร่	12.91	13.18	32.45	0.18
3 พืชผัก	17.09	20.64	6.73	15.36
4 ป่าไม้	43.64	37.45	36.18	14.45
5 มะม่วง	11.27	12.45	2.82	7.00
6 พืชผัก	54.90	23.00	7.91	15.55



ภาพที่ 14 ปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563)

จากการศึกษาจะพบว่า ในแต่ละปีนั้นแปลงศึกษาจะเกิดการสูญเสียดินในปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วยปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความชัน (slope) หรือสิ่งที่ปกคลุมบนพื้นผิวดิน ซึ่งในแต่ละปีการศึกษาจะเกิดการสูญเสียดินทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 9 ในปี2559 จะเกิดการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึกคิดเป็น 0.20 ตันต่อไร่ต่อปี และ 0.31 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ปี2560 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.09 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.25 ตันต่อไร่ต่อปี ปี2561 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.01 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.03 ตันต่อไร่ต่อปี ปี2562 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.27 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก

เกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.11 ตันต่อไร่ต่อปีและปี2563 ซึ่งเป็นปีการศึกษาสุดท้าย ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.07 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินคิดเป็น 0.09 ตันต่อไร่ต่อปี

ตารางที่ 11 ปริมาณตะกอนดินทั้งหมดในแปลงศึกษาจากถังตกตะกอนดิน

ลุ่มน้ำ	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณตะกอนดิน (กิโลกรัม/ไร่)					ปริมาณตะกอนดินทั้งหมด (กิโลกรัม/ไร่)
		2559	2560	2561	2562	2563	
ลุ่มน้ำแม่ปอย	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	145	85	19.09	414	82.54	745.63
	ข้าวไร่ (ECM02)	200	116	13	388.8	58.72	776.52
	พืชผัก (ECM03)	249	68	3.72	9.99	59.82	390.53
	รวมปริมาณ (กิโลกรัม/ไร่)	549	269	35.81	812.8	201.1	1,912.68
	อัตราการสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	0.20	0.09	0.01	0.27	0.07	0.64
ลุ่มน้ำห้วยลึก	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	43	35	5.28	54.27	131.7	269.25
	มะม่วง (ECM05)	571	180	43.64	88.27	33.54	916.45
	พืชผัก (ECM06)	306	533	53.27	178.5	101.4	1,172.20
	รวมปริมาณ (กิโลกรัม/ไร่)	920	748	102.2	321.0	266.6	2,357.90
	อัตราการสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	0.31	0.25	0.03	0.11	0.09	0.79

2.1.1 ปริมาตรน้ำในถังตกตะกอน

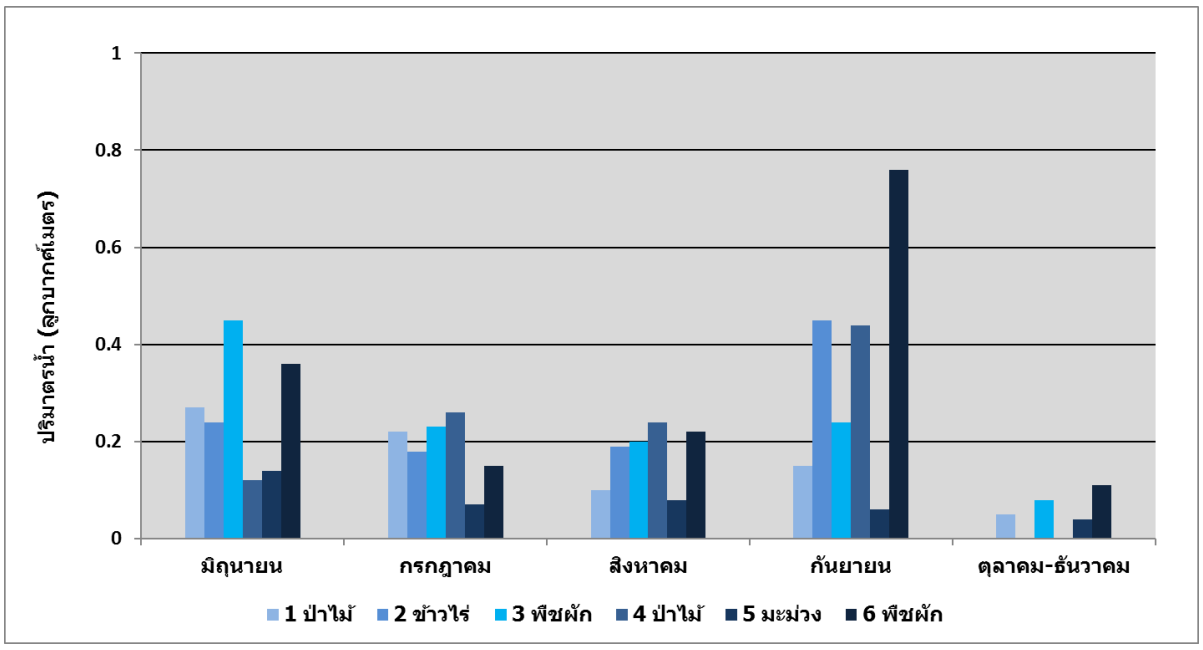
จากการศึกษาปริมาตรน้ำจากการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย จำนวน 3 จุด ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันตามระดับความลาดชันของพื้นที่แบ่งเป็นแปลงป่าเบญจพรรณ (ECM01) ความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ แปลงข้าวไร่ (ECM02) ความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และแปลงพืชผัก (ECM03) ความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ในปี2559 จะพบว่าแปลงพืชผัก (ECM03) มีปริมาตรน้ำสะสมมากที่สุด 1.20 ลูกบาศก์เมตร เช่นเดียวกับปี2560 แปลงพืชผัก (ECM03) มีปริมาตรน้ำสะสมมากที่สุดเท่ากับ 2.02 ลูกบาศก์เมตร ส่วนปี2561 แปลงข้าวไร่ (ECM02) มีปริมาตรน้ำสะสมมากที่สุด 0.06 ลูกบาศก์เมตร ในปี2562 เช่นเดียวกันพบว่าแปลงข้าวไร่ (ECM02) มีปริมาตรน้ำสะสมมากที่สุดเท่ากับ 2.66 ลูกบาศก์เมตร และในปี2563 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการศึกษาจะพบว่าแปลงพืชผัก (ECM03) มีปริมาตรน้ำสะสมสูงสุดคิดเป็น 2.43 ลูกบาศก์เมตร

การศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก จำนวน 3 จุด เช่นเดียวกับลุ่มน้ำแม่ปอย มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันตามระดับความลาดชันของพื้นที่แบ่งเป็น แปลงป่าเบญจพรรณ (ECM04) ความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ แปลงมะม่วง (ECM05) ความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และแปลงพืชผัก (ECM06) ความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ในปี2559 จะพบว่าแปลงพืชผัก (ECM06) มีปริมาตรน้ำสะสมมากที่สุด 1.60 ลูกบาศก์เมตร เช่นเดียวกับปี2560 ปี2561 ปี2562 และปี2563 ที่มีปริมาตรน้ำสะสมอยู่ที่ 1.77 ลูกบาศก์เมตร 1.27 ลูกบาศก์เมตร 3.03 ลูกบาศก์เมตร และ 1.69 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ

ผลการศึกษาปี2559

ตารางที่ 12 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)

แปลง	มิถุนายน ลูกบาศก์เมตร	กรกฎาคม ลูกบาศก์เมตร	สิงหาคม ลูกบาศก์เมตร	กันยายน ลูกบาศก์เมตร	ตุลาคม-ธันวาคม ลูกบาศก์เมตร
1 ป่าไม้	0.27	0.22	0.10	0.15	0.05
2 ข้าวไร่	0.24	0.18	0.19	0.45	0.00
3 พืชผัก	0.45	0.23	0.20	0.24	0.08
4 ป่าไม้	0.12	0.26	0.24	0.44	0.00
5 มะม่วง	0.14	0.07	0.08	0.06	0.04
6 พืชผัก	0.36	0.15	0.22	0.76	0.11

