บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์แหล่งปล่อย GHG และแหล่งกักเก็บคาร์บอนจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกาของชุมชนบนพื้นที่สูง

ประเมินปริมาณการปล่อย GHG และการกักเก็บคาร์บอนของชุมชนบนพื้นที่สูง 2 บริบท ได้แก่ ชุมชนที่มีระบบปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหลัก และชุมชนที่มีระบบปลูกกาแฟอะราบิกาเป็นหลัก ในพื้นที่ดำเนินงานของ สวพส. จำนวน 7 แห่ง โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ให้ครอบคลุมปัจจัยด้านภูมิประเทศและการจัดการแปลงที่มีผลต่อการปล่อยและการกักเก็บคาร์บอน ได้แก่ (1) เป็นชุมชนภายใต้พื้นที่ปฏิบัติงานหลักของ สวพส. (2) เป็นพื้นที่ต้นแบบการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยหรือการพัฒนานิเวศบริการ (3) เป็นพื้นที่ตัวแทนที่มีความแตกต่างด้านระดับความสูงและความลาดชันของแปลงเกษตร โดยจำแนกตามระดับความสูงต่ำกว่า 500 เมตร (low) ระหว่าง 500-1,000 เมตร (medium) และมากกว่า 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (high) ซึ่งสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ที่ดิน ระบบการจัดการแปลง และกระบวนการที่มีผลต่อการปล่อย GHG และการกักเก็บคาร์บอน และ (4) เป็นชุมชนที่อยู่ระหว่างการดำเนินงานหรือเตรียมดำเนินโครงการลดการปล่อย GHG เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงผลการประเมินกับแนวทางการจัดการเชิงปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมกับบริบทพื้นที่สูง

โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง	บริบท /ระบบเกษตร	ลักษณะเด่น /จุดเน้นของพื้นที่	ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (เมตร)	ความลาดชันของพื้นที่ (%)
1) ป่าแป๋	กาแฟ	ต้นแบบงานวิจัย	700-1,100 (medium-high)	20-50
2) แม่มะลอ	ข้าวโพด	ต้นแบบงานวิจัย	500-1200 (medium-high)	30-75
3) แม่แฮหลวง	กาแฟ	ต้นแบบงานวิจัย	1,000-1,200 (high)	20-50
4) ปางหินฝน	ข้าวโพด/ กาแฟ	ต้นแบบงานวิจัย	900-1,400 (medium-high)	20-75
5) แม่สลอง	ข้าวโพด/ กาแฟ	ต้นแบบงานวิจัย	440-1,225 (low-medium-high)	20-75
6) โป่งคำ	ข้าวโพด	ต้นแบบงานวิจัย	312-339 (low)	30-50
7) แม่จริม	ข้าวโพด	ต้นแบบงานวิจัย	330-400 (low)	30-50

วิธีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1) สำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกาบนพื้นที่สูง โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์และแปลภาพถ่ายดาวเทียม ในพื้นที่ดำเนินงานของ สวพส. ควบคู่กับการใช้ชุดข้อมูลแผนที่ดินรายแปลงของ สวพส. และกรมพัฒนาที่ดิน รวมทั้งฐานข้อมูล HRDI GIS Portal

ขอบเขตการดำเนินงาน ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน ตาก เพชรบูรณ์ กำแพงเพชรและกาญจนบุรี รวม 44 โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง 6,498,509 ไร่ โดยจังหวัดเชียงใหม่มีจำนวนโครงการมากที่สุด 21 แห่ง รองลงมาคือจังหวัดน่าน 11 แห่ง ทั้งนี้พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาและที่ลาดชัน ซึ่งเหมาะกับการเพาะปลูกพืชไร่บนพื้นที่สูง เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอาราบิกา รวมทั้งเป็นพื้นที่ต้นน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง

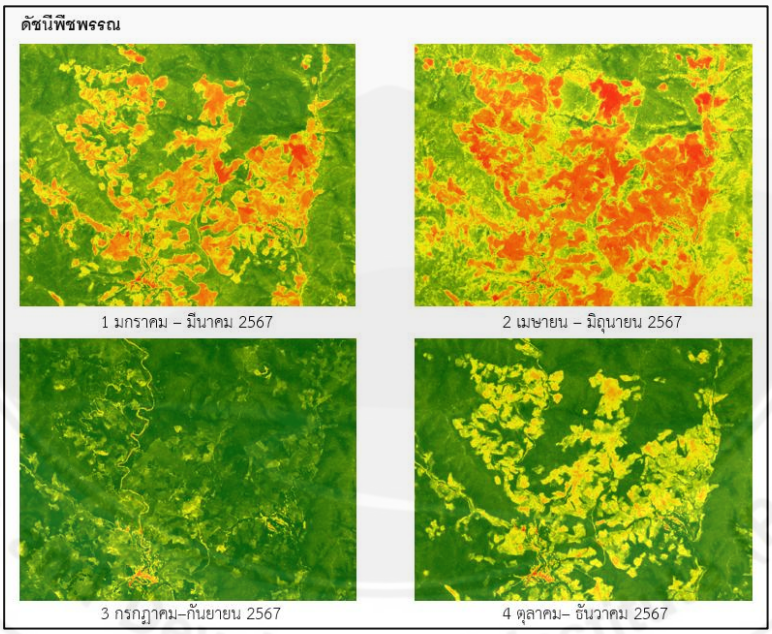
รวบรวมและประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ จัดเตรียมจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 (Level-2A) ที่ผ่านการปรับแก้บรรยากาศและเชิงเรขาคณิตแล้ว มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10–20 เมตร ครอบคลุมช่วงคลื่นสำหรับจำแนกพืช ได้แก่ BLUE B2 (490 nm) GREEN B3 (560 nm) RED B4 (665 nm) NIR B8 (842 nm) Red-edge B5 (705 nm) และ Red-edge B7 (783 nm) โดยเลือกภาพที่มีเมฆปกคลุมน้อยกว่า 10% จำแนกรายเดือนระหว่างเมษายน-พฤศจิกายน 2567 และใช้ข้อมูลย้อนหลังทุก 3 เดือน ตั้งแต่ปี 2565-2567 เพื่อสร้างชุดข้อมูลเวลา (time series) สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณแต่ละช่วงฤดูกาล นอกจากนี้ยังรวบรวมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากกรมพัฒนาที่ดิน (http://sql.ldd.go.th/lddata/index.html) ซึ่งมีความละเอียดสูงจากการตรวจสอบภาคสนาม และ GISTDA (https://ecoplant.gistda.or.th/) ซึ่งมีความทันสมัยและครอบคลุมพื้นที่กว้าง พร้อมทั้งข้อมูลภูมิประเทศ เช่น ความสูง ความลาดชัน และลักษณะภูมิประเทศ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์และเพิ่มความแม่นยำของการจำแนกพื้นที่ (ภาพที่ 3.1)

วิเคราะห์พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด เริ่มจากการสร้างภาพชุดเวลาเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณตลอดฤดูกาล โดยค่าดัชนีพืชพรรณจะต่ำในช่วงก่อนปลูก เพิ่มขึ้นช่วงเจริญเติบโต และลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการจำแนก ได้ใช้ดัชนีพืชพรรณหลายชนิดร่วมกัน ได้แก่ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) สำหรับประเมินความหนาแน่นของพืช SIPI (Structure Insensitive Pigment Index) สำหรับวิเคราะห์อัตราส่วนคลอโรฟิลล์ GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) สำหรับคาดการณ์ผลผลิต Chlorophyll Index และ LCI (Leaf Chlorophyll Index) สำหรับประเมินสารอาหาร และ NDMI (Normalized Difference Moisture Index) สำหรับวัดความชื้น ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและ GISTDA ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลฝึกสอน (training data) เพื่อสร้างแบบจำลองจำแนกพื้นที่ ตัวอย่างการกระจายตัวของพืชแต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 3.2

