นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่อการกักเก็บคาร์บอนของป่าดิบเขาระดับต่ำ ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหลมไทย อายานอก[1,4], เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด[1*], วราลี ศรีเกื้อ[1], กันตพงศ์ เครือมา[1], เกียรติศักดิ์ เนียมท่าเสา[4], จิราพร ปักเขตานัง[1,2], ศุภลักษณ์ ศิริ[1,3], ยุวดี พลพิทักษ์[1,3], อิสรีย์ ฮาวปินใจ[1,2] และ ต่อลาภ คำโย[1,4]

รับต้นฉบับ: 5 มีนาคม 2569 ฉบับแก้ไข: 19 พฤษภาคม 2569 รับลงพิมพ์: 23 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: สังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำถือเป็นสังคมพืชที่สำคัญในระบบนิเวศภูเขา จึงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศป่าไม้ ส่วนใหญ่มักปรากฏอยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทางภาคเหนือของประเทศไทย บริเวณที่ปรากฏสังคมพืชนี้มักมีชุมชนชาวไทยภูเขาอาศัยอยู่ ทำให้ป่าดิบเขาระดับต่ำเหล่านี้เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกทำลาย เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการประกาศจัดตั้งป่าชุมชนขึ้น โดยให้ชุมชนในพื้นที่ช่วยกันดูแลรักษาป่า แม้ว่าจะมีการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบเขาระดับต่ำอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่มักศึกษาในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ จึงทำให้ขาดข้อมูลในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ โดยเฉพาะป่าชุมชน รวมถึงการศึกษาถึงปัจจัยจำกัดของการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชดังกล่าวยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และการกักเก็บคาร์บอนรวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการกักเก็บคาร์บอน ในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำที่มีการจัดการในรูปแบบป่าชุมชน

วิธีการ: ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำ บริเวณป่าชุมชนบ้านละอูบ บ้านดงเก่า บ้านดงใหม่ และบ้านตูน ตำบลห้วยห้อม อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ขนาด 0.16 เฮกตาร์ (40 x 40 เมตร) จำนวน 12 แปลง ให้ครอบคลุมพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 4 หมู่บ้าน ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breath height, DBH) และความสูงของไม้ต้นทุกต้นที่มีขนาด DBH มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่าง แล้วนำมาทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) เพื่อหาสังคมย่อยในแต่ละสังคมย่อย ทำการวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืช ได้แก่ ดัชนีความหลากชนิด ความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัด และดัชนีความสำคัญ และทำการประเมินปริมาณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการกักเก็บคาร์บอนของป่าดิบเขาระดับต่ำกับปัจจัยแวดล้อมทางลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทิศด้านลาด ความลาดชัน และปัจจัยทางด้านลักษณะสังคมพืช ได้แก่ ขนาดพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่น ดัชนีความหลากหลาย และจำนวนต้น สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืช และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน รวมถึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการกักเก็บคาร์บอนกับปัจจัยแวดล้อมทางลักษณะภูมิประเทศและปัจจัยทางด้านลักษณะสังคมพืช ด้วยวิธีแบบจำลอง

เชิงเส้นทั่วไปแบบผสม (Generalized Linear Mixed Model: GLMM) โดยวิเคราะห์ด้วย “Package lme4” และ “Package MuMin” ตามลำดับ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 4.2.2