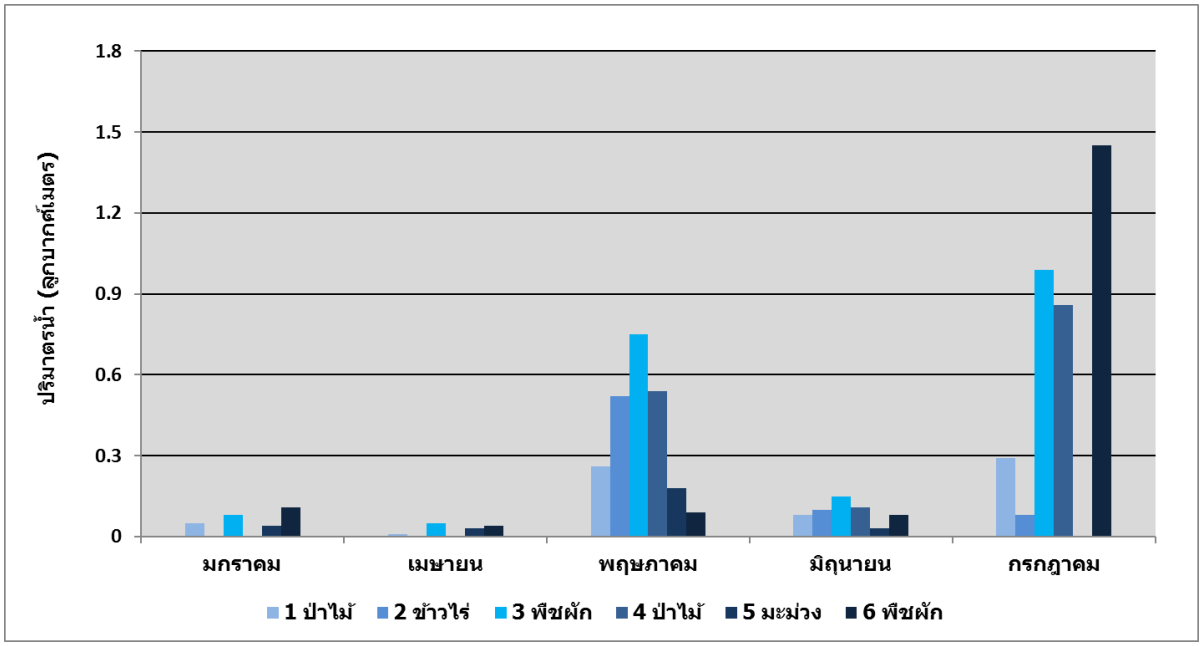


ภาพที่ 15 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-ธันวาคม 2559)

ผลการศึกษาปี 2560

ตารางที่ 13 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)

แปลงที่	มกราคม ลูกบาศก์เมตร	กุมภาพันธ์ ลูกบาศก์เมตร	มีนาคม ลูกบาศก์เมตร	เมษายน ลูกบาศก์เมตร	พฤษภาคม ลูกบาศก์เมตร	มิถุนายน ลูกบาศก์เมตร	กรกฎาคม ลูกบาศก์เมตร
1 ป่าไม้	0.05	0.00	0.00	0.01	0.26	0.08	0.29
2 ข้าวไร่	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.10	0.08
3 พืชผัก	0.08	0.00	0.00	0.05	0.75	0.15	0.99
4 ป่าไม้	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.11	0.86
5 มะม่วง	0.04	0.00	0.00	0.03	0.18	0.03	0.00
6 พืชผัก	0.11	0.00	0.00	0.04	0.09	0.08	1.45

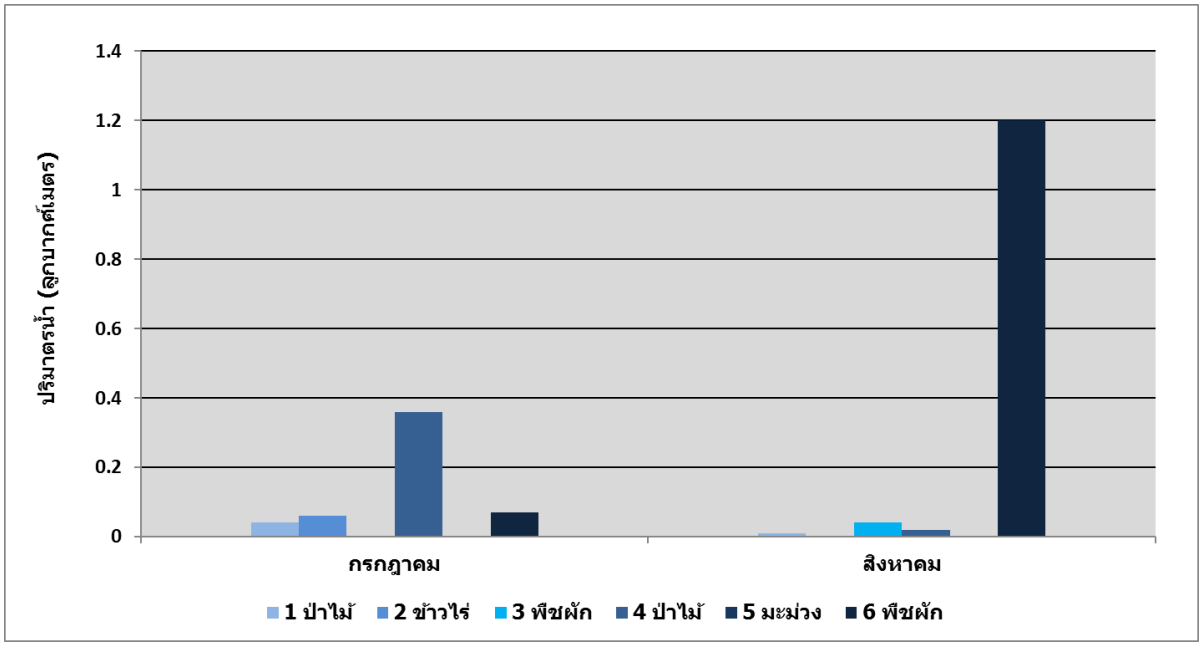


ภาพที่ 16 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มกราคม-กรกฎาคม 2560)

ผลการศึกษาปี 2561

ตารางที่ 14 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม – สิงหาคม 2561)

แปลง	กรกฎาคม ลูกบาศก์เมตร	สิงหาคม ลูกบาศก์เมตร
1 ป่าไม้	0.04	0.01
2 ข้าวไร่	0.06	-
3 พืชผัก	0.002	0.04
4 ป่าไม้	0.36	0.02
5 มะม่วง	-	-
6 พืชผัก	0.07	1.2

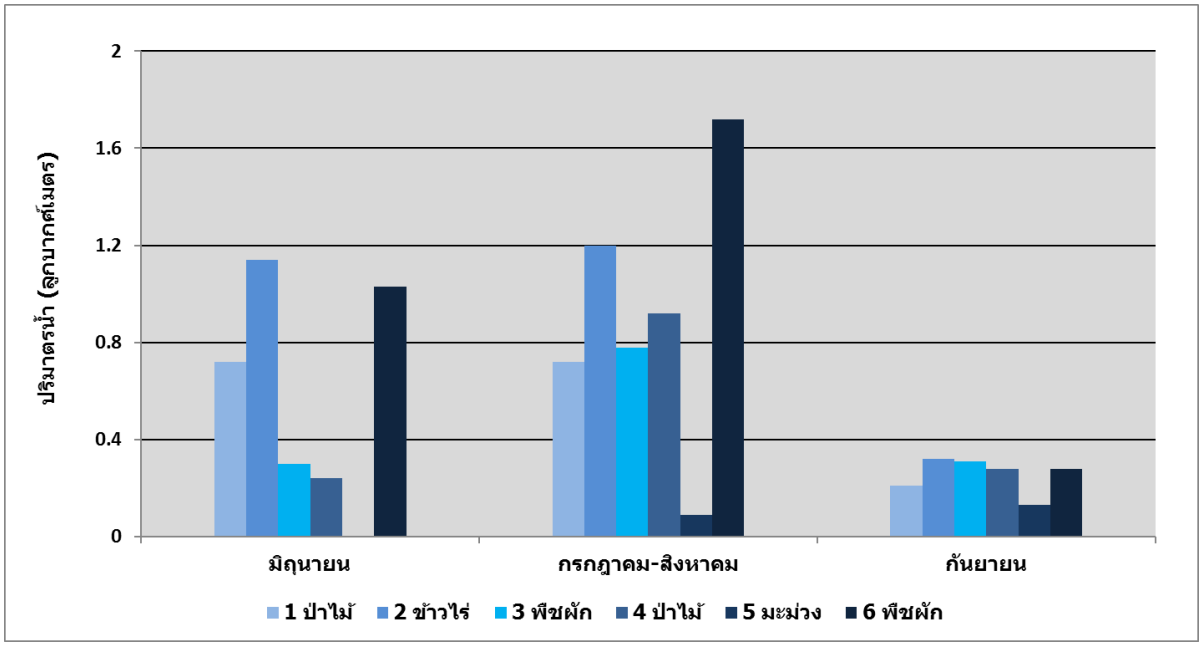


ภาพที่ 17 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (กรกฎาคม – สิงหาคม 2561)

ผลการศึกษาปี 2562

ตารางที่ 15 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)

แปลง	มิถุนายน ลูกบาศก์เมตร	กรกฎาคม-สิงหาคม ลูกบาศก์เมตร	กันยายน ลูกบาศก์เมตร
1 ป่าไม้	0.72	0.72	0.21
2 ข้าวไร่	1.14	1.20	0.32
3 พืชผัก	0.30	0.78	0.31
4 ป่าไม้	0.24	0.92	0.28
5 มะม่วง	0	0.09	0.13
6 พืชผัก	1.03	1.72	0.28

