

บทที่ 4

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

ผลการวิจัย 1 ผลการทดสอบและสาธิตวิธีการปลูกข้าวด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการปรับเปลี่ยนจากพื้นที่ลาดชันเป็นรูปแบบนาขั้นบันได

ผลการวิจัย 1.1 ข้อมูลการชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) ประเมินการสูญเสียดินจากอาหารพืช นำข้อมูลแผนที่การชะล้างพังทลายของดิน ประชุมหารือสร้างความเข้าใจและทดสอบสาธิตปรับเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันให้อยู่ในรูปแบบนาขั้นบันได หรือกระถางนา

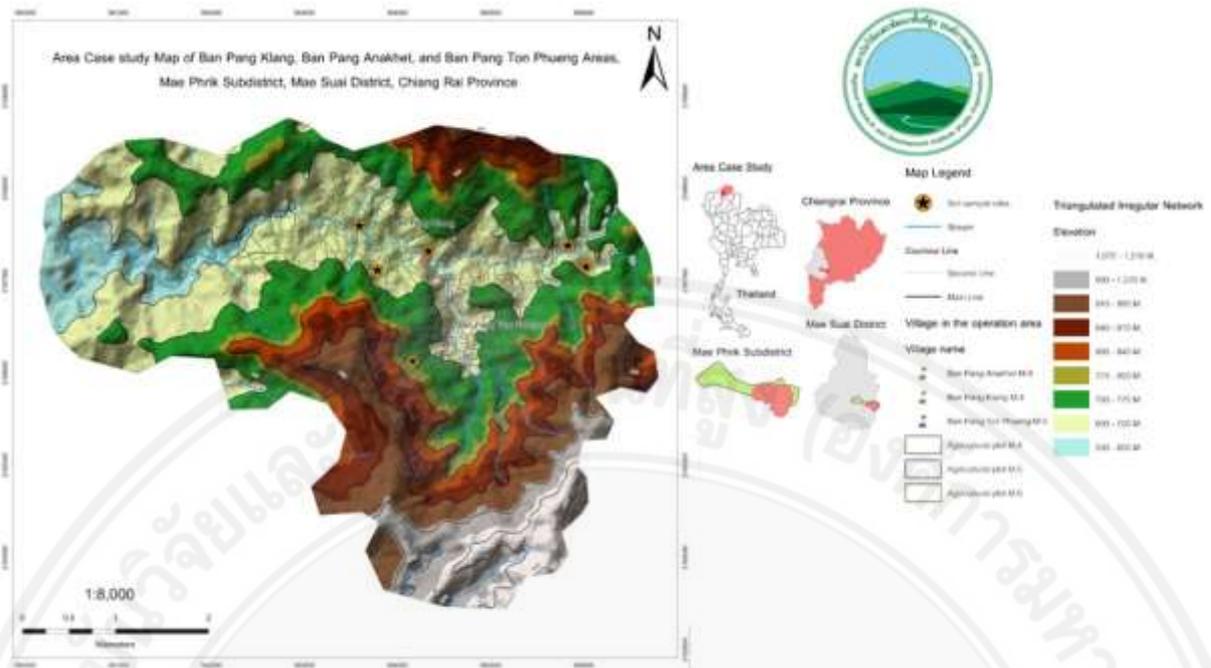
1) ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

■ ข้อมูลบริบทพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี (แม่พริก) อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

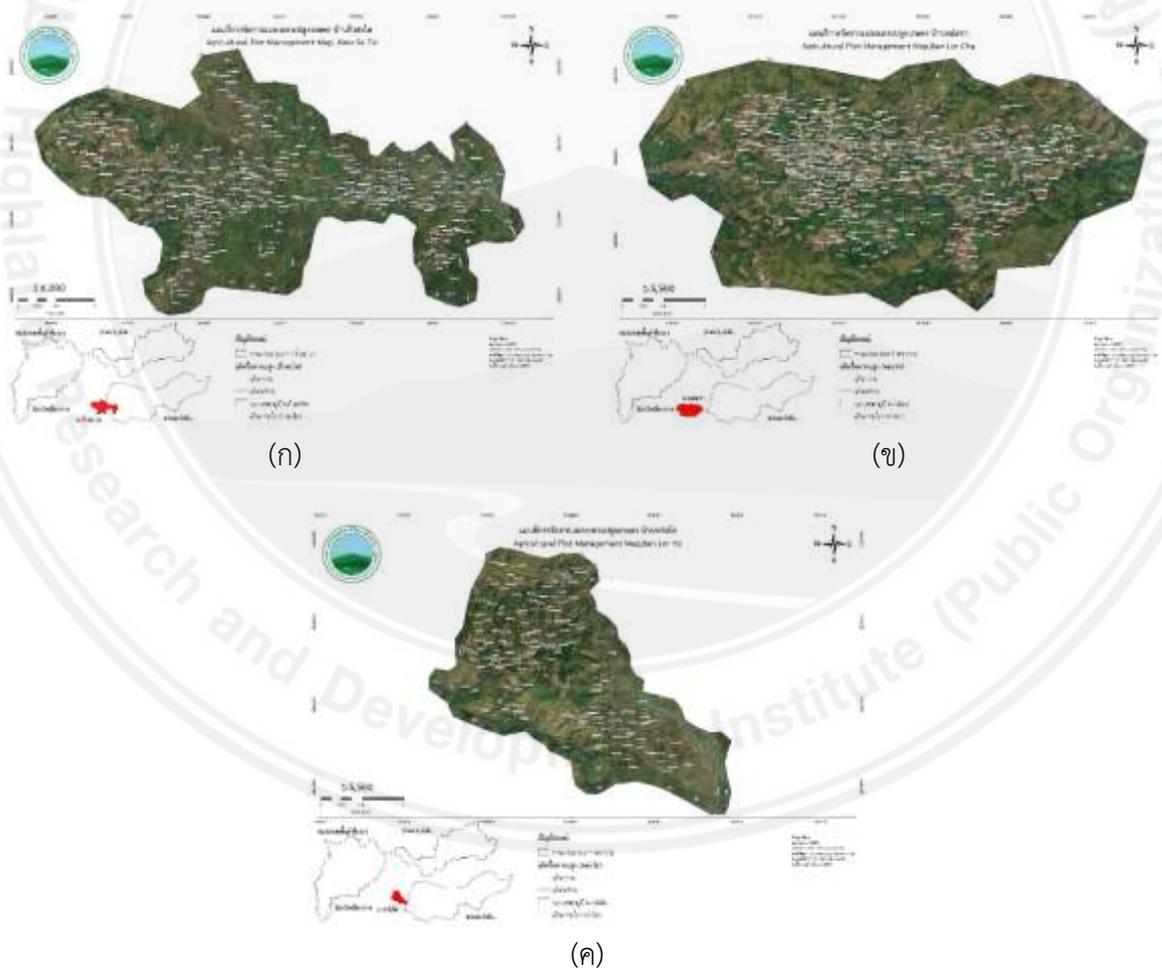
การศึกษาดำเนินการในพื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางอาณาเขต และบ้านปางต้นผึ้ง ตำบลแม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พื้นที่อยู่ภายใต้การดำเนินงานของโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี มีลักษณะภูมินิเวศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน ตั้งอยู่บนดอยที่มีธรรมชาติสวยงาม รวมถึงดอยป่าเมี่ยง ซึ่งเป็นจุดชมวิวยุทธศาสตร์ชั้นที่สวยงาม ความสูงเฉลี่ย 800 – 1,210 เมตรจากระดับน้ำทะเล ความลาดชันเฉลี่ยมากกว่า 35% วิถีชีวิตเป็นการดำเนินชีวิตแบบเกษตรกรรม มีระบบการใช้ที่ดินเป็นสวนเมือง สวนกาแฟ และพืชไร่ขนาดเล็ก พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางเกษตรประมาณ 2,764 ไร่ ประกอบด้วย ข้าวโพด 687 ไร่ ชา 175 ไร่ กาแฟ 150 ไร่ ไม้ผล 200 ไร่ และเกษตรอื่น ๆ 1,552 ไร่ (ภาพที่ 4)

■ ข้อมูลบริบทพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อ.แม่จัน จ.เชียงราย

การศึกษาดำเนินการในพื้นที่บ้านห้วยโย บ้านห้วยชา และบ้านกิวสะโต ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย พื้นที่อยู่ภายใต้การดำเนินงานของโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 600–1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะภูมิประเทศ (Topography) เป็นภูเขาสลับซับซ้อน ภูเขาเตี้ยถึงภูเขาสูงปานกลาง (Undulating–Steep Mountainous Area) มีความลาดชันโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 20–50% มีพื้นที่ราบหรือพื้นที่ราบเชิงเขาพบเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำและหุบเขา อาทิ พื้นที่บ้านห้วยโยและบ้านห้วยชา เป็นจุดสะสมของดินและมีความอุดมสมบูรณ์สูง จึงเหมาะต่อการทำเกษตรกรรมเชิงพาณิชย์ เช่น ปลูกข้าวโพด พืชผักเมืองหนาว หรือไม้ผล สำหรับพื้นที่บริเวณลาดเขาและยอดเขามีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบเกษตรผสมผสานและวนเกษตร (Agroforestry System) เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน สภาพภูมิอากาศอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical Monsoon Climate) มี 3 ฤดูกาลชัดเจน การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) เป็นไปในลักษณะเกษตรบนพื้นที่สูง (Highland Agriculture) มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ชา กาแฟ ข้าวโพด ถั่วแดงหลวง รวมถึงไม้ผลเมืองหนาว เช่น ลิ้นจี่ ลำไย และอาโวคาโด นอกจากนี้ยังมีการทำไร่หมุนเวียนและพื้นที่ป่าธรรมชาติหลงเหลืออยู่บางส่วน โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ลาดชันมากและพื้นที่ต้นน้ำ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของบ้านปางกลาง ปางอาณาเขต และปางตันผึ้ง



ภาพที่ 5 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของและขอบเขตพื้นที่ดินรายแปลงบ้านกิวสะไต (ก) บ้านหล่อชา (ข) และบ้านหล่อโย (ค)

2) ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลหัตถภูมิ (Data Collection and Analysis)

2.1) ข้อมูลวิธีการวิเคราะห์ภูมิประเทศและลักษณะพื้นที่

• ใช้ข้อมูล Digital Elevation Model (DEM) ความละเอียด 12.5 เมตร จาก ALOS PALSAR แผนที่ความสูงภูมิประเทศ (elevation) ซึ่งอยู่ในรูปของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) เตรียมจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงเชิงตัวเลข

• จำแนกระดับความลาดชัน 6 ระดับ ได้แก่ 0–2%, 2–5%, 5–12%, 12–20%, 20–35% และ >35%

• วิเคราะห์เส้นทางน้ำและทิศทางการรับแสงของพื้นที่

• ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินในสภาวะปัจจุบันและอนาคต โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผสานกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แบบจำลองการสูญเสียดิน (Soil loss model) และข้อมูลน้ำฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงการพังทลายของดินในพื้นที่สูงอย่างครอบคลุม

• แบบจำลอง Soil Loss Modeling ใช้วิธีการประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับสมการการสูญเสียดินสากลปรับปรุง (RUSLE) โดยนำปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพังทลายของดิน ได้แก่ ปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (R) ความคงทนของดิน (K) ลักษณะภูมิประเทศ (LS) การจัดการพืช (C) และการปฏิบัติกรอนุรักษ์ดิน (P) รวมถึงข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) มาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อประเมินปริมาณการสูญเสียดินและทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ต่อความเสี่ยงการชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษา

2.2) วิธีการประเมินการชะล้างพังทลายของดิน

คำนวณปริมาณการชะล้างพังทลายของดินตามสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) (USLE) ตามวิธีของ วิชไมเออร์ และสมิธ (Wischmeier and Smith, 1978: 2) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืช เป็นการนำเอาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดิน เช่น ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศ สมรรถนะของดิน พืชพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดิน มาพิจารณาร่วมกัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบราสเตอร์

$$[A = R \times K \times LS \times C \times P] \quad (1)$$

โดยที่

A การสูญเสียดิน (Soil Loss): ปริมาณดินที่สูญเสียต่อหน่วยพื้นที่ ตัน/เฮกแตร์/ปี (หรือ ตัน/ไร่/ปี) ผลลัพธ์จากการคำนวณ โดยใช้ปัจจัย $R \times K \times LS \times C \times P$

R (Rainfall Erosivity Factor): ค่าความรุนแรงของฝน แสดงความสามารถของฝนในการกัดเซาะดิน (เมตร-ตัน/เฮกแตร์/ปี) คำนวณจากข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษา

K (Soil Erodibility Factor): ค่าความไวต่อการชะล้างของดิน (ไม่มีหน่วย) อ้างอิงจากแผนที่ธรณีวิทยา 1:250,000 และผลการสำรวจดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534) โดยอ่านค่าจากตารางตามหน่วยธรณีวิทยา

LS (Slope Length and Steepness Factor): ค่าผลของความยาวและความลาดชันของพื้นที่ (ไม่มีหน่วย) คำนวณจากเส้นชั้นความสูงและจุดระดับบนแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000

C (Cover and Management Factor): ค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการพืช (ไม่มีหน่วย) อ้างอิงจากแผนที่การใช้ที่ดิน ปี 2550 มาตรฐาน 1:25,000

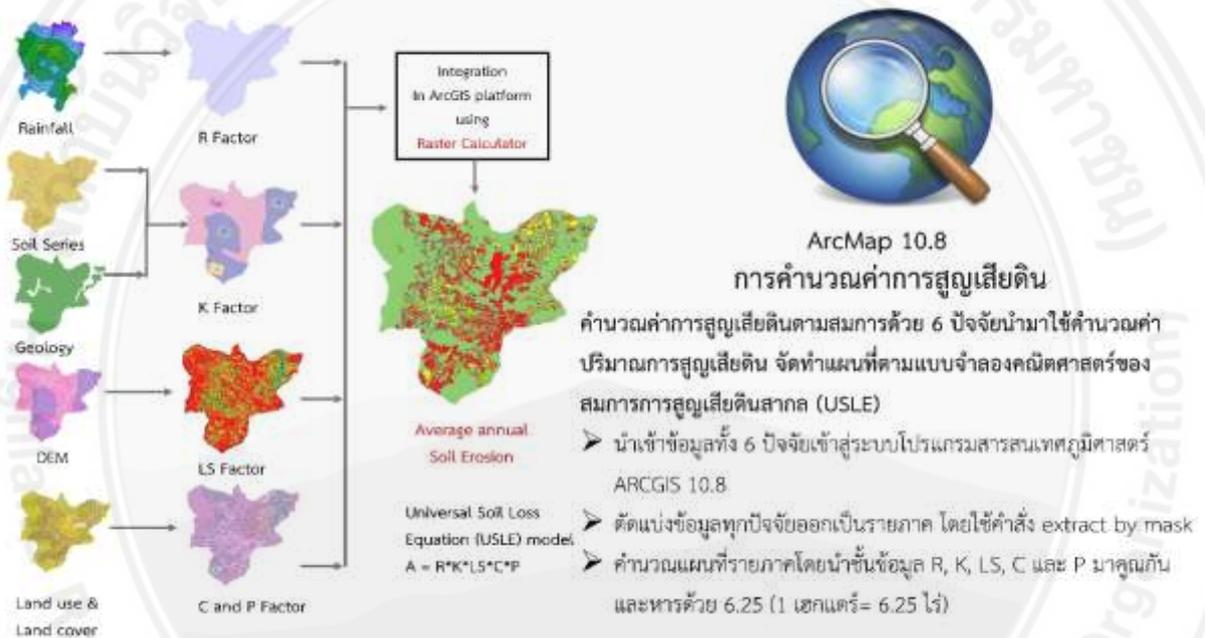
P (Support Practice Factor): ค่าการปฏิบัติอนุรักษ์ดิน (ไม่มีหน่วย) เช่น การปลูกพืชตามแนวระดับ หรือทำขั้นบันได คำนวณจากแผนที่การใช้ที่ดิน ปี 2550 มาตรฐาน 1:25,000

ชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) การจัดระดับชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ และการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำได้จัดระดับชั้นความรุนแรงอัตราการชะล้างพังทลายของดิน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ระดับการชะล้างพังทลาย	อัตราการชะล้างพังทลายของดิน	
	ตันต่อไร่ต่อปี	ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี
1. น้อยมาก (very slight)	0-2	0-12.5
2. น้อย (slight)	2-5	12.5-31.25
3. ปานกลาง (moderate)	5-15	31.25-93.75
4. รุนแรง (severe)	15-20	93.75-125
5. รุนแรงมาก (very severe)	>20	>125

อ้างอิง :กรมพัฒนาที่ดิน, 2543



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงขั้นตอนระเบียบวิธีการของแบบจำลองการพังทลายของดิน (RUSLE Model)

2.3) การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดิน 9 จุดเก็บดินเป็นตัวแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินทางเกษตรในพื้นที่ แต่ละจุดเก็บตามความลึก 2 ระดับ 0-10 และ 10-20 เซนติเมตร วิเคราะห์คุณสมบัติดิน รายการวิเคราะห์ ได้แก่

- pH (Potential of Hydrogen ion) วิเคราะห์ pH meter (ดิน: น้ำ; 1:2)
- Organic Matter, OM (%) วิเคราะห์ Walkly & Black
- Cation Exchange Capacity (CEC, meq/100g) วิเคราะห์ NH₄OAc pH 7/distillation
- Available Phosphorus, P (mg/kg) วิเคราะห์ Bray II Extraction
- Exchangeable Potassium, K (mg/kg) Calcium, Ca (mg/kg) Magnesium, Mg (mg/kg) Sodium, Na (mg/kg) วิเคราะห์ Atomic absorption spectrometer (AAS)
- Soil Bulk Density วิเคราะห์ Core method
- Soil Texture: Sand (%), Silt (%), Clay (%), Type วิเคราะห์ Sieve/hydrometer

2.4) การคำนวณการสูญเสียธาตุอาหารและคำนวณปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ย

การสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลายของดินคำนวณโดยอิงหลักการว่า เมื่อดินถูกพังทลายธาตุอาหารในดินจะสูญเสียไปพร้อมกับดินที่ถูกชะล้าง โดยปริมาณที่สูญเสียขึ้นอยู่กับ ปริมาณดินที่พังทลาย (ตัน/ไร่/ปี) และ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน (N, P, K)

หลักการทั่วไป การสูญเสียธาตุอาหารในดินเกิดจากกระบวนการ การชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion) และการชะล้างทางน้ำ (Runoff leaching) ซึ่งทำให้ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) สูญหายไปจากพื้นที่เพาะปลูก

โดยทั่วไป การคำนวณจะใช้ข้อมูลจากปริมาณดินที่สูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งได้จากแบบจำลอง RUSLE หรือจากข้อมูลการวัดภาคสนาม แล้วนำมาคูณกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน (Nutrient concentration in soil) เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกไป

ขั้นตอนการคำนวณ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560; FAO, 2019; Lal, 1998)

ขั้นตอนที่ 1: หาค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารในดินชั้นบน (0–10 ซม.) ซึ่งเป็นส่วนที่ถูกพังทลายมากที่สุด (เหมาะกับการพังทลายแบบผิวดิน; sheet erosion) ตามแนวทางของ Wischmeier and Smith (1978)

ขั้นตอนที่ 2: แปลงค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารให้อยู่ในหน่วยกิโลกรัมต่อหนึ่งตันดิน

$$N \text{ (kg/tons)} = \%N \times 10$$

$$P \text{ (kg/tons)} = P \text{ (mg/kg)} / 1,000$$

$$K \text{ (kg/tons)} = K \text{ (mg/kg)} / 1,000$$

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณการสูญเสียธาตุอาหาร (FAO, 2019 ; Lal, 1998)

การสูญเสียธาตุอาหาร (kg/ไร่/ปี) = อัตราการพังทลาย (ตัน/ไร่/ปี) × ความเข้มข้นธาตุอาหาร (kg/ตัน)
คำนวณปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเดี่ยวเพื่อประเมินความสูญเสียในรูปปุ๋ยเชิงพาณิชย์ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (FAO, 2019; Pimentel et al., 1995)

- ปุ๋ยยูเรีย (46% N)

$$\text{ปริมาณปุ๋ยยูเรีย (kg)} = N \text{ (ที่สูญเสีย)} \times 100 / 46$$

- ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (18% P₂O₅)

$$\text{แปลงค่าฟอสฟอรัสเป็น : } P_2O_5 = P \times 2.29$$

$$\text{คำนวณปริมาณปุ๋ย: ปริมาณซูเปอร์ฟอสเฟต (kg)} = P_2O_5 \times 100 / 18 = P \times 12.72$$

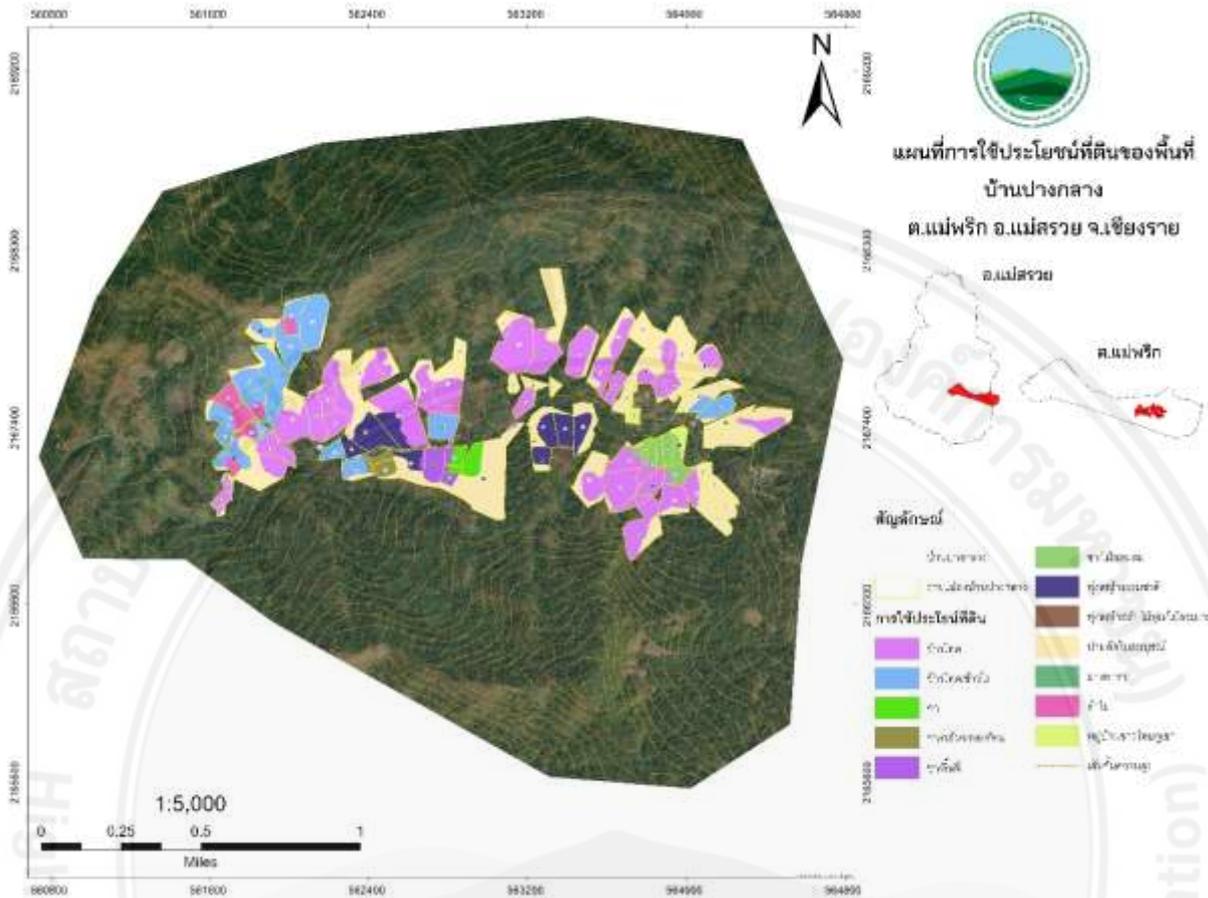
- ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K₂O)

$$\text{แปลงค่าโพแทสเซียมเป็น : } K_2O = K \times 1.20$$

$$\text{คำนวณปริมาณปุ๋ย: ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ (kg)} = K_2O \times 100 / 60 = K \times 2.0$$

การตีความและการประยุกต์ใช้ ผลกระทบทางเศรษฐกิจ: การสูญเสียธาตุอาหารแม้เพียงเล็กน้อยต่อไร่ แต่เมื่อขยายผลทั้งพื้นที่ชุมชนหรือโครงการ (หลายพันไร่) จะมีมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจสูงมาก ส่งผลต่อการจัดการดิน: การสูญเสียดินและธาตุอาหารสัมพันธ์โดยตรงกับความลาดชัน การใช้ที่ดิน และการคลุมดิน พื้นที่ไม่มีพืชคลุมดิน: สูญเสียมากกว่า 2–3 เท่า พื้นที่เกษตรอนุรักษ์ เช่น วนเกษตร หรือพืชคลุมดินถาวร: ลดการสูญเสียได้ >60% การจัดการเชิงปฏิบัติ: เพิ่มอินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ใช้มาตรการอนุรักษ์ เช่น ปลูกพืชคลุมดิน ทำชั้นบนไคดิน ปรับระบบใส่ปุ๋ยให้เหมาะสมกับการสูญเสียแต่ละธาตุ

บริบทพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี (แม่พริก) อ.แม่สรวย จ.เชียงราย



ภาพที่ 7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางกลาง

ตารางที่ 9 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางกลาง

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
ข้าวโพด	341.81
ข้าวโพด/ข้าวไร่	141.87
ชา	14.08
ชา/กล้วย/กระท้อน	9.82
ชา/ไม้ผลผสม	24.94
ชา/ลิ้นจี่	17.63
ทุ่งหญ้าธรรมชาติ	67.73
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ละเมาะ	0.08
ป่าผลัดใบสมบูรณ์	358.96
ยางพารา	0.32
ลำไย	28.36
หมู่บ้านชาวไทยภูเขา	11.14
รวมพื้นที่ทั้งหมด	1016.75

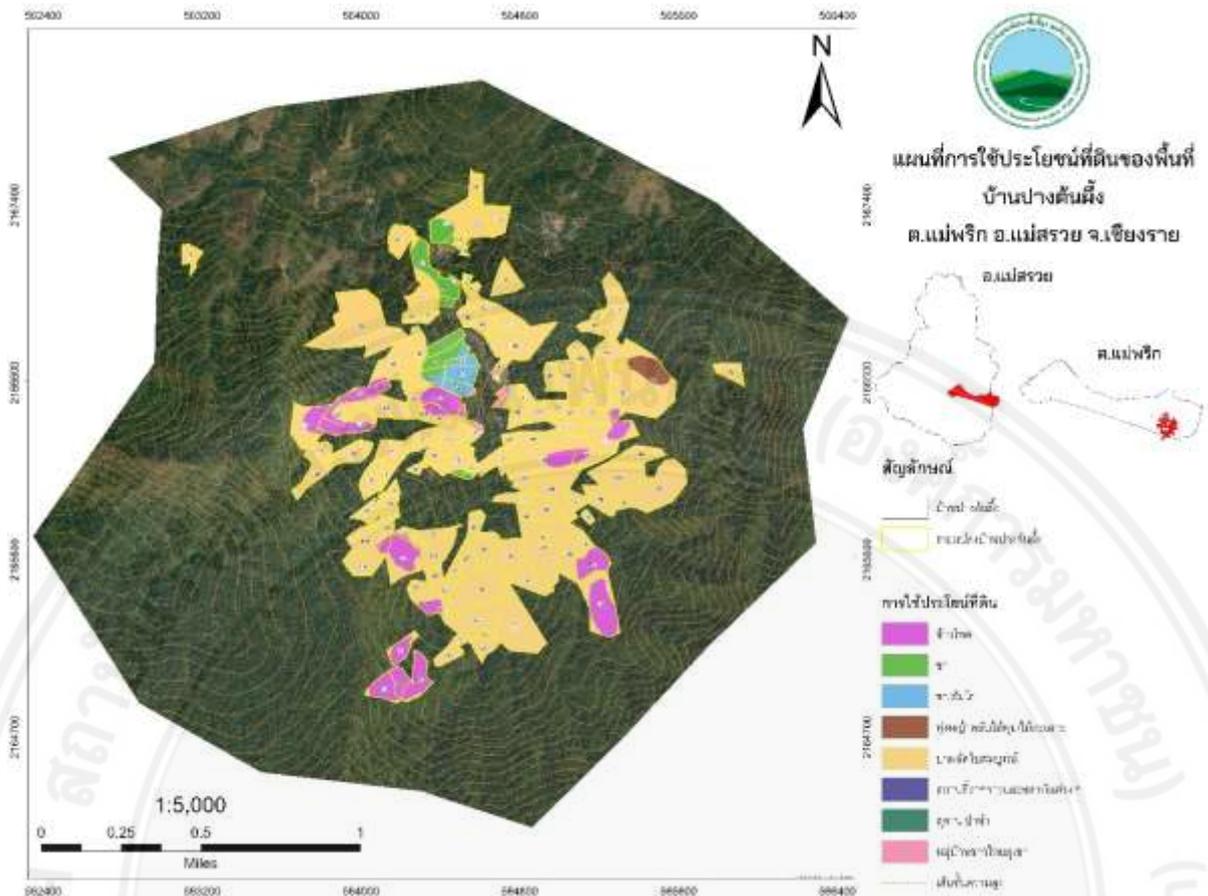
จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านปางกลางรวมทั้งสิ้น 1,016.75 ไร่ มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ความหลากหลายทั้งการปลูกพืชเศรษฐกิจ การปลูกไม้ผล การใช้พื้นที่ธรรมชาติ และการตั้งถิ่นฐาน ผลการสำรวจและการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งต้นน้ำและมีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลของระบบนิเวศในพื้นที่สูง ขณะเดียวกันยังมีพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะข้าวโพดซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ และพื้นที่ปลูกข้าวโพด/ข้าวไร่แบบหมุนเวียนเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดความเสี่ยงด้านความมั่นคงอาหาร นอกจากนี้ยังพบระบบเกษตรผสมผสาน เช่น ชาและไม้ผล ซึ่งสะท้อนถึงการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อเพิ่มความหลากหลายทางรายได้ พื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติ (67.73 ไร่) และทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ละเมาะมีบทบาทเป็นแหล่งอาหารปศุสัตว์และสนับสนุนระบบนิเวศท้องถิ่น ส่วนพื้นที่ตั้งถิ่นฐาน เช่น หมู่บ้านชาวไทยภูเขา (11.14 ไร่) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางกิจกรรมชุมชนและเชื่อมโยงกับระบบการเกษตรโดยรอบอย่างใกล้ชิด

อย่างไรก็ตาม แม้พื้นที่ส่วนหนึ่งยังคงมีสภาพป่าที่สมบูรณ์และสนับสนุนความมั่นคงของระบบนิเวศ แต่การที่พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมีสัดส่วนค่อนข้างสูงอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินและการเสื่อมโทรมของพื้นที่ หากขาดการจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสม ดังนั้น การทำความเข้าใจรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับกำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่สูงต่อไป

แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกชา/ไม้ผลผสม และชา/ลิ้นจี่ เป็นสัญญาณเชิงบวกของการปรับเปลี่ยนไปสู่ระบบเกษตรผสมผสาน (Mixed Farming System) ซึ่งช่วยเสริมความยั่งยืนทั้งด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ระบบการปลูกพืชหลายชนิดในพื้นที่เดียวกันสามารถลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ กระจายรายได้ต่อเนื่องตลอดปี ช่วยรักษาความชุ่มชื้นของดิน และส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในขณะเดียวกัน การคงอยู่ของพื้นที่ทุ่งหญ้าและไม้พุ่มธรรมชาติยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของภูมิทัศน์เกษตรและระบบนิเวศ ซึ่งมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่สนับสนุนเกษตรเชิงนิเวศ (Agro-Ecological Farming) รวมถึงการจัดการพื้นที่ต้นน้ำอย่างยั่งยืนในอนาคต

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาสะท้อนถึงความสมดุลระหว่างระบบนิเวศธรรมชาติกับระบบเกษตรกรรม การอนุรักษ์พื้นที่ป่าร่วมกับการขยายพื้นที่เกษตรผสมผสานถือเป็นแนวทางสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืนและเหมาะสมกับบริบทพื้นที่สูง หากมีการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีการจัดการพื้นที่และนโยบายอนุรักษ์อย่างต่อเนื่อง จะช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรควบคู่กับการรักษาทรัพยากรธรรมชาติ



ภาพที่ 8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง
ตารางที่ 10 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
ข้าวโพด	139.98
ชา	47.28
ชา/ส้มโอ	21.53
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่ม/ไม้ละเมาะ	12.07
ป่าผลัดใบสมบูรณ์	1,070.94
สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ	0.21
สุสาน ป่าช้า	0.02
หมู่บ้านชาวไทยภูเขา	7.88
รวมพื้นที่ทั้งหมด	1,299.90

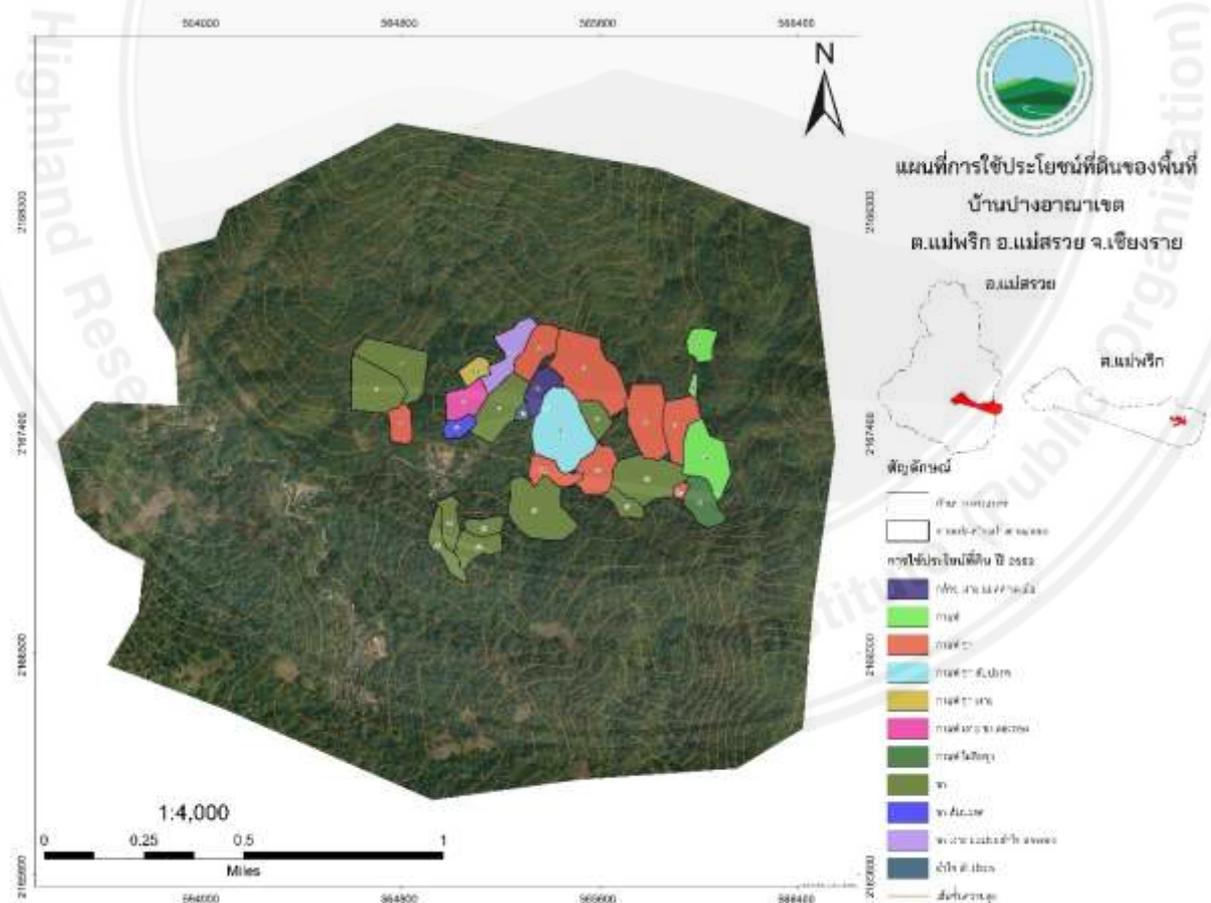
จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง รวมทั้งสิ้น 1,299.90 ไร่ มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งพื้นที่ป่า พื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่ชุมชน ซึ่งจากข้อมูลการใช้ประโยชน์พื้นที่ของชุมชน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็น “ป่าผลัดใบสมบูรณ์” คิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 80% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ยังคงมีสภาพธรรมชาติค่อนข้างสมบูรณ์ เป็นแหล่งต้นน้ำและระบบนิเวศสำคัญของพื้นที่สูง สำหรับพื้นที่อื่นๆ ใช้ประโยชน์ในเชิงเกษตรกรรมโดยเฉพาะปลูกข้าวโพดและชา ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญในด้านรายได้ของเกษตรกรท้องถิ่น ในส่วนของพื้นที่ชา/ส้มโอ แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวของเกษตรกรที่นำระบบการปลูกพืชผสมผสานมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่และรายได้ที่หลากหลายมากขึ้น

ผลการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง พบว่า โครงสร้างการใช้ที่ดินยังคงมีความสมดุลระหว่างพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีพื้นที่ป่าผลัดใบสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งถือว่ามีบทบาทสำคัญในการรักษาความชุ่มชื้น ป้องกันการพังทลายของดิน และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร การคงไว้ซึ่งพื้นที่ป่าในสัดส่วนสูงถือเป็นจุดแข็งสำคัญต่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติของชุมชน

พื้นที่เกษตรที่ปลูกข้าวโพดและชาในสัดส่วนเหมาะสมสะท้อนถึงการทำเกษตรที่ไม่รุกล้ำพื้นที่ป่า อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวโพดเชิงเดี่ยวอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเสื่อมโทรมของดิน การพังทลายของหน้าดิน และผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ จึงควรส่งเสริมแนวทางเกษตรเชิงอนุรักษ์ (Conservation Agriculture) หรือเกษตรผสมผสาน เช่น การปลูกชา/ส้มโอ ซึ่งเป็นตัวอย่างของการปรับระบบเกษตรให้สอดคล้องกับภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมของชุมชน

ในส่วนพื้นที่หมู่บ้านชาวไทยภูเขาในสัดส่วนเล็กน้อยสะท้อนรูปแบบการตั้งถิ่นฐานที่พึ่งพาทรัพยากรธรรมชาติอย่างพอเหมาะ โดยยังคงรักษาสัดส่วนพื้นที่ป่าสูงซึ่งถือเป็นแนวทางการอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับป่าได้อย่างสมดุล ส่วนพื้นที่ราชการและสุสานมีขนาดเล็กมาก จึงไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรวม

กล่าวสรุปได้ว่า พื้นที่บ้านปางต้นผึ้งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สอดคล้องกับการอนุรักษ์ระบบนิเวศ โดยมีป่าเป็นองค์ประกอบหลักควบคู่กับพื้นที่เกษตรที่เน้นพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพดและชา หากมีการวางแผนและจัดการพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ (Landform-Based Management) จะสามารถสร้างสมดุลระหว่างการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการผลิตทางการเกษตร



ภาพที่ 9 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางอาณาเขต

ตารางที่ 11 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านปางอาณาเขต

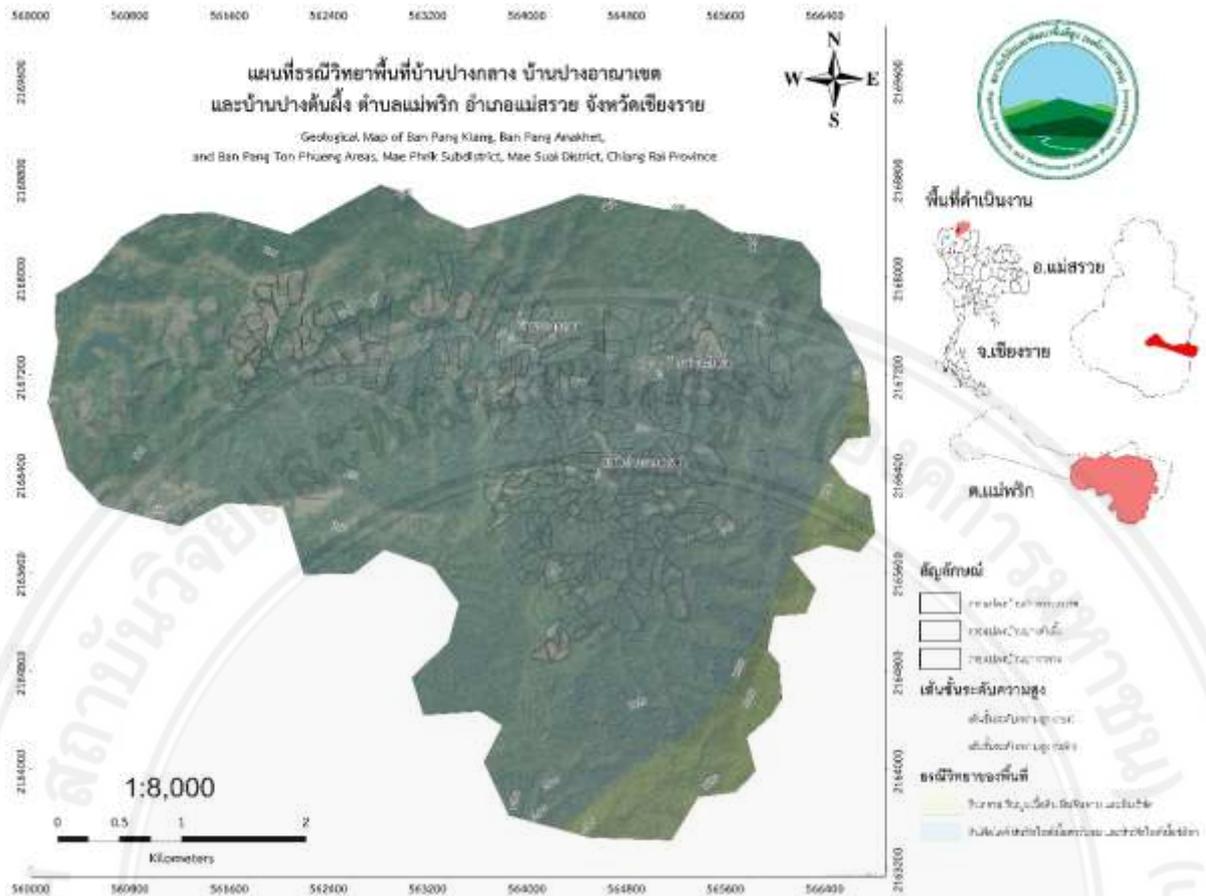
การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กล้วย เงาะ แมคคาเดเมีย	10
กาแฟ	33
กาแฟ เงาะ ชา ลองกอง	11
กาแฟ ชา	128
กาแฟ ชา เงาะ	5
กาแฟ ชา สับปะรด	37
กาแฟ ใฝ่กิมซุง	13
ชา	175
ชา เงาะ มะม่วง ลำไย ลองกอง	16
ชา สับปะรด	5
ลำไย สับปะรด	1
รวมพื้นที่ทั้งหมด	434

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านปางอาณาเขตรวมทั้งหมด 434 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกชา (ทั้งชาเดี่ยวและชาแบบผสม) มากกว่า 300 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด สะท้อนถึงความสำคัญของชาในฐานะพืชเศรษฐกิจหลัก เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเย็นและเหมาะสมต่อการปลูกชา นอกจากนี้ยังพบการปลูกกาแฟทั้งในรูปแบบเดี่ยวและแบบผสมกับพืชอื่น เช่น สับปะรด เงาะ ลองกอง และใฝ่กิมซุง ซึ่งสะท้อนแนวโน้มการทำเกษตรผสมผสาน (Mixed Cropping) ของเกษตรกร เพื่อกระจายความเสี่ยงด้านราคาและเพิ่มรายได้จากพืชหลายชนิดในพื้นที่เดียวกัน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการปลูกชาจะครอบครองพื้นที่มากที่สุด แต่ควรวางแผนจัดการพื้นที่ให้สมดุลระหว่างการผลิตและการอนุรักษ์ เช่น การเว้นพื้นที่บางส่วนเพื่อปลูกไม้ยืนต้นหรือพืชคลุมดิน เพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพในระบบเกษตร นอกจากนี้ การเพิ่มพืชร่วม เช่น สับปะรด เงาะ ลองกอง หรือแมคคาเดเมีย ยังช่วยเพิ่มรายได้และสร้างระบบนิเวศเกษตรที่สมดุล

การปลูกชาและกาแฟร่วมกันถือเป็นระบบเกษตรที่เหมาะสมกับพื้นที่สูง เนื่องจากรากของพืชช่วยยึดเกาะดิน ลดการพังทลาย และเรือนยอดของชาและกาแฟช่วยลดการระเหยของน้ำ เพิ่มความชื้นในอากาศ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชชนิดอื่นในระบบ

กล่าวโดยสรุป การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านปางอาณาเขตโดดเด่นด้วยการทำเกษตรผสมผสานระหว่างพืชเศรษฐกิจหลักกับพืชผลไม้หลากชนิด หากมีการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีการจัดการพื้นที่ การตลาด และนโยบายจากภาครัฐ จะช่วยยกระดับผลผลิตให้มีประสิทธิภาพ พร้อมรักษาสมดุลของระบบนิเวศพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 10 แผนที่ทางธรณีวิทยาและการพัฒนาดินในพื้นที่ศึกษา 3 หมู่บ้าน
ตารางที่ 12 ข้อมูลธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา 3 หมู่บ้าน

SYM BOL	ยุคกำเนิด	คำอธิบาย	ประเภทหิน	พื้นที่ (ไร่)
CP	Carboniferous-Permian	หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต	หินตะกอนและหินแปร	949
SD	Silurian-Devonian	หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา	หินตะกอนและหินแปร	12,881

2.5) ข้อมูลผลทางธรณีวิทยาและการพัฒนาดิน ในพื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางอาณาเขต และบ้านปางตันผึ่ง ตำบลแม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

■ หน่วยหินหลักที่สำคัญ 2 หน่วย ได้แก่

- หน่วยหินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต (Sandstone-Limestone-Shale-Chert Unit; รหัส CP) อายุ: คาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย-เพอร์เมียน (Carboniferous-Permian; 270-310 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต ซึ่งเป็นหินตะกอนเนื้อปานกลางถึงละเอียด ลักษณะทั่วไป: แสดงถึงการสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมทะเลตื้นถึงน้ำลึกปานกลาง มีการเรียงชั้นชัดเจน และบางส่วนผ่านกระบวนการแปรสภาพในระดับต่ำ พื้นที่ครอบคลุม: ประมาณ 949 ไร่
- หน่วยหินฟิลไลต์ (Phyllite Unit; รหัส SD) อายุ: ซิลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian; 443-359 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา

ลิกา ลักษณะทั่วไป: เป็นหินแปรเนื้อแน่น เกิดจากการแปรสภาพของหินดินดานหรือหินทราย ภายใต้แรงดันและอุณหภูมิปานกลาง พบการแยกตัวเป็นชั้นและแนว foliation ชัดเจน สีเทาเข้ม ถึงเทาอมเขียว พื้นที่ครอบคลุม: ประมาณ 12,881 ไร่ ซึ่งเป็นหน่วยหินที่มีการกระจายตัวกว้างที่สุดในพื้นที่ศึกษา

- ผลการประเมินเบื้องต้นพบว่า หน่วยหินฟิลไลต์เป็นหน่วยหินหลักของพื้นที่ โดยผ่านกระบวนการแปรสภาพและผุพัง ทำให้เกิดการพัฒนาดินที่แตกต่างกันตามชนิดของหินฟิลไลต์ ขณะที่ หน่วยหินทราย-หินปูนในกลุ่มหิน CP ทำหน้าที่เป็นหน่วยหินรอง ส่งผลต่อการเกิดดินเชิงพื้นที่ในบางส่วนโดยเฉพาะบริเวณเชิงเขาและพื้นที่ราบตอนล่าง
- การพัฒนาดินในพื้นที่ศึกษาขึ้นอยู่กับชนิดของหินต้นกำเนิด (Parent rock) ลักษณะภูมิประเทศ และกระบวนการผุพังทางเคมี สามารถสรุปลักษณะการพัฒนาดินจากหินแต่ละประเภท ดังนี้

- กลุ่มหินฟิลไลต์ (Phyllite Group): พัฒนาเป็นดินเหนียว-ดินร่วนเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แร่ธาตุเด่น ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม ระบายน้ำค่อนข้างช้า หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน: พัฒนาเป็นดินเหนียวสีเข้ม อุดมสมบูรณ์สูง มีอินทรีย์วัตถุสูง แร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม หินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา: พัฒนาเป็นดินร่วนถึงดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีซิลิกาสูง การระบายน้ำดีแต่ขาดธาตุอาหารหลัก

- กลุ่มหินตะกอนอื่น ๆ (Sedimentary Rock Types)

หินทราย (Sandstone): พัฒนาเป็นดินทรายถึงดินร่วนทราย ระบายน้ำดีมาก ธาตุอาหารพืชต่ำ มีควอตซ์สูง หินปูนเนื้อดิน (Argillaceous Limestone): พัฒนาเป็นดินเหนียว มีค่า pH สูง อุดมสมบูรณ์ดี แร่ธาตุเด่น ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส หินดินดาน (Shale): พัฒนาเป็นดินเหนียวหนัก ระบายน้ำช้า มีโปแตสเซียมและแมกนีเซียมปานกลาง หินเชิร์ต (Chert):

พัฒนาเป็นดินตื้น ดินหิน ความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก มีซิลิกาสูงและธาตุอาหารพืชน้อย การประเมินตามลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ภูเขาและเนินเขาสูง (Highland): การพัฒนาดินช้า เนื่องจากมีการชะล้างพังทลายสูง ดินตื้นและมีหินปน เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่ ไม้ และพืชป่าไม้

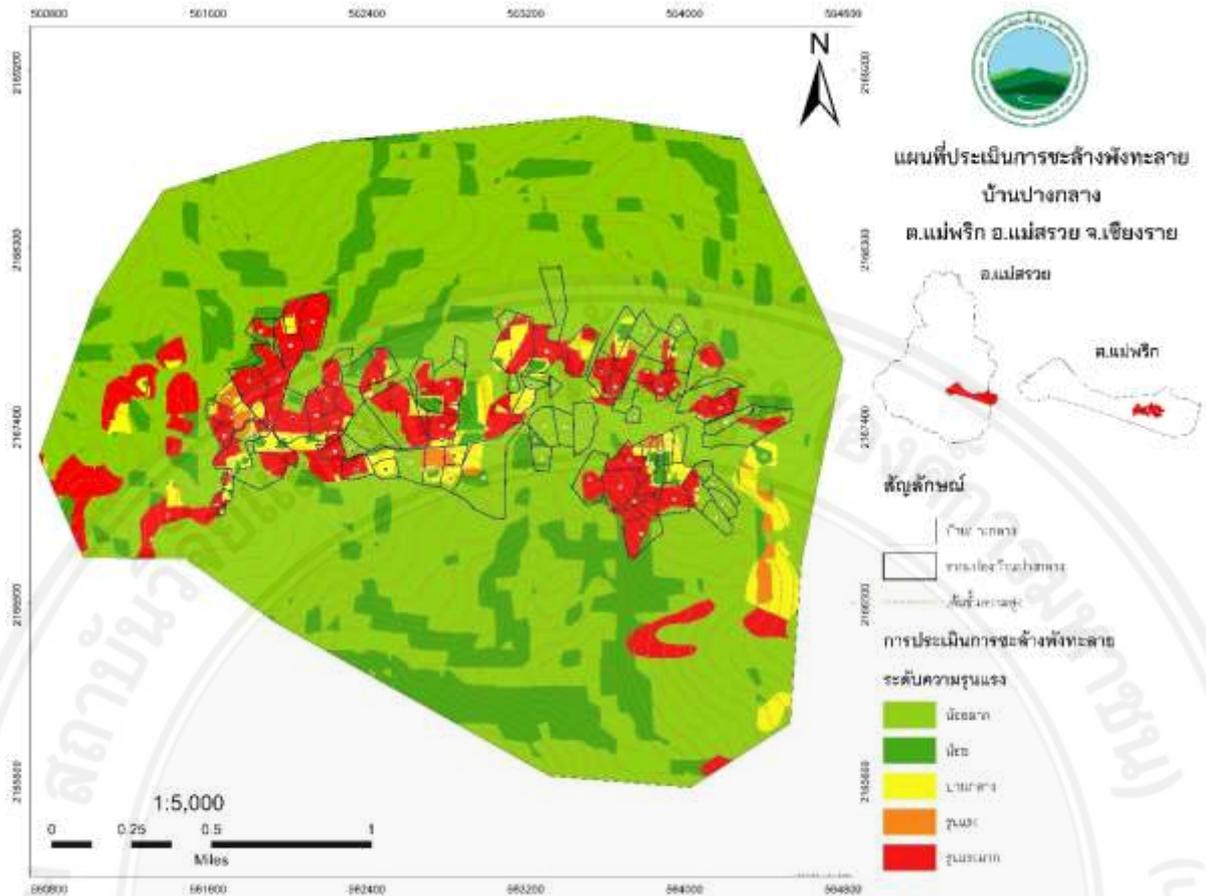
พื้นที่เนินต่ำ (Lower Hills): การพัฒนาดินสมบูรณ์ที่สุด มีสมดุลระหว่างการสลายและการสะสม เหมาะสำหรับปลูกพืชสวน เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และไม้ผล พื้นที่ราบ (Flatlands): ดินหนา มีการสะสมของธาตุอาหารสูง เหมาะสำหรับปลูกข้าว พืชผัก และไร่อ้อย พื้นที่ราบลุ่ม

(Lowland): ดินลึกมาก อุดมสมบูรณ์สูง แต่อาจมีปัญหา น้ำขังเหมาะสำหรับพืชน้ำและข้าวนา

- จากข้อมูลธรณีวิทยาและการพัฒนาดิน พบว่า พื้นที่ศึกษามีศักยภาพทางเกษตรกรรมสูงในพื้นที่หินฟิลไลต์และหินปูน ซึ่งให้ดินที่อุดมสมบูรณ์และเหมาะกับการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด โดยเฉพาะในพื้นที่เนินต่ำและราบ ส่วนพื้นที่หินทรายหรือหินเชิร์ตควรใช้ในกิจกรรมที่มีการชะล้างต่ำ เช่น ปลูกพืชทนแล้งหรือพืชคลุมดินเพื่อลดการพังทลาย

- หน่วยหินฟิลไลต์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง เนื่องจากให้ดินที่มีโครงสร้างเหมาะสมต่อการอุ้มน้ำ แม้ว่าจะมีข้อจำกัดเรื่องการระบายน้ำในบางบริเวณ ขณะที่หน่วยหินทรายและเชิร์ตควรได้รับการจัดการด้วยการปลูกพืชคลุมดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อรักษาความยั่งยืนของพื้นที่เกษตรในระยะยาว

โดยสรุป การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาควรดำเนินการภายใต้แนวทาง “การจัดการพื้นที่ตามลักษณะหินต้นกำเนิดและภูมิประเทศ (Landform-based Land Use Management)” เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม ควบคู่ไปกับการรักษาความยั่งยืนของระบบนิเวศทางดินและน้ำในอนาคต



ภาพที่ 11 แผนที่การวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน พื้นที่บ้านปางกลาง
ตารางที่ 13 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่บ้านปางกลาง

ระดับการชะล้าง พังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสีย โดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	403	40
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	67	7
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	119	12
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	26	3
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	401	39

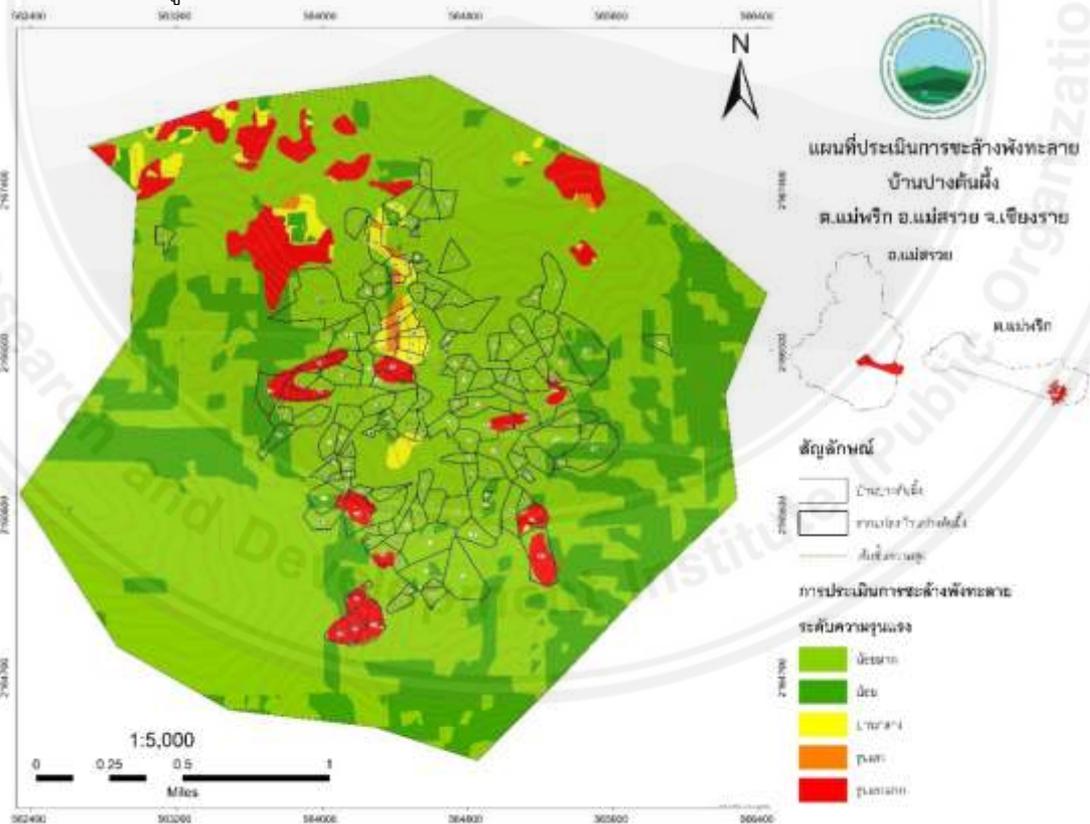
จากตารางที่ 13 พบว่า พื้นที่ศึกษามีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยมากถึงรุนแรงมาก โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ น้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 40 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ ในบริเวณที่ราบและพื้นที่ราบเชิงเขา ที่มีความลาดชันต่ำกว่า 5% ส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินในระดับต่ำและเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรม

ส่วนพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 39 ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่ที่ปลูกไม้ยืนต้น (Perennial Crops) เช่น ยางพารา กาแฟ และไม้ป่าเศรษฐกิจ ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดชันสูงกว่า 35% ทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำฝนและการพัดพาดินออกจากพื้นที่ได้ง่ายขณะที่พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับน้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) และปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) มีสัดส่วนร้อยละ 7 และ 12 ตามลำดับ ซึ่งพบในพื้นที่ไร่หมุนเวียน และพืชสวนที่ตั้งอยู่บนไหล่เขาหรือพื้นที่ลาดชันปานกลาง ซึ่งมีการชะล้างในระดับปานกลางขึ้นอยู่กับการจัดการดิน

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าอัตราการชะล้างพังทลายของดินขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและความลาดชันของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ โดยพื้นที่ที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวหรือขาดพืชคลุมดินในช่วงฤดูฝนมีการสูญเสียดินสูงกว่าพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น แม้พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นบนภูเขาจะมีระบบรากช่วยยึดดิน แต่หากมีการจัดการไม่เหมาะสม เช่น ไถพรวนตามแนวลาดหรือขาดพืชคลุมดิน ก็ยังคงเกิดการพังทลายในระดับสูง ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2566) และ Renard et al. (1997) ซึ่งระบุว่า การเปิดหน้าดินบนพื้นที่ลาดชันเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการสูญเสียดิน ในทางกลับกันพื้นที่นาข้าวและพื้นที่พืชไร่ในเขตรอบลุ่มมีการชะล้างพังทลายน้อยที่สุด เนื่องจากมีน้ำขังและโครงสร้างดินที่ค่อนข้างเสถียร การปรับใช้ระบบพืชหมุนเวียนและการปลูกพืชคลุมดินในพื้นที่ลาดชันจึงเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยลดการสูญเสียดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการพื้นที่ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ควรใช้ระบบวนเกษตร (Agroforestry) ปลูกไม้ยืนต้นร่วมกับพืชคลุมดินสร้างแนวกันน้ำและชั้นบันไดดินเพื่อลดการไหลบ่าของน้ำ พื้นที่ปานกลางถึงรุนแรง (5–20 ตัน/ไร่/ปี) ปรับรูปแบบการเพาะปลูกตามแนวระดับใช้พืชหมุนเวียนหรือปลูกพืชคลุมดินเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุ พื้นที่น้อยถึงน้อยมาก (0–5 ตัน/ไร่/ปี) ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และรักษาสมาดุลของดิน ควบคุมการใช้สารเคมีในพื้นที่ราบ เพื่อรักษาโครงสร้างดิน

โดยสรุป พื้นที่บ้านปางกลางมีระดับการสูญเสียดินตั้งแต่น้อยมากจนถึงรุนแรงมาก พื้นที่ราบและราบเชิงเขามีเสถียรภาพของดินสูงกว่าและเหมาะสมต่อการทำการเกษตรเชิงพาณิชย์ ในขณะที่พื้นที่ภูเขาลาดชันซึ่งใช้ปลูกไม้ยืนต้นมีความเสี่ยงต่อการพังทลายสูง หากไม่มีมาตรการจัดการดินและน้ำที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องดำเนินการอนุรักษ์ดินอย่างเป็นระบบ เพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและสนับสนุนความยั่งยืนของระบบเกษตรในพื้นที่สูง



ภาพที่ 12 แผนที่การวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน พื้นที่บ้านปางตันผึ่ง

ตารางที่ 14 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่บ้านปางต้นผึ้ง

ระดับการชะล้าง พังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสีย โดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	963	74
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	134	10
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	53	4
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	13	1
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	137	11

จากตารางที่ 14 พบว่า พื้นที่บ้านปางต้นผึ้งมีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยถึงรุนแรงมาก พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 74 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ ในเขตพื้นที่ราบและลาดเอียงเล็กน้อย (0-12%) ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับต่ำ เนื่องจากมีการคลุมหน้าดินบางส่วนจากพืชและเศษพืชเหลือทิ้งทางการเกษตร

พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 11 ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น (Perennial Crops) เช่น ยางพารา กาแฟ และไม้ป่าเศรษฐกิจ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่บนพื้นที่ลาดชันสูงกว่า 35% ส่งผลให้อัตราการไหลบ่าของน้ำสูงและการสูญเสียดินอย่างต่อเนื่อง

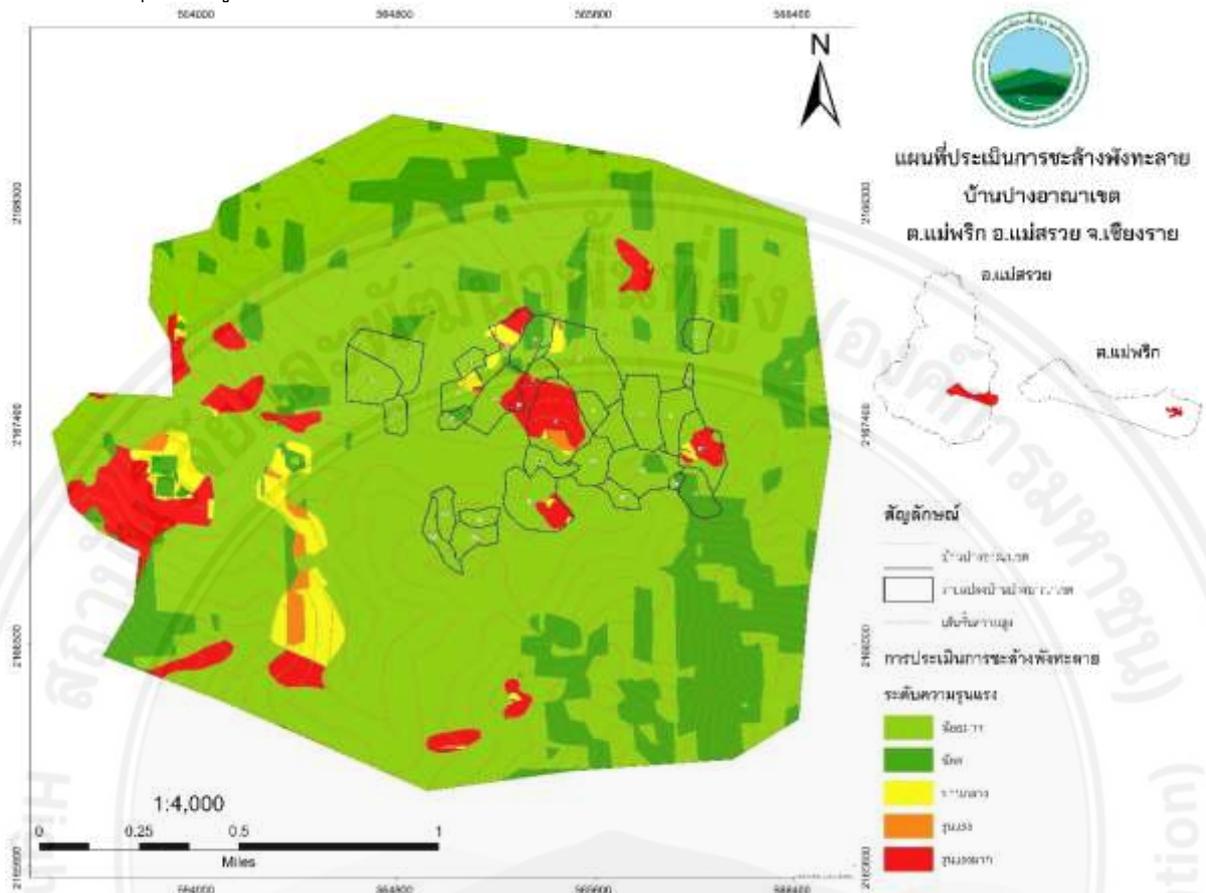
ขณะที่พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับน้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) และปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) มีสัดส่วนร้อยละ 10 และ 4 ตามลำดับ พบในพื้นที่ไร่หมุนเวียน และพืชสวน ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ไหล่เขาและลาดชันปานกลาง การชะล้างดินจึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาการคลุมพืชและการจัดการพื้นที่ในแต่ละฤดูกาล

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านปางต้นผึ้งอยู่ในระดับการชะล้างพังทลายน้อยมากถึงปานกลาง (0-15 ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเกษตรผสมผสานและไร่หมุนเวียนที่มีการคลุมดินด้วยพืชพรรณธรรมชาติในช่วงพักแปลง การคลุมดินด้วยพืชหรือเศษพืชช่วยลดแรงกระแทกของเม็ดฝนและเพิ่มการซึมของน้ำลงในดิน ทำให้อัตราการพังทลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและพืชเศรษฐกิจในเขตภูเขาที่มีความลาดชันมากกว่า 35% ยังคงมีค่าการชะล้างพังทลายสูง เนื่องจากไม่มีพืชคลุมดินหรือแนวกันน้ำระหว่างแถวปลูก การสูญเสียดินในพื้นที่เหล่านี้อาจส่งผลให้ธาตุอาหารในชั้นบนของดินลดลง ความอุดมสมบูรณ์ของดินเสื่อมโทรม และอาจกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในระยะยาว ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Renard et al. (1997) ซึ่งระบุว่าปัจจัยสำคัญที่เพิ่มอัตราการสูญเสียดิน คือ ความลาดชันของพื้นที่ การขาดพืชคลุมดิน และการไถพรวนตามแนวลาด โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลัง

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการพื้นที่ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ควรจัดทำขั้นบันไดดิน (terrace) หรือแนวกันน้ำ ส่งเสริมการปลูกพืชคลุมดิน เช่น ถั่วพราง ถั่วมะแฮะ หรือหญ้าแฝก พัฒนาเป็นระบบวนเกษตร (agroforestry) เพื่อลดการเปิดหน้าดิน พื้นที่รุนแรง-ปานกลาง (5-20 ตัน/ไร่/ปี) ใช้แนวทางอนุรักษ์ดินและน้ำแบบแถบพืช (strip cropping) ปรับแนวร่องน้ำและการไถให้เป็นแนวระดับ ส่งเสริมระบบเกษตรหมุนเวียนหรือพืชสลับแนว พื้นที่น้อยถึงน้อยมาก (0-5 ตัน/ไร่/ปี) ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และการปรับปรุงโครงสร้างดิน ควบคุมการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อรักษาสมดุลของดิน

โดยสรุป พื้นที่บ้านปางต้นผึ้งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อยมากถึงน้อย (0-5 ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการทำการเกษตรอย่างยั่งยืนได้ หากมีการจัดการพื้นที่อย่าง

เหมาะสม พื้นที่ลาดชันสูงควรได้รับการจัดการเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการสูญเสียดินและธาตุอาหาร ซึ่งจะช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว



ภาพที่ 13 แผนที่การวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน ในพื้นที่บ้านปางอาณาเขต
ตารางที่ 15 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่บ้านปางอาณาเขต

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสียโดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	339	76
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	34	8
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	15	3
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	3	1
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	57	13

จากตารางที่ 15 พบว่า พื้นที่บ้านปางอาณาเขตมีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยถึงรุนแรงมาก พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 76 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ (Paddy Field and Field Crop) ที่ตั้งอยู่ในบริเวณราบและลาดเอียงเล็กน้อย (0-12%) ลักษณะการปลูกพืชและโครงสร้างของดินในพื้นที่ดังกล่าวช่วยลดการพังทลายของดินได้ดี

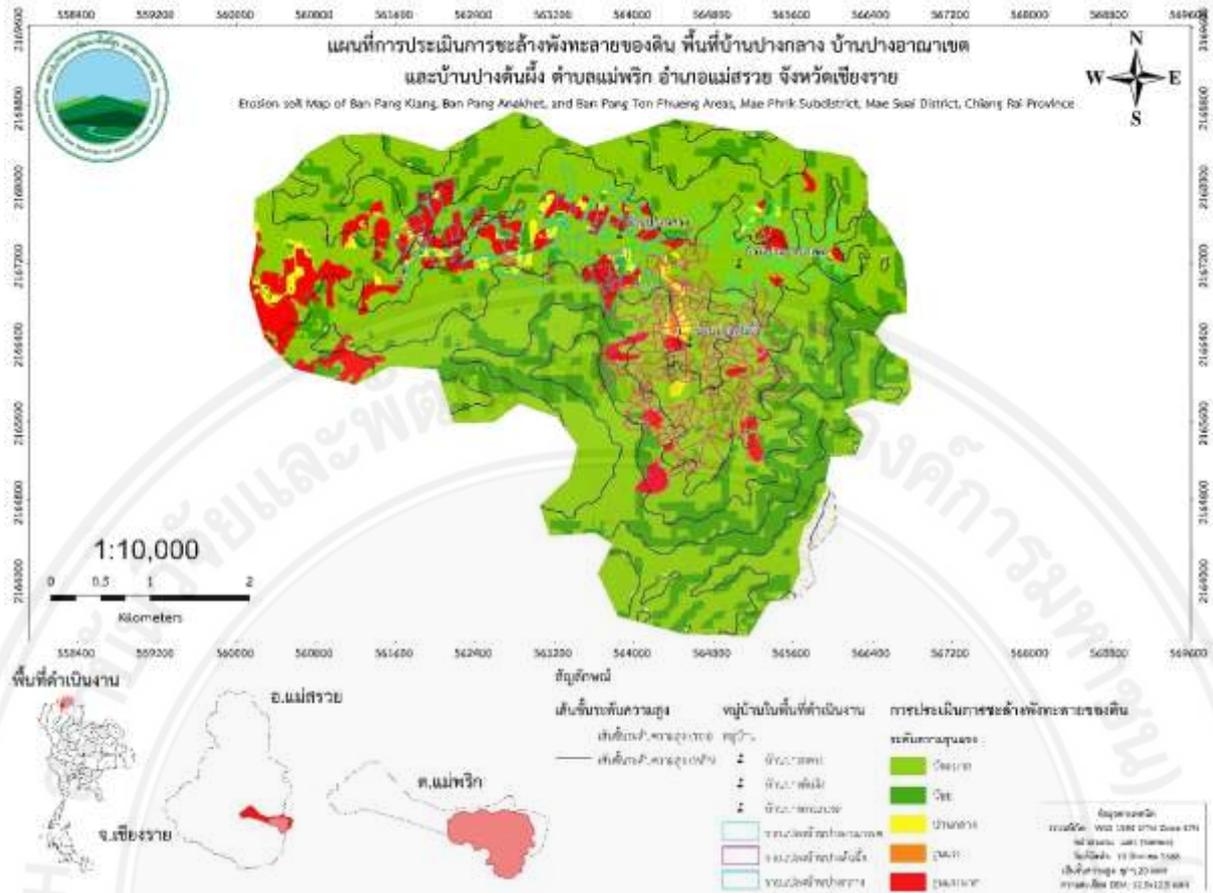
พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 13 ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น นอกจากนี้พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับน้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) และปานกลาง

(5–15 ตัน/ไร่/ปี) มีสัดส่วนร้อยละ 8 และ 3 ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไร่หมุนเวียน และ ชสวน ซึ่งมักอยู่บนพื้นที่ไหล่เขาและลาดชันปานกลาง

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระดับการชะล้างพังทลายของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและระดับความลาดชันของพื้นที่ โดยพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการจัดการอย่างเหมาะสม เช่น นาข้าวและพืชไร่ ในพื้นที่ราบลุ่มมีค่าการชะล้างพังทลายน้อยที่สุด เนื่องจากมีโครงสร้างดินแน่น การคลุมดินจากเศษพืช และการกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ ขณะที่พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นในเขตภูเขา มีการชะล้างพังทลายในระดับสูง แม้ว่าจะมีรากพืชช่วยยึดเกาะดิน แต่การขาดพืชคลุมหน้าดินและการปลูกพืชในแนวลาด ทำให้แรงกระแทกจากเม็ดฝนและการไหลบ่าของน้ำทำให้ดินถูกพัดพาออกได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Renard et al. (1997) และกรมพัฒนาที่ดิน (2566) ซึ่งระบุว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการพังทลายของดิน คือ ความลาดชันของพื้นที่ (LS Factor) การคลุมดิน (C Factor) และวิธีการจัดการพื้นที่ (P Factor)

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการพื้นที่ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ควรปรับระบบการปลูกเป็นวนเกษตร เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและลดการเปิดหน้าดิน ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น การทำขั้นบันได (terracing) และแนวกันน้ำ พื้นที่รุนแรงถึงปานกลาง (5–20 ตัน/ไร่/ปี) ส่งเสริมให้ปลูกพืชคลุมดินและพืชหมุนเวียน เช่น ถั่วเขียว ถั่วลิสง เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ใช้ระบบการปลูกแบบแนวระดับ (Contour Farming) พื้นที่น้อยถึงน้อยมาก (0–5 ตัน/ไร่/ปี) ส่งเสริมให้รักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ ใช้การจัดการน้ำแบบประหยัดและเหมาะสมกับฤดูกาล

สรุป พื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านปางอาณาเขตมีการชะล้างพังทลายในระดับน้อยมากถึงปานกลาง (0–15 ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งสะท้อนถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ยังคงมีความเหมาะสมต่อการเกษตร แต่พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและปลูกไม้ยืนต้นควรได้รับการจัดการเชิงอนุรักษ์เพิ่มเติม เพื่อป้องกันการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารในระยะยาว การปรับปรุงวิธีการจัดการพื้นที่และการปลูกพืชคลุมดินจะช่วยลดความเสี่ยงของดินและเพิ่มความยั่งยืนของระบบเกษตรกรรมในพื้นที่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 14 แผนที่การวิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน ในพื้นที่ 3 หมู่บ้าน ตำบลแม่พริก

ผลการศึกษาโดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) วิเคราะห์หาปริมาณการพังทลายของดิน (ภาพที่ 14) พบว่าการชะล้างพังทลายของดินพื้นดินส่วนใหญ่มีความเสี่ยงการชะล้างพังทลายระดับปานกลางถึงรุนแรง จำนวน 824 ไร่ มีการสูญเสียดิน 5 – 20 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29.8% ของพื้นที่เกษตรทั้งหมด (ตารางที่ 16) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงชันใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ พืชสวน ไม้ผล ไม้ยืนต้น และป่าเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเหมาะสมตามระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำตามบริบทของพื้นที่และตามลักษณะภูมิประเทศให้สอดคล้องตามแนวระบบความลาดชัน

ตารางที่ 16 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสียดิน (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสียดินโดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	1,705	61.7
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	235	8.5
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	187	6.8
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	42	1.5
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	595	21.5

การจัดชั้นความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน

ชั้น 1: น้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) → พื้นที่ที่มีการชะล้างต่ำมาก มักพบในพื้นที่ที่มีการปกคลุมของพืชดี

ชั้น 2: น้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) → อาจเกิดในพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ และมีพืชปกคลุมในระดับปานกลาง

- ชั้น 3: ปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) → มักพบในพื้นที่เพาะปลูกที่ไม่มีการจัดการอนุรักษ์ดินและน้ำ
- ชั้น 4: รุนแรง (15-20 ตัน/ไร่/ปี) → พบในพื้นที่ลาดชันที่ใช้ทำการเกษตรโดยไม่มีการจัดการอนุรักษ์ดิน
- ชั้น 5: รุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) → มักพบในพื้นที่ลาดชันสูงที่มีการทำเกษตรเชิงเดี่ยว และไม่มีมาตรการอนุรักษ์

2.6) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับระดับการชะล้างพังทลาย ดังนี้

- พื้นที่ป่าไม้หรือพื้นที่ที่มีพืชคลุมดินหนาแน่นการชะล้างพังทลายน้อยมาก เนื่องจากระบบรากของพืชช่วยยึดเกาะหน้าดินและลดแรงปะทะของน้ำฝน อีกทั้งอินทรีย์วัตถุจากเศษใบไม้ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้สามารถซึมน้ำได้ดี
- พื้นที่เกษตรกรรม ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีระดับการชะล้างพังทลายปานกลางถึงรุนแรง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและวิธีการเตรียมดิน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการไถพรวนตามแนวลาดหรือปล่อยดินเปลือยในฤดูฝน พื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และมันสำปะหลัง พบว่ามีค่าการชะล้างพังทลายสูง เนื่องจากการเปิดหน้าดินเป็นเวลานานและขาดพืชคลุมดินในช่วงต้นฤดูฝน
- พื้นที่ลาดชันที่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร พบอัตราการสูญเสียดินสูงสุด โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ เช่น การทำขั้นบันไดหรือแนวกันน้ำ (Contour strip)
- การระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายจากแผนที่
 - พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการชะล้างพังทลายของดินมีลักษณะร่วมกัน ดังนี้ พื้นที่ลาดชันมากกว่า 35% น้ำไหลบ่ารุนแรง กัดเซาะหน้าดินได้ง่าย พื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวโดยไม่มีพืชคลุมดิน ไม่มีรากพืชช่วยยึดดิน พื้นที่ที่มีฝนตกชุกและมีค่าดัชนี R สูง ฝนที่ตกต่อเนื่องและมีความรุนแรงสูงเป็นตัวเร่งการพังทลาย พื้นที่กลุ่มนี้กระจายตัวในแนวลาดเชิงเขาของพื้นที่เกษตร โดยเฉพาะบริเวณปลูกข้าวโพดและมันสำปะหลังในฤดูฝน ซึ่งควรได้รับการจัดการและฟื้นฟูเร่งด่วน
 - การเปรียบเทียบพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์กับพื้นที่ทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การทำขั้นบันได และการปลูกพืชแนวระดับ กับพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการ พบว่า: พื้นที่ที่มีการจัดการอนุรักษ์สามารถลดการสูญเสียดินได้ 40-70% ปริมาณการสูญเสียดินและอินทรีย์วัตถุลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้น และลดปัญหาน้ำท่วมเฉพาะจุด
- ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดิน ได้แก่

ผลกระทบต่อเกษตรกร ได้แก่ ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น จากการใช้ปุ๋ยและสารปรับปรุงดินเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่สูญเสีย ผลผลิตลดลง เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของหน้าดินลดลง ต้นทุนฟื้นฟูสูง ต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการปรับปรุงดินให้กลับมามีศักยภาพ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การสะสมตะกอนในแหล่งน้ำ ทำให้แม่น้ำลำคลองตื้นเขิน การพังทลายของพื้นที่และดินถล่ม ในพื้นที่ลาดชันสูงคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจากการชะล้างสารอาหารและสารเคมีทางการเกษตร การหารื้อแนวทางความร่วมมือและมาตรการลดการชะล้างพังทลายของดิน เพื่อให้การจัดการดินและน้ำในพื้นที่ศึกษามีประสิทธิภาพและยั่งยืน การประชุมและหารือร่วมระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ภาคสนาม และเกษตรกรในพื้นที่จึงควรมุ่งเน้นประเด็นหลักดังต่อไปนี้

(1) การอนุรักษ์ดินและน้ำควรเน้นการปลูกพืชคลุมดินเพื่อลดแรงกระแทกของฝนและเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ร่วมกับการไถพรวนตามแนวระดับเพื่อลดการไหลบ่า การทำขั้นบันไดในพื้นที่ลาดชันเพื่อชะลอน้ำ และการ

