

**แบบจำลองรีเกรสชันของการสูญเสียดินและน้ำจากการใช้
มาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายดินรูปแบบต่าง ๆ บริเวณ
โครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่**
**Regression Models of Soil and Water Losses from Various
Erosion Control Measures in Mae Sa Integrated
Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai**

นิพนธ์ ตั้งธรรม¹ และ อภินันท์ ขอพร²
Nipon Tangtham and Aphinan Korporn

ABSTRACT

Regression models representing factors influencing soil and water losses from no measures plot (CK), contour bund (CB), hillside ditch (HD), intermittent terrace (IT), and bench terrace (BT) were derived from 305 storm rainfalls collected from 3 replications of 5×20 runoff plots at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai during 1980-1990. Stepwise regression analysis indicate only storm rainfall (R_s) significantly influenced on storm runoff (Q_s) in each of all conservation measures with R^2 less than 0.5 for either linear or non-linear models. There was no any parameter (R_s , and age of plot, A) meet statistical criteria for Q_s in annual prediction basis. In determining sediment concentrations from plot (S), R_s and Q_s significantly influenced on strom sediment yield (S_y) either in linear or non-linear multiple regresion but with R^2 ranges from 0.3972-0.7267. Age of erosion control measures shows insignificant influence on soil erosion. In annual basis, there was no factor significantly influence on erosion prediction.

Key words : regression models, soil and water losses, conservation measures

1 ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

2 ส่วนอนุรักษ์ต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้

Watershed Conservation Div., Natural Resources Conservation Office, Royal Forest Dept., Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

แบบจำลองคณิตศาสตร์แสดงอิทธิพลของปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองที่ไม่ใช้มาตรการอนุรักษ์ใด ๆ (check plot, CK) จากพื้นที่ทำคันดินรับน้ำขอบเขา (contour bund, CB) ทำคันคูขอบเขา (hillside ditch, HD) ทำขั้นบันไดดินแบบไม่ต่อเนื่อง (intermittent terrace, IT) และทำขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง (bench terrace, BT) พัฒนาจากข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองขนาด 20x5 ตร.ม. จำนวน 3 ซ้ำจากจำนวนฝนตก 305 ครั้ง ในบริเวณโครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2523-2533 โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบกัคคอก (stepwise regression analysis) ผลปรากฏว่า เฉพาะปริมาณฝนที่ตกแต่ละครั้ง (R_s) เท่านั้น ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดน้ำบ่าหน้าดิน (Q_s) ในแปลงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ โดยมีค่า R^2 ต่ำกว่า 0.5 ไม่ว่าจะใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรงหรือไม่เชิงเส้นตรง (non-linear) ไม่มีปัจจัยใด ๆ สามารถใช้พยากรณ์ค่าปริมาณน้ำบ่าหน้าดินรวมทั้งปีได้ ปริมาณฝนตกแต่ละครั้ง (R_s) และน้ำบ่าหน้าดินที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งที่ฝนตก (Q_s) มีอิทธิพลต่อการเกิดตะกอนในแต่ละรูปแบบของการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.3972-0.7267 อายุของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการสูญเสียดิน และไม่มีปัจจัยใดเลยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการพยากรณ์ปริมาณตะกอนรายปี

คำนำ

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเชิงกล (mechanical soil erosion control) ได้มีการประยุกต์ใช้ลดการชะล้างพังทลายของหน้าดินบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงๆ

ในหลายประเทศ ดังที่ Moldenhauer and Hudson (1988) ได้รวบรวมไว้อย่างละเอียด ในประเทศไทยนั้น Sheng *et al.* (1981) ได้ทำการศึกษาในโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา โดยใช้มาตรการแบบต่าง ๆ พบว่า ในปีแรกนั้นทุกมาตรการลดการสูญเสียดินได้กว่าครึ่ง แต่ก็ไม่มีการศึกษาเพื่อสร้างสมการพยากรณ์แต่อย่างใด ทั้งนี้ก็ด้วยวัตถุประสงค์เพียงเพื่อลดทั้งปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนในเวลาเดียวกันเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วการหาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อใช้คาดคะเนการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ต่าง ๆ มักไม่ค่อยกระทำกัน ส่วนมากจะหาในลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างการชะล้างพังทลายกับพารามิเตอร์วัดพลังงานของฝน หรือน้ำไหลบ่าหน้าดิน เช่น Gumbs *et al.* (1985) ได้สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงระหว่างการสูญเสียดิน (soil loss) กับ $KE > 1$, AI_m และ EI_{30} สำหรับบริเวณที่มีความลาดตั้งแต่ 11-52% โดยสมการให้ค่า r อยู่ระหว่าง 0.494-0.978 การศึกษาอัตราการชะล้างเนื่องจากน้ำบ่าหน้าดินทั้งในกรณีที่มีฝนตกพร้อมกันไปและฝนหยุดตกในห้องทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนในน้ำบ่าหน้าดิน (Q_0) กับปริมาณน้ำบ่าหน้าดิน (q) และความลาดเท (s) ไม่ว่าจะเป็ดินชนิดใดจะมีรูปแบบของสมการเป็น $Q_0 = e^a \cdot q^b \cdot s^c$ โดยจะให้ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.49-0.91 (Quansah, 1985) ซึ่งผู้ศึกษาถือว่าขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน (grain size) เป็นสำคัญ ในกรณีที่พื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ ฝนจะเป็นตัวการสำคัญในการพัดพาตะกอน แต่ถ้าความลาดเทสูงน้ำบ่าหน้าดินจะมีบทบาทสูงกว่า

ในประเทศอินเดีย Bhardwaj *et al.* (1985) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำบ่าหน้าดินที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งเมื่อมีฝนตกในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีความลาดเท 4 เปอร์เซ็นต์ และมีการยกร่องปลูกข้าวโพดให้มีระยะห่างระหว่างแถว และภายในแถวต่างกัน 4 ระยะห่าง ได้สมการน้ำบ่าหน้าดินกับน้ำฝนใน

ลักษณะสมการเส้นตรงที่ให้ค่า r สูงกว่า 0.9 และพบว่าค่า intercept (a) ลดลงจาก 5.6 เหลือ 5.0 และ slope (b) ลดลงจาก 0.65 เหลือ 0.50 เมื่อระยะห่างของคันภายในแถวถี่มากขึ้น แม้ระยะห่างของแถวจะเพิ่มมากขึ้นก็ตาม

การศึกษาดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเชิงกล เช่น การยกร่องตามแถวเส้นระดับ และการปลูกพืชมีผลต่อการไหลบ่าหน้าดินและตะกอน แต่การวิเคราะห์หาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ว่า มาตรการต่าง ๆ ดังกล่าว จะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างไร เมื่อมีฝนตกในระดับต่าง ๆ ยังไม่ค่อยมีการศึกษากันมากนัก การศึกษาในที่นี้จึงเป็นการดำเนินการเพื่อทราบว่า มาตรการอนุรักษ์เชิงกลในรูปแบบที่เป็นคันดินรับน้ำขอบเขา คุ้มน้ำขอบเขา ขันบันไดไม่ต่อเนื่อง และขันบันไดต่อเนื่อง จะมีประสิทธิภาพต่อการลดขนาดน้ำบ่าหน้าดิน และตะกอนมากน้อยเพียงไรเมื่อมีฝนตกระดับต่าง ๆ และมาตรการดังกล่าวมีอายุมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาสมการหรือแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สามารถคาดการณ์ปริมาณการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่ที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ
2. เพื่อทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำบนพื้นที่ที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ
3. เพื่อใช้ในการคาดการณ์การสูญเสียดินและน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นภูเขา และหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากโครงการทดลองการจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัด

เชียงใหม่ (Figure 1a) ซึ่งใช้แปลงทดลองขนาด 5×20 เมตร บนความลาดเท 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 15 แปลง แบ่งออกเป็นแปลงที่ไม่ทำมาตรการอนุรักษ์ (check, CK) คันดินรับน้ำขอบเขา (contour bund, CB) คุ้มน้ำขอบเขา (hillside ditch, HD) ขันบันไดไม่ต่อเนื่อง (intermittent terrace, IT) และขันบันไดต่อเนื่อง (bench terrace, BT) (Figure 1c) มาตรการละ 3 ซ้ำ เรียงต่อเนื่องกัน ในลักษณะที่เป็นผังการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) (Figure 1b) โดยปลูกข้าวโพดในแต่ละแปลง ปลายสุดด้านล่างของแปลงทดลองมีถังรับน้ำจากท่อส่งน้ำและตะกอนจำนวน 2 ถัง โดยถังที่สองรับน้ำล้นจากถังแรก โดยใช้ท่อแบ่งน้ำรับน้ำเพียง 1/15 ของน้ำที่ไหลจากถังที่หนึ่ง ซึ่งเป็นถังสำรองไว้ในกรณีฝนตกหนักมากจนล้นถังแรก

