

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู 8 ปี จังหวัดแพร่
Soil Fertility and Estimation of Carbon Sequestration in Forest Restoration
at age 8 years in Phrae Province

ศิริรัตน์ สมประโคน^{1*}Sirirat Somprakon^{1*}ทิศา โยธากิต²Teeka Yothapakdee²อิสริย์ ฮาวปินใจ³Itsaree Howpinjai³เพ็ญพิลัย เปียนคิด¹Penpilai Painkhit¹สุทธิดา ยอดแก้ว¹Suttida Yodkeaw¹กันตพงศ์ เครือมา¹Kunthaphong Kruama¹ธนากร ลัทธิดีระสุวรรณ¹Thanakorn Lattirasuvan¹¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140¹Department of Forest Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand²สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140²Department Applied Economics for Community Development, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand³สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140³Department of Forest Industry Technology, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding author: E-mail: siriratsomprakon@gmail.com

รับต้นฉบับ 4 ธันวาคม 2566

รับแก้ไข 5 มีนาคม 2567

รับลงพิมพ์ 19 มีนาคม 2567

ABSTRACT

The soil properties and carbon sequestration were assessed in forest restoration aged 8 years in Ban Boon Jam, Nam Lao sub-district, Rong Kwang district, Phrae province, Thailand. The relationship was studied between soil factors and the appearance of varieties of plant. Data were collected from the topsoil at a depth of 0–5 cm and from the subsoil at a depth of 20–25 cm in restored forest, remnant forest, and agricultural areas. Soil samples were collected from 3 sites in each area based on a plot size of 40x40 m. Components of types of plant were collected from 5 plots in the forest restoration and from 3 plots in the remnant forest to assess carbon sequestration in plants in the areas.

The study results revealed that the surface soil pH in the remnant forest was neutral (6.77). The cation exchange capacity in the remnant forest was the highest (12.5 milliequivalents/100 g) and the organic matter contents in the remnant forest and restored forest were higher than in the agricultural area (6.65, 5.47, and 5.02%, respectively). Macronutrients and micronutrients in the remnant forest were highest. The chemical properties of the subsurface soil and surface soil were not much different; specifically, there were no significant differences in the physical soil properties at the 95% level. The assessment in the restored forest indicated there were 216.45 t/ha of biomass that sequestered 101.72 t/ha of carbon. The remnant forest had 406.78 t/ha of biomass, with an associated carbon sequestration of 191.17 t/ha. Compared to other areas, the amount of carbon sequestered depended on the number and size of trees. In addition, the soil in the restored forest tended to be more fertile. The data obtained could be used in guidelines for managing reforested areas and on the appropriate use of these areas to increase carbon sequestration efficiency in the future.

Keywords: Soil fertility; Soil properties; Carbon sequestration assessment; Biomass; Forest restoration

บทคัดย่อ

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าพื้นที่ 8 ปี บ้านบุญแจ่ม ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดินที่มีผลต่อการปรากฏของพรรณไม้ ทำการเก็บข้อมูลดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร บริเวณป่าพื้นที่ ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตร เก็บตัวอย่างดินพื้นที่ละ 3 จุด จากนั้นวางแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร พร้อมทั้งเก็บองค์ประกอบของชนิดไม้ต้นในป่าพื้นที่ จำนวน 5 แปลง และห้วยมป่า จำนวน 3 แปลง เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ในพื้นที่

ผลการศึกษาพบว่า ดินชั้นบน ค่า pH ของพื้นที่ห้วยมป่าเป็นปานกลาง มีค่าเท่ากับ 6.77 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ในพื้นที่ห้วยมป่ามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 12.5 มิลลิอิควิวเลนซ์/100 กรัม และปริมาณอินทรีย์วัตถุของในพื้นที่ห้วยมป่าและป่าพื้นที่มีค่าสูงกว่าพื้นที่เกษตร เท่ากับ 6.65, 5.47 และ 5.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองพบห้วยมป่ามีค่าสูงที่สุด ในดินชั้นล่าง สมบัติดินทางเคมีไม่มีความแตกต่างจากดินชั้นบนมากนัก โดยเฉพาะสมบัติดินทางกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าพื้นที่ พบมวลชีวภาพ 216.45 ตันต่อเฮกตาร์ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 101.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และห้วยมป่ามีมวลชีวภาพ เท่ากับ 406.78 ตันต่อเฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 191.17 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมักขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของไม้ต้น นอกเหนือจากนั้นดินในพื้นที่ป่าพื้นที่มีแนวโน้มความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถเป็นแนวทางในการจัดการพื้นที่ป่าพื้นที่ และการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างเหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติดิน การประเมินคาร์บอน มวลชีวภาพ ป่าพื้นที่

คำนำ

ดินมีความสำคัญต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก ทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากเป็นแหล่งที่มาของปัจจัยสี่ที่ใช้ในการดำรงชีวิต ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ซึ่งสมบัติดินแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไปตามปัจจัยในการสร้างตัวของเนื้อดิน ส่งผลให้ดินมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกัน ลักษณะของดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชจะต้องมีปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เพียงพอต่อการเจริญเติบโต มีหน้าดินสีคล้ำหนา ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืช เนื้อดินร่วนซุย ไม่เป็นกรดหรือด่างจนเกินไป ค่า pH อยู่ในช่วงประมาณ 5.5-7.0 และไม่มีชั้นดานหรือชั้นหินที่ขัดขวางการเติบโตของรากพืชอยู่ในระดับดินตื้น (Land Development Department, 2013) ในทางด้านป่าไม้และการทำเกษตรกรรม ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อลักษณะของสังคมพืชที่มีความสัมพันธ์ระหว่างนิเวศวิทยา และภูมิประเทศ ดังนั้นจะเห็นว่าปัจจัยดินนั้นมีความสำคัญต่อลักษณะโครงสร้างสังคมพืช ความหนาแน่นของเรือนยอด ปริมาณมวลชีวภาพ

