ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินลุ่มน้ำยมตอนบน

Impact of Land Use and Climate Change on Soil Erosion in the Upper Part of Yom River Basin

ผศ.ดร.พีรวัฒน์ ปลาเงิน[1*]
ผศ.ดร.สานิตย์ดา เตียวต๋อย[2]
ดร.สมพินิจ เหมืองทอง[3]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
Email : pheerawat.pla@siam.edu
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Email : sanidda.t@rmutt.ac.th
[3]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
Email : somphinith.mu@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ : การชะล้างพังทลายของดินคาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตเนื่องจากสาเหตุการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น พืชที่ปกคลุมผิวดินจะส่งผลกระทบต่อการชะล้างพังทลาย นอกจากนี้ความเข้มข้นของปริมาณฝนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (อุณหภูมิ และปริมาณฝน) จะส่งผลกระทบต่อปริมาณการชะล้างพังทลาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำยมตอนบน การศึกษานี้ได้ประเมินค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนภายใต้ภูมิอากาศในอนาคต คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและคาดการณ์การชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตและเสนอมาตรการอนุรักษ์ดินในอนาคตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง LCM (Land change modeler) ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาคประกอบด้วย PRECIS: ECHAM4 and RegCM3: ECHAM5 นอกจากนี้แบบจำลอง Soil loss บนพื้นฐานของสมการการสูญเสียดินสากล (RUSLE) ใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและรวม

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทั้งสอง ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและภูมิอากาศในอนาคต (2565) จะส่งผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยพื้นที่การชะล้างพังทลายของดินระดับรุนแรงมาก (มากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี) เพิ่มขึ้น 131 ตร.กม. (81,875 ไร่) จากปี พ.ศ. 2555 และพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินสูงอยู่ทางตอนบนและตอนล่างของลุ่มน้ำ

คำหลัก : การชะล้างพังทลายของดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ลุ่มน้ำยมตอนบน

ABSTRACT : Soil erosion is expected to change in future periods mainly because of changes in land use and climate. Potential change in land use such as vegetation covers will also affect soil erosion. Moreover, High intensity rainfall, resulting from expected changes in climate change (temperature and rainfall) and, will have significant impacts on soil erosion. The main objective of this study was to evaluate the impacts of land use and climate change on soil erosion in the Upper Yom River Basin. The study evaluated rainfall erosivity under future climate projections, predicted land use change, estimated the soil erosion under land use and climate change and proposed the conservation measures for the areas identified under high risk in future. Land change modeler (LCM) was used to characterize future land use changes. Future climate data from two regional circulation models (RCMs), PRECIS: ECHAM4 and RegCM3: ECHAM5. In addition, soil loss modeling using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and sedimentation modeling was carried out to estimate soil loss and sedimentation under land use change, climate change and a combination of the two changes. Results indicated that Impact of land use and climate change on soil loss in 2022 show that there is increase in the area of very severe (more than 20 tons/rai/year) from 2012 amount of 131 km2 (81,875 rais). The high risk areas are located in the upper and lower watershed.

Keywords : Soil erosion, Land use change, Climate change, Upper Yom Watershed

1.บทนำ

การชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) ในประเทศไทยปัจจุบันได้มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธารทางภาคเหนือ ซึ่งประกอบด้วยภูเขาสูงชันสลับซับซ้อนและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ ตลอดจนมีปริมาณฝนตกค่อนข้างสูงและความรวดเร็วอันเนื่องมาจากความกดดันทางเศรษฐกิจทางสังคมและการเมือง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการชะล้างพังทลายของดินให้มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Cliamte change) ในปัจจุบันมีความรุนแรงและความถี่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละรอบปี สาเหตุเกิดจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) ประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อปริมาณฝน [1] และค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (rainfall erosivity) ซึ่งส่งผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) ทำให้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต [2,3] การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดินหลายด้าน เช่น การเพิ่มความถี่และขนาดของการกัดเซาะหน้าดิน [4,5] ซึ่งผลกระทบโดยตรงของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินคือการเปลี่ยนแปลงในรูปของพลังงานของฝน [6]

หลายงานวิจัย [5,7,8] ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนและค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน ส่งผลกระทบการชะล้างพังทลายของดิน Plangoen el at. [2] ได้ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อการชะล้างหน้าดินและการทับถมของตะกอนในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก HadCM3, NCAR CCSM3 และแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS: ECHAM4 ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 และแบบจำลอง Soil loss modeling ในโปรแกรม Idrisi Taiga [9] ได้คาดการณ์การชะล้างและการทับของตะกอนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฝนและค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และส่งผลการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมของตะกอนลุ่มน้ำน่านตอนบนมีปริมาณที่สูงขึ้นในอนาคต

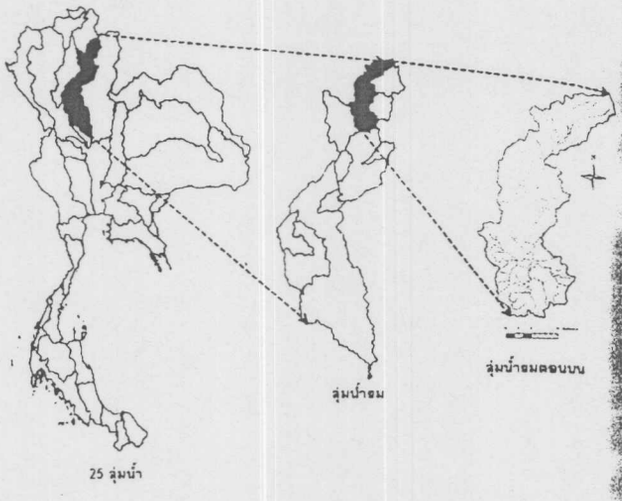
ลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำยมจากดอยขุนยวมในทิวเขาผีปันน้ำครอบลุ่มพื้นที่บางส่วนของจังหวัดพะเยาและจังหวัดแพร่ การชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำยมตอนบนเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันสูง และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง แต่ยังขาดแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดการสูญเสียดินมากกว่าค่าการยอมรับได้มากกว่า 2 ตัน/ไร่/ปี [10] หน้าดินที่ถูกชะล้างออกไปจะมีแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูญเสียไปทำให้คุณภาพของทรัพยากรดินเสื่อมโทรมลงและส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชลดต่ำลงส่วนตะกอนดินก็จะถูกพัดพาลงสู่เบื้องล่างโดยเฉพาะในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้แม่น้ำยมตื้นเขินและเกิดอุทกภัยเป็นประจำทุกปี การทับถมของตะกอนในลำน้ำและแหล่งน้ำต่างๆ ทำให้เกิดการตื้นเขิน ปริมาณการเก็บกักน้ำลดลง

ซึ่งภาวะเช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหากับประชาชนและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำยมตอนบน เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับตัวของชุมชนในพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อไป

2. พื้นที่ศึกษาวิจัย

ลุ่มน้ำยมตอนบนมีพื้นที่รับน้ำ 2,057 ตร.กม. (ภาพที่ 1) ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอปง อำเภอเชียงม่วน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงมีที่ราบช่วงแคบๆ บริเวณใกล้ลำน้ำ ส่วนบริเวณริมแม่น้ำเป็นบางตอนก่อนไหลเข้าสู่เขตจังหวัดแพร่มีความลาดชันสูง

ลักษณะภูมิอากาศอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู จากสถิติภูมิอากาศอำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2526-2555) 1,125 มม./ปี [11] เดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด 218 มม. เดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ยน้อยที่สุด 5 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 25.1 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28.7 องศาเซลเซียส เดือนธันวาคมอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 19.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 75.0 เปอร์เซ็นต์ [11]

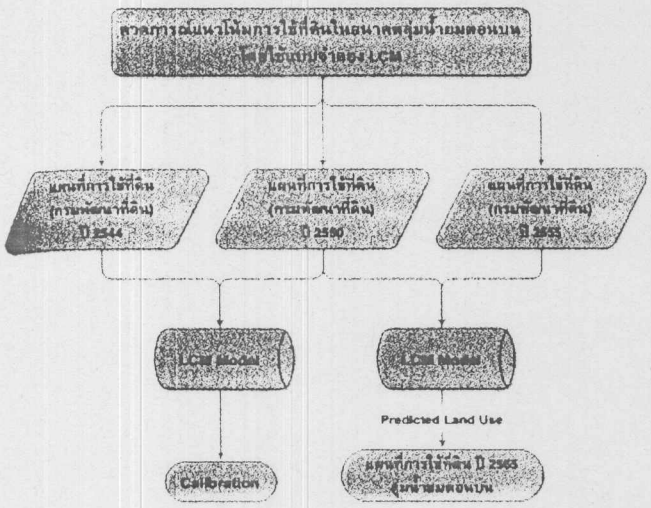


ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาวิจัยลุ่มน้ำยมตอนบน

3. วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

วิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต โดยใช้แบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) ในโปรแกรม Idrisi Selva พัฒนาโดย Clark Labs, Clark University, USA [9] ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยภาพที่ 2 ได้แสดงขั้นตอนการคาดการณ์การใช้ที่ดิน



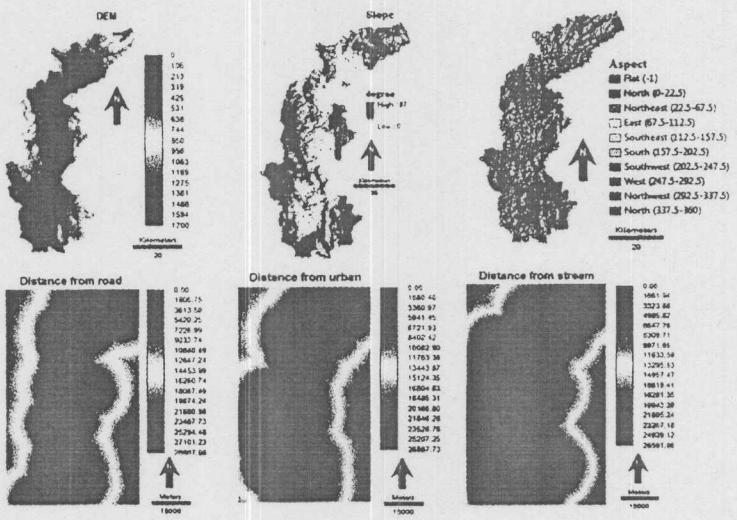
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการคาดการณ์การใช้ที่ดิน

3.1.1 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงตัวเลข ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2544, 2550 และ 2555 จากการแปลภาพจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5TM และนำมาจัดทำชั้นข้อมูล ประกอบไปด้วย นาข้าว พืชไร่ ป่าผลัดใบ ป่าดิบ สวนผลไม้ พื้นที่อื่นๆ บ้านเรือน และแหล่งน้ำ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ km^2		
	2544	2550	2555
นาข้าว	55	55	57
พืชไร่	219	232	298
ป่าผลัดใบ	1663	1457	1357
ป่าดิบ	66	193	191
สวนผลไม้	16	45	83
พื้นที่อื่นๆ	12	42	35
บ้านเรือน	15	21	23
แหล่งน้ำ	12	12	12
รวม	2057	2057	2057

3.1.2 พารามิเตอร์ ที่ใช้ในแบบจำลอง LCM สำหรับคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ประกอบด้วย แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) แผนที่ความลาดชัน (slope) แผนที่ทิศด้านลาด (aspect) แผนที่ข้อมูลระยะห่างจากถนน (road distance) แผนที่ข้อมูลระยะห่างจากหมู่บ้าน (village distance) แผนที่ข้อมูลระยะห่างทางน้ำ (stream distance) แสดงในภาพที่ 3

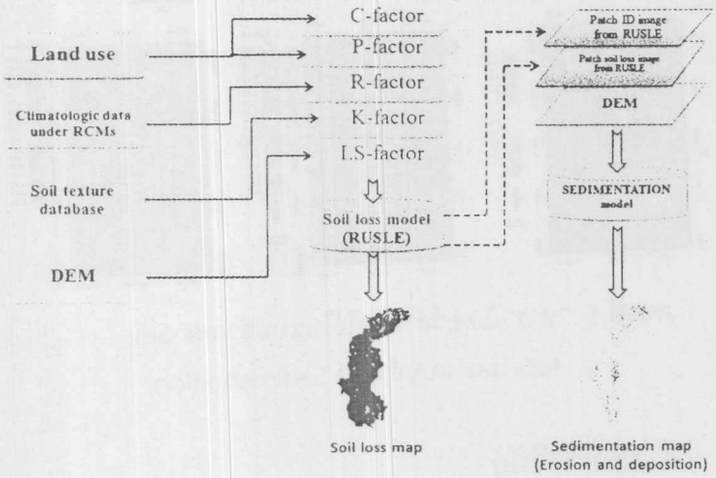


ภาพที่ 3 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง LCM

3.2 ประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินใช้แบบจำลอง Soil Loss Modeling) ซึ่งเป็นการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนพื้นฐานของสมการการสูญเสียดินสากลปรับปรุง (RUSLE) [12, 13] โดยปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่ ปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (R factor) ปัจจัยความคงทนของดิน (K factor) ปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ (LS factor) ปัจจัยการจัดพืช (C factor) ปัจจัยการปฏิบัติการ

ควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (P factor) และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) มาพิจารณาร่วมในแบบจำลอง Soil Loss Modeling และแบบจำลอง Sedimentation (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แผนผังวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน

การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละปัจจัยตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำยมตอนบน ปี พ.ศ. 2555 และในอนาคต (พ.ศ. 2565) พารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอน ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในเขตลุ่มน้ำยมตอนบนและพื้นที่ข้างเคียง จำนวน 10 สถานี ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี (2524 – 2553) และวิเคราะห์ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (Rainfall erosivity, R-factor) จากสมการ [14]

$$R = 85MFI^{0.70} \quad (1)$$

$$MFI = 0.0009P_m^{1.96} \quad (2)$$

เมื่อ R คือ ปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (MJ mm ha^{-1} $year^{-1}$)

MFI คือ Modified Fournier index (mm)

P_m คือ ปริมาณฝนรายเดือน (mm)

ปัจจัยการกัดกร่อนของฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิภาค (RCM) [1] ได้แก่ (1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS : ECHAM4 ภายใต้ภาพจำลองการพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมของโลก A2 และ B2 ผลเป็นผลจากการศึกษาวิจัยโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศ RegCM3 : ECHAM5 ภายใต้ภาพจำลองการพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมของโลก A1B ศึกษาวิจัยโดย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภายใต้ทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สกว.

ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (Soil erodibility, K-factor) ได้จากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน [15] และใช้ค่า Soil erodibility โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการจำแนกค่าความคงทนของดินที่ได้รับจากหน่วยทางธรณีวิทยาในพื้นที่ภาคเหนือของกรมพัฒนาที่ดิน

ค่าปัจจัยความลาดชันและความยาวของความลาด (LS factor) ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) วิเคราะห์ข้อมูลระดับสูงเชิงเลข (DEM) และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์องศาและความยาวของความลาดเท เพื่อนำเข้าสมการหาค่า LS factor ตามวิธีของ Wischeimer and Smith [12] และปรับปรุงค่าปัจจัยในสมการ

โดยใช้การคำนวณตามสมการของ McCool et al. [16]

$$L = (\lambda/22.13)^m \quad (3)$$

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2 \quad (4)$$

เมื่อ L = ปัจจัยความยาวของความลาดเท

λ = ความยาวความลาดเท (m) m = ค่ายกกำลังเท่ากับ 0.5

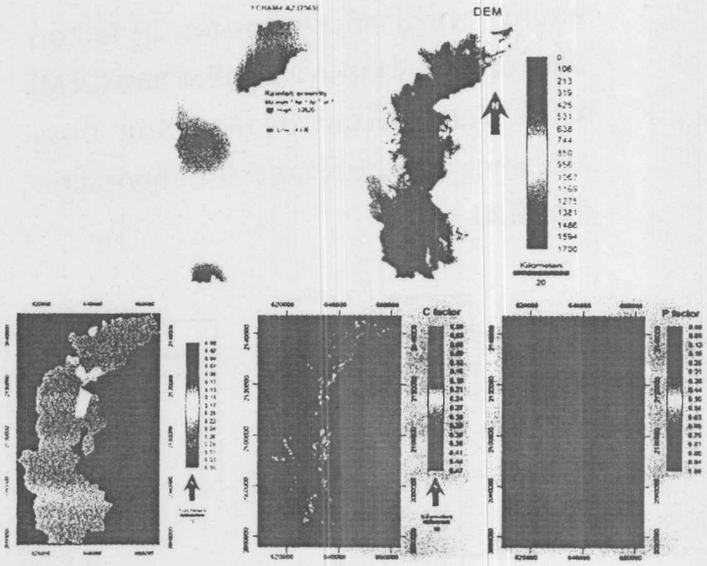
S = ปัจจัยความลาดเท s = เปอร์เซ็นต์ความลาดเท

ปัจจัยการจัดการพืช (C-factor) และค่าปัจจัยการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) จากผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 ของกรมพัฒนาที่ดิน (ตารางที่ 2) และผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2565 จากแบบจำลอง LCM และแปลเป็นค่า CP factors โดยภาพที่ 5 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอนภายใต้สภาวะปัจจุบันและอนาคต

ตารางที่ 2 ค่า C และ P factor อ้างอิงตามประเภทการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	C-factor	P-factor
นาข้าว	0.28	0.1
พืชไร่	0.60	1
ป่าผลัดใบ	0.048	0.1
ป่าดิบ	0.019	0.1
สวนผลไม้	0.15	1
พื้นที่อื่นๆ	0.10	1
บ้านเรือน	0	0
แหล่งน้ำ	0	0

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมพัฒนาที่ดิน (2545)



ภาพที่ 5 พารามิเตอร์สำหรับใช้ในแบบจำลอง Soil loss และ แบบจำลอง Sedimentation

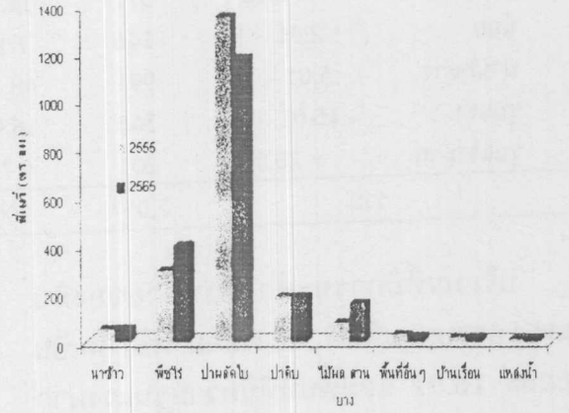
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2565

ผลการวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนจากแบบจำลอง LCM ซึ่งคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ปี พ.ศ. 2565 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (km^2)	สัดส่วน (%)
นาข้าว (Paddy field)	57	2.77
พืชไร่ (Field crop)	403	19.59
ป่าผลัดใบ (Deciduous forest)	1182	57.46
ป่าดิบ (Evergreen forest)	190	9.24
สวนผลไม้ (Orchard)	164	7.97
พื้นที่อื่นๆ (Pasture)	26	1.26
บ้านเรือน (Built-up land)	23	1.12
แหล่งน้ำ (Water body)	12	0.58
รวมพื้นที่	2057	100.00

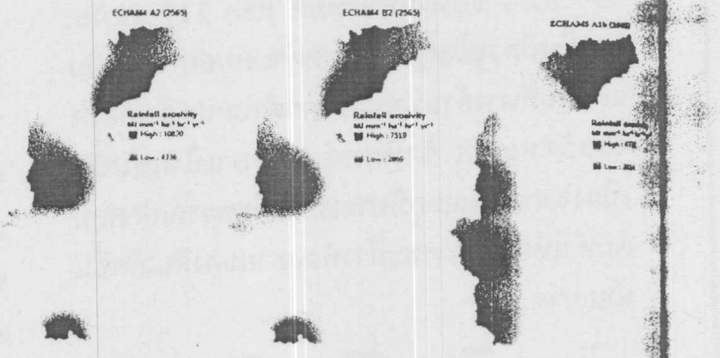
ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2555 และ 2565 ซึ่งพบว่าพื้นที่ป่าดิบลดลง พื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น และไม้ผลสวนยาง เพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่อื่นๆ บ้านเรือนและแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2555 และ 2565

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนและปัจจัยการกัดกร่อนของฝนจากเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก สมการที่ (1) และสมการที่ (2) คำนวณค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนของแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้ง ECHAM4 (A2 และ B2 scenarios) และ ECHAM5 (A1B scenario) พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับแบบจำลองและสมมุติฐาน A2, B2 และ A1B ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงปีฐาน และ ปี พ.ศ. 2561-2570 (2565) ได้นำมาสร้างแผนที่ปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (Rainfall erosivity map) โดยใช้วิธีการ Interpolation ด้วยเทคนิค IDW (Inverse Distance Weighting) ซึ่งแผนที่ปัจจัยการกัดกร่อนของฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ PRECIS: ECHAM4 ภายใต้สมมุติฐาน A2 และ B2 และ RegCM3: ECHAM5 ภายใต้สมมุติฐาน A1B จะใช้เป็นพารามิเตอร์ในแบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของลุ่มน้ำยมตอนบน



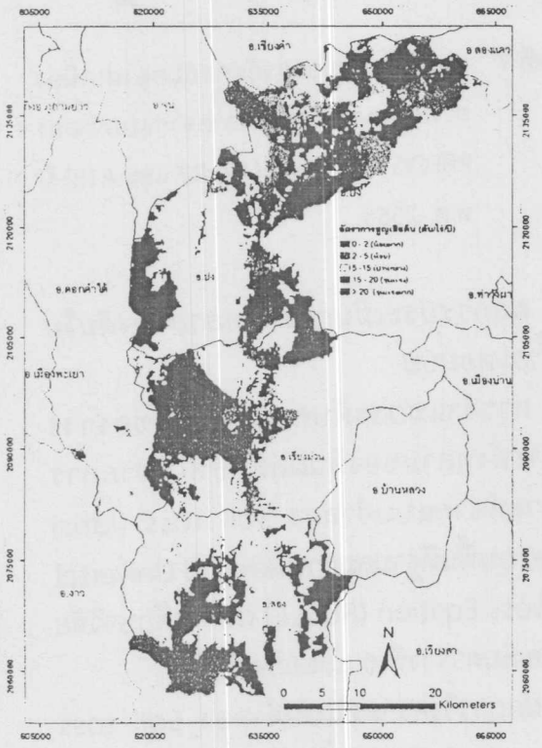
ภาพที่ 7 แผนที่ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนเนื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากแบบจำลอง PRECIS : ECHAM4 (A2, B2 และ A1B) ปี พ.ศ. 2565

4.3 ผลการประเมินการพังทลายของดินในลุ่มน้ำยมตอนบน

การจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จากแบบจำลอง Soil loss (Idrisi Selva) บนพื้นที่ฐานสมการ Revised Universal Soil Loss Eqation (RUSLE) ผลการศึกษาวิจัยดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8

ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง Soil loss (Idrisi selva) จำแนกชั้นความรุนแรงของการ

ชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน 5 ระดับ [10] ดังแสดงในตารางที่ 4 พื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของลุ่มน้ำยมตอนบนมีระดับการพังทลายของดินปานกลาง (Moderate) คือ ระหว่าง 5.01–15 ตันต่อไร่ต่อปี ครอบคลุมพื้นที่ถึง 991 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 48.18 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ส่วนใหญ่กระจายทั่วทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งมีมากบริเวณอำเภอดอกคำใต้ ตอนล่างของอำเภอปง จังหวัดพะเยา และ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของอำเภอสอง จังหวัดแพร่ สำหรับพื้นที่ที่มีการพังทลายของดินน้อยมาก คิดเป็นร้อย18.04 ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 317 ตร.กม. โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตตำบลออย ตำบลงิม และพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกตำบลปง อำเภอปง จังหวัดพะเยา ซึ่งที่ผลการศึกษาเป็นเช่นนั้น เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศมีพืชพรรณปกคลุมดินทำให้อัตราการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นน้อยมาก

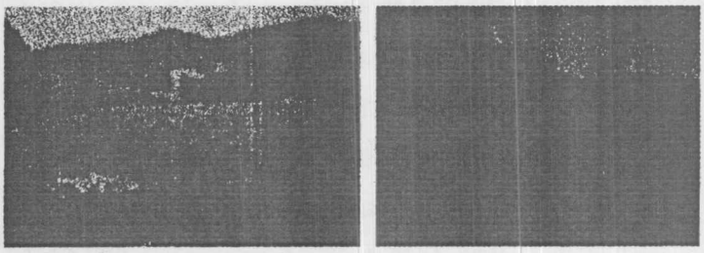


ภาพที่ 8 แผนที่การจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน ปี พ.ศ. 2555

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การจำแนกระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2555

ระดับ	ความรุนแรง	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่	
			ตร.กม.	ร้อยละ
1	น้อยมาก	< 2.00	371	18.04
2	น้อย	2.01 – 5	146	7.10
3	ปานกลาง	5.01 – 15	991	48.18
4	รุนแรง	15.01 – 20	348	16.92
5	รุนแรงมาก	> 20.00	201	9.77
	รวม		2,057	100

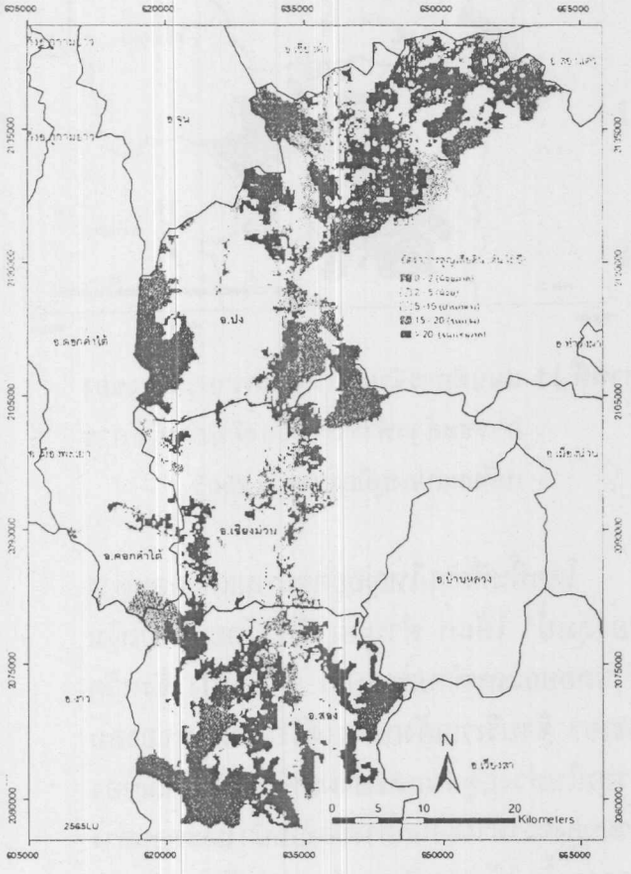
บริเวณที่มีการชะล้างพังทลายของดินรุนแรง ครอบคลุมพื้นที่ 348 ตร.กม. หรือ คิดเป็นร้อยละ 16.92 และพื้นที่ที่มีความรุนแรงมาก 201 ตร.กม. หรือร้อยละ 9.77 ของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบน พื้นที่ที่มีการพังทลายของดินรุนแรงเกิดขึ้นบริเวณตอนบนและตอนล่างของลุ่มน้ำยมตอนบน ประกอบไปด้วย พื้นที่บริเวณตอนเหนือของอำเภอปง ได้แก่ ตำบลผาช้างน้อยและตำบลงิม โดยพื้นที่ดังกล่าวมีการเพาะปลูกพื้นพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดและถั่วเหลือง และพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำบริเวณ ตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้มีการทำไร่ข้าวโพดในพื้นที่ป่าและทำไร่ถั่วเหลืองบนพื้นที่ลาดชัน ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน บริเวณ ต.สะเอียบ อ.สอง จ.แพร่

4.4 การชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มยมตอนบน ปี พ.ศ. 2565 ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งผลการวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2565 โดยการจำแนกระดับความรุนแรงออกเป็น 5 ระดับ และแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แผนที่การจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี 2565

ระดับความรุนแรงปานกลางของการชะล้างพังทลายของดินมีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำยมตอนบน หรือ 1027 ตร.กม. กระจายอยู่ทั่วลุ่มน้ำพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่ป่าผลัดใบ ส่วน พื้นที่ที่มีการพังทลายของดินน้อยมาก (Very Slight) ส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ป่าดิบมีการปกคลุมผิวดินที่ดีจึงทำให้การชะล้างพังทลายของดินน้อย คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 18 ของพื้นที่ทั้งหมด หรือ 375 ตร.กม. (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี 2565

ระดับ	ความรุนแรง	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่ ตร.กม.	เนื้อที่ ร้อยละ
1	น้อยมาก	< 2.00	375	18
2	น้อย	2.01 – 5	188	9
3	ปานกลาง	5.01 – 15	1027	50
4	รุนแรง	15.01 – 20	182	9
5	รุนแรงมาก	> 20.00	285	14
	รวม		2,057	100

4.5 ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดิน

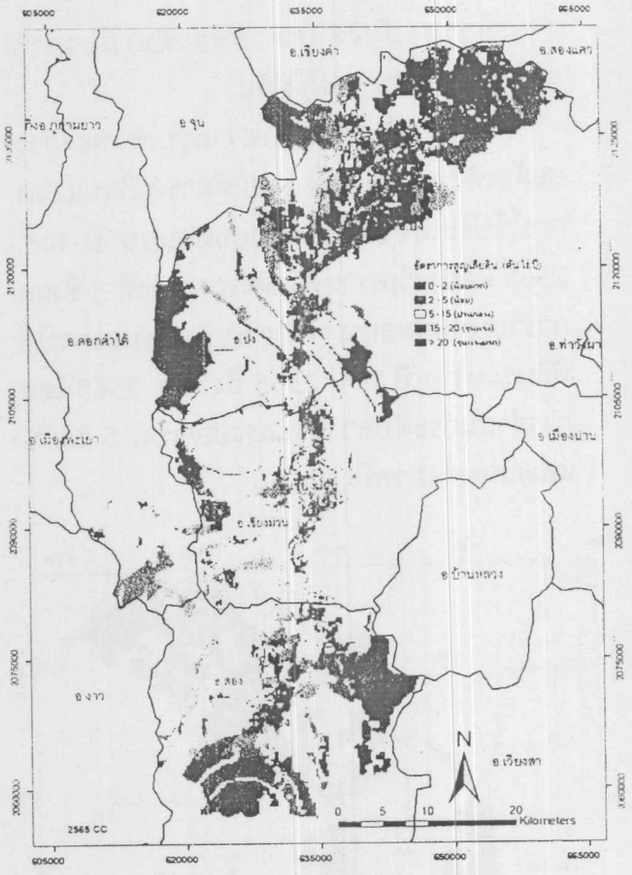
ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ปี 2565 แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งวิเคราะห์ผลกระทบการภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2565 ภายใต้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS : ECHAM4 และ RegCM3: ECHAM5 และใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 สำหรับการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยการ

จำแนกระดับความรุนแรงออกเป็น 5 ระดับ แสดงดังภาพที่ 11

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศปี 2565

ระดับ	ความรุนแรง	อัตราการสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่	
			ตร.กม.	ร้อยละ
1	น้อยมาก	< 2.00	362	18
2	น้อย	2.01 – 5	181	9
3	ปานกลาง	5.01 – 15	1,115	54
4	รุนแรง	15.01 – 20	118	6
5	รุนแรงมาก	> 20.00	281	14
รวม			2,057	100

จากตารางที่ 6 แสดงผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศใน ปี พ.ศ. 2565 ส่งผลกระทบต่อระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดิน โดยพื้นที่การชะล้างหน้าดินจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ตั้งแต่ระดับความรุนแรงปานกลางและรุนแรงมาก พื้นที่ระดับความรุนแรงปานกลางเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ร้อยละ 5.82 (124 ตร.กม.) ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ที่มีความรุนแรงมาก เพิ่มขึ้น 81 ตร.กม.



ภาพที่ 11 แผนที่การจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ปี 2565

โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ตอนบนและตอนล่างของลุ่มน้ำ ได้แก่ ตำบลผาช้างน้อย ตำบลงิม ตำบลออยและตำบลนาปรัง อำเภอปง จังหวัดพะเยา ซึ่งบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลของลมมรสุมในช่วงฤดูฝนและส่งผลทำให้ปริมาณของน้ำฝนสูงกว่าทางตอนกลางของลุ่มน้ำ และตอนล่างของลุ่มน้ำ ได้แก่ บริเวณตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ เป็นพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ยม มีป่าไม้ปกคลุมจำนวนมากและมีปริมาณฝนอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งมากกว่า 1200 มม.ต่อปี ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของพื้นที่การชะล้างพังทลาย

ของดินสาเหตุเกิดจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนจากผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (PRECIS: ECHAM4 และ RegCM3: ECHAM5) แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 จากปี พ.ศ. 2555 และค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝนซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้นประมาณ 28% ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่การชะล้างพังทลายของดินระดับรุนแรงมากเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555

5. สรุปผลการวิจัย

การประเมินการชะล้างพังทลายของดินในปัจจุบัน (พ.ศ. 2555) พบว่าประมาณร้อยละ 48.18 ของพื้นที่ทั้งหมด ระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) ครอบคลุมพื้นที่ 991 ตร.กม. (619,375 ไร่) กระจายทั่วทั้งลุ่มน้ำ จะหนาแน่นบริเวณอำเภอดอกคำใต้ ตอนล่างของอำเภอปง จังหวัดพะเยา และ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของอำเภอสอง จังหวัดแพร่ ส่วนการชะล้างพังทลายของดินขนาดรุนแรง และรุนแรงมาก คิดเป็นร้อยละ 16.92 (217,500 ไร่) และร้อยละ 9.77 (125,625 ไร่) ตามลำดับ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตำบลผาช้างน้อย และตำบลงิม อำเภอปง และบริเวณตอนล่างของอำเภอสอง จ.แพร่

การชะล้างพังทลายของดินและตะกอนภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2565 ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตได้จากผลลัพธ์ของแบบจำลอง LCM และค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (Rainfall erosivity) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS: ECHAM4 (A2 และ B2 Scenarios) และ RegCM3 : ECHAM5 (A1B Scenario) ซึ่งทำการประเมินการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมตะกอน แบ่งออกเป็น 2 กรณี (ก) ประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต (ข) ประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

ประเมินการชะล้างพังทลายของดินและการทับถมตะกอนภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2565 พบว่าการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในความรุนแรงปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 1,027 ตร.กม. (641,875 ไร่) กระจายทั่วลุ่มน้ำ ในขณะที่พื้นที่เสี่ยงภัยระดับความรุนแรงมาก คิดเป็นพื้นที่ 84 ตร.กม. (52,500 ไร่) ครอบคลุมพื้นที่ อำเภอปง จังหวัดพะเยา และตอนล่างของอำเภอสอง จังหวัดแพร่ พื้นที่ดังกล่าวมีการชะล้างพังทลายของดินสูง เนื่องจากผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตจะมีเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่จึงส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวเกิดการชะล้างพังทลายของดินระดับความรุนแรงมากในอีก 10 ปีข้างหน้า การประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ปริมาณฝนจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการชะล้างพังทลายของดินผ่านค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศทั้งสองแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฝนในระยะ 10 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2565) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยปริมาณฝนหนาแน่นบริเวณอำเภอปง จังหวัดพะเยาปริมาณน้ำฝนจะเบาบางทางตอนล่างของลุ่มน้ำ จากผลการวิเคราะห์พบว่าระดับความรุนแรงมาก มีพื้นที่ 281 ตร.กม. (175,625 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 14

ของพื้นทั้งหมด กระจายอยู่ในพื้นที่อำเภอปง จังหวัดพะเยา และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ เพิ่มขึ้น 197 ตร.กม. เมื่อเทียบกับการชะล้างพังทลายของดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พบว่าทั้งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินในอนาคตจะส่งผลกระทบต่อการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการชะล้างพังทลายของดินในปัจจุบัน จากผลการวิจัยเห็นได้ชัดเจนว่าการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำยมตอนบนจะเป็นปัญหาที่สำคัญและท้าท้ายอย่างยิ่งในอนาคต การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงหนึ่งเดียวในอนาคตที่จะส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน ทั้งนี้พลวัตทางสังคมและเศรษฐกิจ เช่น การใช้ที่ดินในอนาคตซึ่งอาจเป็นผลจากทิศทางการพัฒนาหรือการขับเคลื่อนนโยบายของภาครัฐ และการเปลี่ยนแปลงจากผลสืบเนื่องของปัจจัยภายนอกก็ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน และประกอบกับปริมาณฝนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งปัจจัยทั้งสองอย่างเป็นปัจจัยทางพลวัตและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นจึงควรหาแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอนโดยพิจารณาถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นหลัก ซึ่งจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยควรใช้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินสูง เช่น การแบ่งพื้นที่ทำการเกษตรตามความลาดชัน โดยใช้วิธีพืช (vegetative method) วิธีเขตกรรม (agronomic method) และวิธีกล (mechanical method) เพื่อลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณตะกอนลุ่มน้ำยมตอนบนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์ประสานการศึกษานโยบายที่ดิน ฝ่ายชุมชนและสังคม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรมพัฒนาที่ดินและกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลด้านภูมิอากาศสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัย

บรรณานุกรม

(1) Chinvanno, C., and Snidvongs, A., 2005. The Study of future climate changes impact on water resource and rain-fed agriculture production. Proceeding of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Workshop, Vientien, Lao PDR, 29-30 July 2004. SEA START RC, Technical Report No. 13:113.

(2) Plangoen, P. Babel, M.S., Clemente, R.S., Shrestha, S., and Tripathi, N.K., 2013. Simulating the Impact of Future Land Use and Climate Change on Soil Erosion and Deposition in the Mae Nam Nan Sub-Catchment, Thailand. Sustainability, 5: 3244-3274.

(3) Shrestha, B., Babel, M.S., Maskey, S., Griensven, A.V., Uhlenbrook, S., Green, A. and Akkharath, I., 2013. Impact of climate change on sediment yield in the Mekong River basin: A case study of the Nam Ou basin, Lao PDR. Hydrol. Earth Syst. Sci., 17 : 1-20.

(4) Pruski, F.F. and Nearing, M.A., 2002. Climate-induced changes in erosion during the 21st century for eight U.S. locations. Water Resource. Res., 38: 34-44.

(5) Mullan, D., Favis-Mortlock, D.T., and Fealy, R., 2012. Addressing key limitations associated with modelling soil erosion under the impacts of future climate change. Agric. Forest. Meteorol., 156: 18-30.

(6) Zhang, X.C., 2007. A comparison of explicit and implicit spatial downscaling of GCM output for soil erosion and crop production assessments. Clim. Chang., 84: 337-363.

(7) Favis-Mortlock, D.T. and Guerra, A.J.T., 1999. The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: A case study from Brazil. Catena., 37: 329-354

(8) Plangoen, P. and Babel, MS., 2014. Projected Rainfall Erosivity Changes under Future Climate in the Upper Nan Watershed, Thailand. J Earth Sci Clim Change, 5:242.

(9) Eastman, J.R., 2009. Idrisi Taiga Guide to GIS and Image Processing, Clark University: Worcester, MA, USA.

(10) กรมพัฒนาที่ดิน, 2546. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,กรุงเทพฯ

(11) กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจังหวัดพะเยาและจังหวัดแพร่ ระหว่างปี พ.ศ. 2526 - 2555, กรุงเทพฯ.

(12) Wischmeier, W.H. and Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. In USDA Agric. Handbook, Agricultural Research Service: Washington, DC, USA.

(13) Renard, K.G. and Fremund, J.R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. J. Hydrol., 157: 287-306.

(14) Plangoen, P. and Roberto C., 2012. Estimation of rainfall erosivity under climate change in the Upper Nan Waterhsed, Thailand, The 10th International Symposium On Southeast Asian Water Environment, November 8-10, 2012 Hilton Hotel, Hanoi, Vietnam

(15) กรมพัฒนาที่ดิน, 2543. การประเมินค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย ระดับประเทศ ระดับภาค, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(16) McCool, D.K., Brown, L.C. and Foster, G.R., 1987. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, 30: 1387-1396.