การเก็บข้อมูลน้ำบ่าหน้าดินและตะกอนดำเนินการทุกครั้งหลังฝนตก โดยวัดความสูงของน้ำในถัง 3 ครั้งเฉลี่ยแล้วระบายน้ำออกช้าๆ จากก้นถังจนหมดน้ำ จึงวัดปริมาตรตะกอนเปียกทั้งหมด แล้วนำตัวอย่างดินเปียกไปชั่ง และเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ $105^{\circ}\text{--}110^{\circ}\text{C}$ นาน 24 ชั่วโมง เพื่อทราบน้ำหนักแห้งของตะกอนทั้งหมด ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ออกมากับน้ำที่ระบายออกนั้น พบว่า มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณตะกอนที่เก็บกักได้ในแต่ละครั้งจึงไม่นำมาคำนวณ ข้อมูลดังกล่าวได้มีการรวบรวมไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2523 ถึง 2533 โดยข้อมูลขาดหายไปในปี 2527, 2531 และ 2532

ปริมาณฝนที่ตกแต่ละวันได้จากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติแบบกระบอก 1 เครื่อง ห่างจากแปลงทดลอง 200 เมตร

การหารูปแบบสมการคาดการณ์การเกิดน้ำบ่าหน้าดินและตะกอน ทั้งกรณีที่ไม่ฝนตกแต่ละครั้งและของทั้งปีใช้ stepwise regression analysis