ผลการศึกษา: พบจำนวนไม้ต้นทั้งหมด 138 ชนิด 99 สกุล 54 วงศ์ จากทั้งหมด 2,548 ต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัด (Basal area, BA) เท่ากับ 1,327.08 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 29.93 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index; H′) เท่ากับ 4.18 สังคมพืชสามารถแบ่งออกเป็น 4 สังคมย่อย ประกอบไปด้วยสังคมป่าดิบเขารุ่นสอง (Secondary forest) 3 สังคม ได้แก่ สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น (LMF-AQRU) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแมงเม่านกเด่น (LMF-EUNI) และ สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA) และสังคมป่าดิบเขาดั้งเดิม (Primary forest) 1 สังคม คือ สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น (LMF-CADI) โดยมีลักษณะโครงสร้างป่าและการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันไป คือ 1) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น (LMF-ALQU) พบ 76 ชนิด 65 สกุล 40 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.64 มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เท่ากับ 2,014.58 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 45 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 238.48±34.45 ตันต่อเฮกตาร์ 112.08±16.19 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 410.98±59.36 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ 2) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแมงเม่านกเด่น (LMF-EUNI) พบ 65 ชนิด 54 สกุล 33 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.46 มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เท่ากับ 1,472.91 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 25.91 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 175.57±41.30 ตันต่อเฮกตาร์ 82.52±19.41 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 302.57±71.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ 3) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA) พบ 73 ชนิด 62 สกุล 37 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.81 มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เท่ากับ 887.50 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 28.41 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 266.99±28.50 ตันต่อเฮกตาร์ 125.48±13.39 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 460.12±49.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และ 4) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น (LMF-CADI) พบ 59 ชนิด 46 สกุล 30 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.36 มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด เท่ากับ 1,229.16 ต้นต่อเฮกตาร์ 29.85 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 245.63±16.02 ตันต่อเฮกตาร์ 115.44±7.53 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และ 423.30±27.61 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์ในทางลบกับระดับความสูงจากน้ำทะเล (p<0.001) แต่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระดับความลาดชัน (p<0.05) และขนาดพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ (p<0.001) บ่งชี้ว่า

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าดิบเขาระดับต่ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อปรากฏอยู่ในพื้นที่ต่ำ มีความลาดชันสูง และประกอบไปด้วยหมู่ไม้ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดกว้าง

สรุปผล: ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าป่าชุมชนตำบลห้วยห้อม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าดิบเขาระดับต่ำรุ่นสองแต่ยังคงมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนได้ปริมาณมาก อย่างไรก็ตามนอกจากลักษณะความโตของต้นไม้แล้ว ลักษณะทางภูมิประเทศ เช่น ระดับความสูงจากน้ำทะเล และความลาดชัน ยังคงเป็นปัจจัยกำหนดที่สำคัญต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ดังนั้นหากมีการบริหารจัดการให้ป่าชุมชนที่มีลักษณะเป็นป่าดิบเขาระดับต่ำให้มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น จึงควรพิจารณาสภาพภูมิประเทศเป็นสำคัญ

คำสำคัญ: การจัดการป่าชุมชน, การดูดซับคาร์บอน, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

---

[1] ศูนย์จัดการก๊าซเรือนกระจก โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[3] สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[4] สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: Penpilai.pen@gmail.com

https://doi.org/10.34044/tferj.2026.10.1.6634

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation Structure and Environmental Influences on Carbon Stocks in Lower Montane Evergreen Forest in Community Forests, Mae Hong Son Province

Lamthai Asanok[1,4], Penpilai Piankhit[1*], Waralee Srikue[1], Kunthaphong Kruama[1], Kattisak Numtasao[4], Jiraporn Pakketanang[1,2], Suphalak Siri[1,3], Yuwadee Ponpituk[1,3], Itsaree Howpinjai[1,2], and Torlarp Kamyo[1,4]

Received: 5 March 2026 Revised: 19 May 2026 Accepted: 23 May 2026

ABSTRACT

Background and Objectives: Lower montane forest (LMF) is indispensable in mountain ecosystems; it was important for carbon sequestration in forest ecosystems and mostly found that in northern Thailand. The areas where this forest type is located in the national forest reserve, are often found that inhabited by hill tribe communities, making the lower montane forest vulnerable to encroachment and destruction. Therefore, to prevent this problem, the community forests have been established to enable local communities to help protect these forest types. Despite several studies on the vegetation structure and carbon sequestration in lower montane forest but mostly focused on the conservation area. This leads to a lack of data in national forest reserves, especially community forests. As well as the study of the limitation's factors of carbon storage in such a plant community is also limited. Therefore, this study aims to investigate the vegetation structure characteristics, carbon sequestration, and environmental factors that affect carbon sequestration in lower montane forest areas that are managed as community forests.

