

ดัชนีการควบคุมการกัดเซาะหน้าดินในสมการ
การสูญเสียดินสากลของวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆ
บนพื้นที่ลาดเขาบริเวณโครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา
จังหวัดเชียงใหม่

**P-Factors in Universal Soil Loss Equation (USLE)
of Various Conservation Practices
on Hillslope at Mae Sa Integrated Watershed
and Forest Land-use Project, Changwat Chiang Mai**

นิพนธ์ ตั้งธรรม¹ และ อภินันท์ ขอพร²

Nipon Tangtham and Aphinan Korporn

ABSTRACT

P-factor in the USLE, the ratio of soil loss between conservation measures plot and up and down plowing plot, of 4 soil conservation measures namely bench terrace (BT), intermittent terrace (IT), hillside ditch (HD), and contour bund (CB) was determined based on soil loss during 1980 to 1990 observed from three replications of 5×20 meter runoff plots on 30% sloping area at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai. Results showed that P-factor for BT, IT, HD and CB was averaged at 0.128, 0.245, 0.299 and 0.214 respectively. The same pattern of erosion control efficiency was also derived when P-factor was determined based on soil loss per a unit of rainfall factor and on mm of water loss.

Key word : universal soil loss equation, P-factor, conservation measures

1 ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

2 ส่วนอนุรักษ์ต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 10900

Watershed Conservation Division, Natural Resources Conservation Office, Royal Forest Department, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

ค่าดัชนีประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดิน (P-factor) ในสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำกับการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ แต่ไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดเทของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 4 รูปแบบคือ ขั้นบันไดดิน (bench terrace, BT) ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่อง (intermittent terrace, IT) คันคูขอบเขา (hillside ditch, HD) และ คันดินขอบเขา (contour bund, CB) ได้ประเมินจากข้อมูลการสูญเสียดินจากแปลงทดลองขนาด 5×20 เมตร บนพื้นที่ลาดชัน 30% ในบริเวณโครงการจัดการลุ่มน้ำและการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ ลุ่มน้ำแม่สา อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ.2523-2533 ผลปรากฏว่า P-factor ของ BT, IT, HD และ CB มีค่าเฉลี่ย 0.128, 0.245, 0.299, และ 0.214 ตามลำดับ ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำของมาตรการดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกัน เมื่อประเมินบนพื้นฐานการสูญเสียดินต่อ 1 หน่วยของดัชนีพลังงานฝน (rainfall factor) และน้ำป่าหน้าดิน (mm)

คำนำ

ในการประเมินการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรม สมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) หรือที่นักอนุรักษ์ดินและน้ำเรียกชื่อย่อของสมการนี้ว่า USLE นิยมนำมาประยุกต์ใช้กันมากในสหรัฐอเมริกา และหลายประเทศในเอเชียรวมทั้งประเทศไทย ปัญหาในการประยุกต์ใช้สมการนี้ที่สำคัญประการหนึ่งก็คือจะต้องทราบค่าประสิทธิภาพของชนิดพืชที่ปลูก (C-factor) และของมาตรการอนุรักษ์ (P-factor) แต่ละชนิดและรูปแบบ

จึงจะสามารถประมาณค่าการชะล้างพังทลายของดินได้ถูกต้อง เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ในสมการ เช่น พลังงานของฝน (R-factor) ปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ (topographic factor, LS) สามารถคำนวณได้จากสูตรสำเร็จที่ Wischmeier and Smith (1965) ได้ศึกษาไว้ให้แล้ว ยกเว้น C และ P-factor ซึ่งต้องได้จากผลการตรวจวัดจากแปลงทดลอง ในหลายกรณีจะใช้สองค่านี้รวมกันเรียกว่า CP-factor