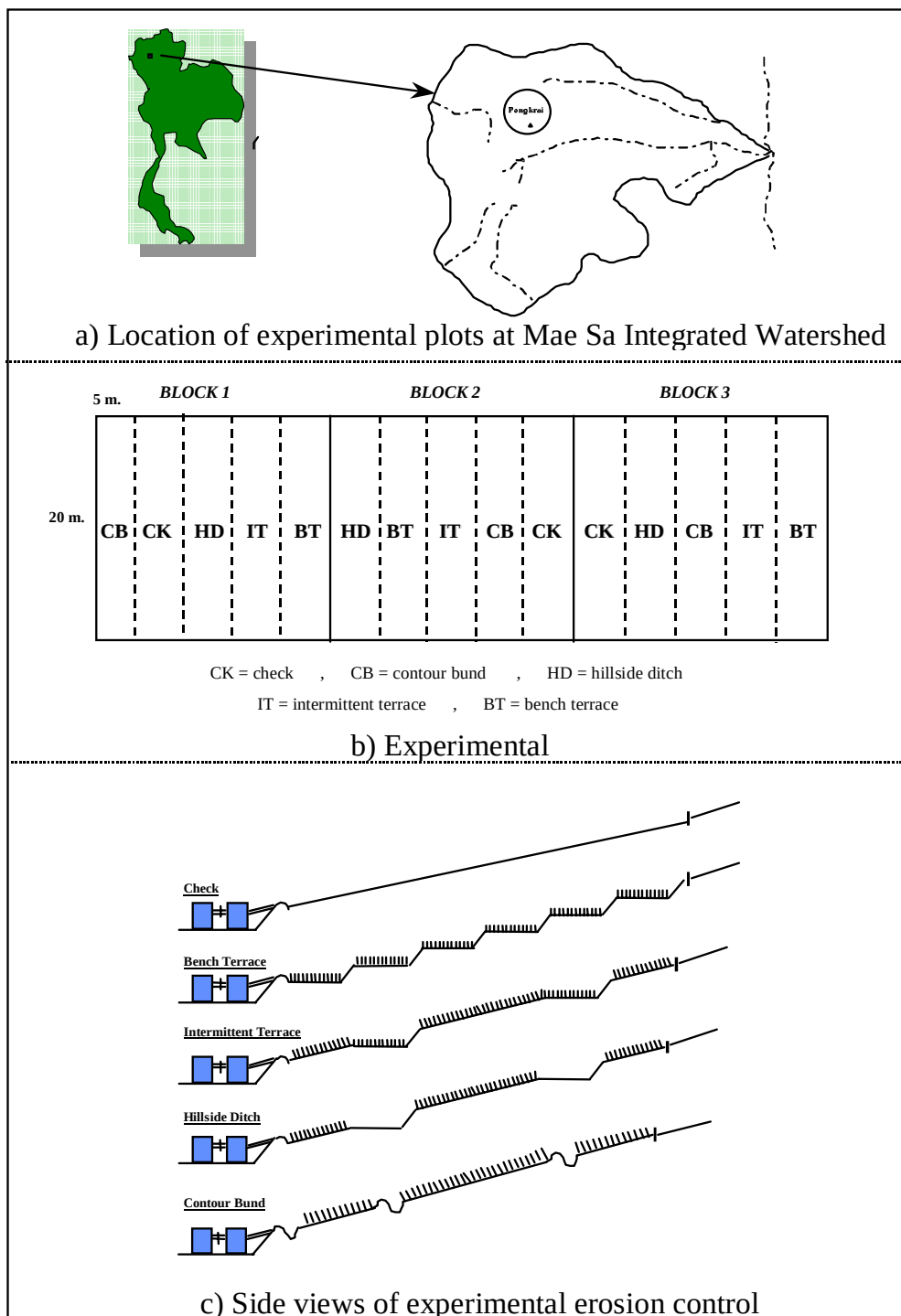


Figure 1 a) experimental location, b) design and c) plot x-sections.

ผลและวิจารณ์

1. แบบจำลองคาดการณ์การเกิดน้ำบ่าหน้าดินและปริมาณตะกอน

จากการใช้ค่าน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Q_o) ปริมาณตะกอนที่เกิดจากฝนตกแต่ละครั้ง (S_s) ปริมาณฝนที่ตกแต่ละครั้ง (R_s) ฝนตกรวมทั้งปี (R_a) และอายุการใช้งานแปลงทดลอง (A) จากจำนวนฝนที่ตกจนทำให้เกิดน้ำบ่าหน้าดินและตะกอนรวมทั้งสิ้น 305 ครั้ง (storm)

ระหว่างช่วงปี พ.ศ.2523-2533 โดยวิเคราะห์หาแบบจำลองชนิดต่าง ๆ ทั้งในรูปแบบของสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear) และไม่ใช่เส้นตรง (non-linear) 2 รูปแบบสำหรับการคาดคะเนน้ำไหลบ่าหน้าดินรายครั้ง (Q_s) 8 รูปแบบในแต่ละมาตรการอนุรักษ์ สำหรับการประมาณค่าน้ำบ่าหน้าดินรายปี (Q_a) และปริมาณตะกอนรายครั้ง (S_s) และตะกอนรายปี (S_a) ได้แบบจำลองที่ดีที่สุด สำหรับการคาดคะเน Q_s , Q_a , S_s และ S_a เลือกจากที่มีค่า R^2 สูงที่สุดแสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Regression models and associated statistical parameters of storm and annual water losses (Q_s and Q_a) and storm and annual soil losses (S_s and S_a) from various conservation measures plots at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai.

