

การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืช ในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

Soil Erosion Analysis Using Universal Soil Loss Equation (USLE) to
Estimate the Loss of Plant Nutrient in Huaimaepachan Watershed

เสวต ประกายรุ่งระวี* วิชัย พันธนะหิรัญ** และชาลี นาวานุเคราะห์***

Sawet Plakayrungrasamee, Wichai Pantanahiran, and Charlie Navanugraha

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) และเพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน โดยวิเคราะห์ค่าปัจจัยต่าง ๆ ของสมการคือ ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (R), ค่าปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K), ค่าปัจจัยความยาวและความชันของความลาดเท (LS), ค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C) และค่าปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (P) การศึกษามีจุดประสงค์ เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และคำนวณหาธาตุอาหารที่สูญเสียในรูปปุ๋ยยูเรีย ชูเปอร์ฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการชะล้างพังทลายดินของลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน พบว่าปริมาณการพังทลายของดินคิดเป็น 513,994 ตัน/ปี และสภาพความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในเกณฑ์ระดับน้อยมาก ซึ่งมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 899.58 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 79.48 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ผลการวิเคราะห์การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คิดเป็น 283.43, 3.55 และ 34.64 ตัน/ปี ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์การคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยชูเปอร์ฟอสเฟต ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ คิดเป็น 616.15, 16.97 และ 69.55 ตัน/ปี ตามลำดับ

ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนด้านการอนุรักษ์ จัดการที่ดิน และประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

คำสำคัญ: สมการสูญเสียดินสากล การพังทลายของดิน การสูญเสียธาตุอาหารพืช

* นิสิตปริญญาโท สาขาภูมิศาสตร์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

** รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

*** รองศาสตราจารย์ ดร. และคณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

Abstract

This study was to calculate soil erosion using Universal Soil Loss Equation (USLE) and to estimate the loss of plant nutrient in Huaimaepachan watershed. The USLE parameter were the rainfall erosion index (R), the soil erodibility factor (K), the slope factor, steepness and length (LS), plant cover and management factor (C), and the conservation practice factor (P). The soil erosion and plant nutrients were calculated. Then, the comparative fertilizers including urea, superphosphate and potassium chloride were calculated as an index of N, P and K respectively.

The result showed that the soil erosion rate was 513,994 ton per year. The class of low soil erosion rate covered an area of 899.58 km² (79.48%). The losses of N, P and K were 283.43, 3.55 and 34.64 ton per year, respectively. The comparative fertilizers including urea, superphosphate and potassium chloride were 616.15, 16.97 and 69.55 ton per year, respectively.

This study can be used as a planning guideline for soil conservation and management in Huaimaepachan watershed.

Keywords: Universal Soil Loss Equation, Soil Erosion, Nutrient Loss

บทนำ

ที่ดินเป็นทรัพยากรที่เป็นแหล่งผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยสี่ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่ อาศัย และยารักษาโรค ที่ดินเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญทางภาคการเกษตร ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มประชากรมนุษย์อย่างรวดเร็ว (Chinnamani & et al. 1982: 229) ทำให้มนุษย์มีความต้องการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์มีมากขึ้น (ไพฑูริย์ ปิยะปกรณ์. 2524: 107) สาเหตุของดินเสื่อมโทรมนั้นเกิดจากทั้งธรรมชาติและมนุษย์ การเสื่อมโทรมของดินเนื่องจากมนุษย์ ได้แก่ การจัดการดินที่ผิดวิธี การปลูกพืชอย่างไม่เหมาะสม ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ดี การตัดไม้ทำลายป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทในด้านการเกษตร เช่น การใช้ประโยชน์ดินที่อยู่บนพื้นที่ลาดเทมากบริเวณเชิงเขา โดยทำการปลูกพืชไร่แทนที่จะปลูกไม้ยืนต้น ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปล่อยให้เป็นที่ป่า การไถพรวนดินปล่อยให้หน้าดินว่างเปล่าไม่มีพืชปกคลุมในช่วงการเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูกพืชไร่จะเปิดโอกาสให้ธรรมชาติคือฝนและลมพายุชะล้างและชะกร่อนหน้าดินให้พังทลายและสูญหายไปโดยง่าย

ปัญหาการพังทลายของดินจึงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดดินเสื่อมโทรม เนื่องจาก อินทรีย์วัตถุในดินสามารถสูญหายไปจากพื้นที่เพาะปลูกจากการไถพรวน ทำให้ง่ายต่อการถูกกัดกร่อนจากลม น้ำฝน และน้ำไหลบ่า (นวิรัตน์ ไกรพานนท์ และศิวัช แก้วเจริญ. 2549: 52) ซึ่งทำให้เกิดการพัดพาเอาหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และธาตุอาหารพืชในดินออกไปจากพื้นที่ การพังทลายของดินยังมีปรากฏให้เห็นเสมอในธรรมชาติ แม้ในสภาพพื้นที่ซึ่งเป็นป่าสมบูรณ์ (นิวัติ เรืองพานิช. 2514: 12) กรมพัฒนาที่ดินประมาณการชะล้างพังทลายของประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 134.5 ล้านไร่ หรือร้อยละ 41.94 ของพื้นที่ประเทศ มีตะกอนถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำประมาณปีละ 27 ล้านตัน ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียธาตุอาหารในดินมีมูลค่าประมาณ 3,774.37 ล้านบาท และพบว่า มีพื้นที่ซึ่งดินมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ครอบคลุมเนื้อที่ถึง 98.7 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 30.7 ของเนื้อที่ประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2542: 1-3)

ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันประสบปัญหาทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรม ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันนี้ ได้แก่ การใช้ที่ดินซึ่งไม่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรดินที่มีความเหมาะสมแก่การเกษตร เนื่องด้วยทรัพยากรที่ดินที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้ดินที่มีศักยภาพต่ำทางการเกษตรซึ่งต้องการการจัดการที่เหมาะสม เป็นเหตุให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดปัญหาการบุกรุกทำลายป่าเพื่อใช้เป็นที่ทำกินมากขึ้น (อุดม พนมเรีงศักดิ์ และคณะ. 2544: 96)

ปัญหาการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน เป็นปัญหาจากการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ลาดชันสูง ก่อให้เกิดการชะล้างพังทลาย แต่แต่ละปีจะมีการสูญเสียหน้าดินอันเกิดจากการชะล้างพังทลาย จากผลการสำรวจของกองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2541 พบว่าพื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์เหลือประมาณ 403,812 ไร่ หรือร้อยละ 56.33 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมีเนื้อที่ประมาณ 40,358 ไร่ หรือร้อยละ 5.63 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (อุดม พนมเรีงศักดิ์ และคณะ. 2544: 96) ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจนสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อประเมินการสูญเสียดินและธาตุอาหารหลักของพืช โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) สำหรับการคาดคะเนปริมาณการสูญเสียดินจากพื้นที่ เป็นวิธีการที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน (ถวิล โกศลอนันตวงศ์. 2528: 2) และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาการสูญเสียธาตุอาหารหลักในดิน ซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก การที่พืชขาดธาตุทั้งสามจะทำให้การเจริญเติบโตไม่เป็นไปอย่างปกติแล้วยังกระทบกระเทือนถึงคุณภาพของผลผลิตอีกด้วย ดังนั้นการประเมินการสูญเสียดินและธาตุอาหารหลักในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนและจัดการทรัพยากรดินในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล
2. เพื่อประเมินการสูญเสียดินในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล
3. เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในรูปปุ๋ย ในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการศึกษา
 - 1.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC)
 - 1.2 โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcView Version 3.3
 - 1.3 โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS Version 9.3
2. ข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษา
 - 2.1 แผนที่ภูมิประเทศประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 จากกรมแผนที่ทหาร จำนวน 8 ระวัง ลำดับชุด L7018 ระวังที่ 4835I 4835II 4934I 4934IV 4935I 4935II 4935III และ 4935IV

2.2 ข้อมูลลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1:50,000 ปี พ.ศ. 2543 จากสำนักนโยบายและแผนคุณภาพสิ่งแวดล้อม รูปแบบดิจิทัล

2.3 ข้อมูลชุดดิน จังหวัดราชบุรี และจังหวัดเพชรบุรี ปี พ.ศ. 2535 มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน รูปแบบดิจิทัล

2.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่ประจัน ปี พ.ศ. 2550 มาตราส่วน 1:25,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน รูปแบบดิจิทัล

