



โครงการวิจัย

อัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้โดยการวางแปลงสำรวจ
ในขอบเขตพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง

Rate of Soil Erosion from Logging through Plot Surveys in
Thung Kwian Plantation, Lampang Province

นายณนพพร พานเหล็ก

ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2567

โครงการ

เรื่อง

อัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้โดยการวางแผนสำรวจ
ในขอบเขตพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง

Rate of Soil Erosion from Logging through Plot Surveys in
Thung Kwian Plantation, Lampang Province

โดย

นายณวพรรษ พานเหล็ก

ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2567

นพพรช พานเหล็ก 2567: อัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้โดยการวางแผนสำรวจ
ในขอบเขตพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
สาขาวิชาวิศวกรรมป่าไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. ชรรค์ชัย ประสานย์, ประ.ด. 36 หน้า

จากการศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้โดยการวางแผนสำรวจในขอบเขตพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 2 แปลงตัวอย่างคือ พื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ววนสักแปลงปี 51/17 เป็นการทำไม้ครั้งที่ 1 (First Thinning) วนสักแปลงปี 47/11 เป็นการทำไม้ครั้งที่ 2 (Second Thinning) และวนสักแปลงปี 66/26 ที่ไม่มีการทำไม้ โดยการเก็บข้อมูลในพื้นที่ดังกล่าวใช้วิธีการวางแผนสำรวจขนาดเท่ากับ 1x100 เมตร เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน เพื่อศึกษาว่าในพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้นั้นมีอัตราการสูญเสียหน้าดินเป็นอย่างไร และมีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการสูญเสียของหน้าดิน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์อัตราการเพิ่มพูนหรือสูญเสียของหน้าดินของแต่ละพื้นที่ แล้วจึงนำค่าของทั้ง 3 พื้นที่มาเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราการสูญเสียหน้าดิน

จากการศึกษาพบว่าอัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้ในพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง โดยการวางแผนสำรวจในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน เพื่อวัดผลกระทบจากพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ พบว่าพื้นที่ที่มีการทำไม้นั้นมีอัตราการสูญเสียหน้าดินที่มากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดว่าพื้นที่ที่มีการทำไม้ย่อมส่งผลต่ออัตราการสูญเสียหน้าดินไม่ว่าจะเป็นในพื้นที่ราบหรือพื้นที่ลาดชัน แตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ที่ถึงแม้จะมีอัตราการสูญเสียหน้าดินอยู่บ้างแต่ด้วยลักษณะของพื้นที่ที่มีแต่สิ่งปกคลุมดินอยู่เป็นจำนวนมากทำให้ดินมีลักษณะที่แข็งทำให้เกิดการอัดแน่นของดินมากกว่าค่าความอัดแน่นของดินช่วงก่อนการทำไม้ ส่งผลให้อัตราการสูญเสียหน้าดินก็เช่นกันช่วงที่มีการทำไม้มีการสูญเสียหน้าดินที่มากกว่าช่วงที่ไม่มีการทำไม้ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการสูญเสียหน้าดินควรมีการวางแผนการทำไม้ที่ถูกต้องเหมาะสมตามการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมรรถนะของดิน นำวิธีการอนุรักษ์ดินที่เหมาะสมมาใช้ในพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้เพื่อลดผลกระทบต่อดินและรักษาความสมดุลของระบบนิเวศในระยะยาว

นพพรช พานเหล็ก

ลายมือชื่อผู้บันทึก

ช.อ.อ. อ.อ.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

A / 12 / 2567

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเล่มนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชรรค์ชัย ประสานัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย การวางแผนการทำงาน การเก็บข้อมูล ตลอดจนการตรวจแก้ไขโครงการจนกระทั่ง เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน มอบความรู้ และให้ความเมตตาแก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณนายชัยชนะ โสภา หัวหน้างานสวนป่าและพนักงานสวนป่าทุ่งเกวียน ทุกท่าน ที่คอยดูแล และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ขอขอบคุณพี่และเพื่อนวนศาสตร์ทุกคน ที่ช่วยให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งให้กำลังใจระหว่างการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นวพรรษ พานเหล็ก

ตุลาคม 2567

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
การทำไม้	3
กระบวนการทำไม้	3
การชะล้างพังทลายของดิน	5
ปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ	6
กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน	7
ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน	9
การวางแผนสำรวจ	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	19
ผล	19
วิจารณ์	25
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	26
สรุปผล	26
ข้อเสนอแนะ	27
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	28
ภาคผนวก	30

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบ	22
2 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน	23
ตารางผนวกที่	
1 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 1	31
2 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 1	32
3 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 2	33
4 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 2	34
5 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างที่ไม่มีการทำไม้	35
6 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างที่ไม่มีการทำไม้	36

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 รูปแบบขนาดแปลงตัวอย่าง	10
2 ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)	12
3 ตัวอย่างการวางแผนย่อย	13
4 กรอบแนวคิดวิธีการศึกษา	15
5 สำรวจพื้นที่ (ก. สำรวจพื้นที่แปลงทำงาน)	
(ข. การวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 1×100 เมตร)	17
6 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่การทำไม้ที่ 1	
ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม	20
7 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่การทำไม้ที่ 1 ในช่วงเดือนมิถุนายน	21
8 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ไม่มีการทำไม้	21
9 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบ	23
10 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน	24

คำนำ

การทำไม้หมายถึง การดำเนินงานในป่าตั้งแต่ การล้มไม้ การทอนไม้ การขนส่งไม้จนถึง โรงงานหรือตลาดการค้า รวมถึงการแปรรูปไม้ในป่าเพื่อลดต้นทุนหรือความสะดวกในการขนส่งและการวางแผนการทำไม้ให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ และแต่ละขั้นตอนของการทำไม้ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบทั้งกายภาพและชีวภาพกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นั้น

การทำไม้ในพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียนจังหวัดลำปางนั้นซึ่งเป็นสวนป่าที่มีความสูงของอัตราน้ำทะเลตั้งแต่ 500-1000 msl เฉลี่ย 750 msl พื้นที่บางส่วนจึงมีความลาดชัน การทำไม้ในพื้นที่ดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลายด้าน โดยเฉพาะผลกระทบต่อกายภาพดินในพื้นที่ เช่น การอัดแน่นของผิวหน้าดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำซึมของดินลดลง เมื่อฝนตกและเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดิน อาจทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน และสูญเสียดินบริเวณผิวหน้าดินมากยิ่งขึ้น

การศึกษาอัตราการชะล้างพังทลายของดินสามารถเลือกทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สมการ USLE เพื่อเป็นการประเมินอัตราการสูญเสียหน้าดินโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ แต่ในการศึกษารั้งนี้เลือกใช้การวางแผน Erosion bridge เก็บตัวอย่างอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่โดยตรง เป็นการสะท้อนข้อมูลตัวอย่างการสูญเสียในช่วงเวลาปัจจุบัน สามารถนำมาเพื่อป้องกันปัญหาการสูญเสียดินหรือการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่สวนป่าได้

วัตถุประสงค์

- 1.เพื่อศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่สวนป่า
- 2.เพื่อศึกษาปัจจัยในการสูญเสียหน้าดิน

การตรวจเอกสาร

การทำไม้

อำนาจ (2524) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การทำไม้หมายถึงการดำเนินงานในป่าเริ่มตั้งแต่การล้มไม้ การทอนไม้ การขนส่งไม้จนถึงโรงงานหรือตลาดการค้า รวมถึงการแปรรูปไม้ในป่าเพื่อลดต้นทุนหรือเพื่อสะดวกในการขนส่ง และการวางแผนการทำไม้ให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ แต่ไม่รวมถึงการแปรรูปโดยโรงงาน

นพรัตน์ (2564) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การทำไม้ คือ กระบวนการ เทคนิค วิธีการในการนำไม้ยืนต้นออกจากพื้นที่ป่าหรือสวนป่าเพื่อนำไม้ไปใช้ประโยชน์ โดยครอบคลุมขั้นตอนการคัดเลือกไม้ โค่นล้ม ชักลาก แปรรูป (ลิดกิ่ง ตัดทอน) ตลอดจนการขนส่งไม้ไปยังตลาด โรงงานอุตสาหกรรม หรือแหล่งใช้ประโยชน์อื่น ๆ ทั้งนี้อาจรวมถึงการวางแผนก่อนการทำไม้ และการประเมินผลกระทบภายหลังการทำไม้

กระบวนการการทำไม้

1. การล้มไม้ (Felling)

เป็นขั้นตอนแรกของการทำไม้ เพื่อตัดหรือโค่นต้นไม้ยืนต้นให้ล้มลงกับพื้นอาจตัดที่โคนต้นเพื่อให้ต้นไม้หลุดจากตอ หรือล้มไม้ด้วยการถอนตอรากขึ้นมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการล้มไม้ได้แก่ ขวาน เลื่อยมือ เลื่อยยนต์ รถซุด และรถตัดไม้ (harvester) เป็นต้น (ลัดดาวรรณ, 2562)

2. การทอนไม้ (Bucking, Cross-cutting)