การศึกษาในประเทศไทยนั้น เรือง (2529) ประเมินค่า CP-factor ของการปลูกป่าบนขั้นบันไดดินบริเวณโครงการเกษตรหลวงคอย่างาง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระยะ 2 ปีแรก ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ 0-000343 ส่วน ชาตรี (2534) ได้ศึกษาในพื้นที่เดียวกันนี้ ขณะที่สวนป่ามีอายุ 7 ปี พบว่า CP-factor ของการทำขั้นบันไดดิน (bench terrace) บนความลาดชัน 40-65% เมื่อสวนป่าไม้โตเร็ว 6 ชนิด คือ *Aleurites montana*, *Zelkova formosana*, *Liquidambar formosana*, *Acacia confusa*, *Fraxinus griffithii* และ *Paulonia taiwaniana* มีค่าเท่ากับ 1.09×10^{-5} , 1.4×10^{-5} , 1.39×10^{-4} , 2.46×10^{-4} , 2.2×10^{-5} และ 7.2×10^{-5} ตามลำดับ และดัชนี CP-factor ของสวนป่าไม้โตเร็วทั้ง 6 ชนิดนี้มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุสวนป่ามากขึ้น การศึกษาของ Utomo and Mahmud (1984) ในประเทศอินโดนีเซียพบว่า CP-factor ใน USLE จะลดลงเมื่อความลาดชันเพิ่มมากขึ้น

โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา ได้ทำการศึกษาการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองที่ทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2523 ถึง 2533 โดยมีได้มีการประเมินว่าพืชที่ใช้ปลูกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆ (คือค่า C และ P-factor) ที่ใช้สามารถลดอัตราการชะล้างหน้าดินได้มากน้อยเพียงไร การศึกษาในที่นี้เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลของโครงการที่ตรวจวัดได้ ประเมินค่า P-factor ใน USLE เพื่อประโยชน์ในการคาดการณ์การสูญเสียดินบนพื้นที่ภูเขาในอนาคต หากจะใช้มาตรการ

อนุรักษ์ในทำนองเดียวกัน และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ประยุกต์ได้กับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคนี้ได้

วัตถุประสงค์โดยเฉพาะสำหรับการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เพื่อประเมินค่า P-factor ใน USLE ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ ที่ใช้ในพื้นที่โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา (2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดอัตราการสูญเสียดินและน้ำของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และวิธีการในการศึกษาหาค่า P-factor ในที่นี้ ประกอบด้วย

1) แปลงทดลองขนาด 5×20 ม. จำนวน 15 แปลง เป็นแปลงไม่ทำมาตรการอนุรักษ์ (check plot, CK) 3 แปลง แปลงทำมาตรการอนุรักษ์แบบคันดินรับน้ำขอบเขา (contour bund, CB), คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch, HD), ขันบันไดไม่ต่อเนื่อง (intermittent terrace, IT) และขันบันไดต่อเนื่อง (bench terrace, BT) อย่างละ 3 แปลง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) บนพื้นที่ความชัน 30เปอร์เซ็นต์ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งผังการทดลองและลักษณะของแปลงทดลองแสดงไว้ใน Figure 1

2) การสูญเสียดินและน้ำของทุกแปลงรวบรวมจากฝนที่ตกแต่ละครั้ง รวมเป็นรายปีโดยคิดการสูญเสียน้ำหรือปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นความสูง (มม.) ต่อพื้นที่แปลงตัวอย่างและการสูญเสียดินเป็นน้ำหนักตะกอนแห้ง ดิน/เฮกแตร์/ปี ทั้งนี้ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2523-2533 โดยมีข้อมูลบางปีขาดหายไป

3) ค่า P ของแต่ละมาตรการอนุรักษ์ (P_c) ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในการลดอัตราการสูญเสียน้ำดินได้จากการ

เปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่ใช้มาตรการอนุรักษ์ (A_c) กับแปลงทดลองที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ (A_{ck}) ดังนี้

$$(P_c/P_{ck})=(RKLSCP_c)/(RKLSCP_{ck}) \text{ ใน USLE}=(A_c/A_{ck})$$

$$\text{หรือ } P_c=(A_c/A_{ck}) \cdot P_{ck}$$

โดยกำหนดให้

$P_{ck} = 1.0$ ถ้าแปลงไม่มีมาตรการอนุรักษ์ ไม่มีการปลูกพืชและไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท (Wischmier and Smith, 1978)

= 0.8 เมื่อไม่มีการไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท (Wischmier and Smith, 1978; Dissmeyer and Foster, 1981)

และ C-factor มีค่าเท่ากันหมดเนื่องจากใช้พืชชนิดเดียวกันปลูกในทุกแปลง

4) ประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียดิน (soil erosion reduction efficiency, SRE) ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ แยกออกเป็น 2 ลักษณะคือ

4.1) ประสิทธิภาพ (%) เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์

$$SRE = (1-P_c) \times 100$$

4.2) ประสิทธิภาพตามข้อ 4.1) เมื่อคิดต่อหน่วยดัชนีพลังงานฝน (R-factor)