Methodology: This study was conducted in the lower montane forest located in community forests of Ban La-Oob, Ban Dong Kao, Ban Dong Mai, and Ban Tun, at Huai Hom Subdistrict, Mae Lan Noi District, Mae Hong Son Province. Twelve - 0.16 ha (40 x 40 meters) of purposive sampling plots were established to cover the community forest area of four villages. The diameter at breast height (DBH) and total height of all trees within the DBH $\geq$ 4.5 cm in the sample plots were measured. Cluster analysis was performed to classified sub-communities. Plant community characteristics were analyzed for each sub-community, including diversity index (H'), density (D), basal area (BA), and importance value index (IVI). We also analyzed biomass, carbon sequestration, and carbon dioxide sequestration of each sub-community. Furthermore, the relationship between carbon sequestration of lower montane forest with the factors of topographical as elevation above mean sea level, aspect, and slope, moreover the plant community characteristics as BA, D, H' and number of species were analyzed using a Generalized Linear Mixed Model (GLMM) with the "lme4 package" and "MuMin package", respectively, in R version 4.2.2.

Main Results: We found that a total of 138 tree species, 99 genera, and 54 families were founded including 2,548 trees. The tree density and basal area were 1,327 trees ha^{-1} and 29.93 m^2 ha^{-1}, respectively. The Shannon-Wiener index (H') was high (H'=4.18). Plant communities can be divided into four sub-communities, three of which are secondary forest which dominated by *Alstonia glaucescens* (LMF-ALGL), *Eurya nitida* (LMF-EUNI) and *Ostodes paniculate* (LMF-OSPA), and one sub-community of

primary forest of lower montane forest dominated by *Castanopsis diversifolia* (LMF-CADI). The forest structure and carbon sequestration varied among sub-community types. First, the sub-community of lower montane forest dominated by *Alstonia glaucescens* (LMF-ALGL) showed that 76 species 65 genera and 40 families were found. The Shannon-Wiener index (H′) was 3.64 with tree density and basal area were 2,014.58 trees ha^{-1} and 45 m^2 ha^{-1}, respectively. The biomass, carbon sequestration, and carbon dioxide sequestration values were 238.48±34.45. t ha^{-1}, 112.08±16.19 tC eq ha^{-1} and 410.98±59.36 tCo_2eq ha^{-1}, respectively. Second, the sub-community of lower montane forest with *Eurya nitida* (LMF-EUNI) showed that 65 species 54 genera and 33 families were found. The Shannon-Wiener index (H′) was 3.46 with tree density and basal area were 1,472.91 trees ha^{-1} and 25.91 m^2 ha^{-1}, respectively. The biomass, carbon sequestration, and carbon dioxide sequestration values were 175.57±41.30 t ha^{-1}, 82.52±19.41 tC eq ha^{-1} and 302.57±71.18 tCo2eq ha^{-1}, respectively. Third, the sub-community of lower montane forest with *Ostodes paniculata* (LMF-OSPA) showed that 73 species 62 genera and 37 families were found. The Shannon-Wiener index (H′) was 3.81 with tree density and basal area were 887.50 trees ha^{-1} and 28.41 m^2 ha^{-1}, respectively. The biomass, carbon sequestration, and carbon dioxide sequestration values were 266.99±28.50 t ha^{-1}, 125.48±13.39 tC eq ha^{-1} and 460.12±49.11 tCo2eq ha^{-1}, respectively. Fourth, the sub-community of lower montane forest with *Castanopsis diversifolia* (LMF-CADI) showed that 59 species 46 genera and 30 families were found. The Shannon-Wiener index (H′) was 3.36 with tree density and basal area showed that 1,229.16 trees ha^{-1} and 29.85 m^2 ha^{-1}, respectively. The biomass, carbon sequestration, and carbon dioxide sequestration are shown 245.63±16.02 t ha^{-1}, 115.44±7.53 tC eq ha^{-1} and 423.30±27.61 tCo_2eq ha^{-1}, respectively. Furthermore, the carbon sequestration of the lower montane forest in the study areas had negatively significantly with the elevation above mean sea level ($p < 0.001$), but positively significantly with the slope ($p<0.05$) and basal area ($p<0.001$). Indicating the carbon sequestration of LMF is positively associated with high elevations, steep slopes, and large basal areas.