หมายถึงการตัดไม้ที่ล้มแล้วให้เป็นท่อนซุงหรือเพื่อกิจการอย่างอื่น (อำนาจ, 2524)

3. การชักลากไม้ หรือ การชักลากไม้ตอนป่า (Timber extraction)

ลัตตาวรรณ (2562) ได้แบ่งขั้นตอนการนำไม้ที่ล้มแล้วออกจากบริเวณต่อไม้ไปยังจุดรวมกองไม้ข้างถนนป่าไม้หรือหมอนไม้ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้

3.1 การชักลากไม้ระบบพื้นดิน (ground based systems) เป็นการนำไม้ออกจากบริเวณต่อด้วยพาหนะหรือเครื่องมือที่เคลื่อนที่ไปบนพื้นดิน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วโลกโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การชักลากไม้แบบไม้สัมผัสพื้นดิน (Timber skidding) และการชักลากไม้แบบไม้ไม่สัมผัสพื้นดิน (Timber forwarding)

3.2 การชักลากไม้ระบบสายลวด (cable systems) เป็นการนำไม้ออกจากบริเวณต่อด้วยสายลวด เป็นการชักลากที่อาศัยเครื่องกว้าน (winch หรือ yarder) ซึ่งเป็นเครื่องทุ่นแรงมาเป็นต้นกำลังทำงานร่วมกับบล็อก (block, carriage) และสายลวด (cable) นิยมใช้ชักลากไม้บริเวณภูเขาที่ยากต่อการชักลากไม้ระบบพื้นดิน

3.3 การชักลากไม้ระบบทางอากาศ (aerial based systems) เป็นการนำไม้ออกจากบริเวณต่อโดยไม้สัมผัสพื้นที่ เคลื่อนย้ายไม้ด้วยเฮลิคอปเตอร์หรือบอลลูน เป็นระบบชักลากไม้ที่มีค่าใช้จ่ายสูงจึงไม่ค่อยนิยมใช้

4. การขนส่งไม้

นพรัตน์ (2564) ให้ความหมายว่าเป็นการนำไม้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งสามารถจำแนกประเภทออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

4.1 การขนส่งระยะใกล้ (Short distance transportation) เป็นการขนส่งภายในบริเวณพื้นที่ป่าหรือสวนป่า มีระยะทางสั้น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวม แปรรูป รวมกอง และรอการจำหน่ายนิยมใช้การขนส่งทางบกเป็นหลัก เช่น รถกระบะ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ รถเครน หรือแม้แต่รถบรรทุกดัดแปลง เช่น รถจอบหนั เป็นต้น

4.2 การขนส่งระยะไกล (Long distance transportation) เป็นการขนส่งจากบริเวณที่มีการเปลี่ยนถ่ายความเป็นเจ้าของอาจเป็นที่บริเวณหมอนไม้หรือสำนักงานก็ได้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการตกลงซื้อ

ขายไม้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขนส่งไม้จากป่าหรือสวนป่าไปยังจุดหมายปลายทางของผู้ซื้อเช่น โรงงานแปรรูป โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ทั้งนี้สามารถจำแนกออกได้เป็น การขนส่งทางบก (รถบรรทุก รถไฟ) และการขนส่งทางน้ำ (ล่องซุง แพขนานยนต์ เรือบรรทุกสินค้า) การเลือกใช้รูปแบบการขนส่งนั้นจะต้องคำนึงถึงปริมาณที่ต้องการจะขนส่ง ระยะทาง ค่าใช้จ่าย เวลาที่ใช้ในการขนส่ง

การชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion)

เกษม (2539) และ ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) ได้ให้ความหมายของการชะล้างพังทลายของดิน ไว้ว่า การกัด ถู ทำลายพื้นผิวดิน และเคลื่อนย้ายดิน กรวดและทราย จากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง โดยมีน้ำเป็นตัวการ เรียกว่า การชะล้างพังทลายดินโดยน้ำ (Water erosion) ซึ่งเป็นชนิดที่สำคัญในประเทศไทย มีลมเป็นตัวการ เรียกว่า การชะล้างพังทลายดินโดยลม (Wind erosion) และมีแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นตัวการ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายนอกจากน้ำ ลม และแรงโน้มถ่วงของโลก ยังอาจเกิดจากน้ำแข็งได้อีกด้วย (ในพื้นที่ที่อยู่ในเขตหนาว) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การชะล้างพังทลายดินโดยธรรมชาติ (Natural erosion) และ การชะล้างพังทลายดินที่มีตัวเร่ง (Accelerated erosion)

1. การชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติ (Normal erosion)

คือ การชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยมีน้ำ ลม แรงโน้มถ่วงของโลก และความผิดปกติของธรรมชาติต่าง ๆ เป็นตัวการ เช่น การชะละลาย (Leaching) แผ่นดินเลื่อน (Landslides) แผ่นดินไหว การพัดพาโดยลมตามชายฝั่งทะเลหรือในทะเลทราย เป็นประเภทที่ไม่มี ความรุนแรงหรือมีความรุนแรงน้อยมาก ไม่สามารถป้องกันได้ และมีการเกิดแบบค่อยเป็นค่อยไปหรือช้ามาก

2. การชะล้างพังทลายของดินที่มีตัวเร่ง (Accelerated erosion)

คือ การชะล้างพังทลายที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น การก่อสร้างที่อยู่อาศัย การทำการกสิกรรม การเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น หรือกิจกรรมบางอย่างของสัตว์ที่เข้ามาช่วยเร่งให้มีการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มมากขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว

ปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำ

นิวัติ (2539) และ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) ได้อธิบายถึงปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยน้ำไว้ 4 ปัจจัย ดังนี้

1. ความสามารถของฝนในการชะล้างพังทลาย

โดยทั่วไปแล้วฝนถือเป็นตัวการใหญ่ที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย ซึ่งการชะล้างพังทลายที่เกิดขึ้นนั้นจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะของฝน เช่น ความหนักเบา ปริมาณน้ำฝน ความเร็ว ระยะเวลา

2. คุณสมบัติของดิน

โดยการชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ

2.1 ความสามารถในการทนทานต่อการชะล้างพังทลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ชนิดของไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณของเม็ดดินที่เสถียร กิจกรรมของจุลินทรีย์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณความชุ่มชื้นในดิน

2.2 ความสามารถในการทนทานต่อการพัดพา ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดินและขนาดของอนุภาคของดินปริมาณอินทรีย์วัตถุ

2.3 ความสามารถในการทนทานต่อน้ำไหลบ่า ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดินและขนาดของอนุภาคของดินปริมาณช่องอากาศ ปริมาณความชื้นในดิน ชั้นดินดาน

3. สภาพสิ่งปกคลุมผิวดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดยในพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินที่มีความหนาแน่นมาก จะป้องกันการชะล้างพังทลายได้ดี โดยจากการวิจัยพบว่า ควรจะมีพืชคลุมดินอย่างน้อย 70เปอร์เซ็นต์ และการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมตามสมรรถนะของดินจะช่วยลดการชะล้างพังทลายได้

4. ความลาดชันและความยาวของด้านลาด

เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับน้ำไหลบ่า โดยจะมีอิทธิพลมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความลาดชัน ความยาวของด้านลาดอย่างไรก็ตามปัจจัยที่มนุษย์สามารถควบคุมได้มีเพียงปัจจัยที่ 3 และปัจจัยที่ 4 เท่านั้น ส่วนปัจจัยที่ 1 และปัจจัยที่ 2 เป็นปัจจัยที่ยากเกินกว่าที่จะควบคุมได้

กระบวนการการชะล้างพังทลายของดิน

สมยศ (2529) และ เกษม (2539) ได้อธิบายเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน สามารถแยกเป็นขั้นตอนได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแตกกระจาย (Detachment)

เป็นกระบวนการแรกที่เกิดขึ้น เมื่อน้ำฝนตกลงมากระทบกับพื้นดินทำให้เม็ดดินแตกกระจายตัวออกเป็นอนุภาคดินขนาดเล็ก (small particles) และเม็ดดินขนาดเล็ก ๆ นี้กระจายออกไปอยู่ที่อื่นหรืออยู่ในบริเวณที่ใกล้ ๆ จากจุดเดิม ซึ่งความรุนแรงของกระบวนการนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดดิน คุณสมบัติของดิน ขนาดและความรุนแรงของฝนที่ตกลงมา

นอกจากนี้กระบวนการนี้ยังส่งผลให้ความสามารถในการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) ของน้ำลดลง จากการที่เม็ดดินขนาดเล็กกระจายไปอุดรูพรุนของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูพรุนขนาดใหญ่จะลดลง

2. การเคลื่อนย้าย (Transportation)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากที่น้ำฝนตกลงมากระทบกับพื้นดินทำให้ดินแตกกระจายและอาจมีการอุดรูพรุนของดิน ส่งผลให้น้ำฝนส่วนหนึ่งซึมลงสู่ดินไม่ทันทำให้น้ำฝนส่วนนั้นไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ หรือที่เรียกว่า ปริมาณน้ำไหลบ่า (Runoff) ซึ่งอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับความลาดชันและระยะทางของความลาดชัน เมื่อเกิดการสะสมนาน ๆ จะทำให้เกิดการชะล้างอนุภาคของดินที่แตกกระจายแล้วไหลตามไปด้วย