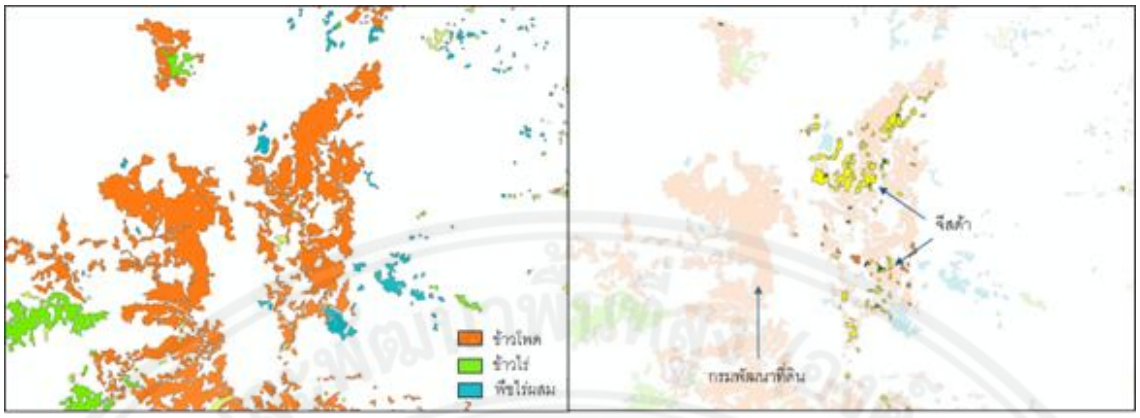
จำแนกพื้นที่เพาะปลูกด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน (Supervised Classification) โดยใช้อัลกอริทึม Random Forest ซึ่งมีความสามารถจำแนกข้อมูลที่ซับซ้อนและลดข้อผิดพลาดจากข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกัน ขั้นแรกจำแนกพื้นที่เกษตรออกจากพื้นที่ป่า จากนั้นจำแนกชนิดพืชภายในพื้นที่เกษตร ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวไร่ พืชไร่ผสม และพื้นที่ร้าง

ตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนก โดยสำรวจภาคสนามในพื้นที่ตัวอย่างไม่น้อยกว่า 50 จุดต่อชนิดพืช ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) และวัดพิกัดด้วยอุปกรณ์ GPS จากนั้นนำข้อมูลภาคสนามมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกเพื่อคำนวณค่าความถูกต้องด้วยสถิติ ได้แก่ Overall Accuracy ความถูกต้องโดยรวม Producer's Accuracy ความถูกต้องจากมุมมองข้อมูลจริง User's Accuracy ความถูกต้องจากมุมมองผู้ใช้ และ Kappa Statistic ซึ่งแสดงระดับความสอดคล้องระหว่างข้อมูลจำแนกกับข้อมูลจริง

วิเคราะห์พื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิกา เลือกพื้นที่เหมาะสมตามปัจจัยทางภูมิอากาศและภูมิประเทศ โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินช่วงปี 2562-2567 พบว่าการปลูกกาแฟส่วนใหญ่เป็นระบบปลูกร่วมกับพืชอื่น เช่น ไม้ผล เมืองหนาวและชา จากนั้นเลือกพื้นที่ตัวอย่างโครงการพัฒนาฯ ปางมะโอ วาวี และแม่สะลอง เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณรายเดือน (2019-2024) พบว่าพื้นที่ปลูกใต้ร่มเงามีค่าดัชนีสูงใกล้เคียงป่าธรรมชาติ ขณะที่พื้นที่ปลูกแบบโล่งมีความแปรผันสูงกว่า สรุปว่าการจำแนกกาแฟยังมีข้อจำกัดจากการทับซ้อนของสเปกตรัมกับป่าและไม้ผล จึงใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและชุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจรายแปลงเกษตรกรของ สวพส. ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เป็นตัวแทนอ้างอิงหลักของการวิเคราะห์



ภาพที่ 3.1 แสดง time series ของดัชนีพืชพรรณในพื้นที่ปลูกข้าวโพดจากข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ทุก 3 เดือน ปี 2567

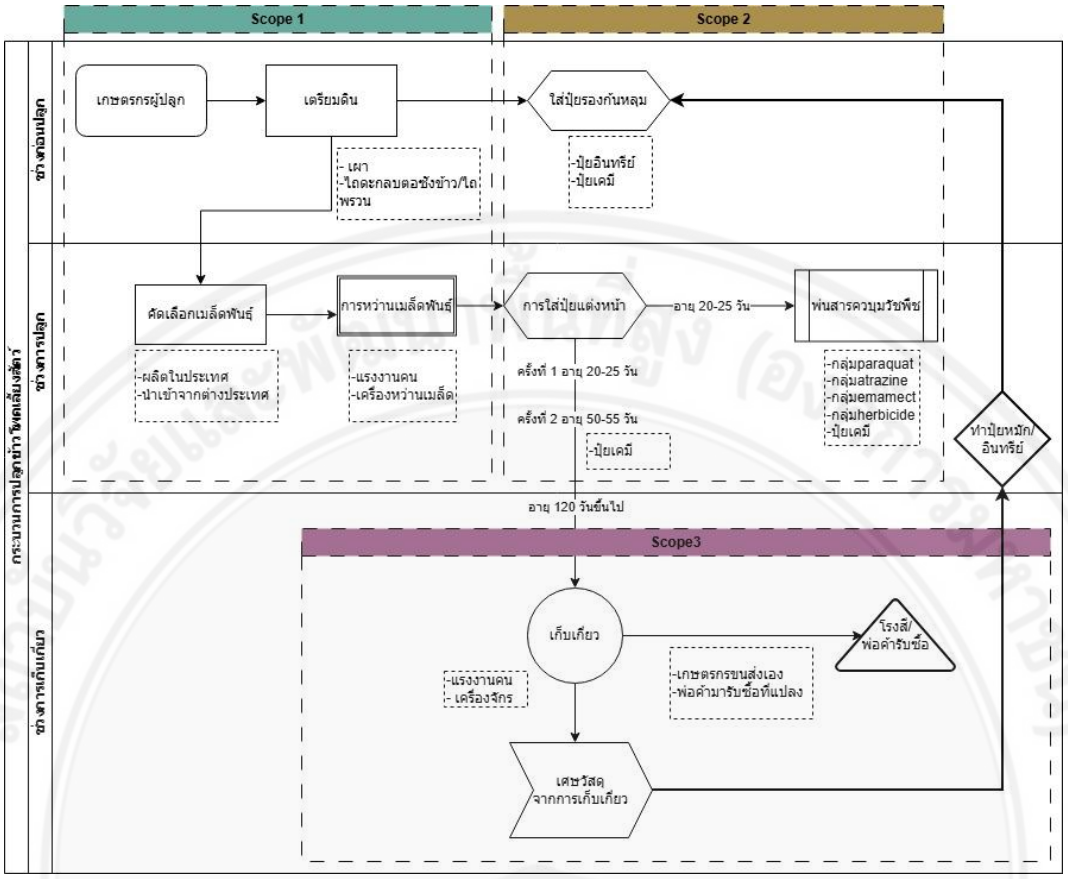


ภาพที่ 3.2 เปรียบเทียบชุดข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวโพด จากกรมพัฒนาที่ดิน (ซ้าย) และจาก GISTDA (ขวา)