ของต้นไม้ องค์ประกอบชนิดพันธุ์ต่าง ๆ (Sellan *et al.*, 2019) รวมถึงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในเนื้อไม้ โดยป่าแต่ละประเภทนั้นมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและปริมาณคาร์บอนสะสมแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างและชนิดพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่ภายในพื้นที่ป่า ปัจจุบันปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) มีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มสูงขึ้น จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม กิจกรรมดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิบนพื้นโลกสูงขึ้นจนเกิดภาวะโลกร้อน (global warming) (Boontoon *et al.*, 2020) และกำลังก้าวเข้าสู่ภาวะโลกเดือด (global boiling)

บ้านบุญแจ่ม ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ เป็นหมู่บ้านที่มีการทำเกษตรกรรม และเลี้ยง

ปศุสัตว์เป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณน้ำฝนรายปีประมาณ 1,000-1,200 มิลลิเมตร ลักษณะสังคมพืชในพื้นที่เป็นป่าผสมผลัดใบ โดยสังคมพืชชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับมนุษย์มายาวนาน เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ไม่แน่นทึบและขึ้นจนเกินไป ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง สภาพป่าโล่งเตียนในบางฤดูกาล สะดวกแก่การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จากสังคมพืชที่เป็นป่าผสมผลัดใบที่มีไม้มีค่าในเชิงเศรษฐกิจ เช่น สัก (*Tectona grandis*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) มะค่าโมง (*Azadirachta xylocarpa*) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นต้น จึงเกิดการเข้าไปใช้ประโยชน์ในสังคมพืชชนิดนี้เป็นจำนวนมาก (Kutintara, 2008) โดยพื้นที่ศึกษานี้มีการใช้ประโยชน์จากการทำการเกษตรของคนในชุมชน ได้แก่ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่อมาได้มีการเรียกคืนพื้นที่บางส่วนและส่งเสริมการปลูกต้นกระถินยักษ์ที่เป็นพืชโตเร็วเพื่อนำมาผลิตอาหารสัตว์ ทำให้เกิดการกระจายพันธุ์อย่างรวดเร็วรุกเข้าพื้นที่ใกล้เคียง ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าดั้งเดิม ซึ่งปัจจุบันต้นกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) ถูกจัดให้เป็นพืชต่างถิ่นรุกราน ตาม IUCN ส่งผลให้กล้าไม้ในบริเวณดังกล่าวไม่สามารถเติบโตขึ้นทดแทนได้ และในปี พ.ศ. 2557 ได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกฟื้นฟูตามแนวพระราชดำริด้วยวิธีการปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อการใช้ประโยชน์ของคนในชุมชนอย่างยั่งยืน จึงมีการตัดต้นกระถินยักษ์ในบริเวณดังกล่าวเพื่อปลูกฟื้นฟูทดแทน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึง

มุ่งเน้นศึกษาสมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตรเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับแนวทางการฟื้นฟูพื้นที่และการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่การศึกษา

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านบุญแจ่ม ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ มีการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ ป่าฟื้นฟู (forest restoration) ห้วยมป่า (remnant forest) และพื้นที่เกษตร (agriculture) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 234-237 เมตร พบว่าป่าฟื้นฟูมีการสนับสนุนปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อให้คนในชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้หลากหลาย มีอายุการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณ 8 ปี จำนวนพื้นที่ 5 ไร่ ห้วยมป่ามีลักษณะสังคมพืชในพื้นที่เป็นป่าผสมผลัดใบ พันธุ์ไม้เด่นที่พบ ได้แก่ สัก ประดู่ป่า รัง (*Shorea siamensis*) แดง ยมหิน (*Chukrasia tabularis*) เป็นต้น พื้นที่ประมาณ 10 ไร่ และพื้นที่เกษตรมีการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ตลอดปี มีอายุการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณ 20-30 ปี ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่ศึกษาไม่แตกต่างกัน (Table 1 และ Figure 1)

Table 1 Land use and information of Boon Chaem Village, Nam Lao sub-district, Rong Kwang district, Phrae province

Land use	No. sites	Years Of cropping	Altitude (m)	Area (ha)
Forest restoration	5	8	235	0.80
Remnant forest	3		237	1.60
Agriculture**	1	20-30	234	2.08