2.5 ข้อมูลตำแหน่งสถานีน้ำฝนและสถิติปริมาณน้ำฝน รายปี พ.ศ. 2550 จากกรมอุตุนิยมวิทยา รูปแบบดิจิทัล จำนวน 11 สถานี เลขที่สถานี 424004, 424008, 424011, 424013, 424301, 465001, 465003, 465004, 465005, 465007 และ 465012

2.6 ข้อมูลธาตุอาหารในดิน จากบัญชีธาตุอาหารในดินตามชุดดินของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

2.7 ข้อมูลสารสนเทศจังหวัดราชบุรีและจังหวัดเพชรบุรี ปี พ.ศ. 2541 มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม รูปแบบดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืช เป็นการนำเอาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เช่น ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศ สมรรถนะของดิน พืชพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาพิจารณาาร่วมกัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบรายสเตอร์ มีขนาดข้อมูล 30x30 เมตร และนำไปคำนวณเปรียบเทียบกับธาตุอาหารพืชที่มีในดิน และธาตุอาหารพืชในรูปปุ๋ย เพื่อประเมินปริมาณดินและธาตุอาหารพืช โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้

1. **คำนวณปริมาณการชะล้างพังทลายของดินตามสมการสูญเสียดินสากล (USLE) ตามวิธีของวิชไมเออร์ และสมิท (Wischmeier and Smith, 1978: 2)**

$$A = RKLSCP \quad (1)$$

เมื่อ

A คือ ปริมาณการสูญเสียดิน ที่คำนวณได้ต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ตัน/เฮกแตร์/ปี

R คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำให้เกิดการพังทลายของฝน เป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถของฝนในการกัดเซาะ มีหน่วยเป็น เมตร-ตัน/เฮกแตร์/ปี

K คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน เป็นค่าดินที่สูญเสียต่อหน่วยของพลังกัดเซาะของฝน ในแปลงทดลองที่มีขนาดจำกัด ยาว 72.6 ฟุต บนพื้นที่ลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการไถพรวนดิน และทิ้งไว้ให้ว่างเปล่า

L คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความยาวของความลาดเท เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่เกิดจากสภาพความยาว ความลาดเทในสนาม กับแปลงที่เกิดจากความยาวความลาดเท 72.6 ฟุต ภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน

S คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความชันของความลาดเท เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่เกิดจากสภาพความลาดเทในสนาม กับแปลงที่เกิดจากความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน

C คือ ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากพื้นที่ในสนามที่เกิดขึ้น มีการจัดการอย่างหนึ่งอย่างใดโดยเฉพาะ และพื้นที่ที่มีการไถพรวนตามความลาดเท ปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ว่างเปล่า ภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน

P คือ ปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติกรอนุรักษ์ดิน เป็นค่าที่ได้จากอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงอนุรักษ์ ปลูกพืชสลั้ตามแนวระดับหรือปลูกพืชเป็นขั้นบันได และแปลงที่มีการปลูกพืชตามความยาวความลาดเท ภายใต้สภาพเงื่อนไขเดียวกัน

1.1 คำนวณค่าความสามารถในการทำให้เกิดการพังทลายของฝน (R factor) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน จากสถานีน้ำฝนในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน และสถานีใกล้เคียง นำมาคำนวณหาปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร) ของแต่ละสถานี นำมาวิเคราะห์สร้างเส้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยโดยวิธี Kriging และนำมาคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ค่า R สามารถประมาณได้จากค่าปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยรายปีจากสมการ (สายัณห์ สิงหกุล 2530: 16; อ้างอิงจาก กรมพัฒนาที่ดิน. 2524)

$$Y = 0.163X - 0.0375 \quad (2)$$

เมื่อ

Y คือ ปัจจัยของฝนต่อการชะล้างพังทลายของดิน (เมตร-ตัน/เฮกแตร์-ชั่วโมง)

X คือ ปริมาณของฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี (มิลลิเมตร)

1.2 คำนวณค่าความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน (K factor) ได้จากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน และนำไปใส่ค่า K โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการจำแนกค่า K ตามชุดดินในจังหวัดเพชรบุรี และค่า K ที่ได้จากหน่วยทางธรณีวิทยาของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แผนที่แสดงค่าปัจจัยของเกี่ยวกับความยากง่ายในการเกิดการพังทลายของดิน