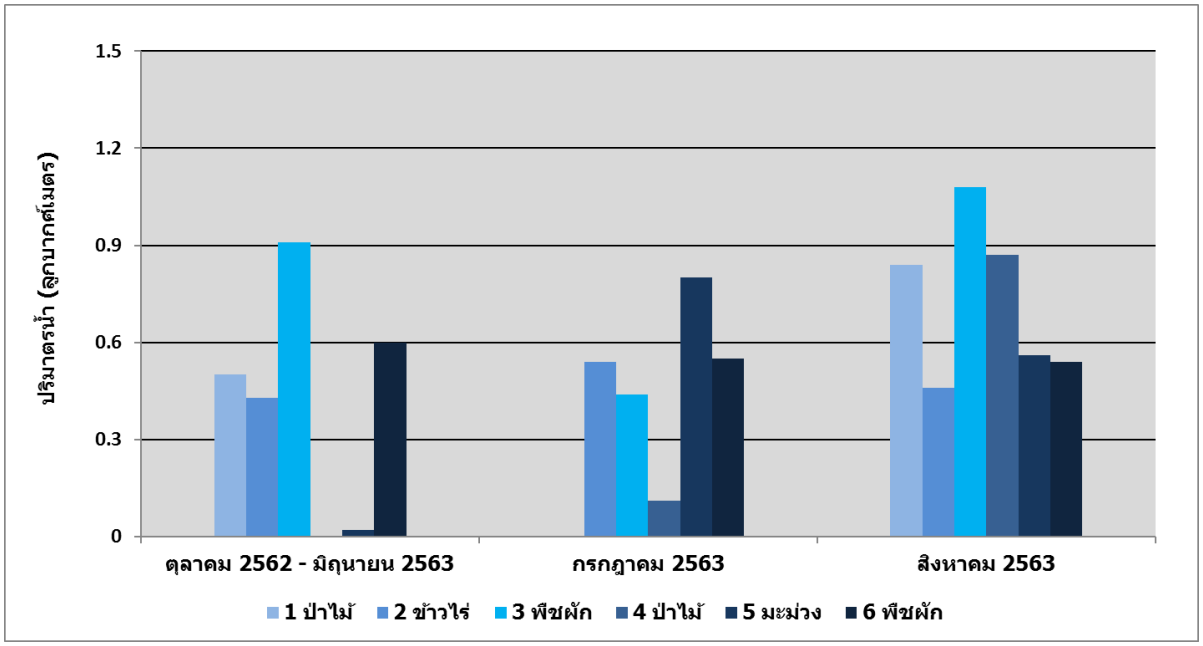


ภาพที่ 18 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (มิถุนายน-กันยายน 2562)

ผลการศึกษาปี 2563

ตารางที่ 16 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม 2562 – สิงหาคม 2563)

แปลง	ตุลาคม 2562 - มิถุนายน 2563 ลูกบาศก์เมตร	กรกฎาคม 2563 ลูกบาศก์เมตร	สิงหาคม 2563 ลูกบาศก์เมตร
1 (ป่าไม้)	0.50	0.00	0.84
2 (ข้าวไร่)	0.43	0.54	0.46
3 (พืชผัก)	0.91	0.44	1.08
4 (ป่าไม้)	0.00	0.11	0.87
5 (มะม่วง)	0.02	0.80	0.56
6 (พืชผัก)	0.60	0.55	0.54



ภาพที่ 19 ปริมาตรน้ำจากแปลงศึกษา ขนาด 4x22 เมตร (ตุลาคม 2562 – สิงหาคม 2563)

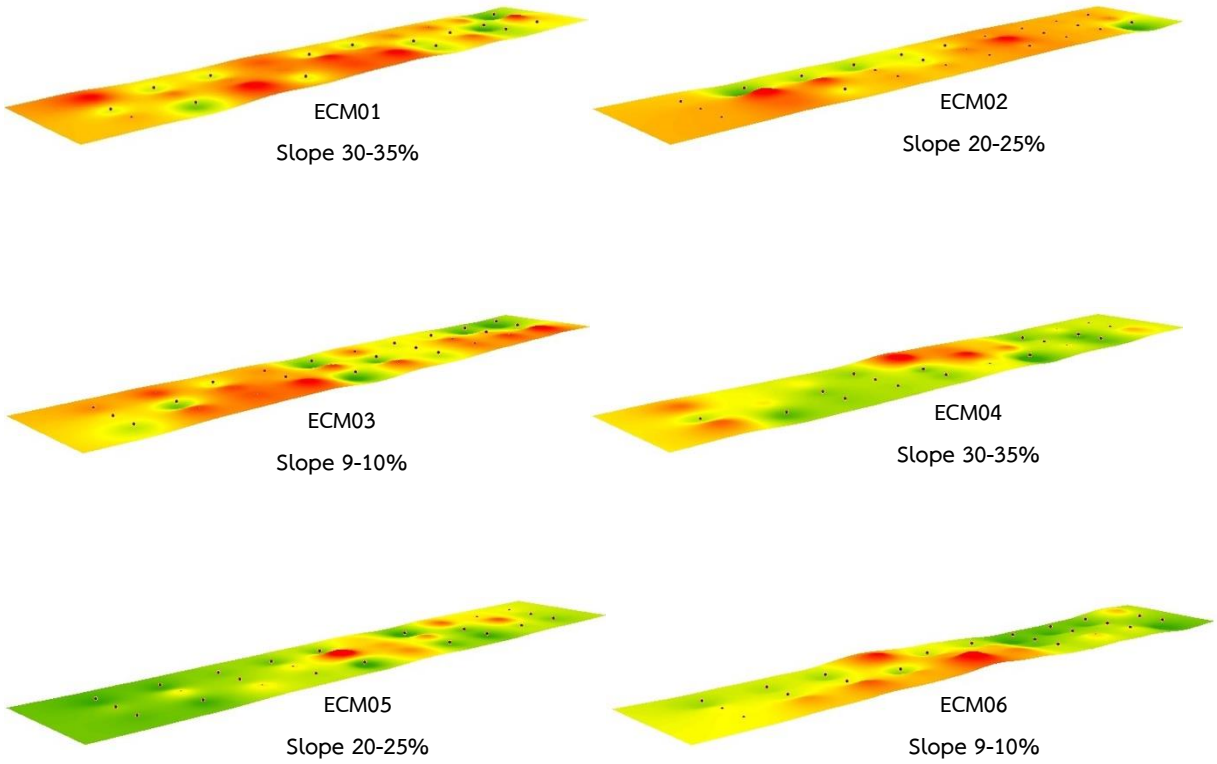
2.2 วิธีปักหมุดเพื่อวัดการชะล้างพังทลายของดิน (Pin Technique)

การศึกษาการสูญเสียดินด้วยวิธีปักหมุดในแปลงศึกษาขนาด 4x22 เมตร เพื่อวัดการเคลื่อนย้ายของผิวหน้าดิน โดยวัดความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นหรือหายไปจากหมุดที่ปักไว้จำนวน 30 จุดต่อแปลง แล้วนำมาประเมินการสูญเสียดินต่อพื้นที่ จากการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยอันได้แก่พื้นที่ป่าเบญจพรรณ (ECM01) ที่มีความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่แปลงไม้ผล (ECM02) ที่มีความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และ พื้นที่แปลงพืชผัก (ECM03) ที่มีความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกอันได้แก่ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ (ECM04) ที่มีความลาดชัน 30-35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่แปลงพืชไร่ (ECM05) ที่มีความลาดชัน 20-25 เปอร์เซ็นต์ และ พื้นที่แปลงพืชผัก (ECM06) ที่มีความลาดชัน 9-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะนำผลการศึกษาโดยวิธีปักหมุดมาคำนวณเกลี่ยค่าการเปลี่ยนแปลงของผิวดินโดยใช้การวิเคราะห์แบบ Terrain analysis ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 22 รูปที่ 25 26 27 และ 28

ตารางที่ 17 ปริมาตรและปริมาณทิศทางการพัดพาเคลื่อนย้ายดินในแปลงศึกษามาตรฐานด้วยวิธีปักหมุด