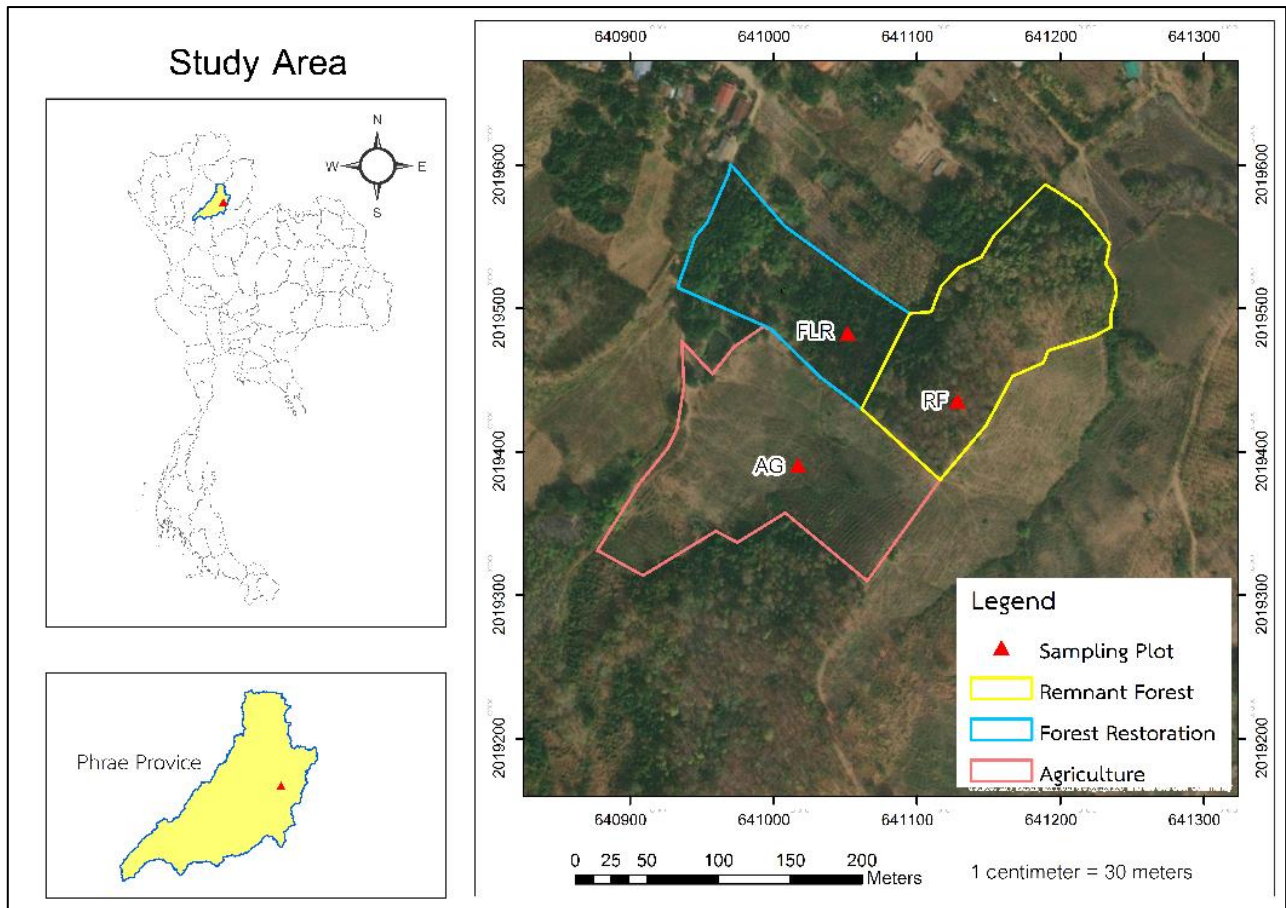


Figure 1 Study area in forest restoration (FLR), remnant forest (RF), and agriculture (AG).

การเก็บข้อมูล

การศึกษาสมบัติดิน

1) เลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดินในแปลงป่าฟื้นฟู ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตร แปลงตัวอย่างละ 3 จุด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพ (Figure 2)

2) เก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ดินชั้นบนที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด/พื้นที่ และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด/พื้นที่ รวมเป็น 18 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม/จุด

3. เก็บข้อมูลความแข็งดินในแนวนอนทำการขุดหลุมดินที่ความลึก 30 เซนติเมตร วัดความแข็งดินในแนวนอนที่ดินชั้นบน 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือ Yamanaka- type Push Cone Penetrometer และวัดค่าความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือ Field Scout TDR Soil Moisture ที่ดินชั้นบน 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร (Sakurai *et al.*, 1995)

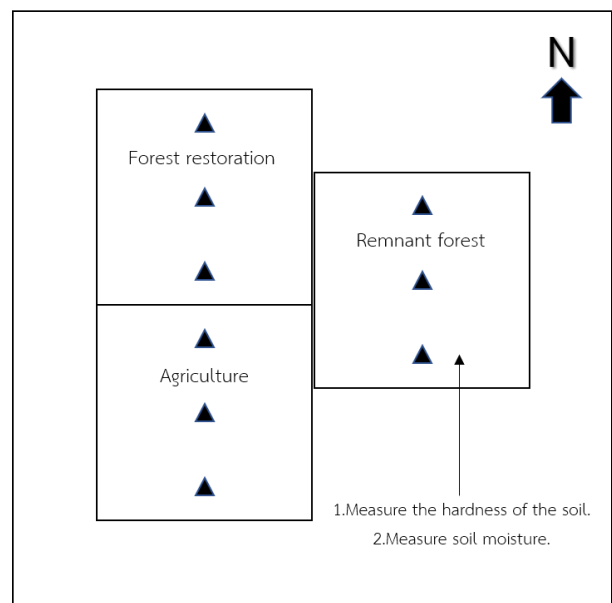


Figure 2 Soil samples collection schematic

การศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้

คัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนที่ดี คือ บริเวณที่พบการกระจายของพรรณไม้ที่มีความหลากหลายและความหนาแน่นของหมู่ไม้ เพื่อวางแผนตัวอย่างทำการเก็บข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และห้วยอมป่า

1) วางแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ในพื้นที่ป่าฟื้นฟูจำนวน 5 แปลง และห้วยอมป่าจำนวน 3 แปลง ภายในแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร และ 4 เมตร x 4 เมตร (TGO, 2016) (Figure 3) เนื่องจากในพื้นที่เกษตรเป็นการทำเกษตรเชิงเดี่ยวจึงไม่พบพรรณไม้ในพื้นที่

2) วัดไม้ใหญ่ (tree) แปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ที่มีขนาดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร (diameter at breast height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร แปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ลูกไม้ (sapling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร มีความสูงมากกว่า 1.3 เมตร (Shewchenko *et al.*, 2018)