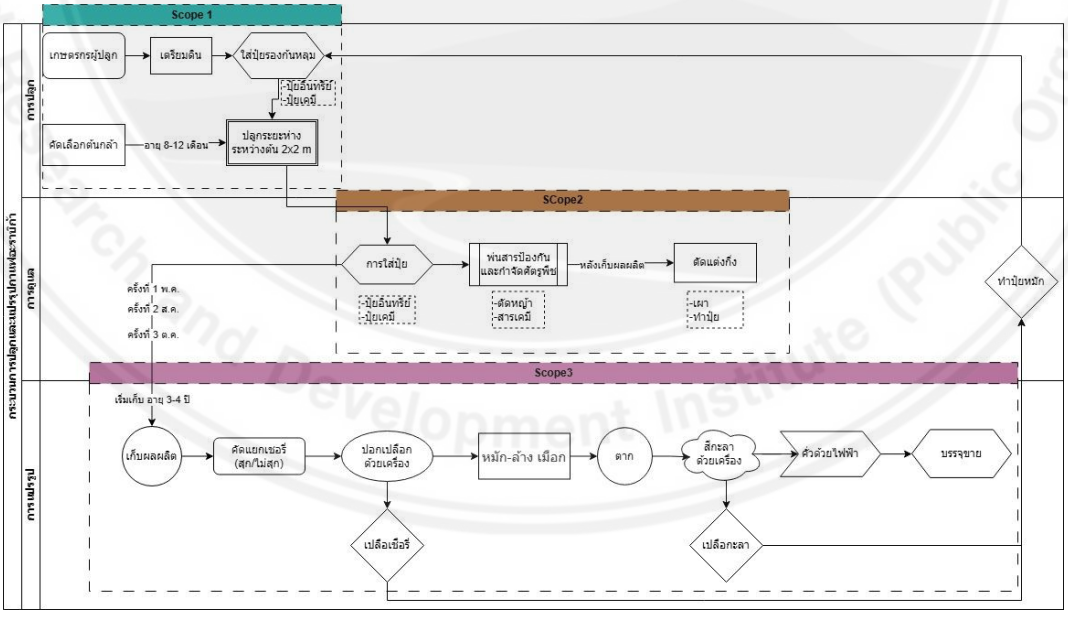
2) เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ สภาพพื้นที่เกษตร เช่น ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ เนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกา ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของ 8 จังหวัด ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ดำเนินงานของ สวพส. โดยประมวลสาระสำคัญเอกสารทางวิชาการ งานวิจัย หน่วยงานราชการ และแหล่งข้อมูลอื่นที่เชื่อถือได้

3) เก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิการปลูกและการจัดการแปลงพืช

กรอบดำเนินงาน กำหนดจากแผนที่พื้นฐานของโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงที่คัดเลือกและใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามตัวแปรหลัก ได้แก่ ระดับความสูงและความลาดชันของแปลงปลูก ระบบการจัดการแปลง (การเตรียมพื้นที่/รูปแบบการปลูก) เพื่อให้มีความหลากหลายด้านภูมิประเทศและระบบการผลิตบนพื้นที่สูง จากนั้นร่วมกับเจ้าหน้าที่ภาคสนามในการกำหนดหน่วยอ้างอิงมาตรฐาน เช่น “1 กิโลกรัมผลผลิตสด” หรือ “1 ไร่/ฤดูกาลผลิต” และนิยามขอบเขตระบบตามแนวคิด Cradle-to-Gate ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การผลิตและขนส่งปัจจัยการผลิตทางการเกษตร การเพาะปลูกและการจัดการฟาร์ม การใช้พลังงาน การเก็บเกี่ยวและการแปรรูปเบื้องต้น จนถึงการขนส่งผลผลิตขั้นต้น ได้แก่ เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แห้ง (dried maize grain) และเมล็ดกาแฟสาร (Green Arabica coffee beans) จากแปลงหรือจุดแปรรูปเบื้องต้นไปยังจุดรวบรวมผลผลิต ทั้งนี้ ไม่รวมกระบวนการแปรรูปขั้นปลาย การกระจายสินค้า การบริโภค และการจัดการหลังการบริโภค เพื่อความโปร่งใสและการตรวจสอบย้อนกลับ การจัดทำบัญชีข้อมูลวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Inventory; LCI) แสดงดังภาพ ดำเนินการตามข้อกำหนดของมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ IPCC Guidelines for National GHG Inventories และมาตรฐาน Carbon Footprint of Product (CFP) โดยกำหนดรายการข้อมูลกิจกรรมและความละเอียดที่สอดคล้องกับแผนความต้องการใช้ประโยชน์ ได้แก่ การจัดทำบัญชี GHG การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ และการเตรียมเอกสารประกอบการยื่นขอรับรองโครงการ T-VER/โครงการ LESS/ฉลากคาร์บอนขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) การคำนวณศักย์ภาวะโลกร้อน (GWP100) อ้างอิง IPCC (2006/2019 Refinement) และรายงานผลเป็น $kgCO_2eq$ สำหรับ CO_2, CH_4 และ N_2O โดยใช้หน่วย CO_2eq ตลอดกระบวนการประเมิน โดยได้จัดทำแบบฟอร์มมาตรฐานเพื่อบันทึกข้อมูลกิจกรรมและข้อมูลเชิงพื้นที่ ก่อนทดสอบนำร่องเพื่อปรับปรุงแบบฟอร์มและยืนยันขอบเขตฟาร์มที่ใช้จริง พร้อมจัดทำแผนสำรองข้อมูลและมาตรการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อให้กระบวนการเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง ครอบคลุม สอดคล้องกับหลักวิชาการและจริยธรรมการวิจัย



LCI ของกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง



LCI ของกระบวนการปลูกกาแฟอะราบิกาบนพื้นที่สูง

กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ตามตัวแปรหลักข้างต้นได้รวมทั้งสิ้น 229 ราย โดยคำนวณจำนวนตัวอย่างพื้นฐาน 208 ราย และเผื่ออัตราการสูญเสียกลุ่มตัวอย่าง (drop-out) จำนวน 21 ราย คิดเป็นร้อยละ 10.10 ของจำนวนตัวอย่างพื้นฐาน เพื่อให้มั่นใจว่าจำนวนผู้เข้าร่วมเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและรองรับกรณีผู้เข้าร่วมถอนตัวหรือไม่สามารถให้ข้อมูลได้ครบถ้วน แบ่งเป็น ระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 14 ราย (รวมขนาดตัวอย่าง 155 ราย) และระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา 7 ราย (รวมขนาดตัวอย่าง 74 ราย) กิจกรรมนี้ดำเนินการโดยนักวิจัยและเกษตรกรเป้าหมาย การคำนวณจำนวนตัวอย่างอ้างอิงสูตรของ Bartlett, Kotrlik และ Higgins (2001) ตามที่ วิธิดา และคณะ (2564) ได้กล่าวถึง โดยใช้ค่าระดับความเชื่อมั่น 90% ดังสมการ (1)

$$n= (Z^2pq)/e^2 \qquad (1)$$

เมื่อ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

Z = ค่าความเชื่อมั่นที่ 90 %

p = สัดส่วนของประชากรที่สนใจศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิซึ่งคำนวนจากจำนวนประชากรภายในกลุ่มบ้านของพื้นที่ทำงาน สวพส.

q = 1-p

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.1)

<u>ระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์</u>

หน่วยตัวอย่างขั้นแรก (Primary Sampling Unit: PSU) คือ ชุมชน 5 แห่ง ในพื้นที่ศึกษาที่มีข้อมูลประชากรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างชัดเจน รวม 230 ราย ส่วนหน่วยตัวอย่างขั้นที่สอง (Secondary Sampling Unit: SSU) คือสมาชิกตัวแทนกลุ่มเกษตรกรจากแต่ละชุมชน ซึ่งได้จำนวน 141 ราย หรือร้อยละ 61.30 ของประชากรเป้าหมาย คัดเลือกตามหลักการสุ่มตัวอย่างแบบมีความน่าจะเป็น (Probability Sampling) ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากทะเบียนเกษตรกรของแต่ละชุมชน โดยจับฉลากเพื่อให้ได้จำนวนผู้เข้าร่วมตามที่กำหนด เป็นตัวแทนของประชากรเป้าหมายอย่างถูกต้องและเชื่อถือได้

กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวประกอบด้วย (1) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 40 ราย (2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 55 ราย (3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 7 ราย (4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงโป่งคำ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน 27 ราย และ (5) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน 12 ราย

<u>ระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา</u>

หน่วยตัวอย่างขั้นแรก (PSU) คือชุมชน 4 แห่ง ที่มีข้อมูลประชากรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างชัดเจน รวม 103 ราย ส่วนหน่วยตัวอย่างขั้นที่สอง (SSU) คือสมาชิกตัวแทนกลุ่มเกษตรกรจากแต่ละชุมชน ซึ่งได้จำนวน 67 ราย หรือร้อยละ 65.05 ของประชากรเป้าหมาย โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายจากทะเบียนเกษตรกรเช่นเดียวกัน และดำเนินการจับฉลากเพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมจนได้จำนวนตามที่กำหนด

กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวประกอบด้วย (1) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ 20 ราย (2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่แฮหลวง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ 13 ราย (3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 9 ราย และ (4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย 25 ราย

ดำเนินการวิเคราะห์ผลเชิงพรรณนาเพื่อแสดงให้เห็นลักษณะการกระจายของตัวแปรหลักด้วยการใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) รวมทั้งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relationship) ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณ (continuous variables) 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่และมากน้อยเพียงใด ตัวอย่างกิจกรรมการเก็บข้อมูลการปลูกและการจัดการแปลงพืชแสดงดังภาพที่ 3.3 และ 3.4

ภาพที่ 3.3 การสัมภาษณ์กระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร 5 ชุมชน 141 ราย

ภาพที่ 3.4 การสัมภาษณ์กระบวนการปลูกกาแฟอราบิกาของเกษตรกร 4 ชุมชน 67 ราย

รายการบันทึกผล

(1) กระบวนการปลูกและการใช้ทรัพยากรตั้งแต่การเตรียมพื้นที่จนถึงการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และการขนส่งที่ก่อให้เกิดการปล่อย GHG แบ่งเป็น 3 Scope ได้แก่ Scope 1 การปล่อย GHG โดยตรง (Direct Emissions) จากการใช้เชื้อเพลิง การเผาเศษพืช การใช้ปูนและยูเรีย และการปล่อย N_2O จากดิน Scope 2 การปล่อย GHG ทางอ้อมที่ถูกซื้อมา (Indirect Emissions) จากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการ เช่น ระบบน้ำ อบลดความชื้นและสีเมล็ด Scope 3 การปล่อย GHG ทางอ้อมที่อยู่เหนือการควบคุม (Indirect value chain emissions) จากการผลิตและขนส่งเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารเคมี บรรจุภัณฑ์ และการขนส่งเข้า-ออกฟาร์ม ใช้สมการคำนวณการปล่อย GHG และการกักเก็บคาร์บอนอ้างอิง Intergovernmental Panel on

Climate Change (2006; 2019) โดยนักวิจัยลงพื้นที่ 1-2 วันต่อชุมชน สัมภาษณ์รายบุคคลประมาณ 15 นาทีต่อราย ณ บริเวณแปลงปลูกพืชของเกษตรกรซึ่งจะมีการแจ้งรายละเอียดกิจกรรมและกำหนดการล่วงหน้า

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 8 ประเด็น ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและการถือครองที่ดิน ข้อมูลดินและการจัดการก่อนปลูก ข้อมูลแหล่งน้ำและระบบน้ำ ข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต ข้อมูลการใช้พลังงานและเครื่องจักรกล ข้อมูลผลผลิตและการจัดการหลังเก็บเกี่ยว ข้อมูลของเสียและการจัดการเศษพืช

กาแฟอะราบิกา 5 ประเด็น ได้แก่ ข้อมูลข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและระบบการปลูก ข้อมูลการใช้วัตถุดิบและปัจจัยการผลิต ข้อมูลการใช้พลังงาน ข้อมูลการแปรรูปและจัดการหลังเก็บเกี่ยว

(2) คำนวณค่าสมมูลคาร์บอน (คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) แต่ละประเภท (การปลดปล่อย การลดและการตรึงคาร์บอน) เฉพาะก๊าซ CO_2 อ้างโดยวิธิดา และคณะ (2564) เนื่องจากเป็น GHG ที่มีการปลดปล่อยมากที่สุด โดยพิจารณาในรูปของสมมูลคาร์บอน (carbon equivalence) ดังสมการ (2)

$$CE = \left(\frac{kgCO_{2eq}}{unit}\right) \times \left(\frac{12gC}{44gCO_2}\right) \qquad (2)$$

ตารางรายการสมการประมาณค่าเทียบเท่าคาร์บอนในการศึกษา

สมการ	รายละเอียด
Carbon emission = (A/unit) × CF	- Carbon emission is expressed in the unit of kg CE/rai - A is the amount of resources or energy used (kg resources/rai) - CF is the conversion factor (kg CE/kg resource) or (kg CE / L of energy)
Carbon fixation = Yield × CF	- Carbon fixation is expressed in the unit of (kg C / rai) or kg C/ ton product) - Yield is obtained in the form of maize grain (ton grain/rai) - CF is the conversion factor of C in an organic compound (CH_2O) = 0.4
Carbon reduction = (A/unit) × CF	- Carbon Reduction is expressed in the unit of kg CE/rai - A is the amount of resources recycled for reducing or replacing fossil fuel (kg of resources or liters of energy/rai) - CF is the conversion factor of CE of the replaced resource (kg CE/kg of replaced resource)
Carbon fixation efficiency = $(C_{fixed}/(C_{fixed} + NetC_{emitted})) \times 100$	- C_{fixed} is carbon fixation (kg CE/rai) - Net $C_{emitted}$ is net carbon emission, calculated from Total carbon emission - Total carbon reduction

ตารางค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยที่ใช้ในการศึกษา

Resources/Energy used	Conversion Factors	
	Unit	Values (kg CE/unit)
Nitrogen (N)	kg	1.091
Phosphorus (P_2O_5)	kg	0.352
Potassium (K_2O)	kg	0.401
Paraquat	kg	0.881
Glyphosate	kg	4.364
Atrazine	kg	1.366
Emamectin Benzoate	kg	0.667
Diesel	L	0.74

4) เก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกา

กลุ่มตัวอย่างคือ แปลงปลูกพืชของเกษตรกรข้อ 3) ที่ให้สัมภาษณ์และสอดคล้องกับตัวแปรหลักโดยจับฉลาก โดยนักวิจัยและเกษตรกรเจ้าของแปลงเป็นผู้ดำเนินการซึ่งจะมีการแจ้งรายละเอียดกิจกรรมและกำหนดการล่วงหน้า (ภาพที่ 3.5 และ 3.6)

ภาพที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกพืช เพื่อวัดปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

ภาพที่ 3.6 การวางแปลงในแปลงปลูกพืช เพื่อวัดปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