1.3 คำนวณค่าความยาวและความชันของความลาดเท (LS factor) ได้จากข้อมูล เส้นชั้นความสูงและจุดความสูง บนแผนที่ภูมิประเทศ 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร และทำการคำนวณค่าความยาวของความลาดเทจากแผนที่เส้นชั้นความสูง ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัลแบบ TIN จากนั้นจึงคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ องศา และความยาวของความลาดเท นำเข้าสมการเพื่อหาค่า LS factor ตามวิธีของ วิชไมเออร์และสมิท และปรับปรุงค่าปัจจัยในสมการโดยใช้การคำนวณตามสมการของแม็คคูล (Liu et al. 2000: 1759. อ้างอิงจาก McCool et al. 1987.) สมการคำนวณค่าปัจจัยความยาวของความลาดเทคือ

$$L = \left[\frac{\lambda}{22.13} \right]^m \quad (3)$$

เมื่อ

L คือ ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท ในสมการการสูญเสียดินสากล

λ คือ ระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน นับจากจุดเริ่มมีน้ำไหลเอ่อผิวดินถึงจุดที่ความลาดชันเปลี่ยนแปลงจนเกิดการทับถมของตะกอน หรือจุดที่มีการรวมตัวของน้ำเป็นร่อง มีหน่วยเป็นเมตร

m คือ ตัวเลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดชัน โดย ค่า m หาได้จากสมการ

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (4)$$

เมื่อ

m คือ ตัวเลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดชัน

β คือ ความสัมพันธ์กับสัดส่วนระหว่าง การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (Rill Erosion) ซึ่งเกิดจากการกระทำของน้ำไหลบ่า กับการชะล้างพังทลายระหว่างร่องริ้ว (Interrill Erosion) ซึ่งเกิดจากการกระทำของเม็ดฝน โดย β คำนวณจากสมการ

$$\beta = \frac{(\sin \theta / 0.0896)}{3.0(\sin \theta)^{0.8} + 0.56} \quad (5)$$

เมื่อ

β คือ ความสัมพันธ์กับสัดส่วนระหว่าง การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (Rill Erosion) ซึ่งเกิดจากการกระทำของน้ำไหลบ่า กับการชะล้างพังทลายระหว่างร่องริ้ว (Interrill Erosion) ซึ่งเกิดจากการกระทำของเม็ดฝน

θ คือ ค่าความลาดชันในหน่วยองศา

สมการคำนวณค่า S factor สำหรับพื้นที่ลาดชัน น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ คือ

$$S = 10.8 \sin(\theta) + 0.03 \quad (6)$$

สำหรับพื้นที่ลาดชันเท่ากับมากกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ คือ

$$S = 16.8 \sin(\theta) - 0.50 \quad (7)$$

เมื่อ

S คือ ค่าปัจจัยความชัน

θ คือ ค่าความลาดชันในหน่วยองศา

1.4 คำนวณค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (C factor) ได้จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 มาตรฐาน 1:25,000 และนำไปใส่ค่า C โดยนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช ของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แผนที่แสดงค่าปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช

1.5 คำนวณค่าปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (P factor) ได้จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 มาตรฐาน 1:25,000 และนำไปใส่ค่า P โดยนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แผนที่แสดงค่าปัจจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน

2. คำนวณปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่สูญเสียตามความลึก จากการชะล้างพังทลายของดิน นำค่าปริมาณการชะล้างพังทลายของดินแปลงหน่วยให้เป็น ตัน/ไร่/ปีเปรียบเทียบกับข้อมูลบัญชีธาตุอาหารในดินตามชุดดินของประเทศไทย ของกรมพัฒนาที่ดิน

3.คำนวณปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ย จากธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่สูญเสียจากการชะล้างพังทลายของดินการประเมินธาตุอาหารในรูปปุ๋ย ได้จากการคำนวณธาตุอาหารที่สูญเสียรวมกับข้อมูลธาตุอาหารในปุ๋ยเดี่ยวที่กำหนด โดยปุ๋ยเดี่ยวที่เหมาะสมที่ใช้ในการคำนวณการคืนธาตุอาหารในรูปปุ๋ย คือ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีสูตรในการคำนวณ (กิตติมา ศิวอาทิตย์กุล และคณะ. 2545: 22) ได้แก่