Conservation measures	Regression model	R^2	F calc	Model No.
Check (CK)	$Q_s = -1.5824 + 0.1602 R_s$	0.4139	213.991**	-(1)
	$Q_a = 73.7162 + 0.0517 R_a - 6.0823 A$	0.5366	2.895ns	-(2)
	$S_s = 0.6878 - 0.1644 R_s + 4.8839 Q_s$	0.4985	150.111**	-(3)
	$S_a = 97.7303 - 0.5535 R_a + 8.1417 Q_a$	0.7506	7.522*	-(4)
Contour bund (CB)	$Q_s = -1.3609 + 0.1421 R_s$	0.3972	199.685**	-(5)
	$Q_a = 52.0584 + 0.0467 R_a - 2.7052 A$	0.5458	3.004ns	-(6)
	$S_s = -0.2394 - 0.0173 R_s + 1.3336 Q_s$	0.3705	88.860**	-(7)
	$S_a = -610.6588 - 0.1237 R_a + 418.4337 \log Q_a + 33.7169 \log A$	0.6018	2.015ns	-(8)
Hillside ditch (HD)	$Q_s = -1.4931 + 0.1576 R_s$	0.4324	230.792**	-(9)
	$Q_a = -104.4893 + 74.4036 \log R_a - 4.3714 A$	0.5138	2.642ns	-(10)
	$S_s = -0.1014 - 0.0404 R_s + 1.7387 Q_s$	0.4293	113.580**	-(11)
	$S_a = -617.9813 - 0.2104 R_a + 483.2409 \log Q_a$	0.7518	7.573*	-(12)
Intermittent terrace (IT)	$Q_s = -1.3459 + 0.1470 R_s$	0.4516	249.522**	-(13)
	$Q_a = 69.8332 + 0.0437 R_a - 4.5650 A$	0.5838	3.507ns	-(14)
	$S_s = -0.1286 - 0.0329 R_s + 1.5163 Q_s$	0.4080	104.082**	-(15)
	$S_a = -696.3171 - 0.1034 R_a + 445.5981 \log Q_a + 7.7054 A$	0.7027	3.152ns	-(16)
Bench terrace (BT)	$Q_s = -1.1969 + 0.1322 R_s$	0.4436	241.535**	-(17)
	$Q_a = -67.2637 + 58.2682 \log R_a - 4.8331 A$	0.5919	3.626ns	-(18)
	$S_s = 0.2664 - 0.0168 R_s + 0.7079 Q_s$	0.3442	79.270**	-(19)
	$S_a = -398.3487 - 0.0322 R_a + 229.4340 \log Q_a + 83.8967 \log A$	0.7267	3.546ns	-(20)

Note: R_s = storm rainfall amount (mm), A = Age of measures (year), R_a = annual rainfall amount (mm)

แบบจำลองค่าคะแนน Q_s ของทุกมาตรการอนุรักษ์มีค่า R^2 ไม่ถึง 0.6 แม้ทุกสมการจะให้ระดับการคาดคะเนที่มีความเชื่อถือได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนแบบจำลองที่จะใช้ค่าคะแนน Q_a นั้น ไม่มีสมการใดให้ความเชื่อมั่นทางสถิติสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของแบบจำลองค่าคะแนนปริมาณตะกอนนั้น แบบจำลองค่า S_s ของทุกมาตรการให้ระดับความเชื่อมั่นในการคาดคะเนสูงถึง 99% แต่ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.3442 สำหรับชั้นบันไดต่อเนื่อง (BT) ถึง 0.4985 สำหรับแปลงที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ (CK) สำหรับ S_a นั้น แม้จะมีปัจจัยของอายุการใช้มาตรการอนุรักษ์ (A) เข้าไปด้วยก็ไม่ทำให้สมการคาดคะเนมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้จะให้ค่า R^2 สูงขึ้นถึง 0.70 ขึ้นไปก็ตาม

การที่แบบจำลองค่าคะแนน Q_0 และ S_a ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝน น้ำท่าหน้าดิน รวมกันทั้งปี และอายุของการใช้มาตรการอนุรักษ์ไม่มีนัยสำคัญในการใช้ค่าหมาย ขณะที่ปริมาณฝนรายครั้งและน้ำท่ารายครั้งมีผลนั้น น่าจะมาจากความผันแปรของปริมาณฝน น้ำท่าหน้าดินที่รวมได้ในแต่ละปีผันแปรมาก และจำนวนปีที่ใช้จริง ๆ เพียง 7 ปีนั้น ยังเป็นจำนวนตัวอย่างที่น้อยเกินไปที่จะให้แบบจำลองที่ดีได้

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำในพื้นที่ใช้มาตรการอนุรักษ์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการเกิดตะกอนดินในพื้นที่ที่ทำการมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลในแต่ละครั้งที่มีการฝนตก และข้อมูลเป็นรายปี ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

2.1.1 ในกรณีใช้ข้อมูลในแต่ละครั้งที่มีการฝนตก

จาก Table 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเดียว (simple regression) ระหว่างน้ำป่า

หน้าดินกับปริมาณฝนพบว่า ทุกสมการในแต่ละมาตรการมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะสมการเส้นตรง (linear) มากกว่าสมการยกกำลัง (power function) โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (coefficient of determination; R^2) สูงปานกลาง อยู่ระหว่าง 0.3972-0.4516