รายการบันทึกผล

<u>บริบทพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์</u>

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและพิกัดแปลง ด้วย GPS สุ่มอย่างน้อยร้อยละ 10 เปรียบเทียบวิธีเตรียมพื้นที่ของเกษตรกร 3 ลักษณะ ได้แก่ ไถพรวนไม่มีการเติมอินทรียวัตถุ (A) ไถพรวนและเติมอินทรียวัตถุ (B) และเผาตอซังข้าวโพด (C) โดยใช้เวลาสูงสุดไม่เกิน 45 นาทีต่อแปลง แบ่งเป็น ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ (1) รบกวนโครงสร้างดิน เพื่อวิเคราะห์เนื้อดิน ค่าปฏิกิริยาของดิน อินทรียวัตถุ และคาร์บอนอินทรีย์ และ (2) ไม่รบกวนโครงสร้างดิน เพื่อหาความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density; BD) ด้วย core method และความชื้นดิน จากนั้นคำนวณการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่ (Guo & Gifford, 2002) อ้างอิงสมการ SOC (tC/ไร่) = OC_fraction × BD (t/m^3) × Depth (m) × 1,600 m^2/ไร่ เมื่อ OC_fraction = %OC/100 และสามารถแปลงผลเป็น tCO_2e/ไร่ โดยใช้ factor 44/12 เมื่อจำเป็น พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น กำหนดตัวแปรตามเป็น SOC และตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการปลูก ชั้นดิน ระดับความสูง และความลาดชัน ซึ่งปรับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วยวิธี robust standard errors ที่ระดับแปลง ทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกและปัจจัยภูมิประเทศที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ตรวจสอบความครบถ้วน ความสอดคล้องของหน่วย และรูปแบบข้อมูลก่อนการวิเคราะห์เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนการอนุมานทางสถิติ

<u>บริบทพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกา</u>

(1) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินและพิกัดแปลง ดำเนินการเช่นเดียวกับบริบทพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเปรียบเทียบรูปแบบการปลูกกาแฟ 4 ลักษณะ ได้แก่ กาแฟอย่างเดียว (A) กาแฟร่วมกับไม้ผล (B) กาแฟร่วมกับป่า (C) และกาแฟร่วมกับพืชผักสวนครัว (D)

(2) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและพิกัดแปลง สุ่มอย่างน้อยร้อยละ 10 กิจกรรมนี้ดำเนินการโดยทีมวิจัยและขออนุญาตเกษตรกรเจ้าของแปลงก่อนล่วงหน้า ใช้เวลาสูงสุดไม่เกิน 1 วันต่อแปลง โดยกำหนดขนาดแปลงตัวอย่าง 1 ไร่ (40 × 40 เมตร) หรือน้อยกว่าตามสภาพพื้นที่ แต่ละแปลงทำการบันทึก *ข้อมูลทางกายภาพ* ได้แก่ พิกัด (X, Y) ของมุมแปลงทั้ง 4 จุดและจุดกึ่งกลาง ระดับความสูง ความลาดชัน อุณหภูมิ และความชื้นของดิน *ข้อมูลทางชีวภาพ* ประกอบด้วย ชื่อพรรณไม้ เส้นรอบวงของต้นกาแฟที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร และเส้นรอบวงของไม้ยืนต้นที่ระดับเพียงอก (Diameter at Breast Height: DBH = CBH/$\boldsymbol{\pi}$) ที่ความสูง 130 เซนติเมตร ทั้งกลุ่มไม้ต้น (Tree) และไม้หนุ่ม (Sapling) โดยคัดเลือกเฉพาะต้นที่มีค่า DBH ≥ 4.5 เซนติเมตร จากนั้นวัดความสูงของต้นกาแฟและไม้ยืนต้นจากโคนจนถึงยอดด้วยเครื่องวัดความสูง (Hypsometer) หรือวิธีเทียบเคียง พร้อมคำนวณพื้นที่หน้าตัดของไม้แต่ละต้นอ้างอิงสมการของ Segura et al. (2006) และติดหมายเลข (Tag) กำกับทุกต้นที่ทำการตรวจวัดเพื่อความถูกต้องและสามารถตรวจสอบข้อมูลซ้ำได้ ข้อมูลที่รวบรวมถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินการกักเก็บมวลชีวภาพของระบบปลูกกาแฟแต่ละรูปแบบ ใช้สถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ Kruskal–Wallis Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนระหว่างระบบปลูก และอธิบายผลเชิงวิชาการ

3.2 การวิเคราะห์แนวทางสร้างสมดุลคาร์บอนที่มีศักยภาพในการส่งเสริมชุมชนภายใต้ข้อจำกัดพื้นที่สูง

1) เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิชุดความรู้งานวิจัยหรือแนวปฏิบัติที่ดีเพื่อลด GHG สำหรับครัวเรือน (1) ลดการปลดปล่อย GHG (2) เพิ่มการกักเก็บคาร์บอน และ (3) ชดเชย CO_2eq เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน พลังงานทดแทน การจัดการของเสีย การจัดการภาคขนส่ง การเกษตร ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว (ภาพที่ 3.7) โดยประมวลสาระสำคัญเอกสารทางวิชาการ งานวิจัย หน่วยงานราชการ และแหล่งข้อมูลอื่นที่เชื่อถือได้

2) ประเมินความเหมาะสมของข้อมูลที่ปรับใช้ได้กับข้อจำกัดด้านทรัพยากรและสภาพแวดล้อมบนพื้นที่สูง เช่น สิทธิการใช้ประโยชน์พื้นที่ การเข้าถึงบริการของภาครัฐ ความเปราะบางของชุมชน ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น เพื่อสรุปความเป็นไปได้ในการนำไปส่งเสริมครัวเรือนพื้นที่สูงโดยพิจารณาผลการจัดการสิ่งแวดล้อม (Suh, S., and Huppes, G., 2005)

3) วิเคราะห์แนวทางจัดการ GHG ของระบบการปลูกพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูง ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกา ซึ่งสอดคล้องกับบริบทการเกษตรและข้อมูลผลวิจัยจากิจกรรม 3.1

ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวดำเนินการโดยนักวิจัย

รายการบันทึกผล

(1) ประสิทธิภาพการลด GHG โดยวิเคราะห์ว่าระดับการลดการปล่อย GHG ของเทคโนโลยีที่เสนอสามารถตอบสนองเป้าหมายของชุมชนได้เพียงใด

(2) ต้นทุนและผลตอบแทน โดยคำนึงถึงต้นทุนติดตั้ง การบำรุงรักษา และผลตอบแทนทางการเงิน เช่น พลังงานหมุนเวียนอาจมีต้นทุนสูงช่วงเริ่มต้น แต่หากมีผลประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายระยะยาวถือว่าเป็นทางเลือกที่คุ้มค่า

(3) ทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน โดยวิเคราะห์ความพร้อมของทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น ทรัพยากรธรรมชาติ โครงสร้างพื้นฐาน ศักยภาพของคนที่ใช้หรือดูแลเทคโนโลยี

(4) ผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมของการใช้เทคโนโลยีในการสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมเชิงบวกหรือเชิงลบ เช่น สร้างรายได้เสริม สนับสนุนวิถีชีวิตที่ยั่งยืน (กองบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม, 2563) ดังสมการ (3)

$$\text{Degree of Risk} = \text{Likelihood} \times \text{Impact} \qquad (3)$$

เมื่อ Degree of Risk = ระดับความเสี่ยง

Likelihood = ค่าระดับของโอกาส

Impact = ค่าระดับของผลกระทบ

โดยพิจารณาเกณฑ์การประเมินความยืดหยุ่นและการปรับตัว ประกอบด้วย โอกาสที่จะเกิดขึ้น ขอบเขต/ความรุนแรงของผลกระทบ และการจัดการระดับความรุนแรงของความเสี่ยง (กองบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563)

(5) การยอมรับของชุมชนที่ทำให้เกิดการสนับสนุนและร่วมมือใช้ การดูแลเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาเกณฑ์การประเมินระดับการมีส่วนร่วม (มนตรี วงศ์อร่าม, 2561)