3.1 การประเมินธาตุไนโตรเจน (N) ในรูปปุ๋ยยูเรีย ได้จากสมการ

$$\text{Urea} = \frac{N \times (100)}{46} \quad (8)$$

เมื่อ

Urea คือ ปริมาณปุ๋ยยูเรีย (ตัน/ไร่/ปี)

N คือ ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้จากการเปรียบเทียบ (ตัน/ไร่/ปี)

3.2 การประเมินธาตุฟอสฟอรัส (P) ในรูปปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ได้จากสมการ

$$\text{Superphosphate} = \left[\frac{P \times 141.94}{61.94} \right] \times \frac{100}{48} \quad (9)$$

เมื่อ

Superphosphate คือ ปริมาณปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (ตัน/ไร่/ปี)

P คือ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่ได้จากการเปรียบเทียบ (ตัน/ไร่/ปี)

3.3 การประเมินธาตุโพแทสเซียม (K) ในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ได้จากสมการ

$$\text{Potassium Chloride} = \left[\frac{K \times 94.2}{78.2} \right] \times \frac{100}{60} \quad (10)$$

เมื่อ

Potassium Chloride คือ ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (ตัน/ไร่/ปี)

K คือ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่ได้จากการเปรียบเทียบ (ตัน/ไร่/ปี)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน ได้จากผลคูณของค่าดรรชนีการพังทลายของดินที่เกิดจากฝน (R) ค่าความยากง่ายในการพังทลายของดิน (K) ค่าความยาวและความชันของความลาดเท (LS) ค่าการเพาะปลูกและการจัดการ (C) และค่าวิธีการปฏิบัติในด้านการอนุรักษ์ดิน (P) ($A = RKLSCP$) ได้ค่าการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ แล้วนำค่าที่ได้มาจำแนกความรุนแรงของการเกิดการพังทลายของดิน ตามข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) พบว่าปริมาณการพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน 513,994 ตัน ดังตาราง 1 และรูปภาพ 1

ตาราง 1 ระดับความรุนแรงการพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

ชั้นความรุนแรงของการพังทลาย	อัตราการสูญเสียดิน ตัน/เฮกแตร์/ปี	พื้นที่	
		ไร่	ร้อยละ
น้อยมาก	น้อยกว่า 6.25	562,238	79.48
น้อย	6.25 – 31.25	92,708	13.11
ปานกลาง	31.25 – 93.75	13,973	1.97
รุนแรง	93.75 – 125.00	1,677	0.24
รุนแรงมาก	มากกว่า 125.00	1,054	0.15
พื้นที่กันออก		35,713	5.05

