

การประเมินสถานะความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์¹

บทคัดย่อ

การประเมินสถานะความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ได้นำสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE) มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดินเชิงพื้นที่ โดยการประมาณค่าจะคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนที่ออกจากพื้นที่ การประมาณค่าการสูญเสียดินดำเนินการโดยใช้โปรแกรมการประเมินการสูญเสียดินสุทธิ "WaTEM/ SEDEM" โดยนำปัจจัยการเรียงตัว (Landscape Structure) ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำแหน่งของแหล่งน้ำบนผิวดิน มาร่วมประเมินการไหลของน้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อกำหนดลักษณะการเคลื่อนย้ายของตะกอน (Sediment Transport Index) ในพื้นที่ ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งที่มีการพังทลายดิน (Erosion) และการทับถม (Deposition) ของตะกอน ตลอดจนสามารถประมาณตะกอนที่ออกสู่พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาได้ โดยคำนึงถึงผลกระทบของฝายและเขื่อนต่อการกักเก็บตะกอนด้วย

จากการศึกษาความเสี่ยงของความเสียหายโทรมของทรัพยากรดินภายในลุ่มน้ำสาขา พบว่า ลุ่มน้ำสาขาที่มีค่าต่ำที่สุดคือ ลุ่มน้ำวังตอนล่างและลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ส่วนลุ่มน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมีหลายลุ่มน้ำได้แก่ น้ำแม่ลิดแม่โขงตอนบน น้ำแม่จัน แม่โขงส่วนที่ 2 แม่น้ำแม่แตง น้ำแม่แจ่มตอนล่าง น้ำแม่ตื่น แม่น้ำวังตอนล่าง และน้ำแม่เงา เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการประเมินการสูญเสียดิน พบว่าลุ่มน้ำที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ต่ำได้แก่ ลุ่มน้ำแม่ลาว น้ำแม่ดู่ น้ำาว แม่ซ้ายมตอนบน น้ำแม่กลาง น้ำแม่ต้า แม่น้ำวังตอนล่าง แม่น้ำวังตอนบน และน้ำแม่สรวย ลุ่มน้ำสาขาดังกล่าวเป็นลุ่มน้ำที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินสูง

คำสำคัญ: ภูมิสารสนเทศ ความเสี่ยงโทรมของที่ดิน สมการการสูญเสียดินสากล การพังทลายดิน การทับถมดิน

คำนำ

การประเมินความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดิน สามารถดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของข้อมูลที่มีอยู่ ตลอดจนความแม่นยำของผลการประเมิน การประมาณการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินระยะยาวที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย (Wischmeier and Smith, 1978) โดยได้มีการพัฒนาวิธีการพร้อมนำมาประยุกต์ใช้และปรับปรุง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และปริมาณข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดได้เป็นอย่างดี (Sonneveld and Nearing, 2002; Tran et al., 2002) โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แนวทางของสมการการสูญเสียดินสากล มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพความเสี่ยงโทรมของทรัพยากรที่ดินเชิงพื้นที่ ค่าการสูญเสียดินในพื้นที่สามารถประมาณได้จากผลคูณของปัจจัยดังกล่าวโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานดังสมการที่ 1

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots (1)$$

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โดยที่

A = ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี)

R = ผลของความรุนแรงของฝน ประมาณจากสมการสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลของความรุนแรงของฝนที่พัฒนาขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

K = ความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย กำหนดจากข้อมูลชุดดินประกอบกับการตรวจเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

LS = ผลของระยะทางลาดและความลาดชัน

C = ผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ ได้จากกำหนดจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเอกสารการชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

P = ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กำหนดค่าให้เท่ากับ 1.0 ตามสมมติฐานที่ว่ายังไม่มีการบริหารการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่