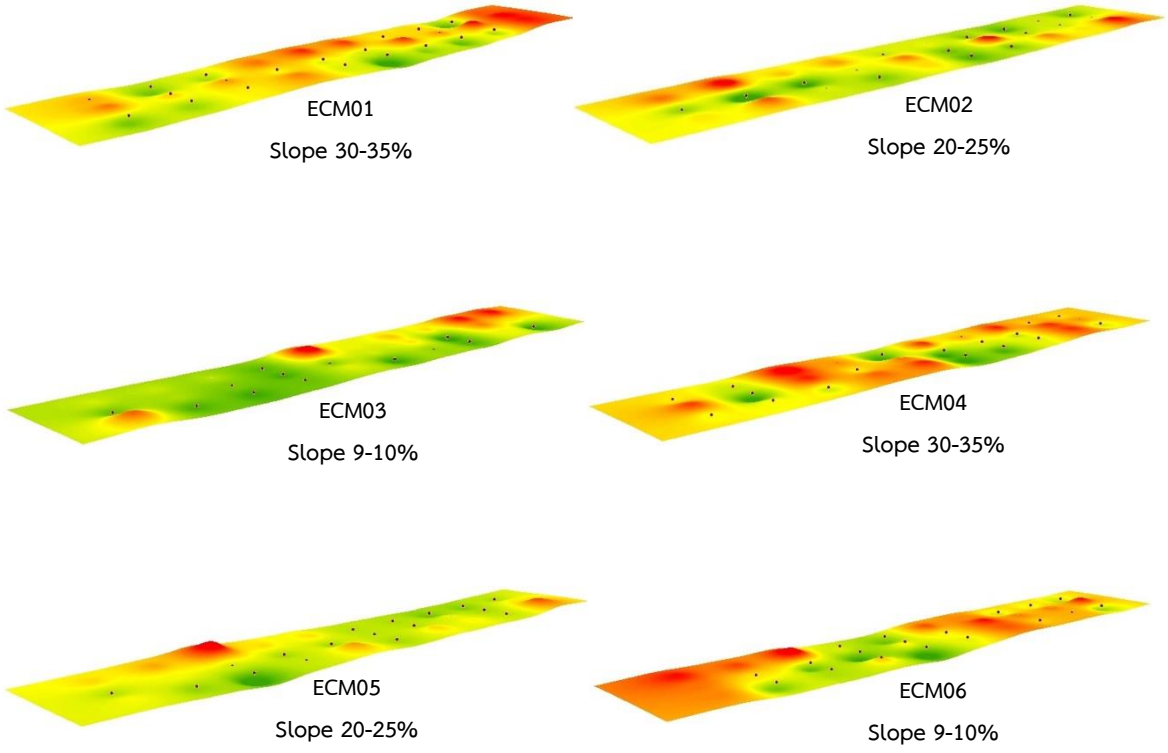
ลุ่มน้ำ	ปีการศึกษา	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ความหนาแน่นของดิน (กรัมต่อลูกบาศ์กเซนติเมตร)	อัตราการสูญเสียดิน (ตันต่อไร่)
ลุ่มน้ำแม่ปอย	2559	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	1.3	0.87
	2559	ไม้ผล (ECM02)	1.3	0.82
	2559	พืชผัก (ECM03)	1.3	0.39
	2560	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	1.3	0.90
	2560	ไม้ผล (ECM02)	1.3	0.31
	2560	พืชผัก (ECM03)	1.3	-1.42
	2561	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	1.3	-1.01
	2561	ไม้ผล (ECM02)	1.3	-0.06
	2561	พืชผัก (ECM03)	1.3	0.99
	2562	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	1.3	-1.05
	2562	ไม้ผล (ECM02)	1.3	0.74
	2562	พืชผัก (ECM03)	1.3	1.35
	2563	ป่าเบญจพรรณ (ECM01)	1.3	1.05
	2563	ไม้ผล (ECM02)	1.3	-0.26
	2563	พืชผัก (ECM03)	1.3	6.02
ลุ่มน้ำห้วยลึก	2559	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	1.3	-0.39
	2559	พืชไร่ (ECM05)	1.3	-1.44
	2559	พืชผัก (ECM06)	1.3	-1.30
	2560	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	1.3	0.25
	2560	พืชไร่ (ECM05)	1.3	-1.24
	2560	พืชผัก (ECM06)	1.3	0.29
	2561	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	1.3	0.83
	2561	พืชไร่ (ECM05)	1.3	-0.55
	2561	พืชผัก (ECM06)	1.3	1.48
	2562	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	1.3	0.78
	2562	พืชไร่ (ECM05)	1.3	-3.69
	2562	พืชผัก (ECM06)	1.3	-3.19
	2563	ป่าเบญจพรรณ (ECM04)	1.3	-0.33
	2563	พืชไร่ (ECM05)	1.3	0.05
	2563	พืชผัก (ECM06)	1.3	-0.90

ในปีการศึกษา 2559 จากการวิเคราะห์การสูญเสียด้วยวิธี Terrain analysis จะพบว่าในแปลงป่าเบญจพรรณ(ECM01) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.87 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงไม้ผล(ECM02) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.82 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชผัก(ECM03) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.39 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงป่าเบญจพรรณ(ECM04) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.39 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชไร่(ECM05) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.44 ตันต่อไร่ต่อปี และแปลงพืชผัก(ECM06) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.30 ตันต่อไร่ต่อปี



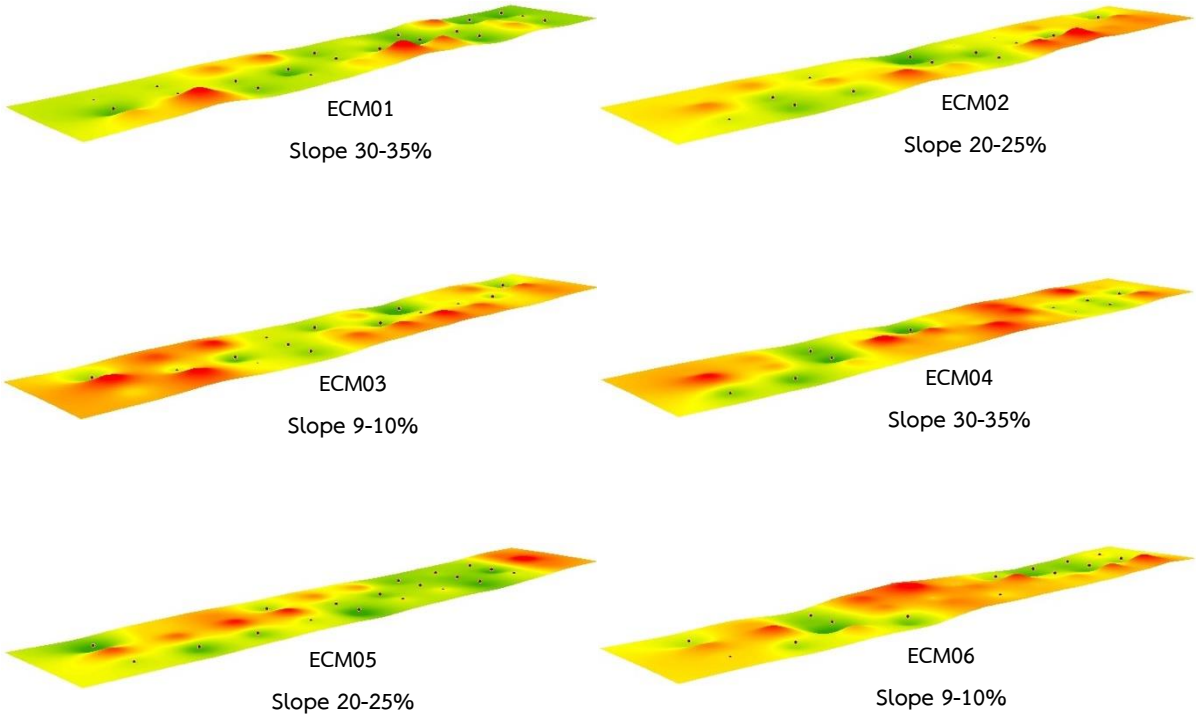
ภาพที่ 20 การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2559 โดยวิธี Terrain analysis

ในปีการศึกษา 2560 จากการวิเคราะห์การสูญเสียด้วยวิธี Terrain analysis จะพบว่าในแปลงป่าเบญจพรรณ(ECM01) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.90 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงไม้ผล(ECM02) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.31 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชผัก(ECM03) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.42 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงป่าเบญจพรรณ(ECM04) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น0.25 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชไร่(ECM05) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.24 ตันต่อไร่ต่อปี และแปลงพืชผัก(ECM06) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.29 ตันต่อไร่ต่อปี