สร้างแนวกันลมเพื่อลดการพัดพาดิน ซึ่งมาตรการเหล่านี้จะช่วยลดการพังทลายของดินและเสริมความยั่งยืนของระบบเกษตรบนพื้นที่สูง

(2) การจัดการระบบพืชหมุนเวียน สนับสนุนให้เกษตรกรปลูกพืชหมุนเวียนระหว่างฤดู เพื่อหลีกเลี่ยงการเปิดหน้าดินเป็นเวลานานและรักษาความชื้นในดิน

(3) การจัดทำแผนที่นำเสนอพื้นที่เสี่ยง จัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายสูง (High-risk erosion areas) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนฟื้นฟูและเสนอข้อมูลต่อหน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมพัฒนาที่ดินหรือโครงการหลวง

(4) การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชน สร้างเครือข่ายการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานรัฐและเอกชน เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการพื้นที่ และส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS) ในการติดตามและประเมินผล

ตารางที่ 17 ข้อมูลผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ศึกษา

Code	depth	pH	CEC	OM	P	K	Ca	Mg	Na	Bs	Soil Texture
	cm		me/100g	%	ppm	ppm	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	%	
Mp01	0-10	4.92	8.66	4.52	1.85	126.78	1177.25	273.4	39.88	52.72	Clay Loam
	10-20	5.21	6.55	3.96	1.72	35.88	927	217.23	3.25	50.64	Clay Loam
Mp02	0-10	5.6	9.98	5.06	5.22	81.85	1585.75	220.28	0.2	50.94	Clay Loam
	10-20	5.76	7.96	4.34	3.9	115.78	1158.5	224.53	0.2	51.72	Clay
Mp03	0-10	5.65	6.48	2.9	2.11	49.18	1020.5	137.28	24.65	51.69	Clay Loam
	10-20	5.57	4.95	3.16	2.38	38.05	726	146.2	0.2	50.84	Clay
Mp04	0-10	5.47	7.07	2.53	6.15	57.13	1193.25	113.63	2.65	51.03	Sandy Clay Loam
	10-20	5.59	7.70	2.02	4.03	49.83	1284.25	128.3	19.38	51.29	Sandy Clay Loam
Mp05	0-10	5.62	7.69	2.44	5.82	140.28	1331.5	81.03	0.2	52.29	Sandy Loam
	10-20	5.99	7.22	1.81	3.77	120.73	1272.25	64.25	2.05	52.16	Sandy Loam
Mp06	0-10	5.54	3.35	1.04	1.78	27.73	509.25	87.23	0.2	50.94	Sandy Clay Loam
	10-20	5.84	4.10	0.91	0.79	56.5	594.25	110.15	15.3	52.44	Sandy Clay Loam
MPF01	0-10	5.71	2.28	2.57	4.33	38.45	337	59.95	0.2	52.04	Clay
	10-20	5.63	0.65	4.08	2.34	45.45	75.2	17.45	2.9	59.79	Clay
MPF02	0-10	5.48	6.81	5.99	16.68	119.83	1082	130.85	0.2	52.16	Clay
	10-20	5.23	0.27	4.03	2.98	61.33	1	12.8	1.03	79.34	Clay
MPA-F	0-10	4.91	1.37	6.39	5.81	104.03	94.3	71.5	9.23	60.90	Clay
	10-20	5.02	4.66	3.97	7.1	54.3	631.25	163.63	0.35	51.33	Clay

OM = organic matter, BS = base saturation, CEC = cation exchange capacity, P = available phosphorus, K = available potassium
Ca = Exchangeable Calcium, Mg = Exchangeable Magnesium, Na = Exchangeable Sodium

2.7) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน (บ้านปางกลาง ปางต้นผึ้ง และปางอาณาเขต)

คุณสมบัติดินจากพื้นที่ศึกษา พบว่า ค่า pH ของดินอยู่ในช่วง 4.91–5.99 ซึ่งจัดอยู่ในระดับกรดค่อนข้างแรงถึงกรดปานกลาง โดยส่วนใหญ่ของตัวอย่างดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 แสดงให้เห็นถึงสภาพดินที่มีการชะล้างธาตุอาหารออกจากหน้าดินสูงและมีการสะสมของไอออนไฮโดรเจน (H^+) และอะลูมิเนียม (Al^{3+}) ในคอลลอยด์ดิน ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของดินในพื้นที่สูงทางตอนเหนือของประเทศไทย ค่าความสามารถแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) อยู่ในช่วง 0.27–9.98 meq/100g ซึ่งบ่งชี้ว่าดินมีศักยภาพในการยึดจับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารในระดับ ต่ำถึงปานกลาง สะท้อนถึงโครงสร้างของเนื้อดินที่เป็น Clay Loam–Sandy Loam เป็นส่วนใหญ่ โดยพื้นที่ที่มีค่า CEC สูง เช่น จุด Mp02 ชั้นบน (0–10 ซม.) มีค่า 9.98 meq/100g และ MPA-F ชั้น 10–20 ซม. มีค่า 4.66 meq/100g แสดงถึงดินที่มีปริมาณคอลลอยด์และอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าระหว่าง 1.04–6.39% โดยเฉลี่ยอยู่ที่ ประมาณ 3.8% ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยเฉพาะตัวอย่าง MPA-F ชั้นบน (0–10 ซม.) และ MPF02 (0–10 ซม.) ที่มีค่า OM สูงถึง

5.99–6.39% เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการสะสมเศษพืช ใบไม้ และมีการปลูกพืชยืนต้นหรือพืชคลุมดินต่อเนื่อง ในด้านธาตุอาหารหลัก พบว่าปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P-Available) อยู่ในช่วง 1–140 ppm โดยดินส่วนใหญ่มีค่า P ต่ำกว่า 50 ppm ซึ่งจัดอยู่ในระดับ ต่ำถึงปานกลาง สะท้อนถึงความจำเป็นในการเสริมฟอสฟอรัสในพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ ค่าธาตุโพแทสเซียม (K) มีค่าระหว่าง 75–1,585 ppm โดยพื้นที่ Mp02 (0–10 ซม.) และ Mp05 (0–10 ซม.) มีค่าโพแทสเซียมสูงมากกว่า 1,000 ppm ซึ่งแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เกิดจากการพุ้งของแร่เฟลด์สปาร์และไมกา รวมถึงอิทธิพลจากการสะสมเศษพืชและการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในพื้นที่เกษตร ค่าธาตุแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) พบในช่วง 17.45–1,585 mg/kg และ 59.95–273.4 mg/kg ตามลำดับ โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ ปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับค่า การอิ่มตัวของเบส (Base Saturation, BS) ที่อยู่ในช่วง 50.6–79.3% แสดงให้เห็นว่าดินมีความสามารถในการรักษาฐานแลกเปลี่ยนได้ดี และมีสมดุลของธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในด้านเนื้อดิน (Soil Texture) พบว่ามีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่ม Clay Loam, Sandy Clay Loam และ Sandy Loam โดยดินเนื้อหยาบ (Sandy Loam) มีแนวโน้มระบายน้ำดีแต่เก็บธาตุอาหารได้น้อย ในขณะที่ดินเนื้อละเอียด (Clay Loam) มีศักยภาพเก็บน้ำและธาตุอาหารได้สูงกว่า

จากผลการวิเคราะห์ดิน พบว่ามีคุณสมบัติทางเคมีที่อยู่ในระดับ ปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะค่า pH ที่เป็นกรด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ธาตุอาหารของพืช (โดยเฉพาะ P Ca และ Mg) เนื่องจากธาตุอาหารบางชนิดจะเกิดการตรึงในรูปที่พืชไม่สามารถดูดใช้ได้ในสภาวะกรด เช่น การเกิดสารประกอบฟอสเฟตของเหล็กและอะลูมิเนียม (Fe–Al phosphate complex) อย่างไรก็ตาม ดินบางบริเวณ เช่น จุด MPF02 และ MPA-F มีค่าธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุสูงกว่าเฉลี่ย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสะสมอินทรีย์วัตถุจากการปลูกพืชคลุมดินและพืชยืนต้น รวมทั้งมีระบบการจัดการดินที่ดี เช่น การใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยพืชสด ค่าการอิ่มตัวของเบส (BS) ที่อยู่ในช่วง 50–80% ถือว่าเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในระบบเกษตรผสมผสานบนพื้นที่สูง แต่ดินบางส่วนยังต้องได้รับการปรับปรุงด้วยการใส่ปูนโดโลไมต์ (Dolomite) หรือปูนขาว (Agricultural Lime) เพื่อเพิ่มค่า pH และลดความเป็นกรด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน โดยรวมแล้วดินในพื้นที่ศึกษามีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทุเรียน กาแฟ และไม้ผลเมืองหนาว ได้ดี หากมีการจัดการปรับปรุงดินและธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและปรับปรุงความเป็นกรดของดิน

2.8) ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการดิน

- ปรับปรุงค่าความเป็นกรดของดิน (pH Correction): ควรใส่ปูนขาวหรือโดโลไมต์ในอัตรา 200–300 กก./ไร่ เพื่อเพิ่มค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.0–6.5 ซึ่งเหมาะสมต่อการปลูกพืชส่วนใหญ่
- เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter Management): ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และเศษพืชคลุมดิน เพื่อเพิ่ม CEC และความสามารถในการเก็บรักษาธาตุอาหาร
- เสริมธาตุอาหารหลัก (N–P–K): ฟอสฟอรัส: ใส่ปุ๋ยสูตร 18-46-0 หรือ 16-20-0 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการงอกและราก
- โพแทสเซียม: เสริมด้วยปุ๋ยสูตร 13-13-21 หรือ 15-15-15 สำหรับพืชผลผลิตสูง
- แคลเซียมและแมกนีเซียม: ใช้ปูนโดโลไมต์หรือยิปซัมในพื้นที่ขาดธาตุเหล่านี้
- การจัดการน้ำ: พื้นที่เนื้อดินหยาบควรเสริมระบบน้ำหยดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่ Clay Loam ควรตรวจสอบการระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำขัง

2.9) ผลการสูญเสียธาตุอาหารและคำนวณปริมาณธาตุอาหารในรูปปุ๋ย

จากผลข้อมูลระดับการพังทลายของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสีย โดยเมื่อระดับการพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการสูญเสียของธาตุอาหาร N, P และ K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ ธาตุไนโตรเจน (N) มีการสูญเสียสูงสุดในทุกระดับการพังทลาย รองลงมาคือ โพแทสเซียม (K) และ ฟอสฟอรัส (P) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lal (1998) และ Singh et al. (2017) ที่ระบุว่า N และ K เป็นธาตุที่สูญเสียได้ง่ายในดินเนื่องจากอยู่ในรูปที่เคลื่อนย้ายได้สูง ขณะที่ P มักถูกตรึงอยู่กับแร่ดินเหนียวและอินทรีย์ฟอสเฟต จึงสูญเสียน้อยกว่า

เมื่อแปลงค่าธาตุอาหารเป็นปริมาณปุ๋ย พบว่าการสูญเสียปุ๋ยยูเรีย ซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นตามระดับความรุนแรงของการพังทลาย โดยเฉพาะในชั้น “Very severe erosion” ที่มีการสูญเสียปุ๋ยยูเรียสูงสุดถึง 14.06 ± 6.94 กก./ไร่/ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียดินส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 18 ผลของระดับการชะล้างพังทลายของดินต่อการสูญเสียธาตุอาหารจากดินในพื้นที่ศึกษา

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย			
	Nutrient loss calculation	N	P	K
1. น้อยมาก	0-2	0.43 ± 0.21	0.01 ± 0.01	0.17 ± 0.08
2. น้อย	2-5	1.08 ± 0.53	0.03 ± 0.02	0.41 ± 0.21
3. ปานกลาง	5-15	3.23 ± 1.60	0.08 ± 0.07	1.24 ± 0.62
4. รุนแรง	15-20	4.31 ± 2.13	0.11 ± 0.09	1.66 ± 0.83
5. รุนแรงมาก	>20	6.47 ± 3.19	0.17 ± 0.14	2.48 ± 1.25

PSL = Potential Soil Loss, T/R/Y = tons/rai/year, Urea N46% = Urea fertilizer P_2O_5 = Single Superphosphate K_2O = Potassium Chloride (kg/tons)* = kilogram/tons soil, kg/R/Y = kilogram/rai/year

การรายงานผลวิเคราะห์ค่าการสูญเสียธาตุอาหารในแต่ละระดับการชะล้างพังทลายของดิน (ตารางที่ 18) พบว่า ระดับการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มขึ้น ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในระดับการชะล้างพังทลาย น้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) พบว่ามีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนเฉลี่ย 0.43 ± 0.21 kg/tons, ฟอสฟอรัส 0.01 ± 0.01 kg/tons, และโพแทสเซียม 0.17 ± 0.08 kg/tons ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำและเป็นไปตามสภาพดินที่มีพืชคลุมดินช่วยป้องกันการพังทลายเมื่อระดับการชะล้างพังทลายเพิ่มขึ้นเป็น ปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) ค่าการสูญเสียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 3.23 ± 1.60 kg/tons, ฟอสฟอรัส 0.08 ± 0.07 kg/tons, และโพแทสเซียม 1.24 ± 0.62 kg/tons ซึ่งสูงกว่าระดับต่ำกว่าเกือบ 8 เท่า โดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งมีแนวโน้มสูญเสียมากที่สุด ระดับที่ รุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) พบว่ามีการสูญเสียไนโตรเจนสูงสุด 6.47 ± 3.19 kg/tons, ฟอสฟอรัส 0.17 ± 0.14 kg/tons, และโพแทสเซียม 2.48 ± 1.25 kg/tons ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการสูญเสียธาตุอาหารจากหน้าดินที่รุนแรง อันเนื่องมาจากการไหลบ่าของน้ำและการพัดพาอนุภาคดินละเอียดซึ่งเป็นแหล่งสะสมธาตุอาหารออกจากระบบดิน

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง ระดับการชะล้างพังทลายของดิน กับ การสูญเสียธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สูญเสียได้ง่ายจากทั้งการชะล้างและการระเหยสู่บรรยากาศ (Volatilization) ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่มีการสูญเสียสูงที่สุดในทุกระดับของการชะล้างพังทลาย โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 0.43 kg/tons ในระดับน้อยมาก เป็น 6.47 kg/tons ในระดับรุนแรงมาก เนื่องจากไนโตรเจนส่วนใหญ่มีอยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุและดินชั้นบน ซึ่งถูกพัดพาออกไปพร้อมการกัดเซาะ ฟอสฟอรัส (P) มีการสูญเสียในระดับต่ำกว่าธาตุอื่น เพราะส่วนใหญ่ถูกตรึงอยู่กับอนุภาคดินเหนียวและออกไซด์ของเหล็ก-อะลูมิเนียม อย่างไรก็ตาม

ตามในพื้นที่ลาดชันหรือมีฝนตกหนัก ฟอสฟอรัสจะสูญเสียผ่านการไหลบ่าผิวดิน (Surface Runoff) โปแทสเซียม (K) มีการสูญเสียปานกลางถึงสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว (เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ที่ไม่มีพืชคลุมหน้าดิน ทำให้อนุภาคดินที่มี K ถูกชะล้างออกไปได้ง่าย สูญเสียธาตุอาหารจากดินสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการสูญเสียดิน (Soil Loss Rate) และความหนาแน่นของพืชคลุมดิน (Vegetation Cover) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility Decline) และผลผลิตทางการเกษตร (Crop Yield Reduction)

การเชื่อมโยงเชิงวิทยาศาสตร์และเชิงนโยบาย การสูญเสียไนโตรเจน 6.47 kg/tons เทียบเท่ากับการสูญเสีย ยูเรีย (46% N) ประมาณ 14 kg/tons ของดิน ส่วนการสูญเสียฟอสฟอรัสและโปแทสเซียมเทียบเท่ากับการสูญเสีย ปุ๋ยเชิงกลูบเปอร์ฟอสเฟต (P_2O_5) และ โปแทสเซียมคลอไรด์ (K_2O) ประมาณ 0.4–0.9 kg/rai/year ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์ จะสะท้อนถึงการสูญเสียต้นทุนปุ๋ยเฉลี่ย 150–300 บาทต่อไร่ต่อปี ในพื้นที่ลาดชันสูง ดังนั้น การลดการชะล้างพังทลายจึงมีความสำคัญไม่เพียงแต่ต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน แต่ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร และสนับสนุนแนวทางเกษตรยั่งยืนในพื้นที่สูง (Sustainable Highland Agriculture) ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการธาตุอาหารและดิน ใช้พืชคลุมดินและพืชหมุนเวียน (Cover Crops & Crop Rotation) เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุและลดการชะล้างธาตุอาหารจากหน้าดิน ปรับปรุงโครงสร้างดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ (Organic Matter Amendment) เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือเศษพืช เพื่อเพิ่ม CEC และลดการสูญเสีย K และ P การปลูกพืชตามแนวระดับ (Contour Farming) และขั้นบันได (Terracing) เพื่อชะลอการไหลของน้ำและลดอัตราการพัดพาดิน การจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม (Precision Fertilizer Management) เช่น การแบ่งใส่ปุ๋ยหลายครั้งในฤดูปลูก เพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารจากฝนตกหนัก

ตารางที่ 19 ผลของระดับการชะล้างพังทลายของดินต่อการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยในพื้นที่ศึกษา

ระดับการชะล้าง พังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	Fertilizer nutrient loss		
		Urea kg/R/Y	P_2O_5 kg/R/Y	K_2O kg/R/Y
1. น้อยมาก	0-2	0.94 ± 0.46	0.14 ± 0.12	0.33 ± 0.17
2. น้อย	2-5	2.34 ± 1.16	0.35 ± 0.29	0.83 ± 0.42
3. ปานกลาง	5-15	7.03 ± 3.47	1.05 ± 0.87	2.48 ± 1.25
4. รุนแรง	15-20	9.37 ± 4.63	1.41 ± 1.16	3.31 ± 1.66
5. รุนแรงมาก	>20	14.06 ± 6.94	2.11 ± 1.74	4.97 ± 2.50

PSL = Potential Soil Loss, T/R/Y = tons/rai/year, Urea N46% = Urea fertilizer P_2O_5 = Single Superphosphate K_2O = Potassium Chloride (kg/tons)* = kilogram/tons soil, kg/R/Y = kilogram/rai/year

จากผลการวิเคราะห์การสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ย (ตารางที่ 19) พบว่า เมื่อระดับการชะล้างพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณการสูญเสียปุ๋ยทั้งสามชนิด ได้แก่ ยูเรีย (Urea) ซึ่งเกิดจากปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) และ โปแทสเซียมคลอไรด์ (K_2O) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในอัตราเกือบเป็นเชิงเส้น ในพื้นที่ที่มีระดับการชะล้าง น้อยมาก (0–2 ตัน/ไร่/ปี) การสูญเสียยูเรียเฉลี่ยเพียง 0.94 ± 0.46 กก./ไร่/ปี ขณะที่ฟอสเฟตและโปแทสเซียมสูญเสียเฉลี่ย 0.14 ± 0.12 และ 0.33 ± 0.17 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำและไม่กระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินมากนัก อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ระดับการชะล้างปานกลาง (5–15 ตัน/ไร่/ปี) พบว่าการสูญเสียยูเรียเพิ่มขึ้นกว่า 7 เท่า (เฉลี่ย 7.03 ± 3.47 กก./ไร่/ปี) และการสูญเสียโปแทสเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 2.48 ± 1.25 กก./ไร่/ปี สะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบที่รุนแรงขึ้นของการพัดพาหน้าดินและธาตุอาหารหลักออกจากพื้นที่เพาะปลูก สำหรับพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) การสูญเสียยูเรียสูงถึง 14.06 ± 6.94 กก./ไร่/ปี ฟอสเฟต 2.11 ± 1.74 กก./ไร่/ปี และโปแทสเซียม 4.97 ± 2.50

กก./ไร่/ปี ซึ่งถือเป็นระดับการสูญเสียที่มีผลกระทบต่อศักยภาพการผลิตทางการเกษตรโดยตรง โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันหรือพื้นที่ที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวโดยไม่มีพืชคลุมดิน

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ระดับการชะล้างพังทลายของดินมีอิทธิพลโดยตรงต่อการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ย โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินที่สูญเสียและการสูญเสียปุ๋ยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อการสูญเสียดินเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การสูญเสียธาตุอาหารที่อยู่ในชั้นหน้าดินเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ยูเรีย (Urea; N46%) เป็นปุ๋ยที่มีความเคลื่อนไหวสูงในดิน โดยไนโตรเจนที่สูญเสียจะเกิดจากการพัดพาหน้าดินและการชะล้างทางน้ำฝน (Leaching) รวมถึงการสูญเสียทางอากาศในรูปแอมโมเนีย (NH_3 volatilization) ทำให้พื้นที่ที่มีการชะล้างรุนแรงมาก สูญเสียยูเรียเฉลี่ยมากกว่า 14 กก./ไร่/ปี ฟอสเฟต (P_2O_5) เป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำง่าย จึงสูญเสียส่วนใหญ่ผ่านการพัดพาอนุภาคดินที่ยึดเกาะกับธาตุฟอสฟอรัสออกไป โดยเฉพาะดินเหนียวที่มีออกไซด์ของ Fe และ Al สูง ส่งผลให้พื้นที่ที่มีการชะล้างรุนแรงมากมีการสูญเสียฟอสเฟตสูงถึง 2.11 กก./ไร่/ปี โพแทสเซียมคลอไรด์ (K_2O) เป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ง่าย และสูญเสียทั้งจากการชะล้างทางน้ำใต้ดินและการพัดพาผิวดิน โดยมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียสูงถึง 4.97 กก./ไร่/ปี ในพื้นที่ที่มีการชะล้างรุนแรงมาก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของดินเนื้อหยาบ (Sandy Clay Loam–Sandy Loam) ที่พบในพื้นที่ศึกษาหลายจุด โดยรวมแล้ว การสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยเป็นสัญญาณสะท้อนความเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่สูง (Soil Fertility Decline) และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงต่อเนื่องหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียปุ๋ย (Economic Implication)

หากนำราคาปุ๋ยเฉลี่ยในปี 2567 มาใช้ประเมิน ได้แก่

ยูเรีย (N46%) = 25 บาท/กก.

ซิงเกิลซูเปอร์ฟอสเฟต (P_2O_5) = 20 บาท/กก.

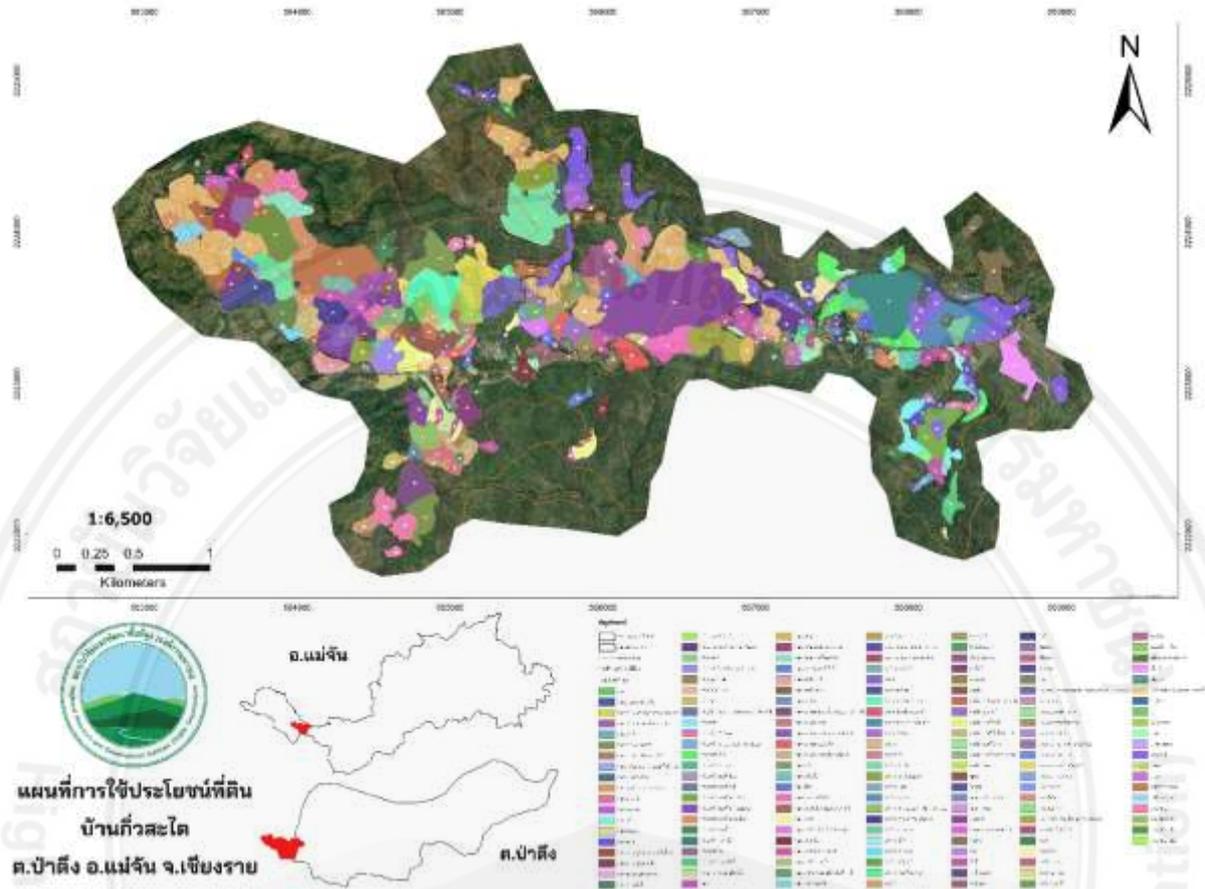
โพแทสเซียมคลอไรด์ (K_2O) = 35 บาท/กก.

จะพบว่าพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) สูญเสียต้นทุนปุ๋ยรวมประมาณ $(14.06 \times 25) + (2.11 \times 20) + (4.97 \times 35) = 689.9$ บาท/ไร่/ปี

ซึ่งเป็นมูลค่าการสูญเสียที่สูงและอาจกระทบโดยตรงต่อความคุ้มค่าของการผลิตทางการเกษตรในพื้นที่สูง

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการธาตุอาหารและลดการสูญเสียปุ๋ย เพิ่มพืชคลุมดิน (Cover Crop Management): เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วพุ่ม หรือหญ้าแฝก เพื่อช่วยลดการพัดพาอนุภาคดินและรักษาหน้าดิน ใช้เทคนิคการเพาะปลูกตามแนวระดับ (Contour Farming): ลดความเร็วการไหลของน้ำและการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้าง เสริมอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Input): เพื่อเพิ่มการยึดจับธาตุอาหาร ลดการสูญเสียไนโตรเจนและโพแทสเซียม บริหารการใส่ปุ๋ยแบบแบ่งระยะ (Split Application): โดยเฉพาะไนโตรเจน เพื่อให้พืชดูดใช้ได้ก่อนฝนตกหนัก ปรับปรุงสภาพกรดของดิน (Lime Application): เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใช้ธาตุอาหารและลดการสูญเสียฟอสฟอรัส

บริบทพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อ.แม่จัน จ.เชียงราย



ภาพที่ 15 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านกิวสะโต อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ตารางที่ 20 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พื้นที่บ้านกิวสะโต อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กล้วย ข้าวนา ข้าวโพด ชาเมียง สับปะรด	31.08
กล้วย ข้าวนา ไม้ตง ลิ้นจี่ อโวคาโต้	25.59
กล้วย ข้าวโพด	9.95
กล้วย ข้าวโพด ข้าวไร่	103.91
กล้วย เงาะ	3.76
กล้วย เงาะ เซอร์รี่ ไม้ตง ลิ้นจี่ สับปะรด	19.50
กล้วย ชาเมียง ไม้ตง อโวคาโต้	8.45
กล้วย เซอร์รี่	7.44
กล้วย เซอร์รี่ บ่อปลา ไม้ตง อโวคาโต้	20.98
กล้วย เซอร์รี่ ไม้ตง	14.40
กล้วย ไม้ตง	19.83
กล้วย สับปะรด	13.73
กล้วยน้ำว้า	34.93
กล้วยน้ำว้า ข้าวโพด	3.14

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กล้วยน้ำว้า ชาเมียง เซอร์รี่ ไม้ตง บ่อปลา	4.35
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่	4.29
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่ ไม้ตง ลินจี	34.16
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่ ไม้ตง สับปะรด	1.64
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่ ไม้ตง ลินจี	6.91
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่ มะม่วง	2.44
กล้วยน้ำว้า เซอร์รี่ ลินจี	2.74
กล้วยน้ำว้า ไม้ตง ลินจี	87.85
กล้วยน้ำว้า ไม้ตง	1.10
กล้วยน้ำว้า ไม้ตง ลินจี	24.67
กล้วยน้ำว้า ลินจี	53.27
กล้วยน้ำว้า สับปะรด	4.37
กะหล่ำ ข้าวโพด ชาเมียง ลินจี	11.79
กาแฟ	12.38
กาแฟ กล้วย	8.63
กาแฟ กล้วย เซอร์รี่ อโวคาโด	22.13
กาแฟ กล้วย สับปะรด อโวคาโด	29.51
กาแฟ โกโก้ กล้วย ชาเมียง เซอร์รี่ ลินจี	6.80
กาแฟ โกโก้ อโวคาโด	14.45
กาแฟ ข้าวโพด เซอร์รี่ ลินจี	6.30
กาแฟ ข้าวไร่ เซอร์รี่	5.12
กาแฟ ข้าวไร่ ลินจี	14.26
กาแฟ เงาะ เซอร์รี่ ลินจี	28.13
กาแฟ ชาเมียง	4.49
กาแฟ ชาเมียง เซอร์รี่	14.07
กาแฟ ชาเมียง เซอร์รี่ มะม่วง อโวคาโด	12.79
กาแฟ ชาเมียง เซอร์รี่ ลินจี	30.98
กาแฟ ชาเมียง เซอร์รี่ ลินจี อโวคาโด	15.37
กาแฟ ชาเมียง ปาล์ม ลินจี สับปะรด อโวคาโด	28.70
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี สับปะรด อโวคาโด	4.21
กาแฟ เซอร์รี่	26.12
กาแฟ เซอร์รี่ ทุเรียน ลินจี อโวคาโด	10.13
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี	15.69
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี อโวคาโด	3.63
กาแฟ เซอร์รี่ อโวคาโด	2.09
กาแฟ ไม้ตง	3.25

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กาแฟ ลำไย ลิ้นจี่	9.87
กาแฟ ลิ้นจี่	14.73
โกโก้ มังคุด มะม่วง ส้มโอ อโวคาโด	3.81
ข้าวนา	172.16
ข้าวนา ข้าวโพด	23.14
ข้าวนา ข้าวโพด สับปะรด	42.51
ข้าวนา ถั่วเหลือง อโวคาโด	4.39
ข้าวนา ยางพารา โรงเรือนผัก	46.13
ข้าวนา สับปะรด	12.82
ข้าวโพด	289.61
ข้าวโพด ข้าวไร่	106.09
ข้าวโพด ข้าวไร่ สับปะรด	36.44
ข้าวโพด ชিং	2.85
ข้าวโพด งดดำ	10.69
ข้าวโพด ชาเมียง	5.64
ข้าวโพด ชาเมียง เซอร์รี่ ไม้ตง มะขามป้อม	18.31
ข้าวโพด ชาเมียง โป๊ย อโวคาโด	18.21
ข้าวโพด เซอร์รี่ อโวคาโด	3.70
ข้าวโพด ยางพารา	11.00
ข้าวโพด ลิ้นจี่	4.14
ข้าวโพด สับปะรด	5.07
ข้าวโพด อโวคาโด	3.56
ข้าวไร่	107.18
ข้าวไร่ ไม้ซางหม่น	35.12
ข้าวไร่ ลิ้นจี่	16.06
ชিং ข้าวโพด ข้าวไร่	11.88
เงาะ	4.51
เงาะ ข้าวนา ข้าวโพด เซอร์รี่ ปาล์ม มะนาว สับปะรด อโวคา	33.93
เงาะ ชา มะม่วง	3.01
เงาะ เซอร์รี่ ทุเรียน ลิ้นจี่ ลองกอง สับปะรด	36.53
เงาะ มะม่วง ส้มโอ อโวคาโด	10.79
เงาะ มะม่วง สับปะรด	8.35
เงาะ อโวคาโด	3.55
ชา เซอร์รี่	4.32
ชา ลิ้นจี่	17.39
ชาเมียง	33.40

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
ชาเมียง เซอร์รี่ ไม้ตง	6.78
ชาเมียง เซอร์รี่ ไม้ตง อโวคาโต้	12.97
ชาเมียง เซอร์รี่ ลินจี	14.21
ชาเมียง เซอร์รี่ ลินจี อโวคาโต้	9.45
ชาเมียง ไม้ตง	1.49
ชาเมียง ลำไย มะม่วง อโวคาโต้	5.57
ชาเมียง อโวคาโต้	13.74
เซอร์รี่	26.74
เซอร์รี่ ไม้ตง	7.50
เซอร์รี่ ไม้ตง ลินจี	10.06
เซอร์รี่ ลินจี	13.69
เซอร์รี่ สับปะรด	2.68
เซอร์รี่ อโวคาโต้	4.40
เซอร์รี่ อโวคาโต้	9.50
ไผ่ อโวคาโต้	15.15
ไผ่ตง	19.03
ไผ่ตง ยางพารา	1.82
ไผ่ตง ลินจี	3.61
ไผ่ตรง	4.48
ไผ่ลวก	7.92
พักแปลง	25.71
มะม่วง ลำไย บ่อปลา	4.77
ไม่ได้ทำประโยชน์	139.89
ไม่ได้ประโยชน์	1.10
ไม้ผลผสมผสาน	18.00
ยางพารา	260.68
ยาพารา	34.44
ไร่หมุนเวียน	104.24
ลินจี	66.66
ลินจี	2.77
ลินจี ไม้ตง	12.07
ลินจี สับปะรด	1.52
เลี้ยงม้า	35.40
สับปะรด	24.00
สับปะรด	4.47
อโวคาโต้	32.18

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
รวมพื้นที่ทั้งหมด	3,005.07

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านกิวสะโต มีรูปแบบหลากหลายรูปแบบรวมจำนวนทั้งหมด 3,005.07 ไร่ โดยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ (1) ข้าวโพด จำนวน 289.61 ไร่ (2) ยางพารา จำนวน 260.68 ไร่ (3) ข้าวนา จำนวน 172.16 ไร่ (4) กล้วยน้ำว่า ไร่จิ้ง ลิ่นจี่ จำนวน 87.85 ไร่ (5) ข้าวไร่ จำนวน 107.18 ไร่ (6) ไร่หมุนเวียน จำนวน 104.24 ไร่ (7) กล้วย ข้าวโพด ข้าวไร่ จำนวน 103.91 ไร่ (8) ไม่ได้ทำประโยชน์ จำนวน 139.89 ไร่ (9) ลิ่นจี่ จำนวน 66.66 ไร่ และ (10) กล้วยน้ำว่า ลิ่นจี่ จำนวน 53.27 ไร่

จากผลการวิเคราะห์สะท้อนให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่มีลักษณะเน้นการปลูกพืชไร่และไม้ผลเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด ยางพารา และกล้วยน้ำว่า ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของพื้นที่สูงตอนบน และยังพบรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน เช่น การปลูกกาแฟร่วมกับพืชอื่น ๆ (เช่น กาแฟ-เซอร์รี่-ลิ่นจี่ หรือ กาแฟ-อโวคาโด-ชาเมียง) รวมถึงการปลูกพืชแซมและระบบเกษตรผสมผสานที่เน้นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร พบว่าแนวโน้มการใช้พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นการผลิตพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยว โดยเฉพาะข้าวโพดและยางพารา ซึ่งมีความต้องการสูงในตลาดและให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างมั่นคง อย่างไรก็ตามการปลูกพืชเชิงเดี่ยวในพื้นที่สูงอาจส่งผลกระทบต่อการใช้พื้นที่และการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินในระยะยาว ดังนั้น การส่งเสริมให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินไปสู่ระบบเกษตรผสมผสานหรือการปลูกพืชร่วม (intercropping) จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ว่างเปล่าหรือไม่ได้ใช้ประโยชน์อยู่ถึง 139.89 ไร่ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างมาก สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของพื้นที่ที่ยังสามารถพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในอนาคต เช่น การปลูกไม้ผลระยะยาว การปลูกพืชอนุรักษ์ดินและน้ำ หรือการพัฒนาแปลงสาธิตด้านเกษตรเชิงอนุรักษ์

เมื่อเชื่อมโยงกับแนวคิดการจัดการพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ (landform-based management) การใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะผสมผสาน เช่น การปลูกกาแฟร่วมกับพืชผลไม้ยืนต้นและพืชคลุมดิน ถือเป็นแนวทางที่ช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่

สรุปการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านกิวสะโตยังมีโอกาสในการปรับปรุงและพัฒนาให้เกิดความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการส่งเสริมระบบเกษตรแบบผสมผสาน การปลูกพืชร่วม การจัดการพื้นที่ตามศักยภาพของดิน และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งจะส่งผลดีต่อทั้งด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

2.10) ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษากำแพงภูเขาสระโต อำเภอบ้านฝาง จังหวัดเชียงใหม่

ผลข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่บ้านฝางพบว่ามีหน่วยหินหลัก 4 หน่วยที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ โดยมีอายุทางธรณีกาลตั้งแต่ยุค Silurian–Devonian จนถึง Holocene (ยุคควอเทอร์นารี) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาที่ยาวนานและซับซ้อนของพื้นที่ สามารถจำแนกหน่วยหินได้ดังนี้

- หน่วยหินกลุ่มแก่งกระจาน (Kaeng Krachan Group; รหัส CPK) อายุ: คาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย–เพอร์เมียน (Carboniferous–Permian; ประมาณ 270–320 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: หินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต และหินทรายเนื้อภูเขาไฟ ลักษณะทั่วไป: เป็นหินตะกอนเนื้อปานกลางถึงละเอียด มีสีเทาเข้มถึงน้ำตาลอ่อน มักพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ทะเล เช่น brachiopods, bryozoans, corals และ crinoids แสดงถึงการสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมทะเลตื้นถึงน้ำลึกปานกลาง พื้นที่ครอบคลุม: ประมาณ 1,006 ไร่
- หน่วยหินฟิลไลต์ (Phyllite Unit; รหัส SD) อายุ: ซิลูเรียน–ดีโวเนียน (Silurian–Devonian; 443–359 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา ลักษณะทั่วไป: เป็นหินแปรเนื้อแน่นถึงเนื้อละเอียด มีสีเทาเข้มถึงเทาอมเขียว เกิดจากการแปรสภาพของหินดินดานและหินทรายภายใต้แรงดันและอุณหภูมิต่ำถึงปานกลาง พบแนวการเรียงตัวของแร่ (foliation) เด่นชัด พื้นที่ครอบคลุม: ประมาณ 765 ไร่ หน่วยหินแกรนิตไบโอไทต์ (Biotite Granite Unit; รหัส Trgr) อายุ: ไทรแอสสิก (Triassic; 249–199 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: หินไบโอไทต์แกรนิต ทัวร์มาลีนแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ มัสโคไวต์แกรนิต ลักษณะทั่วไป: เป็นหินอัคนีเนื้อหยาบถึงปานกลาง สีเทาอ่อนถึงชมพู เกิดจากการเย็นตัวของแมกมาใต้เปลือกโลกช่วงปลายยุคไทรแอสสิก มีลักษณะเป็นมวลหินแทรกซอนขนาดใหญ่ (Plutonic body) พื้นที่ครอบคลุม: รวมทั้งสิ้น ประมาณ 5,359 ไร่ (แยกเป็น 2 บล็อกพื้นที่ย่อย 192 และ 5,167 ไร่)
- หน่วยตะกอนควอเทอร์นารี (Quaternary deposits; รหัส Qa) อายุ: โฮโลซีน (Holocene; 115 ล้านปีถึงปัจจุบัน) ลักษณะหิน: กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สะสมตัวในร่องน้ำและบริเวณตลิ่ง ลักษณะทั่วไป: เป็นตะกอนสมัยใหม่ที่สะสมตัวตามลำน้ำหลักและแอ่งน้ำท่วมชั่วคราว มีลักษณะการกระจายตัวแคบแต่ต่อเนื่องตลอดแนวร่องน้ำ พื้นที่ครอบคลุม: ประมาณ 56 ไร่

