

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดิน
บริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบน
Effect of Land Use Change on Soil Erosion
in the Upper Yom Sub-watershed

ปัทมา เพื้อแผ่^{1,2*}สมนิมิตร พุกงาม¹วินัส ต่วนเครือ¹Pattama Phuaphae^{1,2*}Somnimirt Pukngam¹Venus Tuankruea¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

Land Use Analysis, Division of Land use Planning and Policy, Land Development Department

*Corresponding Author, E-mail: pannoiagahoo@gmail.com

รับต้นฉบับ 17 มีนาคม 2564

รับแก้ไข 5 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์ 7 พฤษภาคม 2564

ABSTRACT

This study assessed the effect of land use change on soil erosion in the upper Yom sub-watershed. The objectives were to determine the land use changes during 2007-2018 and applied the Dyna-CLUE model to predict future land use. We estimate that the expansion in area under agriculture in degraded forest and miscellaneous land was about 3% of the total area and the appropriate land use based on the watershed classification (class I and II) by using GIS. Moreover, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used to estimate the soil erosion under the different land use types. The results showed that the forest area was mostly decreased at about 6.62% of the total area, while the agricultural area was increased about 7.13% of the total area. The land use prediction model indicated that the degraded forest would decrease, while the agricultural area would increase. The suitable land use based on the watershed classification (class I and II) indicated to an increase in the dense deciduous forest area, by about 3.89% of the total area. For the soil erosion estimation with the different land use types, we found that a land use according to the watershed classification (class I and II) with soil and water conservation on the terraces was the most, as indicated by a decrease in soil erosion rate of 54.77% when compared to a scenario without soil and water conservation.

Keywords: Land use change, Soil erosion, Upper Yom sub-watershed.

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง 2561 และประยุกต์แบบจำลอง Dyna-CLUE ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต โดยมีเงื่อนไขการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ในพื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูและพื้นที่เบ็ดเตล็ดของพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าลดลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 6.62 และในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.13 ของพื้นที่ทั้งหมด ผลของการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตพบว่า พื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูลดลงและพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น จากการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ทำให้พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบสมบูรณ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.89 ของพื้นที่ทั้งหมด สำหรับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 พร้อมกับมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Terracing สามารถลดการชะล้างพังทลายของดินได้มากถึงร้อยละ 54.77 เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การชะล้างพังทลายของดิน ลุ่มน้ำสาขายมตอนบน

คำนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้ที่ดินของประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีความต้องการในการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง จึงเกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจและใช้ที่ดินไม่เหมาะสมตามศักยภาพหรือตามสมรรถนะของที่ดิน ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้น Tangtham (2002) ได้ให้ความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน เป็นกระบวนการที่เกิดจากการที่มีแรง ซึ่งอาจเกิดจากน้ำ ลม หรือแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำให้วัตถุหรือสารแตกแยกออกจากกันแล้วเคลื่อนย้ายอนุภาคของดินหรือวัตถุธาตุดังกล่าวไปตกตะกอนที่บริเวณอีกที่หนึ่ง ผลของการชะล้างพังทลายของดินนั้นส่งผลกระทบต่อโครงสร้างและหน้าที่ของลุ่ม

น้ำ เช่น การสูญเสียดินและการสูญเสียหน้าดิน เนื่องจากการลดลงของพืชปกคลุมดิน สูญเสียธาตุอาหาร เกิดการไหลบ่าหน้าดิน เป็นผลให้เกิดภัยแล้งในฤดูแล้ง และน้ำท่วมเฉียบพลันในฤดูฝน เนื่องจากตะกอนดินถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำจนทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินและเก็บน้ำได้น้อยลง

ลุ่มน้ำสาขายมตอนบน เป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหานี้ ด้วยลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำมีรูปร่างแบบขนนกและมีเทือกเขาสูงชัน จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ประกอบกับในพื้นที่มีพายุและร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพัดผ่านเป็นประจำ จนเกิดปัญหาน้ำท่วมเฉียบพลัน ทำให้สูญเสียหน้าดินเป็นจำนวนมากและมีปริมาณตะกอนในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นทุกปี จากสถานีตรวจวัดค่าตะกอนแขวนลอยรายปีของกรมชลประทานเมื่อปี พ.ศ. 2561 พบว่าค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่อำเภอสอง จังหวัดแพร่ และอำเภอ

ศรีสขนาลัย จังหวัดสุโขทัย ซึ่งมีค่าตะกอนอยู่ระหว่าง 0.5–0.8 ล้านตันต่อปี (Royal Irrigation Department, 2020) ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของชาวบ้านในพื้นที่มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้น คือ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะของเนื้อดินและการใช้ที่ดิน จากสาเหตุเหล่านี้จะเห็นได้ว่า การใช้ที่ดินเป็นปัจจัยที่มนุษย์สามารถควบคุมและจัดการได้

การศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบจำลอง Dyna-CLUE มาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้สมการเชิงปริมาณผ่านโปรแกรมทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นข้อมูลในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตร่วมกับโปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ตลอดจนสามารถจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แสดงผลลัพธ์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ทำให้ทราบขนาดของพื้นที่ รวมไปถึงรูปแบบการใช้ที่ดินตลอดจนตำแหน่งของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินและมีความแม่นยำในการคาดการณ์การใช้ที่ดินมากกว่าร้อยละ 90 (Behera *et al.*, 2018) จึงทำให้แบบจำลองมีความเหมาะสมในการใช้เป็นเครื่องมือเพื่อกำหนดแนวทางและมาตรการการใช้ที่ดินเพราะผู้ใช้สามารถจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังสามารถสร้างทางเลือกหรือแนวทางในการใช้ที่ดินได้อีกทางหนึ่ง และใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ซึ่งเป็นสมการที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินค่าอัตราการสูญเสียดิน (Kamprira *et al.*, 2009) ผลของการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขามตอนบนให้เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิสำหรับศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดิน ดังนี้