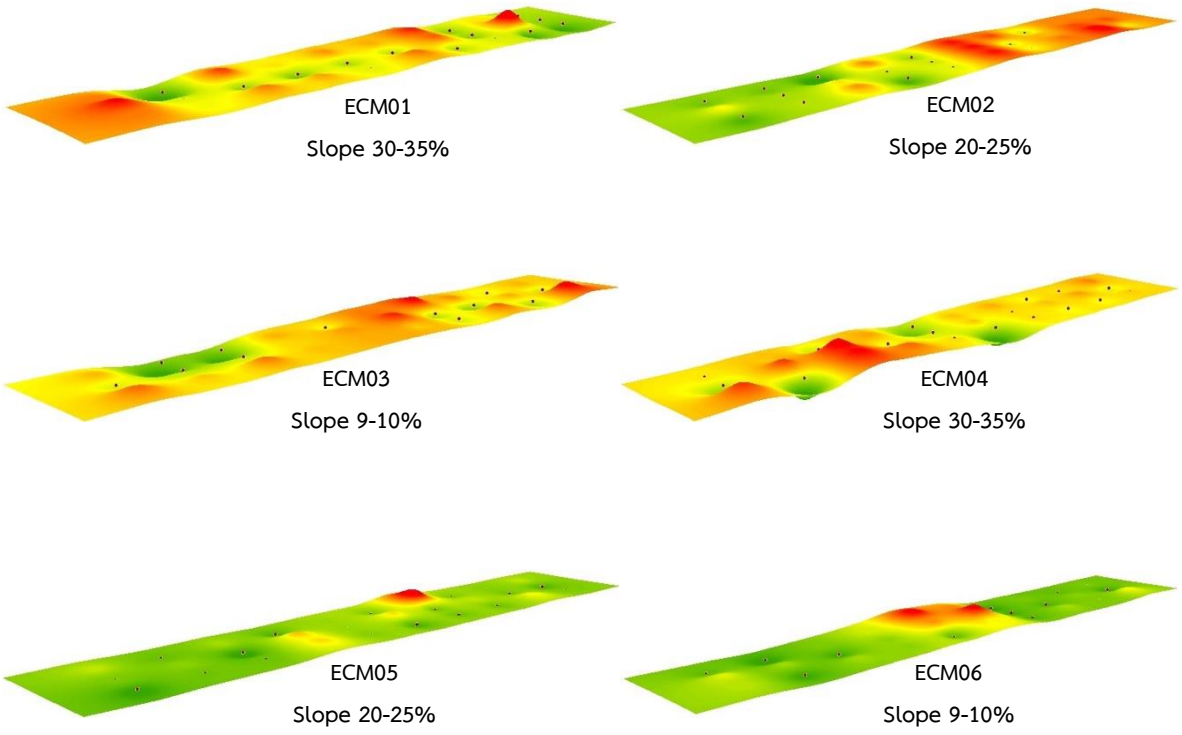
ภาพที่ 21 การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2560 โดยวิธี Terrain analysis

ในปีการศึกษา 2561 จากการวิเคราะห์การสูญเสียด้วยวิธี Terrain analysis จะพบว่าในแปลงป่าเบญจพรรณ(ECM01) จะเกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.01 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงไม้ผล(ECM02) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.06 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชผัก(ECM03) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.99 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงป่าเบญจพรรณ(ECM04) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.83 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชไร่(ECM05) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.55 ตันต่อไร่ต่อปี และแปลงพืชผัก(ECM06) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 1.48 ตันต่อไร่ต่อปี



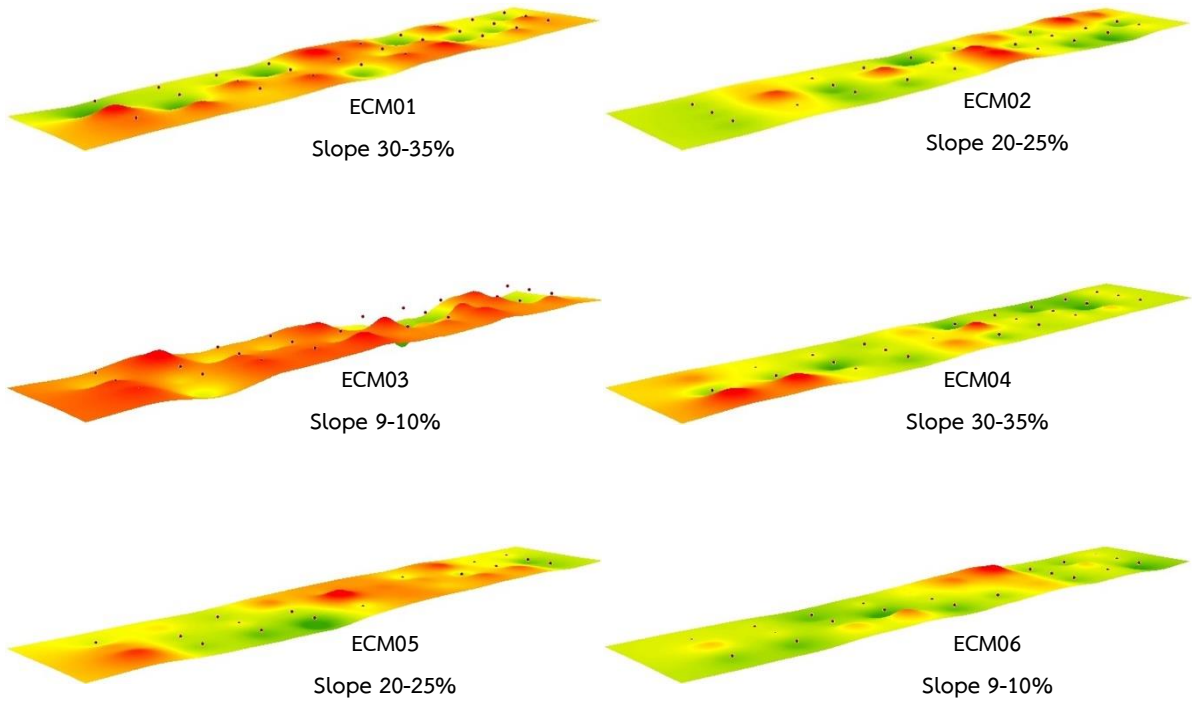
ภาพที่ 22 การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2561 โดยวิธี Terrain analysis

ในปีการศึกษา 2562 จากการวิเคราะห์การสูญเสียด้วยวิธี Terrain analysis จะพบว่าในแปลงป่าเบญจพรรณ(ECM01) จะเกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 1.05 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงไม้ผล(ECM02) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.74 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชผัก(ECM03) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 1.35 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงป่าเบญจพรรณ(ECM04) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.78 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชไร่(ECM05) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 3.69 ตันต่อไร่ต่อปี และแปลงพืชผัก(ECM06) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 3.19 ตันต่อไร่ต่อปี



ภาพที่ 23 การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2562 โดยวิธี Terrain analysis

ในปีการศึกษา 2563 จากการวิเคราะห์การสูญเสียด้วยวิธี Terrain analysis จะพบว่าในแปลงป่าเบญจพรรณ(ECM01) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 1.05 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงไม้ผล(ECM02) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.26 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชผัก(ECM03) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 6.02 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงป่าเบญจพรรณ(ECM04) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.33 ตันต่อไร่ต่อปี แปลงพืชไร่(ECM05) จะเกิดการสะสมของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายจากด้านบนสู่ด้านล่างภายในแปลงเพิ่มขึ้น 0.05 ตันต่อไร่ต่อปี และแปลงพืชผัก(ECM06) เกิดการสูญเสียตะกอนดินคิดเป็น 0.90 ตันต่อไร่ต่อปี



ภาพที่ 24 การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำ ในปีพ.ศ.2563 โดยวิธี Terrain analysis

2.3 ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

การประเมินการสูญเสียดินด้วยสมการการสูญเสียดินทางคณิตศาสตร์ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาพบความสัมพันธ์การสูญเสียดินของประเทศไทยโดยนำข้อมูลที่ได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายปี และขนาดของพื้นที่ที่ศึกษามาประเมินการสูญเสียดิน ผลการประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่ศึกษาขนาดแปลง 4x22 เมตร ปีการศึกษา2559 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยพบว่ามีการสูญเสียดินคิดเป็น 98.23 ตันต่อปี พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการสูญเสียดินคิดเป็น 147.55 ตันต่อปี ปีการศึกษา2560 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยพบว่ามีการสูญเสียดินคิดเป็น 201.39 ตันต่อปี พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการสูญเสียดินคิดเป็น 302.50 ตันต่อปี ปีการศึกษา2561 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยพบว่ามีการสูญเสียดินคิดเป็น 93.92 ตันต่อปี พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการสูญเสียดินคิดเป็น 141.07 ตันต่อปี ปีการศึกษา2562 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยพบว่ามีการสูญเสียดินคิดเป็น 70.28 ตันต่อปี พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการสูญเสียดินคิดเป็น 105.56 ตันต่อปี และปีการศึกษา2563 ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยพบว่ามีการสูญเสียดินคิดเป็น 6.84 ตันต่อปี พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีการสูญเสียดินคิดเป็น 10.27 ตันต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 18 ปริมาณการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย

ปีการศึกษา	ปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร)	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน) จาก $y = ((64x^{2.134})/320696887)*a$			อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)
		ความชัน 9-10%	ความชัน 20-25%	ความชัน 30-35%	
2559	315.35	49.26	17.43	31.54	0.04
2560	441.47	101.00	35.73	64.66	0.09
2561	308.79	47.10	16.66	30.16	0.04
2562	269.56	35.25	12.47	22.57	0.03
2563	90.47	3.43	1.21	2.20	0.003