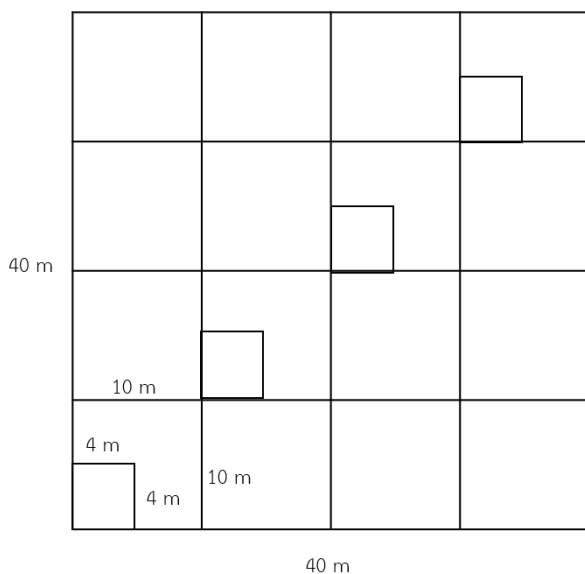


Figure 3 Grid sampling procedure (40 m x 40 m plots)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพ

1) วิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีของตัวอย่างดิน จำนวน 18 ตัวอย่าง ในห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์ (Avail.P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) และธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Mg) และเนื้อดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (Sand) อนุภาคดินทรายแป้ง (Silt) อนุภาคดินเหนียว (Clay)

2) วิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็งของดิน (soil hardness) ความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม Excel

วิเคราะห์การประเมินการกักเก็บคาร์บอน

สมการแอลโลเมตรีของป่าเบญจพรรณและเต็งรัง (Ogawa *et al.*, 1965) ในการประเมินมวลชีวภาพของต้นไม้มีสมการดังนี้

$$W_s = 0.0396(DBH^2H)^{0.9326}$$

$$W_b = 0.003487(DBH^2H)^{1.0270}$$

$$W_l = (28.0/W_{sb} + 0.025)^{-1}$$

จากนั้นคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ค่ากลาง (default value) ซึ่ง (IPCC, 2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง และคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากค่าสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน คือ 44/12

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสมบัติดินกับมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และห้วยอมป่า โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Detrended correspondence analysis (DCA)

ผลและวิจารณ์

สมบัติดินทางเคมีและกายภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟูห้วยอมป่า และพื้นที่เกษตร

ดินชั้นบน (ความลึกดินที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร)

ในพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่า สมบัติดินทางเคมี มีค่า pH เท่ากับ 6.01 เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในพื้นที่ป่าฟื้นฟู มีค่าเท่ากับ 9.6 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำมาก (ระดับ CEC ต่ำมาก 4-9) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.47 แสดงถึงการมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก (ระดับ OM สูงมากร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.97 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (P ต่ำมาก < 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 83.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (K ปานกลาง 60-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1396.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Ca ปานกลาง 1,000-2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 172.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน มีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน โดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ อนุภาคดินทราย รองลงมา คือ อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว ตามลำดับ (Fongthiwong *et al.*, 2022) พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 42.72 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 23.8 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 33.48 ความแข็งของดิน มีค่าเท่ากับ 17.44 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.33 (Table 2)

หอย่อมป่า พบว่า สมบัติดินทางเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เท่ากับ 6.77 แสดงถึงค่าเป็นกลาง (neutral) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 12.5 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ (ระดับ CEC ต่ำ 10-15 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม) เนื่องจากภายในพื้นที่หอย่อมป่ามีการทับถมของใบไม้และเกิดการย่อยสลายของซากพืชในดินอยู่เสมอ ปริมาณอินทรีย์วัตถุจึงสูงมาก มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.65 (ระดับ OM สูงมาร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลักพบฟอสฟอรัสของพื้นที่หอย่อมป่า มีค่าเท่ากับ 17.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (P สูง 16-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ด้านโพแทสเซียมที่มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารหรือผลผลิตจากการสังเคราะห์แสง พบในพื้นที่หอย่อมป่ามีค่าเท่ากับ 91.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (K สูง 91-120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียมเป็นองค์ประกอบในสารที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกัน ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด และช่วยให้เอนไซม์บางชนิดทำงานได้ดีขึ้น มีค่าเท่ากับ 2,292.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (Ca สูง 2,000-3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่างในเซลล์พอเหมาะช่วยในการงอกของเมล็ด มีค่าเท่ากับ 265.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Mg ปานกลาง 120-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 59.12 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ

14.20 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 26.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 13.67 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.22 (Table 2)

พื้นที่เกษตร พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 6.37 มีค่าเป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 11.6 มิลลิอิควิวาเลนต์/100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.95 อินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (ระดับ OM ค่อนข้างสูง 2.5-3.5%) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัสในพื้นที่เกษตร มีค่าเท่ากับ 0.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก ธาตุอาหารโพแทสเซียมมีค่าเท่ากับ 74.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรองพบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1610.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 190.81 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 37.52 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 21.40 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 41.08 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.67 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.33 (Table 2)

ดินชั้นล่าง (ความลึกที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร)

สมบัติดินทางเคมี พบว่า ค่า pH ของป่าพื้นที่หอย่อมป่ามีค่าเท่ากับ 6.27 ค่าเป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 9.65 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำมาก (ระดับ CEC ต่ำมาก 4-9) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 4.86 แสดงถึงอินทรีย์วัตถุสูงมาก ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (P ต่ำมาก < 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 69.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1343.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Ca ปานกลาง 1,000-2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 158.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบอนุภาคดินทราย มีค่าร้อยละ 40.32 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 25 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 34.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.78 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.11 (Table 2)

หอย่อมป่า พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 6.70 เป็นกลาง ความสามารถในการแลกเปลี่ยน

ประจุบวก มีค่าเท่ากับ 11.56 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ (ระดับ CEC ต่ำ 10-15 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 5.15 แสดงถึงอินทรีย์วัตถุสูงมาก (ระดับ OM สูงมากร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส ของพื้นที่ห้วยอมป่า มีค่าเท่ากับ 13.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (P ปานกลาง 11-15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ด้านโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 76.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (K ปานกลาง 61-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 2,116.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (Ca สูง 2,000-3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 256.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Mg ปานกลาง 120-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สมบัติทางกายภาพเนื้อดินพบอนุภาคดินทรายของห้วยอมป่า มีค่าร้อยละ 57.20 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 14.2 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 28.28 ความแข็งของดิน เท่ากับ 16.78 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.56 (Table 2)

พื้นที่เกษตร พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 6.44 เป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 10.48 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 2.59 อินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (ระดับ OM ค่อนข้างสูง 2.5-3.5%) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก โพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 68.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 1700.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 203.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดินพบอนุภาคดินทราย มีค่าร้อยละ 38.32 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 21 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 40.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.00 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.33 (Table 2)

จากการศึกษาสมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพดินชั้นบนที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร พบว่า พื้นที่ห้วยอมป่ามีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่ห้วยอมป่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุหน้าดิน ธาตุอาหารหลัก (P, K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg) และสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้มากที่สุด มีค่า pH เป็นกลาง ต่างจากป่าพื้นฟู และพื้นที่เกษตร ทั้งสองพื้นที่มีค่า pH เป็นกรดเล็กน้อย ในส่วนของสมบัติดินทางกายภาพเนื้อดินของพื้นที่ห้วยอมป่าเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในขณะที่พื้นที่ป่าพื้นฟูเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และพื้นที่เกษตรเป็นดินเหนียว พิจารณาจากการจำแนกเนื้อดินตามสามเหลี่ยมดิน (Wiryakitnatekul and Kerdchana, 2016) ด้านความแข็งของดินและความชื้นในดิน พบว่า เนื่องจากห้วยอมป่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง ส่งผลให้ดินชั้นบนมีความแข็งน้อยที่สุด ความชื้นในดินห้วยอมป่า ป่าพื้นฟู และพื้นที่เกษตรมีความใกล้เคียงกัน จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมักเป็นอนุภาคดินเหนียวที่เกิดจากการทับถมของตะกอน รองลงมาเป็นอนุภาคดินทรายแป้งซึ่งมีความสำคัญในการรักษาสถานภาพของโพแทสเซียมในดินมากกว่าอนุภาคดินทราย และดินในพื้นที่ลุ่มจะพบปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าที่ดอน (Land Development Department, 2015) ในพื้นที่เกษตรดินมีอนุภาคเป็นดินเหนียว ความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่าพื้นที่ห้วยอมป่า และป่าพื้นฟู แต่ปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า เกิดจากพื้นที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนตลอดปีทำให้ปริมาณโพแทสเซียมถูกใช้มากกว่าพื้นที่ห้วยอมป่า และป่าพื้นฟู ค่าโพแทสเซียมจึงมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

Table 2 Soil properties under various land uses

Soil property	Remnant forest	Forest restoration	Agriculture	P-value
<u>Surface soil (0–5 cm)</u>				
1. pH	6.77 b	6.01 a	6.37 ab	0.099 ^{ns}
2.Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/100g)	12.5 b	9.6 a	11.6 b	0.016*
3.Organic Matter (OM) (%)	6.65 c	5.47 b	2.95 a	0.000***
4.Available Phosphorus (P) (mg/kg)	17.27 b	0.97 a	0.76 a	0.003**
5.Exchangeable Potassium (K) (mg/kg)	91.86	83.47	74.5	0.377 ^{ns}
6.Exchangeable Calcium (Ca) (mg/kg)	2292.92 b	1396.25 a	1610.56 a	0.010*
7.Exchangeable Magnesium (Mg) (mg/kg)	265.94 b	172.70 a	190.81 a	0.035*
8.Sand (%)	59.12 c	42.72 b	37.52 a	0.003**
9.Silt (%)	14.2 a	23.8 b	21.4 ab	0.083 ^{ns}
10.Clay (%)	26.68 a	33.48 b	41.08 b	0.007**
11.Soil hardness ¹	13.67 a	17.44 b	15.67 b	0.007*
12.Soil moisture ² (%)	10.22	10.33	10.33	0.770 ^{ns}
<u>Subsurface soil (20–25 cm)</u>				
1. pH	6.70	6.27	6.44	0.483 ^{ns}
2.Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/100g)	11.56 b	9.65 a	10.48 a	0.055 ^{ns}
3.Organic Matter (OM) (%)	5.15	4.86	2.59	0.227 ^{ns}
4.Available Phosphorus (P) (mg/kg)	13.73	0.82	0.88	0.108 ^{ns}
5.Exchangeable Potassium (K) (mg/kg)	76.3	69.34	68.41	0.402 ^{ns}
6.Exchangeable Calcium (Ca) (mg/kg)	2116.86 b	1343.81 a	1700.56 a	0.010**
7.Exchangeable Magnesium (Mg) (mg/kg)	256.79 b	158.51 a	203.20 a	0.020*
8.Sand (%)	57.2 b	40.32 b	38.32 a	0.101 ^{ns}
9.Silt (%)	14.2 a	25 b	21 b	0.014*
10.Clay (%)	28.28 a	34.68 b	40.68 b	0.007*
11.Soil hardness ¹	16.78	15.78	15.00	0.414 ^{ns}
12.Soil moisture ² (%)	10.56 b	10.11 a	10.33 ab	0.075 ^{ns}

Remarks: Values in same row followed by different lowercase letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan's multiple comparison test) Analysis in the laboratory of the Product Quality and Standards Inspection Service Institute Princess Sirindhorn Building Maejo University, Chiang Mai province. Treatments marked with different lowercase letters are significantly different, where * = significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** = highly significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$), *** = very highly significant at 0.001 level ($p \leq 0.001$), and ns = not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และ ห้วยมป่า

จากการประเมินมวลชีวภาพของพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่า มวลชีวภาพรวม (total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 34.63 ตันต่อไร่ (216.45 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 16.27 ตันคาร์บอนต่อไร่ (101.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) มีมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ เท่ากับ 34.24 ตันต่อไร่ (214.00 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่ เท่ากับ 16.09 ตันคาร์บอนต่อไร่ (100.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 59.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (368.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ ชี้เหล็ก (*Senna siamea*) จามจุรี (*Samanea saman*) พฤษภ (Albizia lebbek) สะตอ (*Parkia speciosa*) มะขามเทศ (*Pithecellobium dulce*) มีค่าเท่ากับ 3.24, 1.55, 1.29, 1.25 และ 1.25 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (20.25, 9.69, 8.06, 7.81 และ 7.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ในลูกไม้มีมวลชีวภาพรวม เท่ากับ 0.0162 ตันต่อไร่ (0.101 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในลูกไม้ เท่ากับ 0.0076 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.047 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.0277 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (0.173 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ข่อย (*Streblus asper*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis*) ชะอม (*Acacia pennata*) มะคำดีควาย (*Sapindus rarak*) มีค่าเท่ากับ 0.0029, 0.0016, 0.0010, 0.0009 และ 0.0004 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.018, 0.010, 0.006, 0.005 และ 0.002 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ และมวลชีวภาพรวมของไผ่ เท่ากับ 0.376 ตันต่อไร่ (2.35 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไผ่ เท่ากับ 0.177 ตันคาร์บอนต่อไร่ (1.10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (4.05 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พบ 2 ชนิด ได้แก่ ไม้ตง (*Dendrocalamus asper*) และ ไร่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) มีค่าเท่ากับ 0.164 และ 0.012 ตันคาร์บอนต่อไร่ (1.025 และ 0.075 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ

(Table 3) เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่าป่าที่อยู่ในระหว่างการฟื้นตัวมักจะมีปัจจัยคุกคามเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขัดขวางกระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตช้าและมีขนาดเล็ก ส่งผลทำให้มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนมีค่าต่ำกว่า (Srethasirote *et al.*, 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wanichanukul *et al.* (2022) พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าปลูกมีมวลชีวภาพรวม 42.25 ตันต่อไร่ ต้นไม้ที่มีมวลชีวภาพสูงสุด คือ สัก เท่ากับ 21.42 ตันต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ อะราง (*Peltophorum dasyrhachis*) ประดู่ป่า ทางหลวง (*Albizia chinensis*) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) มีค่าเท่ากับ 8.41, 4.04, 2.37 และ 2.02 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม 19.86 ตันคาร์บอนต่อไร่ ต้นไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บปริมาณคาร์บอนสูงสุด คือ สัก เท่ากับ 10.07 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ อะราง ประดู่ป่า ทางหลวง และยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 3.95, 1.89, 1.11 และ 0.94 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ

มวลชีวภาพรวม (total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิดในพื้นที่ห้วยมป่า พบว่า มีค่าเท่ากับ 65.09 ตันต่อไร่ (406.78 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 30.59 ตันคาร์บอนต่อไร่ (191.17 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) พบมวลชีวภาพรวมของไม้ใหญ่ เท่ากับ 64.88 ตันต่อไร่ (405.50 ตันต่อเฮกตาร์) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่ เท่ากับ 30.49 ตันคาร์บอนต่อไร่ (190.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 111.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (698.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ สัก ประดู่ป่า รัง แดง และปอแก้ว (Grewia eriocarpa) มีค่าเท่ากับ 12.68, 7.62, 2.57, 2.46 และ 1.41 ตันคาร์บอนต่อไร่ (79.25, 47.63, 16.06, 15.38 และ 8.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ มวลชีวภาพรวมของลูกไม้ เท่ากับ 0.0163 ตันต่อไร่ (0.102 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 0.0076 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.048 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.0280 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (0.175 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ แดง

ยมหิน เพกา (*Oroxylum indicum*) ฝ่าเลี่ยน (*Vitex canescens*) มะเฒ่าสาย (*Antidesma sootepense*) มีค่าเท่ากับ 0.00181, 0.0013, 0.0009, 0.0008 และ 0.0007 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (0.0113, 0.0081, 0.0056, 0.0050 และ 0.0044 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ และมวลชีวภาพรวมไม้ทุกชนิด เท่ากับ 0.189 ต้นต่อไร่ (1.18 ต้นต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 0.089 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (0.55 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.33 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (2.03 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พบ 1 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ (*Gigantochloa albociliata*) (Table 3) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่พร่อง-แม่พลู ตำบลแม่พลู อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าในพื้นที่บ้านบุญแจ่มมากกว่า โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และไม้ในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 9.36 ต้นคาร์บอนต่อไร่ และป่าเบญจพรรณผสมไม้ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ เท่ากับ 7.45 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (Maosew *et al.*, 2019)

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและปริมาณมวล

ชีวภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และหย่อมป่า

จากการจัดลำดับสังคมพืชตามแนวการลดหลั่นของปัจจัยด้วยวิธี Detrended correspondence analysis (DCA) พบว่าค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) และแกนที่ 2 (axis2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.87874, 0.22849, 0.12930 การใช้แกนที่ 1 และแกน 2 ในการอธิบายผลความสัมพันธ์จึงให้ความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถจำแนก

ชนิดไม้ที่ตอบสนองต่อคุณสมบัติดินอย่างชัดเจน (Figure 4) ซึ่งพื้นที่ป่าฟื้นฟูถูกกำหนดด้วยสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ดินร่วน ดินเหนียว ความแข็งของดิน และความชื้นในดิน ชนิดไม้เด่นของพื้นที่ป่าฟื้นฟู ได้แก่ สมอพิเภก (TEBE) มะค่าติควาย (SARA) มะกล่ำต้น (ADPA) ป๊อบ (MIHO) ชี้เหล็ก (SESI) เป็นต้น ในด้านของสมบัติทางเคมีพบว่าพื้นที่ป่าฟื้นฟูไม่มีปัจจัยทางด้านเคมีเป็นตัวกำหนด เนื่องจากเคยเป็นพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวมาก่อนทำให้มีการใช้ธาตุอาหารในการเจริญเติบโตของพื้นที่ อีกทั้งมีการรบกวนรุนแรงอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ดินเสื่อมสภาพจากการศึกษาของ Boontoon *et al.*, (2020) พบว่า การผลิตพืชไร่ในระบบเกษตร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย การไถพรวนเพื่อปรับสภาพพื้นที่ให้สม่ำเสมอและกำจัดวัชพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง หากการไถพรวนมากเกินไปความจำเป็นจะเกิดการเร่งการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดแผ่นแข็งที่ผิวหน้าดินและชั้นดานไถพรวน (plow pan) อัตราการซาชซึมน้ำของดินลดลงเกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินเพิ่มขึ้นจึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดิน และทำให้ดินเสื่อมสภาพลงทั้งทางกายภาพและความอุดมสมบูรณ์ ในส่วนของพื้นที่หย่อมป่าสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ดินทรายที่กำหนดลักษณะสังคมพืชป่าผสมผลัดใบในพื้นที่ดังกล่าว ชนิดไม้เด่นของพื้นที่หย่อมป่า เช่น สัก (TEGR) แดง (XYXY) ประดู่ (PTMO) กาสามปึก (VIPE) และรัง (SHSI) เป็นต้น ในขณะที่หย่อมป่าถูกกำหนดด้วยสมบัติดินทางเคมี มีการสะสมธาตุหลัก และธาตุอาหารรอง และปริมาณอินทรีย์วัตถุ มากกว่าพื้นที่ป่าฟื้นฟู เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นวัตถุดิบกำเนิดที่ย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Massaccesi *et al.*, 2020)

Table 3 Biomass and carbon stock in restored forest and remnant forest

Community characters		Biomass					Total Bio- mass (t/rai)	Total Bio- mass (t/ha)	Carbon stock (tC/rai)	Carbon stock (tC/ha)	CO ₂ (tCO ₂ /rai)	CO ₂ (tCO ₂ /ha)
		ABG (t/rai)				BLG Root (t/rai)						
		Stem	Branch	Leaf	ABG Total							
Forest Restoration	Tree	22.07	4.04	0.85	26.96	7.28	34.24	214.00	16.09	100.58	59.01	368.80
	Sapling	0.0109	0.0013	0.000436	0.01	0.0033	0.0162	0.101	0.0076	0.047	0.0277	0.173
	Bamboo						0.376	2.35	0.177	1.10	0.65	4.05
Remnant forest	Tree	41.04	8.66	1.39	51.09	13.79	64.88	405.50	30.49	190.58	111.81	698.81
	Sapling	0.0111	0.0012	0.000441	0.01	0.0035	0.0163	0.102	0.0076	0.048	0.0280	0.175
	Bamboo						0.189	1.18	0.089	0.55	0.33	2.03

Remarks: AGB = above ground biomass and BLG= below ground biomass.

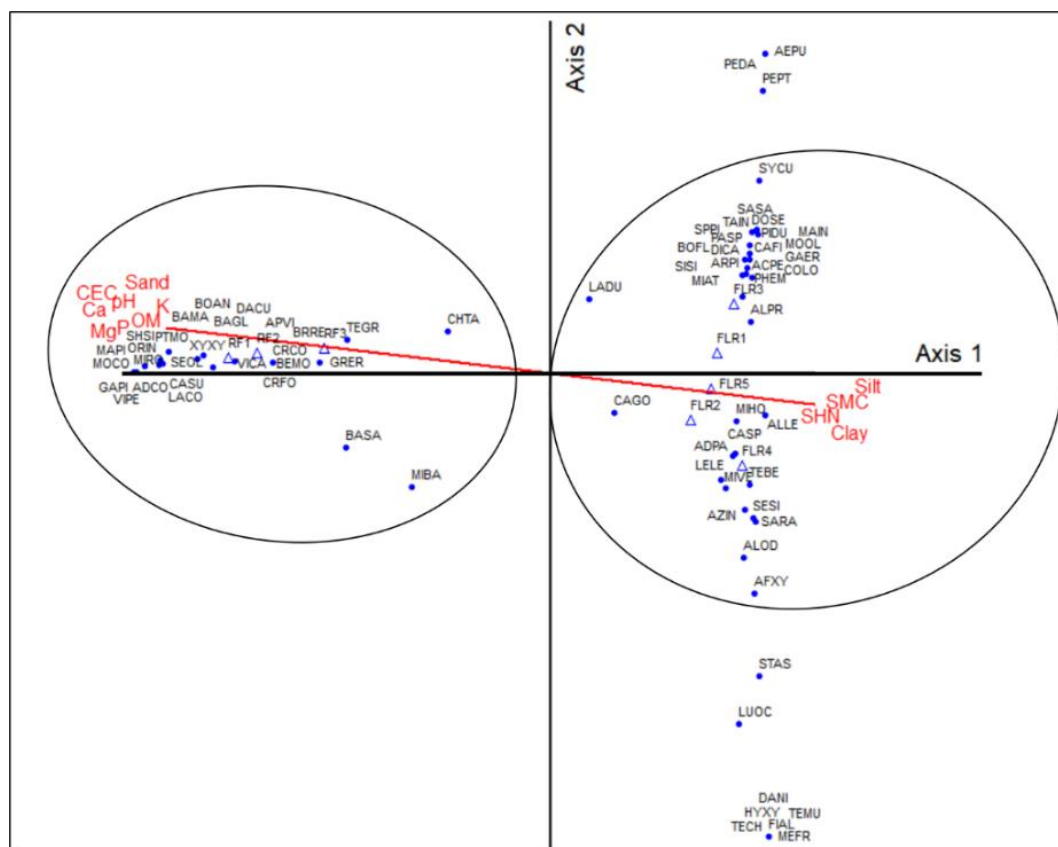


Figure 4 DCA ordination diagram representing relationship between edaphic factors and biomass