1. ข้อมูลสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

1.1 แผนที่สภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2550 และ 2561 มาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2019)

1.2 แผนที่ขอบเขตการปกครองปี พ.ศ. 2555 มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมการปกครอง (Department of Provincial Administration, 2012)

1.3 แผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำปี พ.ศ. 2554 มาตราส่วน 1:50,000 จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2011)

1.4 แผนที่เส้นลำน้ำ มาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2018)

2. ข้อมูลสำหรับการศึกษาการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดิน

2.1 ปริมาณน้ำฝนรายวันจำนวน 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2561 จากกรมอุตุนิยมวิทยา (Thai Meteorological Department, 2019)

2.2 แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 จากกรมทรัพยากรธรณี (Department of Mineral Resource, 2007)

2.3 เส้นชั้นความสูงขนาด 20 เมตรและแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนา

ที่ดิน (Land Development Department, 2018)

2.4 ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (K-factor), ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C-factor), ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) จากกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550 และ 2561 บริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบน โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมข้อมูลโดยแบ่งหมวดหมู่ประเภทการใช้ที่ดินของแผนที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2550 และ 2561 จำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกเป็น 11 ประเภท ซึ่งได้แก่ นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ป่าไม่ผลัดใบ สมบูรณ์ ป่าไม่ผลัดใบโรสภาพพื้นที่ พุ่มไม้ผลัดใบสมบูรณ์ ป่าผลัดใบโรสภาพพื้นที่ สวนป่า พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

2. วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยการนำข้อมูลประเภทการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2550 และ 2561 มาทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial analysis) โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlay) แสดงผลออกมาในรูปแบบตารางวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (transition matrix) และแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต

สถานการณ์ที่ 1 กำหนดเงื่อนไขการใช้ที่ดินในอีก 20 ปีข้างหน้าคือ ปี พ.ศ. 2581 ให้มีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 3 ในพื้นที่ป่าโรสภาพพื้นที่ทุกประเภทและพื้นที่เบ็ดเตล็ดของพื้นที่ลุ่มน้ำเนื่องจากโครงการจัดสรรที่ป่าเสื่อมโทรมให้ประชาชนทำกิน โดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ซึ่งเป็นแบบจำลอง CLUE สาธารณสิทธิ์อีกฐานหนึ่งที่ใช้ในการจำลอง

สถานการณ์การใช้ที่ดิน สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ อีกทั้งกำหนดเงื่อนไขความต้องการและปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้สมการ Binary Logistic Regression Analysis หาคความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและปัจจัยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แสดงผลลัพธ์ออกมาได้ทั้งปริมาณและตำแหน่งของพื้นที่การใช้ที่ดิน (Castella and Verburg, 2007; Verburg *et al.*, 2002) และสถานการณ์ที่ 2 กำหนดเงื่อนไขการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งทั้ง 2 สถานการณ์ มีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. คาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต โดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE

1.1 กำหนดขนาด Cell Size เท่ากับ 50x50 เมตร โดยนำข้อมูลเข้าแบบจำลองนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน ทั้งนี้ ใช้แผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 จากกรมพัฒนาที่ดินเป็นฐานในการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2581 และส่วนที่สองเป็นข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ได้แก่ แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ความลาดชัน (slope) ทิศด้านลาด (aspect) ระยะห่างจากลำน้ำ (stream distance) และข้อมูลความต้องการในการใช้ที่ดินในอนาคต

1.2 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง Dyna-CLUE โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันเทียบกับข้อมูลจากการคาดการณ์ที่ได้จากแบบจำลอง ซึ่งนำแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 ของกรมพัฒนาที่ดินมาตรวจสอบความถูกต้อง และเปรียบเทียบความผิดพลาดของแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2550 เป็นฐานในการคาดการณ์การใช้ที่ดิน ทำการทดสอบแบบจำลองโดย

ให้แบบจำลองประมวลผลไปหาการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 หลังจากนั้น นำแผนที่การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 ที่ได้จากการประมวลของแบบจำลอง มาซ้อนทับกับแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วทำการคำนวณพื้นที่ที่ตรงกันออกมาเป็นร้อยละ ซึ่งกำหนดความน่าเชื่อถือของพื้นที่ตรงกันไว้ที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

2. จำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กำหนดเงื่อนไขการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 โดยนำแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 มาซ้อนทับข้อมูล กับแผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ทำการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมบนชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ซึ่งได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม หมู่บ้านและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ และพื้นที่ป่าพรุสภาพพื้นที่ของทุกประเภทให้เป็นป่าสมบูรณ์ตามประเภทเดิม

การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

ประเมินการชะล้างพังทลายของดินจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยนำการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 และจากการจำลองการใช้ที่ดินในอนาคตมากำหนดภาพเหตุการณ์ (scenario) ทั้งหมด 9 Scenario โดยมีเงื่อนไขตาม Table 1 ประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ของ Wischmeyer and Smith (1978) มีรูปแบบสมการ คือ

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

โดยที่ A คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณดินที่สูญเสีย R คือ ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (R-factor) K คือ ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (K-factor) L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง (L-factor) S คือ ค่าปัจจัยความลาดชัน (S-factor) C คือ ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C-factor) และ P คือ ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor)

ค่าปัจจัยที่ใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน ประกอบด้วย ค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (R-factor) คำนวณตามสมการ (2) ของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002) และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2532-2561) จากสถานีตรวจวัดอากาศรายอำเภอของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณภายในลุ่มน้ำสาขายมตอนบนและบริเวณใกล้เคียง จำนวน 9 สถานี

$$R\text{-factor} = 0.4996 R_a - 12.1415 \quad (2)$$

เมื่อ R_a คือ ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

ค่าปัจจัยความคงทนของดิน (K-factor) วิเคราะห์ได้จากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:25,000 ของบริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบนตามกรมพัฒนาที่ดิน (Table 2) และในชุดที่ 62 ใช้ค่าตามหน่วยธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี แล้วเทียบกับค่าความคงทนของดินตามการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน แสดงดัง Table 3

Table 1 The simulation in each difference the land use scenario.

Scenario	Land use	Soil and water conservation		
		No	Contouring	Terracing
1	2018	✓	-	-
2		-	✓	-
3		-	-	✓
4	2038	✓	-	-
5		-	✓	-
6		-	-	✓
7	WSC	✓	-	-
8		-	✓	-
9		-	-	✓

Table 2 K-factor of soil series.

Soil series	K-factor	Soil series	K-factor	Soil series	K-factor
7	0.27	35	0.27	48	0.27
16	0.34	38	0.27	55	0.24
18	0.3	40	0.27	56	0.27
29	0.24	46	0.24	60	0.33
31	0.24	47	0.33	62	Geology unit

Table 3 K-factor of soil texture type.

Geology unit	Soil texture	K-factor	Geology unit	Soil texture	K-factor
CPk	scl, sc (g)	0.21	P	c,cl	0.15
E	cl, scl, (g)	0.24	Qt	sl, scl, cl, (g)	0.27
JK	sl, ls, scl	0.27	R_np	scl, cl, (g)	0.21
Jpw	sl, ls, l	0.27	R_p	c	0.15
Jsk	l, sl	0.33	R_pt	sl, scl, (g)	0.27
Kkk	ls, sl	0.05	SD	scl, sc, c (g)	0.21
KTgr@Kgr	scl, cl, c	0.21	T	sl, scl, cl,	0.27
Mzv	scl, l, c (g)	0.21			

ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเอียง
(L-factor) วิเคราะห์จากข้อมูลระดับสูงเชิงเลข (DEM)
หาทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) และ

นำเข้าสมการของ Wischmeier and Smith (1978)
ดังนี้

$$L\text{-factor} = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (3)$$

โดยที่ λ คือ ความยาวความลาดชัน (เมตร) และ m คือ เลขกำลังแปรผันความลาดชัน

ค่าปัจจัยความลาดชัน (S-factor) วิเคราะห์ความลาดชันเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์และนำเข้าสมการของ Wischmeier and Smith (1978); Huizing (1992) ดังนี้

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2$$

$$; S \leq 9\% \quad (4)$$

$$S = 6.4 \times \left(\sin \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{s}{100} \right) \right\}^{0.75} \right) \times \left(\cos \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{s}{100} \right) \right\} \right)$$

$$; S \geq 9\% \quad (5)$$

โดยที่ s คือ เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

ค่าปัจจัยการจัดการพืช (C-factor) วิเคราะห์

จากผลการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินเทียบกับค่าปัจจัยการจัดการพืชตามของกรมพัฒนาที่ดิน แสดงดัง

Table 4

ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P-factor) โดยใช้ค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำตามของกรมพัฒนาที่ดิน ทั้งนี้ในรูปแบบ Contouring ซึ่งเป็นการปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่และรูปแบบ Terracing เป็นการทำขั้นบันไดดินแบบม้านั่ง (bench terraces) ซึ่งเป็นการทำขั้นบันไดแบบฐานกว้างต่อเนื่องกันตามความลาดเทของพื้นที่ แสดงดัง Table 5 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จัดให้มีการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมของทุกรูปแบบการใช้ที่ดินเท่านั้น

Table 4 C-factor of land use type.

Land use	C-factor	Land use	C-factor
Paddy field	0.280	Disturbed deciduous forest	0.250
Field crop	0.340	Dense forest plantation	0.088
Perennial crop	0.150	Miscellaneous land	0.048
Dense evergreen forest	0.001	Urban and built-up land	0.006
Disturbed evergreen forest	0.040	Water body	0.000
Dense deciduous forest	0.020		

Table 5 P-factor value of each conservation form.

Contouring		Terracing	
Slope (%)	P-factor	Slope (%)	P-factor
0-2	0.5	0-2	0.10
3-12	0.6	3-12	0.12
13-16	0.7	13-16	0.14
17-20	0.8	17-20	0.16
21-25	0.9	21-25	0.18
>25	1.0	>25	0.20

คำนวณค่าการชะล้างพังทลายของดิน โดยนำข้อมูลทั้ง 6 ปีจํายมาซ้อนทับกัน โดยใช้คำสั่ง Map Algebra ในโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ตามสมการที่ 1 เพื่อคำนวณค่าการชะล้างพังทลายของดินของแต่ละในกริดแล้วนำค่าเฉลี่ยของอัตราการชะล้างพังทลายของดินในหน่วยตันต่อเฮกตาร์

ต่อปี มาคิดเป็นหน่วยตันต่อปี หลังจากนั้นทำการจัดชั้นความรุนแรงของอัตราการชะล้างพังทลายของดินตามของกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2002) ดัง Table 6 หลังจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและร้อยละของอัตราการชะล้างพังทลายของดินจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน

Table 6 Soil erosion classification in Thailand.

Erosion class	Soil erosion rate	
	Ton/rai/yr	Ton/ha/yr
1. Slight	0.00-2.00	0.00-12.50
2. Moderate	2.01-5.00	12.51-31.50
3. Severe	5.01-15.00	31.51-93.75
4. Very severe	15.01-20.00	93.76-125.00
5. Extremely severe	>20.00	> 125.00

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงระหว่างปี

พ.ศ. 2550-2561

พื้นที่ป่า (ป่าผลัดใบสมบูรณ์ ป่าผลัดใบรอสภาพพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์และสวนป่า) ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 139.80 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 6.62 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด เท่ากับ 23.81 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 1.13 ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม (นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 150.59 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 7.13 โดยมีพื้นที่ไม้ยืนต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุดซึ่งส่วนมากเป็นพื้นที่ยางพารา เท่ากับ 81.52 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 3.86 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่พืชไร่และนาข้าว เท่ากับ 63.79 และ 5.28 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ ในขณะที่ช่วงเดียวกันประเภทการใช้ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มน้ำ ได้แก่ พื้นที่หมู่บ้าน แหล่งน้ำและ

ป่าไม่ผลัดใบรอสภาพพื้นที่ป่า เท่ากับ 5.67, 4.90 และ 2.45 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (Table 7)

โดยจากสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Table 8) พบว่า พื้นที่ยางพาราและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ป่าผลัดใบรอสภาพพื้นที่ป่าเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่หรือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่อำเภอปาง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดพะเยา อำเภอสอง จังหวัดแพร่ และอำเภอสองแคว จังหวัดน่าน และส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ดัง Figure 1 ในขณะเดียวกันพื้นที่พืชไร่ พื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์ และพื้นที่ป่าผลัดใบรอสภาพพื้นที่ป่านั้นเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด

สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขายมตอนบน คือ นโยบายการส่งเสริมของรัฐบาล จึงทำให้มีโครงการต่าง ๆ ได้แก่

1) โครงการปลูกยางพาราในพื้นที่แห่งใหม่ ซึ่งมีเป้าหมายในพื้นที่ภาคเหนือ 300,000 ไร่ (Sriprasit, 2008) โดยมีการสนับสนุนและส่งเสริมให้ปลูกยางพาราเพื่อส่งออกสู่ตลาดจีน จากรายงานของ Charoenjiratrakul (2011) พบว่า ประเทศไทยมีอัตราเติบโตของพื้นที่ปลูกยางพาราร้อยละ 5.91 ต่อปี จึงทำให้มีอัตราการเติบโตของพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจากข้อมูลการสำรวจการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินและสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (Land Development Department, 2019; Office of Agricultural Economics, 2019) พบว่าการขยายพื้นที่ปลูกยางพารานั้นรุกเข้าไปในพื้นที่ป่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง

และในพื้นที่นาข้าวเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นพื้นที่ไม่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา

2) โครงการรับจำนำและประกันรายได้เกษตรกรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยตั้งแต่ในปีการผลิต 2552/53 จนถึงปัจจุบัน ภาครัฐได้มีการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Department of Internal Trade, 2020) ซึ่งรัฐบาลช่วยเหลือโดยการแทรกแซงราคาสินค้าเกษตร เพื่อให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายสินค้าได้ในราคาที่สูงกว่าตลาด จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรตัดสินใจเปลี่ยนแปลงและขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมากเพื่อให้ได้อยู่ในโครงการ

Table 7 A comparison of the land use changes between 2007 and 2018

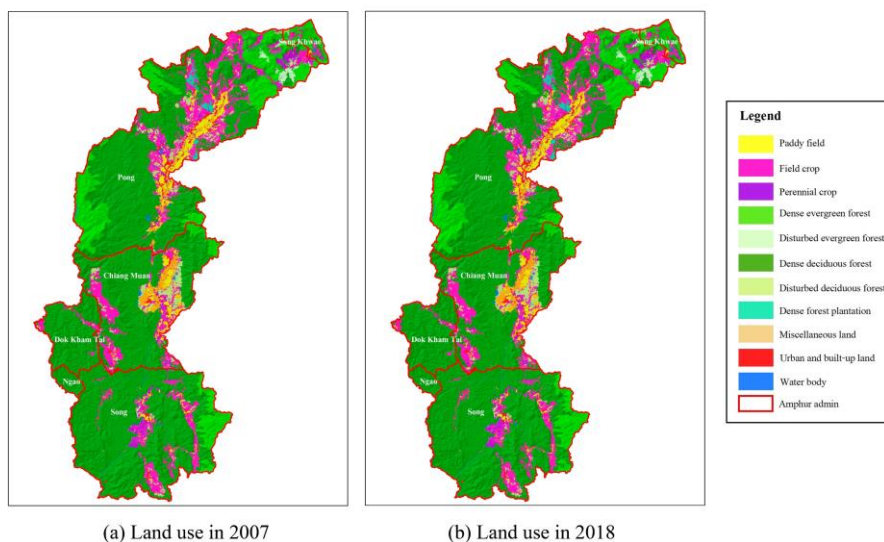
Land use Type	Land use 2007		Land use 2018		Land use changes	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Paddy field	57.52	2.72	62.80	2.97	+5.28	+0.25
Field crop	236.15	11.17	299.94	14.19	+63.79	+3.02
Perennial crop	45.55	2.16	127.07	6.01	+81.52	+3.86
Dense evergreen forest	243.91	11.54	239.61	11.34	-4.30	-0.20
Disturbed evergreen forest	9.23	0.44	11.68	0.55	+2.45	+0.12
Dense deciduous forest	1,384.41	65.52	1,282.84	60.71	-101.57	-4.81
Disturbed deciduous forest	53.54	2.53	23.16	1.10	-30.38	-1.44
Dense forest plantation	8.29	0.39	4.74	0.22	-3.55	-0.17
Miscellaneous land	43.42	2.05	19.61	0.93	-23.81	-1.13
Urban and built-up land	20.71	0.98	26.38	1.25	+5.67	+0.27
Water body	10.51	0.50	15.41	0.73	+4.90	+0.23
Total	2,113.24	100.00	2,113.24	100.00		

Remarks: (+) = Increase (-) = Decrease

Table 8 Land use change analysis (Transition matrix).

Land use	Land use 2018 (km ²)											Total
2007 (km ²)	PF	FC	PC	Den_F	Dis_F	Den_dec_F	Dis_dec_F	Den_P	M	U	W	
PF	52.31	2.45	1.10	-	-	-	-	-	0.38	0.85	0.43	57.52
FC	5.75	152.96	65.23	0.77	-	5.06	-	0.06	3.30	1.87	1.15	236.15
PC	0.70	12.07	29.99	0.04	-	0.57	-	0.01	0.61	1.39	0.17	45.55
Den_F	-	1.87	0.06	238.76	3.22	-	-	-	-	-	-	243.91
Dis_F	0.00	0.60	0.07	0.04	8.46	-	-	-	0.06	-	-	9.23
Den_dec_F	0.55	88.78	15.14	-	-	1,274.53	1.52	0.05	2.33	0.59	0.92	1,384.41
Dis_dec_F	0.63	18.30	9.44	-	-	1.06	21.64	-	1.98	0.27	0.22	53.54
Den_P	0.02	1.05	1.42	-	-	0.96	-	4.62	0.22	-	-	8.29
M	2.84	21.86	4.62	-	-	0.66	-	-	10.70	0.70	2.04	43.42
U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.71	-	20.71
W	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	10.48	10.51
Total	62.80	299.94	127.07	239.61	11.68	1,282.84	23.16	4.74	19.61	26.38	15.41	2,113.24

Remarks: PF = Paddy field, FC = Field crop, PC = Perennial crop, Den_F = Dense evergreen forest, Dis_F = Disturbed evergreen forest, Den_dec_F = Dense deciduous forest, Dis_dec_F = Disturbed deciduous forest, Den_P = Dense forest plantation, M = Miscellaneous land, U = Urban and built-up land, W = Water body

**Figure 1** Comparison of land use changes between (a) Land use in 2007 and (b) Land use in 2018.

การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต

ผลของการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต โดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE จากที่กำหนดเงื่อนไขให้ การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2581 มีพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3 ในพื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูทุกประเภทและ พื้นที่เบ็ดเตล็ดของกลุ่มน้ำ เนื่องจากโครงการจัดสรร พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้ประชาชนทำกิน พบว่า พื้นที่ป่า ไม่ผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู พื้นที่เบ็ดเตล็ด และบางส่วนของพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์ลดลงโดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ เกษตรกรรมต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่ของตำบลผาซางน้อย อำเภอปาง จันทพะเยา รองลงมาคือ ตำบลสระ อำเภอยะยา จังหวัดยะลา ดัง Figure 2a

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการ คำนวณพบว่า มีความถูกต้องร้อยละ 80.34 ซึ่งความ ถูกต้องของประเภทการใช้ที่ดินที่มีความถูกต้องมากที่สุด

คือ พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์และป่าผลัดใบสมบูรณ์ มีความถูกต้องร้อยละ 96.78 และ 91.65 ตามลำดับ ส่วน ประเภทการใช้ที่ดินที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดคือ พื้นที่ แหล่งน้ำ เนื่องจากแบบจำลองยังมีข้อผิดพลาดในการ ประมวลผลกับพื้นที่ขนาดเล็กซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ป่าที่มี ขนาดใหญ่จึงมีความถูกต้องในการคาดการณ์มีมากกว่า

ผลของการจำลองการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้น คุณภาพลุ่มน้ำ โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ ตาม Figure 2b พบว่า มีพื้นที่ป่าผลัดใบ สมบูรณ์เพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 3.89 ของพื้นที่ทั้งหมด ใน บริเวณพื้นที่ของตำบลผาซางน้อย อำเภอปาง จันทพะเยาและ ตำบลสระเยียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ซึ่ง หมู่บ้าน เนื่องจากอยู่ใกล้ป่าและมีความสูงของพื้นที่ไม่ มากนักจึงทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่เพื่อทำกิน

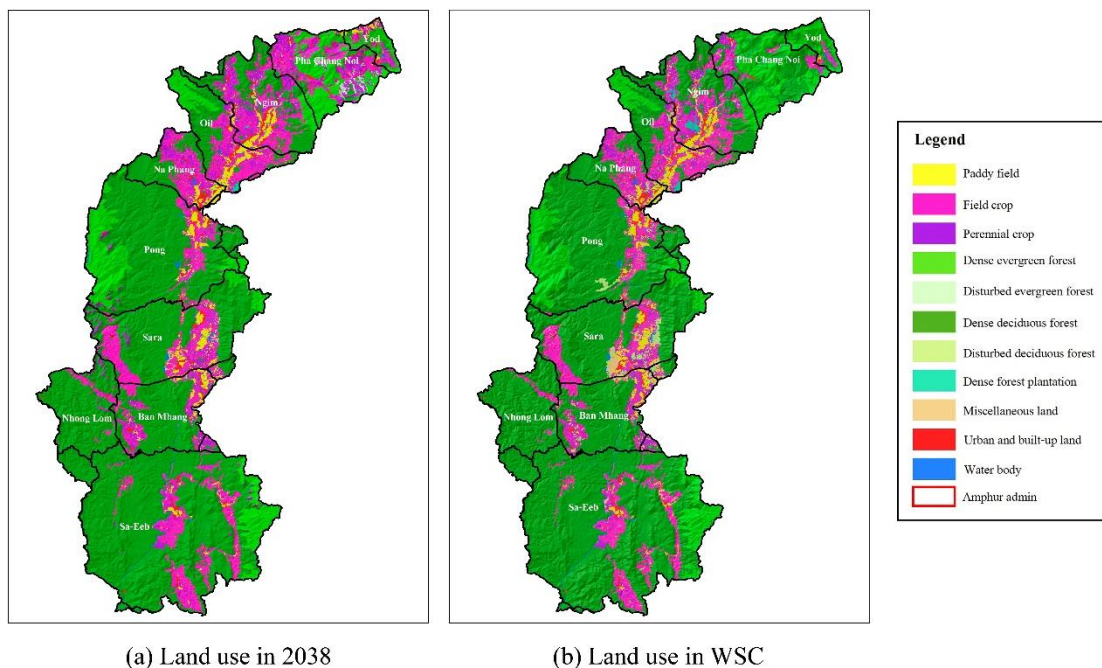


Figure 2 Land use changes between (a) Land use in 2038 (b) Land use in WSC.

การชะล้างพังทลายของดินจากการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน

ผลของการประเมินการชะล้างพังทลายของดินภายใต้สถานการณ์การใช้ที่ดินที่แตกต่างกันแสดงดัง Table 9 พบว่า การใช้ที่ดินทุกรูปแบบที่มีการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในรูปแบบ Terracing มีระดับการชะล้างพังทลายของดินน้อย โดยเฉพาะรูปแบบการใช้ที่ดินที่เหมาะสมตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 และ ปี พ.ศ. 2581 โดยมีอัตราการชะล้างของดินเท่ากับ 6.63, 7.55 และ 7.65 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ส่วนในทุกรูปแบบการใช้ที่ดินที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำก็ยังมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบ Contouring มีระดับการชะล้างพังทลายของดินปานกลาง โดยรูปแบบการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2581 ที่มีการขยายพื้นที่เกษตรกรรม

เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 ในพื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูทุกประเภท และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินสูงที่สุด รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 และ การใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 20.56, 19.36 และ 14.66 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ การชะล้างพังทลายของดินในระดับความรุนแรงมากที่สุด ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณตำบลยอด อำเภอสองแคว จังหวัดน่าน ตำบลผาช้างน้อย ตำบลแม่ลาว ซึ่งอยู่ทางตอนบนของอำเภอปง และตำบลสระ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ ตำบลหนองหล่ม อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา และทางตอนล่างของกลุ่มน้ำบริเวณพื้นที่ของตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ซึ่งพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) อีกทั้งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในปริมาณมากประกอบกับการเพาะปลูกพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลือง

Table 9 Results of soil erosion in each scenario.

Scenario	Land use	Conservation measure			Soil erosion		
		No	Contouring	Terracing	Ton/ha/yr	Ton/yr	Erosion class
1	2018	✓	-	-	19.36	4,091,117.17	Moderate
2		-	✓	-	16.72	3,533,928.52	Moderate
3		-	-	✓	7.55	1,595,867.65	Slight
4	2038	✓	-	-	20.56	4,344,199.09	Moderate
5		-	✓	-	17.75	3,750,973.61	Moderate
6		-	-	✓	7.65	1,616,113.45	Slight
7	WSC	✓	-	-	14.66	3,098,068.14	Moderate
8		-	✓	-	12.35	2,610,247.20	Slight
9		-	-	✓	6.63	1,401,937.81	Slight

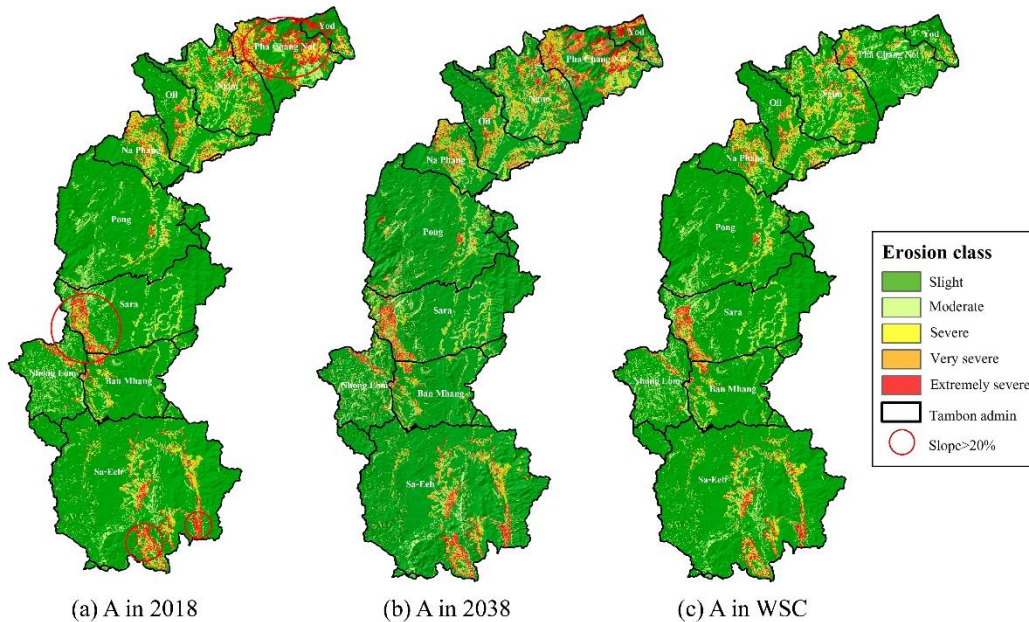


Figure 3 Erosion classes between (a) A in 2018, (b) A in 2038 and (c) A in WSC no practice soil and water conservation.

เปรียบเทียบอัตราการชะล้างพังทลายของดิน (Table 10) ภายใต้สถานการณ์ที่มีรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันแต่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมือนกัน พบว่า รูปแบบการใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Terracing (C2P2) มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด และลดลงมากถึง 9 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2581 (C1P2) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ. 2581 และไม่มีการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำกับการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Contouring (C1P0, C1P1) มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2561 แต่ในการใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำพร้อมกับไม่มีการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำกับการทำมาตรการอนุรักษ์ดินรูปแบบ Contouring (C2P0, C2P1) พบว่า อัตราการชะล้าง

พังทลายของดินลดลงมากถึงร้อยละ 24 และร้อยละ 26 ซึ่งอัตราการชะล้างพังทลายของดินลดลง 4 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2581 จะเห็นได้ว่า การใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้มาก เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ป่าสมบูรณ์ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ทำให้มีการปกคลุมของเรือนยอดเพิ่มขึ้นหลากหลายชั้น ดังนั้น เมื่อถึงฤดูกาลผลัดใบจึงทำให้มีเศษใบไม้ร่วงหล่นลงมาปกคลุมผิวดินจึงช่วยลดแรงปะทะและช่วยชะลอการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน สอดคล้องกับการศึกษา Zhang *et al.* (2015) ที่พบว่า ป่าไม้ผสมที่มีปริมาณพันธุ์พืชปกคลุมร้อยละ 95 ช่วยลดการพังทลายของดินได้มากถึงร้อยละ 76.9 และจากการศึกษา Liu *et al.* (2020) พบว่า การเพิ่มพื้นที่ป่ามีประสิทธิภาพในการลดตะกอนของดินได้มากกว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า เนื่องจากมีความหนาแน่นของเรือนยอดหลากหลายชั้น อีกทั้งยังมีหญ้าและพืชปกคลุมใต้เรือนยอดหลากหลายชนิด

สามารถช่วยลดการปะทะของเม็ดฝน และจากการศึกษาของ Blanco and Lal (2010) พบว่าต้นหญ้าภายใต้ต้นไม้อาจคลุมดินได้ทั้งหมด และรากของพืชมีความละเอียดมากจึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติและลดการชะล้างพังทลายของดิน

เปรียบเทียบอัตราการชะล้างพังทลายของดินภายใต้สถานการณ์ที่มีรูปแบบการใช้ที่ดินเหมือนกัน แต่มีมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมรูปแบบที่แตกต่าง (Table 10) พบว่าในแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2561, 2581 และ การใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเมื่อมีการทำมาตรการอนุรักษ์และน้ำรูปแบบ Contouring (COP1, C1P1, C2P1) มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินลดลงจากการใช้ที่ดินแบบไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำคิดเป็นร้อยละ 13.58, 13.67 และ 15.76 ตามลำดับ แต่เมื่อมีการทำมาตรการอนุรักษ์และน้ำรูปแบบ Terracing (COP2, C1P2, C2P2) มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินลดลงจากการใช้ที่ดินแบบไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำลดลงร้อยละ 60.95, 62.77 และ 54.77 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า มาตรการรูปแบบ Terracing ลดอัตราการชะล้างพังทลายของ

ดินได้มากกว่ารูปแบบ Contouring ประมาณ 2 เท่า เมื่อเทียบเป็นอัตราการชะล้างพังทลายของดินที่ลดลง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ลดความยาวของความลาดเทของพื้นที่ โดยชอบฐานและความกว้างของชั้นบันไดดินถูกล้อมรอบไปด้วยคันดินและมีช่องเปิดเพื่อระบายน้ำส่วนเกินให้ไหลออก จึงทำให้ตะกอนถูกพัดพาออกไปจากพื้นที่ได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบต่าง ๆ บนพื้นที่ลาดเขา บริเวณโครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สาของ Khorphorn (1995) ที่พบว่า ในแปลงทดลองที่มีน้ำไหลบ่าหน้าดิน 1 หน่วยมิลลิเมตรของรูปแบบมาตรการ Bench Terraces มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบมาตรการ Contouring และ Hillside ditch เช่นเดียวกับการศึกษาของ Chen (2017) ที่พบว่า รูปแบบมาตรการ Bench Terraces มีประสิทธิภาพในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินมาก โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับความลาดชัน และพบว่า ที่ระดับความลาดชัน 26-35 องศา การชะล้างพังทลายของดินลดลงมากที่สุด

Table 10 Estimation of soil erosion rates under different land use scenarios.

Different land use				Different soil and water conservation patterns			
Land use	Conservation measure	Soil erosion (Ton/ha/yr)	Percentage change (%)	Land use	Conservation measure	Soil erosion (Ton/ha/yr)	Percentage Change (%)
C0		19.36	-		P0	19.35	
C1	P0	20.56	+6.19	C0	P1	16.72	-13.58
C2		14.66	-24.27		P2	7.55	-60.95
C0		16.72			P0	20.55	
C1	P1	17.74	+6.02	C1	P1	17.74	-13.67
C2		12.35	-26.14		P2	7.65	-62.77
C0		7.55			P0	14.66	
C1	P2	7.65	+1.32	C2	P1	12.35	-15.76
C2		6.63	-12.18		P2	6.63	-54.77

Remarks: (+) = Increase (-) = Decrease

C0 = Land use in 2018, C1 = Land use in 2038, C2 = Land use in WSC

P0 = No Conservation and soil water, P1 = Contouring, P2= Terracing

สรุป

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขามตอนบนช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2561 พบว่าพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.81 ของพื้นที่ รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู ร้อยละ 1.44 ของพื้นที่ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มากที่สุด เท่ากับ 88.78 ตารางกิโลเมตร และมีพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.13 โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกยางพารา และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คิดเป็นร้อยละ 3.86 และ 3.02 ของพื้นที่ ตามลำดับ โดยพื้นที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด เท่ากับ 65.23 ตารางกิโลเมตร

การใช้ที่ดินในปัจจุบันและการจำลองการใช้ที่ดินในอนาคต พบว่า การใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

ชั้นที่ 1 และ 2 ร่วมกับการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Terracing ในพื้นที่เกษตรกรรม มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินน้อยที่สุด และจากการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมของทุกรูปแบบการใช้ที่ดินเมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีการทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Contouring มีอัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยลดลงประมาณร้อยละ 13-15 และในมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Terracing อัตราการชะล้างพังทลายของดินเฉลี่ยลดลงประมาณร้อยละ 50-60 ดังนั้น ควรแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะในแปลงพืชไร่บนพื้นที่สูง โดยนํารูปแบบ Terracing ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบทั้งแบบฐานกว้างและฐานแคบ แต่รูปแบบขั้นบันไดดินแบบม้านั่ง

(Bench Terraces) นั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดการชะล้างพังทลายของดิน แต่ในการปฏิบัติมีค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงสามารถนำรูปแบบ Contouring ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่ายกับในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกและมีค่าใช้จ่ายไม่มากนัก

การศึกษาคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง Dyna-CLUE ในครั้งนี้ได้นำปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางด้านกายภาพเพียงบางส่วนมาทำการวิเคราะห์ การศึกษาครั้งต่อไปควรใส่ค่าปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้และความต้องการในการใช้ที่ดินต่อครัวเรือนของคนในพื้นที่นั้นๆ เพื่อความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้มากที่สุด และการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดินควรนำสมการหรือแบบจำลองที่คำนึงถึงปัจจัยระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายตะกอนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่มาร่วมใช้ในการศึกษา จะทำให้ทราบค่าการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ที่มีความถูกต้องมากที่สุด

REFERENCES

- Behera, M.D., P. Tripathi, P. Das, S.K. Srivastava, P.S. Roy, C. Joshi, P.R. Behera, J. Deka, P. Kumar, M.L. Khan, O.P. Tripathi, T. Dash, and Y.V.N. Krishnamurthy. 2018. Remote sensing based deforestation analysis in Mahanadi and Brahmaputra river basin in India since 1985. *Journal of Environmental Management* 206: 1192-1203.
- Blanco, C.H. and R. Lal. 2010. *Principles of Soil Conservation and Management*. Available Source: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4020-8709-7_12, October 19, 2020.
- Castella, J. and P.H. Verburg. 2007. Combination of process-oriented and pattern-oriented models of land-use change in a mountain area of Vietnam. *Ecological Modelling* 202 (3): 410-420.
- Charoenjiratrakul, S. 2011. *Expanding Rubber Plantation Areas*. Faculty of Economics, Prince of Songkhla University, Songkhla. (in Thai)
- Chen, D., W. Wei, and L. Chen. 2017. *Effects of Terracing Practices on Water Erosion Control in China: A Meta-analysis*. Available Source: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825217300090>, October 12, 2020.
- Department of Internal Trade. 2020. *Income Insurance Program for Corn Year 2020/2021*. Available Source: <https://www.gcc.go.th/webgcc/?p=13265>, October 12, 2020. (in Thai)
- Department of Mineral Resource. 2007. *Geological Maps*. Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Department of Provincial Administration. 2012. *Thailand Administrative Boundary*. Department of Provincial Administration, Ministry of Interior, Bangkok. (in Thai)
- Huizing, H. 1992. Interactive multiple goal analysis for land use planning. *In*

- Proceedings of a Workshop on GIS and Remote Sensing for Natural Resource Management by ILWIS**, November 25-27, 1992, Bangkok.
- Kamprira, A., T. Yongsathitsak, K. Thomgnhu, A. Bennui, P.P. Yongchoemchai, N. Jungcharoentharn, R. Thongyoi and C. Yongchoemchai. 2009. Applications of Geo-Informatics data to study soil erosion in Khao Khohong basin, Songkhla province. **Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand** 10(3): 38-48. (in Thai)
- Khorphorn, A. 1995. **Efficiency of Various Soil and Water Conservation Practices on Hillslope at Mae Sa Integrated Watershed and Forest Land Use Project, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Land Development Department. 2002. **Soil Loss Assessment in Thailand**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Land Development Department. 2018. **Soil Series**. Division of Soil Resources Survey and Research, Land Development Department, Bangkok. (in Thai)
- Land Development Department. 2019. **Land Use Map**. Division of Land Use Planning and Policy, Land Development Department, Bangkok. (in Thai)
- Liu, Y.F., Y. Liu, H.Z. Shi, L.M. Vicente and L.G. Wu. 2020. Effectiveness of re-vegetated forest and grassland on soil erosion control in the semi-arid Loess Plateau. **Catena** 195: 1-6.
- Office of Agricultural Economics. 2019. **Agricultural Land Use of Thailand**. Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2011. **Watershed Class Maps**. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Royal Irrigation Department. 2020. **Monitoring of Suspended Sediment in the Lower Northern Irrigation Hydrology Center 2018**. Royal Irrigation Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Sriprasit, S. 2008. **Farmers Point out to Grow Northeastern Rubber**. Available Source: <https://prachatham.com/th/node/5592>, January 9, 2021.
- Tangtham, N. 2002. **Mathematical Models of Soil Erosion and Sediment Pollution in Watershed**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Thai Meteorological Department. 2019. **Weather Station in Thailand**. Thai Meteorological Department, Ministry

- of Information and Communication Technology, Bangkok. (in Thai)
- Verburg, P.H., W. Soepboer, A. Veldkamp, R. Limpiada, V. Espaldon and S.S.A. Mastura. 2002. Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model. **Environmental Management** 30(3): 391-405.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses**. Handbook; Agricultural Research Service. Vol. 537. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Zhang, L., J.M. Wang, Z.K. Bai and C.J. Lv. 2015. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. **Catena** 128: 44-53.
-