4.3) ประสิทธิภาพตามข้อ 4.1) เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาณการสูญเสียน้ำบ่าหน้าดิน (runoff)

ผลและวิจารณ์

1. การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลอง

การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงทดลองแต่ละปีเฉลี่ยจาก 3 แปลงซ้ำ (replication) ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละรูปแบบ แสดงไว้ใน Table 1 จะเห็นได้ว่า การสูญเสียดินสูงสุดในแปลง CK (31.3

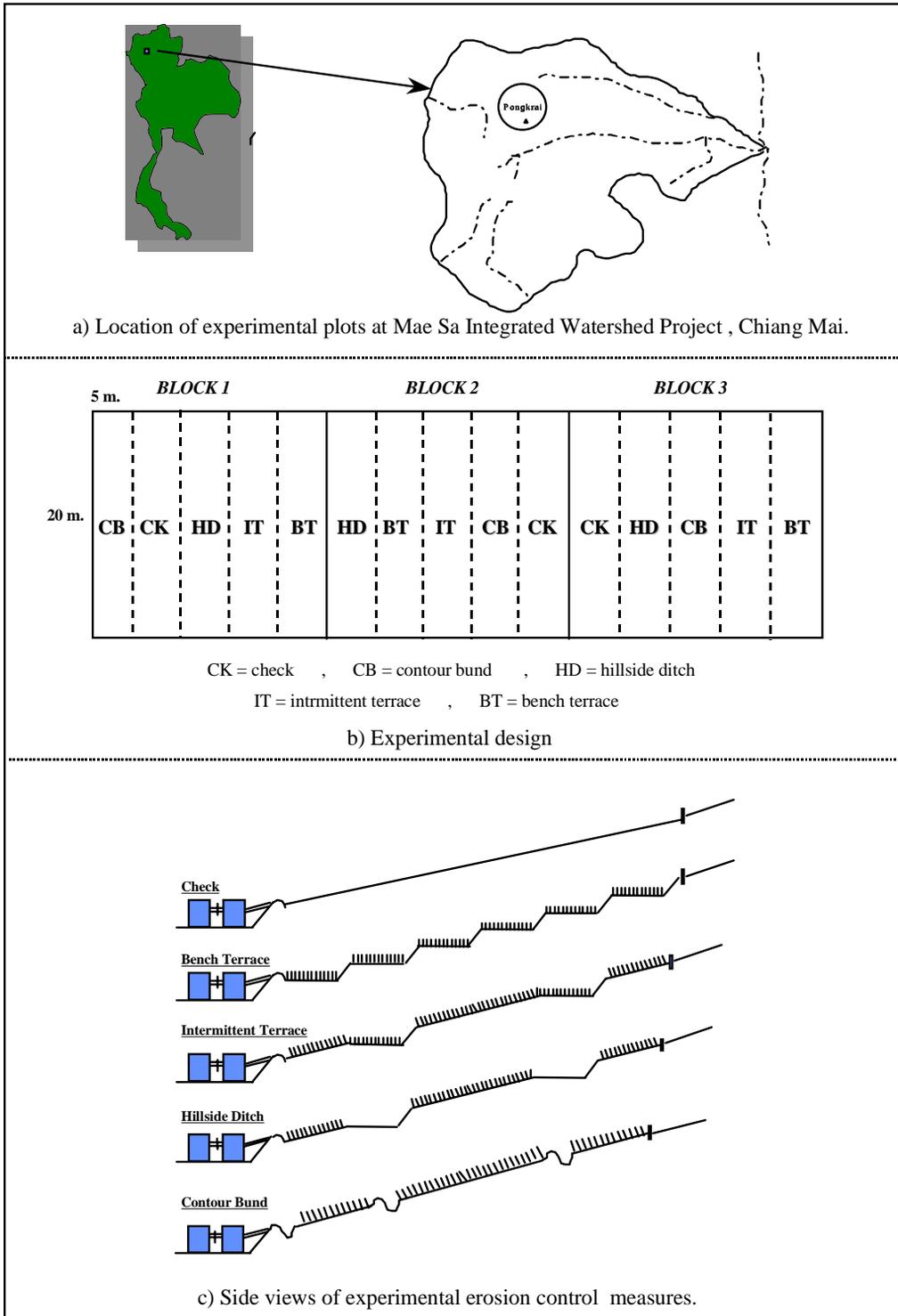


Figure 1 a) Experimental location, b) design, and c) plot x-sections.

Table 1 Soil and water losses during 1980 to 1990 from runoff plots of various conservation measures at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai.

Year	Rainfall factor R-fac ^{1/} m-ton/ha	Average soil and water losses from conservation measures ^{2/}									
		Check (CK)		Contour Bund (CB)		Hillside Ditch (HD)		Intermittent Terrace (IT)		Bench Terrace (BT)	
		Soil ton/ha	Water mm	Soil ton/ha	Water mm	Soil ton/ha	Water mm	Soil ton/ha	Water mm	Soil ton/ha	Water mm
1980	936	15.6	100.0	4.0	94.5	5.2	93.9	4.9	100.2	1.1	89.7
81	731	106.0	177.7	9.2	96.3	21.4	138.6	15.3	116.1	4.1	110.0
82	935	48.6	82.1	13.7	80.0	19.2	88.2	13.0	82.8	7.7	81.4
83	730	13.7	126.9	10.1	133.4	11.1	142.5	10.1	135.0	6.3	118.5
84 ^{3/}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	478	5.1	46.4	2.8	54.0	2.5	54.1	4.3	61.3	4.0	48.6
86	616	33.2	86.8	18.4	94.8	16.1	102.2	20.7	110.5	12.7	100.4
87	35	21.0	46.1	6.3	47.1	13.4	50.7	6.8	48.8	2.6	42.6
88 ^{3/}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
89 ^{3/}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	549	7.3	56.9	2.3	53.9	4.6	60.4	1.6	40.7	1.5	38.5
Mean (1)	564	31.3	90.4	8.4	81.8	11.7	91.3	9.4	86.9	5.0	78.7
Mean (2)	640	32.8	96.7	8.7	86.7	11.5	97.1	9.8	92.3	5.3	83.8

Notes: 1/ estimated from R-factor = 8.28 P-215.06; P=amount of rainfall in cm. (สุภรัตน์, 2527)

2/ average from 3 replications

3/ no recorded data from the project

- Mean (1) is estimated from all years recorded data

- Mean (2) is estimated excluding unreliable data of annual rainfall-factor in 1987

ตัน/เฮกแตร์) ตามมาด้วย แปลง HD, IT, CB และ BT ซึ่งมีค่าประมาณ 11.7, 9.4, 8.4 และ 5.0 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ ส่วนน้ำไหลบ่าหน้าดินนั้นเกิดมากที่สุด ในแปลง HD (91.3 มม.) รองลงมาคือ CK (90.4 มม.), IT (86.9 มม.), CB (81.8 มม.) และน้อยสุดใน BT (78.7 มม.) ความแตกต่างของการสูญเสียดินและน้ำในแต่ละปี เกิดจากปริมาณฝนที่ตกเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งแต่ละ

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทุกรูปแบบช่วยลดการสูญเสียดินได้มาก เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้มีมาตรการอนุรักษ์

2. ค่าดัชนี P-factor ในสมการ USLE

ในการประมาณค่าอัตราการสูญเสียหน้าดินโดย USLE นั้น สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกพืชและมีการ

ไถพรวนขึ้นลงขนานตามแนวความลาดชัน การสูญเสียดินประเมินจากผลคูณของ RKLSCP โดยให้ค่า $P=1.0$ ซึ่งตามปกติการสูญเสียดินจากพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำนั้นจะมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณที่คำนวณได้จาก RKLSC มาก แต่จะมีค่ามากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับค่า C-factor และ P-factor

ในกรณีที่กำหนดให้ค่า $P_{ck}=0.8$ มาตรการที่ให้ค่า P-factor น้อยที่สุดที่ได้จากข้อมูลระหว่างปี พ.ศ.2523-2533 (1980-1990) คือ bench terrace (BT) มีค่าเท่ากับ 0.128 รองลงมาได้แก่ contour bund (CB), intermittent terrace (IT) และ hillside ditch (HD) โดยมีค่าเท่ากับ 0.214, 0.245 และ 0.299 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งถ้า

Table 2 P-factor in USLE of various conservation measures on sloping land of Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project Chiang Mai when assuming P-factor for check plot equals 1.0 and 0.8.

P-Factor								
Type of conservation measures								
Year	Contour Bund		Hillside Ditch		Intermittent Terrace		Bench Terrace	
	Pck=1.0	Pck=0.8	Pck=1.0	Pck=0.8	Pck=1.0	Pck=0.8	Pck=1.0	Pck=0.8
1980	0.256	0.205	0.334	0.267	0.314	0.251	0.068	0.054
1981	0.087	0.069	0.202	0.162	0.144	0.115	0.038	0.031
1982	0.282	0.226	0.395	0.316	0.268	0.214	0.159	0.127
1983	0.737	0.589	0.807	0.646	0.740	0.592	0.463	0.371
1984	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	0.557	0.446	0.499	0.399	0.838	0.670	0.775	0.620
1986	0.556	0.444	0.486	0.389	0.623	0.498	0.384	0.307
1987	0.299	0.239	0.637	0.510	0.324	0.259	0.126	0.100
1988	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	0.320	0.256	0.635	0.508	0.226	0.181	0.202	0.162
Mean (1)	0.267	0.214	0.374	0.299	0.306	0.245	0.160	0.128
Mean (2)	0.262	0.210	0.336	0.269	0.303	0.243	0.165	0.132

Note : - Value 0.8 for Pck is the middle value adjusted for no plowing condition of upland rice area since 1.0 and 0.7 are assigned for up-and-down plowing and forest land surface respectively. (Wischmeier and Smith, 1978; and Dissmeyer and Foster, 1981)

- No recorded data in 1984, 1988 and 1989

- Mean (1) is estimated using all years recorded data

- Mean (2) is estimated excluding unreliable data of annual rainfall in 1987

กำหนดให้ค่า $P_{ck}=1.0$ ก็จะมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สามารถลดอัตราการสูญเสียดินได้ดีที่สุดคือ มาตรการ bench terrace (BT) รองลงมาได้แก่ CB, IT และ HD ตามลำดับ ในกรณีกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$ มาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการสูญเสียดินและน้ำ (% SRE) ได้ดีที่สุดเท่ากับ 87.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ มาตรการ CB, IT และ HD มีค่าเท่ากับ 78.60, 75.50 และ 70.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

จากการพิจารณาค่าดัชนี P-factor ในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่าค่า P-factor ของทุกแปลงในปี 2524 (1981) มีค่าน้อยกว่าในปี 2523 (1980) และเพิ่มขึ้นในปี 2525 (1982) และ 2526 (1983) หลังจากนั้นส่วนใหญ่ค่า P-factor มีค่าลดลง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า มาตรการอนุรักษ์ทั้ง 4 มาตรการ มีสมรรถนะในการควบคุมการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่ได้ดีขึ้นในปี 2524 และตั้งแต่ปี 2528 (1985) เป็นต้นมา ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการพัฒนาตัวของดินในแปลงทดลองที่มี มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้มีสมรรถนะในการ

Table 3 Efficiency in reducing soil erosion of various soil conservation measures on sloping land of Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Forest Project, Amphoe Mae Rim, Chiang Mai.

Year	Soil erosion reduction efficiency (SRE, %) for							
	Contour Bund (CB) for $P_{ck} =$		Hillside Ditch (HD) for $P_{ck} =$		Intermittent Terrace (IT) for $P_{ck} =$		Bench Terrace (BT) for $P_{ck} =$	
	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8
1980	74.4	79.5	66.6	73.3	68.6	74.9	93.2	94.6
81	91.3	93.1	79.8	83.8	85.6	88.5	96.2	96.9
82	71.8	77.4	60.5	68.4	73.2	78.6	84.1	87.3
83	26.3	41.1	19.3	35.4	26.0	40.8	53.7	62.9
84	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	44.3	55.4	50.1	60.1	16.2	33.0	22.5	38.0
86	44.4	55.6	51.4	61.1	36.8	50.2	61.6	69.3
87	70.1	76.1	36.3	49.0	67.6	71.4	87.4	90.0
88	-	-	-	-	-	-	-	-
89	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	68.0	74.4	36.5	49.2	73.4	81.9	79.8	83.8
Mean (1)	73.3	78.6	62.6	70.1	69.4	75.5	84.0	87.2
Mean (2)	73.8	78.9	66.4	73.1	69.6	76.1	83.5	86.8

Notes: - no recorded data in 1984, 1988 and 1989

- Mean (1) is estimated from all years recorded data

- Mean (2) is estimated excluding unreliable data of annual rainfall in 1987

ควบคุมที่สร้างขึ้นตั้งแต่ปี 2524

ละเอียดดังนี้

3. ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝนและน้ำไหลบ่า หน้าดิน

เนื่องจากปริมาณตะกอนดินที่ถูกกัดชะและพัดพาลงสู่พื้นที่ตอนล่างเป็นอิทธิพลมาจากพลังชะล้างพังทลายของฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินร่วมกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนไม่สามารถแยกตรวจวัดได้จริงในพื้นที่ วิธีที่จะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการป้องกันและควบคุมการชะล้างพังทลายของดินได้ชัดเจนขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้มาตรการสูญเสียดินต่อหน่วยพลังงานน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งมีราย

3.1 ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝน

จาก Table 4 เมื่อกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$ พบว่า ทั้ง 4 มาตรการให้ค่าไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ ในปี 2524 มีค่าประสิทธิภาพดีกว่าในปี 2523 และมีค่าลดลงในปี 2525, 2526 และ 2528 และเพิ่มขึ้นในปี 2529 แล้วกลับลดลงในปี 2530 และสุดท้ายเพิ่มขึ้นในปี 2533 (1990) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ความหนักเบาของฝนที่ตก ระยะเวลาในการตกของฝนและอิทธิพลของพืชที่ปลูกคลุมดิน ที่แตกต่างกันไประหว่างปี โดยเฉลี่ยแล้วจะเห็นว่ามาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการ

Table 4 Efficiency in reducing soil erosion per unit of annual rainfall facotr (% per m-ton/ha) and per unit surface runoff (% per mm) with P_{ck} equals 0.8 for various soil conservation measures at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land-use Project, Chiang Mai.

Year	Contour Bund (CB)		Hillside Ditch (HD)		Intermillent Terrace (IT)		Bench Terrace (BT)	
	$P_{CB}/R\text{-fac}$ % (m-t/ha)-1	P_{CB}/Runoff % mm-1	$P_{HD}/R\text{-fac}$ % (mm-t/ha)-1	P_{HD}/Runoff % mm-1	$P_{IT}/R\text{-fac}$ % (m-t/ha)-1	P_{IT}/Runoff % mm-1	$P_{BT}/R\text{-fac}$ % (m-t/ha)-1	P_{BT}/Runoff % mm-1
1980	0.0219	0.2169	0.0285	0.2843	0.0268	0.2505	0.0058	0.0602
81	0.0094	0.0716	0.0222	0.1169	0.0157	0.0991	0.0042	0.0282
82	0.0242	0.2825	0.0338	0.3583	0.0229	0.2585	0.0136	0.1560
83	0.0807	0.4415	0.0885	0.4533	0.0811	0.4385	0.0508	0.3131
84	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	0.0933	0.8259	0.0835	0.7375	0.1402	1.0930	0.1297	1.2757
86	0.0721	0.0483	0.0631	0.3806	0.0808	0.4507	0.0498	0.3058
87	0.6828	0.0574	1.4571	1.0059	0.7400	0.5307	0.2857	0.2347
88	-	-	-	-	-	-	-	-
89	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	0.0466	0.0750	0.0925	0.8411	0.0330	0.4447	0.0295	0.4208
Mean (1)	0.1289	0.2524	0.2337	0.5222	0.1426	0.4457	0.0711	0.3493
Mean (2)	0.0497	0.2802	0.0589	0.4531	0.0572	0.4336	0.0405	0.3657

Notes: - no recorded data in 1984, 1988 and 1989

- Mean (1) : estimated from all years recorded data

- Mean (2) : estimated excluding unreliable data of annual rainfall in 1987

อนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝนได้ดีที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.416% ($m-t/ha$)⁻¹ รองลงมา ได้แก่ มาตรการ CB, IT และ HD มีค่าประมาณ 0.3583, 0.3351 และ 0.2008 ($m-t/ha$)⁻¹ ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$ ในกรณีที่ตัดข้อมูลปี พ.ศ.2530 (ค.ศ.1987) ออก เนื่องจากเป็นปีที่ข้อมูลน้ำฝนทั้งปีที่บันทึกไว้มีเพียง 302 มม. เท่านั้น ซึ่งไม่น่าจะถูกต้อง ประสิทธิภาพในการลดอัตราการชะล้างต่อ 1 หน่วยพลังชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) จะลดลงเป็น 0.1082 สำหรับ BT และมีค่าเป็น 0.1393, 0.0915 และ 0.0813% ($m-t/ha$)⁻¹ สำหรับ CB, IT และ HD ตามลำดับ ซึ่งควรจะเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพที่ถูกต้องมากกว่านำเอาค่าปี พ.ศ.2530 มารวมด้วย

3.2 ประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยน้ำไหลบ่าหน้าดิน

จาก Table 4 เมื่อกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$ พบว่า ทั้ง 4 มาตรการให้ค่าไปในทางเดียวกับประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการปรับสภาพของดิน ความพรุนของดิน และอิทธิพลของพืชที่ปลูกคลุมดิน ทั้งนี้โดยเฉลี่ยแล้วเมื่อคิดจากผลการทดลองทุกปีจะพบว่า มาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดีที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.162% mm^{-1} รองลงมาได้แก่ CB, IT และ HD ตามลำดับ มีค่าประมาณ 1.141, 0.903 และ 0.737% mm^{-1} ตามลำดับ (ในกรณีเฉลี่ยจากข้อมูลทุกปี) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า มาตรการ BT มีประสิทธิภาพลดการสูญเสียดินมากที่สุดประมาณ 1.162% รองลงมาได้แก่ มาตรการ CB, IT และ HD สามารถลดการสูญเสียดินประมาณ 0.141, 0.903 และ 0.737 เปอร์เซ็นต์ต่อหน้าไหลบ่าหน้าดิน 1 มม. ตามลำดับ ในกรณีที่คิดเฉพาะข้อมูล 7 ปี โดยการตัดข้อมูลปี พ.ศ.2530 (ค.ศ. 1987) ซึ่งมีฝนต่ำกว่าที่ควรจะเป็นก็พบว่ามาตรการต่างๆ มีประสิทธิภาพในทิศทาง

ทำนองเดียวกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่างๆ บนพื้นที่ลาดเขาบริเวณโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณตะกอนดินตั้งแต่ปี 2523-2533 (ปี 2527, 2531 และ 2532 ไม่มีข้อมูล) โดยสร้างแปลงทดลองทั้งหมด 15 แปลง แบ่งเป็น 5 มาตรการๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ไม่ใช่มาตรการ check (CK), contour bund (CB), hillside ditch (HD), intermittent terrace (IT) และ bench terrace (BT) โดยวางแผนทดลองซึ่งใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลการสูญเสียดินและดินจากมาตรการทั้ง 5 แบบ และค่าดัชนี P-factor ในสมการ USLE ตลอดจนศึกษาถึงประสิทธิภาพในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ดังกล่าว และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ปริมาณตะกอนดิน ปริมาณน้ำฝน และอายุแปลงทดลอง จากแปลงทดลองดังกล่าวซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ค่าดัชนี P-factor ในสมการ USLE ในกรณีกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$ พบว่า มาตรการที่ให้ค่า P-factor น้อยที่สุดคือ BT มีค่าเท่ากับ 0.128 รองลงมาได้แก่ CB, IT และ HD มีค่าเท่ากับ 0.214, 0.245 และ 0.299 ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่ามาตรการที่มีอิทธิพลในการลดอัตราการสูญเสียหน้าดินได้ดีที่สุดคือ มาตรการ BT รองลงมาได้แก่ CB, IT และ HD ตามลำดับ ค่าเหล่านี้สามารถใช้เป็นค่า P-factor ในการประมาณค่าตะกอนดินโดยสมการ USLE สำหรับพื้นที่ภูเขาได้

2. ประสิทธิภาพในการควบคุมการชะล้างพัง

หลายของดิน แยกทำการศึกษากันเป็นประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝน (กรณีกำหนดให้ $P_{ck}=0.8$) พบว่า มาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝนได้ดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยประมาณ $0.0711 \text{ ha(m-ton)}^{-1}$ % รองลงมาได้แก่ มาตรการ CB, IT และ HD มีค่าประมาณ 0.1289, 0.1426 และ 0.2337 ha (m-ton)^{-1} % ตามลำดับ และจากการศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยน้ำไหลบ่าหน้าดิน พบว่า มาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดีที่สุดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.3493 mm^{-1} รองลงมาได้แก่ CB, IT และ HD มีค่าประมาณ 0.2524, 0.4457 และ 0.5222 mm^{-1} ตามลำดับ เช่นเดียวกับประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อหน่วยพลังงานของฝน

3. มาตรการที่มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดีที่สุด คือ มาตรการ BT รองลงมาคือ CB, IT, HD และ CK ตามลำดับ ดังนั้นการที่จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ต้นน้ำลำธารทางภาคเหนือของประเทศไทยนั้น ควรจะแนะนำให้ใช้มาตรการที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด แต่ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้างและบำรุงรักษา สำหรับมาตรการ BT นั้น ในทางปฏิบัติชาวบ้านไม่นิยมทำ เพราะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมาก บำรุงรักษายาก และต้องใช้แรงงานในการก่อสร้างมาก ในที่นี้แนะนำให้ใช้มาตรการ CB เพราะเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อย ก่อสร้างและบำรุงรักษาได้ง่าย สามารถใช้แรงงานชาวบ้านในพื้นที่ได้เป็นการส่งเสริมให้ชาวบ้านมีงานทำ

จากการศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในปีหลายๆ ที่มีการศึกษาวิจัยการสูญเสียดินพบว่า มีความแตกต่างระหว่างมาตรการอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนดินจากพื้นที่

ตอนบนถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพามาตกค้างอยู่บนสิ่งก่อสร้าง ทำให้ในช่วงปีหลังๆ สภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละแบบมีสภาพไม่แตกต่างกันมาก จึงทำให้การสูญเสียดินในช่วงปีหลังๆ มีความแตกต่างระหว่างมาตรการอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นควรทำการบำรุงรักษาสภาพของมาตรการในแต่ละแบบทุกปี เพื่อให้มีความคงสภาพของแต่ละมาตรการ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและปริมาณตะกอนดิน รวมทั้งศึกษาค่าใช้จ่ายทั้งหมดเพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิจัย

2. จากการศึกษพบว่า มาตรการ BT มีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดีที่สุด แต่ควรศึกษาค่าใช้จ่ายในการสร้างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละแบบ รวมทั้งผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับทั้งในช่วงระยะเวลาดสั้นและระยะยาวในด้านเศรษฐกิจ และคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกวิธีการอนุรักษ์ว่าจะคุ้มกับการลงทุนหรือไม่

3. ควรมีการเก็บข้อมูลอายุหรือการเจริญเติบโตของพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุม เปรียบเทียบกับปริมาณการสูญเสียดินและน้ำ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของพืชคลุมดินที่มีผลต่อปริมาณการสูญเสียดินและน้ำ เพื่อจะทำให้ได้ผลการศึกษาวิจัยที่ดียิ่งขึ้นในการหาสมการสหสัมพันธ์

เอกสารอ้างอิง

ชาติรี มากนวล. 2534. การประมาณค่าประสิทธิภาพการควบคุมการพังทลายของดินในสมการการสูญเสียดินสากลของสวนป่าไม้โตเร็วอายุ 7 ปี บนชั้นบันไดดินบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรื่อง จันทรมหเสถียร. 2529. การสูญเสียดินและน้ำ

- จากการปลูกป่าบนชั้นดินบริเวณคอกอย่าง
จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภรัตน์ ตำราญ. 2527. ดัชนีพลังงานของฝนใน
สมการการสูญเสียดินสากลบนพื้นที่ภูเขาทาง
ภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญา
โท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Dissmeyer, G. E. and G. R. Foster. 1981. Estimating
the cover management factor (C) in the universal
soil loss equation for forest conditions. *J. Soil
and Water Conservation*. 36 : 235-240.
- Utomo, W.H. and E. Mahmud. 1984. The possibility
of using the universal soil equation in mountain-
ous areas of East Jawa with Humus-Rich
Andosols : A case study in Sumber Brantas Sub-
Watershed. pp. E 5.1-E 5.12. *In Proc. 5th Asian
Soil Conf.*, Vol.I, Bangkok Thailand, June 10-
13, 1984.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1965. Predicting
Rainfall-erosion Loss from Cropland East of the
Rocky Mountain. Guide for Selection of Prac-
tices for Soil and Water Conservation. USDA,
Agric. Handbook no. 282, 358 p.
- _____. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses a
Guide to Conservation Planning. Agr. Handbook
No. 537, USDA. Washington D. C. 58 p.
-
- วันรับเรื่อง : 7/พ.ค./40
วันรับตีพิมพ์ : 19/ก.ย./40