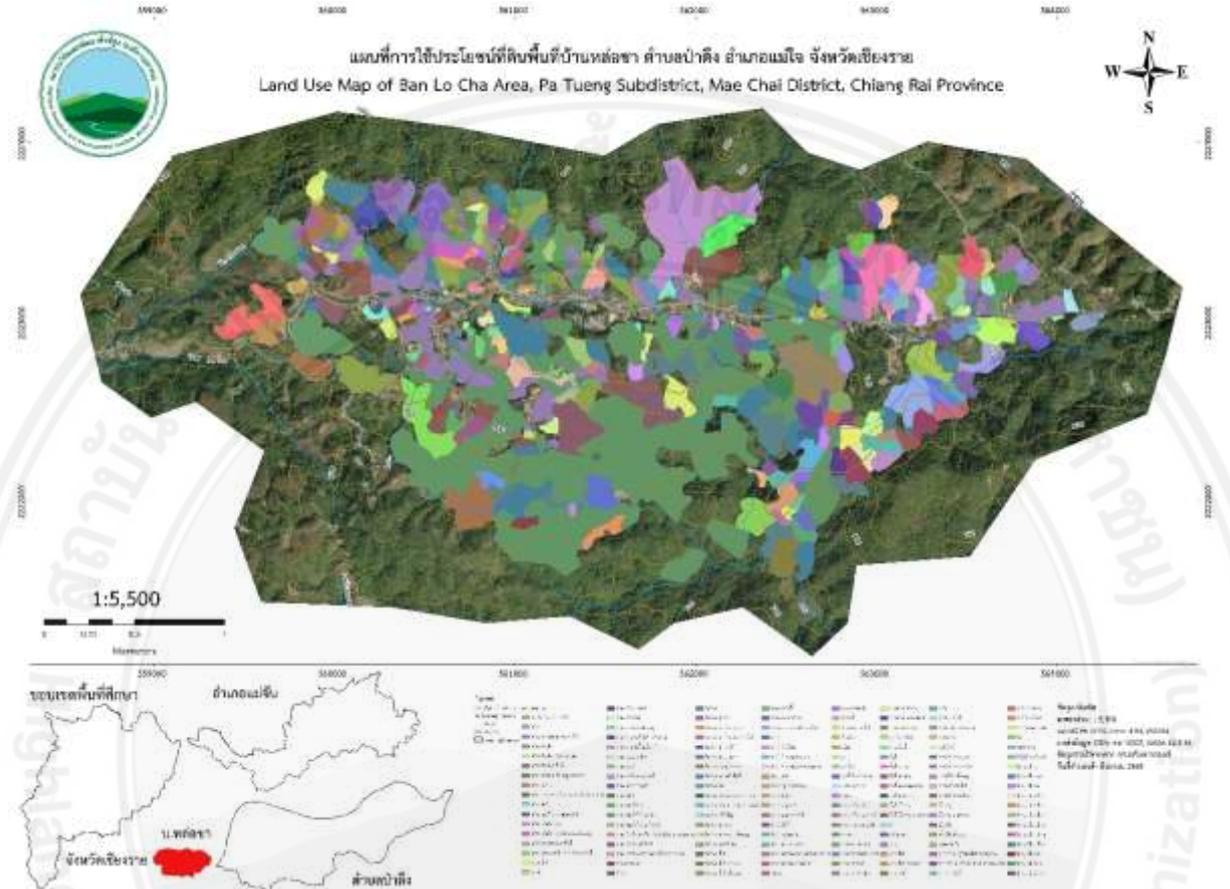
ผลจากข้อมูลธรณีวิทยา พบว่า พื้นที่บ้านฝางมีความหลากหลายของชนิดหินและอายุทางธรณีกาลในระดับสูง โดยเฉพาะการวางตัวของหน่วยหินเก่ากลุ่มแก่งกระจานและหินฟิลไลต์ในพื้นที่เดียวกันกับหินอัคนีรุ่นใหม่ยุคไทรแอสสิก แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง (Structural deformation) และการแทรกซอนของแมกมาหลังยุคแปรสภาพ

หน่วยหินแกรนิต (Trgr) มีพื้นที่ครอบคลุมมากที่สุดในพื้นที่บ้านฝางและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากหินแกรนิตชนิดนี้มักสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุก ทังสแตน และโมลิบดีนัม การกระจายตัวของมวลหินในลักษณะ Plutonic Body ขนาดใหญ่แสดงถึงการยกตัวและการเย็นตัวของแมกมาในช่วงหลังการชนกันของแผ่นเปลือกโลก

ส่วนหน่วยหินฟิลไลต์ (SD) และกลุ่มแก่งกระจาน (CPK) เป็นหน่วยหินฐาน (Basement rocks) ที่เก่าแก่ที่สุดในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นหินตะกอนและหินแปรที่ผ่านการแปรสภาพในระดับต่ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในเชิงธรณีสัณฐาน (Geomorphology) โดยควบคุมรูปแบบของภูมิประเทศและการไหลของน้ำผิวดินในปัจจุบัน

หน่วยตะกอนควอเทอร์นารี (Qa) เป็นตัวแทนของกระบวนการธรณีสัณฐานที่ยังคงดำเนินอยู่ในปัจจุบันสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาภูมิประเทศอย่างต่อเนื่องในเขตลุ่มน้ำ และเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาเกษตรกรรมและแหล่งน้ำบาดาล

โดยสรุป พื้นที่บ้านกิวะไต้มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นเขตผสมผสานระหว่างหินฐานยุคพาลีโอโซอิกกับหินอัคนีรุ่นใหม่ในยุคเมโสโซอิกตอนต้น ซึ่งบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกที่ยาวนานและซับซ้อน การทำความเข้าใจลักษณะหินเหล่านี้จะช่วยให้สามารถประเมินศักยภาพด้านทรัพยากรแร่ การจัดการน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืน



ภาพที่ 17 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรพื้นที่บ้านหล่อชา

ตารางที่ 22 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรพื้นที่บ้านหล่อชา อำเภอแม่ใจ จังหวัดเชียงราย

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กระเทียม ผักกาด ผักชี	0.12
กล้วย	2.52
กล้วย โกโก้ ข้าวโพด ลิ้นจี่	7.27
กล้วย โกโก้ เซอร์รี่ บ่อน้ำ ผักกาด ลิ้นจี่	23.87
กล้วย ข้าวโพด ยางพารา ลิ้นจี่	24.09
กล้วย ข้าวโพด	58.93
กล้วย ข้าวโพด ผักกาด หอม	0.66
กล้วย ข้าวโพด ลิ้นจี่	4.26
กล้วย ข้าวโพด เลี้ยงหมู ยางพารา	17.43
กล้วย เซอร์รี่ เงาะ ทุเรียน ลิ้นจี่	2.00
กล้วย ทุเรียน	30.85
กล้วย บุก มะขามป้อม มะม่วง ลิ้นจี่ อะโวคาโด	9.07

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กล้วย ลินจี	9.58
กล้วย เลี้ยงไก่ ลินจี	0.14
กล้วย เลี้ยงไก่ ลินจี สับปรด เลี้ยงหมู	0.78
กาแฟ ลินจี	8.88
กาแฟ	1.13
กาแฟ โกโก้ เซอร์รี่ บ้วย ลินจี สับปรด อะโวคาโด	38.50
กาแฟ โกโก้ เซอร์รี่ ลินจี	1.74
กาแฟ โกโก้ แมคคาเดเมีย ลินจี อะโวคาโด	12.31
กาแฟ ข้าวนา เซอร์รี่	6.64
กาแฟ ข้าวโพด	8.56
กาแฟ เงาะ ชา เซอร์รี่	12.42
กาแฟ ชา เซอร์รี่ ลินจี อะโวคาโด	3.88
กาแฟ ชา เซอร์รี่ อะโวคาโด	14.17
กาแฟ ชา ลินจี เลี้ยงหมู	1.72
กาแฟ เซอร์รี่	2.44
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี	11.54
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี มะม่วง	8.03
กาแฟ เซอร์รี่ ลินจี อะโวคาโด	20.91
กาแฟ มะนาว ลินจี	8.41
กาแฟ ลินจี	11.74
กาแฟ อะโวคาโด เซอร์รี่	4.52
โกโก้ กาแฟ ลูกหนูน ลินจี อะโวคาโด	3.56
โกโก้ ข้าวโพด ข้าวไร่ ยางพารา ลำไย ลินจี	8.83
โกโก้ ชา ลินจี	2.23
โกโก้ แมคคาเดเมีย	2.57
โกโก้ ยางพารา	4.75
โกโก้ อะโวคาโด	3.56
ชา แมคคาเดเมีย	6.03
ข้าวนา	11.45
ข้าวโพด	220.70
ข้าวโพด ข้าวไร่	17.22
ข้าวโพด ข้าวไร่ เซอร์รี่	7.25
ข้าวโพด ข้าวไร่ ยางพารา	5.47
ข้าวโพด ข้าวไร่ ยางพารา ลินจี	6.45
ข้าวโพด ข้าวไร่ ลินจี	19.10
ข้าวโพด งาม อะโวคาโด	16.13

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
ข้าวโพด เงาะ เซอร์รี่ บัวย ลิ่นจี	28.04
ข้าวโพด ชา เซอร์รี่ ลิ่นจี	8.67
ข้าวโพด ถั่ว	6.08
ข้าวโพด ทุเรียน มะม่วง ยางพารา	11.40
ข้าวโพด ผักกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้	1.14
ข้าวโพด พริกชี้หนู	0.73
ข้าวโพด ยางพารา	16.75
ข้าวโพด ยางพารา เลี้ยงหมู	1.00
ข้าวโพด ยูคาลิปตัส	2.45
ข้าวโพด ลิ่นจี	83.91
ข้าวโพด ลิ่นจี	5.10
ข้าวโพด ลิ่นจี ยางพารา	12.98
ข้าวโพด ลิ่นจี เลี้ยงหมู	8.32
ข้าวโพด อะโวคาโด	5.25
ข้าวไร่	89.91
ข้าวไร่ ข้าวโพด	134.83
ข้าวไร่ ข้าวโพด ชิง งาดำ	11.28
ข้าวไร่ ข้าวโพด ลิ่นจี อะโวคาโด	8.71
ข้าวไร่ งาดำ	9.44
ข้าวไร่ เงาะ ยางพารา	4.72
ข้าวไร่ เซอร์รี่ แมคคาเดเมีย อะโวคาโด	3.25
ข้าวไร่ เซอร์รี่ แมคคาเดเมีย	10.14
ข้าวไร่ บุก อะโวคาโด	2.17
ข้าวไร่ มังคุด	5.09
ข้าวไร่ ยางพารา	21.81
ข้าวไร่ ยางพารา ลิ่นจี	8.29
ข้าวไร่ ลิ่นจี	26.64
ข้าวไร่ อะโวคาโด	21.08
คอกหมู	0.64
งา แมคคาเดเมีย	3.55
เงาะ	16.24
เงาะ เซอร์รี่	0.55
เงาะ ลิ่นจี	0.58
เงาะ ลิ่นจี อะโวคาโด	4.12
ชา เซอร์รี่ เงาะ ลิ่นจี	17.75
ชา ลิ่นจี	5.75

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
เขอริ ลิ่นจี สับปะรด	0.70
เขอริ	7.68
เขอริ บุก ลิ่นจี	3.57
เขอริ ปาล์ม อะโวคาโด	8.24
เขอริ มะนาว	3.28
เขอริ ลิ่นจี	15.60
เขอริ ลิ่นจี ยางพารา	4.44
เขอริ ลิ่นจี เลียงหมู	0.61
เขอริ ลิ่นจี อะโวคาโด	9.55
เขอริ เลียงไก่ ลิ่นจี	1.60
ถั่วเหลือง	3.81
ทุเรียน	11.88
บุก	3.06
บุก ลิ่นจี	8.88
บุก ลิ่นจี อะโวคาโด	3.33
ปาล์ม ยางพารา	4.64
ไผ่	37.26
ไผ่ ยางพารา	6.22
ฝักทอง	4.01
มะนาว ลิ่นจี ส้มโอ	0.36
มะนาว ลิ่นจี อะโวคาโด	14.60
มะม่วง แมคคาเดเมีย	1.35
แมคคาเดเมีย	19.64
ไม่ได้ทำประโยชน์	5.07
ยางพารา	985.37
ยางพารา บ่อปลา	8.06
ยางพารา มันสำปะหลัง	6.77
ยางพารา แมคคาเดเมีย	4.28
ยางพารา โรงเรือน	51.33
ยางพารา ลิ่นจี	112.40
ยางพารา เลียงหมู	2.61
ยางพารา สับปะรด	4.47
ยูคาลิปตัส ไผ่	1.70
ไร้หมุนเวียน	134.74
ลำไย ลิ่นจี	2.09
ลิ่นจี	223.82

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
ลีนจี้ มะนาว	1.11
ลีนจี้ ยางพารา	83.20
ลีนจี้ เลียงหมู	7.32
ลีนจี้ เลียงหมู ยางพารา	2.09
ลีนจี้ สวนผสมผสาน	0.34
ลีนจี้ อะโวคาโด	9.97
เลียงไก่	0.48
เลียงไก่ เลียงหมู	0.21
เลียงหมู	14.63
เลียงหมู ยางพารา	2.44
สั๊ก	0.80
อะโวคาโด	27.33
รวมพื้นที่ทั้งหมด	3,169.67 ไร่

จากตารางที่ 22 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านหล่อชา พบว่า มีพื้นที่ใช้ประโยชน์รวมทั้งสิ้น 3,169.67 ไร่ โดยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ (1) ยางพารา 985.37 ไร่ (2) ลีนจี้ 223.82 ไร่ (3) ข้าวโพด 220.70 ไร่ (4) ข้าวไร่ ข้าวโพด 134.83 ไร่ (5) ไร่มุนเวียน 134.74 ไร่ (6) ยางพารา ลีนจี้ 112.40 ไร่ (7) ข้าวไร่ 89.91 ไร่ (8) ลีนจี้ ยางพารา 83.20 ไร่ (9) ข้าวโพด ลีนจี้ 83.91 ไร่ และ (10) ยางพารา ไร่เลื่อน 51.33 ไร่

ผลการวิเคราะห์ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักที่ให้ผลตอบแทนระยะยาว ได้แก่ ยางพารา ข้าวโพด และลีนจี้ ซึ่งเป็นพืชที่มีตลาดรองรับชัดเจนและให้รายได้ต่อเนื่อง ทั้งนี้ยังพบรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานในบางส่วน เช่น การปลูกกาแฟร่วมกับโกโก้ ลีนจี้ หรืออะโวคาโด รวมถึงการปลูกพืชแซมในสวนยางพารา เพื่อเพิ่มรายได้และลดความเสี่ยงจากราคาพืชหลักที่ผันผวนตามฤดูกาล

ผลการสำรวจดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ยังคงเน้นระบบการผลิตเชิงเดี่ยวเป็นหลักโดยเฉพาะการปลูกยางพาราและข้าวโพด ซึ่งแม้จะมีข้อดีด้านรายได้ที่แน่นอน แต่ก็อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเสื่อมโทรมของดิน การชะล้างพังทลายของหน้าดิน นอกจากนี้ยังอาจนำไปสู่การลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพในระบบเกษตรกรรม

อย่างไรก็ตาม รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะเกษตรผสมผสาน เช่น การปลูกกาแฟและโกโก้ ร่วมกับไม้ผลยืนต้นถือเป็นแนวโน้มเชิงบวกที่ช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ระบบเกษตรแบบผสมผสานสามารถช่วยลดการพังทลายของดิน รักษาความชุ่มชื้นของดิน เพิ่มการหมุนเวียนของธาตุอาหาร และช่วยสร้างสมดุลทางนิเวศในพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ยังเพิ่มความยืดหยุ่นทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรจากการมีรายได้หลากหลายช่องทาง

นอกจากนี้ พื้นที่ไร่มุนเวียน (134.74 ไร่) และพื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ (5.07 ไร่) เป็นโอกาสสำคัญสำหรับการพัฒนาในอนาคต โดยสามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวในการจัดตั้งแปลงสาธิตเพื่อการปลูกพืชอนุรักษ์ดินและน้ำ หรือพัฒนาโครงการเกษตรยั่งยืนตามแนวทางการจัดการพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ (Landform-Based Management) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบการผลิตบนพื้นที่สูง

สรุป การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านหล่อชายังคงเน้นการผลิตเชิงเศรษฐกิจเป็นหลัก แต่มีแนวโน้มการปรับตัวเข้าสู่ระบบเกษตรผสมผสานและเกษตรเชิงอนุรักษ์มากขึ้น ซึ่งหากได้รับการสนับสนุน

SYMBOL	ยุคกำเนิด	คำอธิบาย	ประเภทหิน	พื้นที่ (ไร่)
SD	Silurian-Devonian	หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และ หินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา	หินตะกอน และหินแปร	151
Trgr	Triassic	หินไบโอไทต์แกรนิต ทัวมารีนแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวต์ แกรนิต มัสโคไวต์ทัวมารี	หินอัคนี	4,365
Trgr	Triassic	หินไบโอไทต์แกรนิต ทัวมารีนแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์มัสโคไวต์ แกรนิต มัสโคไวต์ทัวมารี	หินอัคนี	866

2.11) ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาบ้านห่อชา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

จากการสำรวจข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่มีหน่วยหินหลัก (Rock Units) หลายหน่วยกระจายอยู่ โดยมีลักษณะอายุทางธรณีกาลตั้งแต่ยุค ****Silurian-Devonian**** จนถึง ****Holocene (ควอเทอร์นารี)**** ซึ่งแสดงถึงความซับซ้อนทางธรณีวิทยาของพื้นที่ในระดับสูง โดยสามารถจำแนกกลุ่มหินและหน่วยหินสำคัญได้ดังนี้:

- กลุ่มหินแก่งกระจาน (Kaeng Krachan Group) – อายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงเพอร์เมียน (Carboniferous–Permian; 270–320 ล้านปีที่ผ่านมา) ประกอบด้วยหินโคลนปนกรวด หินดินดาน หินทรายแป้ง หินเชิร์ต และหินทรายเนื้อซิลิกา มีซากดึกดำบรรพ์ของ brachiopods, bryozoans, corals และ crinoids สะท้อนถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนในระบบทะเลตื้นถึงน้ำลึกปานกลาง
- หินแกรนิตไบโอไทต์และแกรโนไดโอไรต์ (Biotite Granite & Granodiorite; หน่วย Trgr) – อายุไทรแอสสิก (Triassic; 249.7–199.6 ล้านปี) เป็นหินอัคนีชนิดแกรนิตและแกรโนไดโอไรต์ มีแร่ประกอบหลักคือไบโอไทต์ มัสโคไวต์ และทัวมารีน สะท้อนกระบวนการแทรกดันของแมกมาในช่วงการยกตัวของเปลือกโลกยุคเทือกเขาหิมาลัยตอนต้น
- หินฟิลไลต์ (Phyllite; หน่วย SD) – อายุซิลูเรียนถึงดีโวเนียน (Silurian–Devonian; 443–359 ล้านปี) เป็นหินแปรเนื้อแน่น ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา เกิดจากการแปรสภาพของหินดินดานและหินทรายภายใต้ความดันและอุณหภูมิระดับต่ำถึงปานกลาง
- หินเชิร์ต หินทัฟฟ์ และหินปูนแปร (หน่วย DC) – อายุดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส (Devonian–Carboniferous; 320–390 ล้านปี) เป็นหินตะกอนที่ผ่านการแปรสภาพ มีองค์ประกอบของหินภูเขาไฟและหินปูนสะสมตัวในสภาพแวดล้อมทะเลลึก
- ตะกอนควอเทอร์นารี (Quaternary deposits; หน่วย Qa) – อายุโฮโลซีน (Holocene; 0.0115 ล้านปีถึงปัจจุบัน) เป็นตะกอนธารน้ำพา ประกอบด้วยกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว สะสมตัวตามร่องน้ำ คันดินแม่น้ำ และแอ่งน้ำท่วมชั่วคราว ซึ่งบ่งบอกถึงกระบวนการธรณีสัณัยใหม่ในพื้นที่ราบลุ่ม โดยรวมพบว่าพื้นที่บ้านห่อชามีหน่วยหินหลักที่สำคัญได้แก่ หินอัคนี (Igneous rock) เช่น แกรนิต และ หินตะกอนและหินแปร (Sedimentary and Metamorphic rocks) เช่น หินฟิลไลต์ หินเชิร์ต และ หินดินดาน รวมถึงตะกอนสมัยใหม่ในบริเวณลุ่มน้ำ ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงธรณีวิทยาที่ต่อเนื่องยาวนานหลายร้อยล้านปี

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
กาแฟ ชา เซอร์รี่	7.50
กาแฟ เซอร์รี่	11.50
กาแฟ ไม้	5.70
กาแฟ พลับ มะม่วง สตอเบอร์รี่ องุ่น อโวคาโด	10.22
ข้าวนา	20.00
ข้าวนา ข้าวโพด	2.60
ข้าวนา เซอร์รี่	4.30
ข้าวโพด	22.00
ข้าวไร่	83.00
ข้าวไร่ เซอร์รี่	34.00
เงาะ เซอร์รี่	7.98
เงาะ มะม่วง ลิ้นจี่ หม่อน อโวคาโด	19.02
ชา	7.68
ชา เซอร์รี่	0.90
เซอร์รี่	113.00
เซอร์รี่ ท้อ มะนาว โรงเรือนผัก อโวคา	5.19
เซอร์รี่ มะนาว ลิ้นจี่	2.34
เซอร์รี่ มะม่วง	15.73
เซอร์รี่ มะม่วง ลิ้นจี่	12.86
เซอร์รี่ มะระ	4.27
เซอร์รี่ ลิ้นจี่	119.00
เซอร์รี่ สับปะรด	13.80
เซอร์รี่ อโวคาโด	4.39
เซอร์รี่ กล้วย	7.00
ไม้	9.59
ไร่ผสมผสาน	7.50
ไร่หมุนเวียน	433.00
ลิ้นจี่	38.00
สับปะรด	13.00
รวมพื้นที่ทั้งหมด	906.56 ไร่

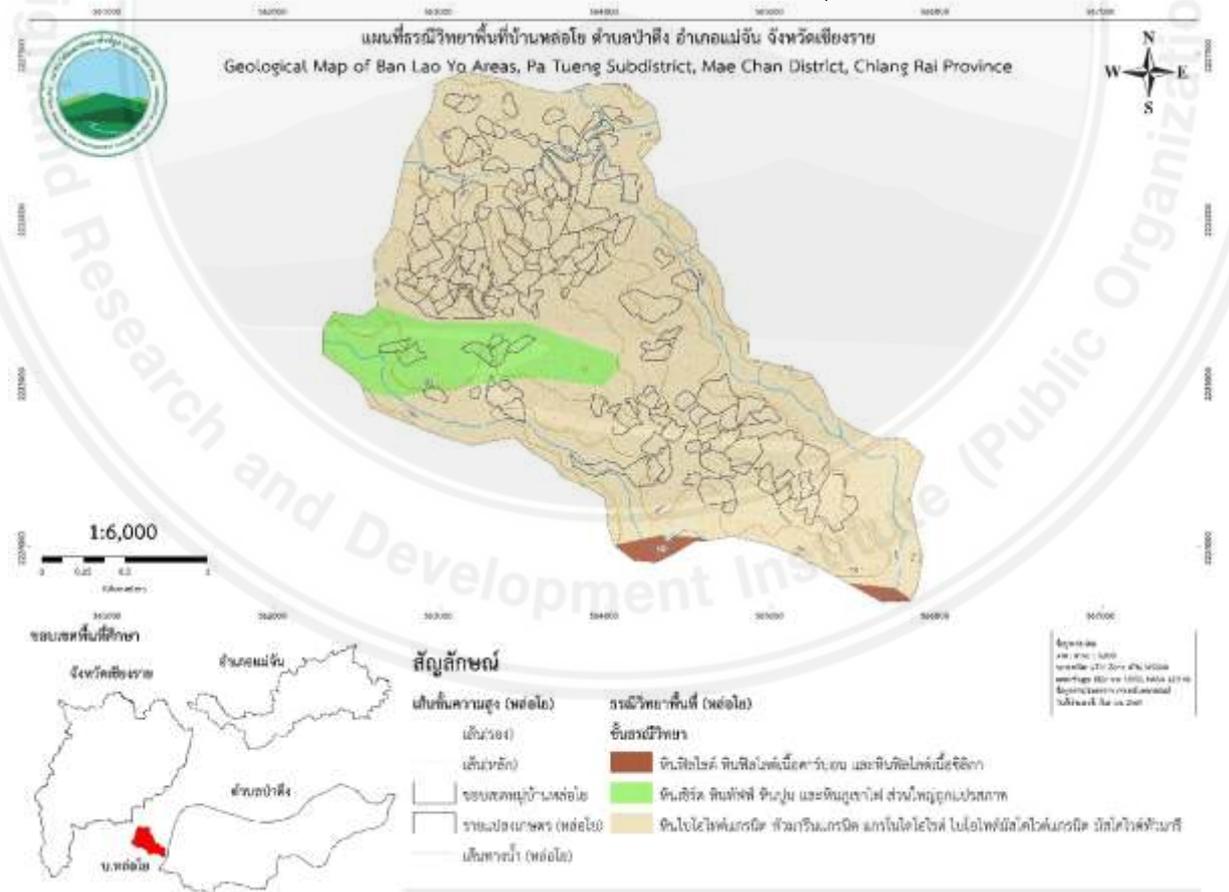
จากตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านหล่อยอ มีพื้นที่ใช้ประโยชน์รวมทั้งสิ้นประมาณ 906.56 ไร่ มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมีความหลากหลาย ครอบคลุมทั้งพืชไร่ พืชสวน พืชผสมผสาน และระบบไร่หมุนเวียน รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ (1) ไร่หมุนเวียน 433.00 ไร่ (2) เซอร์รี่ ลิ้นจี่ 119.00 ไร่ (3) เซอร์รี่ 113.00 ไร่ (4) ข้าวไร่ 83.00 ไร่ (5) เซอร์รี่ มะม่วง 15.73 ไร่ (6) เซอร์รี่ สับปะรด 13.80 ไร่ (7) เซอร์รี่ มะม่วง ลิ้นจี่ 12.86 ไร่ (8) กาแฟ 38.00 ไร่ (9) ลิ้นจี่ 38.00 ไร่ และ (10) ข้าวโพด 22.00 ไร่

พื้นที่ส่วนใหญ่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านหล่อยเป็นระบบเกษตรแบบดั้งเดิมผสมผสานกับการปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก โดยเฉพาะการทำไร่หมุนเวียน ซึ่งเป็นลักษณะการเกษตรที่สอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นและสภาพพื้นที่สูงของภาคเหนือ ทั้งยังพบว่าการปลูกพืชผลไม้เศรษฐกิจสำคัญ เช่น เซอร์รี ลิ้นจี่ และกาแฟ ซึ่งเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจและสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในระยะยาว

นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน (mixed-cropping system) เช่น กล้าย กาแฟ เซอร์รี ลิ้นจี่ พลับ มะม่วง สตรอเบอร์รี่ ฝรั่ง อโวคาโด ซึ่งสะท้อนถึงความพยายามของเกษตรกรในการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงการกระจายความเสี่ยงทางเศรษฐกิจจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแม้จะมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจ แต่ก็ควรได้รับการบริหารจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้สารเคมี การชะล้างพังทลายของดิน และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้แนวทางเกษตรเชิงอนุรักษ์ หรือการจัดการพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ (Landform-Based Management) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบการผลิตให้เกิดความยั่งยืนทั้งด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ รูปแบบการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน เช่น การปลูกกาแฟร่วมกับไม้ผลหลากหลายชนิด เป็นตัวอย่างของการพัฒนาเกษตรกรรมที่คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การปลูกพืชหลายชนิดในพื้นที่เดียวกันช่วยเพิ่มการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน ลดการพังทลายของดิน และสร้างระบบนิเวศเกษตรที่สมดุล ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ควรส่งเสริมให้ขยายผลในระดับชุมชน

โดยสรุป การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่บ้านหล่อยมีลักษณะของการผสมผสานระหว่างระบบการผลิตแบบดั้งเดิมและสมัยใหม่ โดยมีแนวโน้มที่ดีในการปรับตัวเข้าสู่ระบบเกษตรแบบยั่งยืนมากขึ้น หากมีการสนับสนุนด้านองค์ความรู้ เทคโนโลยีการจัดการพื้นที่ และนโยบายส่งเสริมที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินพร้อมรักษาทรัพยากรธรรมชาติและคุณสมบัติของระบบนิเวศ



ภาพที่ 20 แผนที่ทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา พื้นที่บ้านหล่อย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 25 ข้อมูลธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา พื้นที่บ้านหล่อย อำเภอมะจัน จังหวัดเชียงราย

SYM BOL	ยุคกำเนิด	คำอธิบาย	ประเภทหิน	พื้นที่/ไร่
SD	Silurian-Devonian	หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา	หินตะกอน และหินแปร	45
Trgr	Triassic	หินไบโอไทต์แกรนิต ทัวมารีนแกรนิต แกรโนไดโอไรต์ ไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต มัสโคไวต์ทัวมารี	หินอัคนี	3,244
DC	Devonian-Carboniferous	หินเชิร์ต หินทัฟฟ์ หินปูน และหินภูเขาไฟ ส่วนใหญ่ถูกแปรสภาพ	หินตะกอน และหินแปร	400

2.12) ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาบ้านหล่อย อำเภอมะจัน จังหวัดเชียงราย

ผลจากการสำรวจข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่บ้านหล่อย พบว่ามีหน่วยหินหลัก 3 หน่วย ซึ่งประกอบด้วยหน่วยหินแปร หินตะกอน และหินอัคนี โดยมีอายุทางธรณีกาลตั้งแต่ยุคซิลูเรียนถึงยุคไทรแอสสิก ซึ่งสะท้อนถึงลำดับขั้นทางธรณีวิทยาและกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกที่ซับซ้อนในพื้นที่ สามารถจำแนก ดังนี้

- หน่วยหินฟิลไลต์ (Phyllite Unit; สัญลักษณ์ SD) อายุ: ซิลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian; 443.7-359.2 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: ประกอบด้วยหินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน และหินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา ลักษณะโดยทั่วไป: เป็นหินแปรเนื้อแน่น เกิดจากการแปรสภาพของหินดินดานและหินทรายภายใต้แรงดันและอุณหภูมิระดับต่ำถึงปานกลาง พบลักษณะการแยกตัวตามแนวแปรสภาพ (foliation) ชัดเจน สีเทาเข้มถึงเทาอมเขียว การกระจายตัว: พบครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 45 ไร่
- หน่วยหินแกรนิตไบโอไทต์ (Biotite Granite Unit; สัญลักษณ์ Trgr) อายุ: ไทรแอสสิก (Triassic; 249.7-199.6 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: ประกอบด้วยหินไบโอไทต์แกรนิต แกรโนไดโอไรต์ มัสโคไวต์-ทัวมารีนแกรนิต และไบโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต ลักษณะโดยทั่วไป: เป็นหินอัคนีแทรกซอนเนื้อหยาบ สีเทาอ่อนถึงชมพูอ่อน เกิดจากการเย็นตัวของแมกมาในช่วงปลายยุคไทรแอสสิก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการยกตัวของเทือกเขาหิมาลัยตอนต้น การกระจายตัว: เป็นหน่วยหินที่มีพื้นที่มากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ครอบคลุมประมาณ 3,244 ไร่
- หน่วยหินเชิร์ตและหินภูเขาไฟ (Chert-Volcanic Unit; สัญลักษณ์ DC) อายุ: ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Devonian-Carboniferous; 390-320 ล้านปีที่ผ่านมา) ลักษณะหิน: ประกอบด้วยหินเชิร์ต หินทัฟฟ์ หินปูน และหินภูเขาไฟ ซึ่งผ่านการแปรสภาพในระดับต่ำ ลักษณะโดยทั่วไป: มีสีเทาเข้มถึงเทาดำ มักพบเป็นชั้นบางสลับกับหินภูเขาไฟแปร (metavolcanic) แสดงถึงการสะสมตัวของตะกอนและหินภูเขาไฟในสภาพแวดล้อมทะเลลึกในอดีต การกระจายตัว: พบครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 400 ไร่

ผลจากการวิเคราะห์เชิงธรณีวิทยาพบว่า พื้นที่บ้านหล่อยมีความหลากหลายของชนิดหินและอายุทางธรณีกาลอย่างชัดเจน หน่วยหินฟิลไลต์และหน่วยหินเชิร์ตแสดงถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนในทะเลลึกในยุคพาลีโอโซอิก ซึ่งต่อมาได้รับอิทธิพลจากแรงดันและอุณหภูมิ จนเกิดการแปรสภาพในระดับต่ำ ขณะที่หน่วยหินแกรนิตแสดงถึงการแทรกดันของแมกมาในช่วงปลายยุคไทรแอสสิก ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการยกตัวและการชนกันของแผ่นเปลือกโลกในยุคหลัง

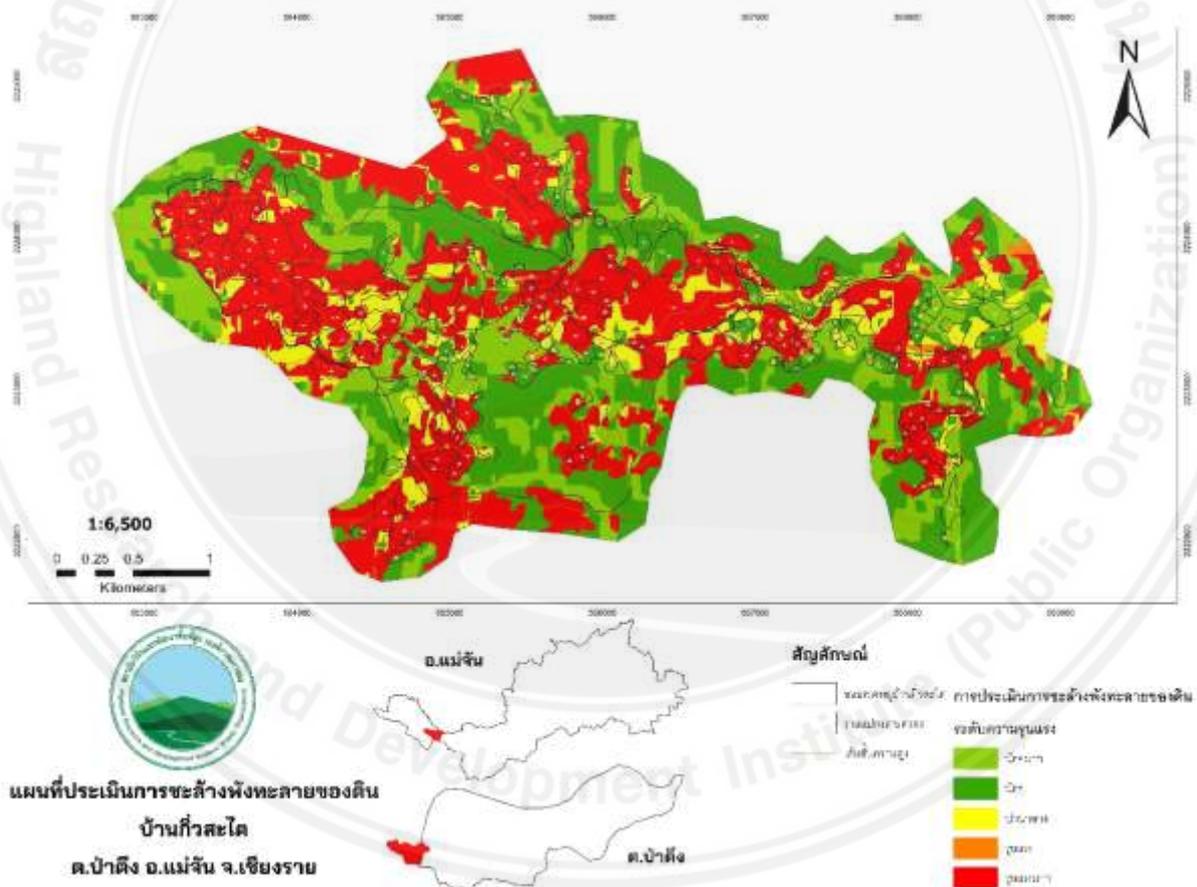
หน่วยหินอัคนี (Trgr) ที่พบมีขนาดพื้นที่มากที่สุดในพื้นที่บ้านหล่อโย แสดงถึงการแทรกซ้อนของหินแกรนิตขนาดใหญ่ในช่วงปลายการก่อตัวของเทือกเขาหิมาลัยตอนต้น ซึ่งอาจมีศักยภาพทางเศรษฐกิจในด้านแหล่งแร่ดีบุก วุลแฟรม หรือโมลิบดีนัม ที่มักสัมพันธ์กับแกรนิตชนิดนี้ในประเทศไทยตอนเหนือ

ในส่วนของหน่วยหินฟิลไลต์และหินเชิร์ต มีความสำคัญในฐานะเป็นหินฐาน (Basement rock) ของพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อสภาพธรณีสิ่งแวดล้อม ความลาดชัน และการพัฒนาโครงสร้างทางภูมิประเทศในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับการกักเก็บน้ำใต้ดินในรอยแตกหรือแนวแปรสภาพ จึงเป็นหน่วยหินที่มีศักยภาพในการจัดการน้ำและการใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมในพื้นที่ภูเขา

โดยสรุป ธรณีวิทยาของพื้นที่บ้านหล่อโยมีลักษณะเด่นคือการรวมตัวของหน่วยหินเก่ากับหน่วยหินใหม่ภายในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งแสดงถึงประวัติการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกที่ซับซ้อนและยาวนานตั้งแต่ยุคพาเลโอโซอิกถึงเมโสโซอิกตอนต้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมทางธรณีเคมี (Geochemistry) และโครงสร้างธรณีวิทยา (Structural Geology) จะสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการวางแผนพัฒนาทรัพยากรแร่ การจัดการพื้นที่ และการประเมินความเสี่ยงทางธรณีพิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.13) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับระดับการชะล้างพังทลาย

พื้นที่บ้านกิวสะโต บ้านหล่อชา และบ้านหล่อโย อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 21 แผนที่การประเมินการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่บ้านกิวสะโต

ตารางที่ 26 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านกิวสะโต

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสียโดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	1,575	22
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	2,132	30
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	650	9
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	51	1
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	2,777	39

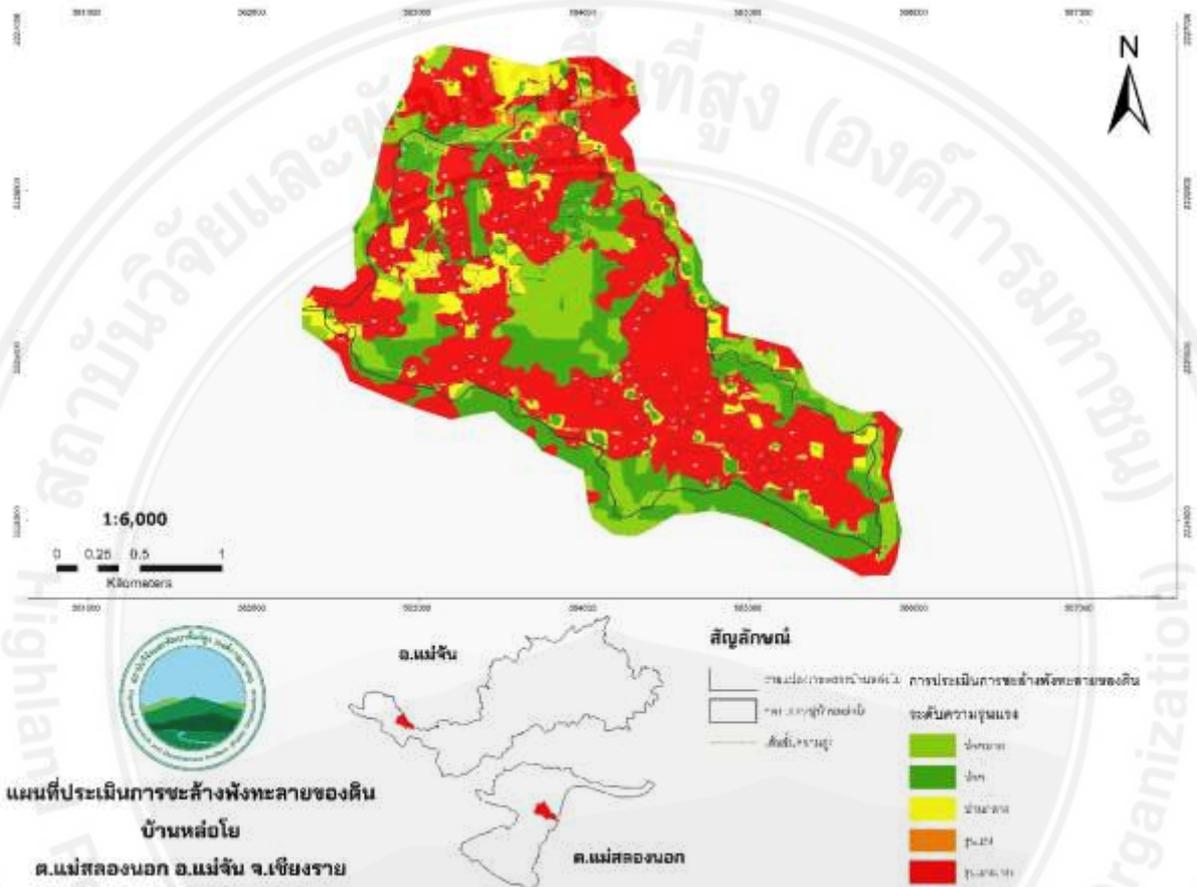
จากตารางที่ 26 พบว่า พื้นที่บ้านกิวสะโตมีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) ถึงรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับรุนแรงมาก (39%) และน้อย (30%) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูงและลาดชันที่มีความอ่อนไหวต่อการพังทลายของดิน พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น (Perennial Crops) เช่น กาแฟ ไม้เศรษฐกิจ และป่าเสื่อมโทรม ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดชันเกิน 35% และบางส่วนเป็นพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินจากการขุดลอกหรือทำแนวปลูกพืชใหม่ ส่งผลให้การไหลบ่าของน้ำฝนพัดพาหน้าดินออกไปได้ง่าย พื้นที่ระดับน้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) พบมากเป็นอันดับสองคิดเป็นร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไร่หมุนเวียน (Swidden Cultivation) ซึ่งมีการสลับพักแปลงและปลูกพืชใหม่ ทำให้มีการฟื้นฟูของพืชพรรณธรรมชาติบางส่วน แต่ยังคงมีการเปิดหน้าดินระหว่างรอบการปลูก พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายเล็กน้อย (0-2 ตัน/ไร่/ปี) พบในพื้นที่ราบและลาดเอียงเล็กน้อย (0-12%) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ นาข้าวและพืชไร่ คิดเป็นร้อยละ 22 ของพื้นที่ทั้งหมด แสดงถึงสภาพพื้นที่ที่มีเสถียรภาพทางกายภาพของดินสูง การระบายน้ำดี และมีการคลุมดินจากเศษพืชเหลือทิ้งทางการเกษตร

ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่า ความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความลาดชันและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและพืชไร่เชิงเดี่ยวในเขตภูเขาที่มีความลาดชันสูง ซึ่งมีแนวโน้มเกิดการพังทลายมากกว่าพื้นที่ที่มีพืชคลุมดินหรือใช้ระบบเกษตรแบบผสมผสาน พื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว (ข้าวโพด มันสำปะหลัง) หรือ ไม้ยืนต้นบนพื้นที่ลาดชันมักขาดการจัดการด้านอนุรักษ์ดิน เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การทำขั้นบันได หรือแนวกันน้ำ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียดินและธาตุอาหารสูง ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Renard et al. (1997) ที่ระบุว่าความลาดชันและการขาดการคลุมดินเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มค่าการสูญเสียดิน (A value) ในทางกลับกัน พื้นที่นาข้าวและพืชไร่ในที่ราบ มีการชะล้างพังทลายน้อยมาก เนื่องจากมีการขังน้ำ การคลุมดินจากเศษพืช และโครงสร้างดินที่คงตัวดี ส่งผลให้เกิดการสะสมตะกอนและการฟื้นตัวของดินในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการพื้นที่ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ควรจัดระบบเกษตรแบบวนเกษตร (Agroforestry) เพื่อเพิ่มความหลากหลายของพืชและลดการเปิดหน้าดิน ดำเนินการทำขั้นบันไดดิน (Terrace) และแนวกันน้ำเพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ ปลูกพืชคลุมดิน เช่น หญ้าแฝก หรือถั่วมะแฮะ เพื่อเพิ่มความคงตัวของหน้าดิน พื้นที่ปานกลางถึงรุนแรง (5-20 ตัน/ไร่/ปี) ใช้แนวทางการปลูกพืชแบบแถบชั้น (Strip Cropping) และไถพรวนตามแนวระดับ ใช้พืชหมุนเวียนและพืชคลุมดินในช่วงพักแปลง เพื่อรักษาความชุ่มชื้น

ของดิน พื้นที่น้อยถึงน้อยมาก (0–5 ตัน/ไร่/ปี) ส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์และรักษาเศษพืชคลุมดินหลังเก็บเกี่ยว
รักษาระบบการจัดการน้ำให้เหมาะสม ป้องกันการชะล้างในฤดูฝน

สรุป พื้นที่บ้านกิวสะไต้มีการชะล้างพังทลายของดินในระดับ ปานกลางถึงรุนแรงมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและไร่มุมนเวียนบนพื้นที่ลาดชัน ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน การส่งเสริมระบบเกษตรเชิงอนุรักษ์ เช่น การทำขั้นบันได การปลูกพืชคลุมดิน และการจัดการน้ำอย่างเหมาะสม จะช่วยลดอัตราการสูญเสียดินและเพิ่มเสถียรภาพของระบบนิเวศทางเกษตรในระยะยาว



ภาพที่ 22 แผนที่การประเมินการชะล้างพังทลายของดินที่บ้านหล่อย

ตารางที่ 27 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านหล่อย

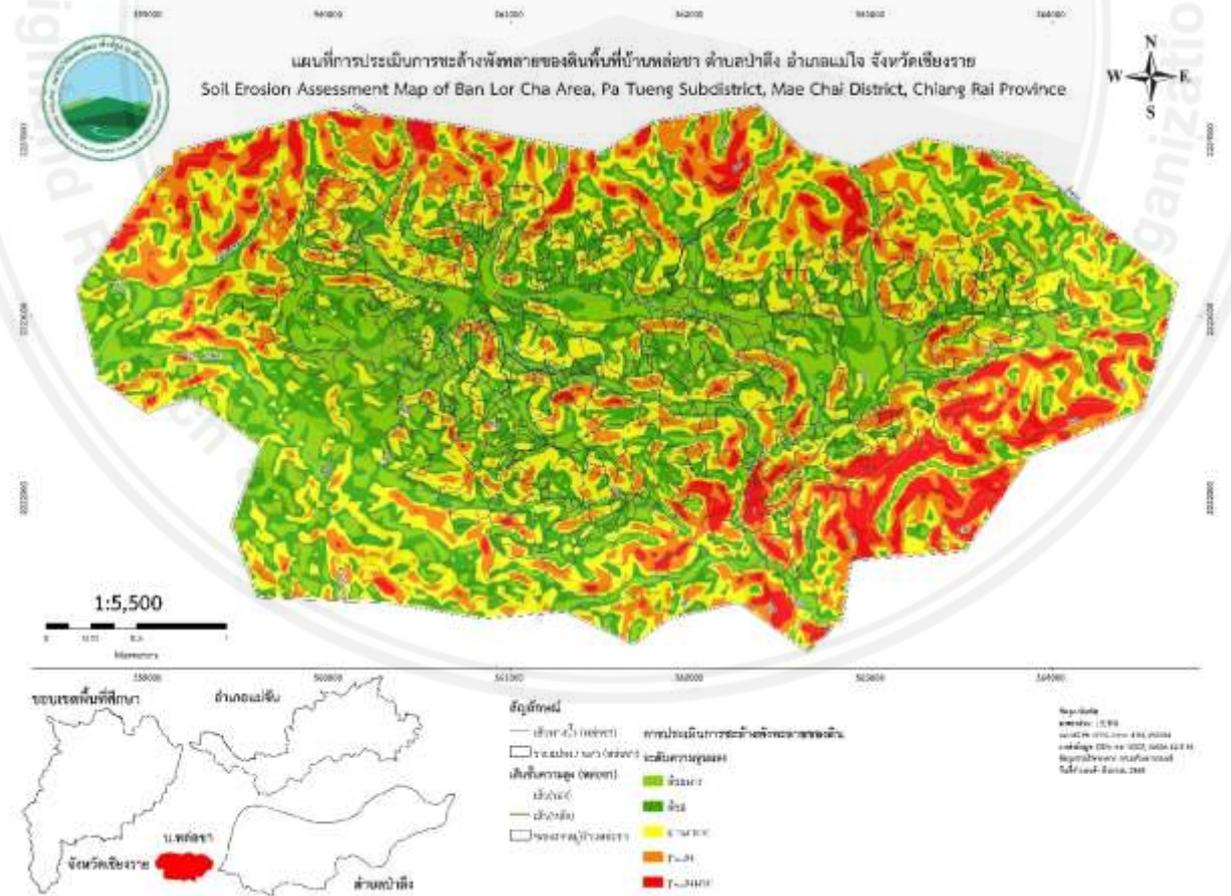
ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสียโดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	610	17
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่มุมนเวียน	815	22
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	308	8
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	36	1
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	1,919	52

จากตารางที่ 27 และแผนที่การประเมินการชะล้างพังทลายของดินบ้านหล่อย พบว่า บ้านหล่อยมีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยถึงรุนแรงมาก โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับรุนแรงมาก (52%) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น (Perennial Crops) เช่น กาแฟ แมคคาเดเมีย และไม้เศรษฐกิจ พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับน้อย (2–5 ตัน/ไร่/ปี) และน้อยมาก (0–2 ตัน/ไร่/ปี) รวมกันคิดเป็นร้อยละ

ละ 39 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่พบในพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ และไร่มุมนเวียน ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ลาดเอียงน้อยกว่า 12% ดินมีความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร และมีพืชคลุมดินตามฤดูกาล ซึ่งช่วยลดแรงปะทะของเม็ดฝน และลดการพังทลายได้ดี พื้นที่ที่มีระดับ ปานกลางถึงรุนแรง (5–20 ตัน/ไร่/ปี) มีสัดส่วนรวมเพียงร้อยละ 9 พบในพื้นที่ปลูกพืชสวนและไม้ผล ซึ่งมักเป็นพื้นที่ไหล่เขา (foot slope) หรือพื้นที่เปลี่ยนระดับระหว่างราบกับลาดชัน

จากผลการประเมินพบว่า การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่บ้านหล่อโยมีแนวโน้มสูงในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและพื้นที่ลาดชัน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน และมีฝนตกชุกตลอดทั้งปี (โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคม–ตุลาคม) การปลูกพืชเชิงเดี่ยวบนพื้นที่ลาดชันโดยไม่มีระบบอนุรักษ์ดินที่เหมาะสมทำให้หน้าดินถูกชะล้างไปพร้อมกับธาตุอาหาร ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมและผลผลิตลดลงในระยะยาว การชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ที่พบมากถึงครึ่งหนึ่งของพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในภาวะวิกฤตทางดิน ซึ่งต้องมีการจัดการเร่งด่วน เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การสร้างขั้นบันได และการจัดระบบระบายน้ำที่เหมาะสม ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Renard et al. (1997) ที่ระบุว่า ความลาดชันของพื้นที่ (LS factor) และการขาดการคลุมดิน (C factor) เป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มอัตราการสูญเสียดิน โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรบนภูเขา (mountainous agriculture) ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเข้มข้นแต่ไม่มีการฟื้นฟูหน้าดิน

โดยสรุป พื้นที่บ้านหล่อโยมีการชะล้างพังทลายของดินในระดับปานกลางถึงรุนแรงมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและไร่มุมนเวียนที่อยู่บนภูเขาสูงและลาดชัน การจัดการพื้นที่ด้วยแนวทางอนุรักษ์ดินและน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อรักษาหน้าดิน ป้องกันการเสื่อมโทรมของพื้นที่เกษตร และเพิ่มความยั่งยืนของระบบการผลิตทางการเกษตรในระยะยาว



ภาพที่ 23 แผนที่การประเมินการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่บ้านหล่อชา

ตารางที่ 28 ข้อมูลระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านหล่อชา

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย (ตัน/ไร่/ปี)	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณดินสูญเสียโดยประมาณ	
			(ตัน/ไร่/ปี)	% area
1. น้อยมาก	0-2	นาข้าวและพืชไร่	2,233	27
2. น้อย	2-5	พื้นที่ไร่หมุนเวียน	1,402	17
3. ปานกลาง	5-15	พืชสวน	2,344	29
4. รุนแรง	15-20	ไม้ผล	1,567	19
5. รุนแรงมาก	>20	ไม้ยืนต้น	640	8

จากตารางที่ 28 และแผนที่การประเมินการชะล้างพังทลายของดิน พบว่า พื้นที่บ้านหล่อชามีระดับการชะล้างพังทลายของดินตั้งแต่เล็กน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) ถึงรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 29 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่พืชสวน (Horticulture) เช่น ชา กาแฟ และไม้ผลเมืองหนาวที่ปลูกบนพื้นที่ลาดเอียงปานกลาง (12-25%) พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรง (15-20 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 19 ของพื้นที่ทั้งหมด พบในบริเวณปลูกไม้ผล เช่น ลำไย ลิ้นจี่ และแมคคาเดเมีย ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นที่ไหล่เขาและภูเขาที่มีความลาดชันสูงกว่า 25% การไถพรวนตามแนวลาดและการขาดพืชคลุมดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียดินในระดับสูง พื้นที่นาข้าวและพืชไร่ ซึ่งอยู่ในเขตที่ราบและลาดเอียงต่ำ มีการชะล้างพังทลายระดับน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 27 ของพื้นที่ เนื่องจากมีการคลุมดินตามธรรมชาติ การขังน้ำ และการใช้โครงสร้างดินที่แน่นแข็ง ซึ่งช่วยลดการไหลบ่าของน้ำฝนและแรงกระแทกของเม็ดฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่บ้านหล่อชามีลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขาและเนินเขาสูงสลับซับซ้อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับการชะล้างพังทลายของดิน โดยเฉพาะในพื้นที่พืชสวนและไม้ผล ที่มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวและไม่มีระบบการอนุรักษ์ดิน พบว่ามีการสูญเสียดินในระดับปานกลางถึงรุนแรง (5-20 ตัน/ไร่/ปี) ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนี LS (Slope Length and Steepness Factor) ที่สูงในบริเวณดังกล่าว ขณะที่พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นพบการชะล้างพังทลายในระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นร้อยละ 8 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชันสูงมาก (>35%) และมีการไถพรวนเพื่อปลูกพืชระยะยาว การขาดพืชคลุมดินในช่วงต้นฤดูฝนทำให้น้ำดินถูกชะล้างออกอย่างรวดเร็ว ในทางกลับกัน พื้นที่ นาข้าวและพืชไร่ (Paddy Field and Field Crop) มีการชะล้างพังทลายน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) เนื่องจากการขังน้ำและการจัดการพื้นที่ให้เป็นแอ่งรับน้ำธรรมชาติ ซึ่งช่วยให้เกิดการตกตะกอนและลดการสูญเสียธาตุอาหารในดิน ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานของ Renard et al. (1997) และ กรมพัฒนาที่ดิน (2566) ที่ระบุว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินและความลาดชันเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรบนภูเขา

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการพื้นที่ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ควรใช้ระบบวนเกษตร (Agroforestry) โดยปลูกพืชคลุมดิน เช่น ถั่วพราง ถั่วลิสง และหญ้าแฝก เพื่อช่วยยึดหน้าดิน ใช้การทำขั้นบันได (Terrace) หรือแนวร่องน้ำ (Contour bunds) เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ พื้นที่รุนแรงถึงปานกลาง (5-20 ตัน/ไร่/ปี) ใช้ระบบปลูกพืชแบบแนวระดับ (Contour farming) ร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียน ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และเศษพืชคลุมดินเพื่อลดแรงกระแทกของเม็ดฝน พื้นที่น้อยถึงน้อยมาก (0-5 ตัน/ไร่/ปี) รักษาระบบเกษตรที่มีอยู่ เช่น นาข้าวและพืชไร่ ให้คงสภาพเดิม ส่งเสริมการจัดการดินแบบยั่งยืน เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสดและระบบน้ำหยด

สรุป พื้นที่บ้านหล่อขามีการชะล้างพังทลายของดินในระดับปานกลางถึงรุนแรง (5–20 ตัน/ไร่/ปี) โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชสวนและไม้ผลที่อยู่บนพื้นที่ลาดชัน การใช้มาตรการอนุรักษ์ดิน เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การทำแนวซันบันได และการปรับระบบเกษตรให้เหมาะสมกับภูมิประเทศ จะช่วยลดการสูญเสียดิน และเพิ่มความยั่งยืนของระบบเกษตรบนพื้นที่สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.14) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน (บ้านกิวสะโต บ้านหล่อโย และบ้านหล่อซา)

ตารางที่ 29 ข้อมูลผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ศึกษา

Code	depth cm	pH	CEC	OM	P	K	Ca	Mg	Na	Bs	Soil Texture
			me/100g	%	ppm	ppm	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	%	
LS1	0-10	5.13	28.75	3.54	11.73	294.5	1063.5	213.63	8.63	54.88	Sandy Clay Loam
	10-20	5.37	37.9	3.24	6.65	192.4	920.25	175.83	12.78	54.01	Sandy Clay Loam
LS2	0-10	5.31	48.4	3.07	4.85	167.7	574.75	130.6	12.6	55.30	Sandy Clay Loam
	10-20	5.43	47.95	2.46	2.53	116.18	368.75	96.45	0.43	54.91	Sandy Clay Loam
HKP(NA)	0-10	5.39	40.9	2.06	5.56	30.88	585	155.9	38.2	52.56	Sandy Clay Loam
	10-20	5.49	46.2	1.85	7.29	40.18	477	152.23	34.1	53.01	Sandy Clay Loam

OM = organic matter, BS = base saturation, CEC = cation exchange capacity, P = available phosphorus, K = available potassium
Ca = Exchangeable Calcium, Mg = Exchangeable Magnesium, Na = Exchangeable Sodium

จากตารางที่ 29 พบว่า คุณสมบัติดินของพื้นที่ทั้งสามหมู่บ้านในเขตโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ ห้วยก้างปลา มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดิน Sandy Clay Loam ซึ่งเป็นดินเนื้อค่อนข้างละเอียดระบายน้ำได้ดีพอสมควร และมีศักยภาพในการเก็บธาตุอาหารในระดับปานกลาง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH): ดินทั้งหมดมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.13–5.49 จัดอยู่ในกลุ่มดินกรดปานกลางถึงค่อนข้างแรง ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของดินบนพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ค่าดังกล่าวบ่งชี้ถึงดินที่ผ่านการชะล้างแร่ธาตุอาหารออกไปบางส่วน โดยเฉพาะ Ca, Mg และ K ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฝนและการกัดเซาะผิวดิน

ความสามารถแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 28.75–48.40 meq/100g ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยเฉพาะดินที่บ้านหล่อซา (LS2) และบ้านหล่อโย (LS1) ที่มีค่า CEC สูงกว่า 40 meq/100g แสดงถึงความสามารถในการเก็บและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารได้ดี ซึ่งส่งผลบวกต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าระหว่าง 1.85–3.54% โดยชั้นบน (0–10 ซม.) มีค่า OM สูงกว่าชั้นล่างทุกจุด แสดงให้เห็นถึงการสะสมอินทรีย์วัตถุจากเศษพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในหน้าดิน โดยเฉพาะพื้นที่บ้านกิวสะโต (LS1) มีค่า OM สูงสุดที่ 3.54% สะท้อนถึงการจัดการพื้นที่และการคลุมดินที่ดีกว่าพื้นที่อื่น

ธาตุอาหารหลัก (P และ K): ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) อยู่ในช่วง 2.53–11.73 ppm ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยเฉพาะดินที่ LS1 ชั้นบนมีค่า P สูงสุด (11.73 ppm) ส่วน LS2 และ HKP มีค่า P ต่ำกว่า 7 ppm ซึ่งอาจเกิดจากการตรึงฟอสฟอรัสโดยออกไซด์ของเหล็ก-อะลูมิเนียมในสภาวะกรด สำหรับโพแทสเซียม (K) พบอยู่ในช่วง 30.88–294.5 ppm โดยดินบ้านกิวสะโตมีค่า K สูงที่สุด เนื่องจากหินต้นกำเนิดในพื้นที่เป็นหินฟิลไลต์และหินทราย ซึ่งมีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบหลักธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, Na):

แคลเซียม (Ca) มีค่าระหว่าง 368.75–1063.5 mg/kg, แมกนีเซียม (Mg) อยู่ระหว่าง 96.45–213.63 mg/kg และโซเดียม (Na) อยู่ในช่วง 0.43–38.20 mg/kg โดยมีแนวโน้มลดลงในชั้นลึกของดิน ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการชะล้างตามแนวตั้ง (leaching) ค่าการอิ่มตัวของเบส (Base Saturation: BS): มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52–55% บ่งชี้ว่าดินในพื้นที่มีศักยภาพรองรับการปรับปรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้นได้ หากได้รับการจัดการปุ๋ย ปรับสภาพดินหรือการเติมปุ๋ยอินทรีย์

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าดินในพื้นที่ห้วยก้างปลามีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง แต่มีแนวโน้มความเป็นกรดค่อนข้างสูง ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชบางชนิด โดยเฉพาะฟอสฟอรัส (P) ที่มีค่าต่ำในทุกจุด การมีค่า CEC สูงกว่า 40 meq/100g ในหลายตำแหน่งถือเป็นข้อได้เปรียบทางธาตุอาหาร เนื่องจากช่วยรักษาแคตไอออน เช่น K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้อย่างไรก็ตาม ดินเหล่านี้ยังขาดธาตุ P และมีค่า pH ต่ำ ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงโดยใช้ ปูนโดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) เพื่อเพิ่มค่า pH และเสริม Ca-Mg ควบคู่กับการใช้ ปุ๋ยฟอสเฟต (18-46-0) เพื่อเพิ่มธาตุฟอสฟอรัส ดินลักษณะ Sandy Clay Loam ในพื้นที่ทั้งสามหมู่บ้านมีความสามารถในการระบายน้ำดี เหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูง เช่น ชา กาแฟ แมคคาเดเมีย ลำไย และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ควรเพิ่มอินทรีย์วัตถุ (OM) เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินให้เหมาะสมต่อการอุ้มน้ำและเพิ่มความยืดหยุ่นทางกายภาพ

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการดิน การปรับปรุงความเป็นกรดของดิน: ใส่ปูนโดโลไมต์ในอัตรา 200–300 กก./ไร่/ปี เพื่อเพิ่มค่า pH ให้อยู่ในช่วง 6.0–6.5 เพิ่มอินทรีย์วัตถุ: ใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือเศษพืชคลุมดิน เพื่อเพิ่ม OM ให้มากกว่า 4% และช่วยคงความชื้นในหน้าดิน การเสริมธาตุอาหารหลัก: ฟอสฟอรัส (P): ใช้ปุ๋ยสูตร 18-46-0 ในอัตรา 20–25 กก./ไร่ โพแทสเซียม (K): ใช้ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ในพื้นที่ที่ค่าต่ำกว่า 100 ppm แคลเซียมและแมกนีเซียม: ใช้โดโลไมต์เพื่อเสริมแร่ธาตุและเพิ่มค่า BS มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ: ทำขั้นบันไดและปลูกพืชคลุมดิน เช่น ถั่วพราง ถั่วพุ่ม หรือหญ้าแฝก เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

ตารางที่ 30 ข้อมูลระดับการชะล้างพังทลายของดินต่อการสูญเสียธาตุอาหารจากดินในพื้นที่ศึกษา

ระดับการชะล้างพังทลายของดิน	ปริมาณดินสูญเสีย	Nutrient loss calculation		
	(ตัน/ไร่/ปี)	N (kg/tons)*	P (kg/tons)*	K (kg/tons)*
1. น้อยมาก	0-2	0.34 ± 0.09	0.01 ± 0.01	0.33 ± 0.26
2. น้อย	2-5	0.84 ± 0.22	0.04 ± 0.02	0.82 ± 0.66
3. ปานกลาง	5-15	2.51 ± 0.66	0.11 ± 0.06	2.47 ± 1.98
4. รุนแรง	15-20	3.35 ± 0.88	0.15 ± 0.08	3.29 ± 2.64
5. รุนแรงมาก	>20	5.03 ± 1.32	0.22 ± 0.11	4.93 ± 3.96

PSL = Potential Soil Loss, T/R/Y = tons/rai/year, Urea N46% = Urea fertilizer P_2O_5 = Single Superphosphate K_2O = Potassium Chloride (kg/tons)* = kilogram/tons soil, kg/R/Y = kilogram/rai/year

จากตารางที่ 30 ผลการคำนวณการสูญเสียธาตุอาหารในแต่ละระดับของการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน ในระดับการชะล้างพังทลาย น้อยมาก (0–2 ตัน/ไร่/ปี) พบว่าการสูญเสียธาตุอาหารยังอยู่ในระดับต่ำ โดยไนโตรเจนสูญเสียเฉลี่ยเพียง 0.34 ± 0.09 kg/tons, ฟอสฟอรัส 0.01 ± 0.01 kg/tons และโพแทสเซียม 0.33 ± 0.26 kg/tons ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีพืชคลุม

ดินหรือการจัดการที่ดี ทำให้ดินคงธาตุอาหารได้สูง ในขณะที่ระดับปานกลาง (5–15 ตัน/ไร่/ปี) พบว่าการสูญเสียเพิ่มขึ้นเป็น 2.51 ± 0.66 kg/tons สำหรับไนโตรเจน, 0.11 ± 0.06 kg/tons สำหรับฟอสฟอรัส และ 2.47 ± 1.98 kg/tons สำหรับโพแทสเซียม ซึ่งเป็นค่าที่เริ่มส่งผลกระทบต่อสมดุลธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ไร่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน ระดับ รุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) พบค่าการสูญเสียสูงสุด คือ 5.03 ± 1.32 kg/tons (N), 0.22 ± 0.11 kg/tons (P) และ 4.93 ± 3.96 kg/tons (K) ซึ่งสะท้อนถึงสภาวะการสูญเสียดินและธาตุอาหารอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ระดับการชะล้างพังทลายของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูญเสียธาตุอาหารหลักของดิน โดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียมซึ่งเป็นธาตุที่สูญเสียได้ง่ายผ่านการชะล้างและการพัดพาอนุภาคดินออกจากพื้นที่

- ไนโตรเจน (N): สูญเสียในระดับสูงที่สุดในทุกระดับของการชะล้าง เนื่องจากไนโตรเจนส่วนใหญ่ในดินอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุ (Organic N) ที่สะสมอยู่ในชั้นผิวดิน เมื่อเกิดการพังทลาย หน้าดินจึงถูกชะล้างออกไปพร้อมกับไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียในรูปแอมโมเนีย (NH_3) จากกระบวนการระเหยและไนเตรต (NO_3^-) จากการชะล้างในแนวตั้ง
 - ฟอสฟอรัส (P): แม้จะเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในดินได้ยาก แต่สูญเสียไปกับอนุภาคดินที่ถูกพัดพาในน้ำฝน ซึ่งมักเกิดมากในพื้นที่ลาดชันสูงและดินเนื้อละเอียด การสูญเสียฟอสฟอรัสในพื้นที่ที่มีการชะล้างรุนแรงมากอาจทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตของพืชลดลงอย่างมาก
 - โพแทสเซียม (K): มีการสูญเสียใกล้เคียงกับไนโตรเจน โดยเฉพาะในพื้นที่ดินเนื้อหยาบ (Sandy Clay Loam) เนื่องจากโพแทสเซียมมีความเคลื่อนที่ในดินสูง สูญเสียได้ทั้งจากการชะล้างและการพัดพาหน้าดินออกจากพื้นที่ปลูก ลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Lal (2001) และ Renard et al. (1997) ที่ระบุว่า การสูญเสียธาตุอาหารจากดินมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับการสูญเสียดิน (Soil Loss Rate) โดยเฉพาะในระบบเกษตรที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ
- การทำเกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อม: การสูญเสียธาตุอาหารในระดับรุนแรงส่งผลโดยตรงต่อ การลดลงของผลผลิตทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นเพื่อลดการขาดธาตุอาหาร การสูญเสียธาตุอาหารสู่แหล่งน้ำธรรมชาติยังเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ และการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในลุ่มน้ำตอนล่าง การสูญเสียอินทรีย์วัตถุและโครงสร้างดินจากการชะล้างอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลให้เกิดการเสื่อมโทรมของดิน และลดความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการ ได้แก่ เพิ่มพืชคลุมดิน (Cover Crops) เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วพุ่ม หรือหญ้าแฝก เพื่อป้องกันการชะล้างหน้าดิน จัดการน้ำไหลโดยใช้แนวคันดินหรือขั้นบันไดเพื่อลดแรงปะทะของน้ำฝน ปรับปรุงอินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยเพิ่ม CEC และลดการสูญเสียธาตุอาหาร จัดการการใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืชเพื่อให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงสุดและลดการสูญเสียจากฝนตกหนัก

ตารางที่ 31 ข้อมูลระดับการชะล้างพังทลายของดินต่อการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยในพื้นที่ศึกษา

ระดับการชะล้างพังทลาย ของดิน	ปริมาณดิน สูญเสีย			
	(ตัน/ไร่/ปี)	Urea kg/R/Y	P ₂ O ₅ kg/R/Y	K ₂ O kg/R/Y
1. น้อยมาก	0-2	0.73 ± 0.19	0.19 ± 0.10	0.66 ± 0.53
2. น้อย	2-5	1.82 ± 0.48	0.47 ± 0.24	1.64 ± 1.32
3. ปานกลาง	5-15	5.47 ± 1.43	1.41 ± 0.72	4.93 ± 3.96
4. รุนแรง	15-20	7.29 ± 1.91	1.88 ± 0.96	6.57 ± 5.27
5. รุนแรงมาก	>20	10.93 ± 2.86	2.82 ± 1.44	9.86 ± 7.91

PSL = Potential Soil Loss, T/R/Y = tons/rai/year, Urea N46% = Urea fertilizer P₂O₅ = Single Superphosphate K₂O = Potassium Chloride (kg/tons)* = kilogram/tons soil, kg/R/Y = kilogram/rai/year

จากตารางที่ 31 แสดงถึงปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยเพิ่มขึ้นตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินอย่างมีนัยสำคัญ พื้นที่ที่มีระดับการชะล้างน้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) พบการสูญเสียยูเรียเพียง 0.73 ± 0.19 กก./ไร่/ปี ส่วนฟอสเฟตและโพแทสเซียมสูญเสีย 0.19 ± 0.10 และ 0.66 ± 0.53 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้าม พื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) พบการสูญเสียยูเรียสูงถึง 10.93 ± 2.86 กก./ไร่/ปี ฟอสเฟต 2.82 ± 1.44 กก./ไร่/ปี และโพแทสเซียม 9.86 ± 7.91 กก./ไร่/ปี ซึ่งสะท้อนให้เห็นการสูญเสียปุ๋ยเชิงเศรษฐกิจอย่างมาก ส่งผลให้เกษตรกรต้องชดเชยด้วยการใช้ปุ๋ยในปริมาณเพิ่มขึ้นหากต้องการรักษาผลผลิตให้คงที่นอกจากนี้ พื้นที่ที่มีการชะล้างในระดับปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) ก็มีการสูญเสียธาตุอาหารในระดับสูงพอสมควร โดยเฉพาะยูเรียที่สูญเสียเฉลี่ย 5.47 ± 1.43 กก./ไร่/ปี ซึ่งถือเป็นระดับที่เริ่มส่งผลกระทบต่อสมดุลธาตุอาหารในระบบดิน

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า การสูญเสียปุ๋ยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียหน้าดินที่อุดมด้วยอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ที่พืชต้องการ

- ยูเรีย (Urea; N46%) การสูญเสียยูเรียเพิ่มขึ้นตามระดับการชะล้าง เนื่องจากไนโตรเจนมีความเคลื่อนไหวสูง ทั้งในรูปของการชะล้างลงสู่ชั้นล่าง (leaching) และการสูญเสียทางอากาศ (volatilization) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยยูเรียลดลงอย่างมาก
- ฟอสเฟต (P₂O₅) ฟอสฟอรัสสูญเสียจากการพาดพอนุภาคดินที่ยึดเกาะกับฟอสฟอรัส (P-bound particles) ในการไหลบ่าของน้ำฝน ซึ่งแม้จะมีค่าการสูญเสียน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่การสูญเสียเพียงเล็กน้อยก็ส่งผลให้เกิดการขาดฟอสฟอรัสในพืช เนื่องจากฟอสฟอรัสในดินเคลื่อนที่ช้าและดูดคืนได้ยาก
- โพแทสเซียม (K₂O) การสูญเสียโพแทสเซียมพบได้มากในดินเนื้อหยาบ เช่น Sandy Clay Loam ซึ่งมีการอุ้มน้ำและยึดแร่โพแทสเซียมได้ไม่ดี การสูญเสีย K ในระดับ รุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) อาจเกิน 9.8 กก./ไร่/ปี ส่งผลให้พืชขาดความแข็งแรงและลดความสามารถในการทนแล้ง

การสูญเสียธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยเหล่านี้ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการจัดการปุ๋ยเคมีและการปรับปรุงบำรุงดิน การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียปุ๋ย เมื่อประเมินจากราคาปุ๋ยเฉลี่ยในปี 2567 ได้แก่

ยูเรีย (N46%) = 25 บาท/กก.

ซิงเกิลซูเปอร์ฟอสเฟต (P₂O₅) = 20 บาท/กก.

โพแทสเซียมคลอไรด์ (K₂O) = 35 บาท/กก.

สามารถคำนวณมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจในพื้นที่ที่มีการชะล้างระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ดังนี้:

$$(10.93 \times 25) + (2.82 \times 20) + (9.86 \times 35) = 1,079.55 \text{ บาท/ไร่/ปี}$$

บ่งบอกว่าการสูญเสียปุ๋ยในพื้นที่ที่ไม่มีการอนุรักษ์ดิน อาจทำให้เกษตรกรเสียโอกาสทางเศรษฐกิจมากกว่า 1,000 บาทต่อไร่ต่อปี ซึ่งมีผลต่อความคุ้มค่าทางการผลิตโดยตรง

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการ การปรับระบบเพาะปลูกปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) และพืชคลุมดินเพื่อลดการเปิดหน้าดินระหว่างฤดูฝน การจัดการปุ๋ยโดยแบ่งการใส่ปุ๋ยยูเรียเป็นหลายครั้ง (split application) และใส่หลังฝนหยุดตกเพื่อลดการชะล้าง การปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุเพื่อช่วยยึดธาตุอาหาร และลดการสูญเสียจากการพังทลาย มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยทำขั้นบันไดคอนทัวร์ (contour terraces) และปลูกแนวหญ้าแฝก (vetiver strips) เพื่อชะลอน้ำและรักษาหน้าดิน

ผลงานวิจัย 1.2 ผลการทดสอบและสาธิตปรับเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันให้อยู่ในรูปแบบขั้นบันได หรือกระถางนา ปลูกหญ้าแฝกเพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน และปลูกพืชทางเลือกอื่นๆ ที่เหมาะสมกับพื้นที่

ทดสอบและสาธิตการปรับพื้นที่ลาดชันให้เป็นแปลงขั้นบันได (terrace) และแปลงกระถางนา (paddy basins) พร้อมการปลูกหญ้าแฝกแนวขั้นเพื่อชะลอการชะล้างของหน้าดิน และเปรียบเทียบการผลิตข้าว ระหว่างข้าวไร่บนแปลงขั้นบันไดและข้าวนาในแปลงกระถางนา ผลการศึกษาครอบคลุมการสำรวจภูมิประเทศ เก็บตัวอย่างดิน การวิเคราะห์คุณภาพดิน การวัดอัตราการชะล้าง (soil loss) การเก็บกักน้ำในดิน (soil moisture retention) และผลผลิตข้าว



ทดสอบและสาธิตปรับระดับพื้นที่แปลงนาด้วยเทคโนโลยี GPS Land Leveling พื้นที่ห้วยก้างปลา (ก)



ทดสอบและสาธิตปรับเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันให้อยู่ในรูปแบบกระถางนา (แปลงนา) พื้นที่ว่าว (ข)

ภาพที่ 24 แผนที่พื้นที่แปลงสาธิตที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ลาดชันให้อยู่ในรูปแบบขั้นบันไดหรือกระถางนา

ผลการประเมินสมบัติดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการชะล้างพังทลาย ตลอดจนทดสอบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการปรับพื้นที่ลาดชันให้อยู่ในรูปแปลงขั้นบันไดและ

แปลงกระถางนา ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ ห้วยก้างปลาและโครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี จังหวัด เชียงราย พบว่า

- สมบัติดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินผลการวิเคราะห์สมบัติดินในพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่มี pH ค่อนข้างเป็นกรด (4.9–5.8) และมี ค่า CEC ต่ำ-ปานกลาง (4–9 meq/100g) เนื้อดินชนิด Sandy Clay Loam–Clay ที่มีความสามารถในการกักเก็บแคตไอออนจำกัด อินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ใน ระดับปานกลาง (2–5%) ซึ่งเพียงพอสำหรับการเพาะปลูกพืชไร่ แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับไม้ผลหรือ พืชเศรษฐกิจที่ต้องการธาตุอาหารต่อเนื่อง ฟอสฟอรัส (P) ส่วนใหญ่มีค่าต่ำ-ปานกลาง (2.5–11.7 ppm) เนื่องจากการตรึงในดินกรด โพแทสเซียม (K) แตกต่างกันตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดย แปลงสวนไม้ผล (LS1) มีค่า K สูง (≥ 290 ppm) ขณะที่แปลงนาข้าวและพืชไร่ (HKP) มีค่า K ต่ำ กว่า 40 ppm Base Saturation (BS) อยู่ในช่วง 52–55% บ่งชี้ว่าดินยังมีประจุบวกพื้นฐาน เพียงพอต่อการดูดซับธาตุอาหารในระดับหนึ่ง เมื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์โดยรวม (SFA) พบว่า พื้นที่สวน (LS1) มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ส่วนพื้นที่ไร่หมุนเวียนและนา ข้าว (LS2 และ HKP) อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ จำเป็นต้องปรับปรุงด้วยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและ ธาตุอาหารรองเสริม
- การชะล้างพังทลายของดินและผลต่อธาตุอาหาร ผลการจำแนกระดับการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ศึกษาพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับน้อย-ปานกลาง (0–15 ตัน/ไร่/ปี) คิดเป็นกว่า 70–80% ของพื้นที่รวมพื้นที่ลาดชันมาก ($>20\%$) และไม่มีมาตรการอนุรักษ์จัดอยู่ในระดับ รุนแรง-รุนแรงมาก ซึ่งพบมากในพื้นที่ปลูกพืชไร่เชิงเดี่ยวหรือพื้นที่ปลูกพืชคลุม การสูญเสียธาตุ อาหารเฉลี่ยจากการชะล้างพังทลาย พบว่า ระดับรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) สูญเสียธาตุอาหาร N 6.47 ± 3.19 kg/tons, P 0.17 ± 0.14 kg/tons, K 2.48 ± 1.25 kg/tons เมื่อคำนวณในรูป ปุ๋ย พบว่าต้องใช้ ยูเรีย (46-0-0) 14.06 ± 6.94 kg/rai/yr, P₂O₅ 2.11 ± 1.74 kg/rai/yr, K₂O 4.97 ± 2.50 kg/rai/yr เพื่อทดแทนธาตุอาหารที่สูญเสียไปจากหน้าดิน ค่าดังกล่าวสะท้อนว่าการ ชะล้างพังทลายแม้เพียงระดับ “ปานกลาง” ก็ส่งผลให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจำนวนมาก โดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุหลักในการเจริญเติบโตของพืชไร่และข้าวโพด เลี้ยงสัตว์
- การทดสอบการปรับพื้นที่ลาดชัน (ขั้นบันไดและกระถางนา) ผลการทดสอบพบว่า การปรับพื้นที่ ลาดชันให้เป็นแปลงขั้นบันไดพร้อมปลูกหญ้าแฝก สามารถลดการสูญเสียดินได้เฉลี่ย 50–70% เมื่อ เทียบกับแปลงลาดชันธรรมดา ปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 8–15% ในช่วงฤดูฝน และความชื้น คงค้างในช่วงแล้งนานขึ้น 7–10 วันผลผลิตข้าวไร่ในแปลงขั้นบันไดเพิ่มขึ้น 12–20% เมื่อเทียบกับ แปลงไม่ปรับพื้นที่ แปลงกระถางนาให้ผลผลิตข้าวต่อไร่สูงสุดในปีแรก (เฉลี่ย 560–620 kg/ไร่)
- ในปี 2568 ปรับเปลี่ยนพื้นที่ลาดชัน 89 ไร่ สู่รูปแบบขั้นบันไดและปลูกกาแฟโรบัสต้าร่วมกับ ข้าวโพด ไม้ผล พืชท้องถิ่น สำหรับพื้นที่เนินเขาปรับเปลี่ยนในรูปแบบกระถางนา 6 ไร่ เพื่อปลูกข้าว นาสำหรับบริโภคให้ผลผลิต 480 กก.ต่อไร่ สูงกว่าพื้นที่ลาดชันเดิม 180 กก.ต่อไร่ สำหรับพื้นที่แปลง นาข้าว (นาแปลงใหญ่) เพิ่มประสิทธิภาพเพื่อลดน้ำขังและน้ำแห้งด้วยเทคโนโลยี GPS Land Leveling พบว่า ฤดูนาปรัง 2568 พันธุ์สันป่าตอง1 ให้ผลผลิต 920 กก.ต่อไร่ เป็นที่พึงพอใจของ เกษตรกร

ค่าความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างระหว่างแปลงสวน (LS1) และนา (HKP) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของ การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อกระบวนการหมุนเวียนธาตุอาหาร ดินในสวนไม้ผลที่มีเศษอินทรีย์จากใบไม้สะสมมาก