การประมาณค่าการสูญเสียดิน

ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นถูกนำมาใช้ในการประมาณค่า โดยคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายของตะกอนที่ออกจากพื้นที่ ลุ่มน้ำสาขาจึงเป็นพื้นที่เป้าหมายสำหรับการประมาณค่าโดยวิธีการนี้ แผนที่ลุ่มน้ำสาขาสร้างจากแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลขค่าความสูงต่อเนื่อง และครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดจากกิจกรรมที่ 1 ของโครงการวิจัย ฯ ระยะที่ 2 นี้ถูกกำหนดเป็นพื้นที่เป้าหมายสำหรับการประมาณค่าครั้งนี้ การประมาณค่าการสูญเสียดินดำเนินการโดยใช้โปรแกรมการประเมินการสูญเสียดินสุทธิ “WaTEM/ SEDEM” (Water and Tillage Erosion Model/Sediment Delivery Model) ที่พัฒนาโดย Oost *et al.* (2000), Rompaey *et al.* (2001) และ Verstraeten *et al.* (2002) โดยนำปัจจัยการเรียงตัวของภูมิทัศน์ (Landscape Structure) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินมาช่วยในการประมาณค่า นอกจากนั้นยังใช้การคำนวณการไหลของน้ำต่อเนื่องเพื่อกำหนดลักษณะการเคลื่อนย้ายของตะกอน (Sediment Transport Index) ในพื้นที่ การประมาณค่าโดยวิธีการนี้สามารถระบุตำแหน่งที่มีการพังทลายดิน (Erosion) และการทับถม (Deposition) ของตะกอน ตลอดจนสามารถประมาณตะกอนที่ออกสู่พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาได้ โดยคำนึงถึงผลกระทบของตำแหน่งแหล่งน้ำที่ทำหน้าที่ดักตะกอนในพื้นที่ ซึ่งได้แก่ ฝาย อ่างเก็บน้ำ และเขื่อน

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการประเมินความเสี่ยงโรคมดิน

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการประมาณค่าการสูญเสียดิน โดยใช้โปรแกรมการประเมินการสูญเสียดินสุทธิ “WaTEM/SEDEM” ประกอบด้วยชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝน ความคงทนของดิน ระยะทางลาดและความลาดชัน การจัดการดินและพืช การจัดเรียงตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และตำแหน่งอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ โดยมีขั้นตอนการเตรียมชั้นข้อมูลดังกล่าวเพื่อการประมาณการสูญเสียดิน ดังต่อไปนี้



1) **ชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝน** ชั้นข้อมูลความรุนแรงของฝนเชิงพื้นที่ ได้จากการสร้างชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2519-2549) โดยการประมาณค่าน้ำฝนต่อเนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายตัวในพื้นที่เป้าหมายแบบ Thin Plate Spline ที่ดำเนินการเสร็จสิ้นจากกิจกรรมที่ 1 ของโครงการวิจัย ฯ ระยะที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System, GIS) ตามสมการสหสัมพันธ์ที่พัฒนาโดยกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

2) **ชั้นข้อมูลความคงทนของดิน** ชั้นข้อมูลความคงทนของดินเชิงพื้นที่ ได้จากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลกลุ่มชุดดินที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 ของโครงการวิจัย ฯ ระยะที่ 2 นี้กับความคงทนของดินตามตารางที่แสดงค่า K ของกลุ่มชุดดินที่จำแนกตามภูมิภาคของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

3) **ชั้นข้อมูลความสูงต่อเนื่อง** ได้จากการนำผลของการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลขค่าความสูงต่อเนื่อง (DEM) จากข้อมูลเส้นชั้นความสูง ในกิจกรรมที่ 1 ของโครงการวิจัย ฯ ระยะที่ 2 นี้ มาปรับปรุงโดยการกลบหลุม (Fill Sink) เพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความสูงต่อเนื่องที่มีผลต่อการประมาณปัจจัยความลาดชันและความยาวความลาดเท และประมาณค่าปัจจัยดังกล่าวเชิงพื้นที่โดยโปรแกรม USLE2D ที่พัฒนาโดย Desmet and Govers (1996)

4) **ชั้นข้อมูลการจัดการดินและพืช** ชั้นข้อมูลการจัดการดินและพืชได้จากการประเมินแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2544 เพื่อกำหนดค่าปัจจัยตามตารางค่า C และ P ที่ประเมินตามชนิดพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