นอกจากนี้ เกษม (2539) ยังอธิบายว่าการเคลื่อนย้ายยังมีอิทธิพลทำให้ดินอาจพังทลายได้ด้วยกระบวนการขุดผิวหน้าดิน (Scouring actions) ซึ่งประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ

2.1 Rolling เป็นกระบวนการที่อนุภาคดินที่เคลื่อนย้ายมานั้นขัดสีผิวหน้าดินให้สึกกร่อนไปตามผิวหน้าดิน

2.2 Lifting เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในขณะที่อนุภาคที่เคลื่อนย้ายไปตามผิวหน้าดินผิวหน้าอาจขรุขระ บางอนุภาคดินจะถูกยกให้สูงขึ้นด้วยน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน และอาจมีผลทำให้ผิวดินสึกกร่อนได้

2.3 Abrasion เป็นกระบวนการที่ดินบางส่วนอาจถูกทำลายด้วยแรงกดของน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน

3. การตกตะกอนทับถม (Sedimentation)

เป็นกระบวนการสุดท้ายของการชะล้างพังทลายของดินซึ่งหลังจากที่ปริมาณน้ำไหลบ่าชะล้างอนุภาคของดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไหลต่อไปไม่ได้แล้ว ปริมาณอนุภาคดินที่ไหลมากับน้ำก็จะเริ่มตกตะกอน มีสาเหตุสำคัญมาจากอัตราความเร็วของกระแสน้ำลดลงและหยุดนิ่ง โดยอนุภาคดินขนาดใหญ่จะตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนอนุภาคดินขนาดเล็กจะเกาะตัวกันด้วยแรงประจุจนเริ่มมีขนาดใหญ่มากพอที่จะทำให้สามารถตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกแล้วจึงตกตะกอน หรืออาจจะตกตะกอนโดยตรงด้วยตัวเองแต่ต้องใช้เวลานาน

ผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน

ธรรมชาติเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งทำให้ผิวโลกมีระดับที่ต่ำลง แต่ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายเร็วขึ้น คือ การกระทำของมนุษย์ โดยส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและความมั่นคงในชีวิตของประชากรในประเทศ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (เสาวลักษณ์, 2559)

1. ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง เก็บความชื้นได้ไม่ดี ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร เนื่องจากการซึมผ่านหน้าดินของน้ำต่ำ
2. ทำให้คุณสมบัติของดินในกลุ่มน้ำเสื่อมสภาพ ทั้งในทางเคมี ทางชีวะกายภาพ มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกมีโครงสร้างต่ำรวมถึงน้ำในลำน้ำไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร
3. การไหลบ่าของน้ำหน้าดินกระจายออกนอกพื้นที่มากขึ้น ทำให้การสูญเสียหน้าดินมีมากขึ้นด้วยความเป็นไปได้ที่ดินจะเก็บน้ำไว้น้อย เนื่องจากการซึมผ่านของน้ำหน้าดินมีอัตราที่น้อยลง
4. เกิดมลพิษในแหล่งน้ำ เนื่องจากการปล่อยสารเคมีเป็นพิษลงสู่แหล่งน้ำ เช่น โลหะหนัก ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย เป็นต้น
5. บริเวณพื้นที่เหนือเขื่อนตามอ่างเก็บน้ำจะมีตะกอนที่ถูกพัดพามาโดยมีอัตราของตะกอนที่สูงขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมรวมถึงระบบไฟฟ้าที่เป็นปัจจัยสำคัญในชีวิตประจำวันโดยตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน คือ การไหลบ่าของน้ำ

นอกจากนี้ เกษม (2539) ยังอธิบายว่า การชะล้างพังทลายดินยังส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมหรืออุทกภัย ซึ่งเกิดจากการที่อนุภาคของดินขนาดเล็กที่แตกกระจายไปอุดรูพรุนของดิน ทำให้น้ำซึมลงไปดินน้อยลง เกิด Surface flow ไหลไปตามผิวหน้าดินลงสู่ที่ต่ำ ทำให้เกิดปริมาณน้ำที่มากเกินไป ซึ่งเรียกว่า น้ำล้นตลิ่งหรือน้ำป่า แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไป และอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินได้ เรียกว่า อุทกภัย

การวางแผนสำรวจ

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดชั้นภูมิ (Stratification)

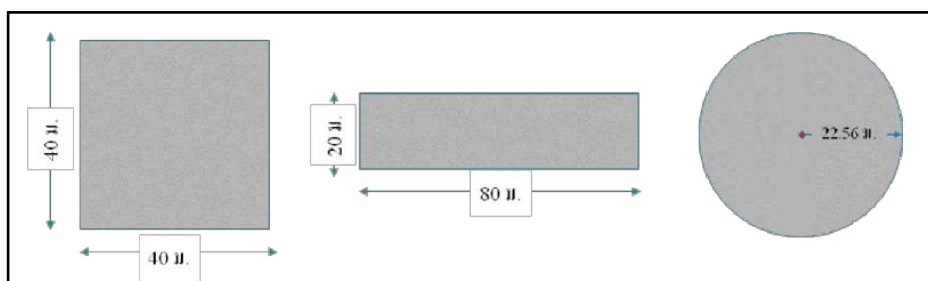
โดยการแบ่งพื้นที่โครงการเป็นชั้นภูมิก่อน (Stratification) ตามสภาพที่ปรากฏ โดยแต่ละชั้นภูมิเดียวกันควรมีลักษณะความคล้ายคลึงกันมากที่สุด แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นภูมิมากที่สุด โดยลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ เช่น ประเภทป่า ชนิดพืชพรรณ ระดับความสูงจากน้ำทะเลระดับความลาดชัน ความอุดมสมบูรณ์ ชั้นอายุของพืชพรรณ เป็นต้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชั้นภูมิ

การจำแนกชั้นภูมิสามารถจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายระยะไกล (เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจาก Google Earth) และจัดทำเส้นขอบเขตด้วย GPS

กรณีที่เป็นสวนป่าเชิงเดี่ยว ที่มีการจัดการอย่างประณีต รวมถึงมีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันจนไม่สามารถแบ่งชั้นภูมิได้ อาจไม่ต้องทำการแบ่งชั้นภูมิ

ขั้นตอนที่ 2 ขนาดแปลงตัวอย่าง

แปลงตัวอย่างอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือวงกลม ทั้งนี้ขนาดแปลงต้องไม่น้อยกว่า 1 ไร่ ขนาดแปลงตัวอย่างที่ อบก. แนะนำ คือ แปลงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 x 40 เมตร (ขนาด 1 ไร่)



ภาพที่ 1 รูปแบบขนาดแปลงตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดจำนวนแปลงตัวอย่าง

จำนวนแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจขึ้นอยู่กับความแม่นยำและความถูกต้องที่ต้องการการตัดสินใจใช้จำนวนตัวอย่างมากน้อยเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าต้องตัดสินใจเลือกวิธีการต่างๆ ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่นั้น ๆ ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดจำนวนแปลงตัวอย่างในการสำรวจ ให้ทางเลือก 3แนวทาง ดังนี้

3.1 วิธีการที่ 1 การวางแผนแปลงตัวอย่างร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการ (Random Sampling) โดยมีการวางแผนแปลงตัวอย่างให้กระจายในแต่ละชั้นภูมิอย่างเหมาะสม หากพื้นที่โครงการน้อยกว่า 300 ไร่ ให้วางแผนแปลงตัวอย่างที่ชั้นภูมิกลาง วิธีนี้เหมาะกับพื้นที่ดำเนินโครงการที่มีขนาดเล็ก

3.2 วิธีการที่ 2 การวางแผนแปลงตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ภายหลังจากทำการแบ่งชั้นภูมิเรียบร้อยแล้ว ในชั้นภูมิสุดท้าย ให้วางแผนแปลงตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 3แปลง กระจายในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิ เพื่อสำรวจเก็บข้อมูลและประเมินค่ามวลชีวภาพ

3.2.2 นำค่ามวลชีวภาพในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation : CV) โดยค่า CV ที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ให้ถือว่าจำนวนแปลงตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนที่เหมาะสม

3.2.3 กรณีค่า CV ของชั้นภูมิใด ๆ เกินร้อยละ 25 จำเป็นต้องทำการวางแผนแปลงตัวอย่างเพิ่มเติมในชั้นภูมินั้น เพื่อให้ค่า CV อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