(6) ความยืดหยุ่นและการปรับตัวของเทคโนโลยีกับสภาพการเปลี่ยนแปลง เช่น รองรับการเพิ่มขึ้นของประชากร ชุมชนขยายตัว ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาเกณฑ์การปรับตัวต่อการขยายตัวของชุมชน ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจ การมีส่วนร่วมของชุมชนในการปรับตัว และความสามารถในการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยี (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565)

เกณฑ์ประเมิน	คำอธิบาย	ระดับ / หมายเหตุ	แหล่งอ้างอิง
(1) ประสิทธิภาพการลด GHG			
การลด GHG	ปริมาณ CO_2eq ที่กิจกรรมลดได้ต่อปี	สูง = >3 t CO_2eq ปานกลาง = 1-3 tCO_2eq ต่ำ = <1 tCO_2eq	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2565)
ระยะเวลาเห็นผล	เวลาที่เริ่มเห็นผลการลด GHG	ระยะสั้น = 1-3 ปี ระยะกลาง = 3-5 ปี ระยะยาว = 5-10 ปี	
ความยั่งยืนด้านการจัดการ	ประเมินจากการติดตั้ง การดำเนินงาน และการบำรุงรักษา	ต่ำ = ระดับ 1-5 ปานกลาง = ระดับ 6-10 สูง = ระดับ >10	กองบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม (2563)
การสอดคล้องมาตรฐาน T-VER	การตรวจสอบและยืนยันว่ากิจกรรมลดก๊าซได้จริง	สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง	Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2021)
(2) ต้นทุนและผลตอบแทน			
ต้นทุน/ครัวเรือน	รวมต้นทุนการติดตั้ง บำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายต่อเนื่อง	ค่าตัวเลขจากการคำนวณหรือตัวเลขอ้างอิงจากรายงานวิจัย	ธัญญา จันทร์ดี และคณะ (2564)
ผลตอบแทน/ปี/ครัวเรือน	มูลค่าผลตอบแทนจากการประหยัดพลังงานหรือลดค่าใช้จ่ายระยะยาว		
ระยะเวลาคืนทุน	ระยะเวลาที่ผลตอบแทนครอบคลุมต้นทุนเริ่มต้น		
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน	เปรียบเทียบมูลค่าผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนที่ใช้ หาก >1 ถือว่าคุ้มค่า		

เกณฑ์ประเมิน	คำอธิบาย	ระดับ / หมายเหตุ	แหล่งอ้างอิง
(3) ทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน			
ทรัพยากรธรรมชาติ	ความพร้อมของทรัพยากร เช่น พื้นที่ พลังงาน น้ำ	สูง = เพียงพอ ปานกลาง = พอใช้ ต่ำ = ขาดแคลน	สุมาลี และคณะ (2567)
โครงสร้างพื้นฐาน	ระบบพื้นฐาน เช่น ไฟฟ้า ระบบสื่อสาร การขนส่ง	สูง = พร้อม ปานกลาง = ต้องปรับปรุง ต่ำ = ไม่เอื้อ	
ศักยภาพบุคลากรในชุมชน	ความรู้และทักษะของชุมชนในการใช้และดูแลเทคโนโลยี	สูง = ดำเนินการเองได้ ปานกลาง = ต้องสนับสนุน ต่ำ = ขาดความรู้	
(4) ผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อม			
โอกาสที่จะเกิด	มีโอกาสเกิดเกือบทุกครั้ง	สูงมาก = มากกว่า 80% หรือเกิด > 1 ครั้ง/เดือน	กองบริหารกองทุนสิ่งแวดล้อม (2563)
	มีโอกาสเกิดค่อนข้างสูงหรือบ่อย	สูง = 61-80% หรือเกิดประมาณ 1–6 เดือน/ครั้ง	
	เกิดบางครั้ง	ปานกลาง = 41-60% หรือเกิดประมาณ 6-12 เดือน/ครั้ง	
	อาจเกิด แต่ห่างครั้ง	ต่ำ = 21-40% หรือเกิดประมาณ 1 ปี/ครั้ง	
	เกิดเฉพาะกรณียกเว้น	ต่ำมาก = น้อยกว่า 20% หรือเกิด > 5 ปี/ครั้ง	

เกณฑ์ประเมิน	คำอธิบาย	ระดับ / หมายเหตุ	แหล่งอ้างอิง
ความรุนแรงผลกระทบ	ส่งผลกระทบถึงประชาชนจำนวนมาก/ความเสียหายรุนแรงต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สูงมาก	
	ส่งผลกระทบถึงหน่วยงานอื่นที่ปฏิบัติงาน/ผลกระทบรุนแรงต่อการดำเนินงานร่วมกัน	สูง	
	ส่งผลกระทบต่อสำนักงาน/ผู้บริหารระดับกลาง (จำกัดในหน่วยงานหลัก) แต่ไม่ถึงประชาชนจำนวนมาก	ปานกลาง	
	ส่งผลกระทบจำกัดเฉพาะฝ่ายหรือกลุ่มงานภายในองค์กรเท่านั้น	ต่ำ	
	ส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อหน่วยงานตนเอง/กลุ่มงานเล็กๆ เท่านั้น	ต่ำมาก	
การจัดการระดับความรุนแรงของความเสี่ยง	ระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ต้องเร่งดำเนินการลดความเสี่ยงทันที	20-25	
	ระดับที่ยอมรับไม่ได้ ต้องมีมาตรการจัดการให้ลดลง	สูงมาก = 15-19	
	ระดับที่ยอมรับได้โดยอาศัยการควบคุมภายในและการติดตาม	ปานกลาง = 5-12	
	ระดับที่พอยอมรับได้ แต่ต้องควบคุมเพื่อป้องกันไม่ให้เพิ่มขึ้น	ต่ำ = 3-4	
	ระดับที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องควบคุมเพิ่มเติมทันที (monitoring)	ต่ำมาก = 1-2	
(5) การยอมรับของชุมชน			
ชุมชนมีส่วนร่วมน้อย จำกัดเฉพาะกลุ่มผู้นำหรือคณะกรรมการ	การตัดสินใจอยู่ระดับบน ชุมชนส่วนใหญ่เป็นผู้รับข้อมูล ยังไม่เกิดการร่วมมืออย่างแท้จริง	ต่ำ = 0-30	มนตรี วงศ์อร่าม (2561)
ชุมชนเริ่มเข้ามามีส่วนร่วมบางกิจกรรม เช่น การประชุม ให้ความคิดเห็น หรือร่วมวางแผนบางส่วน	มีการสื่อสาร 2 ทาง แต่การตัดสินใจหลักยังอยู่ในหน่วยงานรัฐหรือโครงการ	ปานกลาง = 31-60	

เกณฑ์ประเมิน	คำอธิบาย	ระดับ / หมายเหตุ	แหล่งอ้างอิง
ชุมชนเข้ามามีบทบาทในการวางแผน ตัดสินใจ และดำเนินกิจกรรมร่วมกับหน่วยงาน	เกิดการมีส่วนร่วมจริง มีการแบ่งปันข้อมูลและความรับผิดชอบร่วมกัน	สูง = 61-80	
ชุมชนเป็นผู้นำในการดำเนินการ ติดตาม และประเมินผลด้วยตนเอง	มีความเป็นเจ้าของกิจกรรม ร่วมขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน	สูงมาก = 81-100	
(6) ความยืดหยุ่นและการปรับตัวของเทคโนโลยี			
การปรับตัวต่อการขยายตัวของชุมชน	ความสามารถของกิจกรรมในการขยายขอบเขตการดำเนินการให้ครอบคลุมพื้นที่และจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น	สูง = 80-100% ปานกลาง = 50-79% ต่ำ 50%	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2565)
ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	ความสามารถของกิจกรรมในการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง เช่น ฝนทิ้งช่วง น้ำท่วม หรือภัยแล้ง	สูง = 80-100% ปานกลาง = 50-79% ต่ำ <50%	
ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจ	ความสามารถของกิจกรรมในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เช่น การย้ายถิ่นฐาน หรือการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ	สูง = 80-100% ปานกลาง = 50-79% ต่ำ <50%	
การมีส่วนร่วมของชุมชนในการปรับตัว	ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการวางแผนและดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัว	สูง = 80-100% ปานกลาง = 50-79% ต่ำ <50%	
การปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยี	ความสามารถของกิจกรรมในการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่น	สูง = 80-100% ปานกลาง = 50-79% ต่ำ <50%	

ภาพที่ 3.7 กิจกรรมลดการปลดปล่อย GHG และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนของชุมชนบนพื้นที่สูง

3.3 การทดสอบแผนงานส่งเสริมชุมชนร่วมลด GHG ประเภทการเกษตร การจัดการของเสีย และป่าไม้ที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่สูง

วิธีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1) ติดตามผลการขับเคลื่อนชุมชนร่วมกิจกรรมลดการปล่อย GHG และกิจกรรมเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน (ปีที่ 1) โดยนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญร่วมกันสำรวจสถานที่และรวบรวมเอกสารผลการดำเนินกิจกรรม ซึ่งจะมีการแจ้งรายละเอียดและกำหนดการล่วงหน้าให้กับผู้นำชุมชนหรือผู้แทนที่ได้รับมอบหมายในการประสานทีมวิจัย แจ้งข่าวสาร และอธิบายความก้าวหน้าผลการดำเนินงานภาพรวม

ประเภทการเกษตรและการจัดการของเสีย ผ่านรูปแบบโครงการสนับสนุนกิจกรรมลด GHG (LESS) หรือโครงการขอใช้เครื่องหมายรับรองสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco Brand) กิจกรรมผลิตปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินจากขยะอินทรีย์ และกิจกรรมผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะมูลฝอยของชุมชน 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ (บ้านป่าเกี๊ยะน้อย) อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (บ้านห้วยน้ำกืน) อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปูนหลวง (บ้านห้วยทรายขาว) อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงโป่งคำ (บ้านศรีบุญเรือง) อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน

ประเภทป่าไม้ ผ่านรูปแบบโครงการ T-VER กิจกรรมการลด ดูดซับ และการกักเก็บ GHG จากภาคป่าไม้และการเกษตรของชุมชน 2 แห่ง ได้แก่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ (บ้านปางมะกล้วย) อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ (บ้านแม่วาก) อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

โดยกระบวนการส่งเสริมชุมชนลด GHG เริ่มจาก**สร้างการยอมรับร่วม**ต่อระบบคุณค่าเกษตรและการเปลี่ยนแปลงของชุมชนผ่านการอบรม การให้ข้อมูล และการจัดตั้งคณะกรรมการเพื่อร่วมกันกำหนดทิศทางการดำเนินงาน จากนั้นเข้าสู่การ**ออกแบบกิจกรรม**ลดก๊าซเรือนกระจกให้เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันที่ระบุเป้าหมาย กิจกรรมหลักและวิธีการดำเนินการแต่ละชุมชนให้สอดคล้องกับบริบท เมื่อได้แผนแล้วจึงดำเนินการในขั้นของการ**ทดลองปฏิบัติ**และการปรับวิธีการใหม่ผ่านการเรียนรู้ร่วมของชุมชน เช่น วัสดุปรับปรุงดินจากเศษวัสดุทางการเกษตร (ปุ๋ยหมักจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรผสมถ่านชีวภาพตามสัดส่วน) เชื้อเพลิงขยะพลาสติก โดยมีชุมชนเป็นผู้รับผิดชอบหลัก ร่วมกับหน่วยงานสนับสนุนด้านเทคนิคและองค์ความรู้ ขั้นตอนสุดท้ายคือ การ**ติดตามผลสัมฤทธิ์**และการประเมินการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งการ**ขยายผลแนวทาง**ที่ประสบความสำเร็จไปสู่สมาชิกใหม่และคนรุ่นถัดไปเพื่อสนับสนุนการปรับตัวของกระบวนการดำเนินงาน วางแผนเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ แบ่งเป็น 3 แผนปฏิบัติการย่อย ได้แก่

ด้านการเกษตร 3 ชุมชน ประกอบด้วย กิจกรรมที่มุ่งส่งเสริมการใช้เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารปรับปรุงดิน ครอบคลุมแนวทางปฏิบัติ เช่น จัดเตรียมสถานที่ตามสายการผลิต จัดหาปัจจัยนำเข้าขององค์ประกอบการผลิตและเก็บรักษาวัตถุดิบ ดำเนินการผลิตด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมและสุ่มตรวจคุณภาพอ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ บำรุงซ่อมแซมอุปกรณ์ บริหารจัดการกลุ่มและงบประมาณ บันทึกข้อมูลลด GHG และข้อมูลอื่นอ้างอิงเป้าประสงค์ของโครงการ LESS หรือ Eco branding รวมถึงการอบรม/ศึกษาดูงาน การจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ การรับสมัครสมาชิกใหม่ เป็นต้น

ด้านการจัดการของเสีย 1 ชุมชน ประกอบด้วย กิจกรรมที่มุ่งส่งเสริมการใช้ขยะรีไซเคิลเป็นวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ก้อนเชื้อเพลิงขยะพลาสติก ดำเนินการเช่นเดียวกับด้านการเกษตร

ด้านป่าไม้ 2 ชุมชน ประกอบด้วย กิจกรรมที่มุ่งอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อปกป้อง ฟื้นฟู รักษาทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่ ครอบคลุมแนวปฏิบัติ เช่น สำรวจพื้นที่ป่าและตรวจสอบสถานะ ขออนุญาตใช้พื้นที่ จัดทำฐานข้อมูลและจำแนกพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน จัดเวทีประชาคมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผู้พัฒนาโครงการและชุมชน จัดเตรียมอุปกรณ์สำรวจและตรวจวัดข้อมูลภาคสนาม จัดกิจกรรมส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน บริหารจัดการกลุ่มและงบประมาณ

2) เก็บข้อมูลผลการดำเนินงาน ได้แก่ เชิงปริมาณจากกิจกรรมที่สามารถวัดและคำนวณเป็นตัวเลขได้ เช่น ปริมาณการปล่อย GHG ที่ลดลง ปริมาณคาร์บอนที่ดูดกลับได้ พื้นที่ป่าที่เพิ่มขึ้น โดยมีตัวชี้วัดเป็นตัวเลขชัดเจน และสามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่า CO_2eq จากแหล่งกำเนิดของกิจกรรมตามแผนปฏิบัติการย่อยอ้างอิงการคำนวณของ Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) ส่วนเชิงคุณภาพจากกิจกรรมถ่ายทอดกระบวนการส่งเสริมชุมชนที่ไม่สามารถวัดเป็นตัวเลขโดยตรงได้ แต่สื่อถึง “ระดับความก้าวหน้า” “ความร่วมมือ” หรือ “ความเข้าใจ” เช่น การมีส่วนร่วมของชุมชน การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือระดับความยั่งยืนของกลุ่ม

3) ประเมินผลการดำเนินงานโดยใช้กรอบ OKR (Objectives and Key Results) เพื่อวัดความก้าวหน้าและความสำเร็จ

เป้าหมายหลัก (Objectives) การเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนให้สามารถมีส่วนร่วมในการลดการปล่อย GHG และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนผ่านการพัฒนาและทดสอบรูปแบบกิจกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบท เกิดกลไกการดำเนินงานที่ยั่งยืน

ผลสัมฤทธิ์สำคัญ (Key Results) ได้แก่ (1) ปริมาณการปล่อย GHG ลดลงเมื่อเทียบกับค่า baseline (2) ปริมาณการดูดกลับคาร์บอนเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมป่าไม้และชีวมวลพืช (3) กิจกรรมตามแผนปฏิบัติการดำเนินได้สำเร็จระดับดี หรือ ≥ร้อยละ 70 (4) ชุมชนเข้าร่วมทุกขั้นตอนของโครงการ หรือ ≥ร้อยละ 70 และ (5) มีต้นแบบกิจกรรมลดการปล่อย GHG และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนที่สามารถขยายผลสู่พื้นที่อื่นได้

ภาพที่ 3.8 การประเมินระดับขั้นของความสำเร็จตามแผนปฏิบัติการส่งเสริมชุมชนบนพื้นที่สูงร่วมลด GHG

รายการบันทึกผล

(1) ระดับขั้นของความสำเร็จ (Milestone) หรือผลการดำเนินงานเทียบแผนปฏิบัติการลด GHG รายตัวชี้วัดที่กำหนด โดยแสดงเป็นร้อยละความสำเร็จ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, 2560)

ระดับ	คำอธิบาย	ร้อยละความสำเร็จ
5	**ดีเยี่ยม** บรรลุตามแผนทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ชัดเจน ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง และสามารถดำเนินกิจกรรมต่อได้ด้วยตนเอง	90-100
4	**ดี** บรรลุผลเกือบทั้งหมด มีความคืบหน้าชัดเจน แม้บางกิจกรรมยังไม่เสร็จสมบูรณ์ แต่สามารถขับเคลื่อนต่อได้	70-89
3	**ปานกลาง** มีการดำเนินงานตามแผนในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่แล้วเสร็จ มีข้อจำกัดด้านเวลา/ทรัพยากร	50-69
2	**ต้องปรับปรุง** ดำเนินการได้บางส่วนเท่านั้น กิจกรรมล่าช้า ชุมชนยังไม่มีส่วนร่วมชัดเจน	30-49
1	**ไม่สำเร็จ** ยังไม่เริ่มดำเนินการ หรือดำเนินไปได้น้อยมาก	ต่ำกว่า 30

(2) ระดับการเข้าร่วมกิจกรรมของชุมชนทุกขั้นตอน (วางแผน-ดำเนินงาน-ติดตาม) เทียบแผนปฏิบัติการลด GHG รายตัวชี้วัดที่กำหนด โดยแสดงเป็นร้อยละการมีส่วนร่วม (สถาบันพระปกเกล้า, 2567)

ระดับ	คำอธิบาย	ร้อยละการมีส่วนร่วม
5	**การมอบอำนาจ** ชุมชนเป็นเจ้าของกิจกรรม สามารถบริหารจัดการและดำเนินการด้วยตนเอง หน่วยงานภายนอกทำหน้าที่สนับสนุน	90-100
4	**การเข้าร่วม** ชุมชนเข้าร่วมทุกขั้นตอนของกิจกรรม ทั้งการวางแผน การตัดสินใจ และการดำเนินการ	70-89
3	**การปรึกษาหารือ** ชุมชนให้ข้อเสนอแนะ แสดงความคิดเห็น และถูกนำไปประกอบการตัดสินใจ	50-69
2	**การให้ข้อมูล** ชุมชนรับทราบข้อมูลและเข้าร่วมกิจกรรมบางส่วน แต่ไม่มีอำนาจตัดสินใจ	30-49
1	**ไม่มีส่วนร่วม** ชุมชนไม่เข้าร่วมกิจกรรมหรือมีบทบาทน้อยมาก การตัดสินใจทั้งหมดอยู่ที่หน่วยงานภายนอก	ต่ำกว่า 30

(3) ระดับความสำเร็จของการดำเนินงานเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายที่กำหนด โดยแสดงเป็นร้อยละผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัด (KPI Achievement Scale) ของโครงการ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, 2562)

ระดับ	ร้อยละของผลสัมฤทธิ์	ความหมาย
ระดับ 5	90-100%	ดีเยี่ยม (Excellent)
ระดับ 4	80-89%	ดีมาก (Very Good)
ระดับ 3	70-79%	ดี (Good)
ระดับ 2	60-69%	พอใช้ (Fair)
ระดับ 1	ต่ำกว่า 60%	ควรปรับปรุง (Poor)

3) การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ โดยดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศ Web Base Application งานลด GHG บนพื้นที่สูงที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายของ สวพส. (ปีที่ 4) ในการรองรับชุดข้อมูลปริมาณการปลดปล่อย GHG และการกักเก็บคาร์บอนสะสมของชุมชนพื้นที่สูง พร้อมทั้งประสานความร่วมมือทางวิชาการระหว่างหน่วยงานต่อเนื่องระยะที่ 2 งานวิจัยเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ ซึ่งระยะที่ผ่านมาได้ลงนามบันทึกการตัดสินใจ (Record of Decision: ROD) กับมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยมหิดล และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านการเกษตรกวางตุ้ง (GDAAS) สาธารณรัฐประชาชนจีน

3.4 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1) วิเคราะห์แหล่งปล่อย GHG ได้แก่ (1) คำนวณการปล่อย GHG แต่ละกิจกรรม เช่น การปล่อย CO_2 CH_4 และ N_2O (2) เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยระหว่างระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกา

2) วิเคราะห์แหล่งกักเก็บคาร์บอน ได้แก่ (1) ประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดินและมวลชีวภาพของพืชในแต่ละระบบ (2) ความแตกต่างระหว่างระบบ monoculture (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) กับระบบ agroforestry (กาแฟและไม้ร่มเงา)

3) เสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับครัวเรือนพื้นที่สูงในการจัดการทรัพยากรให้เกิดสมดุลคาร์บอน รวมทั้งพัฒนาความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม เช่น การส่งเสริมการปลูกพืชและการใช้เทคโนโลยีเกษตรที่ช่วยลดการปล่อย GHG เพิ่มการกักเก็บคาร์บอน และชดเชย CO_2eq

4) สรุปผลการทดสอบแผนงานแต่ละด้าน ได้แก่ การเกษตร การจัดการของเสีย และการจัดการป่าไม้ พร้อมวิเคราะห์ความสำเร็จและการนำแผนงานไปส่งเสริมชุมชนพื้นที่สูง

3.5 สถานที่ดำเนินการวิจัย

3.5.1 พื้นที่วิเคราะห์แหล่งปล่อย GHG และแหล่งกักเก็บคาร์บอนจากระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกาแฟอะราบิกาของชุมชนบนพื้นที่สูง จำนวน 7 พื้นที่ 9 ชุมชน

1) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ 1 ชุมชน
2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ 1 ชุมชน
3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่แฮหลวง 1 ชุมชน
4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน 2 ชุมชน
5) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง 2 ชุมชน
6) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงโป่งคำ 1 ชุมชน
7) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่จริม 1 ชุมชน

3.5.2 พื้นที่ทดสอบแผนงานส่งเสริมชุมชนร่วมลด GHG ประเภทการเกษตร การจัดการของเสีย และป่าไม้ที่สอดคล้องกับบริบทพื้นที่สูง จำนวน 6 พื้นที่ 6 ชุมชน

1) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่าแป๋ 1 ชุมชน
2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงโป่งคำ 1 ชุมชน
3) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ 1 ชุมชน
4) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ 1 ชุมชน
5) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง 1 ชุมชน
6) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปูนหลวง 1 ชุมชน

3.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน

วันที่ 1 ตุลาคม 2567-30 ธันวาคม 2568