5) **ชั้นข้อมูลการจัดเรียงตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดิน** ได้จากข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2544 ที่ทำการกรูปรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีลักษณะเดียวกันและมีพื้นที่ติดกัน ให้เป็นหน่วยของการใช้ประโยชน์เดียวกัน

6) **ชั้นข้อมูลตำแหน่งอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่** ได้จากการกำหนดตำแหน่งฝาย เขื่อน และอ่างเก็บน้ำต่างๆ ที่กระจายอยู่ในพื้นที่เป้าหมายจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และการสำรวจข้อมูลมือสองจากหน่วยงานกรมชลประทาน และทำการเลือกเฉพาะอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 ไร่ขึ้นไป เพื่อใช้ในการประมาณค่าการสูญเสียดิน

ผลการศึกษา

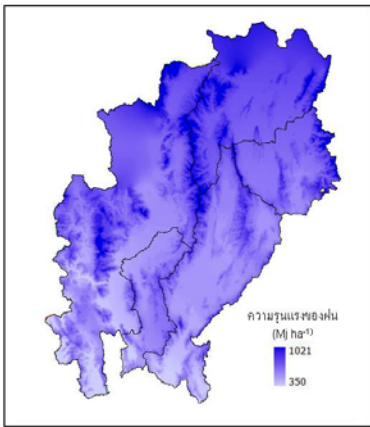
ผลการประมาณค่าการสูญเสียดิน

ผลจากการประมาณค่าการสูญเสียดินเชิงพื้นที่ ทำให้สามารถสร้างแผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียดินเพื่อพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินได้ โดยพบว่าในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง และพะเยา มีค่าผลของความรุนแรงของฝน (Erosivity) อยู่ระหว่าง 350-1,201 เมกะจูน/เฮกตาร์ (ภาพที่ 1) ซึ่งแนวโน้มของค่าความรุนแรงสูง ส่วนใหญ่พบใน

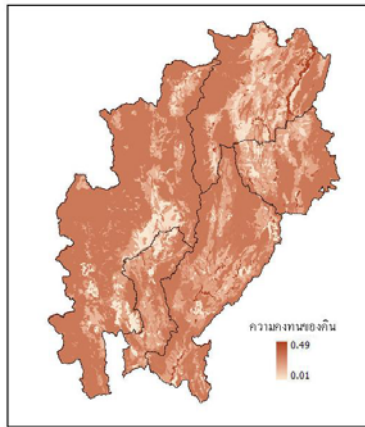


พื้นที่ของ จ. เชียงราย และลงมายัง จ. ลำพูน โดยจะแปรปรวนตามปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของแต่ละพื้นที่

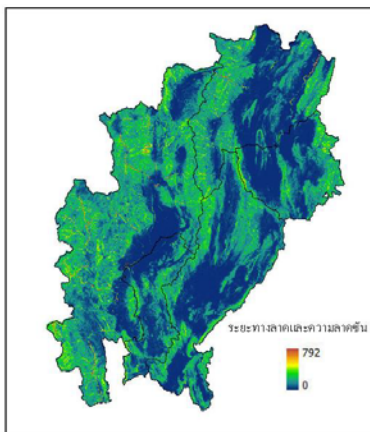
การประมาณค่าความง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย (K) ของดินในพื้นที่ 5 จังหวัด พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.49 (ภาพที่ 2) พื้นที่ที่มีค่า K สูง ดินมีโอกาสเสื่อมโทรมได้รุนแรงกว่าพื้นที่ที่มีค่า K ต่ำ การประมาณค่าผลของระยะทางลาดและความลาดชันในพื้นที่ศึกษา พบว่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-792 (ภาพที่ 3) โดยพบค่าระยะทางลาดและความลาดชันที่สูงบนพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูงบริเวณรอบๆ ตัวจังหวัดทั้ง 5 จังหวัด ซึ่งพื้นที่เหล่านี้จะมีแนวโน้มที่ก่อให้เกิดสภาพความเสื่อมโทรมของพื้นที่ที่รุนแรงกว่าพื้นที่ราบ



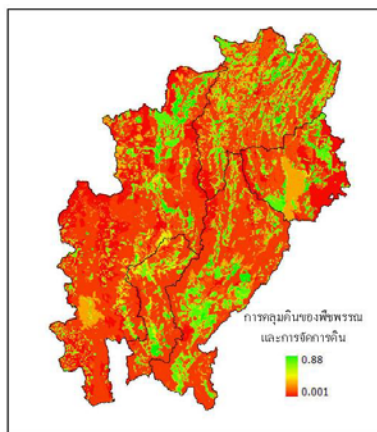
ภาพที่ 1 ความรุนแรงของฝนในพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 2 ค่าความง่ายของดินต่อการถูกชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 3 ผลของระยะทางลาดและความลาดชันต่อการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ศึกษา

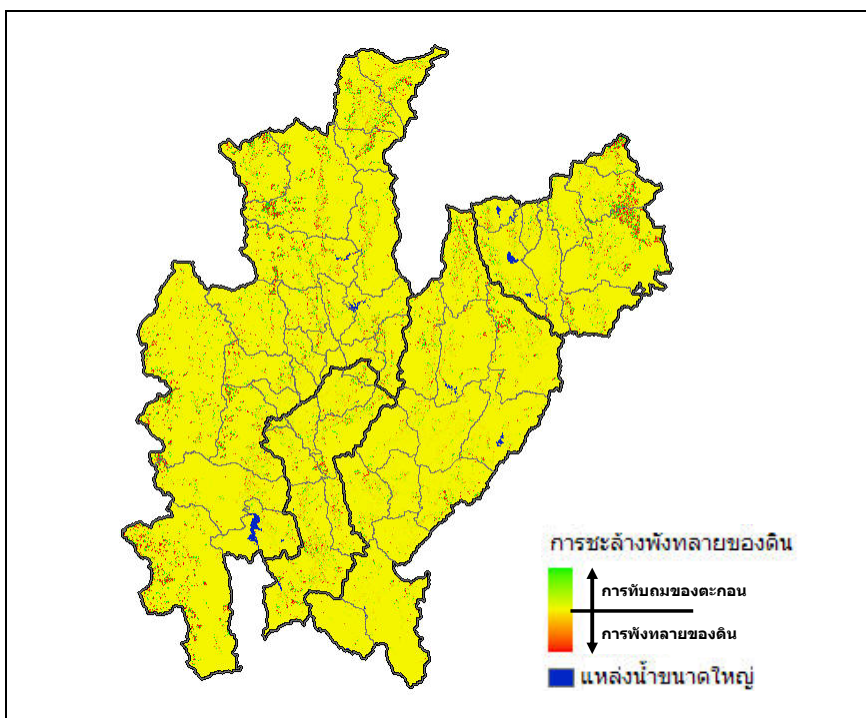


ภาพที่ 4 การคลุมดินของพืชพรรณและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศึกษา



การประมาณค่าการคลุมดินของพืชพรรณและการจัดการดิน พบว่า กระจายของค่าผลการคลุมดินของพืชพรรณและมาตรการจัดการดินในพื้นที่ 5 จังหวัด อยู่ระหว่าง 0.001-0.88 (ภาพที่ 4) โดยค่าที่สูงพบในพื้นที่ที่มีการเกษตร ซึ่งจะมีแนวโน้มต่อสภาพความเสื่อมโทรมของที่ดินที่รุนแรง

ผลจากการประมาณค่าการสูญเสียดินในพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลที่พัฒนาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ทำให้สามารถสร้างแผนที่การกระจายตัวของปริมาณการสูญเสียดินได้ในพื้นที่เป้าหมาย ดังภาพที่ 5 จากแผนที่การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน ตามขอบเขตลุ่มน้ำสาขาดังภาพที่ 5 เมื่อทำการตรวจสอบพบว่า การกระจายตัวของการชะล้างพังทลายของดินขึ้นอยู่กับลักษณะของลุ่มน้ำในพื้นที่ เนื่องจากลุ่มน้ำแต่ละลุ่มน้ำมีความลาดชันและคุณสมบัติดินที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดลักษณะการทับถมของตะกอนและการชะล้างพังทลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทั้งสองลักษณะตามขอบเขตลุ่มน้ำสาขาสามารถแสดงผลได้ ดังตารางที่ 1 โดยพบว่า ค่าความเสี่ยงของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินภายในลุ่มน้ำสาขาทั้ง 43 ลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำสาขาที่มีค่าต่ำที่สุดคือ ลุ่มน้ำวังตอนล่างและลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ส่วนลุ่มน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมีหลายลุ่มน้ำได้แก่ น้ำแม็ดิด แม่โขงตอนบน น้ำแม่จัน แม่โขงส่วนที่ 2 แม่น้ำแม่แตง น้ำแม่แจ่มตอนล่าง น้ำแม่ตื่น แม่น้ำวังตอนล่าง และน้ำแม่เงา



ภาพที่ 5 แผนที่ความเสี่ยงด้านความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในลุ่มน้ำสาขา



ตารางที่ 1 ค่าความเสี่ยงด้านความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

ชื่อลุ่มน้ำสาขา	การสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ห้วยแม่สา	0	0	0	0
น้ำแม่วิด	-35.77	20.95	0.000096	1.27
แม่น้ำโขงตอนบน	-35.77	20.95	0.002161	1.23
น้ำแม่จัน	-35.77	20.95	0.000786	1.74
แม่น้ำอิงตอนบน	-11.47	10.74	0.000005	0.43
แม่น้ำอิงตอนกลาง	-14.96	12.64	0.000000	0.43
แม่น้ำพุง	-15.84	14.69	0.000106	0.58
แม่ลาว	-25.20	18.67	-0.000305	1.04
แม่น้ำอิงตอนล่าง	-25.86	15.72	0.001234	0.91
แม่น้ำโขงส่วนที่2	-25.29	20.95	0.000369	1.69
น้ำแม่กก	-31.08	16.47	0.000122	1.07
น้ำแม่ฝาง	-17.39	16.32	0.000045	0.79
น้ำแม่ลาว	-22.13	15.88	0.000191	1.14
น้ำแม่ศรวย	-23.52	15.50	-0.000003	1.88
น้ำแม่กกตอนล่าง	-19.23	13.28	0.000231	0.81
แม่น้ำปิงตอนบน	-21.08	16.51	0.000064	0.63
น้ำแม่จัด	-19.14	14.12	0.003846	0.54
แม่น้ำแม่แตง	-25.30	20.95	0.000619	1.29
แม่น้ำปิงส่วนที่2	-21.12	13.98	0.000125	0.56
น้ำแม่ริม	-20.69	13.52	0.000048	0.95
น้ำแม่กวง	-27.80	16.79	0.002459	0.56
น้ำแม่ขาน	-20.70	16.74	0.000077	0.74
น้ำแม่ลี	-21.36	14.12	0.000028	0.56
น้ำแม่กลาง	-18.73	14.27	-0.000086	0.94
แม่น้ำปิงส่วนที่3	-25.95	17.96	0.001364	0.51
น้ำแม่แจ่มตอนบน	-25.30	15.54	0.000227	0.83
น้ำแม่แจ่มตอนล่าง	-40.10	20.95	0.000648	0.91
น้ำแม่หาด	-14.80	11.31	0.000467	0.38
น้ำแม่ตื่น	-25.30	20.95	0.000142	0.86
แม่น้ำวังตอนบน	-16.29	14.43	-0.000007	0.62
น้ำแม่สวย	-15.73	14.95	0.000239	0.73



ตารางที่ 1 (ต่อ) ค่าความเสี่ยงด้านความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน

ชื่อลุ่มน้ำสาขา	การสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำแม่จาง	-11.97	12.38	0.000001	0.43
น้ำแม่ต้า	-11.46	11.68	-0.000028	0.42
แม่ น้ำวังตอนล่าง	-40.10	20.95	-0.000013	0.40
แม่ น้ำยมตอนบน	-12.13	16.06	-0.000112	0.71
แม่ น้ำควน	-29.63	18.06	0.000313	0.77
น้ำบี	-25.29	20.67	0.000149	0.42
แม่ น้ำขาว	-15.90	13.29	-0.000114	0.64
น้ำแม่หมอก	-13.12	11.92	0.000028	0.33
น้ำแม่รำพัน	0.00	0.00	0.000000	0.00
น้ำแม่ต๋อย	-12.85	11.54	-0.000230	0.33
น้ำแม่วังตอนกลาง	-22.66	13.97	0.000095	0.34
น้ำแม่เงา	-35.76	20.95	0.007214	1.69

หมายเหตุ เครื่องหมาย - หมายถึงพื้นที่ที่มีการสูญเสียดิน

เครื่องหมาย + หมายถึงพื้นที่ที่มีการทับถมของตะกอนดิน

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการประเมินการสูญเสียดิน โดยพื้นที่ที่มีความเสี่ยงด้านการชะล้างพังทลายของดินสูงจะมีค่าเฉลี่ยต่ำ ในที่นี้พบว่า ลุ่มน้ำที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่ลาว น้ำแม่ต๋อย น้ำขาว แม่ น้ำยมตอนบน น้ำแม่กลาง น้ำแม่ต้า แม่ น้ำวังตอนล่าง แม่ น้ำวังตอนบน และน้ำแม่สรวาย ลุ่มน้ำสาขาดังกล่าวเป็นลุ่มน้ำที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินสูง ส่วนลุ่มน้ำที่มีค่าเฉลี่ยสูงได้แก่ น้ำแม่เงา น้ำแม่จัด น้ำแม่กว และแม่ น้ำโขงตอนบน เป็นต้น ซึ่งลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ เหล่านี้ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่มีการทับถมของตะกอนค่อนข้างสูง

สรุป

การประมาณสภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเชิงพื้นที่ ได้ชี้แนะทางการประมาณการสูญเสียดินจากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) โดยพิจารณาถึงวิธีการประมาณที่สามารถกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกษตรโดยตรงและพื้นที่นอกการเกษตร ซึ่งผลจากการประมาณ ทำให้สามารถระบุถึงพื้นที่เสื่อมโทรมทางทรัพยากรที่ดินในระดับแปลงและระดับลุ่มน้ำสาขาได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจวางแผนการแก้ปัญหาที่ดินให้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากผลของการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดิน ยังสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการประเมินหน่วยการจัดการที่ดิน



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน : การจำแนกระบบนิเวศเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เมธี เอกะสิงห์, วรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ และ สมจินต์ วานิชเสถียร. 2549. รายงานความก้าวหน้าโครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 2 ภาคเหนือตอนบน : ความเสี่ยงทางกายภาพในระบบผลิตพืช ครั้งที่ 2 (1 มิถุนายน 2549-30 พฤศจิกายน 2549) ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ ปิ่นเพชร สกกุลส่องบุญศิริ ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์ ชาติฤทธิ์ สุ่มเหม นันทวัน รักสกุลกานต์ และวัฒนา พัฒนถาวร. 2548. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการระบบสนับสนุนการวางแผนจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรและบริการ ระยะที่ 1 ภาคเหนือตอนบน : การใช้ทรัพยากรและระบบสนับสนุนการตัดสินใจ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Desmet, P.J.J. and G. Govers, 1996. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(5): 427-433.
- Van Oost K, Govers G, & Desmet PJJ, 2000. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology* 15 (6), 579-591.
- Van Rompaey A, Verstraeten G, Van Oost K, Govers G & Poesen J, 2001. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms* 26 (11), 1221-1236.
- Verstraeten G, Van Oost K, Van Rompaey A, Poesen J & Govers G, 2002. Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. *Soil Use and Management*, 18, 386-394.
- Sonneveld, B.G.J.S. and M.A. Nearing. 2002. A nonparametric/parametric analysis of the Universal Soil Loss Equation. *Catena* 57: 1-13.
- Tran, L.T., M.A. Ridgley, L. Duckstein, and R. Sutherland. 2002. Application of fuzzy logic-based modeling to improve the performance of the Revised Universal Soil Loss Equation. *Catena* 57: 203-226.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook No.537.