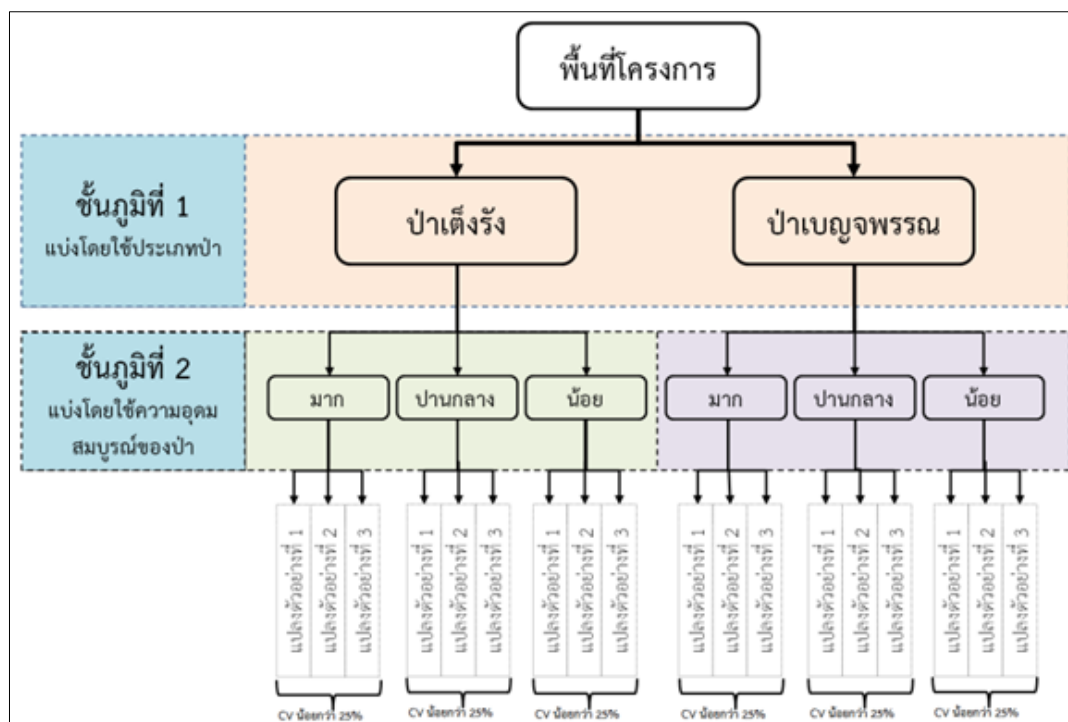
การคำนวณค่า CV

$$CV = \frac{SD \times 100}{\bar{X}}$$

เมื่อ CV = ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation)

SD= ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

3.3 วิธีการที่ 3 การหาจำนวนแปลงตัวอย่างตาม A/R Methodology Tool “Calculation of the number o sample plots for measurements within A/R CDM project activities” ดังภาคผนวก

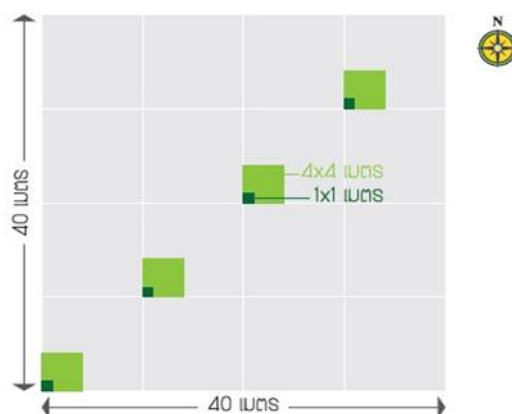
สมการหาจำนวนแปลงตัวอย่าง ในกรณีที่แปลงตัวอย่างน้อยกว่าร้อยละ 5 ของพื้นที่โครงการ

$$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E} \right)^2 * \left(\sum_i w_i * s_i \right)^2$$

- เมื่อ n = จำนวนแปลงตัวอย่างตามข้อกำหนด
 t_{VAL} = ค่า t ที่ $df = \infty$
 w_i = สัดส่วนของพื้นที่ในชั้นภูมิ i ต่อพื้นที่ทั้งหมด
 s_i = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นภูมิ i
 E = ระดับความเชื่อมั่น

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง

จัดเก็บข้อมูลความสูง และขนาดความโตของต้นไม้ เพื่อนำไปประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยขนาดแปลงตัวอย่าง 10x10 เมตร สำหรับเก็บข้อมูลของไม้ใหญ่ และขนาด 4x4 เมตร สำหรับเก็บข้อมูลของไม้หนุม ตัวอย่างดังรูปที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการวางแผนแปลงย่อย

ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2558)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณรงค์ (2530) ทำการศึกษาการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัดลำปางโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาพการชะล้างพังทลายของดิน ในจังหวัดลำปาง โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล โดยพบว่า ในพื้นที่จังหวัดลำปาง มีความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรงมาก โดยสามารถจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อยมาก (น้อยกว่า 5 ตัน/เฮกแตร์/ปี) คิดเป็นพื้นที่ 1,172,800 ไร่ หรือร้อยละ 15 ของพื้นที่ ระดับน้อย (5 – 12 ตัน/เฮกแตร์/ปี) คิดเป็นพื้นที่ 750,000 ไร่ หรือร้อยละ 10 ของพื้นที่ ระดับปานกลาง (12 – 25 ตัน/เฮกแตร์/ปี) คิดเป็นพื้นที่ 1,455,200 ไร่ หรือร้อยละ 19 ของพื้นที่ ระดับรุนแรง (25 – 60 ตัน/เฮกแตร์/ปี) คิดเป็นพื้นที่ 1,799,500 ไร่ หรือร้อยละ 23 ของพื้นที่ ระดับรุนแรงมาก (มากกว่า 60 ตัน/เฮกแตร์/ปี) คิดเป็นพื้นที่ 2,648,300 ไร่ หรือร้อยละ 34 ของพื้นที่

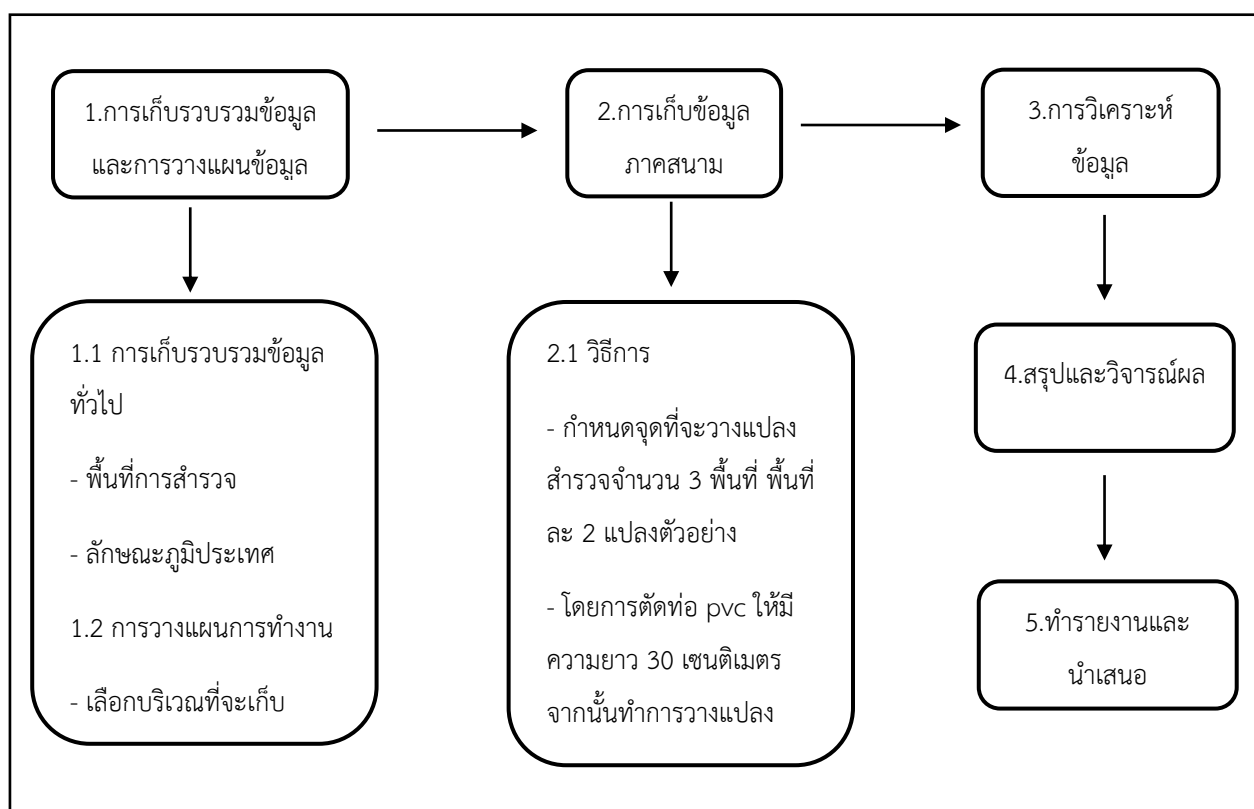
วิภพ และคณะ (2564) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการกำหนดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน (พื้นที่รับน้ำฝนของกว๊านพะเยา) มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน โดยอาศัยฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการการสูญเสียดินสากล พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน มีระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในระดับน้อยมาก โดยสามารถจำแนกการสูญเสียดินออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อยมากคิดเป็นพื้นที่ 230,432.51 ไร่ หรือร้อยละ 41.79 ของพื้นที่ ระดับน้อย คิดเป็นพื้นที่ 45,560.64 ไร่ หรือร้อยละ 8.26 ของพื้นที่ ระดับปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 80,432.99 ไร่ หรือร้อยละ 14.58 ของพื้นที่ ระดับรุนแรง คิดเป็นพื้นที่ 21,016.53 ไร่ หรือร้อยละ 3.81 ของพื้นที่ ระดับรุนแรงมาก คิดเป็นพื้นที่ 174,019.69 ไร่ หรือร้อยละ 31.56 ของพื้นที่ นอกจากนี้ หากพิจารณาการชะล้างพังทลายของดินในระดับที่รุนแรงมาก พบว่า มีการกระจายตัวมากในทางทิศตะวันตกของพื้นที่ซึ่งมีสภาพพื้นที่เป็นป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม และหากพิจารณาตามขอบเขตการปกครองเป็นรายตำบล พบว่า ตำบลที่มีพื้นที่การชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรงมากเป็นพื้นที่มากที่สุด ได้แก่ ตำบลแม่ณาเรือ คิดเป็นพื้นที่ 25,833.70 ไร่ ตำบลบ้านต้า คิดเป็นพื้นที่ 23,129.67 ไร่ และตำบลศรีถ้อย คิดเป็นพื้นที่ 21,373.13 ไร่

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ท่อ PVC (30 เซนติเมตร)
2. แบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม
3. อุปกรณ์เครื่องเขียน
4. จอบและเสียม
5. เทปวัดระยะ
6. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์

วิธีการ



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดวิธีการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษา

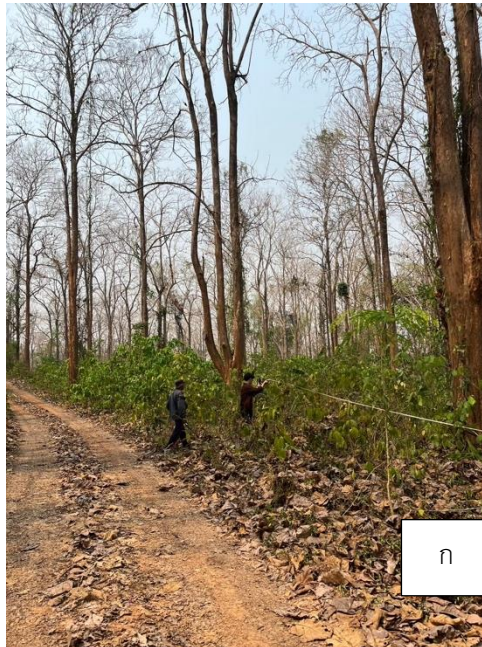
การศึกษาทดลองในครั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูลที่ สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง โดยที่ดินในช่วงแรก (พ.ศ. 2511-2534) เป็นสวนป่าไม้สักเป็นส่วนมาก คือ 14,927.99 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 89.66 และมีพื้นที่บางส่วนใช้ทำการเกษตร 228.28 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 1.37 รูปแบบการใช้ที่ดินในช่วงที่สอง (พ.ศ. 2535-2543) มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่สวนป่า โดยยังคงพอเหลือลักษณะการใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตรประมาณ 145.24 ไร่ หรือร้อยละ 0.87 และมีพื้นที่ที่เป็นป่าเบญจพรรณลดลงบางส่วนโดยลดลงคิดเป็นร้อยละ 3.19 ส่วนพัฒนาการในช่วงที่สาม (พ.ศ. 2544-2549) พบว่า การใช้ที่ดินในพื้นที่ส่วนมากยังคงเป็นสวนป่า มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณไปเป็นพื้นที่สวนป่าคิดเป็นร้อยละ 0.68 และพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ โดยที่ไม่พบการใช้ที่ดินประเภทนา หรือการพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรอื่น ๆ พื้นที่ป่าธรรมชาติพบได้น้อยมาก และในช่วงนี้การใช้ที่ดินลักษณะเขตชุมชนและสถานที่ราชการเพิ่มขึ้น โดยการเลือกพื้นที่ในการเก็บข้อมูลจะเห็นได้ว่าสวนป่าทุ่งเกวียน มีการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน จึงทำการวางแผนสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่มีการทำไม้ที่แตกต่างกัน แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามมาเพื่อวิเคราะห์อัตราการสูญเสียหน้าดิน

2. วิธีการเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเลือกพื้นที่และความลาดชันในการวางแผนศึกษา บริเวณขอบเขตพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกไม้ทางเศรษฐกิจเพื่อส่งออกโดยเฉพาะไม้สัก ทั้ง 3 พื้นที่ มีอายุประมาณ 15-20 ปี ทั้ง 3 พื้นที่มีวัชพืชต่างๆกระจายทั่วพื้นที่อย่างหนาแน่น

2.1 การสำรวจพื้นที่ ทำการสำรวจพื้นที่ก่อนที่จะวางแผนศึกษาในพื้นที่บริเวณสวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง โดยพิจารณาพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมก่อนหรือหลังทำไม้ที่แตกต่างกันออกไปของทั้ง 3 พื้นที่ของการทำไม้

2.2 การวางแผนศึกษา โดยการทำตัดท่อ pvc ให้มีความยาว 30 เซนติเมตร จากนั้นทำการวางแผนศึกษาบริเวณที่มีการทำไม้ จำนวน 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 2 แปลงตัวอย่าง ขนาดแปลงตัวอย่างเท่ากับ 1×100 เมตร จากนั้นทำการขุดหลุมเพื่อปักท่อ pvc ในแต่ละแปลงลงไป 20 เซนติเมตร โดยความกว้างวางท่อ pvc ห่างกันอย่างละ 20 เซนติเมตร ส่วนความยาววางท่อ pvc ห่างกันอย่างละ 20 เมตร รวม 3 พื้นที่ทั้งสิ้น 120 หลุม แล้วทำการจดบันทึกเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์



ภาพที่ 5 สำรวจพื้นที่ (ก. สำรวจพื้นที่แปลงทำงาน) (ข. การวางแปลงตัวอย่างขนาด 1×100 เมตร)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของเนื้อดิน

3.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการสูญเสียหน้าดิน ในพื้นที่ก่อนการทำไม้และช่วงที่มีการทำไม้ไปแล้วเพื่อดูความแตกต่างของชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดิน

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดินที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ โดยการวางแผนสำรวจทั้งหมด 3 พื้นที่โดยแต่ละพื้นที่จะวางแผนสำรวจในพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน ของสวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง ได้ผลการศึกษาต่อไปนี้

สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง

1. ลักษณะของดิน

จากการศึกษาลักษณะของดินเบื้องต้นในสวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง บริเวณสวนสักแปลงปี 51/17 แปลงปี 47/11 และแปลงปี 66/26 ทำให้ทราบว่าดินในแต่ละพื้นที่มีลักษณะที่แตกต่างกันโดยในแปลงปี 51/17 ดินในพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชันมีลักษณะที่เป็นดินร่วน (loam) คือ เมื่อสัมผัสผิวดินขึ้นจะนุ่มมือ แต่ยังรู้สึกซากมืออยู่บ้างเล็กน้อยซึ่งเป็นลักษณะของทรายละเอียด เมื่อแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ต้องใช้แรงกดมากขึ้นจึงจะทำให้ดินแตกออกจากกัน ในแปลงปี 47/11 และแปลงปี 66/26 ดินในพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชันมีลักษณะที่เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) คือ เมื่อสัมผัสผิวดินจะรู้สึกซากมือ แต่มีความนิ่มกว่าทรายปนดินร่วนดินเมื่อแห้งจะจับกันเป็นก้อนหลวมๆ แต่พอใช้แรงกดเบาๆจะแตกออกจากกัน เมื่อทำให้ดินขึ้นแล้วใส่ลงในฝ่ามือและกดให้แน่น แล้วปล่อยมือออก ดินจะยังคงสภาพเป็นก้อนๆอยู่

2. รูปแบบการทำไม้

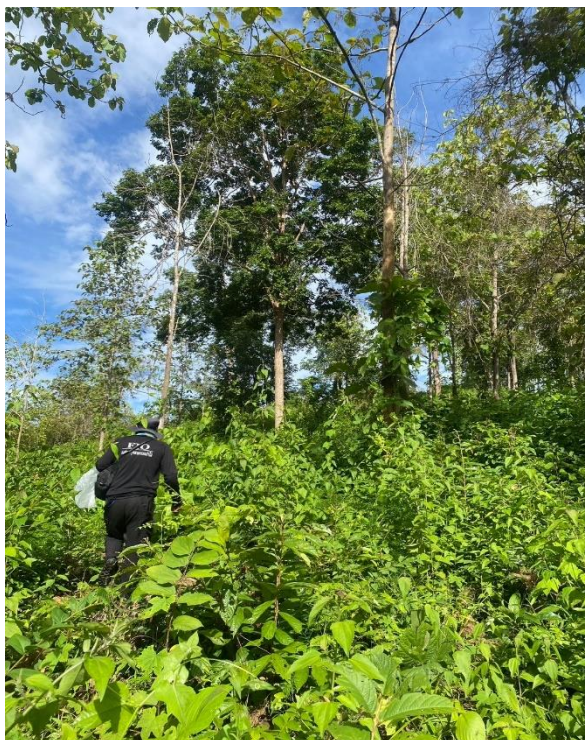
โดยรูปแบบการทำไม้ในแต่ละแปลงที่ได้มีการไปเก็บข้อมูล จะมีรูปแบบการทำไม้ที่แตกต่างกันโดยใน สวนสักแปลงปี 51/17 เป็นการทำไม้ครั้งที่ 1 (First Thinning) และในสวนสักแปลงปี 47/11 เป็นการทำไม้ครั้งที่ 2 (Second Thinning) โดยทั้ง 2 พื้นที่เป็นการทำไม้แบบเลือกตัดเหมือนกัน โดยลักษณะแปลงทำไม้ในพื้นที่มีทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชันสูง ดังนั้นทำให้ในแปลงยังคงมีไม้สักที่ยังคงอยู่ในแปลงเป็นจำนวนมาก แตกต่างจากสวนสักแปลงปี 66/26 ที่ไม่มีการทำไม้เลย เนื่องจากเป็นแปลงสักแม่พันธุ์

3. ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดิน

จากการศึกษาตลอดระยะเวลาตั้งแต่เดือนเมษายน-มิถุนายน เป็นระยะเวลา 3 เดือนทำให้ทราบว่า การทำไม้ที่ 1 และ การทำไม้ 2 ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม ของการเก็บข้อมูลยังไม่ค่อยพบเห็นวัชพืช เศษไม้ปลายไม้ และใบไม้ มากนักสังเกตได้จาก (ภาพที่ 5) ที่ยังเห็น ท่อ PVC โผล่มาให้เห็นแบบชัดเจนแตกต่างจากช่วงเดือนมิถุนายน ที่ไม่เห็นท่อ PVC โผล่ขึ้นมาแบบชัดเจน (ภาพที่ 6) ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้เป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมอยู่เป็นจำนวนมากโดยส่วนใหญ่จะเป็นใบของต้นสัก และวัชพืชอยู่เป็นจำนวนมากสังเกตได้จาก (ภาพที่ 7) ทั้งนี้ทำให้เราทราบว่าพื้นที่ที่อยู่ในช่วงของการทำไม้จะยังคงไม่มีสิ่งปกคลุมดินที่มากนักเนื่องจากพื้นที่มีการใช้งานเครื่องจักรกลและการชักลากไม้ ด้วยซ้ำทำให้ถึงจะมีวัชพืชขึ้นมาก็อาจจะโดนข้างกินหรือโดนเครื่องจักรทำลายไปแตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ที่ไม่ได้มีการใช้งานของเครื่องจักรกลและการชักลากไม้



ภาพที่ 6 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่การทำไม้ที่ 1 ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม



ภาพที่ 7 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่การทำไม้ที่ 1 ในช่วงเดือนมิถุนายน



ภาพที่ 8 ชั้นเรือนยอดและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ไม่มีการทำไม้

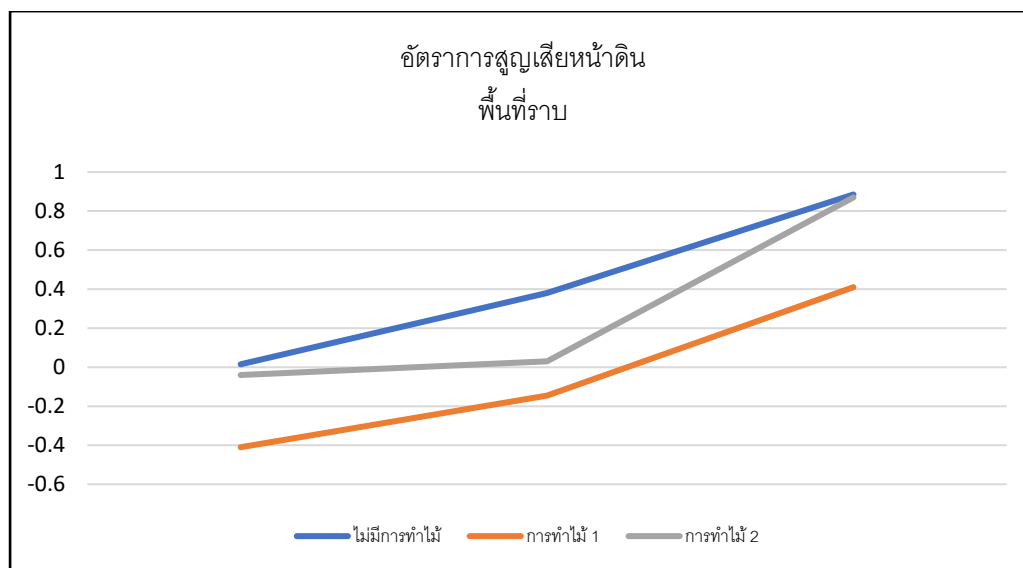
4. อัตราการสูญเสียหน้าดิน

การศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดิน ในพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ช่วงเดือนเมษายน-กรกฎาคม โดยการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 พื้นที่ โดยการวางแปลงสำรวจขนาด 1×100 เมตร บริเวณพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน (ความลาดชันของพื้นที่จากพื้นดินไม่เกิน 20-45 องศาและพื้นที่ราบไม่เกิน 0-20 องศา) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้แตกต่างกันไป และจากการเก็บข้อมูลอัตราการสูญเสียหน้าดิน จำนวน 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 2 แปลงตัวอย่างทำให้ทราบค่าอัตราการสูญเสียหน้าดินที่แตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบ

พื้นที่	วัดครั้งที่ 1 (cm)	วัดครั้งที่ 2 (cm)	วัดครั้งที่ 3 (cm)	ค่าเฉลี่ย (cm)
ไม่มีการทำไม้	0.015	0.380	0.885	0.427
การทำไม้ 1	-0.425	-0.525	-0.475	-0.475
การทำไม้ 2	0.370	0.175	0.460	0.335

จากผลการศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบพบว่า ในช่วงไม่มีการทำไม้ การทำไม้ 1 และ การทำไม้ 2 มีค่าเฉลี่ยรวมกันของทั้ง 3 ครั้ง คือ 0.427 , -0.475 และ 0.335 เซนติเมตร แสดงว่าในพื้นที่ไม่มีการทำไม้ และการทำไม้ 2 มีการเพิ่มพูนของหน้าดิน ส่วนพื้นที่การทำไม้ 1 มีอัตราการสูญเสียหน้าดิน เพราะอาจจะเกิดจากลักษณะของพื้นที่การทำไม้ 1 ที่พื้นที่การทำไม้ไปติดกับพื้นที่ของศูนย์อนุรักษ์ช้างไทยทำให้มีช้างที่ศูนย์อนุรักษ์ช้างไทยรับเลี้ยงเดินผ่านเส้นทางการทำไม้ 1 ผ่นวกกับช่วงที่ไปเก็บข้อมูลเป็นช่วงที่การทำไม้ 1 ได้มีการทำไม้ที่เสร็จสิ้นไปแล้วทำให้มีการชนเครื่องจักรและไม่ออกไปรวมกันที่หมอนไม้



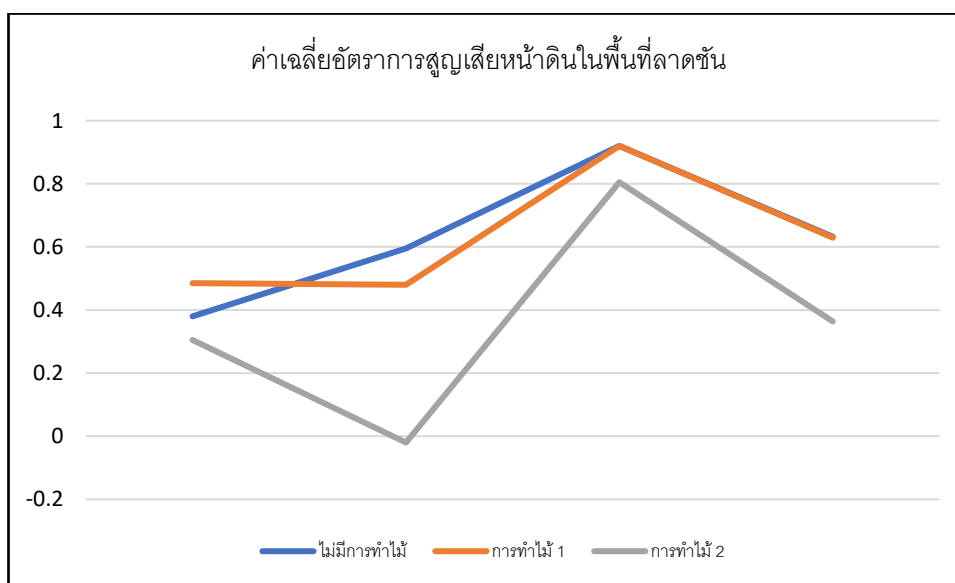
ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบ

จากกราฟสรุปได้ว่าอัตราการสูญเสียหน้าดินพื้นที่ราบ บริเวณพื้นที่การทำไม้ 1 มีอัตราการสูญเสียหน้าดินที่มากที่สุดเนื่องจากในพื้นที่มีการทำกิจกรรมการทำไม้ ด้วยการชักลากด้วยช้างไปแล้ว จึงทำให้ดินเกิดการแตกตัว บวกกับช่วงที่เป็นเก็บข้อมูลมีฝนตกในช่วงพฤษภาคม-มิถุนายน ทำให้ดินเกิดการชะล้าง พังทลายของหน้าดิน จึงเป็นผลให้ในพื้นที่การทำไม้ที่ 1 มีอัตราการสูญเสียหน้าดินมากกว่า พื้นที่การทำไม้ 2 และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ ทั้งนี้อาจเกิดจากตัวแปรของสภาพอากาศที่เป็นปัจจัยในการส่งผลต่ออัตราการเพิ่มลดลงของหน้าดิน และขึ้นอยู่กับการทำไม้ของแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน

พื้นที่	วัดครั้งที่ 1 (cm)	วัดครั้งที่ 2 (cm)	วัดครั้งที่ 3 (cm)	ค่าเฉลี่ย (cm)
ไม่มีการทำไม้	0.380	0.595	0.920	0.632
การทำไม้ 1	0.105	-0.115	0	-0.003
การทำไม้ 2	-0.180	-0.500	-0.115	-0.265

จากผลการศึกษาอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันพบว่า ในช่วงไม่มีการทำไม้ การทำไม้ 1 และการทำไม้ 2 มีค่าเฉลี่ยรวมกันของทั้ง 3 ครั้ง คือ 0.632 , -0.003 และ -0.265 เซนติเมตร แสดงว่าในพื้นที่ทำไม้ 1 และการทำไม้ 2 มีอัตราการสูญเสียหน้าดิน ส่วนพื้นที่ไม่มีการทำไม้ มีอัตราการเพิ่มพูนของหน้าดิน เพราะอาจจะเกิดจากลักษณะของพื้นที่การทำไม้ 1 และการทำไม้ 2 เป็นพื้นที่กำลังมีการทำไม้ทำให้มีข้างและเครื่องจักรทำงานอยู่บนพื้นที่ลาดชัน อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ลาดชันทำให้เวลามีฝนตกก็อาจจะเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินที่มากกว่าพื้นที่ราบ



ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน

จากกราฟสรุปได้ว่าอัตราการสูญเสียหน้าดินพื้นที่ลาดชัน บริเวณพื้นที่การทำไม้ 1 และการทำไม้ 2 มีอัตราการสูญเสียหน้าดินที่มากที่สุดเนื่องจากในพื้นที่มีการทำกิจกรรมการทำไม้ ด้วยการชักลากด้วยช้างไป เนื่องจากความลาดชันของพื้นที่จากพื้นดินไม่เกิน 20-45 องศาบวกกับช่วงที่เป็นเก็บข้อมูลมีฝนตกในช่วงพฤษภาคม-มิถุนายน ทำให้ดินเกิดการชะล้าง พังทลายของหน้าดิน จึงเป็นผลให้ในพื้นที่การทำไม้ที่ 1 และการทำไม้ 2 มีอัตราการสูญเสียหน้าดินมากกว่า พื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ ทั้งนี้ อาจเกิดจากตัวแปรของสภาพอากาศที่เป็นปัจจัยในการส่งผลต่ออัตราการเพิ่มลดลงของหน้าดินและขึ้นอยู่กับการทำไม้ของแต่ละพื้นที่

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อพื้นที่ที่มีความลาดชันมากน้อยเพียงใดย่อมมีการสูญเสียหน้าดิน และการเพิ่มพูนของหน้าดินหลากหลายรูปแบบ ซึ่งความลาดชันนั้นจะสัมพันธ์กับน้ำไหลบ่าหน้าดิน การพัดพาตะกอน และชั้นเรื้อดยอดสิ่งปกคลุมดิน ตามความลาดชันมีหลายรูปแบบ จะมีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของดินแตกต่างกันไป คือ ความลาดชันของพื้นที่ ถ้าความลาดชันในพื้นที่มากจะทำให้มีการสูญเสียดินมากขึ้นด้วย ทั้งนี้สิ่งปกคลุมดินก็มีส่วนช่วยในการชะลอของน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ด้วย จากงานวิจัยในพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่การทำไม้ แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 2 แปลง ตัวอย่างคือพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน ทำให้ทราบว่าไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ราบหรือลาดชันย่อมมีการสูญเสียหน้าดิน โดยดูค่าเฉลี่ยทำให้ทราบว่าพื้นที่ลาดชันอัตราการสูญเสียหน้าดินมากกว่าพื้นที่ราบ ทั้งนี้อาจจะเกิดมาจากการทำไม้ของพื้นที่กับความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดินก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ในทางป่าไม้ ในแต่ละพื้นที่นั้นๆ

อิทธิพลของฝนและลมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดิน เพราะแรง ตกกระทบของเม็ดฝนที่ทำให้อนุภาคของดินเกิดแตกแยกออกจากกัน เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการ เคลื่อนย้ายอนุภาคของดินด้วย จากการวิจัยที่ได้ไปสำรวจเก็บข้อมูลพบว่าในช่วงการวัดครั้งที่ 2 มีอัตราการสูญเสียหน้าดินที่มากกว่าในช่วง การวัดครั้งที่ 1 และการวัดครั้งที่ 3 อาจสันนิษฐานได้ว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน พื้นที่สวนตั้งอยู่ใกล้ทางน้ำไหลบ่า อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของตะกอนดินที่พัดมากับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงทำให้ฝนตกลงมาในพื้นที่ของสวนป่าทุ่งเกวียนที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ภูเขา

ลักษณะของดินก็เป็นส่วนสำคัญที่มีผลกระทบที่แตกต่างกันไปตามชนิดและสภาพของดิน ดินบางประเภทสามารถทนทานต่อการกัดเซาะจากน้ำได้ดี ในขณะที่บางประเภทถูกชะล้างหน้าดินได้ง่ายเมื่อมีน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทั้งนี้ลักษณะที่สำคัญที่ส่งผลต่อการแตกต่างของการชะล้างดินขึ้นอยู่กับปัจจัยความสามารถในการซึมผ่านของดิน (Permeability) ความเป็นโครงสร้างของดิน (Soil Structure) เนื้อดิน (Soil Texture) ความชันของพื้นที่ (Slope) และ พืชที่คลุมดิน (Vegetation Cover) ดังนั้นการชะล้างหน้าดินจากน้ำไหลบ่าจะแตกต่างกันตามสภาพของดินและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าอัตราการสูญเสียหน้าดินจากการทำไม้ในพื้นที่สวนป่าทุ่งเกวียน จังหวัดลำปาง โดยการวางแผนสำรวจในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน เพื่อวัดผลกระทบจากพื้นที่ที่มีการทำไม้และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ โดยมีระดับความลาดชันของพื้นที่จากพื้นดิน 20-45 องศา มีการบันทึกค่าข้อมูลตลอดระยะเวลา 3 เดือน พบว่าพื้นที่ที่มีการทำไม้นั้นมีอัตราการสูญเสียหน้าดินที่มากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดว่าพื้นที่ที่มีการทำไม้ย่อมส่งผลกระทบต่ออัตราการสูญเสียหน้าดินไม่ว่าจะเป็นในพื้นที่ราบหรือพื้นที่ลาดชัน แตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ที่ถึงแม้จะมีอัตราการสูญเสียหน้าดินอยู่บ้างแต่ด้วยลักษณะของพื้นที่ที่มีแต่สิ่งปกคลุมดินอยู่เป็นจำนวนมากทำให้ดินมีลักษณะที่แข็งทำให้เกิดการอัดแน่นของดินมากกว่าค่าความอัดแน่นของดินช่วงก่อนการทำไม้ ส่งผลให้อัตราการสูญเสียหน้าดินก็เช่นกันช่วงที่มีการทำไม้มีการสูญเสียหน้าดินที่มากกว่าช่วงที่ไม่มีการทำไม้

จากการศึกษาลักษณะของดินและสิ่งปกคลุมดินพบว่ารูปแบบการทำไม้มีผลสัมพันธ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินด้วยทำให้ในพื้นที่ราบมีลักษณะดินร่วน (Loam) และดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ขณะที่พื้นที่ลาดชันมีดินที่ลักษณะดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) มากกว่า ทั้งนี้อาจจะอยู่ที่ความลาดชันของพื้นที่จากพื้นดิน 20-45 องศา ทำให้มีโอกาสเกิดการชะล้างดินได้ง่ายกว่า ส่วนเรื่องของสิ่งปกคลุมพื้นที่ที่มีการทำไม้มีสิ่งปกคลุมดิน เช่น เศษไม้ ใบไม้ และวัชพืชน้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้ที่มีทั้งวัชพืช เศษไม้ ใบไม้เยอะกว่า ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาไม่ถูกชะล้างและสะสมในดินมากนัก ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินที่น้อยกว่าพื้นที่ที่มีการทำไม้

ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการสูญเสียหน้าดินควรมีการวางแผนการทำไม้ที่ถูกต้องเหมาะสมตามการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสมรรถนะของดิน นำวิธีการอนุรักษ์ดินที่เหมาะสมมาใช้ในพื้นที่ที่มีการทำไม้ และพื้นที่ที่ไม่มีการทำไม้และควรมีการเก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำฝนอยู่เสมอเพื่อมาศึกษาดูปริมาณน้ำฝนที่อาจทำให้เกิดการไหลบ่าหน้าดิน จนทำให้พื้นที่การทำไม้เสียหาย ดังนั้น หากมีการจัดพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับสภาพดินบริเวณสวนป่าทุ่งเกวียน ควรทำการศึกษาทำการตรวจสอบก่อนทำการปลูกไม้สักอยู่เสมอเพื่อช่วยลดอัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่และยังช่วยชะลอน้ำป่าไหลหลากหน้าดินส่งผลกระทบต่อชาวบ้านน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรมีมาตรการป้องกันการสูญเสียหน้าดินโดยการปลูกพืชคลุมดินในพื้นที่ที่มีการทำไม้เพื่อช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำ
- 2.การเลือกใช้วิธีการทำไม้ที่เหมาะสมในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง เช่น การใช้เครื่องมือที่ไม่ทำให้ดินถูกขุดหรือชะล้างมากเกินไป
- 3.ควรมีการวางแผนการทำไม้ที่คำนึงถึงการรักษาสภาพดินในพื้นที่ เพื่อป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2545. การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ ผลวงษ์. 2530. การประเมินการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัดลำปาง โดยใช้สมการ การสูญเสียดินสากล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นพรัตน์ คัตติวาระ. 2564. การทำไม้คือ. แหล่งที่มา:

<https://sites.google.com/view/thai-lumberjack/home>, 6 มีนาคม 2566.

_____. 2564. การขนส่งไม้. แหล่งที่มา:

<https://sites.google.com/view/thai-lumberjack/home>, 6 มีนาคม 2566.

นิวัติ เรืองพานิช. 2539. การอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. ฝ่ายโรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

ปัทมา เพื่อดำ, สมนิมิตร พุกงาม และ วินัส ต่วนเครือ. 2564. ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขามตอนบน. วารสารวนศาสตร์ไทย 40 (1):77-94

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล. 2562. การล้มไม้. แหล่งที่มา:

<https://sites.google.com/view/forest-lab/TimberHarvesting>, 6 มีนาคม 2567.

_____. 2562. การชักลากไม้. แหล่งที่มา:

<https://sites.google.com/view/forest-lab/TimberHarvesting>, 6 มีนาคม 2567.

วัฒนชัย ดำรงหาญวิทย์. 2520. การคาดคะเนปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในจังหวัด
เชียงใหม่ โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัฒนณรงค์ มากพันธ์, อารยา เสียงระฆัง และ กษิดิศ ประโยชน์. 2564. การสูญเสียดินและธาตุอาหาร
ในดินบริเวณเขามหาชัย จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 26(3): 7-13

วิภาพ แพงวังทอง, ภูวนตร พลุดำ และ ชำรง สุวรรณรัตน์. 2564. การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูล
สารสนเทศ ภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินใน
พื้นที่ลุ่มน้ำอิง ตอนบน (พื้นที่รับน้ำฝนของกว๊านพะเยา). วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนา
นวัตกรรมเชิงพื้นที่ 2(3): 70-81

สมยศ กิจคำ. 2529. การอนุรักษ์ดินเพื่อการจัดการลุ่มน้ำบนที่สูง. ม.ป.ท.

เสาวลักษณ์ สระทองเทียน. 2559. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการ การ
สูญเสียดินสากล เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัด
พิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อำนวย คอวนิช. 2524. การทำไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide
to conservation planning. Department of Agriculture, Science and Education
Administration.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 1

ลำดับ	พื้นที่ราบ		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	-0.9	-1.5	-0.8
A2	-0.5	-0.9	0
A3	0	0	-0.5
A4	0.3	-0.5	-0.6
A5	-1	-1	-2
A6	-0.2	-0.2	-0.1
B1	0	-0.3	-0.4
B2	-0.7	-0.5	-1
C1	-0.7	-0.6	-0.1
C2	0	0	0.1
D1	0.6	0.1	0
D2	-0.4	0	0
E1	-1.8	-2.6	-2.8
E2	-0.3	-0.9	-0.7
F1	-0.6	0	0
F2	-0.3	-0.1	0.1
F3	-0.9	-0.4	-0.1
F4	-0.3	-0.1	0
F5	-0.3	-0.5	-0.2
F6	-0.5	-0.5	-0.4
เฉลี่ยทั้งหมด	-0.425	-0.525	-0.475

ตารางผนวกที่ 2 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 1

ลำดับ	พื้นที่ลาดชัน		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	0.1	0.5	0.2
A2	0.2	0.1	0.1
A3	0	-0.2	-0.5
A4	0	-0.7	-0.3
A5	0.1	-0.3	-0.1
A6	0	-1	-0.5
B1	0	-0.5	-0.3
B2	0	0	0.4
C1	0	-0.5	-0.4
C2	0.5	0.3	1
D1	0.5	0.5	0.7
D2	0	0.4	0.6
E1	0	-1	-1.4
E2	0.2	-0.2	1.1
F1	0	-0.6	0
F2	0	-0.1	-0.1
F3	0.3	0	-0.5
F4	0	0	0
F5	0.2	0	0
F6	0	1	0
เฉลี่ยทั้งหมด	0.105	-0.115	0

ตารางผนวกที่ 3 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 2

ลำดับ	พื้นที่ราบ		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	-0.9	-0.7	0
A2	-0.9	-1.6	-1
A3	0	0	0.2
A4	-0.5	-0.4	0
A5	1	0.1	0.3
A6	0	1	0.9
B1	-0.9	-0.2	-0.4
B2	8.6	8.5	8.5
C1	0.4	0.4	0.6
C2	0.5	-0.4	0
D1	-3.5	-2.5	-2
D2	-0.2	-1.4	-0.4
E1	1.2	0.6	1
E2	-0.5	-0.6	-0.2
F1	0	-1.3	-1.4
F2	0.6	0.7	0
F3	0.2	0	1
F4	0.7	0.2	0.3
F5	0.4	0.5	0.8
F6	1.2	0.6	1
เฉลี่ยทั้งหมด	0.370	0.175	-0.460

ตารางผนวกที่ 4 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างการทำไม้ครั้งที่ 2

ลำดับ	พื้นที่ลาดชัน		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	0	-1.5	-1.6
A2	0	-0.7	0
A3	0.5	0.4	0.5
A4	0	0.1	0
A5	0.1	0	1.5
A6	0	-1.7	0
B1	0	0.4	-0.5
B2	0.2	0.4	0.3
C1	0	-0.4	-0.3
C2	-1.2	-2	-0.9
D1	-1	-1	-0.4
D2	-0.7	-0.1	-0.7
E1	-0.9	-0.6	-0.5
E2	0.5	-0.6	-0.1
F1	0.4	-1	-0.8
F2	-0.5	-1	0
F3	-1	-0.7	1
F4	0	-0.2	-0.1
F5	-0.5	-0.2	0
F6	0.5	0.4	0.3
เฉลี่ยทั้งหมด	-0.180	-0.500	-0.115

ตารางผนวกที่ 5 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ราบในแปลงตัวอย่างที่ไม่มีการทำไม้

ลำดับ	พื้นที่ราบ		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	1	2.3	2.5
A2	0	2	2
A3	0	0.7	1.9
A4	0	0.3	0.4
A5	0	0.3	1.6
A6	0	0	0.5
B1	0.4	-1.5	-1
B2	-0.3	0.1	0.7
C1	0.6	0.3	0.5
C2	0	0	0.4
D1	1	1	1.3
D2	0	0.4	1
E1	0	0.5	0.6
E2	0	-0.3	0.3
F1	-1	0	1
F2	0	1.5	1.2
F3	-1	-1.3	0.6
F4	0	0	0.6
F5	0	0.3	1
F6	-0.4	1	0.6
เฉลี่ยทั้งหมด	0.015	0.380	0.885

ตารางผนวกที่ 6 อัตราการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชันในแปลงตัวอย่างการที่ไม่มีการทำไม้

ลำดับ	พื้นที่ลาดชัน		
	ครั้งที่ 1 (cm)	ครั้งที่ 2 (cm)	ครั้งที่ 3 (cm)
A1	0.9	1.6	2
A2	0.8	2.5	2.5
A3	0.8	-0.2	0
A4	0.5	2	2.5
A5	0.8	2	2.1
A6	0.5	1.6	1.7
B1	-0.8	0	0.5
B2	-0.7	-0.7	0
C1	-0.2	-0.3	0
C2	0	-0.2	0
D1	0	0	-0.5
D2	0.8	0.5	1.6
E1	-0.3	-0.5	0
E2	-0.1	0.4	0.5
F1	0	0.7	0.9
F2	0.3	0	0.5
F3	1.5	0	0.5
F4	2	1.8	2.4
F5	1.1	0.5	0.5
F6	-0.3	0.2	0.7
เฉลี่ยทั้งหมด	0.380	0.595	0.920