ทำให้ค่า OM และ K สูงกว่าพื้นที่นา ซึ่งมีการขังน้ำและการชะล้างแร่ธาตุออกจากชั้นผิวมากกว่า (Brady & Weil, 2019) ค่าฟอสฟอรัสต่ำในดินกรดสอดคล้องกับหลักการตรึงฟอสเฟตโดยไอออนเหล็กและอะลูมิเนียมในดินที่มีค่า pH < 6.0 (FAO, 2018) ซึ่งทำให้ P ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง จึงควรมีการปรับ pH โดยการใส่ปูนโดโลไมต์ควบคู่กับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต

ประสิทธิภาพของแปลงขั้นบันไดและกระถางนา การปลูกข้าวไรโนแปลงขั้นบันไดช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ เพิ่มการซึมของน้ำเข้าสู่ชั้นดิน และลดการสูญเสียดินจากการกัดเซาะตามความลาด (Lal, 2001) ขณะที่หญ้าแฝกทำหน้าที่ยึดเกาะหน้าดินและชะลอการเคลื่อนที่ของตะกอน (Truong & Baker, 1998) ในขณะเดียวกัน แปลงกระถางนาช่วยควบคุมระดับน้ำในช่วงวิกฤตได้ดี แต่ต้องใช้แรงงานและการซ่อมแซมขอบกระถางมากกว่า เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (<12%) และมีแหล่งน้ำตลอดปี

สรุป ปรับพื้นที่ลาดชันแบบขั้นบันไดควบคู่กับปลูกหญ้าแฝก ควรได้รับการส่งเสริมเป็นมาตรการหลักบนพื้นที่สูง เนื่องจากช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินได้มากกว่า 60% และเพิ่มความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญ เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ผ่านการใช้ปุ๋ยคอก พืชคลุมดิน และการไม่เผาตอซัง เพื่อยกระดับ CEC และความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาว ปรับปรุงธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะ P และ K ซึ่งเป็นธาตุที่สูญเสียไปกับการชะล้างพังทลาย ควรเสริมปุ๋ยตามค่าการวิเคราะห์ดินรายปี สนับสนุนการติดตามประเมินผลในระยะยาวทั้งในด้านผลผลิต ความอุดมสมบูรณ์ และต้นทุนการจัดการ เพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบเกษตรอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน

ผลงานวิจัย 2 ผลการทดสอบระบบเกษตรอื่นๆ ที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ และสอดคล้องกับระบบการปลูกข้าวของพื้นที่ศึกษา

ผลงานวิจัย 2.1 ข้อมูลสมบัติดินตามลักษณะของภูมิภาคและการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตร และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อทราบถึงศักยภาพดินที่ความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช และทดสอบระบบเกษตรอื่นๆ ที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่ และสอดคล้องกับบริบทพื้นที่

- 1) ผลการศึกษาสมบัติดินและการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่เกษตรตามลักษณะภูมิภาคและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 32 จุดเก็บตัวอย่างดินและรายการวิเคราะห์ของพื้นที่ศึกษา

ภูมิภาค	รายละเอียด	สถานที่	
ภูมิภาคป่าดั้งเดิม (Natural Forest Ecosystem)	พื้นที่ที่ยังคงความเป็นธรรมชาติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	แม่พริก/ วาวี	
ภูมิภาคสวนเกษตร (Agroforestry Ecosystem)	1. พื้นที่ที่มีการปลูกพืชสมุนไพรและพืชดั้งเดิมของพื้นที่	แม่พริก/ วาวี	
	2. พื้นที่ที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น กาแฟ	แม่พริก/ วาวี	
ภูมิภาคเกษตรแบบอนุรักษ์ (Conservation Agriculture Ecosystem)	พื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ แบ่งการเก็บตัวอย่างตามความสูงของ Slope:	แม่พริก	
ภูมิภาคเกษตรแบบไร่หมุนเวียน (Swidden Cultivation Ecosystem)	1. สูง	แม่พริก/ วาวี	
	2. กลาง		
	3. ต่ำ		
ภูมิภาคพื้นที่ลุ่ม (Lowland Ecosystem)	พื้นที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำ	แม่พริก/ ห้วย ก้างปลา	
	ภูมิภาคพื้นที่เนินเขา (Upland Ecosystem)	พื้นที่ที่เป็นเนินเขา	แม่พริก

หมายเหตุ: พื้นที่ดำเนินงาน

- โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อ.แม่จัน จ.เชียงราย
- โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
- หมู่บ้านปางกลาง ปางตันผึ่ง ปางอาณาเขต ต.แม่พริก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

ตารางที่ 33 ความลึกของการเก็บตัวอย่างดิน

ความลึก (เซนติเมตร)	ช่วงความลึก (เซนติเมตร)
ชั้นที่ 1	0-10
ชั้นที่ 2	10-20
ชั้นที่ 3	20-30
ชั้นที่ 4	30-50

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523,2562; FAO, 2006)

กรมพัฒนาที่ดินโดยกองสำรวจดิน (2523) ได้กำหนดหลักเกณฑ์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทย โดยใช้ค่าการวิเคราะห์ดิน 5 รายการ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) และร้อยละความอิ่มตัวเบส (Bs) ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ถูกจัดระดับเป็นสูง (H) ปานกลาง (M) และ ต่ำ (L) เพื่อกำหนดคะแนน 3, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยนำคะแนนทั้ง 5 รายการรวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility Assessment: SFA) (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 แสดงระดับของธาตุอาหารที่ใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ระดับของธาตุอาหาร	OM (%)	Available P	Available K
ต่ำ	<1.5 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง	1.5-3.5 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง	>3.5 (3)	>25 (3)	>90 (3)

หมายเหตุ ระดับของธาตุอาหารต่ำให้ 1 คะแนน, ระดับของธาตุอาหารปานกลางให้ 2 คะแนน, ระดับของธาตุอาหารสูงให้ 3 คะแนน

Source: Soil Survey Division (1980)

- จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน จะนำค่าคุณสมบัติเหล่านี้ไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility Assessment) ตามเกณฑ์มาตรฐานของกองสำรวจดิน (2523) เพื่อจำแนกระดับความอุดมสมบูรณ์เป็นสูง (H) ปานกลาง (M) และต่ำ (L) ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการชะล้างพังทลายของดินกับการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์และธาตุอาหารพืช
- ข้อมูลแผนที่ Aspect (ทิศทางการหันหน้าของพื้นที่ภูมิประเทศ) โดยอาศัยข้อมูลจากแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร พบว่า พื้นที่ศึกษาซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขาสลับซับซ้อน (Complex Mountainous Terrain) ส่งผลให้ทิศทางการกระจายตัวทุกทิศทาง (Multi-aspect Distribution)
- การกระจายของทิศทางการลาด (Aspect) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสงแดด อุณหภูมิ ความชื้น และรูปแบบการเพาะปลูก ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่หันหน้าไปทาง ทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ (S-SW) มักได้รับแสงแดดมาก มีอุณหภูมิสูง เหมาะกับพืชที่ต้องการแสงจัด เช่น อ้อย ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ขณะที่พื้นที่ที่หันหน้าไปทางทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ (N-NE) จะมีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง เหมาะกับพืชเมืองหนาว เช่น ชา กาแฟ หรือผักใบเขียว
- การประยุกต์ใช้ประโยชน์ข้อมูล Aspect ช่วยสนับสนุนการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขาสูง เช่น การเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมกับทิศทางการลาดและปริมาณแสงแดด การวางแผนแถวปลูกพืชตามแนวขวางความลาดชันเพื่อลดการพังทลายของดิน

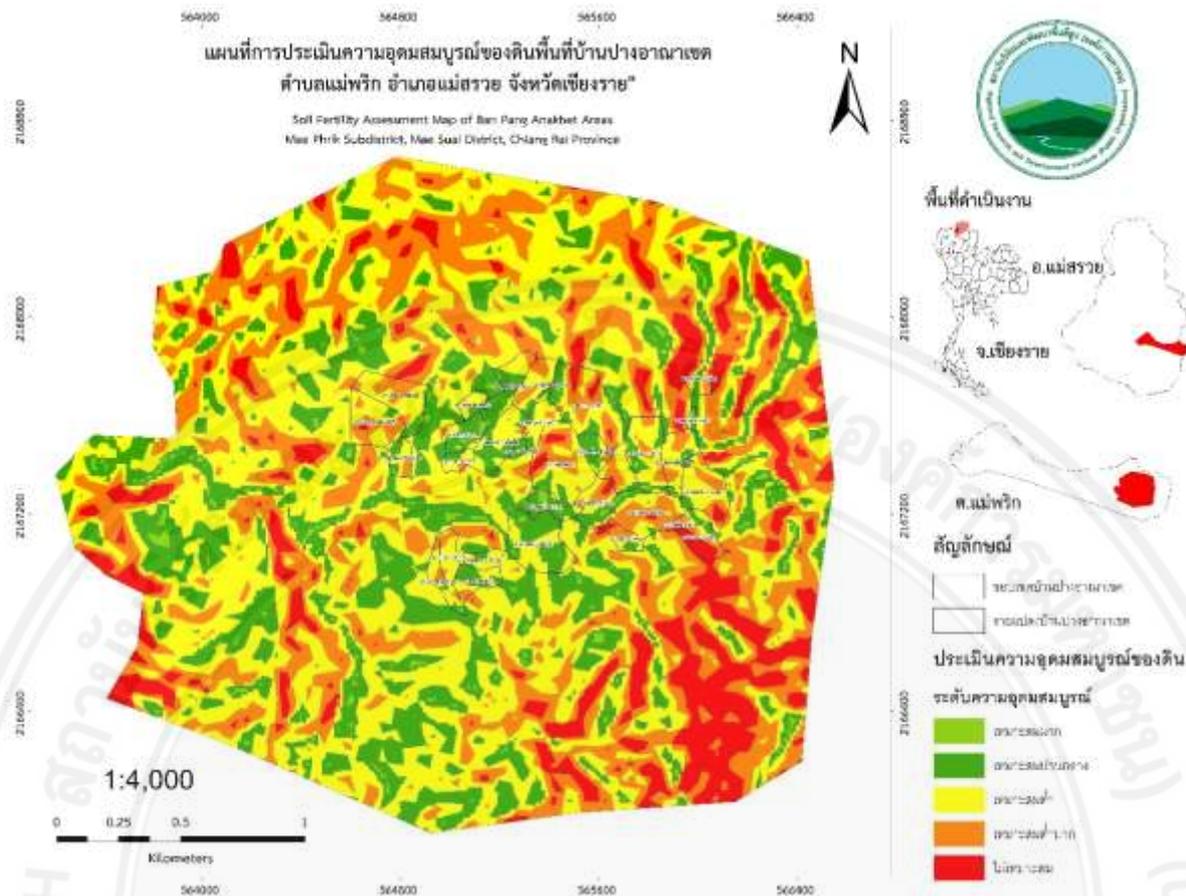
การกำหนดพื้นที่ที่ควรสงวนเป็นป่าไม้หรือพื้นที่ต้นน้ำเพื่อรักษาสมดุลนิเวศ และการจัดการระบบน้ำให้เหมาะสมตามทิศทางการรับแสงดังตารางที่

ตารางที่ 35 อธิบายแผนที่ Aspect (ทิศทางการหันหน้าของพื้นที่ภูมิประเทศ)

สีที่ปรากฏ ในแผนที่	ทิศทางลาด (Aspect)	มุมมองศา	ลักษณะภูมิประเทศ โดยทั่วไป	ผลกระทบต่อการใช้
น้ำเงินเข้ม	ทิศเหนือ (N)	0°–22.5°, 337.5°–360°	รับแสงแดดน้อยที่สุด อุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง	เหมาะกับพืชที่ชอบร่มเงา เช่น กาแฟ โกโก้ ผักใบ
เขียวอม ฟ้า	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	22.5°–67.5°	รับแสงแดดตอนเช้า อุณหภูมี่ปานกลาง	เหมาะกับพืชผักใบและพืช ไร่บางชนิด
เขียวอ่อน	ทิศตะวันออก (E)	67.5°–112.5°	ได้รับแสงแดดยามเช้า อุณหภูมี่ปานกลาง	เหมาะที่สุดสำหรับ การเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง
เขียวอม เหลือง	ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)	112.5°–157.5°	รับแสงแดดตอนเช้า– กลางวัน อุณหภูมิ ค่อนข้างสูง	เหมาะกับพืชเศรษฐกิจ เช่น อ้อย ข้าวโพดหวาน
เหลือง	ทิศใต้ (S)	157.5°–202.5°	รับแสงแดดตลอดวัน อุณหภูมิสูงสุด ระบาย น้ำมาก	เหมาะกับพืชทนแล้ง เช่น มันสำปะหลัง อ้อย
ส้ม	ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)	202.5°–247.5°	รับแสงแดดบ่าย ร้อน จัด	เหมาะกับพืชทนแล้ง ต้องมี การชลประทานเสริม
ส้มเข้ม	ทิศตะวันตก (W)	247.5°–292.5°	รับแสงแดดช่วงบ่าย สาย อุณหภูมิสูง	เหมาะกับพืชไร่ทั่วไปหากมี น้ำเพียงพอ
ส้มแดง	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)	292.5°–337.5°	รับแสงแดดปานกลาง อุณหภูมิก่อนข้างเย็น	เหมาะกับพืชผักทั่วไปและ พืชเมืองหนาว
แดง	พื้นที่ราบ (Flat / No aspect)	-	ไม่มีการเอียงเฉพาะ ทิศทาง รับแสงแดด สม่ำเสมอ	เหมาะกับพืชทุกชนิด เกษตรเชิงพาณิชย์และใช้ เครื่องจักรได้ดี



ภาพที่ 25 จุดเก็บตัวอย่างดินตามภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 26 แผนที่ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางอาณาเขต

จากผลการสำรวจและประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางอาณาเขต โดยอ้างอิงข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน พบว่าพื้นที่ทั้งหมดมีขนาดรวม 448 ไร่ สามารถจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ตารางที่ 36) ดังนี้

ตารางที่ 36 ข้อมูลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่ บ้านปางอาณาเขต

ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่/ไร่
เหมาะสมมาก	8
เหมาะสมปานกลาง	123
เหมาะสมต่ำ	197
เหมาะสมต่ำมาก	99
ไม่เหมาะสม	21
พื้นที่ทั้งหมดรวม	448 ไร่

จากตารางที่ 36 เห็นได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านปางอาณาเขตมีระดับความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับเหมาะสมต่ำ (197 ไร่) และเหมาะสมต่ำมาก (99 ไร่) รวมกันคิดเป็น 66% ของพื้นที่ทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงมาก มีเพียงประมาณ 131 ไร่ หรือคิดเป็นเพียง 29% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจโดยตรง หากไม่มีการจัดการบำรุงดินอย่างเหมาะสม

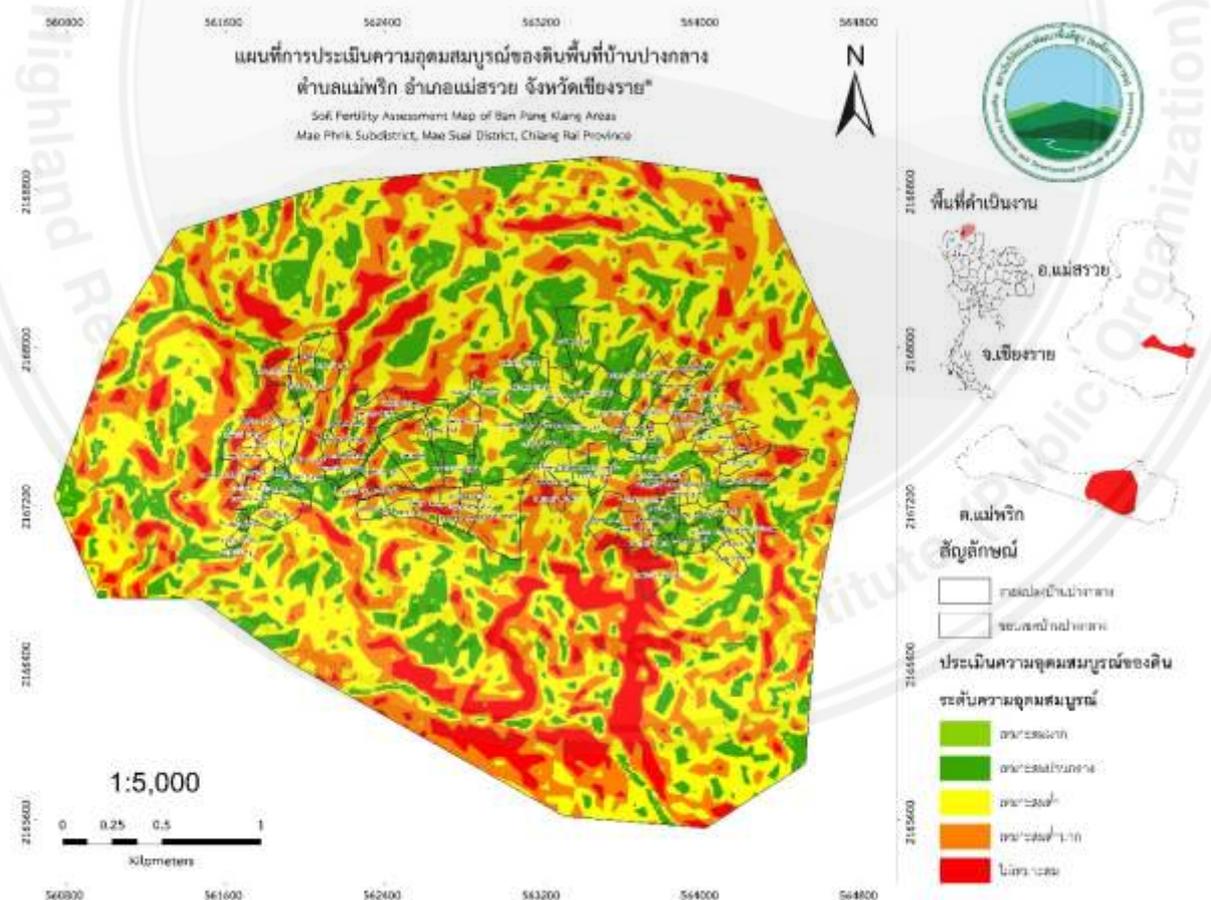
ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และศักยภาพการใช้ประโยชน์ การกระจายของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางอาณาเขต สามารถสรุปแนวทางการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม ดังนี้

- เหมาะสมมาก: พืชเศรษฐกิจ เช่น พืชผักเมืองหนาว หรือไม้ผลระยะสั้น
- เหมาะสมปานกลาง: เหมาะสำหรับพืชไร่ทั่วไป เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง และพืชผสมผสาน
- เหมาะสมต่ำถึงต่ำมาก: ควรใช้ปลูกพืชอนุรักษ์ดิน เช่น ไม้ ปอเทือง ถั่วพราง หรือพืชคลุมดิน
- ไม่เหมาะสม: ควรสงวนไว้เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำ หรือพื้นที่ป่าเศรษฐกิจ

ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ เพื่อฟื้นฟูและเพิ่มศักยภาพของดินในพื้นที่บ้านปางอาณาเขต ควรดำเนินการในแนวทางต่อไปนี้

- เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน: ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก พืชปุ๋ยสด และเศษพืชคลุมดิน เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ
- ส่งเสริมระบบเกษตรอนุรักษ์: การปลูกพืชคลุมดิน การทำชั้นบังแดด และการปลูกไม้ยืนต้นร่วมกับพืชเศรษฐกิจ เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน
- จัดการพื้นที่ตามลักษณะภูมิประเทศ: พื้นที่ลาดชันมากควรใช้ปลูกไม้ยืนต้นหรือป่าเศรษฐกิจ ส่วนพื้นที่ราบเชิงเขาควรส่งเสริมพืชเศรษฐกิจที่ต้องการดินดีและมีความชุ่มชื้น
- ตรวจสอบวิเคราะห์ดินเป็นประจำ: เพื่อปรับแผนการใส่ปุ๋ยและเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมกับคุณภาพดินในแต่ละบริเวณ

โดยสรุป พื้นที่บ้านปางอาณาเขตมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงต่ำมาก ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยวในระยะยาว การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน การส่งเสริมระบบเกษตรอนุรักษ์ และการใช้พื้นที่ตามศักยภาพของดิน จะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาพื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต



ภาพที่ 27 แผนที่ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางกลาง

จากผลการสำรวจและประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางกลาง พบว่าพื้นที่ทั้งหมดมีขนาดรวม 1,016 ไร่ สามารถจำแนกตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังนี้

ตารางที่ 37 ข้อมูลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่บ้านปางกลาง

ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่/ไร่
เหมาะสมมาก	13
เหมาะสมปานกลาง	237
เหมาะสมต่ำ	414
เหมาะสมต่ำมาก	270
ไม่เหมาะสม	82
พื้นที่ทั้งหมดรวม	1,016 ไร่

จากข้อมูลตารางที่ 37 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านปางกลางจัดอยู่ในกลุ่มดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและต่ำมาก รวมประมาณ 684 ไร่ หรือคิดเป็น ร้อยละ 67.3 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลางถึงมาก มีเพียง 250 ไร่ หรือร้อยละ 24.6 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดต่อการผลิตทางการเกษตรในเชิงเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางกลาง พบลักษณะทางภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพของดินอย่างชัดเจน ดังนี้

- ลักษณะภูมิประเทศและกระบวนการกำเนิดดิน: พื้นที่บ้านปางกลางส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเชิงเขาและเนินเขาที่มีความลาดชันปานกลางถึงสูง ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินและการสูญเสียธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุในชั้นผิวดิน
- คุณสมบัติทางกายภาพของดิน: ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปานกลาง มีความหนาของหน้าดินไม่มากนัก ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) และการยึดจับธาตุอาหารต่ำ
- ลักษณะทางเคมีของดิน: ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินมีแนวโน้มเป็นกรด (4.5–5.5) ซึ่งอาจไม่เหมาะสมต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด อีกทั้งดินขาดแร่ธาตุสำคัญ เช่น ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุหลักต่อการเจริญเติบโตของพืช
- ผลจากการใช้ที่ดินในอดีต: การใช้พื้นที่ปลูกพืชไร่หมุนเวียน เช่น ข้าวโพดและมันสำปะหลัง โดยไม่มีการอนุรักษ์ดินน้ำหรือเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมลงเรื่อย ๆ

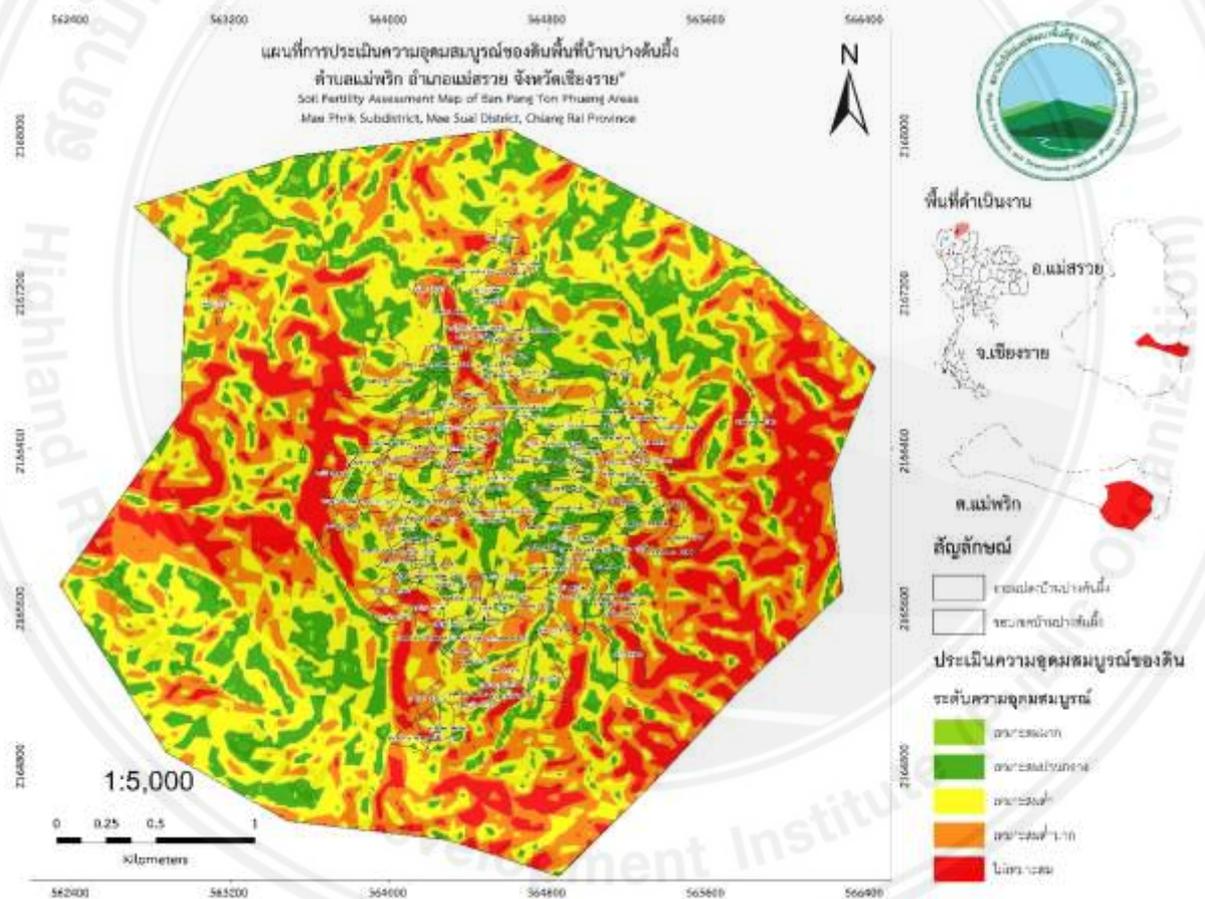
การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และศักยภาพการใช้ประโยชน์ เมื่อพิจารณาการกระจายของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า พื้นที่เหมาะสมต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม ส่วนใหญ่อยู่บริเวณลาดเชิงเขาและพื้นที่ลาดชัน ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการพังทลายของดิน พื้นที่เหมาะสมปานกลางถึงมาก ส่วนใหญ่กระจายอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาและใกล้ลำน้ำ ซึ่งมีการสะสมตะกอนและอินทรีย์วัตถุสูง เหมาะกับพืชเศรษฐกิจที่ต้องการดินดี เช่น ข้าว ถั่วเหลือง ผักเมืองหนาว หรือไม้ผลขนาดเล็ก แนวทางการใช้ที่ดินจึงควรดำเนินการตามหลักการใช้ที่ดินตามศักยภาพของดิน (Land Suitability Management) ดังนี้

- เหมาะสมมาก: ปานกลาง เหมาะกับพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว ถั่วเหลือง ผัก ไม้เมืองหนาว
- เหมาะสมต่ำ-ต่ำมาก: ควรใช้ปลูกพืชอนุรักษ์ดิน เช่น ไม้ ปอเทือง ถั่วพราง หรือพืชคลุมดิน
- ไม่เหมาะสม: ควรสงวนเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำหรือใช้ปลูกไม้ยืนต้นเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ

ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ เพื่อเพิ่มศักยภาพของดินและการผลิตทางการเกษตรในพื้นที่บ้านปางกลาง ควรดำเนินการในแนวทางดังต่อไปนี้

- การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน: ใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และพืชปุ๋ยสด เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ
- การอนุรักษ์ดินและน้ำ: ใช้มาตรการเช่น การทำขั้นบันได การปลูกพืชคลุมดิน และระบบปลูกพืชผสมผสาน เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน
- การเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมกับพื้นที่: พื้นที่ลาดชันควรปลูกพืชยืนต้นหรือพืชที่มีรากลึก เช่น ไม้มะขามป้อม หรือกาแพ ส่วนพื้นที่ราบควรใช้พืชไร่หรือพืชผักระยะสั้น
- การตรวจวิเคราะห์ดินอย่างต่อเนื่อง: เพื่อวางแผนการใช้ปุ๋ยและการจัดการดินให้เหมาะสมกับลักษณะทางเคมีของดินแต่ละแปลง

จากผลการประเมินพบว่า พื้นที่บ้านปางกลางส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการเพาะปลูกเชิงเศรษฐกิจ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุและการจัดการพื้นที่ตามศักยภาพของดิน จึงเป็นแนวทางสำคัญในการฟื้นฟูระบบนิเวศเกษตรให้มีความยั่งยืนทั้งในด้านผลผลิตและสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 28 แผนที่ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง

จากผลการสำรวจและประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง ตำบลแม่พริก อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบว่าพื้นที่ทั้งหมดมีขนาดรวม 1,300 ไร่ สามารถจำแนกตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดังนี้

ตารางที่ 38 ข้อมูลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่บ้านปางต้นผึ้ง

ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่/ไร่
เหมาะสมมาก	9
เหมาะสมปานกลาง	250
เหมาะสมต่ำ	353
เหมาะสมต่ำมาก	580
ไม่เหมาะสม	108
พื้นที่ทั้งหมดรวม	1,300 ไร่

จากข้อมูลตารางที่ 38 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านปางต้นผึ้งจัดอยู่ในระดับเหมาะสมต่ำถึงต่ำมาก รวมประมาณ 933 ไร่ หรือคิดเป็น ร้อยละ 71.8 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงมาก มีเพียง 259 ไร่ หรือร้อยละ 19.9 ซึ่งแสดงถึงข้อจำกัดของศักยภาพการผลิตทางการเกษตรในพื้นที่

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม (รวม 1,041 ไร่ หรือร้อยละ 80.1) ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตเนินเขาและลาดชัน ซึ่งเสี่ยงต่อการพังทลายของดิน ในขณะที่พื้นที่ที่เหมาะสมมากและปานกลาง (รวม 259 ไร่ หรือร้อยละ 19.9) มักอยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขา เหมาะกับการทำการเกษตรที่ต้องการดินอุดมสมบูรณ์

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า พื้นที่บ้านปางต้นผึ้งมีดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำถึงต่ำมากเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการผลิตพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยว การฟื้นฟูดินด้วยอินทรีย์วัตถุและการจัดการพื้นที่ตามหลักเกษตรอนุรักษ์ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มศักยภาพของดินและสร้างความยั่งยืนในระบบเกษตรกรรมของพื้นที่

2) ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ของพื้นที่บ้านปางกลาง ปางอาณาเขต และปางต้นผึ้ง

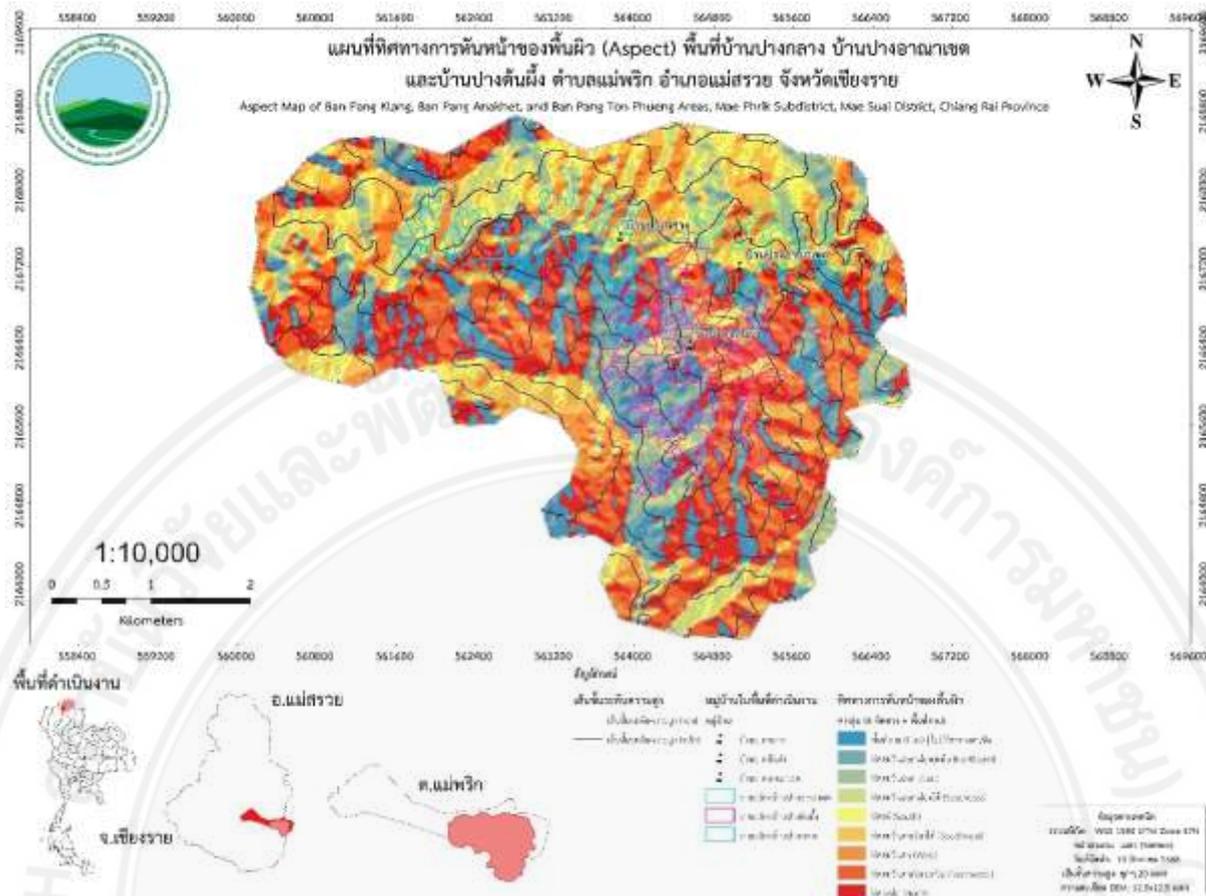
ข้อมูลดินการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก 0-10 และ 10-20 เซนติเมตร (Topsoil) การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในช่วง 0.91–6.39% โดยส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ ปานกลางถึงสูง (M-H) สะท้อนถึงการมีอินทรียสารในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญของพืชในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะดินชั้นบน (0–10 ซม.) ซึ่งได้รับเศษซากพืชมากกว่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) มีค่าระหว่าง 0.79–16.68 ppm โดยบางแปลง (เช่น MFPO2 ชั้นบน) อยู่ในระดับ สูง (H) แสดงถึงการสะสมฟอสฟอรัสที่มากจากการจัดการพืชหรือปุ๋ย โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K) อยู่ในช่วง 27.73–140.28 ppm ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ ต่ำถึงปานกลาง (L-M) บ่งชี้ว่าดินบางแปลงอาจมีข้อจำกัดในการให้โปแทสเซียมแก่พืช ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.27–9.98 me/100g โดยส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ ต่ำถึงปานกลาง (L-M) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุและเนื้อดิน ร้อยละความอิ่มตัวเบส (Bs) อยู่ในช่วง 50.64–79.34% ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับ ปานกลาง (M) สะท้อนถึงสมดุลของธาตุอาหารในรูปแคตไอออนในดินโดยรวม การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (SFA) พบว่าดินส่วนใหญ่ในพื้นที่อยู่ในระดับ ปานกลาง (M) แสดงถึงสภาพดินที่มีศักยภาพต่อการผลิตทางการเกษตรได้ดี (ตารางที่ 39) หากมีการจัดการธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุอย่างเหมาะสม (กองสำรวจดิน, 2523; FAO, 2006)

ตารางที่ 39 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางอาณาเขต และบ้านปางต้นผึ้ง

Code	depth cm	LU	% Slope	OM %	SC	P ppm	SC	K ppm	SC	CEC me/100g	SC	Bs %	SFA
Mp01	0-10	A4	12-20 %	4.52	H	1.85	L	126.78	H	8.66	L	52.72	M
	10-20			3.96	H	1.72	L	35.88	L	6.55	L	50.64	M
Mp02	0-10	A6	5-12 %	5.06	H	5.22	L	81.85	M	9.98	L	50.94	M
	10-20			4.34	H	3.9	L	115.78	H	7.96	L	51.72	M
Mp03	0-10	A2	2-5 %	2.9	M	2.11	L	49.18	L	6.48	L	51.69	M
	10-20			3.16	M	2.38	L	38.05	L	4.95	L	50.84	M
Mp04	0-10	A4	20-35 %	2.53	M	6.15	L	57.13	L	7.07	L	51.03	M
	10-20			2.02	M	4.03	L	49.83	L	7.70	L	51.29	M
Mp05	0-10	A5	12-20 %	2.44	M	5.82	L	140.28	H	7.69	L	52.29	M
	10-20			1.81	M	3.77	L	120.73	H	7.22	L	52.16	M
Mp06	0-10	A4	20-35 %	1.04	L	1.78	L	27.73	L	3.35	L	50.94	M
	10-20			0.91	L	0.79	L	56.5	L	4.10	L	52.44	M
MPF01	0-10	F1	>35%	2.57	M	4.33	L	38.45	L	2.28	L	52.04	M
	10-20			4.08	H	2.34	L	45.45	L	0.65	L	59.79	M
MPF02	0-10	F1	5-12 %	5.99	H	16.68	M	119.83	H	6.81	L	52.16	M
	10-20			4.03	H	2.98	L	61.33	M	0.27	L	79.34	H
MPA-F	0-10	F3	5-12 %	6.39	H	5.81	L	104.03	H	1.37	L	60.90	M
	10-20			3.97	H	7.1	L	54.3	L	4.66	L	51.33	M

LU = Land use, A2 = Field Crop, A4 = Orchard, A5 = Horticulture, A6 = Swidden Cultivation, F1 = Evergreen Forest, F3 = agroforestry, OM = organic matter, BS = base saturation, CEC = cation exchange capacity, Avail. P = available phosphorus, Avail. K = available potassium SC = Score, SFA = soil fertility assessment H = High, M = Medium, L = Low

- ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหินกับดิน ซึ่งชนิดของหินมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของดินที่เกิดขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567; FAO, 2018)
 - หินปูนเนื้อดิน (Argillaceous limestone): พัฒนาดินเหนียว pH เป็นกลาง-ด่าง อุดมสมบูรณ์สูง หินดินดาน (Shale): ให้ดินเหนียวปานกลาง มี CEC สูง เหมาะกับพืชไร่ หินฟิลโลต์: ดินร่วนปนทราย ระบายน้ำดีแต่ธาตุอาหารต่ำ หินทราย: ให้ดินตื้น ธาตุอาหารต่ำ ระบายน้ำเร็ว
 - หินเชิร์ต: พัฒนาดินตื้นมาก มีซิลิกาสูงแต่ธาตุอาหารต่ำมาก ผลการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ราบที่เกิดจากหินปูนและหินดินดานจะให้ค่าความเหมาะสมสูง ส่วนพื้นที่ลาดชันที่เกิดจากหินฟิลโลต์และหินเชิร์ตจะมีค่าความเหมาะสมน้อยถึงไม่เหมาะสม
- ผลของความลาดชันต่อความเหมาะสม ความลาดชันเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการเกษตร มก., 2565)
 - พื้นที่ราบ (0–5%) มีการสะสมของดินมาก ดินลึกและชุ่มชื้น เหมาะสมสูง
 - พื้นที่ลาดปานกลาง (5–20%) มีการชะล้างเล็กน้อย เหมาะสมปานกลาง
 - พื้นที่ลาดชันมาก (>35%) มีการชะล้างรุนแรง ดินตื้น ไม่เหมาะสมต่อเกษตรกรรม
- ศักยภาพการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม: พื้นที่บ้านปางกลางและปางอาณาเขตมีศักยภาพปานกลางถึงสูงบริเวณพื้นที่ราบเชิงเขา เหมาะสำหรับพืชไร่และพืชผักเศรษฐกิจ ส่วนบ้านปางต้นฝิ่งมีสัดส่วนพื้นที่ลาดชันมากกว่า 60% ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้เหมาะกับพืชยืนต้นและระบบวนเกษตรมากกว่าการปลูกพืชเชิงเดี่ยว
- การประยุกต์ใช้แผนที่เพื่อวางแผนการใช้ที่ดิน โดยใช้ข้อมูลแผนที่กำหนดพื้นที่เพาะปลูกให้เหมาะสมกับศักยภาพของดิน เช่น พื้นที่สีเขียวเข้ม เกษตรเชิงพาณิชย์ พื้นที่สีเขียวอ่อน เกษตรผสมผสาน พื้นที่สีเหลือง/ส้ม วนเกษตร และพื้นที่สีแดง ป่าไม้และอนุรักษ์
- แผนที่การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินและแผนที่ Aspect แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่าง ชนิดหินต้นกำเนิด ความลาดชัน และศักยภาพของดิน ที่มีผลโดยตรงต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางอาณาเขต และบ้านปางต้นฝิ่ง



ภาพที่ 30 แผนที่ทิศทางการหันหน้าของพื้นที่ (Aspect) พื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางอาณาเขต และบ้านปางต้นผึ้ง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทิศทางการหันหน้าของพื้นที่ (Aspect) โดยใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ครอบคลุมพื้นที่บ้านปางกลาง บ้านปางต้นผึ้ง และบ้านปางอาณาเขต พบว่าทั้งสามพื้นที่มีทิศทางการหันหน้าที่หลากหลาย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการรับแสงแดด ความชื้นในดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร โดยสามารถสรุปข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ดังนี้