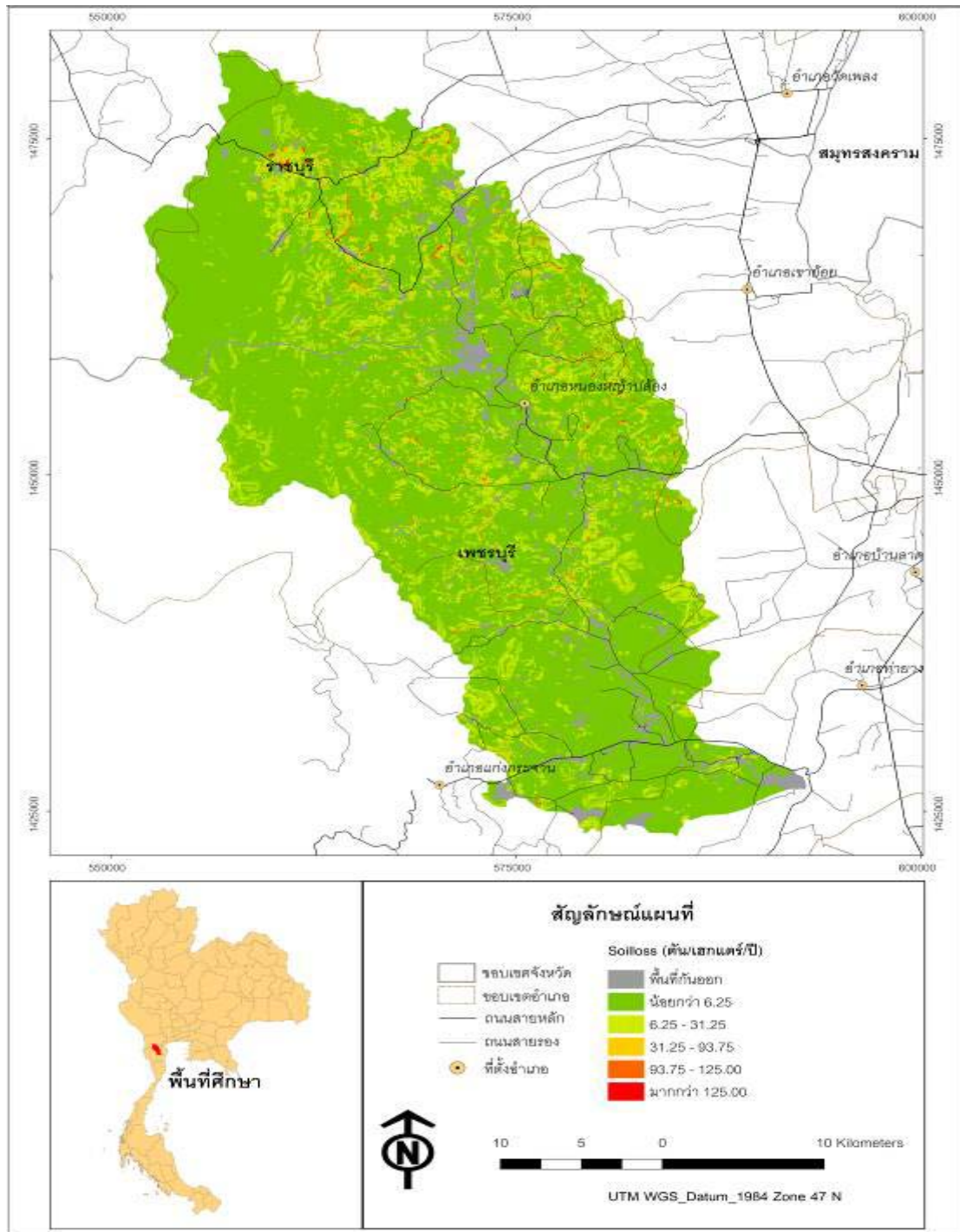
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันทั้งหมดมีค่าประมาณ 513,994 ตัน พื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีสีเขียว ซึ่งมีการชะล้างพังทลายอยู่ในระดับน้อยมาก โดยเป็นพื้นที่ทางใต้ และทางตะวันตกของลุ่มน้ำ พื้นที่ทางใต้มีลักษณะเป็นที่ราบ เป็นที่ตั้งของชุมชน มีการทำนาเป็นส่วนใหญ่ ทางตะวันตกของลุ่มน้ำ มีลักษณะเป็นเทือกเขาสูงแต่เป็นพื้นที่ป่า มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 562,238 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 79.48 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

พื้นที่เป็นสีเขียวอ่อนมีการชะล้างพังทลายอยู่ในระดับน้อย โดยเป็นพื้นที่ตอนกลาง และฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ พื้นที่ตอนกลางเป็นสภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงราบ เป็นพื้นที่ป่าบางส่วน และหมู่บ้าน ฝั่งตะวันออกสภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน เป็นพื้นที่ป่าบางส่วน และปลูกไม้ยืนต้น มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 92,708 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 13.11 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

พื้นที่เป็นสีเหลืองมีการชะล้างพังทลายอยู่ในระดับปานกลาง โดยกระจายอยู่ทางพื้นที่ตอนกลาง ทางเหนือ และฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ ซึ่งพื้นที่ทางเหนือ และฝั่งตะวันออกมีสภาพพื้นที่เป็นเทือกเขามีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชัน ส่วนตอนกลางของลุ่มน้ำมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบ พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม หมู่บ้าน ปลูกสวนผลไม้ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 13,973 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 1.97 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

พื้นที่เป็นสีส้มมีการชะล้างพังทลายอยู่ในระดับรุนแรง โดยกระจายอยู่ทางเหนือ และทางฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ พื้นที่เป็นสภาพพื้นที่เป็นเทือกเขามีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันและภูเขา เป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ปลูกสวนผลไม้ พืชไร่ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,677 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 0.24 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

พื้นที่เป็นสีแดงมีการชะล้างพังทลายอยู่ในระดับรุนแรงมาก มีขนาดใกล้เคียงกับพื้นที่สีส้ม และเป็นพื้นที่ส่วนน้อยที่สุด โดยกระจายอยู่ทางเหนือ และทางฝั่งตะวันออกของลุ่มน้ำ พื้นที่เป็นสภาพพื้นที่เป็นเทือกเขามีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนชันและภูเขา เป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ปลูกพืชไร่ พืชผัก ไม้ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,054 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 0.15 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด



รูปภาพ 1 แผนที่แสดงความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน พบว่าปริมาณการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ประมาณ 283.43 ตัน และคำนวณเป็นปริมาณปุ๋ยยูเรียได้เท่ากับ 616.15 ตัน การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส ประมาณ 3.55 ตัน และคำนวณเป็นปริมาณปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตได้เท่ากับ 16.97 ตัน การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม ประมาณ 34.64 ตัน/ปี และคำนวณเป็นปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ได้เท่ากับ 69.55 ตัน ดังตาราง 2 และ ตาราง 3

ตาราง 2 ปริมาณสูญเสียธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

ธาตุอาหาร	ปริมาณ	
	ตัน	กิโลกรัม
ไนโตรเจน (N)	283.43	283,427
ฟอสฟอรัส (P)	3.55	3,554
โพแทสเซียม (K)	34.64	34,642

ตาราง 3 ปริมาณปุ๋ยเปรียบเทียบที่คำนวณได้จากการสูญเสียธาตุอาหารในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

ปุ๋ยเปรียบเทียบ	ปริมาณ	
	ตัน	กิโลกรัม
ยูเรีย	616.15	616,146
ซูเปอร์ฟอสเฟต	16.97	16,967
โพแทสเซียมคลอไรด์	69.55	69,551

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับสมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินหาธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารในรูปปุ๋ย ยูเรีย ซูเปอร์ฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจันมีค่าปริมาณการชะล้างพังทลายของดินประมาณ 513,994 ตัน ความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมากคือ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 899.58 ตารางกิโลเมตร หรือ 562,238 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 79.48 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด เมื่อนำมาคำนวณการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และปริมาณปุ๋ยเปรียบเทียบ จึงทำให้ค่าการสูญเสียธาตุอาหารและปริมาณปุ๋ยเปรียบเทียบมีค่าต่ำด้วย อาจเนื่องจากค่าปัจจัยสมการสูญเสียดินสากล (USLE) เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว ส่วนใหญ่จะพบว่า ในพื้นที่ 1 หน่วยของการวิเคราะห์ ค่าที่สูงของแต่ละปัจจัยคือ RKLSCP จะไม่ได้อยู่ในหน่วยพื้นที่เดียวกัน แต่ในหน่วยพื้นที่นั้น จะมีค่าที่สูง และต่ำของแต่ละปัจจัยอยู่รวมกัน เช่นพื้นที่ทางฝั่งตะวันตกของลุ่มน้ำ เป็นพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันสูง แต่เป็นพื้นที่ของป่า และมีค่าดัชนีการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับต่ำ ทำให้บริเวณส่วนใหญ่ทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีค่าการชะล้างพังทลายดินอยู่ระดับน้อยมาก รวมถึงค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของดินที่ไม่มีสถานีน้ำฝนด้านตะวันตกของพื้นที่ และปริมาณน้ำฝนใช้ปีเดียว ทำให้เกิดความแปรปรวนของข้อมูลได้ ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนด้านการอนุรักษ์ จัดการที่ดิน และประกอบการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. การวิเคราะห์ค่าดัชนีการชะล้างพังทลายของดิน ควรใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนจากกรมชลประทานนำมาวิเคราะห์ด้วย เพื่อให้สถานีแวดล้อมเพิ่มขึ้นพื้นที่ศึกษา และค่าความถี่ของข้อมูลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดัชนีการชะล้างพังทลายของดินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
2. การวิเคราะห์ค่าความยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน ควรเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษานำมาวิเคราะห์ ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และขจัดปัญหาการใช้ค่าทางธรณีวิทยาที่นำมาวิเคราะห์หาค่าความ

ยากง่ายในการชะล้างพังทลายของดิน รวมถึงปัญหาของพื้นที่ลาดชันเชิงชัน ที่ไม่สามารถนำมาคำนวณหาธาตุอาหารที่สูญเสียได้

3. การวิเคราะห์ค่าการเพาะปลูกพืช การจัดการ ค่าวิธีการปฏิบัติในการอนุรักษ์ดิน อาจใช้ภาพถ่ายดาวเทียม มาทำการวิเคราะห์ร่วมกับการข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4. การวิเคราะห์ค่าปริมาณการพังทลายของดิน ควรประเมินหาสัดส่วนของตะกอนที่เกิดจากการพังทลายของดิน เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์แบบรายเดือร์ ข้อมูลการสูญเสียดินจากพื้นที่หน่วยหนึ่ง อาจไปรวมกับหน่วยข้างเคียง การวิเคราะห์ค่าปริมาณการพังทลายของดินโดยไม่ประเมินสัดส่วนของตะกอนร่วมด้วย ทำให้ข้อมูลการสูญเสียดินไม่ใช่ข้อมูลที่แท้จริงของปริมาณดินที่สูญเสียออกจากพื้นที่

5. การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษโดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2550 ปีเดียว จึงควรทำการศึกษาปีอื่นย้อนหลัง และลุ่มน้ำอื่น ๆ เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะศิริ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาลี นาวานุเคราะห์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุระ พัฒนเกียรติ รองศาสตราจารย์ สุรภี อิงคากุล กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณประทุมพร พันเพ็ง คุณกิติมา ศิวาทิตย์กุล และเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินทุกท่านที่ช่วยเหลือให้ข้อมูล ความรู้ด้านวิชาการรวมถึงคุณธราพงศ์ เพ็ชรประยูร ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาทางด้านวิธีการและเทคนิคของงานวิจัยอยู่ตลอดเวลา

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2542). **ร่างรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2542**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). **บัญชีธาตุอาหารในดินตามชุดดินของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กิติมา ศิวาทิตย์กุล และคณะ. (2542). **รายงานวิจัยการศึกษาอัตราส่วนของตะกอนและธาตุอาหารหลักของพืชที่ถูกพัดพา จากพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแกแล อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง**. กรุงเทพฯ: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ถวิล โกศลอนันตวงศ์. (2528). **การประมาณค่าการควบคุมการพังทลายของดินในสมการสูญเสียดินสากล (USLE) สำหรับป่าดิบเขาที่มีเปอร์เซ็นต์เรือนยอดปกคลุมในระดับต่าง ๆ กัน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

นวรรตน์ ไกรพานนท์ และ ศิวัช แก้วเจริญ. (2550). **ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดิน เป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก**. *วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ*. 22(3): 50-55

นิวัติ เรืองพานิช. (2514). **รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 13**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ไพฑูรย์ ปิยะปกรณ์. (2524). การวิเคราะห์เชิงปริมาณการพังทลายของดินในจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้สมการ **สากลของการสูญเสียดิน**. ปรินต์งานนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สายัณห์ สิงหกละ. (2530). **การศึกษาและวิจัยการชะล้างพังทลายของชุดดินต่าง ๆ จังหวัดแพร่**. เอกสารทางวิชาการฉบับที่ 69. กรุงเทพฯ: ฝ่ายมาตรฐาน กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อุดม พนมเริงศักดิ์ และคณะ. (2543). **แผนการใช้ที่ดินลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่ประจัน**. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Chinnamani, S., et al. (1982). Applicability of the Universal Soil Loss Equation in Mountain Watersheds in Semiarid and Humid Regions. In *Proceedings of the Exeter Symposium*. pp. 229-237. Madras: IAHS.
- Liu, B. Y., et al. (2000, September). Slope Length Effects on Soil Loss for Steep Slopes. In *Soil Science Society of America Journal*. 2000(64): 1759. Retrieved March 8, 2010 from <http://soil.scijournals.org/cgi/reprint/64/5/1759.pdf>
- Mutchler, C.K., Mupfree, C.F.; & McGregor, K.C. (1994). Laboratory and Field Plots for erosion research. In *Soil Erosion Research Methods*. Lal, R. pp.11-38. Florida: St.Lucie Press.
- Wischmeier, W.H.; & Smith, D.D. (1978). **Predicting Rainfall- Erosion Losses a Guide to Conservation Planning**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture (USDA).