ตารางที่ 19 ปริมาณการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก

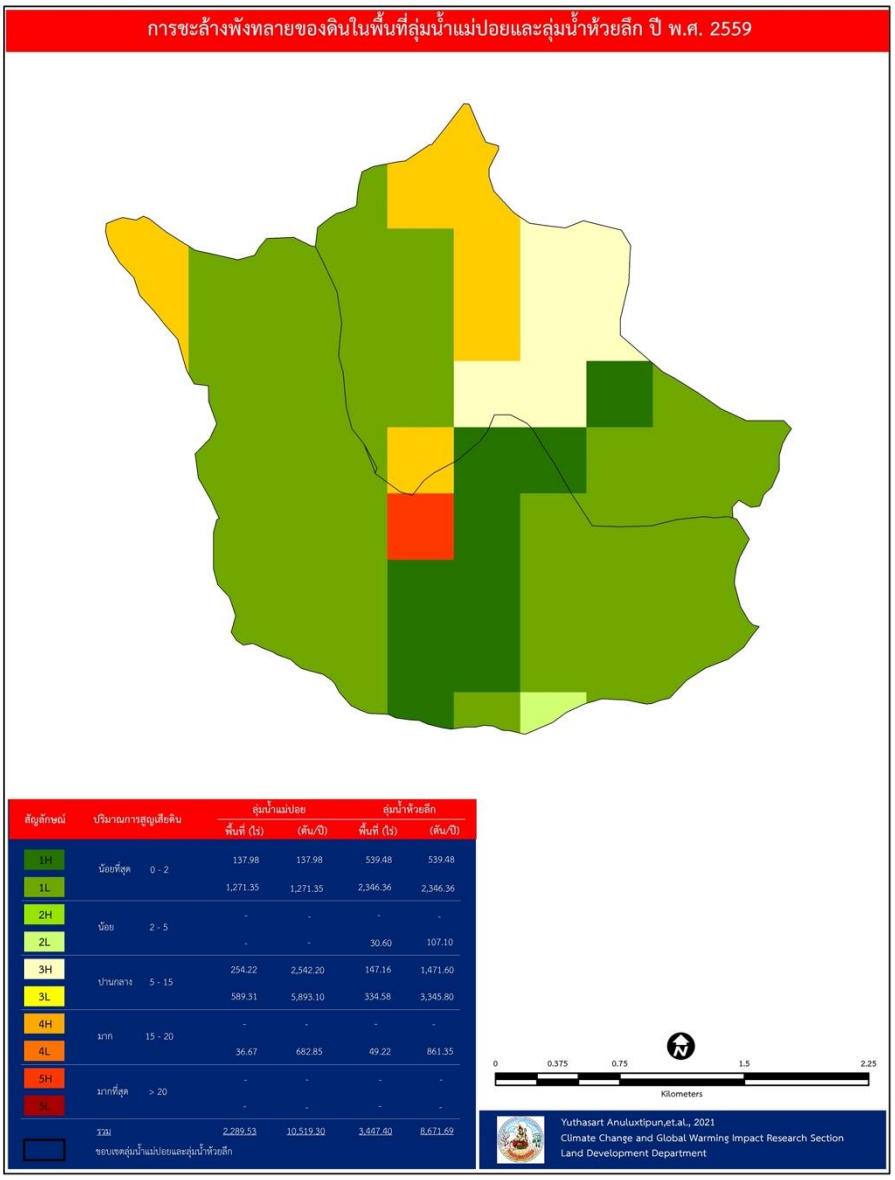
ปีการศึกษา	ปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร)	ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน) จาก $y = ((64x^{2.134})/320696887)*a$			อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)
		ความชัน 9-10%	ความชัน 20-25%	ความชัน 30-35%	
2559	315.35	66.49	40.84	40.22	0.04
2560	441.47	136.32	83.73	82.45	0.09
2561	308.79	63.57	39.05	38.45	0.04
2562	269.56	47.57	29.22	28.77	0.03
2563	90.47	4.63	2.84	2.80	0.003

2.4 ประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model)

การศึกษาการประเมินด้วยแบบจำลอง MMF เพื่อศึกษาการชะล้างพังทลายตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย และลุ่มน้ำห้วยลึก จัดทำแผนที่โดยการแบ่งการชะล้างพังทลายของดินตามพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ราบ (ที่ราบลำน้ำ ที่ลาดเชิงเขา และเนินเขา ความลาดชันน้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่สูง (ภูเขาและที่ลาดหุบเขาความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) แบ่งความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินเป็น 5 ระดับได้แก่ ระดับ 1 มีการสูญเสียดินน้อยมาก อัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ระดับ 2 มีการสูญเสียดินน้อยอัตรา 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี ระดับ 3 มีการสูญเสียดินปานกลางอัตรา 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ระดับ 4 มีการสูญเสียดินที่รุนแรงอัตรา 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี และระดับ 5 มีการสูญเสียดินรุนแรงมากอัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี

ผลการศึกษาการสูญเสียดินจากแบบจำลอง MMF ปีการศึกษา 2559 ดังแสดงในภาพที่ 31 พบว่าลุ่มน้ำแม่ปอยพื้นที่ศึกษา 2,289.53 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 1,271.35 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 137.98 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินปานกลางอัตรา 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 589.31 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 254.22 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากอัตรา 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 36.67 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำแม่ปอยเท่ากับ 10,519.30 ตันต่อปี คิดเป็น 4.59 ตันต่อไร่ต่อปี

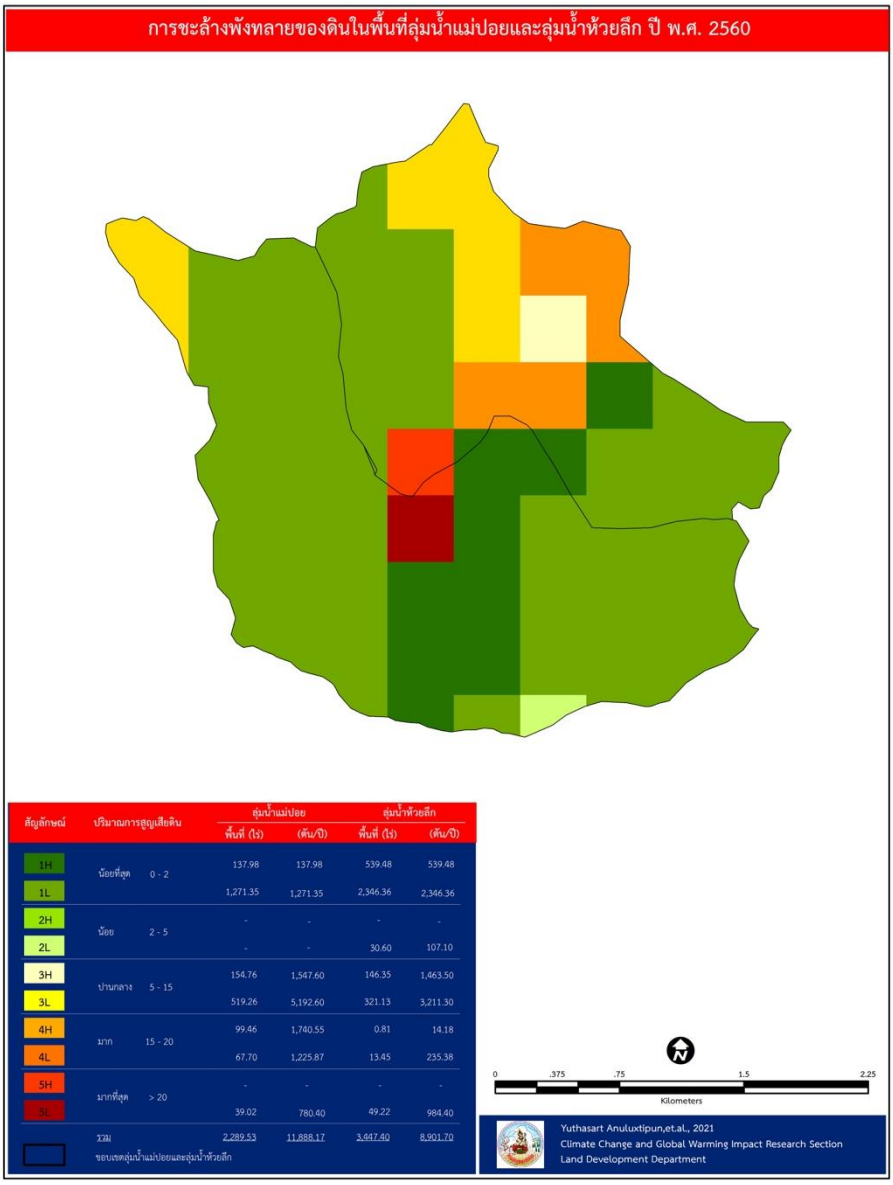
ในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกพื้นที่ศึกษา 3,447.40 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 2,346.36 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 539.48 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 30.60 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินปานกลางอัตรา 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 334.58 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 147.16 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากอัตรา 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 49.22 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำห้วยลึกเท่ากับ 8,671.69 ตันต่อปี คิดเป็น 2.52 ตันต่อไร่ต่อปี



ภาพที่ 25 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2559

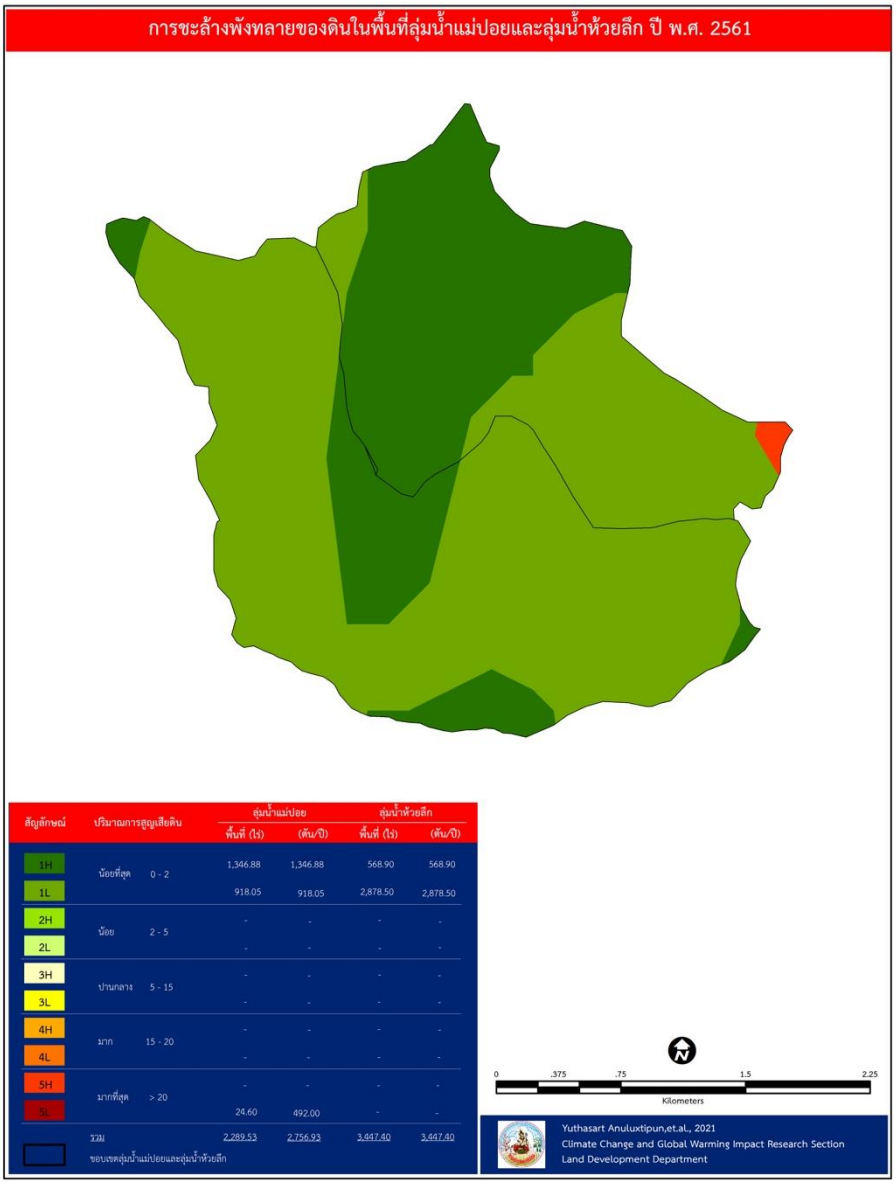
ผลการศึกษาการสูญเสียดินจากแบบจำลอง MMF ปีการศึกษา 2560 ดังแสดงในภาพที่ 32 พบว่าลุ่มน้ำแม่ปอยพื้นที่ศึกษา 2,289.53 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 1,271.35 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 137.98 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินปานกลางอัตรา 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 519.26 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 154.76 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากอัตรา 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 67.70 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 99.46 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดอัตรามากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 39.02 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำแม่ปอยเท่ากับ 11,888.17 ตันต่อปี คิดเป็น 5.19 ตันต่อไร่ต่อปี

ในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกพื้นที่ศึกษา 3,447.40 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 2,346.36 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 539.48 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 30.60 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินปานกลางอัตรา 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 321.13 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 146.35 ไร่ ระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากอัตรา 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 13.45 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 0.81 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดอัตรามากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 49.22 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำห้วยลึกเท่ากับ 8,901.70 ตันต่อปี คิดเป็น 2.58 ตันต่อไร่ต่อปี



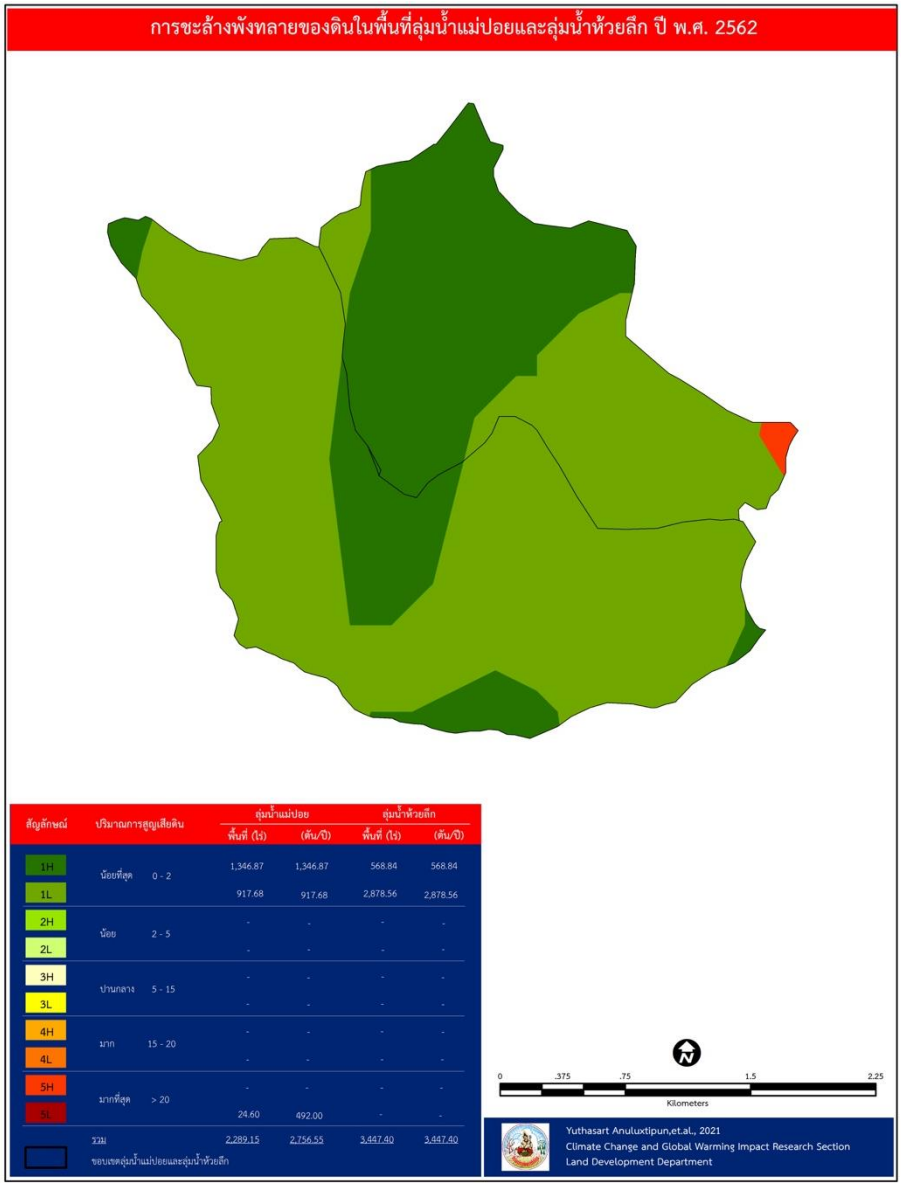
ภาพที่ 26 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2560

ผลการศึกษาการสูญเสียดินจากแบบจำลอง MMF ปีการศึกษา 2561 ดังแสดงในภาพที่ 33 พบว่าลุ่มน้ำแม่ปอยพื้นที่ศึกษา 2,289.53 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 918.05 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 1,346.88 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดอัตรามากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 24.60 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำแม่ปอยเท่ากับ 2,756.93 ตันต่อปี คิดเป็น 1.20 ตันต่อไร่ต่อปี ในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกพื้นที่ศึกษา 3,447.40 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 2,878.50 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 568.90 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำห้วยลึกเท่ากับ 3,447.40 ตันต่อปี คิดเป็น 1.00 ตันต่อไร่ต่อปี



ภาพที่ 27 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2561

ผลการศึกษาการสูญเสียดินจากแบบจำลอง MMF ปีการศึกษา 2562 ดังแสดงในภาพที่ 34 พบว่าลุ่มน้ำแม่ปอยพื้นที่ศึกษา 2,289.53 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยมากอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 917.68 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 1,346.87 ไร่ และระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดอัตรามากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 24.60 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำแม่ปอยเท่ากับ 2,756.55 ตันต่อปี คิดเป็น 1.20 ตันต่อไร่ต่อปี ในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกพื้นที่ศึกษา 3,447.40 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดินแบ่งตามระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินน้อยอัตรา 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ราบเป็นเนื้อที่ 2,878.56 ไร่ พื้นที่สูงเป็นเนื้อที่ 568.84 ไร่ รวมปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำห้วยลึกเท่ากับ 3,447.40 ตันต่อปี คิดเป็น 1.00 ตันต่อไร่ต่อปี