ตารางที่ 40 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทิศทางการหันหน้า (Aspect) 3 หมู่บ้าน

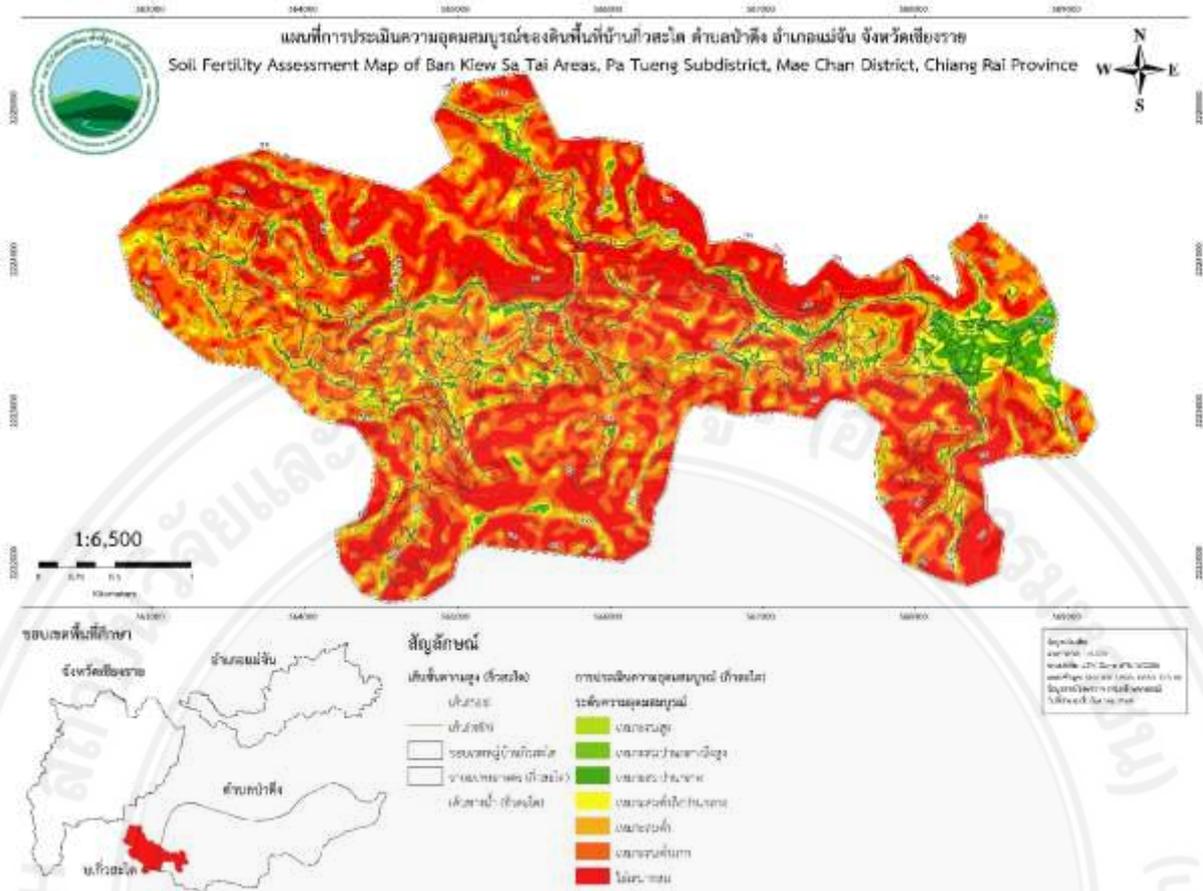
ค่าดัชนี (Aspect) ทิศทางการหันหน้า	บ้านปางกลาง จำนวนพื้นที่ (ไร่)	บ้านปางต้นผึ้ง จำนวนพื้นที่ (ไร่)	บ้านปางอาณาเขต จำนวนพื้นที่ (ไร่)
พื้นที่ราบ (Flat / No aspect)	133	209	30
เหนือ (North)	71	211	33
ตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)	65	157	47
ตะวันออก (East)	151	83	63
ตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast)	123	56	51
ใต้ (South)	100	71	80
ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest)	102	133	59
ตะวันตก (West)	128	200	38
ตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest)	143	178	47
พื้นที่ทั้งหมดรวม	1,016	1,298	448

จากข้อมูลตารางที่ 40 แสดงให้เห็นว่าบ้านปางต้นฝิ่ง มีพื้นที่รวมมากที่สุด (1,298 ไร่) และมีพื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือ (211 ไร่) และตะวันตก (200 ไร่) มากที่สุด แสดงถึงพื้นที่ที่มีแนวลาดไปทางตอนบนของกลุ่มน้ำบ้านปางกลาง มีพื้นที่ 1,016 ไร่ โดยทิศที่เด่นคือตะวันออก (151 ไร่) และตะวันตกเฉียงเหนือ (143 ไร่) ซึ่งสะท้อนถึงภูมิประเทศที่มีลักษณะเนินสลับลาด สำหรับบ้านปางอาณาเขต มีพื้นที่น้อยที่สุด (448 ไร่) โดยมีการลาดเด่นไปทางใต้ (80 ไร่) และตะวันออก (63 ไร่) ซึ่งบ่งชี้ถึงพื้นที่เนินลาดรับแสงแดดในช่วงบ่ายและมีความร้อนสูง โดยรวมทั้งสามหมู่บ้านมีทิศทางลาดกระจายตัวในทุกทิศทาง โดยเฉพาะพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือ-ตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นสัดส่วนสูง ซึ่งเหมาะสมต่อการพัฒนาเกษตรแบบผสมผสานบนพื้นที่สูง

ผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) ของพื้นที่ทั้งสามหมู่บ้านชี้ให้เห็นถึง ศักยภาพการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่แตกต่างกันตามทิศทางลาด มีรายละเอียดดังนี้

- พื้นที่ราบ (Flat / No Aspect): มีมากที่สุดในทุกหมู่บ้าน (รวมกว่า 370 ไร่) โดยเฉพาะบ้านปางต้นฝิ่ง ซึ่งเป็นพื้นที่เหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมเข้มข้น เช่น นาข้าว พืชผัก และพืชไร่ เนื่องจากมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินต่ำและความชื้นคงที่
- พื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือ: พื้นที่กลุ่มนี้มีความชันสูง อุณหภูมิต่ำ เหมาะสำหรับพืชเมืองหนาว เช่น ชา กาแฟ แมคคาเดเมีย หรือพืชที่ต้องการร่มเงา การกระจายของพื้นที่ประเภทนี้เด่นในบ้านปางกลาง และบ้านปางต้นฝิ่ง ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นระบบเกษตรแบบอนุรักษ์ได้ดี
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้: พื้นที่เหล่านี้ได้รับแสงแดดยามเช้า เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการแสงมากแต่ไม่ทนร้อนจัด เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และพืชตระกูลถั่ว พบมากในบ้านปางกลาง
- พื้นที่ลาดไปทางทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้: เป็นพื้นที่ที่ได้รับแสงแดดตลอดวัน โดยเฉพาะในช่วงบ่าย มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ จึงเหมาะสำหรับพืชทนแล้ง เช่น ไม้ พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันตก: พบมากในบ้านปางต้นฝิ่ง (200 ไร่) ซึ่งได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย เหมาะกับการปลูกพืชไร่และไม้ผลที่ต้องการแสงแดดมาก เช่น ลำไย มะม่วง และอะโวคาโด
- บ้านปางกลาง: มีสภาพภูมิประเทศเนินลาดไปทางตะวันออกและตะวันตกเฉียงเหนือ เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่ และควรมีระบบป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน บ้านปางต้นฝิ่ง: มีความหลากหลายทางทิศลาดมากที่สุด และมีพื้นที่ราบค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับการวางแผนเกษตรผสมผสานทั้งพืชไร่และพืชสวน รวมถึงการจัดตั้งพื้นที่สาธิตเกษตรเชิงอนุรักษ์ บ้านปางอาณาเขต: มีพื้นที่ลาดทางใต้และตะวันออกมากที่สุด จึงเหมาะกับการปลูกพืชทนแล้งหรือพืชเขตร้อน และควรใช้ระบบเกษตรแบบขั้นบันไดเพื่อควบคุมการไหลบ่าของน้ำ

สรุป ทิศทางลาด (Aspect) เป็นปัจจัยสำคัญต่อการกำหนดศักยภาพของพื้นที่เกษตร เนื่องจากมีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิว ความชื้นในดิน และการรับแสงแดด การวิเคราะห์ Aspect ร่วมกับข้อมูลความลาดชัน (Slope) และระดับความสูง (Elevation) จะช่วยให้การจัดการที่ดินมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นพื้นที่ของทั้งสามหมู่บ้านมีศักยภาพในการพัฒนาเกษตรบนพื้นที่สูงแบบผสมผสาน (Agroforestry System) โดยควรเน้นแนวทาง “การใช้ประโยชน์ที่ดินตามศักยภาพภูมิประเทศ (Landform-based Management)”



ภาพที่ 31 แผนที่การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านกิวสะไต

จากตารางที่ 41 แสดงผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านกิวสะไต อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย โดยอ้างอิงข้อมูลจากการสำรวจลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน พบว่า พื้นที่ทั้งหมดรวม 7,031.92 ไร่ สามารถจำแนกความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้ดังตาราง

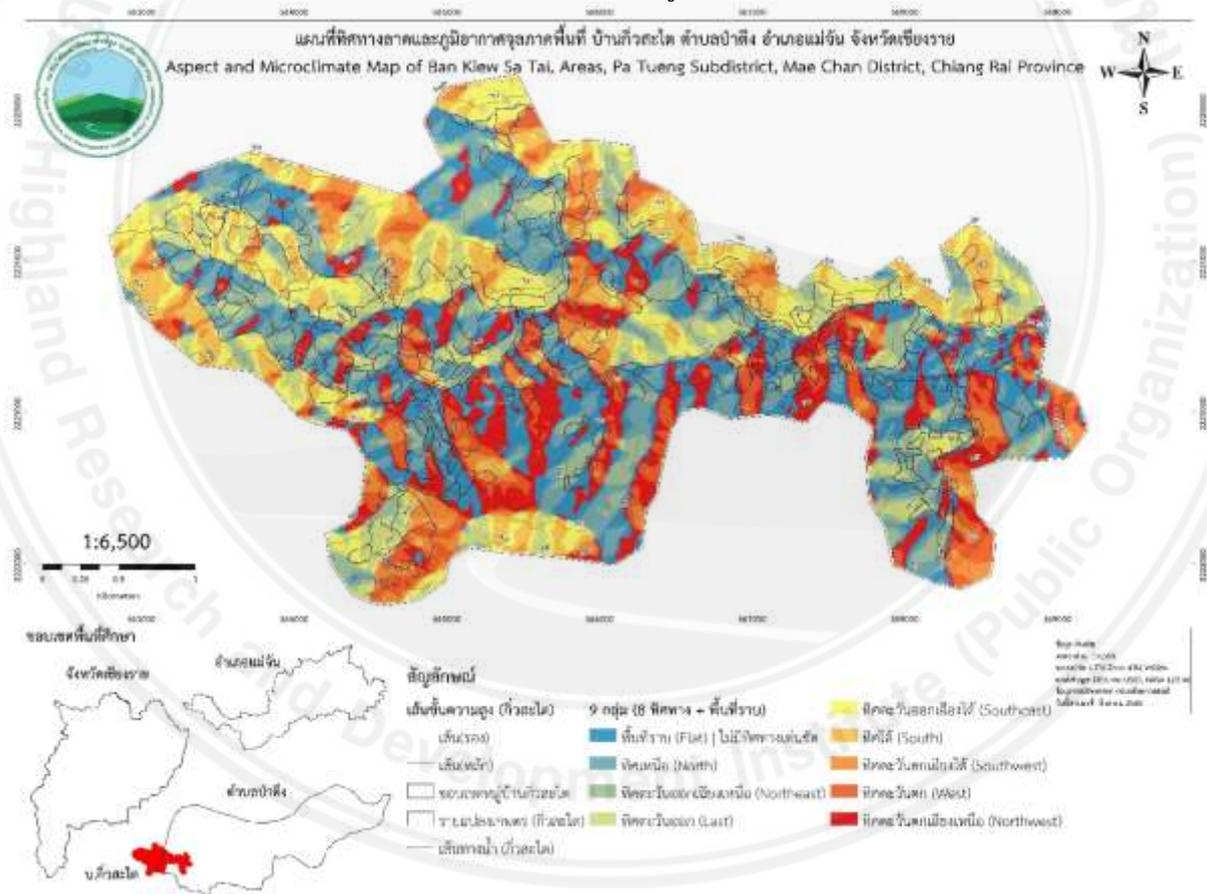
ตารางที่ 41 ข้อมูลผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่ บ้านกิวสะไต

ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
เหมาะสมสูง	21.33
เหมาะสมปานกลางถึงสูง	55.76
เหมาะสมปานกลาง	358.86
เหมาะสมต่ำถึงปานกลาง	585.89
เหมาะสมต่ำ	1679.11
เหมาะสมต่ำมาก	2071.96
ไม่เหมาะสม	2259.01
พื้นที่ทั้งหมดรวม	7,031.92 ไร่

จากตารางจะเห็นได้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านกิวสะไตอยู่ในกลุ่ม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก และไม่เหมาะสม คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 6,010 ไร่ หรือ ร้อยละ 85.5 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูงมีเพียง 436 ไร่ หรือร้อยละ 6.2 ของพื้นที่ทั้งหมด

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านกิวสะไต ดังนี้

- ลักษณะทางภูมิประเทศเป็นภูเขาและเนินเขาที่มีความลาดชันปานกลางถึงสูง การชะล้างพังทลายของหน้าดินเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- ลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปานกลาง มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และมีค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) ต่ำกว่า 2% รวมถึงมีค่าความเป็นกรด (pH) ต่ำ (4.5-5.5) ซึ่งเป็นลักษณะดินเสื่อมโทรมตามธรรมชาติของพื้นที่ภูเขาในภาคเหนือ
- การใช้ที่ดินทางการเกษตรทำเกษตรเชิงเดี่ยว ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และถั่วเหลือง ไม่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือลดการพังทลายของดิน ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ต่อเนื่อง
- สภาพภูมิอากาศมีปริมาณฝนสูงในฤดูฝนและแห้งแล้งในฤดูแล้ง เกิดการชะล้างและการสลายอินทรีย์วัตถุของดินเร็วกว่าปกติ
- การกระจายเชิงพื้นที่ พบว่า พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมและเหมาะสมต่ำมาก (ประมาณ 4,300 ไร่) ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ลาดชันสูงและเชิงเขาพื้นที่ พื้นที่ที่เหมาะสมปานกลางถึงสูง (ประมาณ 436 ไร่) อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขาและใกล้ลำน้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนและอินทรีย์วัตถุ
- ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าพื้นที่บ้านกิวสะโตมีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับต่ำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการเพาะปลูกเชิงเศรษฐกิจ การปรับปรุงบำรุงดินและลดการชะล้างพังทลายของดินจึงเป็นแนวทางสำคัญในการฟื้นฟูศักยภาพของพื้นที่



ภาพที่ 32 แผนที่การวิเคราะห์ทิศทางลาดของพื้นที่ (Aspect) ในพื้นที่บ้านกิวสะโต

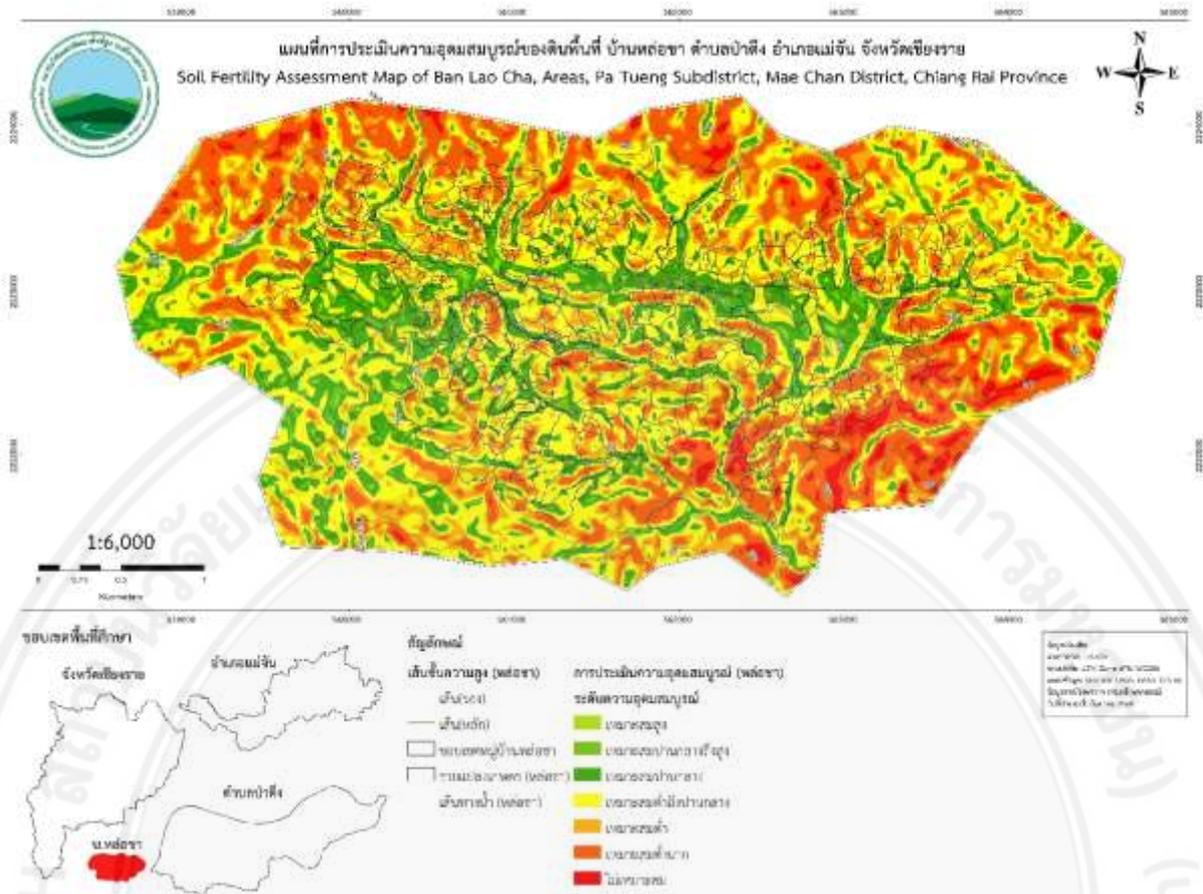
ตารางที่ 42 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) ในพื้นที่บ้านกิวสะโต

คำดัชนี (Aspect) ทิศทางลาด	จำนวนพื้นที่/ไร่
พื้นที่ราบ (Flat / No aspect)	1,148
เหนือ (North)	986
ตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)	703
ตะวันออก (East)	684
ตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast)	786
ใต้ (South)	687
ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest)	580
ตะวันตก (West)	592
ตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest)	865
พื้นที่ทั้งหมดรวม	7,031 ไร่

ผลจากการวิเคราะห์ค่าทิศทางลาดของพื้นที่ (Aspect) พื้นที่บ้านกิวสะโต พบว่ามีการกระจายของทิศทางลาดหลากหลายทิศทาง สามารถจำแนกตามคำดัชนี Aspect ได้ดังนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่ของเป็นพื้นที่ราบ (Flat) และพื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือ (North) และตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest) คิดเป็นประมาณ 36% ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีการลาดไปทางทิศใต้และทิศตะวันออกเฉียงใต้มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน โดยทิศเหล่านี้มักเป็นบริเวณเชิงเขาหรือพื้นที่รับแสงแดดมากในช่วงกลางวัน

ผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินศักยภาพของพื้นที่ในเชิงเกษตรกรรม การอนุรักษ์ดินและน้ำ และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้

- พื้นที่ราบ (Flat, 1,148 ไร่) เหมาะสำหรับการทำเกษตรกรรมมากที่สุด เช่น นาข้าว พืชผัก หรือการตั้งถิ่นฐาน เนื่องจากมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินน้อย กักเก็บความชื้นได้ดี ทหารระบายน้ำไม่ดี อาจเกิดปัญหาน้ำขังในฤดูฝนได้
- พื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือ (North, 986 ไร่) และตะวันตกเฉียงเหนือ (NW, 865 ไร่) ได้รับแสงแดดน้อยกว่าทิศอื่น ทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ ความชื้นในดินสูง เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการอากาศเย็น เช่น ชา กาแฟ หรือพืชไม้ผลในเขตภูเขา
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ (E, SE รวม 1,470 ไร่) ได้รับแสงแดดยามเช้ามาก เหมาะสำหรับการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และพืชตระกูลถั่ว ซึ่งต้องการแสงแดดเพียงพอแต่ไม่ร้อนจัด
- พื้นที่ลาดไปทางทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ (S, SW รวม 1,267 ไร่) ได้รับแสงแดดในช่วงบ่ายมากที่สุด ทำให้มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำกว่าทิศอื่น ควรเลือกพืชทนแล้ง เช่น ไม้ ผลเขตร้อน
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันตก (W, 592 ไร่): ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย อุณหภูมิสูง การระเหยน้ำมาก เหมาะสำหรับพืชไร่หรือพืชที่มีระบบรากลึก เช่น มันสำปะหลัง หรือพืชยืนต้นบางชนิด



ภาพที่ 33 แผนที่การประเมินข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในพื้นที่บ้านหล่อชา
ตารางที่ 43 ข้อมูลผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่บ้านหล่อชา

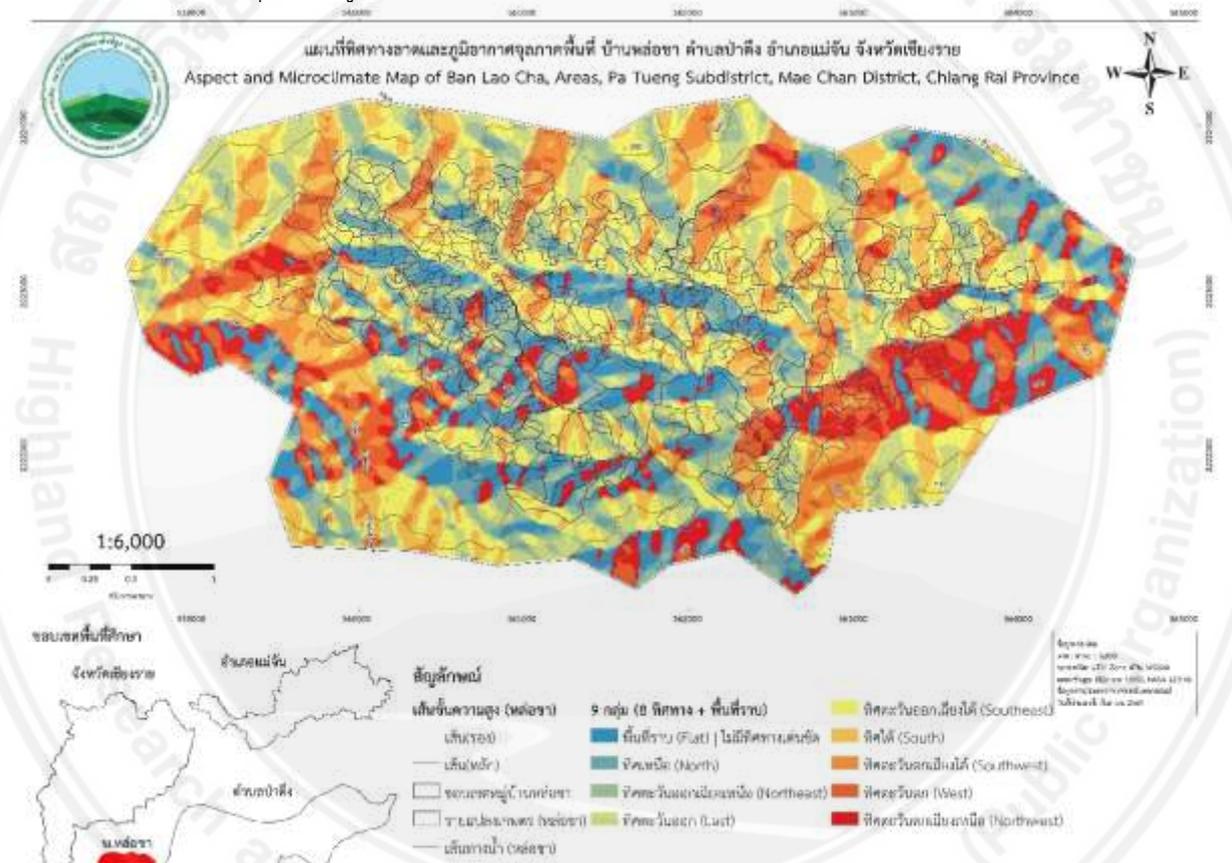
ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่/ไร่
เหมาะสมสูง	48.81
เหมาะสมปานกลางถึงสูง	129.54
เหมาะสมปานกลาง	966.64
เหมาะสมต่ำถึงปานกลาง	2,241.31
เหมาะสมต่ำ	7,083.48
เหมาะสมต่ำมาก	7,023.51
ไม่เหมาะสม	5,638.32
พื้นที่ทั้งหมดรวม	23,131.61 ไร่

ผลการวิเคราะห์พื้นที่บ้านหล่อชา (ตารางที่ 43) แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านหล่อชาอยู่ในกลุ่มดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม รวมกันคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 19,745 ไร่ หรือร้อยละ 85.4 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลางถึงสูงและสูง มีเพียง 1,145 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.9 ของพื้นที่

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านหล่อชา พบแนวโน้มสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของอำเภอป่าตึง ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาสูงสลับเนินลาดชัน ทำให้ดินในหลายพื้นที่ถูกชะล้างพังทลายและสูญเสียธาตุอาหารสะสม ลักษณะทางภูมิประเทศและกระบวนการกำเนิดดิน พื้นที่บ้านหล่อชาเป็นพื้นที่ลาดเชิงเขาและพื้นที่ภูเขาเตี้ย มีความลาดชันปานกลางถึงมาก ส่งผลให้เกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างธาตุอาหารออกจากผิวดิน (Soil erosion) อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชไร่และสวน

เชิงเดี่ยว ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต พื้นที่ส่วนใหญ่เคยใช้ปลูกพืชไร่หมุนเวียน เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชที่ดูดซับธาตุอาหารสูง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงเรื่อย ๆ โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ลักษณะทางเคมีของดิน ดินส่วนใหญ่มีความเป็นกรดปานกลางถึงสูง (pH 4.5–5.5) อินทรีย์วัตถุต่ำ (<2%) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำและยึดจับธาตุอาหาร (CEC) ต่ำ ทำให้ดินขาดเสถียรภาพในการผลิตพืชผลอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง พบกระจายอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาและพื้นที่สะสมตะกอนดินลุ่ม (Colluvial–Alluvial plain) ซึ่งมีการสะสมของดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ เหมาะกับพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว ถั่วเหลือง ผัก และพืชผสมผสาน

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่บ้านหล่อชา มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม (ประมาณ 19,745 ไร่) ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในแนวลาดเชิงเขา ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการชะล้างพังทลายของดิน ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูงอยู่ในบริเวณราบลุ่มใกล้ลำห้วย ซึ่งมีความสามารถในการเก็บความชื้นและสะสมธาตุอาหารสูงกว่า



ภาพที่ 34 แผนที่การวิเคราะห์ทิศทางลาดของพื้นที่ (Aspect) ในพื้นที่บ้านหล่อชา

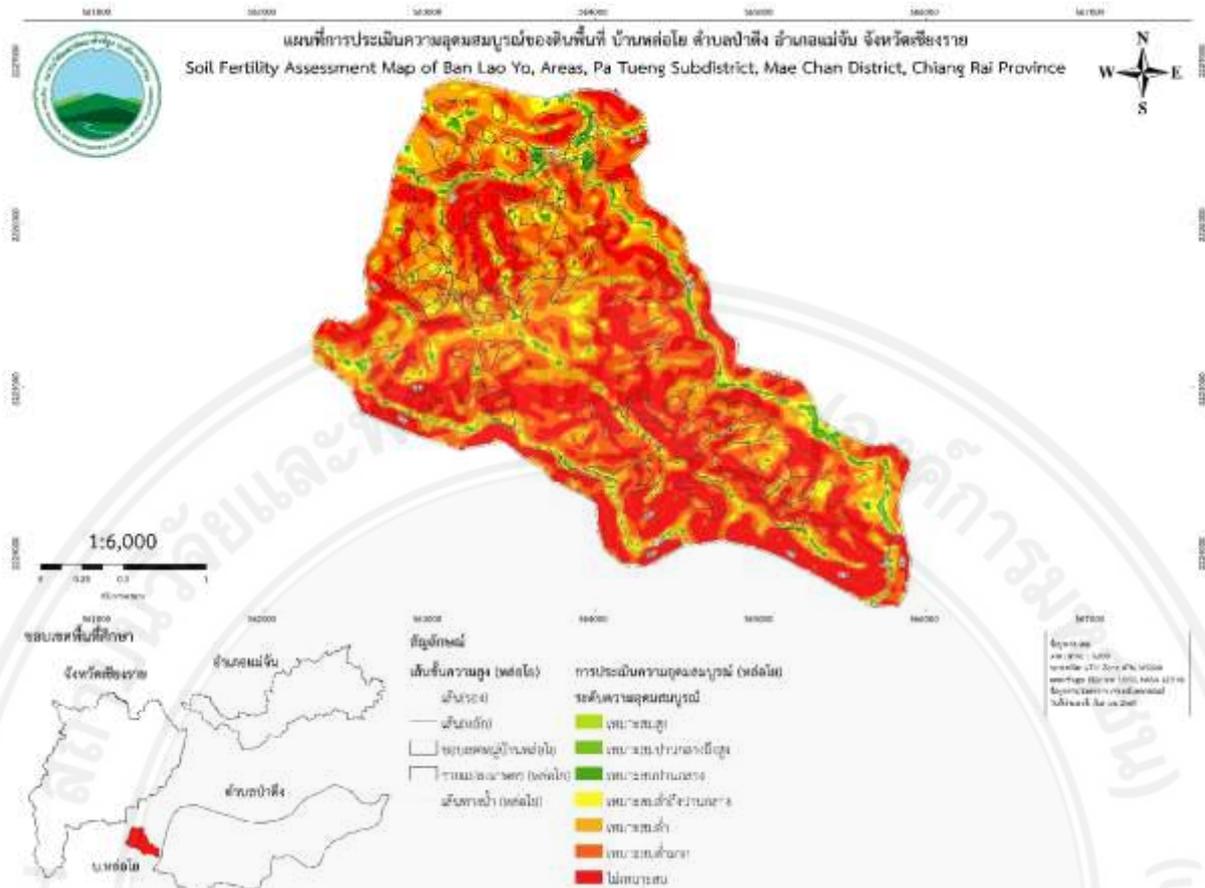
ตารางที่ 44 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) ในพื้นที่บ้านหล่อชา

คำดัชนี (Aspect) ทิศทางลาด	จำนวนพื้นที่/ไร่
พื้นที่ราบ (Flat / No aspect)	822
เหนือ (North)	741
ตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)	886
ตะวันออก (East)	1117
ตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast)	1321
ใต้ (South)	1223
ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest)	814
ตะวันตก (West)	576
ตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest)	685
พื้นที่ทั้งหมดรวม	8,185 ไร่

จากตารางที่ 44 พบว่า พื้นที่บ้านหล่อชามีทิศทางลาดที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast) จำนวน 1,321 ไร่ รองลงมาคือ ทิศใต้ (South) จำนวน 1,223 ไร่ และ ทิศตะวันออก (East) จำนวน 1,117 ไร่ ซึ่งรวมกันคิดเป็นร้อยละประมาณ 45% ของพื้นที่ทั้งหมด สำหรับพื้นที่ราบ (Flat / No aspect) มีอยู่ 822 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด เป็นบริเวณราบเชิงเขาหรือที่ราบระหว่างลำห้วย เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชไร่และพืชผัก

ผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) สามารถวิเคราะห์ผลเชิงลึกได้ดังนี้

- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ (Southeast-South) ได้รับแสงแดดมากตลอดวัน มีอุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำ เหมาะกับพืชที่ต้องการแสงแดดจัด เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และไม้ผลเขตร้อน เช่น มะม่วง ลำไย และอาโวคาโด
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันออก (East) ได้รับแสงแดดยามเช้าในปริมาณเหมาะสม เหมาะกับการปลูกพืชที่ต้องการอุณหภูมิปานกลาง เช่น ชา กาแฟ หรือไม้ผลในเขตพื้นที่สูง
- พื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือ (North-Northwest) ได้รับแสงแดดน้อย อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ ความชื้นดินสูง เหมาะกับพืชชา กาแฟ แมคคาเดเมีย พืชที่ต้องการสภาพร่มเงา
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ (West-Southwest) ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย เหมาะสำหรับพืชที่ทนแล้ง เช่น ฝั่ หรือพืชพลังงานชีวมวล
- พื้นที่ราบ (Flat) เหมาะสมต่อการทำการเกษตรมากที่สุด เช่น ข้าว พืชผัก และพืชไร่ขนาดเล็ก พื้นที่เหล่านี้ยังเหมาะกับการใช้ประโยชน์ในเชิงชุมชนหรือการตั้งถิ่นฐานด้วย



ภาพที่ 35 แผนที่การประเมินข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในพื้นที่บ้านหล่อย้อย

ตารางที่ 45 ข้อมูลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่บ้านหล่อย้อย

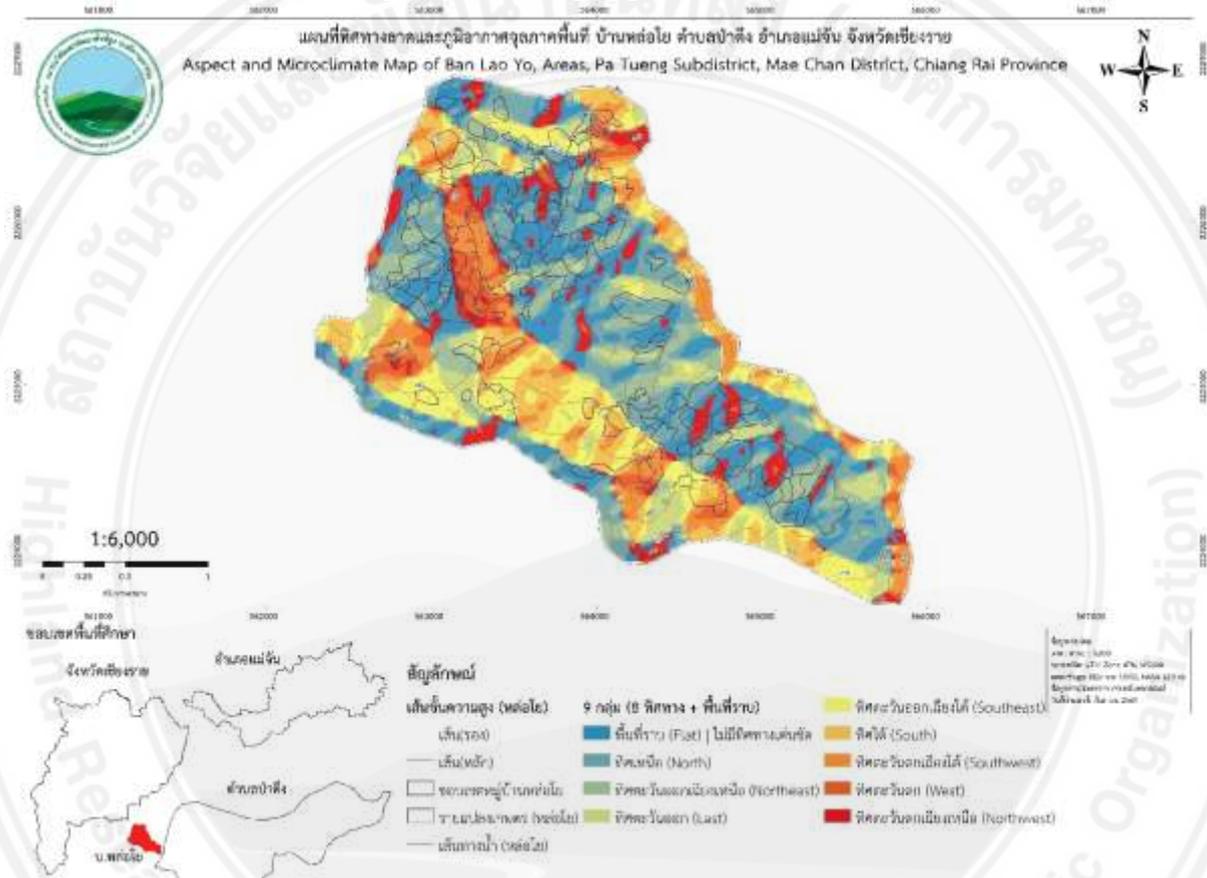
ระดับความอุดมสมบูรณ์	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
เหมาะสมสูง	4.62
เหมาะสมปานกลางถึงสูง	17.36
เหมาะสมปานกลาง	109.75
เหมาะสมต่ำถึงปานกลาง	249.97
เหมาะสมต่ำ	923.52
เหมาะสมต่ำมาก	1,119.65
ไม่เหมาะสม	1,179.01
พื้นที่ทั้งหมดรวม	3,603.88 ไร่

จากตารางที่ 45 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของบ้านหล่อย้อยมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม คิดเป็นประมาณ 90% ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูงมีเพียง 131.73 ไร่ หรือคิดเป็นเพียง 3.6% ของพื้นที่ทั้งหมด

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่บ้านหล่อย้อย พบแนวโน้มว่า ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงต่ำมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลักดังนี้

- ลักษณะทางภูมิประเทศของบ้านหล่อย้อยเป็นพื้นที่เนินเขาและลาดชัน ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ถูกชะล้าง

- การใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่องปลูกพืชเชิงเดี่ยวและทำเกษตรกรรมแบบเข้มข้นต่อเนื่องหลายปี โดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม ขาดอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ในดิน
- ลักษณะของดินจัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปานกลาง มีความสามารถในการอุ้มน้ำและเก็บธาตุอาหารต่ำ
- สภาพภูมิอากาศอยู่ในเขตภูเขาสูง มีปริมาณฝนมากในฤดูฝนและแล้งจัดในฤดูแล้ง
- การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับต่ำถึงต่ำมากและไม่เหมาะสม พบว่ามีแนวโน้มอยู่ในบริเวณลาดเชิงเขาและพื้นที่สูง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการไหลบ่าของน้ำและการชะล้างสูง ในขณะที่พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง อยู่ในบริเวณที่ราบเชิงเขาและพื้นที่สะสมตะกอน



ภาพที่ 36 แผนที่การวิเคราะห์ทิศทางลาดของพื้นที่ (Aspect) ในพื้นที่บ้านหล่อย

ตารางที่ 46 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทิศทางลาด (Aspect) ในพื้นที่บ้านหล่อย

ค่าดัชนี (Aspect) ทิศทางลาด	จำนวนพื้นที่/ไร่
พื้นที่ราบ (Flat / No aspect)	680
เหนือ (North)	668
ตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast)	397
ตะวันออก (East)	314
ตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast)	403
ใต้ (South)	385
ตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest)	324

ค่าดัชนี (Aspect) ทิศทางการลาด	จำนวนพื้นที่/ไร่
ตะวันตก (West)	182
ตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest)	250
พื้นที่ทั้งหมดรวม	3,603 ไร่

จากข้อมูลตารางที่ 46 พบว่าทิศทางการลาดที่มีพื้นที่มากที่สุดคือพื้นที่ราบ (Flat / No aspect) จำนวน 680 ไร่ หรือคิดเป็นประมาณ 18.9% ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ ทิศเหนือ (North) จำนวน 668 ไร่ (18.5%) และทิศตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast) จำนวน 403 ไร่ (11.2%) โดยรวมแล้วพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่บ้านห้วยไทรเป็นพื้นที่ราบถึงเนินลาดอ่อน ซึ่งสะท้อนถึงภูมิประเทศที่มีความเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมและการใช้ประโยชน์ในเชิงผลิต เช่น การปลูกพืชไร่ พืชสวน และพืชผัก

ผลการวิเคราะห์ทิศทางการลาด (Aspect) การกำหนดศักยภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร ดังนี้