สรุป

สมบัติดินของป่าพื้นที่ ห้วยอมป่า และพื้นที่เกษตร จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินไปจากเดิมทั้งทางเคมีและทางกายภาพของดิน ซึ่งพื้นที่ป่าพื้นที่ที่เคยเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีสมบัติดินเสื่อมโทรม เมื่อมีการปลูกฟื้นฟูในระยะเวลา 8 ปี ด้วยวิธี ไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง สมบัติดินมีการพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้น เช่น ธาตุอาหารหลัก และโดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในด้านการกักเก็บคาร์บอนในป่าพื้นที่นั้นยังมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนได้น้อยกว่าห้วยอมป่าแต่ในขณะเดียวกันก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น จีเอชซี ที่สามารถกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด นอกเหนือจากนั้นในการจัดการเพื่อให้การฟื้นฟูมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรมีการจัดการไม้ต่างถิ่นรุกราน เช่น กระถินยักษ์ เป็นต้น เพิ่มช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่จะเอื้อต่อการตั้งตัวของชนิดไม้พื้นถิ่น เพื่อให้ป่าพื้นที่สามารถพัฒนาไปสู่สังคมพืชดั้งเดิมได้มากที่สุด ควรมีการติดตามและศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวล

ชีวภาพของไม้ต้นในพื้นที่ป่าพื้นที่ ห้วยอมป่าอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการดูแลรักษา อีกทั้งในการพิจารณาชนิดไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูควรคัดเลือกไม้พื้นถิ่นและพิจารณาถึงชนิดที่มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงวัตถุประสงค์ความต้องการปลูกฟื้นฟูเป็นสำคัญ

คำนิยาม

บทความวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุน ศิษย์ก้นกุฏิ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2565 ขอขอบคุณนายจิรพัฒน์ แจ่มรัตนโสภณ ผู้ใหญ่บ้านบุญแจ่ม และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Boontoon, P., Suanpaga, W., Maelim, S. 2020. Estimation of carbon stock value of woody plants in mixed deciduous forest in Erawan National Park, Kanchanaburi Province. *Thai Journal of Forestry*, 39(2): 27-40. (in Thai)

- Fongthiwong, W., Lattirasuvan, T., Yothapakdee, T., Chuesaard, T., Chaimongkhon, S. 2022. Ecological characteristics of miang tea gardens (*Camellia sinensis* (L.). **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(6): 1351-1363. (in Thai)
- Kutintara, U. 2008. Vegetative cover types classification system of Thailand. **Journal of Tropical Plants Research**, 1-21. (in Thai)
- Land Development Department. 2013. **A Set of Half-Century Knowledge Soil of Thailand**. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Land Development Department. 2015. **State of Soil and Land Resources of Thailand**. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Limited, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Maosew, K., Thanacharoenchanaphas, K., Boonyanuphap, J. 2019. Valuation of carbon stock in undisturbed natural forest and mixed fruit tree-based agroforestry system by landslide and under natural succession. **Thai Journal of Forestry**, 38(1): 81-95. (in Thai)
- Massaccesi, L., Feudis, M.D., Leccese, A., Agnell, A. 2020. Altitude and vegetation affect soil organic carbon, basal respiration and microbial biomass in Apennine forest soils. **Forests**, 11: 710. doi.org/10.3390/f11060710
- Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and life in SE Asia**, 1: 21-157.
- Sakurai, K., Puriyakorn, B., Preechapanaya, P., Tanpibal, V., Muangnil, K., Prachaiyo, B. 1995. Improvement of biological productivity in degraded lands in Thailand III. **Tropics**, 4 (2/3): 151-172.
- Sellan, G., Thompson, J., Majalap, N., Brearley, Q.F. 2019. Soil characteristics influence species composition and forest structure differentially among tree size classes in a Bornean heath forest. **Plant Soil**, 438(9): 173-185.
- Shewchenko, O., Asanok, L., Marod, D. 2018. Forest structure and species composition of limestone forest after mining, Phrae province. **Thai Journal of Forestry**, 37 (1): 73-83 (in Thai)
- Srethasirote, B., Tawon, R., Poangjit, L., Soontornwong, S. 2011. **REDPLUS: Hot Issues in the World Negotiation Arena Concepts and Formats Appropriate for Thai Society**. Dhammarath Institute for Social and Environmental Development, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector, 3rd ed**. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forest Land**. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf, 28 August 2023.
- Wanichanukul, S., Chuenwong, P., Chantima, K., Sukueng, K., Pinmongkhonkul, S. 2022. The carbon sequestration of plant community in plantation forest in Pa Doi Bo National Forest Reserves, Chiang Rai province. **Journal of Interdisciplinary Research**, 11(2): 157-167. (in Thai)
- Wiriyakitnatekul, W., Kerdchana, C. 2016. **Methods of Soil Analysis and Interpretation for Soil Survey and Classification: Physical Properties**. Office of Science for Land Development Land Development Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)