2.1.2 ในกรณีใช้ข้อมูลเป็นรายปี

จากการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเดียวและสมการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) (Table 1) พบว่า ทุกความสัมพันธ์ในแต่ละมาตรการมีสหสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่า R^2 ในระดับปานกลาง (สูงกว่ากรณีใช้ข้อมูลในแต่ละครั้งที่มีการฝนตก) คือมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.5366-0.5919 และพบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและอายุแปลงทดลอง และมีสหสัมพันธ์กับค่า $\log$ ของปริมาณน้ำฝน และอายุแปลงทดลองมากกว่าความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปริมาณตะกอนดิน

2.2.1 ในกรณีใช้ข้อมูลในแต่ละครั้งที่มีการฝนตก

จากการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเดียวและสมการถดถอยพหุคูณพบว่า ทุกความสัมพันธ์ในแต่ละมาตรการมีสหสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงว่าแม้จะเพิ่มจำนวนตัวอย่างเข้าไปอีกเท่าใดก็จะทำให้ความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกันไปจากนี้มากนัก แต่มีค่า R^2 น้อยมากจนถึงปานกลาง คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3442-0.4985 และพบว่าปริมาณตะกอนดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และมีสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และมีสหสัมพันธ์กับ $\log$ ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น แต่พบว่า ทั้ง 3 สหสัมพันธ์มีค่า R^2 ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงควรใช้สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับปริมาณ

น้ำไหลบ่าหน้าดิน หรือปริมาณตะกอนดินกับปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งจะให้ค่า R^2 ที่มากกว่าและสะดวกกว่า

2.2.2 ในกรณีใช้ข้อมูลเป็นรายปี

จากการหาความสัมพันธ์ในรูปสมการเชิงเดียว และสมการถดถอยพหุคูณพบว่า ทุกความสัมพันธ์ของมาตรการ CB, IT และ BT มีสหสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเกือบทุกความสัมพันธ์ของมาตรการ CK และ HD มีสหสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสหสัมพันธ์ของมาตรการ CK คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดิน กับ log ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและสหสัมพันธ์ของมาตรการ HD คือ สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับปริมาณน้ำฝนและ log ของปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งมีสหสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่า R^2 ตั้งแต่ปานกลางจนถึงค่อนข้างสูง คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6018-0.7518

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่า ในกรณีของการศึกษาสหสัมพันธ์ในแต่ละครั้งที่มีฝนตกนั้น สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินกับตัวแปรอิสระ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินกับปริมาณน้ำฝนมีค่าความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับตัวแปรอิสระนั้น พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าสหสัมพันธ์มากที่สุด โดยเฉพาะมาตรการ CK ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด 49.85 เปอร์เซ็นต์ และมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนในกรณีของการศึกษาสหสัมพันธ์เป็นรายปีนั้น

สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินกับตัวแปรอิสระ พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินกับ log ของปริมาณน้ำฝนและอายุแปลงทดลองมีค่าสหสัมพันธ์มากที่สุด โดยเฉพาะมาตรการ BT ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด 59.19 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับตัวแปรอิสระนั้น พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนดินกับปริมาณน้ำฝนและ log ของปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าความสัมพันธ์มากที่สุด โดยเฉพาะมาตรการ HD ที่ให้ค่า R^2 สูงสุด 75.18 เปอร์เซ็นต์ และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละมาตรการ สมการสหสัมพันธ์ที่ดีที่สุดของแต่ละมาตรการแสดงดัง Table 1 แต่สมการที่ 2, 6, 8, 10, 14, 16, 18 และ 20 มีสหสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่สามารถนำไปใช้คาดคะเนหาสหสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ส่วนสมการที่เหลือนั้นมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สำหรับค่า R^2 ซึ่งแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามนั้นมีค่าไม่มากนัก อยู่ระหว่าง 0.3442-0.7518 ดังนั้นในการที่จะนำสหสัมพันธ์เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ ที่มีสภาพทั่วไปใกล้เคียงกัน ควรใช้ข้อมูลในแต่ละครั้งที่ มีฝนตกมากกว่าข้อมูลเป็นรายปี แต่อาจให้ผลที่ผิดพลาดมากจึงสามารถใช้ได้เพียงเพื่อเป็นแนวทางในการคาดคะเนแนวโน้มเท่านั้น