ภาพที่ 28 การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและห้วยลึกจากแบบจำลอง MMF ปีพ.ศ.2562

2.5 การประเมินอัตราการสูญเสียดิน 4 วิธี

จากการประเมินการสูญเสียดิน ทั้ง 4 วิธีได้แก่ 1) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณตะกอนดินในถังดักตะกอน 2) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยวิธีปักหมุด (Pin technique) 3) ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) และ 4) ประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) ตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 จนถึง 2563 พบว่าแต่ละวิธีจะมีอัตราการสูญเสียดินที่แตกต่างกัน โดยมีอัตราการสูญเสียดินดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 อัตราการสูญเสียดินจากการประเมินการสูญเสียดินทั้ง 4 วิธี

ปีการศึกษา	ลุ่มน้ำ	การประเมินการสูญเสียดิน (ตันต่อไร่ต่อปี)			
		ถังดักตะกอน	Pin technique	สมการการสูญเสียดิน	MMF
2559	แม่ปอย	0.20	0.69*	0.04	4.59
	ห้วยลึก	0.31	1.04	0.04	2.52
2560	แม่ปอย	0.09	0.07	0.09	5.19
	ห้วยลึก	0.25	0.23	0.09	2.58
2561	แม่ปอย	0.01	0.03	0.04	1.20
	ห้วยลึก	0.03	0.59*	0.04	1.00
2562	แม่ปอย	0.27	0.35*	0.03	1.20
	ห้วยลึก	0.11	2.03	0.03	1.00
2563	แม่ปอย	0.07	2.27*	0.003	-
	ห้วยลึก	0.09	0.39	0.003	-

หมายเหตุ : * เกิดการเคลื่อนย้ายของดินจากบนสู่ล่างแต่ไม่สูญเสียออกนอกแปลงศึกษา

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก จะพบว่าในช่วงปีการศึกษา 2560 มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงที่สุดคิดเป็น 5,297.60 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกับช่วงปีการศึกษา 2563 ที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมต่ำที่สุดคิดเป็น 1,085.60 มิลลิเมตร

การศึกษาการชะล้างพังทลายของดิน ด้วยวิธีการต่าง ๆ อันได้แก่ 1) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณตะกอนในถังดักตะกอน 2) ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินโดยวิธีปักหมุด 3) ประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) และ 4) ประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและลุ่มน้ำห้วยลึก โดยศึกษาจากแปลงขนาด 4x22 เมตร ตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 ถึง 2563 เป็นระยะเวลา 5 ปี พบว่า

การศึกษาการชะล้างพังทลายของดินจากปริมาณตะกอนในถังดักตะกอนพบว่า ตลอดระยะเวลาการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินจากการชั่งน้ำหนักของดินในถังดักตะกอนได้เท่ากับ 2,357.87 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินจากการชั่งน้ำหนักของดินในถังดักตะกอนได้เท่ากับ 1,912.68 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นอัตราการสูญเสียดินเท่า 0.79 และ 0.64 ตันต่อไร่ตอ่ปี ตามลำดับ เมื่อแบ่งแยกตามการใช้ประโยชน์ที่ดินจะพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบการปลูกพืชผัก (ECM03) เกิดการสูญเสียดินสะสมต่ำที่สุด 390 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย และในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบป่าเบญจพรรณ (ECM04) เกิดการสูญเสียดินสะสมต่ำที่สุด 269.25 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากบนพื้นที่มีสิ่งปกคลุมผิวดินอยู่เป็นจำนวนมากจึงเกิดการชะล้างดินในอัตราต่ำ

การศึกษาการพัดพาและการเคลื่อนย้ายของดินโดยวิธีปักหมุดจะพบว่าในแต่ละปีการศึกษาจะเกิดการพัดพาของดินภายในแปลงศึกษาแตกต่างกันออกไป ซึ่งปีการศึกษา 2562 ในแปลงพืชผัก (ECM06) เกิดการพัดพาปริมาณของดินมากที่สุดคิดเป็น 3.69 ตันต่อไร่ต่อปี

การประเมินการสูญเสียดินจากสมการทางคณิตศาสตร์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) พบว่าในปีการศึกษา 2560 เกิดการสูญเสียดินมากที่สุดคิดเป็นอัตรา 0.09 ตันต่อไร่ต่อปี ทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยและพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึก ซึ่งตลอดปีการศึกษาจะพบว่าเกิดการสูญเสียดินในอัตรา 0.20 ตันต่อไร่ต่อปี

การประเมินการสูญเสียดินจากแบบจำลอง Morgan, Morgan and Finney 1984 (MMF model) พบว่าตลอดระยะเวลาการศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยเกิดการสูญเสียดินในอัตรา 3.05 ตันต่อไร่ต่อปี และพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกเกิดการสูญเสียดินในอัตรา 1.78 ตันต่อไร่ต่อปี

ผลการสูญเสียดินเฉลี่ยตลอดปีการศึกษาในทุกวิธีการศึกษาจะพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกจะมีอัตราการสูญเสียดินมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอย ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยลึกมีอัตราการสูญเสียดินตลอดปีการศึกษาในทุกวิธีการศึกษาคิดเป็น 0.59 ตันต่อไร่ต่อปี ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปอยมีอัตราการสูญเสียดินตลอดปีการศึกษาในทุกวิธีการศึกษาคิดเป็น 0.52 ตันต่อไร่ต่อปี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา. 2550. **การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่**. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 99 หน้า.

Bricque, J.P., J.B. Migraine, A. Boonsaner, J.L. Janeau, C. Valentin and A.R. Magkinao. n.d. **Development and Validation of the PLER (Predict and Localize Erosion and Runoff) Model**. n.p.

Bui, Y., D. Orange, S. M. Visser, C. Hoanh, M. Laissus, A. Poortinga, D. Tran and L. Stroosnijder. 2013. **Lumped surface and sub-surface runoff for erosion modeling within a small hilly watershed in northern Vietnam**. n.p.

Deboodt, T.L., M.P. Fisher, J.C. Buckhouse and J. Swanson. 2008. **Monitoring Hydrological Changes Related to Western Juniper Removal: A Paired Watershed Approach**. In The Third Interagency Conference on Research in the Watersheds, 8-11 September 2008, Estes Park, CO.

DeRoo, A.P.J. 1998. **Modelling Runoff and Sediment Transport in Catchments Using GIS**. In Hydrological Processes 12(6), 905-922.

European Commission. 2011. **Explaination of the Data and Model of Soil Erosion Uploaded in the Siclian Framework of the SMS**. n.p.

Fares, A. n.d. **Runoff Estimation, and Surface Erosion and Control**. n.p.

Food and Agriculture Organization of The United Nations Regional Office for Asia and The Pacific. 2005. **Agro-Ecological Zoning and GIS Applications in Asia with Special Emphasis on Land Degradation Assessment in Drylands (LADA)**. In Proceedings of a Regional Workshop. 10-14 November 2003. Bangkok, Thailand.

Ganesh, D., Kale and S.N. Vadsola. 2012. **Modelling of Soil Erosion by non Conventional Methods**. World Academy of Science, Engineering and Technology. n.p.

Green economy and Trade. 2013. **Agriculture. United Nations Environment Programme**.

King, K.W., P.C. Smiley Jr., B.J. Baker and N.R. Fausey. 2008.**Validation of Paired Watersheds for Assessing Conservation Practices in the Upper Big Walnut Creek Watershed**, Ohio. Journal of Soil and Water Conservation Vol 63, No. 6. 380-395.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Millward, A.A. and J. E. Mersey. 1999. **Adapting the RUSLE to Model Soil Erosion Potential in a Mountainous Tropical Watershed**, Catena, 38(2), 109-129.

Olivares, B., K. Verbist, D. Lobo, R Vargas and O. Silva. 2011. **Evaluation of the Usle Model to Estimate Water Erosion in an Alfisol**. n.p.

Osmond, D.L., P. Gassman, K. Schilling, C. Wolter, C.L. Kling, M. Helmers, T. Isenhart, W. Simpkins, T. Moorman, M. Tomer, S. Rabotyagov, M. Jha, D.LK. Hoag, D.W. Meals and M. Arabi. n.d. **Walnut Creek and Squaw Creek Watersheds, Iowa: National Institute of Food and Agriculture–Conservation Effects Assessment Project**. pp. 201-210.In How to Build Better Agricultural Conservation Programs. n.p.

Ouyang, D. and J. Bartholic. 2001**. Web-Based GIS Application for Soil Erosion Prediction**. In Proceeding of an international symposium-soil erosion research for the 21st century Honolulu, 3-5 January, 2001. Institute of water research, Michigan state university.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน