

การกัดเซาะและน้ำไหลบ่าหน้าดินจาก ป่าเบญจพรรณเชิงดอย เชียงใหม่

Surface Soil Erosion and Surface Flow from Mixed Deciduous Forest, Chiang Doa, Chiang Mai

พรชัย ปรีชาปัญญา¹, ธรรมนุญ แก้วอำพุท², ชัชวาลย์ จันทร์กล้า³, ชัชชัย ณ ลำปาง⁴ และพิณทิพย์ ธิดิโรจนาวา⁵
Pornchai Preechachapanya¹, Tommanoon Keawamput², Chatchawan Jankla³, Chatchai Na Lampang⁴ and Pintip Thitirojanawat⁵

Abstract : The studies on surface soil erosion and surface flow from mixed deciduous forest were carried out Chiang Dao Watershed Research Station, Chiang Mai during 1999-2000 by using 2x3 factorial with completely randomized design. Three conditions:- undisturbed (with underground), ploughed and fired forest, were assigned to be the main plot while two slope levels, 23% and 57% were treated to be the sub plots. There were two replications (2 years) in each experiment. Data on surface soil erosion and surface flow and rainfall intensity were recorded. Data analysis showed that maximum surface soil erosion and surface flow were obtained from ploughed areas. Statistical speaking, however, revealed on highly significant difference in surface soil erosion and flow among crop management conditions, but insignificant difference between slope levels and among interactions between both treatments. Average soil erodibility factors was 0.004495. Crop management factors: undisturbed, fired and ploughed forests estimated on the base of rainfall factor were of 0.05-0.20, 0.10-0.59 and 1.07-4.94, respectively.

¹สถานีวิจัยลุ่มน้ำดอยเชียงดาว 130/1 หมู่ที่ 4 ตำบลคอนแก้ว อำเภอแม่อำริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

²สถานีวิจัยลุ่มน้ำขุนทอง ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ 50170

³กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

⁴Chiang Dao Watershed Research Station, 130/1 M4, Don Kaew, Mae Rim, Chiang Mai 50180, Thailand

⁵Khun Kong Watershed Research Station, Meang Na, Chiang Dao, Chiang Mai 50170, Thailand

⁶Watershed Section, Forest Environment Research and Development Division, Forest Research Office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

บทคัดย่อ : การศึกษาการชะล้างหน้าดินและการไหลบ่าหน้าดินจากป่าเบญจพรรณ บริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำ คอยเชียง-ดาว เชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2542-43 การวางแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial with completely randomized design ที่สภาพพื้นที่ประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ พื้นที่ไม้ถูกรบกวน (มีไม้พื้นล่าง) ถูกไฟพรุน และถูกไฟไหม้ และความลาดชัน 2 ระดับ คือ 23% และ 57% มี 2 ซ้ำ (2 ปี) และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ตะกอนดิน และความชื้นของผืน ซึ่งผลการศึกษารูปได้ว่าการชะล้างหน้าดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินมากที่สุดในพื้นที่ที่ถูกไฟพรุน และพบว่าการชะล้างหน้าดินและน้ำบ่าดังกล่าวเนื่องจากการจัดการพื้นที่ที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระดับความลาดชัน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าทั้งสอง และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างปัจจัยทั้งสอง โดยค่าดัชนีความคงทนของดินเฉลี่ย 0.004495 และดัชนีพืชคลุมดิน ซึ่งประเมินจากพลังงานจลน์ของฝนในพื้นที่ที่มีไม้พื้นล่าง ไฟไหม้ และไฟพรุน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.05-0.20, 0.10-0.59 และ 1.07-4.94

Index words: การชะล้างหน้าดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน ป่าเบญจพรรณ ดัชนีพืชคลุมดิน
surface soil erosion, surface flow, mixed deciduous forest, Crop management factor.

คำนำ

ป่าเบญจพรรณเป็นป่าไม้ที่ประกอบไปด้วยไม้ที่มีประ โยชน์ในการก่อสร้างหลากหลายชนิด ขณะเดียวกันก็เป็นป่าที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศโดยรวม เช่น เป็นแหล่งอาหารป่า แหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ โดยเฉพาะพื้นที่ที่ต่ำกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล และเป็นป่าที่ควบคุมสมดุลของบรรยากาศที่ใกล้กับชุมชน อาจกล่าวได้ว่าป่าเบญจพรรณเป็นป่าที่มีความสำคัญต่อชุมชน โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณที่ลาด เนินเขา

วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

- (1) เพื่อสำรวจการชะล้างและการไหลบ่าหน้าดินจากป่าเบญจพรรณ
- (2) เพื่อหาค่าปัจจัยความคงทนของดิน
- (3) เพื่อประเมินสัมประสิทธิ์การควบคุมการชะล้างพังทลายของดินของพืชที่ใช้ในสมการการสูญเสียดินสากลในพื้นที่ดังกล่าวและสุดท้ายเพื่อใช้ข้อมูลในข้อที่(3) ประเมินการชะล้างหน้าดิน จากพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นป่าเบญจพรรณ

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลองและพื้นที่วิจัย

พื้นที่วิจัยอยู่บริเวณรอบสถานีวิจัยลุ่มน้ำ คอยเชียงดาว เชียงใหม่ (เป็นส่วนหนึ่งของ อุทยานแห่งชาติศรีลานนา) กำหนดแผนการทดลองแบบ 2X3 factorial with completely randomized design ประกอบด้วยปัจจัยแรก 3 ลักษณะพื้นที่ประกอบด้วยแปลงที่ไม่ถูกรบกวน (มีไม้พื้นล่าง) ไฟพรุน และเผาไม้พื้นล่างในฤดูแล้งปัจจัยที่สองที่พื้นที่ลาดชัน 2 ระดับ 23% และ 57% รวมทั้งหมด 6 แปลง โดยเก็บข้อมูล 2 ปี (2 ซ้ำ) และอีก 1 แปลง (ความลาดชัน 57%) ที่ไฟพรุนและไม่มีป่าเพื่อใช้ศึกษาค่าปัจจัยความคงทนของดิน โดยมีแปลงทดลองทั้งหมดขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 20 เมตร วางขนานไปตามด้านลาดที่มีความลาดชัน

การรวบรวมข้อมูล

ตรวจวัดน้ำไหลบ่าหน้าดินและตะกอนดินในถังรองรับทุกวันที่มีน้ำไหลบ่าหน้าดิน โดยวัดความสูงของน้ำในถังและหาตะกอนแห้ง นอกจากนี้ยังตรวจค่าน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบ อัตโนมติ

เพื่อวิเคราะห์พลังงานจลน์ของฝน

$$R = E_{kp} \cdot I_{30\max} / 100 \dots \dots \dots (3)$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์พลังงานจลน์ของฝนที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย โดยอาศัยสมการตามรูปแบบของ Wischmeier and Smith (1958) และ Dangler and El-Swaity (1976) ศึกษาไว้ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ที่เกิดจากฝนและอัตราความหนักเบาของฝนดังนี้

$$E_k = 210.3 + 89 \log I \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ของ ฝนที่เกิดจากความหนักเบาของฝนในช่วงเวลา ติดต่อกันปริมาณ 1 เซนติเมตร: m-ton/ha-cm
 I คือ อัตราความหนักเบาของฝนแต่ละ ช่วงเวลาที่กำหนด: cm/hr
 เนื่องจากค่า E_k ที่คำนวณได้เป็นพลังงานจลน์ที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน 1 เซนติเมตร ดังนั้น พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาจึงคำนวณได้จาก

$$E_{kp} = E_k \cdot P \dots \dots \dots (2)$$

เมื่อ E_{kp} คือ พลังงานจลน์ที่เกิดจากปริมาณฝนที่ตกจริงในช่วงเวลาที่กำหนด: m-ton/ha
 P คือ ปริมาณฝนแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด : cm
 ค่า E_{kp} ที่คำนวณได้นี้เมื่อนำมาคูณกับความหนัก เบาของฝนที่ตกหนักที่สุดในช่วง 30 นาที ($I_{30\max}$) หาด้วย 100 ได้ดัชนีพลังชะล้างพังทลายของฝน ที่ตกครั้งนั้น เรียกปัจจัยพลังงานจลน์ของฝน (Rainfall Factor หรือ RFAC หรือ R) นั่นคือ

เมื่อ R คือ ปัจจัยพลังงานจลน์ของฝน: m-ton/ha
 $I_{30\max}$ คือ ความหนักเบาของฝนที่ตกหนักที่สุดในช่วง 30 นาที: cm/hr
 วิเคราะห์ดัชนีที่เกิดจากอิทธิพลของความยาวและ ดัชนีของความลาดชันที่เกี่ยวกับความยาวและดัชนีของ ความชัน (LS-factors) วิเคราะห์ตามสมการที่ Wischmeier and Smith (1958) ได้ศึกษาไว้คือ

$$S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613 \dots \dots (4)$$

$$L = (\lambda / 22.1)^{0.5} \dots \dots \dots (5)$$

เมื่อ s คือ เปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน
 λ คือ ความยาวของความลาดชันหรือความยาวของแปลง: m

วิเคราะห์ดัชนีการพังทลายของดินคำนวณจากสมการ ของ Dangler and El-Swaity (1976)

$$K = 0.00774 A / EI.CLS$$

เมื่อ K คือ ดัชนีการพังทลายของดิน
 A คือ น้ำหนักแห้งของดินตะกอนที่ได้จากแปลงทดลอง: m-ton/ha
 EI คือ ปัจจัยของพลังงานจลน์ของฝนแต่ละครั้งที่ฝนตก
 C คือ ดัชนีพืชคลุมดินในสมการการสูญเสียดินสากล
 เนื่องจากค่า 0.00774 เป็นค่าที่เปลี่ยนหน่วยจาก 100 ft-ton/acre-in มาเป็น m^2 -ton/ha-cm ดังนั้น เมื่อต้องการเปลี่ยนค่า 1 ft-ton/acre-in มาเป็น m-ton/ha-cm

ได้สูตรที่ดัดแปลงใหม่ดังสมการที่ 6

$$K = 0.774 A/EI.CLS.....(6)$$

สำหรับแปลงที่ไม่มีพืชคลุมดินมีค่า C เท่ากับ 1 ทำให้คำนวณค่าดัชนีการพังทลายของดินได้จากค่าดังกล่าวและสมการที่ 6 สำหรับแปลงที่มีพืชปกคลุมดินสามารถคำนวณค่า C

$$C = 0.774 A/RKLS.....(7)$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

การชะล้างดินและน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ผลการวิจัยจากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการชะล้างหน้าดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่มีการไถพรวนมีค่ามาก

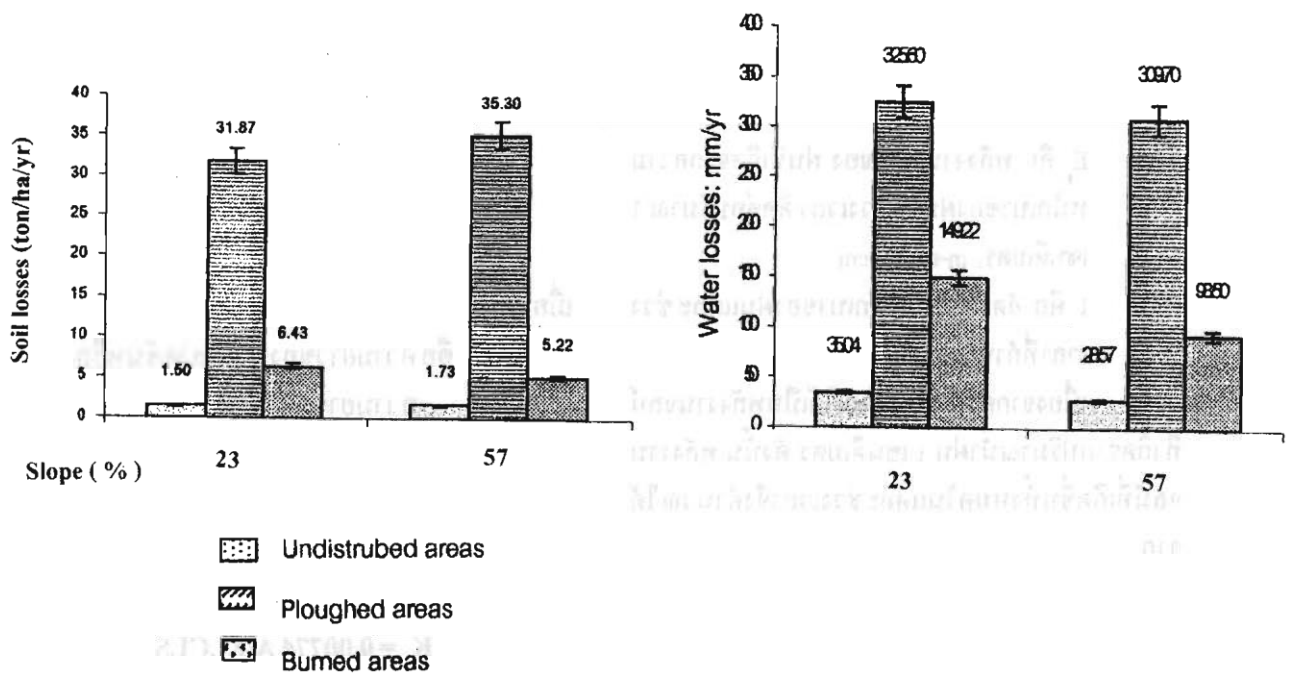


Figure 1 Soil and water losses from mixed deciduous forest, Chiang Doa, Chiang Mai, 2000-21.

จากตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีไม้พื้นล่าง เนื่องจากพื้นที่ถูกไถพรวนหรือถูกไฟไหม้ไม่มีไม้พื้นล่างและซากพืชซึ่งชะลอการชะล้างหน้าดินและน้ำไหลบ่าหน้าดิน กล่าวคือ ระบบเรือนรากของไม้พื้นล่างซึ่งส่วนมากอยู่บริเวณดินชั้นบนประสานกันปริมาณอินทรีย์วัตถุ และความพรุนของดินมาก พืชเหล่านี้และสิ่งปกคลุมดินได้เข้ามามีบทบาทมากในการช่วยจับน้ำฝนลดแรงปะทะของ

เม็ดฝนที่ผ่านเรือนยอดต้นไม้และหน่วงเหนี่ยวการไหลของน้ำที่ไหลบ่าตามหน้าดินให้ช้าลง โดยทำให้ดินจับกันเป็นก้อนดีขึ้น เพิ่มปริมาณช่องว่างในดินทำให้มีการซึมน้ำได้มากขึ้น และช่วยทำให้งิจกรรมของสิ่งมีชีวิตภายในดินมีมากขึ้นอันเป็นผลทำให้ดินจับเป็นก้อนมีความคงทนมากขึ้นการที่ไฟไหม้ไม้พื้นล่างและซากพืชในฤดูแล้งประสิทธิภาพในการป้องกันการไหลบ่าหน้าและการชะล้างหน้า

ดินของไม้พื้นล่างลดลงเพราะว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง ซึ่ง Thompson (1991) กล่าวถึงผลกระทบต่อนื่องที่ทำให้ ไล่เดือนและสิ่งที่มีชีวิตในดินลดลงตามไปด้วยโดยความร้อนจากไฟป่าและแสงแดดและการขาดแคลนแหล่งอาหารอันเป็นสาเหตุให้ดินแน่นตัวยากต่อการซึมน้ำของดินและ

การชะล้างหน้าดิน อย่างไรก็ตามเมื่อฝนตกไม้พื้นล่างขึ้นมามาทดแทนและซากพืชที่ตกมาค้ำงที่ไม้พื้นล่างทำให้ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและดินที่ถูกชะล้างน้อยลงต่างจากพื้นที่ที่ถูกไฟพรวนที่ขาดไม้พื้นล่างและซากพืชชะลอการไหลบ่าของ และการชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน

Table 1 Analysis of variance for water losses.

SOV	Df	SS	MS	F _{CAL}	F _{0.01} TABLE
A(Slope)	1	2.01	2.01	0.32	13.74
B(Land use)	2	2413.94	1206.97	190.93**	10.92
AB	2	11.32	5.66	0.89	10.92
ERROR	6	37.93	6.32		
TOTAL	11	2465.20			

Table 2 Analysis of variance for soil losses

SOV	Df	SS	MS	F _{CAL}	F _{0.01} TABLE
A(Slope)	1	2033.20	2033.20	0.79	13.74
B(Land use)	2	171006.68	85503.34	33.10**	10.92
AB	2	1366.65	683.33	0.26	10.92
ERROR	6	15499.99	2583.33		
TOTAL	11	189906.52			

Table 3 Soil and water losses.

Land use	Soil losses (ton/ha/yr)	Water losses (mm/yr)
Undisturbed areas	1.61 ^a	31.80 ^a
Ploughed areas	33.58 ^b	317.64 ^b
Burned areas	5.82 ^c	121.36 ^c

จากข้อมูลข้างต้นพบความลาดชันไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการชะล้างหน้าดินและน้ำไหลบ่าหน้าดินในแปลงทดลองทั้งนี้เพราะว่าแปลงทดลองมีความลาดชันมากขึ้นมีพื้นที่รับน้ำฝนน้อยลงทำให้น้ำไหลบ่าหน้าดินและการพัดพาตะกอนลงสู่ตอนล่างลดลงด้วยซึ่งทดแทนกัน และพบความลาดชันและการจัดการไม้พื้นล่างไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการชะล้างหน้าดินและการไหลบ่าของดินทั้งนี้เพราะความลาดชันไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของไม้พื้นล่างและ เนื้อดิน

ค่าปัจจัยดัชนีดิน

ค่าดัชนีความคงทนของดินที่แปลงดินว่างเปล่าที่ความชัน 57% ได้ค่าเฉลี่ย 0.004495 ต่างจากที่ พิณทิพย์ และสุพจน์ (2536) ประเมินจากดินในป่าเบญจพรรณที่จังหวัดน่าน ด้วยวิธีเดียวกันพบประมาณ 0.01 และด้วย monograph พบประมาณ 0.37 ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณแปลงทดลองไม่มีไฟไหม้

มานานเป็นสาเหตุให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากซึ่งช่วยลดการชะล้างหน้าดิน

ค่าดัชนีพีชคลุมดินที่เกิดจากพลังงานจลน์ของฝน (C-Factor)

จากตารางที่ 4 ค่าดัชนีพีชคลุมดินที่เกิดจากพลังงานจลน์ของฝนสูงกว่าพื้นที่ป่าดิบเขาที่สมบูรณ์ที่ พรชัย (2527) ศึกษาพบที่คอกบู่ เชียงใหม่ ซึ่งมีค่าประมาณ 0.000264 ทั้งนี้เพราะว่าป่าเบญจพรรณมีต้นไม้ที่มีใบขนาดใหญ่ ใบไม้ร่วงร่วนน้ำและลดลงมาในปริมาณที่มากจนมีพลังงานมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินที่ต่ำกว่าป่าดิบเขา พบว่าพื้นที่ไถพรวนมีค่าดัชนีพีชคลุมดินดังกล่าวมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าเป็นค่าที่เกิดจากพลังงานของน้ำพืชหยดที่มีพลังงานสูงกว่าน้ำฝนมากเนื่องจากใบไม้ขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามพบค่าที่เกิดจากพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้มีค่าต่ำกว่า 1 แม้ว่าสูงกว่าค่าที่ได้จากพื้นที่ที่ไม้พื้นล่างปกคลุม ทั้งนี้เพราะฝนตกทำให้ไม้พื้นล่างเจริญเติบโตขึ้นมาทดแทน

Table 4 Cropping management factor (C).

Slope(%)	Cropping management factor (C)		
	Undisturbed areas	Ploughed areas	Burned areas
23	0.193718	4.940339	0.590626
57	0.049683	1.071	0.098149

สรุปและเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าพบว่าไม้พื้นล่างมีอิทธิพลโดยตรงต่อการชะล้างพังทลายดินและน้ำไหลบ่า

หน้าดินการป้องกันป่าเบญจพรรณเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ จำเป็นต้องป้องกันการสูญเสียไม้พื้นล่างโดยเฉพาะการเกิดไฟป่า และการขุดหาของป่า

ค่าดัชนีการปกคลุมดินของพืชพรรณ (C) ที่ได้ใช้ประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่อื่นๆที่มีลักษณะพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมือนกันได้และควรใช้ค่าที่ได้จากแปลงที่ถูกไฟไหม้ไม่พื้ล่าง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ป่าเบญจพรรณส่วนใหญ่ถูกไฟไหม้ในฤดูแล้งและนำไปประเมินเฉพาะพื้นที่ป่าเบญจพรรณ บริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ตอนเหนือทั้งนี้เนื่องจากชนิดของพันธุ์ไม้ในป่ามีลักษณะคล้ายกัน อย่างไรก็ตามหากว่าการป้องกันไฟป่ามีประสิทธิภาพ อาจใช้ค่าที่ได้จากแปลงที่มีไม้พื้ล่างโดยที่ไม่มีไฟป่าได้

เนื่องจากใบไม้ขนาดใหญ่ในป่าเบญจพรรณ ทำให้เกิดพลังงานจลน์มาก มีอิทธิพลอย่างมาก ต่อการชะล้างดิน ดังนั้นควรวิจัยการเกิดของพลังงานดังกล่าวที่ผ่านต้นไม้ใบใหญ่แต่ละชนิด เช่น สัก และพลวง

เนื่องจากค่าที่ได้เป็นค่าที่ทดลองซ้ำเพียง 2 ปี ควรดำเนินการต่ออย่างน้อยอีก 6 ปี เพราะค่าที่จะใช้ประเมินได้ผลไม่ควรเป็นค่าที่ได้จากการวิจัยระยะสั้น ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะฝนและปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงทุกปี

ควรสำรวจค่าปัจจัยความคงทนต่อการชะล้าง พังทลายของดินในแปลงทดลองโดยการวิธีโมโนกราฟ (Wischmeier, *et al*, 1971) เปรียบเทียบกับวิธีการ ที่ได้จากแปลงทดลอง

คำนิยาม

เงินทุนที่ใช้ทำวิจัยได้จากสำนักงานงบประมาณ ซึ่งเป็นงบประมาณที่ได้จากรัฐบาลผ่านกรมป่าไม้นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคุณคุณวรินทร์จิระสุขทวีกุล หัวหน้ากลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่มีส่วนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และเป็นพิเศษ สำหรับผู้ตรวจสอบงานคุณศุภชาติ วรรณวงษ์ หัวหน้าสถานีวิจัยลุ่มน้ำชี ขอนแก่น คุณจารุชาติ ปราชญ์นคร หัวหน้าสถานีวิจัยลุ่มน้ำตาปี นครศรีธรรมราช และคุณปัทมา ทิพรส นักวิชาการป่าไม้ 6ว

เอกสารอ้างอิง

- พรชัย ปรีชาปัญญา. 2527, การสูญเสียดินและน้ำจากการประยุคระบบวนเกษตร: การศึกษาเฉพาะกรณีการทำสวนกาแฟในป่าดิบเขาที่ดอยขุย เชียงใหม่. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เพ็ญพิศ ธิดิโรจนะวัฒน์ และสุพจน์ เจริญสุข 2536. การทดสอบการใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในพื้นที่ป่าไม้ รายงานการวิจัย กลุ่มลุ่มน้ำส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ 49 หน้า.
- Dangler, E.W. and El – Swaify S.A. 1976. Erosion of selected Hawaii soil by simulated rainfall. Soil Sci. Amer. J. 40: 769-733.
- Thompson, J.P. 1991, How does organic farming perform in relation to soil biology? In Thompson, J.P., and Thomas, G.A. (eds), Organic farming in field crop production. Brisbane, Queensland Department of primary industries conference and workshop series. Brisbane, Queensland, QC91001:23-30p.

Wischmeier, W.H. and Smith D.D. 1958. Rainfall energy and relationship to soil loss. Trans. Amer. Geophys Union. 30 (2): 285-219p.

Wischmeier, W.H., Johnson, C.B. and Cross, B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farm land and contribution sites. J. of soil and water conserv. 26(5): 189-192p.