สรุป

การหาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับคาดคะเนการสูญเสียดินและน้ำ จากพื้นที่ที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ ในโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา โดยใช้ข้อมูลการสูญเสียดินและ

น้ำจากแปลงทดลองที่รวบรวมโดยเจ้าหน้าที่ของโครงการ ระหว่างปี พ.ศ.2523-2533 รวมจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จากจำนวนฝนที่ตกทั้งสิ้น 305 ครั้ง ผลที่ได้จากการใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย สรุปได้ดังนี้

1. ทุกแบบจำลองที่ใช้คาดคะเนน้ำบ่าหน้าดินรายครั้งให้ค่า R^2 ต่ำกว่า 0.5 แต่ก็ให้ระดับความเชื่อมั่นในสมการสูง ส่วนการคาดคะเนการสูญเสียรายปีนั้นไม่มีสมการใดให้ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกรูปแบบของมาตรการอนุรักษ์แม้ว่า R^2 จะสูงกว่า 0.5

2. แบบจำลองคาดคะเนปริมาณตะกอนรายครั้งที่มีฝนตก ก็มีลักษณะทำนองเดียวกันกับแบบจำลองน้ำไหลบ่าหน้าดิน แม้ว่าทั้งปริมาณน้ำฝนและน้ำบ่าหน้าดินรายครั้ง จะทำให้สมการคาดหมายให้ความมั่นใจสูง แต่ค่า R^2 ที่ได้ยังอยู่ระหว่าง 0.3442-0.4985 เท่านั้น ส่วนคาดคะเนตะกอนรายปีนั้น แม้การเพิ่มปัจจัยอายุมาตรการอนุรักษ์เข้าไปจะทำให้ R^2 สูงถึง 0.75 แต่ก็ไม่ทำให้การคาดคะเนเชื่อมั่นได้สูงเป็นที่ยอมรับทางสถิติ

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำบ่าหน้าดินในแต่ละมาตรการอนุรักษ์อย่างมีนัยสำคัญ คือปริมาณฝนเท่านั้น อายุของมาตรการอนุรักษ์ที่ศึกษาในโครงการนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเกิดน้ำบ่าหน้าดินในทุกมาตรการ

4. ทั้งปริมาณน้ำฝนและน้ำบ่าหน้าดิน มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดตะกอนกับทุกมาตรการ ส่วนอายุของมาตรการอนุรักษ์นั้นไม่มีผลต่อการสูญเสียดินในทุกมาตรการ ยกเว้นในแปลงที่ไม่ได้ทำมาตรการอนุรักษ์ (CK)

เอกสารอ้างอิง

Bhardwaj, S.P., M.L. Khybri, Sewa Ram, and S.N. Prasad. 1985. Crop geometry-a nonmonetary

input for reducing erosion in corn on four percent slope, pp. 646-653. In S. A. El-Swaify, W. C. Moldenhauer and A. Lo (eds.). Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Gumbs, F.A., J.I. Linsay, M. Nasir, and A. Mohammed. 1985. Soil erosion studies in the northern mountain range, Trinidad, under different crop and soil management, pp. 90-98. In S. A. El-Swaify, W. C. Moldenhauer and A. Lo (eds.). Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Moldenhauer, W.C. and N.W. Hudson. 1988. Conservation Farming on Steep Lands. Soil and Water Conservation Society, World Association of Soil and Water Conservation, Ankeny, Iowa. 296 p.

Quansah, C. 1985. Rate of soil detachment by overland flow, with and without rain, and its relationship with discharge, slope steepness, and soil type, pp. 406-423. In S. A. El-Swaify, W. C. Moldenhauer and A. Lo (eds.). Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Sheng, T.C., J.K. Jackson, J. Kraayenhagen, N. Nakathin, and P. Watnaprateep. 1981. The effect of different structures on erosion and runoff, pp. 311-320. In T. Tingsanchali and H. Eggers (eds.). South-East Asia Regional Symp. on Problems of Soil Erosion and Sedimentation. Jan. 27-29 1981. AIT, Bangkok, Thailand.

วันรับเรื่อง : 18 พ.ค. 40

วันรับตีพิมพ์ : 19 ม.ค. 41