- พื้นที่ราบ (Flat / No aspect) เหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมมากที่สุด มีการสะสมของธาตุอาหารสูง เหมาะสำหรับการปลูกข้าว พืชผัก และพืชไร่ระยะสั้น รวมถึงการตั้งถิ่นฐานชุมชน
- พื้นที่ลาดไปทางทิศเหนือ (North) มีอุณหภูมิต่ำกว่าและได้รับแสงแดดน้อย เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการอากาศเย็น เช่น ชา กาแฟ แมคคาเดเมีย หรือไม้ผลเมืองหนาว
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันออก (Southeast-East) ได้รับแสงแดดยามเช้ามาก เหมาะกับพืชที่ต้องการแสงแต่ไม่ทนร้อนจัด เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง หรือมันฝรั่ง
- พื้นที่ลาดไปทางทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (South-Southwest) ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ เหมาะสำหรับพืชที่ทนแล้ง เช่น ไม้ พืชพลังงานชีวมวล
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันตก (West) มีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงบ่ายและการระเหยน้ำมาก จึงไม่เหมาะกับพืชที่ต้องการความชื้นสูง แต่สามารถใช้ปลูกพืชไร่หรือไม้ผลที่ทนแสงแดดจัด
- พื้นที่ลาดไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest) มีการรับแสงแดดปานกลาง มีความสมดุลระหว่างอุณหภูมิและความชื้น เหมาะกับพืชผสม เช่น พืชสวนและพืชไร่ในระบบเกษตรผสมผสาน
- การสังเคราะห์ผลเชิงพื้นที่ การกระจายของทิศทางการลาดในพื้นที่ศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรที่ดี โดยเฉพาะพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดทางทิศเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีสมดุลระหว่างการรับแสงและการรักษาความชื้น ขณะที่พื้นที่ลาดทางใต้และตะวันตกควรเน้นการจัดการด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น พืชคลุมดิน การทำขั้นบันได และการสร้างแนวกันชะล้าง

การวิเคราะห์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินศักยภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงตัวอย่าง 3 แห่งในพื้นที่ห้วยไทร เพื่อสรุประดับความอุดมสมบูรณ์ (SFA) และให้คำแนะนำการจัดการทางการเกษตร หากมีการจัดการธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุอย่างเหมาะสม (กองสำรวจดิน, 2523; FAO, 2006)

ตารางที่ 47 ข้อมูลผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ห้วยไทร

Code	depth cm	LU	% Slope	OM %	SC	P ppm	SC	K ppm	SC	CEC me/100g	SC	Bs %	SFA
LS1	0-10	A4	12-20 %	3.54	H	11.73	M	294.5	H	7.8	L	54.88	M
	10-20			3.24	M	6.65	L	192.4	H	6.61	L	54.01	M
LS2	0-10	A6	5-12 %	3.07	M	4.85	L	167.7	H	4.44	L	55.30	M
	10-20			2.46	M	2.53	L	116.18	H	2.94	L	54.91	M
HKP(NA)	0-10	A2	2-5 %	2.06	M	5.56	L	30.88	L	4.46	L	52.56	M
	10-20			1.85	M	7.29	L	40.18	L	3.90	L	53.01	M

LU = Land use, A2 = Field Crop Rice, A4 = Orchard, A6 = Swidden Cultivation, , OM = organic matter, BS = base saturation, CEC = cation exchange capacity, Avail. P = available phosphorus, Avail. K = available potassium SC = Score, SFA = soil fertility assessment H = High, M = Medium, L = Low

สรุปผล LS1 (Orchard, ความชื้น 12–20%) ชั้น 0–10 cm: OM = 3.54% (คะแนน H), Avail. P = 11.73 ppm (M), Avail. K = 294.5 ppm (H), CEC = 7.8 meq/100g (จัดเป็นค่า L ในตารางคะแนน), BS = 54.88% (M) → ระดับความอุดมสมบูรณ์ (SFA) ระดับ ปานกลางถึงดี ชั้น 10–20 cm: OM ลดลงเป็น 3.24% (M), P = 6.65 ppm (L–M), K = 192.4 ppm (H), CEC = 6.61 meq/100g (L), BS ≈ 54.01% (M) LS2 (Swidden cultivation, ความชื้น 5–12%) ชั้น 0–10 cm: OM = 3.07% (M), P = 4.85 ppm (L), K = 167.7 ppm (H), CEC = 4.44 meq/100g (L), BS = 55.30% (M) → SFA ปานกลาง โดยฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ ชั้น 10–20 cm: OM = 2.46% (M), P = 2.53 ppm (L), K = 116.18 ppm (H), CEC = 2.94 meq/100g (L), BS ≈ 54.91% (M) HKP(NA) (Field crop / Rice, ความชื้น 2–5%) ชั้น 0–10 cm: OM = 2.06% (M), P = 5.56 ppm (L), K = 30.88 ppm (L), CEC = 4.46 meq/100g (L), BS = 52.56% (M) SFA ปานกลางถึงต่ำ โดยเฉพาะ K ต่ำมาก ชั้น 10–20 cm: OM = 1.85% (M), P = 7.29 ppm (L), K = 40.18 ppm (L), CEC = 3.90 meq/100g (L), BS = 53.01% (M)

ผลแนวโน้มทั่วไป อินทรีย์วัตถุ (OM) ในชั้นผิว (0–10 cm) ของทุกแปลงมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (≈ 2.0–3.5%) ซึ่งช่วยให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารและน้ำได้บ้าง แต่ยังมีช่องว่างที่ควรเพิ่ม OM เพื่อปรับปรุง CEC และโครงสร้างดินโดยรวม ฟอสฟอรัส (Avail. P) อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (2.5–11.7 ppm) ซึ่งอาจจำกัดการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะในช่วงการออกดอกและสร้างผลการตรึง P ในสภาพดินที่กรดสามารถลดความพร้อมใช้ของ P ได้ (Fe/Al-P fixation) โพแทสเซียม (Avail. K) แสดงความแตกต่างชัดเจน พื้นที่ LS1 และ LS2 มีค่า K สูง (โดยเฉพาะ LS1 ชั้นบน) ขณะที่ HKP(NA) มี K ต่ำมาก (≈ 31–40 ppm) ทำให้พื้นที่ปลูกพืชไร่/นาเสี่ยงต่อการขาด K ได้ง่าย CEC ที่ถูกให้คะแนนว่าอยู่ในระดับต่ำ (ค่าประมาณ 2.94–7.8 meq/100g ตามชั้นและแปลง) สะท้อนว่าดินอาจมีเนื้อทราย/เนื้อหยาบผสมดินเหนียว (Sandy Clay Loam) ซึ่งทำให้ความสามารถกักเก็บแคตไอออนมีจำกัด สิ่งนี้สัมพันธ์กับความจำเป็นในการเพิ่ม OM เพื่อเพิ่ม CEC ทางชีวภาพ BS (Base saturation) ประมาณ 52–55% ซึ่งเป็นระดับกลางที่พอรับได้ แสดงว่าดินยังมีกำลังแลกเปลี่ยนแคตไอออนเบสพอสมควร แต่ค่า pH (ข้อมูล pH หากมาจากแหล่งเดิม) ควรตรวจสอบรวมเพื่อประเมินการตรึง P และความพร้อมใช้ของธาตุอาหาร

ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและความชื้น แปลง LS1 (สวนไม้ผล) บนความชื้น 12–20% แสดงคุณสมบัติที่ดีด้าน K และ OM ชั้นบน แต่ CEC ค่อนข้างต่ำ การปลูกไม้ผลช่วยสะสมอินทรีย์วัตถุในชั้นผิว แต่ความลาดชันสูงทำให้เสี่ยงต่อการชะล้างหน้าดินและธาตุอาหาร หากไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน แปลง LS2 (ไร่หมุนเวียน) ให้ K ดี แต่ P ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการที่อาจมีการเผา/เปิดหน้าดินเป็นระยะ ทำให้ OM ลดลงในชั้นลึกและเพิ่มการชะล้าง แปลง HKP (NA) (นาหรือพืชไร่เชิงแปลง) บนความชื้นต่ำ (2–5%) แม้มีความชื้นน้อยจะช่วยลดการชะล้าง แต่ค่า K ต่ำชัดเจนและ OM ต่ำกว่าแปลงอื่น จึงต้องเน้นการเพิ่มธาตุและ OM ผ่านปุ๋ยคอก/ปุ๋ยหมักและพืชคลุมดิน

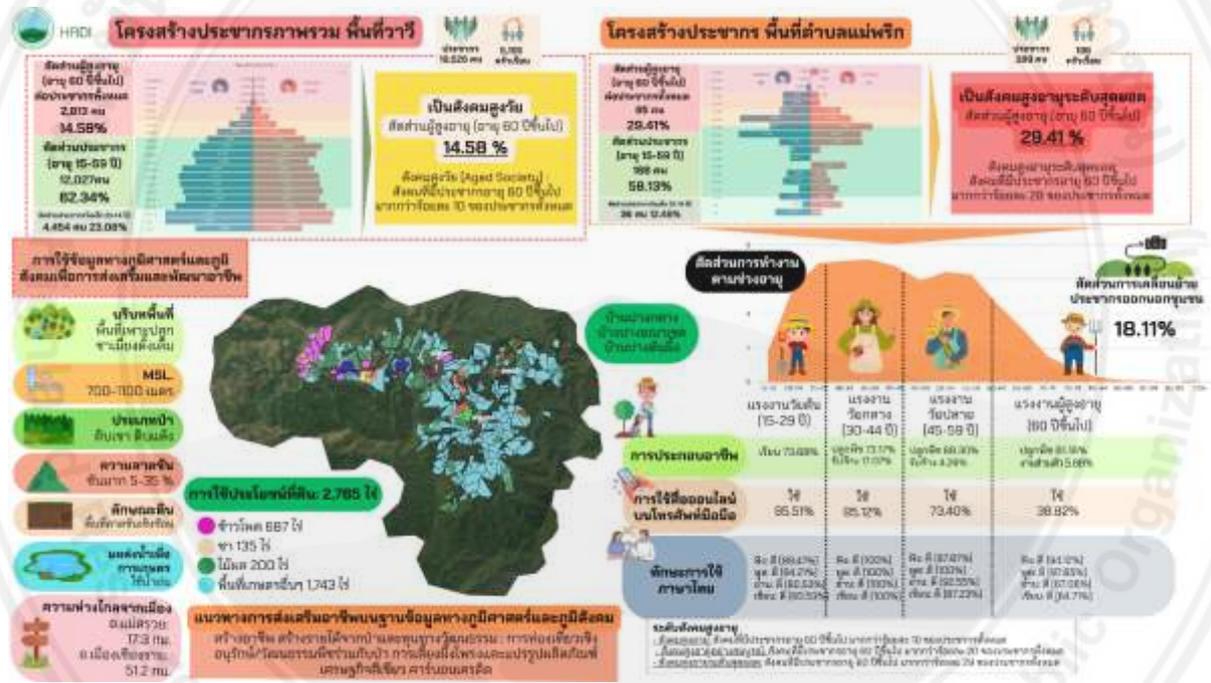
ความนัยเชิงการเพาะปลูก พื้นที่ LS1 เหมาะสำหรับไม้ผลที่ต้องการ K สูง (เช่น ลิ้นจี่ แมคคาเดเมีย) แต่ควรเสริม P และเพิ่มมาตรการอนุรักษ์ดิน (ชั้นบนใดแนวระดับหรือฝั่งถาวร) พื้นที่ LS2 ควรเสริม P เป็นประจำและใช้เทคนิคปลูกพืชคลุมในช่วงพักเว้นการปลูกเพื่อลดการชะล้าง พื้นที่ HKP (NA) ควรเน้นปรับปรุง OM และเสริม K อย่างเร่งด่วน หากปลูกพืชที่ต้องการ K สูงควรให้ปุ๋ยรองรับ

สรุปดินในพื้นที่ห้วยก้างปลา (ตัวอย่าง LS1, LS2, HKP(NA)) มีศักยภาพทำการเกษตรเชิงพาณิชย์ได้ แต่ลักษณะสำคัญที่ต้องจัดการคือ ปริมาณ P ค่อนข้างต่ำในหลายแปลง ค่าความสามารถแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ค่อนข้างจำกัด และความผันผวนของ K ระหว่างแปลง ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เสริมธาตุอาหารเฉพาะจุด และใช้มาตรการอนุรักษ์ดินโดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชัน

ผลงานวิจัย 3. ผลการส่งเสริมการอนุรักษ์/ ฟื้นฟูพื้นที่ป่าภายใต้การส่งเสริมกิจกรรมการเพิ่มพื้นที่สีเขียว
ในการศึกษาและส่งเสริมการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าภายใต้การเพิ่มพื้นที่สีเขียว

ผลงานวิจัย 3.1 ผลการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพและการปรับเปลี่ยนจากพืชเชิงเดี่ยวไปสู่การปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น เพื่อให้สอดคล้องและใช้เป็นแนวทางในโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลาและวาวี จ.เชียงใหม่

- 1) พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงใหม่
 - กลุ่มเป้าหมาย: ชุมชนที่อาศัยในเขตโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี ได้แก่ บ้านปางกลาง ปางต้นผึ้ง และปางอาณาเขต ต.แม่พริก อ.แม่สรวย จ.เชียงใหม่
 - ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพื้นที่ป่าภายใต้โครงการฯ โดยศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ อากาศ ลักษณะดินและน้ำ รวมถึงปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจของชุมชนในพื้นที่ศึกษา ดังภาพที่ 37
 - ผลการปรับเปลี่ยนจากพืชเชิงเดี่ยวสู่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (มะม่วง, อาโวคาโด) ไม้ป่าเบญจพรรณ พบว่าพื้นที่ที่ปรับเปลี่ยนมีการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') เฉลี่ย 0.6-0.8 หน่วยภายใน 1 ปี และการเกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงกว่า 50%



ภาพที่ 37 ข้อมูลโครงสร้างประชากร ภายใต้พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี พื้นที่ศึกษาภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ วาวี ตั้งอยู่ในเขตภูเขาสูง มีระดับความสูงเฉลี่ยระหว่าง 700-1,100 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินชุด ดินเขต ดินแดง และดินลูกรัง ซึ่งมีความลาดชันเฉลี่ยประมาณ 25-30% ส่งผลให้มีข้อจำกัดด้านการเพาะปลูกและการอนุรักษ์ดิน และน้ำจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสม

พื้นที่ทั้งหมดมีการใช้ประโยชน์รวมประมาณ 2,765 ไร่ ประกอบด้วยพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 687 ไร่ ชา 135 ไร่ และพื้นที่เกษตรอื่น ๆ รวม 1,743 ไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวสะท้อนถึงลักษณะการทำเกษตรบนพื้นที่ลาดชัน ซึ่งต้องพึ่งพาฝนเป็นหลักและมีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน

ในด้านสังคมประชากร พบว่า มีประชากรทั้งหมด 19,526 คน จาก 5,155 ครัวเรือน โดยมีสัดส่วนผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) คิดเป็น 14.58% ของประชากรทั้งหมด ซึ่งจัดอยู่ในประเภท “สังคมสูงวัย” (Aged

Society) ขณะที่พื้นที่ตำบลแม่พริก ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียง มีสัดส่วนผู้สูงอายุสูงถึง 29.41% จัดอยู่ในประเภท “สังคมสูงวัยระดับสุดยอด” (Super-Aged Society)

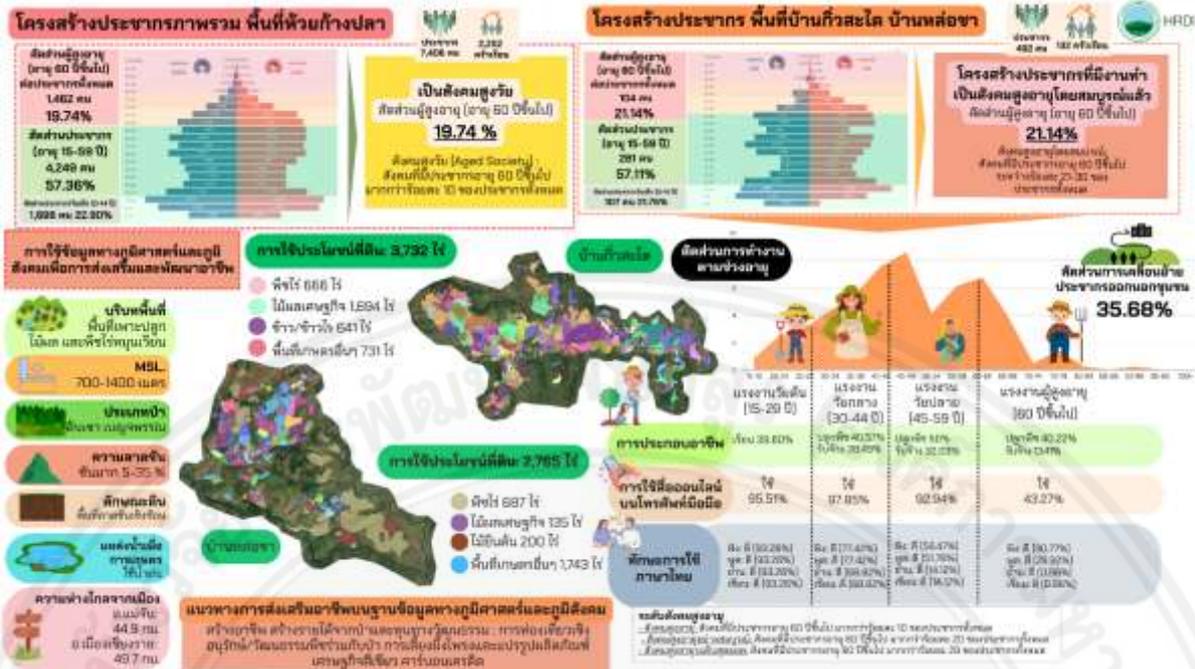
ด้านแรงงาน พบว่า สัดส่วนแรงงานวัยทำงาน (อายุ 15–59 ปี) คิดเป็นประมาณ 73.68% โดยแรงงานส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น การปลูกข้าวโพด ไร่ และพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่ามีแรงงานผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) ที่ยังคงทำการเกษตรอยู่ถึง 81.18% แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแรงงานสูงอายุในระบบเกษตรท้องถิ่น และสะท้อนถึงการพึ่งพาทรัพยากรมนุษย์ในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ การสำรวจข้อมูลทางสังคมเศรษฐกิจพบว่า 95.51% ของประชากรในพื้นที่สามารถเข้าถึงการสื่อสารออนไลน์ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ และมีทักษะการใช้ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในระดับสูงกว่า 89% แสดงถึงศักยภาพของชุมชนในการเข้าถึงเทคโนโลยีและการสื่อสาร ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนสำคัญต่อการพัฒนาชุมชนสู่การเกษตรสมัยใหม่

ข้อมูลผลการวิเคราะห์พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยแก้ว (แม่พริก) มีลักษณะทางภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเกษตรแบบอนุรักษ์และเกษตรยั่งยืน โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ไร่ และข้าวโพด ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียดินจากการชะล้าง จำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and Water Conservation) และการจัดการพื้นที่ตามหลักการ Landform-based Management เพื่อรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Wischmeier & Smith, 1978) ในด้านโครงสร้างประชากร พบว่า สังคมในพื้นที่กำลังเข้าสู่ภาวะสูงวัย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกำลังแรงงานในอนาคต การพัฒนาอาชีพและการส่งเสริมเทคโนโลยีทางการเกษตรควรคำนึงถึงการปรับตัวให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ เช่น การใช้เครื่องจักรกลขนาดเล็ก การทำเกษตรอินทรีย์ และการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในชุมชนเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ระหว่างวัย นอกจากนี้ การเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศของประชาชนส่วนใหญ่เป็นจุดแข็งที่สามารถต่อยอดสู่การพัฒนาเกษตรดิจิทัล (Digital Agriculture) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการตลาด ซึ่งจะช่วยให้ชุมชนสามารถแข่งขันได้ในระบบเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน

2) พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยแก้วปลา อ.แม่จัน จ.เชียงราย

- กลุ่มเป้าหมาย: ชุมชนที่อาศัยในเขตโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยแก้วปลา (บ้านกิวสะโต หล่อชา) อ.แม่จัน จ.เชียงราย
- ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพื้นที่ป่าภายใต้โครงการฯ โดยศึกษาสภาพภูมิศาสตร์ อากาศ ลักษณะดินและน้ำ รวมถึงปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจของชุมชนในพื้นที่ศึกษา ดังภาพที่ 38
- ผลการปรับเปลี่ยนจากพืชเชิงเดี่ยวสู่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (มะม่วง, อาโวคาโด) ไม้ป่าเบญจพรรณ พบว่าพื้นที่ที่ปรับเปลี่ยนมีการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') เฉลี่ย 0.6–0.8 หน่วยภายใน 1 ปี และเกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงกว่า 50%



ภาพที่ 38 ข้อมูลโครงสร้างประชากร ภายใต้พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา พื้นที่โครงการหลวงห้วยก้างปลามีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน ความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 700-1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินเขตภูเขา ประกอบด้วยดินชุด ดินเขตดินตาเบา และดินแดงบนภูเขา ซึ่งมีความลาดชันเฉลี่ยประมาณ 5-35% ทำให้พื้นที่มีความเปราะบางต่อการชะล้างพังทลายของดิน

พื้นที่ทั้งหมดมีการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 3,732 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ปลูกพืชผัก 666 ไร่ พื้นที่ไม้ผลและพืชเศรษฐกิจ 1,694 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าว/ข้าวไร่ 641 ไร่ และพื้นที่เกษตรอื่นๆ อีก 731 ไร่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นแบบผสมผสาน (Mixed Farming System) ที่มีทั้งพืชไร่และไม้ผลร่วมกันเพื่อสร้างรายได้หลากหลายให้แก่ครัวเรือนและลดความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ

ด้านโครงสร้างประชากร พบว่า มีประชากรรวม 7,406 คน จาก 2,252 ครัวเรือน โดยมีสัดส่วนผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) 19.74% ของประชากรทั้งหมด จัดอยู่ในประเภท “สังคมสูงวัย” (Aged Society) และมีแรงงานวัยทำงาน (อายุ 15-59 ปี) ร้อยละ 57.36% ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก ทั้งการปลูกพืชผัก พืชไร่ และไม้ผล

ข้อมูลด้านแรงงานเห็นได้ว่า แรงงานวัยหนุ่มสาว (อายุ 15-29 ปี) มีสัดส่วนร้อยละ 39.60% ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในชุมชนเพื่อช่วยงานภาคเกษตร ขณะที่แรงงานวัยกลางคน (อายุ 30-44 ปี) และวัยปลาย (อายุ 45-59 ปี) มีการประกอบอาชีพด้านการเพาะปลูกมากกว่า 70% ของกลุ่มอายุทั้งหมด อย่างไรก็ตาม สัดส่วนแรงงานผู้สูงอายุที่ยังทำการเกษตรอยู่คิดเป็นร้อยละ 40.22% แสดงให้เห็นถึงการพึ่งพาแรงงานสูงอายุในระบบการผลิตของพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มสังคมสูงวัยในพื้นที่ภูเขาของภาคเหนือ นอกจากนี้ยังพบว่าประชากรในพื้นที่มีการเข้าถึงเทคโนโลยีสูง โดยร้อยละ 95.51% ใช้อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือและสื่อออนไลน์ในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงร้อยละ 93.26% สามารถใช้ภาษาไทยได้อย่างคล่องแคล่ว ทำให้การสื่อสารและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเพื่อการพัฒนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

พื้นที่โครงการหลวงห้วยก้างปลาเป็นพื้นที่ภูเขาสูงที่มีศักยภาพทางเกษตรกรรมค่อนข้างดี โดยเฉพาะพืชผักและไม้ผลเมืองหนาว เช่น ชา กาแฟ มะม่วงหิมพานต์ และไม้ผลอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศเย็นและดินร่วนปนทราย อย่างไรก็ตาม ความลาดชันของพื้นที่เป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญต่อการทำเกษตรกรรม

การพัฒนาและส่งเสริมระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและการเสื่อมโทรมของพื้นที่เพาะปลูก (Wischmeier & Smith, 1978)

ในด้านสังคมเศรษฐกิจ การเข้าสู่สังคมสูงวัยของชุมชนสะท้อนถึงโครงสร้างแรงงานที่อาจขาดแคลนในอนาคต การพัฒนาอาชีพและระบบเกษตรจึงควรปรับให้เหมาะสมกับศักยภาพของผู้สูงอายุ เช่น การส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ที่ใช้แรงงานน้อย การนำเทคโนโลยีสมาร์ทฟาร์มมาใช้ และการสร้างกลุ่มเกษตรกรรุ่นใหม่เพื่อสืบทอดองค์ความรู้จากคนรุ่นก่อน นอกจากนี้ การที่ประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีและสื่อดิจิทัล เป็นปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญต่อการพัฒนาเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) และระบบตลาดออนไลน์ ซึ่งสามารถเพิ่มช่องทางจำหน่ายสินค้าเกษตรให้หลากหลายและยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนในระยะยาว

สรุปภาพรวม จากผลการศึกษาเชิงพรรณนา สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา มีศักยภาพสูงด้านการผลิตพืชผักและไม้ผลเมืองหนาว เหมาะสมต่อการพัฒนาเกษตรแบบยั่งยืน แต่ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องดำเนินการจัดการเชิงอนุรักษ์เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ควบคู่กับการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน โดยอาศัยการบูรณาการเทคโนโลยีและองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสมผล

ผลงานวิจัย 3.2 ผลการทดสอบปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในพื้นที่ที่ปรับเปลี่ยนจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยว

ผลการทดลองเบื้องต้นทั้งสองพื้นที่ พบว่า หลังจากการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ค่าอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.8–1.2% เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม (พืชเชิงเดี่ยว) ขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินลดลงจาก 1.45 g/cm³ เหลือ 1.28 g/cm³ ซึ่งบ่งชี้ว่าดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้นและสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น

ในส่วนของการจัดการชะล้างพังทลาย พบว่าพื้นที่ปลูกแบบผสมผสานมีค่าการสูญเสียดินเฉลี่ยลดลงจาก 20.3 ตัน/เฮกตาร์/ปี เหลือเพียง 9.6 ตัน/เฮกตาร์/ปี โดยเฉพาะในพื้นที่โครงการหลวงวาวี ซึ่งมีการปลูกไม้ยืนต้นแทรกในแนวระดับ (Contour Planting) ส่งผลให้การไหลบ่าของน้ำผิวดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านการเจริญเติบโตของไม้ผล พบว่าอัตราการรอดชีวิตของต้นมะม่วงและอะโวคาโดในปีแรกสูงกว่า 95% และมีอัตราการแตกยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15–20% เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีการปลูกเดี่ยว ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสมของระบบปลูกพืชผสมผสานต่อการปรับตัวของพืชในพื้นที่สูง

วิจารณ์ผลการทดลอง ผลการทดลองภาคสนามในพื้นที่โครงการหลวงห้วยก้างปลาและวาวี แสดงให้เห็นว่า การปรับระบบการปลูกพืชจากแบบเชิงเดี่ยวสู่ระบบปลูกผสมผสานมีผลเชิงบวกต่อคุณภาพของดินและระบบนิเวศโดยรวม การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นร่วมกับพืชล้มลุกสามารถช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ลดความหนาแน่นของดิน และลดการสูญเสียดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pimentel และคณะ (1995) ที่ระบุว่าการเพิ่มความหลากหลายของพืชในพื้นที่เกษตรสามารถลดการพังทลายของดินและรักษาความชื้นในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์ดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการพื้นที่สูงแบบยั่งยืน ที่เน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งช่วยลดแรงปะทะของน้ำฝนและการชะล้างหน้าดิน (Lal, 2001) การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในระบบดังกล่าวยังสามารถสร้างรายได้ระยะยาวให้เกษตรกร และส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนในดินและชีวมวล (Montagnini & Nair, 2004) อย่างไรก็ตาม การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในพื้นที่สูงยังต้องอาศัยการจัดการเบื้องต้น เช่น การเตรียมหลุมปลูกที่เหมาะสม การทำร่องระบายน้ำ การปลูกพืชคลุมดิน และการดูแลในระยะต้นกล้า เพื่อให้รากตั้งตัวได้ดีและลดการสูญเสียในช่วงต้นฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างสูง

สรุป ผลการทดลองภาคสนามเบื้องต้นของทั้งสองพื้นที่ยืนยันว่าการปรับเปลี่ยนระบบเกษตรจากเชิงเดี่ยวสู่ระบบปลูกผสมผสาน สามารถช่วยฟื้นฟูคุณภาพดิน ลดการชะล้างพังทลาย และเพิ่มศักยภาพของพื้นที่เกษตรบนพื้นที่สูง

ผลงานวิจัย 3.3 ผลการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity Assessment)

ผลการประเมินระดับความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ทดลองภายใต้โครงการพัฒนาพื้นที่สูงฯ ห้วยก้างปลาและวารี เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความหลากหลายทางชีวภาพระหว่างพื้นที่ที่มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยว (Monoculture) และพื้นที่ที่มีการปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้นในระบบเกษตรผสมผสาน (Agroforestry System) รวมทั้งประเมินผลกระทบต่อระบบนิเวศและชนิดพันธุ์ในพื้นที่ โดยใช้ดัชนี Shannon-Wiener (H') และ Simpson's Index (D) วิเคราะห์ระดับความหลากหลายของชนิดพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลจากแปลงทดลองและพื้นที่ป่ารอบข้างของแต่ละโครงการในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) ปี 2567 ซึ่งเป็นช่วงที่มีความอุดมสมบูรณ์ของชนิดพันธุ์สูงสุด

1) ผลการประเมินเบื้องต้นข้อมูลความหลากหลายของพันธุ์พืช

พื้นที่ปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในระบบผสมผสานมีชนิดพันธุ์พืชเฉลี่ย 10-12 ชนิดต่อแปลง ขณะที่พื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และชา) มีชนิดพันธุ์เฉลี่ยเพียง 4-6 ชนิดต่อแปลง ค่าดัชนี Shannon-Wiener (H') ของพื้นที่ปลูกผสมผสานมีค่าเฉลี่ย 2.97 ± 0.12 ในขณะที่แปลงปลูกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยเพียง 1.62 ± 0.09 ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สำหรับ Simpson's Index (1-D) รายงานว่าพื้นที่ปลูกผสมผสานมีค่าเฉลี่ย 0.86 ในขณะที่พื้นที่ปลูกเดี่ยวมีค่าเฉลี่ย 0.63 แสดงว่าความน่าจะเป็นที่สิ่งมีชีวิตสองชนิดที่สุ่มเลือกมาจะเป็นชนิดเดียวกันมีค่าน้อยกว่าในระบบปลูกผสมผสาน ซึ่งหมายถึงระบบดังกล่าวมีความหลากหลายทางพันธุ์พืชมากกว่า (Magurran, 2004) พันธุ์พืชที่พบเด่นในพื้นที่ปลูกผสมผสาน ได้แก่ พืชพื้นล่างในตระกูลหญ้า เถาวัลย์ และไม้พุ่มขนาดเล็ก ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาความชื้นและโครงสร้างดิน นอกจากนี้ยังพบการเจริญของพืชท้องถิ่น เช่น *Clerodendrum viscosum*, *Chromolaena odorata*, และ *Melastoma malabathricum* ซึ่งเป็นสัญญาณของการฟื้นตัวของระบบนิเวศ

2) ผลการประเมินเบื้องต้นข้อมูลความหลากหลายของสัตว์

ในส่วนของสัตว์ขนาดเล็กและแมลงผสมเกสร พบว่าพื้นที่ปลูกผสมผสานมีจำนวนชนิดแมลงเฉลี่ย 21 ชนิดต่อแปลง ซึ่งมากกว่าพื้นที่ปลูกเดี่ยวที่มีเพียง 6 ชนิดต่อแปลง โดยเฉพาะกลุ่มผึ้งป่าและผีเสื้อ ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ ค่า Shannon-Wiener Index (H') ของสัตว์ในระบบปลูกผสมผสานอยู่ที่ 3.21 ± 0.08 ในขณะที่แปลงเชิงเดี่ยวมีเพียง 2.02 ± 0.06 และค่า Simpson's Index (1-D) อยู่ที่ 0.89 และ 0.71 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นช่วยเพิ่มที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตมากขึ้น (Kumar & Nair, 2006)

วิจารณ์ผลการประเมิน ผลการประเมินชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าระบบปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในพื้นที่สูงส่งผลเชิงบวกต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งในระดับพันธุ์พืชและสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการปลูกแบบแถบสลับ (Strip Planting) หรือปลูกตามแนวระดับ (Contour Planting) ซึ่งช่วยสร้างโครงสร้างแนวตั้งของพืชพรรณ (Vertical Stratification) ทำให้เกิดแหล่งอาศัยที่หลากหลายมากขึ้นสำหรับสัตว์ป่า

การเพิ่มขึ้นของดัชนี Shannon-Wiener และ Simpson's Index ในแปลงผสมผสานสอดคล้องกับแนวคิดของ Altieri (1999) ที่ระบุว่าความหลากหลายทางชีวภาพในระบบเกษตรช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบนิเวศ (ecosystem resilience) และลดความเสี่ยงจากการระบาดของศัตรูพืช รวมทั้งช่วยปรับสมดุลของระบบนิเวศในระยะยาว ในทางกลับกัน แปลงปลูกเชิงเดี่ยวแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายที่ต่ำกว่า

เนื่องจากมีโครงสร้างพีซชั้นเดียวและมีการใช้สารเคมีมากกว่า ซึ่งส่งผลให้จำนวนแมลงผสมเกสรและสิ่งมีชีวิตในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Perfecto และคณะ (2009) ที่รายงานว่าระบบเกษตรเชิงเดี่ยวมักส่งผลให้ความหลากหลายของแมลงและสัตว์ลดลง 40–60% เมื่อเทียบกับระบบเกษตรผสมผสาน ดังนั้น การปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นในพื้นที่สูงนอกจากจะช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว ยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและเสริมสร้างความมั่นคงของระบบนิเวศในพื้นที่เกษตรบนภูเขา

สรุป ผลการประเมินพื้นที่ที่ปรับระบบการปลูกจากพืชเชิงเดี่ยวมาเป็นระบบปลูกผสมผสานมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H' และ 1-D) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงความสมดุลของระบบนิเวศและการฟื้นตัวของพันธุ์พืชและสัตว์บนพื้นที่สูง

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการประเมินสมบัติดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินตลอดจนวิเคราะห์ระดับการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีภูมิประเทศลาดชัน มีการใช้ที่ดินหลากหลายรูปแบบ และเป็นภูมินิเวศภูเขาที่มีความเปราะบางทางดินและน้ำ งานวิจัยได้ผสมผสานระหว่างข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) แบบจำลองการชะล้างพังทลายของดิน (USLE/RUSLE) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rainfall erosivity factor: R-factor) และข้อมูลจากการสำรวจดินภาคสนาม ทั้งในด้านสมบัติกายภาพและเคมี เช่น pH, CEC, อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และค่าความอิ่มตัวของเบส (BS) เพื่อจำแนกศักยภาพดินและระดับการชะล้างพังทลายในพื้นที่ศึกษาอย่างละเอียด ผลการศึกษา พบว่า ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.9–5.8 จัดเป็นดินกรดปานกลาง ซึ่งมีผลต่อการดูดซับและการตรึงธาตุอาหาร โดยเฉพาะฟอสฟอรัส (P) ซึ่งมีค่าในระดับต่ำถึงปานกลาง (เฉลี่ย 4.8–11.7 ppm) เนื่องจากถูกตรึงด้วยไอออนเหล็กและอะลูมิเนียมในดินกรด ขณะที่โพแทสเซียม (K) มีค่าค่อนข้างสูงในพื้นที่สวนและไม้ผล เช่น แปลง LS1 ซึ่งเกิดจากการสะสมอินทรีย์วัตถุและการพองตัวของแร่ไมกาในหินฟิลไลต์ที่เป็นหินต้นกำเนิด และดินส่วนใหญ่จัดเป็นเนื้อดินแบบ Sandy Clay Loam ถึง Clay Loam มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปานกลาง (6–9 meq/100g) แสดงถึงความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารได้ในระดับพอเหมาะต่อการปลูกพืชไร่และไม้ผล สำหรับค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยรวม (Soil Fertility Assessment: SFA) พบว่าพื้นที่สวนไม้ผล (LS1) มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุสูง (3.54%) และธาตุอาหารหลักเพียงพอ ขณะที่พื้นที่ไร้หมุนเวียน (LS2) และพื้นที่นาข้าว (HKP) อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ โดยเฉพาะพื้นที่ HKP ซึ่งมีค่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำมาก จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงด้วยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุและใส่ปุ๋ยเสริมธาตุอาหารที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จากแบบจำลอง USLE แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (>20%) และถูกใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่หรือพืชเชิงเดี่ยว มีค่าการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับ “รุนแรงถึงรุนแรงมาก” (มากกว่า 15–20 ตันต่อไร่ต่อปี) โดยเฉพาะพื้นที่ไม้ยืนต้นและพืชไร่เชิงเดี่ยวซึ่งเปิดหน้าดินในฤดูฝน ขณะที่พื้นที่นาข้าวและพืชผสมผสานซึ่งอยู่บริเวณไหล่เขาต่ำ มีค่าการชะล้างอยู่ในระดับ “น้อยถึงปานกลาง” (0–5 ตันต่อไร่ต่อปี) ส่วนพื้นที่ป่าไม้และพืชคลุมดินหนาแน่นมีค่าการสูญเสียดินต่ำมาก (น้อยกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี) ผลการคำนวณการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างพบว่า พื้นที่ที่มีการชะล้างสูงสุด (>20 ตันต่อไร่ต่อปี) สูญเสียธาตุอาหาร ไนโตรเจน (N) เฉลี่ย 6.47 ± 3.19 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ฟอสฟอรัส (P) 0.17 ± 0.14 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และโพแทสเซียม (K) 2.48 ± 1.25 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งเมื่อแปลงค่าในรูปของปุ๋ยเคมี จะเทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ประมาณ 14.06 ± 6.94 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-

60) ประมาณ 4.97 ± 2.50 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งถือเป็นการสูญเสียธาตุอาหารในระดับที่มีนัยสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตพืชในระยะยาว

ส่วนของการทดลองภาคสนามเพื่อทดสอบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการทดลองพบว่า การปรับพื้นที่ลาดชันให้เป็น “แปลงขั้นบันได” ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกตามแนวขั้นบันได สามารถลดการชะล้างพังทลายของดินได้เฉลี่ย 50–70% เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีการจัดการ และยังเพิ่มความชื้นในดิน (soil moisture) ได้เฉลี่ย 8–15% ในขณะที่การปรับพื้นที่แบบ “กระตนา” ช่วยเพิ่มการกักเก็บน้ำผิวดินและรักษาระดับน้ำในฤดูแล้งได้ดี แต่ต้องการการจัดการน้ำและแรงงานมากกว่า อย่างไรก็ตาม ทั้งสองรูปแบบมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตข้าวไร่และข้าวนาเฉลี่ย 12–20% และส่งผลดีต่อการคงธาตุอาหารในหน้าดินโดยรวม

จากผลการศึกษา เกิดข้อเสนอแนะทางเชิงนโยบายและปฏิบัติการ ดังนี้

- ระดับนโยบายและการวางแผนพื้นที่: ควรจัดทำนโยบายการใช้ที่ดินตามศักยภาพ (Land suitability zoning) และกำหนดพื้นที่อนุรักษ์ถาวรในพื้นที่ลาดชันสูง เพื่อป้องกันการขยายพื้นที่เพาะปลูกในเขตเสี่ยง
- ระดับพื้นฟูดินและการใช้ที่ดิน: ส่งเสริมการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ปลูกพืชตระกูลถั่ว พืชคลุมดิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อลดการพังทลายปุ๋ยเคมีและปรับปรุงโครงสร้างดินให้ร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดีขึ้น
- ระดับเทคนิค: ขยายผลการสาธิตแปลงขั้นบันไดและกระตนาในพื้นที่ชุมชน พร้อมทั้งติดตั้งระบบ GPS Land Leveling และระบบชลประทานน้ำฝนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและลดการไหลบ่า
- ระดับชุมชน: เสริมสร้างศักยภาพเกษตรกรผ่านการอบรมเรื่องการจัดการดินและน้ำ และการวางแผนการผลิตพืชโดยใช้ข้อมูลดินและภูมิประเทศเป็นฐานการตัดสินใจ
- ระดับติดตามและประเมินผล: จัดตั้งระบบติดตามคุณภาพดิน และอัตราการชะล้าง เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงมาตรการอนุรักษ์ในอนาคต

ซึ่งข้อเสนอแนะดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) ได้แก่

- SDG 2 (Zero Hunger): เพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและรายได้ของเกษตรกรผ่านการจัดการดินที่ยั่งยืน
- SDG 6 (Clean Water): ลดตะกอนและการปนเปื้อนในแหล่งน้ำจากการชะล้างพังทลาย
- SDG 13 (Climate Action): การปลูกพืชคลุมดินและระบบวนเกษตรช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน และลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- SDG 15 (Life on Land): พื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินและระบบนิเวศบนพื้นที่สูง

สรุป งานวิจัยนี้ยืนยันว่า “การจัดการดินอย่างยั่งยืน (Sustainable Soil Management)” ต้องดำเนินควบคู่ไปกับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินตามศักยภาพและการมีส่วนร่วมของชุมชน การผสมผสานระหว่างมาตรการทางกายภาพ (เช่น ขั้นบันได กระตนา) กับมาตรการทางชีวภาพ (เช่น พืชคลุมดิน วนเกษตร) และการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นแนวทางสำคัญในการลดการชะล้างพังทลาย รักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่สูงให้สอดคล้องกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน