

**การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในการผลิตข้าวไร่บนพื้นที่สูง
โดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย**
**Assessment of Surface Runoff and Soil Loss During Highland Rice Growing
in Mae Fah Luang District, Chiang Rai, Using the Water Erosion Prediction Project Model**

วันรัก ฤทธิเกษร¹ และชาญชัย แสงชัยสวัสดิ์¹
Wanrak Rittikesorn¹ and Chanchai Sangchysawat¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในแปลง ศึกษาการชะล้างพังทลายดิน โดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ในการประเมิน การเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินกับข้อมูลที่ได้จริงในแปลง ศึกษาที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีจำนวน 7 วิธีการ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร 3) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 8 เมตร 4) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา 5) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับ แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา 6) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) และ 7) ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) ผลการทดลองพบว่า ในการ เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน และการสูญเสียดินจากการใช้แบบจำลอง และค่าที่ได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) ในปี 2557 พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่ วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นเหมือนกัน โดยปริมาณน้ำไหลบ่ามีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า ส่วนปริมาณการ สูญเสียดินมีค่ามากกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า

คำสำคัญ: พื้นที่สูง การอนุรักษ์ดินและน้ำ น้ำไหลบ่าและการสูญเสียดิน แบบจำลอง WEPP ข้าวไร่

Abstract

The objective of this research was to study surface runoff and soil loss as predicted by the Water Erosion Prediction Project Model (WEPP) and compare with results for surface runoff and soil loss based on actual measured data for different soils and with consideration of water conservation measures. The field research was conducted on terraced rice fields in the Mae Fah Luang district of Chiang Rai. The experiment used Randomized Complete Block Design (RCBD) with 7 treatments and 3 replications, which were: 1) highland rice planted no soil and water conservation measures (WOSC), 2) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 4 meters between ditches (WH4M), 3) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 8 meters between ditches (WH8M), 4) highland rice planted with ditches with a vertical interval 4 meters between ditches and with strips of vetiver grass planted outside the ditch (WHV4M), 5) highland rice planted with ditches with a vertical interval of 8 meters between ditches and with strips of vetiver grass planted outside the ditches (WHV8M), 6) highland rice planted with ditches and a vertical interval of 4 meters between the ditches and with strips of Assam tea planted outside the ditches (WHT4M), and 7) highland rice planted with ditches and a vertical interval of 8 meters between the ditches and with strips of Assam tea planted outside the ditches (WHT8M). The results showed that the values for runoff and soil loss as predicted by the model and those obtained from field measurement, when analyzed for difference by Root Mean Square Error (RMSE), were nearly the same. The amount of runoff as predicted by the model was 0.11-0.45 times higher than that actually measured, and the amount of soil loss predicted by the model was about 0.03-0.3 times higher than soil loss measured in the field.

Keywords: highland, soil and water conservation, runoff and soil loss, WEPP model, upland rice

¹ สาขาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Program in Soil Science and Natural Resource Management, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: valentinedaylove14@hotmail.com

คำนำ

ในปัจจุบันทรัพยากรดินในประเทศไทยได้เสื่อมโทรมลงไปอย่างมาก เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง ซึ่งส่วนใหญ่พบอยู่บนพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 67.22 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2555) พื้นที่ทำการเกษตร ร้อยละ 96.48 ของพื้นที่สูงใน 12 จังหวัดของภาคเหนือ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันและเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะในระบบการทำเกษตรแบบตัดและเผา (slash and burn agriculture) ที่เปิดหน้าดินโล่ง รับแรงปะทะกับเม็ดฝนโดยตรง และไม่มีระบบชะลอการไหลของน้ำฝนที่ไหลบ่าไปตามความลาดชัน หน้าดินที่ถูกชะล้างไปทุกปี ส่งผลให้พื้นที่เกษตรเหลือแต่ดินชั้นล่างที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและเป็นดินปนหิน (พิทยา สรวมศิริ, 2551) ปัญหาการชะล้างและการสูญเสียดินในประเทศไทยนั้น พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีการสูญเสียดินระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี โดยภาคใต้มีการสูญเสียดินสูงกว่าภาคอื่น ๆ ขณะที่ภาคเหนือนั้นมีการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 0-38 ตันต่อไร่ต่อปี การสูญเสียดินสูงสุดเกิดขึ้นในพื้นที่ลาดชันสูงที่มีการปลูกพืชไร่ มีชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงมาก ครอบคลุมเนื้อที่ 7.16 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.69 ของพื้นที่สูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงที่กรมพัฒนาที่ดินได้พัฒนาและใช้ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ได้มีการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืชมาใช้ โดยมาตรการและวิธีการที่ใช้แตกต่างกันไปตามสภาพปัญหาของพื้นที่ เช่น พื้นที่สูงที่มีความลาดชันระดับต่าง ๆ เกิดปัญหาน้ำดินถูกชะล้างพังทลาย สูญเสียธาตุอาหารพืช และไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ จึงได้นำมาตรการทั้งวิธีกล เช่น คุ้มน้ำขอบเขา การทำขั้นบันไดดิน คันดิน และวิธีพืช เช่น การปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน ปลูกพืชสลับส่งเสริมการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์แบบผสมผสาน รวมถึงการเขตกรรม เช่น การไถพรวนน้อยครั้ง หรือไม่ไถพรวนสามารถลดการสูญเสียหน้าดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืช และเก็บกักน้ำได้ดีขึ้น มีการจัดการน้ำที่เหมาะสม และนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยปลูกร่วมกับมาตรการวิธีกล

คุ้มน้ำขอบเขา (hillside ditch) เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชัน ที่นับว่ามีประสิทธิภาพในด้านการป้องกันตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นการทำคุ้มน้ำตามแนวระดับขวางความลาดเท เว้นช่วงเป็นระยะ ๆ ประมาณ 10-12 เมตร และมีความกว้างคุ้มน้ำแบบผนังด้านนอกเอียงเข้า 2 เมตร โดยระยะห่างคุ้มน้ำขอบเขาผันแปรไปตามความลาดชันของพื้นที่หรือระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval) ซึ่งสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวตั้ง (vertical interval, V.I.) ได้จากสูตร $V.I. = (S+6)/10$ เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534) นอกจากนี้ เมื่อมีการนำหญ้าแฝกซึ่งเป็นพืชที่มีระบบรากลึก เข้ามาร่วมในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้สามารถยึดและกักตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ และจากผลการศึกษาเกี่ยวกับมาตรการปลูกแถบหญ้าที่มีระยะห่างต่าง ๆ กันในการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงของ วาสุเทพ กาญจนกุล และคณะ (2543) พบว่า การปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้าแฝกโดยมีค่า $V.I. = 3$ เมตร และวิธีการปลูกข้าวไร่ระหว่างแถบหญ้าที่ตามค่า $V.I. = 3$ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพราะวิธีการทั้งสองสามารถชะลอปริมาณน้ำไหลบ่าให้ลงดินได้มากขึ้น ช่วยกรองตะกอน และไม่เสียพื้นที่เพาะปลูกไปมากนัก

ในการประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในภาคสนามต้องใช้ระยะเวลานานและมีต้นทุนสูง โดยเฉพาะต้นทุนเรื่องแรงงานและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณดินและน้ำที่สูญเสียจากการกร่อนของผิวดิน การสร้างแปลงศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff plot) การทำบ่อดักตะกอนดินและน้ำไหลบ่าผิวดิน (runoff tank) และเพื่อเป็นการลดต้นทุนดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินและการสูญเสียดิน ซึ่งแบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) เป็นแบบจำลองที่กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (USDA) พัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทนสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation, USLE) ในปี ค.ศ. 1995 ซึ่งการพัฒนาแบบจำลอง WEPP นี้ ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 แบบ คือ 1) แบบที่ใช้กับพื้นที่ลาดเทบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก 2) แบบที่ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed version) ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดกลาง 3) แบบที่ใช้กับระบบตารางพื้นที่ (grid version) ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยแบบที่ใช้กับพื้นที่ลาดเทบริเวณใดบริเวณหนึ่งจะใช้แทน USLE เดิมโดยตรง ส่วนแบบอื่น ๆ ตั้งใจจะประยุกต์ใช้กับระบบ GIS ซึ่งเป็นประโยชน์ในการแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกวิทยาเป็นจำนวนมาก (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2545) และ อาวุธ ศิริรัตน์ (2552) ได้ศึกษาถึงผลการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อสมบัติบางประการของดินและประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ภายใต้วิธีการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ 3 วิธีเพื่อทดสอบแบบจำลอง WEPP เพื่อประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดิน พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริงประมาณ 0.7-1.4 เท่า ค่าทดสอบ Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 26.24% และมีค่า Correlation Coefficient (R^2) = 0.745

ส่วนในการประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ค่าที่ได้จากการประเมินใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง โดยมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริง ประมาณ 0.9-3 เท่า ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.4734$ และค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 40.43%

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) ในการประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดิน (surface runoff) และการสูญเสียดิน (soil loss) กับข้อมูลที่ได้จริงในแปลงศึกษาการชะล้างพังทลายดิน (soil erosion plot) ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างกัน และศึกษาผลของระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาและแถบพืชที่มีต่อปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการที่เหมาะสมในการลดการสูญเสียดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงได้อย่างยั่งยืน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษาและการวางแผนการทดลอง

แปลงที่ใช้สำหรับศึกษาและเก็บข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จัน ลุ่มน้ำย่อยน้ำแม่จัน ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำโขง ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยคัดเลือกพื้นที่ของเกษตรกรที่ปลูกข้าวไร่ บ้านตงจาไผ หมู่ที่ 13 ต. แม่สลองนอก อ. แม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย จุดพิกัด (ระบบ UTM) N 2,227,473 E 565,796 พื้นที่มีความลาดชัน 27-35% พื้นที่รวม 8 ไร่ อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินดอยปุย (Doi Pui series: Dp) แบ่งเป็นแปลงย่อย จำนวน 21 แปลง วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) 7 วิธีการ จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 2 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร วิธีการที่ 3 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาที่มีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง (V.I.) 8 เมตร วิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา วิธีการที่ 5 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา วิธีการที่ 6 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม) และวิธีการที่ 7 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) ร่วมกับแถบพืชอนุรักษ์ (ชาอัสสัม)

การเตรียมแปลงทดลอง โดยการสอยกลิ้งวางแนวระดับ แบ่งแปลงย่อยขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 20 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 2 เมตร แต่ละแปลงใช้สังกะสีแผ่นเรียบล้อมรอบ 3 ด้าน คือ ด้านบน ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยฝังสังกะสีลงไปในดินลึก 20 เซนติเมตร และอยู่เหนือดิน 25 เซนติเมตร ด้านล่างของแปลงเปิดไว้ให้น้ำไหลบ่า และตะกอนดินลงสู่บ่อกักเก็บตะกอน ซึ่งชุดไว้บริเวณท้ายแปลงห่างจากคูรับน้ำขอบเขา 1 เมตร

การสร้างคูรับน้ำขอบเขาในวิธีการที่ 2 ,4 และ 6 ใช้ค่า V.I. 4 เมตร ระยะห่างในแนวลาดเท่ากับ 8 เมตร จะได้คูรับน้ำขอบเขา 2 แถว และวิธีการที่ 3, 5 และ 7 ใช้ค่า V.I. 8 เมตร ระยะห่างในแนวลาดเท่ากับ 16 เมตร จะได้คูรับน้ำขอบเขา 1 แถว ชุดคูรับน้ำขอบเขาให้ลาดเทไปทั้งสองด้าน เพื่อระบายน้ำออกและป้องกันไม่ให้น้ำไหลบ่าจากนอกแปลงไหลเข้าในแปลง การปลูกหญ้าแฝกในวิธีการที่ 4 และ 5 ใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกา โดยปลูกเป็นแถวขวางความลาดชัน 1 แถว บริเวณสันคันคูรับน้ำขอบเขาด้านนอก ระยะระหว่างคัน 5 เซนติเมตร

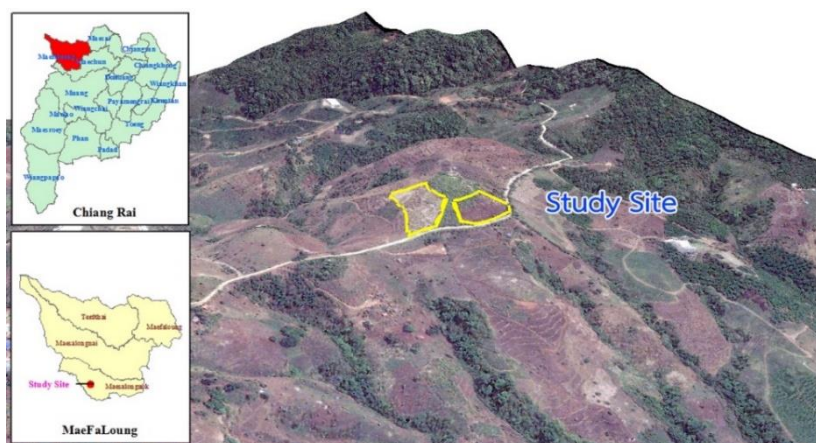


Figure 1 Location of the study site in Mae Fah Luang district, Chiang Rai province.

การรวบรวมข้อมูลภาคสนามและข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำ (Water Erosion Prediction Project, WEPP) Version 2012.8

ข้อมูลดิน เก็บข้อมูลดินก่อนและหลังการทดลอง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แยกตามวิธีการ สุ่มดินแปลงย่อยละ 1 กิโลกรัม เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter ใช้ ดิน:น้ำ อัตราส่วน 1:1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Walkley and Black (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547) และทำการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน (soil sampling undisturbed) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (core method) และเนื้อดิน (texture) ด้วยวิธี Sieve/hydrometer analysis ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ASTM (ASTM D422-63, 2007) ทุกแปลงย่อย ๆ ละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 63 ตัวอย่าง

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปี จากเครื่องวัดฝนแบบ non-recording rain gage แบบ cylinder type และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด ในแต่ละวัน จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ในปี 2557-2559

ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินและปริมาณการสูญเสียดินจากการกร่อน ทำการวัดปริมาณน้ำในบ่อตกตะกอนดินที่ไหลบ่าจากผิวดินในแต่ละแปลงย่อย หลังจากที่ดินตกจนน้ำไหลลงสู่บ่อตกตะกอน โดยทำการวัดความสูงของน้ำในบ่อตกตะกอนดิน แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินจากสูตรคำนวณหาปริมาตรลูกบาศก์เมตร ในการหาปริมาณการสูญเสียดิน ทำการเก็บข้อมูลปริมาณตะกอนดินในบ่อตกตะกอนแบบสะสม โดยเก็บตัวอย่างตะกอนดินแบบสะสมรายปี โดยเก็บปีละ 3 ครั้ง ในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน และปลายฤดูฝน จำนวน 3 จุดต่อบ่อตกตะกอน รวมเป็น 1 ตัวอย่าง จำนวน 21 บ่อ

ข้อมูลที่ใช้บันทึกในแบบจำลอง ในการทดสอบแบบจำลองเพื่อประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินภายใต้วิธีการทดลองทั้ง 7 วิธีการ ซึ่งข้อมูลหลักที่ใช้ในการบันทึกในแบบจำลองมีที่มาแตกต่างกัน (Table 1) ดังนี้

Table 1 Input data files in WEPP Model and source of data.

Input data files in WEPP model	Source of data
1. Climate file includes monthly and year values for precipitation, maximum temperature and minimum temperature	Using data from field and Highland Research and Development Institute (Public Organization) (HRDI) data in year 2014-2016
2. Slope file includes length and slope orientation, slope length, and slope steepness at points down the profile	Using data from field
3. Soil input file includes soil albedo, interrill erodibility and rill erodibility	The values are calculated from the equations created by the database of soil data collected from field includes soil organic matter and amount of clay particles contained in the soil
4. Plant / management input file	The values obtained from experimental plots in the United States that have already in the model

ในส่วนข้อมูลปัจจัยทางด้านดิน สามารถหาค่าได้จากสมการที่แนะนำของ Flanagan and Nearing (1995) โดยการหาค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายในร่องร่วน (K_r) สามารถหาได้จากการประเมินในสมการ $K_r = 0.0069 + 0.134 \cdot \text{EXP} (-0.20 \cdot \text{CLAY})$ ค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายระหว่างร่องร่วน (K_r) หาได้จากสมการ $K_r = 6,054,000 - 55,130 \cdot \text{clay}$ ค่าการสะท้อนแสงของผิวดิน (SALB) หาได้จากสมการ $\text{SALB} = 0.6 / \exp (0.4 \cdot \text{ORGMAT})$ โดยที่ ORGMAT คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุบริเวณผิวดิน (%) และ Clay คือ อนุภาคดินเหนียว ส่วนข้อมูลปัจจัยทางด้านพืชและการจัดการ เช่น ชนิดของพืช ความสูงของพืช สัมประสิทธิ์การปกคลุมทรงพุ่ม จะใช้ค่าที่มีอยู่ในแบบจำลองของข้อมูลพืชชนิดนั้น ๆ เช่น ค่าปัจจัยที่มีผลต่อน้ำเอ่อผิวดิน (FLVMX) ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างของแถวปลูก โดยค่าที่กำหนดมาในแต่ละพืช เช่น ข้าวโพด ที่มีลักษณะการปลูกเป็นแบบเป็นแถว มีระยะห่างระหว่างแถวและในแถวสม่ำเสมอ ในแบบจำลองจะกำหนดว่ามีค่าตั้งไว้ 0.0 ส่วนในพืช เช่น ข้าว จะตั้งไว้ที่ 2-3 และในแปลงหญ้าจะตั้งไว้ที่ 12.0 ส่วนในแปลงพื้นที่ว่างเปล่า หรือที่ที่มีการชะกร่อนของดิน มีการชะกร่อนในร่องมากกว่า 50% จะตั้งไว้ที่ 3.0 เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ

1) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยวิธีทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรม Statistix 8

2) เปรียบเทียบข้อมูลและประสิทธิภาพของแบบจำลอง Water Erosion Prediction Project และการสูญเสียดินที่วัดได้จริงจากแปลงทดลองโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \times \frac{100}{\bar{O}}$$

เมื่อ	n	=	จำนวนของข้อมูล	P _i	=	ข้อมูลที่ได้จากการประมาณ
	O	=	ข้อมูลที่วัดได้จริง	$\bar{O}$	=	ค่าที่วัดได้จริงเฉลี่ย

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.49 - 1.55 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 ทุกวิธีการมีค่าลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.13 - 1.28 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง มีค่าเฉลี่ยรวม 1.52 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หลังการทดลองความหนาแน่นรวมของดินลดลงเหลือเฉลี่ย 1.17 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นผลเนื่องมาจากไม่มีการเผดอซึ่งข้าวไร่และปล่อยให้คลุมดินจนถึงฤดูปลูกข้าวไร่ต่อไป บางส่วนจะย่อยสลายลงไปในดิน ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง (Alexander, 2001) และดินในแปลงทดลองซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินคอยปุย ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ในเรื่องค่าความหนาแน่นรวมของดินจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และการเซตกรรมดินบนที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.20-1.80 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้การใช้แถบหญ้าแฝกและการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกจะช่วยลดการกร่อนของดิน

Table 2 Bulk density of soil (Mg/m³) before (2014) and after experiment (2015 and 2016).

Treatment	Bulk density of soil (Mg/m ³)				
	Before (2014)	After (2015)	Percentage change	After (2016)	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	1.55a ^{1/}	1.47a ^{1/}	-5.16	1.28a ^{1/}	-17.42
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	1.50ab	1.29b	-14.00	1.15ab	-23.33
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	1.49b	1.21b	-18.79	1.13b	-24.16
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	1.50ab	1.27b	-15.33	1.15b	-23.33
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	1.54ab	1.26b	-18.18	1.14ab	-25.97
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	1.52ab	1.28b	-15.79	1.16ab	-23.68
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	1.54ab	1.29b	-16.23	1.16ab	-24.68
F-test	*	**	-	**	-
C.V. (%)	2.04	4.75	-	4.69	-

* = Significant difference at 95% (P<0.05), ** = significantly different at 99% (P<0.01).

^{1/} The different letters (a and b) within the same column indicate significant differences.

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ก่อนการทดลอง อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.26-2.53 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.06-2.86 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) และวิธีการที่ 2 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 2.26 และ 2.53 เป็น 2.86 และ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (2.06 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงระดับค่อนข้างสูง (moderately high) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.86-2.73 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 4 และวิธีการที่ 3 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 8 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีค่าเพิ่มสูงสุดขึ้นจาก 2.26 และ 2.43 เป็น 2.73 และ 2.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (1.86 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เป็นผลเนื่องจากไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อทำการกำจัดวัชพืชจะคลุมแปลงด้วยเศษพืชและย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ บังอร อุบล และคณะ (2559) พบว่า สมบัติของดินหลังการเก็บเกี่ยวจากการไถกลบตอซัง ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าการเผาตอซังอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

Table 3 Organic matter of soil (%) before (2014) and after experiment (2015 and 2016).

Treatment	Organic matter of soil (%)				
	Before (2014)	After (2015)	Percentage Change	After (2016)	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	2.30	2.06c	-10.43	1.86b	-19.13
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	2.53	2.80a	10.67	2.56ab	1.19
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	2.43	2.61bc	7.41	2.66a	9.47
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	2.26	2.86a	26.55	2.73a	20.80
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	2.33	2.60ab	11.59	2.23ab	-4.29
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	2.33	2.41ab	3.43	2.56ab	9.87
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	2.35	2.46ab	4.68	2.53ab	7.66
F-test	ns	**	-	**	-
C.V. (%)	10.55	8.94	-	12.49	-

ns = non-significant, *significant difference at 95% ($P \leq 0.05$), ** = significantly different at 99% ($P < 0.01$).

ปริมาณการสูญเสียดินในปี พ.ศ. 2557 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินสูงสุด 3.86 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 2.36 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2558 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 1 ยังคงมีปริมาณการสูญเสียดินสูงสุด 3.35 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 0.89 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ (Table 4) ในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี และเป็นปีที่แรกที่ดำเนินการสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการขุดคันคูรับน้ำขอบเขานั้น ดินชุดและดินถมยังยึดตัวกันไม่หนาแน่น รวมทั้งมีปริมาณน้ำฝนในปริมาณมาก จึงทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินอยู่ แต่มีการสูญเสียดินต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตรต่อปี และเป็นปีที่ 2 ของการทดลอง โครงสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งคูรับน้ำขอบเขาและหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ ดินชุดและดินถมมีการยึดตัวกันหนาแน่นมากขึ้น ประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนที่ลดลงมากกว่า ปี พ.ศ. 2557 ส่งผลให้การกร่อนของหน้าดินลดลง ปริมาณตะกอนดินลดลงและต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการสูญเสียดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน ชนิดของเนื้อดิน และพืชที่ปกคลุมบนผิวดิน โดยปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียไปจากพื้นที่ที่มีปริมาณต่ำกว่าวิธีที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และเป็นระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน ที่ได้มีการกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้เป็น 2 ตัน/ไร่/ปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) กล่าวได้ว่าวิธีการที่มีคูรับน้ำขอบเขาใช้ค่า V.I. 4 เมตร ร่วมกับการใช้แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา มีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดินได้ดีที่สุด เนื่องจากแถวของหญ้าแฝกช่วยกักตะกอนดิน ชะลอความแรงของน้ำที่ไหลบ่า ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ และรากช่วยกักเก็บน้ำไว้ในดิน

Table 4 The amount of soil loss in the year 2015 and 2016.

Treatment	Soil loss (Mg ha ⁻¹)		
	Year 2015	Year 2016	Percentage change
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	3.86a	3.35a	13.27
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	2.63b	1.84b	29.76
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	2.46b	1.68c	31.98
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	2.36c	0.89d	62.33
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	2.39c	1.03d	56.81
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	2.52b	1.51c	39.95
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	2.73b	1.59c	41.88
F-test	**	**	-
C.V. (%)	11.39	15.18	-

** = Significantly different at 99% (P<0.01).

การประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลอง WEPP ปริมาณน้ำไหลบ่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้แบบจำลองในปี พ.ศ. 2557 วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ยสูงสุด 370.67 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) มีปริมาณน้ำไหลบ่าต่ำสุด 278.33 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ ในส่วนของปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากการประเมิน

ในปี พ.ศ. 2557 วิธีการที่ 1 มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงสุด 3.86 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ส่วนวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 1.71 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และในปี พ.ศ. 2558 วิธีการที่ 1 ยังคงมีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงสุด 3.45 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ และในวิธีการที่ 4 มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุด 1.06 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ จะเห็นได้ว่าวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณน้ำไหลบ่าลดลงและต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งการใช้น้ำขอบเขาช่วยควบคู่กับการใช้แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขาจะช่วยลดการกร่อนและการสูญเสียดินได้ดีที่สุด ในส่วนของค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินและค่าที่วัดได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน โดยค่าความแตกต่างของปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดินมีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า โดยให้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 20.55% และปริมาณการสูญเสียดินมีค่าน้อยกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า โดยให้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 12.08% (Table 5)

Table 5 The difference between the values obtained from the surface runoff and soil loss evaluation by the WEPP model and the actual measured values by Root Mean Square Error (RMSE) in year 2015.

Treatment	RMSE = 20.55			RMSE = 12.08		
	Surface runoff ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)			Soil loss (mg ha^{-1})		
	Evaluation by WEPP	Actual measured values	The difference values	Evaluation by WEPP	Actual measured values	The difference values
1. Upland rice without soil conservation measures (WOSC)	370.67	318	0.16	3.89	3.86	0.05
2. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters (WH4M)	278.33	249.67	0.11	2.71	2.63	0.03
3. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters (WH8M)	346.33	270	0.28	2.82	2.46	0.15
4. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with vetiver grass (WHV4M)	370.67	191	0.45	1.71	2.36	0.27
5. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with vetiver grass (WHV8M)	278.33	228.33	0.30	2.04	2.39	0.14
6. Upland rice with hillside ditch vertical interval 4 meters with tea (WHT4M)	346.33	248	0.28	1.82	2.52	0.28
7. Upland rice with hillside ditch vertical interval 8 meters with tea (WHT8M)	318.33	243.67	0.30	1.92	2.73	0.30

สรุปผลการศึกษา

การปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีระยะห่างในแนวตั้ง 4 เมตร และระยะห่างในแนวตั้ง 8 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการที่มีคูรับน้ำขอบเขาใช้ระยะห่างในแนวตั้ง 4 เมตร และปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอก ซึ่งการใช้แถบหญ้าแฝกปลูกขวางความลาดชันมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดินได้ดีที่สุด และการเปลี่ยนแปลงระยะห่างในแนวตั้งของคูรับน้ำขอบเขาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ การทดสอบแบบจำลองในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าและการสูญเสียดินนั้น ในส่วนของค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินและค่าที่วัดได้จริงโดยวิธี Root Mean Square Error (RMSE) พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงและมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน โดยค่าความแตกต่างของปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดิน มีค่ามากกว่าประมาณ 0.11-0.45 เท่า และปริมาณการสูญเสียดิน มีค่าน้อยกว่าประมาณ 0.03-0.3 เท่า และจากการทดสอบการใช้แบบจำลอง WEPP บ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองจะมีความน่าเชื่อถือในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าผิวดินและปริมาณการสูญเสียดินในแปลงปลูกพืชที่มีระบบการจัดการและอนุรักษ์ดินที่ได้ระบุไว้ในแบบจำลองเท่านั้น นอกจากนี้ ค่าที่ได้จากการประเมินอาจไม่ถูกต้องนัก เนื่องจากข้อมูลที่ได้นำเข้าไปบันทึกในโปรแกรมนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากค่าที่ได้จากแปลงทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้ทำไว้แล้วในแบบจำลอง และที่คำนวณได้จากสมการที่สร้างโดยฐานข้อมูลจากการทดลองในพื้นที่ ดังนั้น การใช้รูปแบบจำลองนี้จึงควรมีการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยตรงในพื้นที่ศึกษา หรือใช้สมการจากฐานข้อมูลที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษาโดยตรง จึงให้ค่าที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด และในการวัดปริมาณน้ำไหลบ่า เนื่องจากอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำและการเก็บกักน้ำนั้นสร้างขึ้นและประยุกต์ใช้กับพื้นที่ อาจทำให้การเก็บข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งในแบบจำลองนั้นมีความละเอียดของการเก็บข้อมูลสูง ซึ่งอาจทำให้ผลการคาดการณ์ผิดพลาดได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2534. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะกร่อนของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- บังอร อุบล, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และศุภชัย อ่ำคา. 2559. ผลของการจัดการตอซังข้าวร่วมกับการเตรียมดินและชนิดของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และสมบัติของดินบางประการ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(2): 39-49.
- พิทยา สรวมศิริ. 2551. การใช้ประโยชน์ที่ดินและการพัฒนาชนบทบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนประเด็นยุทธศาสตร์และแนวทางดำเนินการ. เชียงใหม่: วนิตการพิมพ์.
- वासुเทพ กาญจนกุล, นิพนธ์ อุดปวง, พัทธกษ อินทพันธุ์ และสวัสดิ์ บุญชี. 2543. เปรียบเทียบการสูญเสียดินและความชื้นในดินโดยการใช้แถบปลูกพืชรูปแบบต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงชัน. ใน รายงานงานบทคัดย่อผลงานวิจัย กองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ. 2533-2542. น. 249. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2555. ยุทธศาสตร์สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ระยะที่ 2 ปี พ.ศ. 2555-2559. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้าเล่ม 1. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อารุณ ศิริรัตน์. 2552. การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินโดยใช้แบบจำลองโครงการประเมินการชะกร่อนโดยน้ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Alexander, R. 2001. Compost utilization in landscapes. In *Compost utilization in Agricultural Cropping Systems*. P. J. Stoffella and B. A. Kahn, eds. pp.151-176. New York: Lewis Publishers.
- ASTM D422-63. 2007. *Standard test method for particle-size analysis of soils (withdrawn 2016)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Flanagan, D. C., and Nearing, M. A. 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP) hillslope profile and watershed model documentation. In *NSERL Report vol. 10*. West Lafayette: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

วันรับบทความ (Received date) : 16 ต.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 21 มี.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 62