Conclusion: This study indicates that community forests of Huai Hom subdistrict, Mae Hong Son Province, consist of secondary lower montane forest. These forests maintain high biodiversity and possess significant carbon sequestration capacity. However, alongside tree growth, topographic factors such as elevation and slope remained crucial determinants of carbon sequestration. Therefore, topography must be taken into consideration when managing lower montane community forests to enhance their carbon sequestration efficiency.

Keyword: Community forest management, carbon sequestration, climate change

---

[1] Center of Greenhouse Gas Management, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

[2] Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

[3] Forestry, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

[4] Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

*** Corresponding author:** Penpilai.pen@gmail.com

https://doi.org/10.34044/tferj.2026.10.1.6634

บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่ทวีความรุนแรงขึ้นในปัจจุบัน เป็นผลมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gasses) จากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีสัดส่วนมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ของก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศทั้งหมด นับตั้งแต่กลางทศวรรษที่ 20 และยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (World Meteorological Organization 2023) แม้ว่าจะมีนโยบายการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มขึ้นก็ตาม การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจึงนับเป็นความท้าทายที่จะต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าป่าไม้ถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการกักเก็บคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ โดยต้นไม้จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างผลผลิตในรูปแบบของแป้งและน้ำตาล และถูกกักเก็บไว้ในรูปแบบของคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งใน ราก ลำต้น กิ่ง และใบ (Timilsina *et al*., 2014) จากรายงานการศึกษาของ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (DNP, 2020) พบว่าสังคมพืชที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากเป็นลำดับต้น ๆ คือ กลุ่มป่าไม่ผลัดใบ เพราะสามารถสังเคราะห์แสงเพื่อกักเก็บคาร์บอนได้ตลอดทั้งปี (Bagri *et al*., 2025)

สังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำเป็นระบบนิเวศของป่าไม่ผลัดใบ ถือเป็นสังคมพืชที่ปรากฏอยู่เป็นจำนวนมากในระบบนิเวศภูเขา ส่วนใหญ่มักกระจายอยู่ในทางภาคเหนือของประเทศไทย ที่ระดับความสูงระหว่าง 1,000-1,800 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 18-20 องศาเซลเซียส จึงทำให้สภาพอากาศหนาวเย็นตลอดทั้งปี พรรณพืชส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยพรรณไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และวงศ์อบเชย (Luaraceae) (Marod & Kutintara 2009) ป่าดิบเขามีความสามารถเก็บกักคาร์บอนโดยเฉลี่ยประมาณ 42.8 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Diloksumpun, 2007) ซึ่งมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าป่าผลัดใบ ในปัจจุบันการศึกษาลักษณะสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำยังมีอยู่อย่างจำกัด และส่วนใหญ่มักกระจุกตัวอยู่บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เช่น อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย (Marod *et al*., 2015; Hermhuk *et al*., 2014; Asanok *et al*., 2013) และอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ (Kamyong & Anongrak, 2016) เป็นต้น ด้วยพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ บริเวณที่สูงมักปรากฏชุมชนชาวไทยภูเขาอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก และหลากหลายชาติพันธุ์ ดำเนินชีวิตโดยการพึ่งพิงป่าและอาศัยการทำการเกษตรในพื้นที่สูง เช่น การทำไร่เลื่อนลอย และการทำไร่หมุนเวียน เป็นต้น (Akarasilakul, 2004) พื้นที่ดังกล่าวมักอยู่นอกเขตป่าอนุรักษ์ จึงทำให้ป่าดิบเขาเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกเพื่อเป็นการปกป้องพื้นที่เหล่านี้ กรมป่าไม้จึงได้มีการกำหนดพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ขึ้น และได้มีการประกาศจัดตั้งป่าดิบเขาที่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติและอยู่ใกล้กับชุมชนให้เป็นป่าชุมชนที่ถูกต้องตามกฎหมายและชุมชนยังคงสามารถใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนเหล่านี้ได้

ป่าชุมชนตำบลห้วยห้อม อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นพื้นที่ปกคลุมด้วยป่าดิบเขาระดับต่ำ มีสภาพเป็นผืนป่ากระจายสลับกับพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนชาวไทยภูเขา ในอดีตเคยถูกแพ้วถางทำไร่ข้าวโพด และปลูกข้าวไร่ ทำให้หลาย

แห่งมีสภาพเป็นภูเขาหัวโล้น หลังจากนั้นปี พ.ศ. 2535 กรมป่าไม้ได้ขอคืนพื้นที่และกระชับพื้นที่ทำกินให้เหมาะสม จึงทำให้พื้นที่ป่าส่วนใหญ่มีโอกาสได้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติจนกลับฟื้นคืนเป็นผืนป่าดังเดิม และถูกประกาศจัดตั้งเป็นป่าชุมชน โดยมีเงื่อนไขให้ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนเหล่านี้ได้ เช่น การตัดไม้ใช้สอย และปลูกกาแฟ จนกลายเป็นแหล่งผลิตกาแฟที่สำคัญอีกแห่งหนึ่งของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างป่า ประเมินการกักเก็บคาร์บอน รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลในการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนให้เกิดความเพิ่มพูนความหลากหลายทางชีวภาพ และช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งป่าชุมชนและเป็นการตอบสนองต่อนโยบายรัฐบาลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methodology)

1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านละอูบ บ้านดงเก่า บ้านดงใหม่ และบ้านตูน (Figure 1) ตำบลห้วยห้อม อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตั้งอยู่ที่พิกัด UTM Zone 47Q X:401510, Y:2029854 ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อน พบพื้นที่ราบเพียงร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด ปรากฏพื้นที่ป่าเป็นผืนกระจายสลับกับพื้นที่เกษตรกรรม มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,030-1,300 เมตร จัดอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 มีลักษณะเป็นป่าดิบเขาระดับต่ำ (Lower montane forest) ที่ผ่านการรบกวน มีสภาพเป็นป่ารุ่นสอง (Secondary forest) ปรากฏพรรณไม้เบิกนำ และพรรณไม้ดั้งเดิมปะปนกัน เช่น แมงม่านก (*Eurya nitida*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) มะคังดง (*Ostodes paniculata*) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) และก่อหรั่ง (*Castanopsis diversifolia*) เป็นต้น ลักษณะภูมิอากาศได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่ต้นมีนาคมถึงเมษายน ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่ปลายเดือนเมษายนถึงตุลาคม และฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 20.5 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,260 มิลลิเมตร (Meteorological Department, 2025)

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

2.1 การเก็บข้อมูลพรรณไม้

ทำการเดินสำรวจเบื้องต้นให้ทั่วพื้นที่ป่าชุมชนแต่ละแห่ง แล้ววางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ในบริเวณพื้นที่ ๆ เป็นตัวอย่างที่ดีของแต่ละสังคมพืช โดยวางแปลงขนาด 0.16 เฮกตาร์ (40 เมตร × 40 เมตร) จำนวน 12 แปลง ครอบคลุมพื้นที่ป่าชุมชน 4 หมู่บ้าน คือ บ้านดงเก่า (4 แปลง) บ้านดงใหม่ (3 แปลง) บ้านละอูบ (2 แปลง) และบ้านตูน (3 แปลง) (Figure 1) จากนั้นในแต่ละแปลง ทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร จำนวน 16 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลไม้ต้น (Tree) คือ ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่าง วัดขนาด DBH ด้วยเทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter tape) และวัดความสูงด้วยเครื่องวัดแบบเลเซอร์

Laser Rangefinder) พร้อมทั้งระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma & Suddee (2014)

2.2 ปัจจัยแวดล้อม

ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะสังคมพืช ในการศึกษานี้เลือกใช้เฉพาะปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร), ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) และทิศด้านลาด (องศา) เนื่องจากเป็นข้อมูลที่สามารถประเมินได้จากฐานข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital elevation model: DEM) โดยกำหนดค่าจากจุดศูนย์กลางของแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 0.16 เฮกตาร์ แล้วทำการประเมินค่าโดยใช้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model: DEM) ในการศึกษาได้นำเข้าข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด ซึ่งใช้วิธีการดึงข้อมูลจาก DEM โดยใช้จุดพิกัดจากแปลงตัวอย่างเป็นจุดอ้างอิงปัจจัยแวดล้อมดังกล่าว ทั้งนี้ DEM ที่นำมาใช้จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department 2012) มีความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตร ด้วยโปรแกรม ArcMap Version 10.6

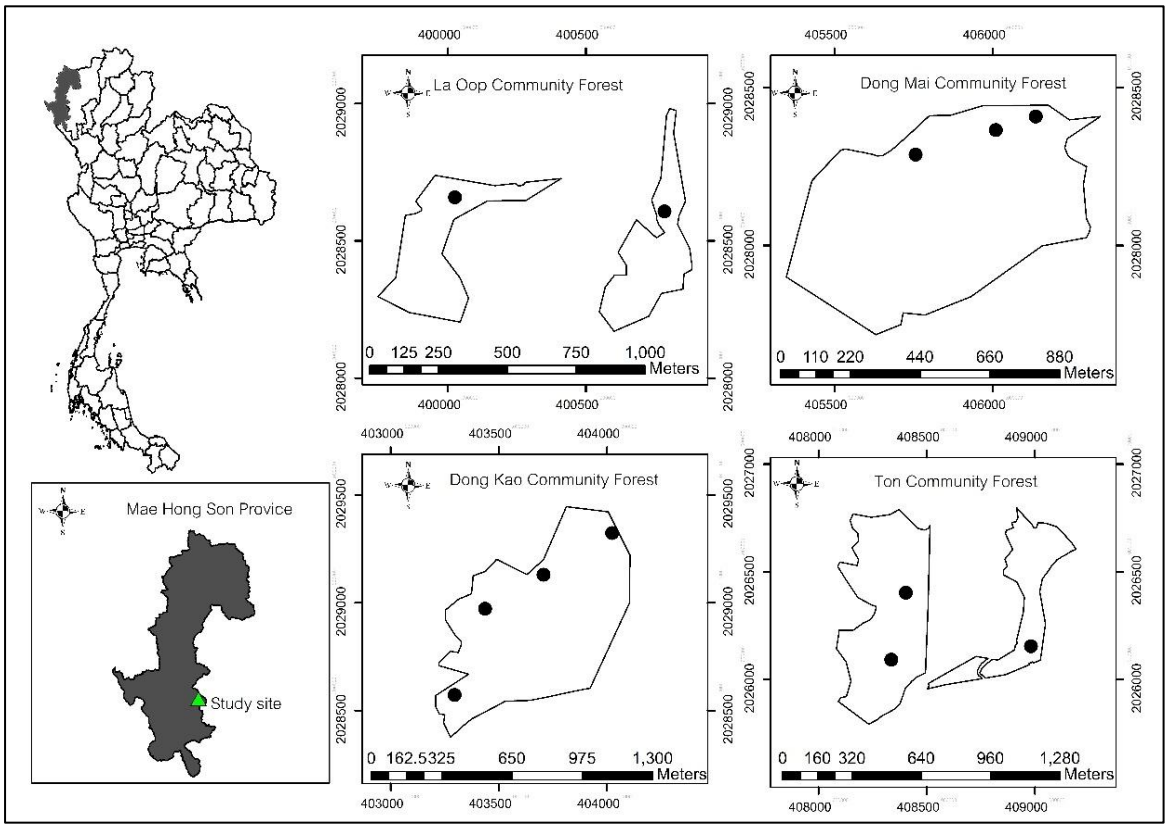

Figure 1 Study area and sample points of lower montane forest in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

3.1 การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) ทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้เพื่อหาสังคมพืชย่อย โดยใช้ค่าผลรวมระหว่างค่าความหนาแน่นสัมพันธ์ และค่าความเด่นสัมพัทธ์ของไม้แต่ละชนิดภายในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 0.16 เฮกตาร์ มาใช้จำแนกสังคม (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent &

Coker, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCORD Version 6 (McCune & Mefford, 2011)

3.2 ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชย่อย โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) ในแต่ละกลุ่ม (Cluster) โดยหาค่าความหนาแน่น (Density, D: ต้นต่อเฮกตาร์) ค่าความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตร.ม./เฮกตาร์) และค่าความถี่ (Frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้นตาม (Marod & Kutintara, 2009) และหาค่าดัชนีความหลากชนิด (Species diversity index) ตามสมการ Shannon-Wiener index (H') (Magurran 1988)

3.3 ประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน ดังนี้

1) ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass: ABG) เลือกใช้สมการแอลโลเมตรีเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพของไม้ต้นรายต้นตามสมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ประเมินมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ในป่าดิบเขา ดังนี้

$$W_S = 0.0059 \times (D^2H)^{0.919}$$

$$W_B = 0.00893 \times (D^2H)^{0.977}$$

$$W_L = 0.0140 \times (D^2H)^{0.669}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

WT = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง + ใบ (กิโลกรัม)

D หรือ DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

2) ประเมินมวลชีวภาพใต้ดิน (Below ground (root) biomass, BLG) คิดเป็นร้อยละ 27 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (IPCC, 2006)

$$BLG = ABG \times 0.27$$

3) ค่าสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอน (Carbon fraction: CF) ของไม้ยืนต้นทุกชนิด กำหนดว่าประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน (IPCC, 2006)

$$CF = (ABG + BLG) \times 0.47 \text{ (ตันคาร์บอน)}$$

4) ค่าสัดส่วนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสัดส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน คือ 44/12 (IPCC, 2006) หรือ $CO_2 = CF \times (44/12)$ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

4. ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร) ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) และทิศด้านลาด (องศา) ลักษณะสังคมพืช ได้แก่ ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ต้นต่อเฮกตาร์) ความหนาแน่น (ต้นต่อเฮกตาร์) ดัชนีความหลากหลาย (H') และจำนวนชนิดไม้ต้น (ชนิด) รวมถึงปริมาณคาร์บอนของแต่ละสังคมย่อยที่ได้จากการจัดกลุ่ม (Cluster analysis) ด้วยวิธีการ One way ANOVA analysis ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และใช้การจัดกลุ่มแบบ Tukey HSD (Bernette & McLean, 1998)

5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของหมู่ไม้กับปัจจัยแวดล้อม

เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอน โดยใช้ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและปัจจัยแวดล้อม ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 0.16 เฮกตาร์ ประกอบด้วย ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด และลักษณะสังคมพืช ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ต้นต่อเฮกตาร์) ความหนาแน่น (ต้นต่อเฮกตาร์) ดัชนีความหลากหลาย (H′) และจำนวนชนิดไม้ต้น (ชนิด) ด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปแบบผสม (Generalized Linear Mixed Model: GLMM) โดยใช้กลุ่มสังคมพืชย่อยเป็นค่าผลกระทบแบบสุ่ม (Random effect) และก่อนทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทำการปรับค่าปัจจัยแวดล้อมให้อยู่ในรูปของ $\log_2$ เพื่อให้ฐานตัวเลขแต่ละปัจจัยมีค่าเท่ากัน จากนั้นทำการเลือกแบบจำลอง (Model) ที่ดีที่สุดพิจารณาจากค่า Akaike information criterion (AIC) ต่ำสุด วิเคราะห์ด้วย “Package lme4” และ “Package MuMin” ตามลำดับ ด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 4.2.2

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. โครงสร้างสังคมพืชและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

พบจำนวนชนิดไม้ต้น 138 ชนิด 99 สกุล 54 วงศ์ จากไม้ต้นทั้งหมด 2,548 ต้น ความหนาแน่นของไม้ (Density, D) เท่ากับ 1,327.08 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (Basal area, BA) เท่ากับ 29.93 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 4.18 ชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ ทะโล้ (*Schima wallichii*) ก่อหรั่ง (*Castanopsis diversifolia*) ตาเป็ดเขา (*Ardisia quinquegona*) อินทวา (*Persea gamblei*) และก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) เท่ากับ 16.52, 16.15, 10.30, 10.24 และ9.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการจัดกลุ่มสังคมพืชย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำ ที่ระดับความคล้ายคลึงที่ร้อยละ 50 สามารถแบ่งออกเป็น 4 สังคมย่อย (Figure 2) ดังนี้

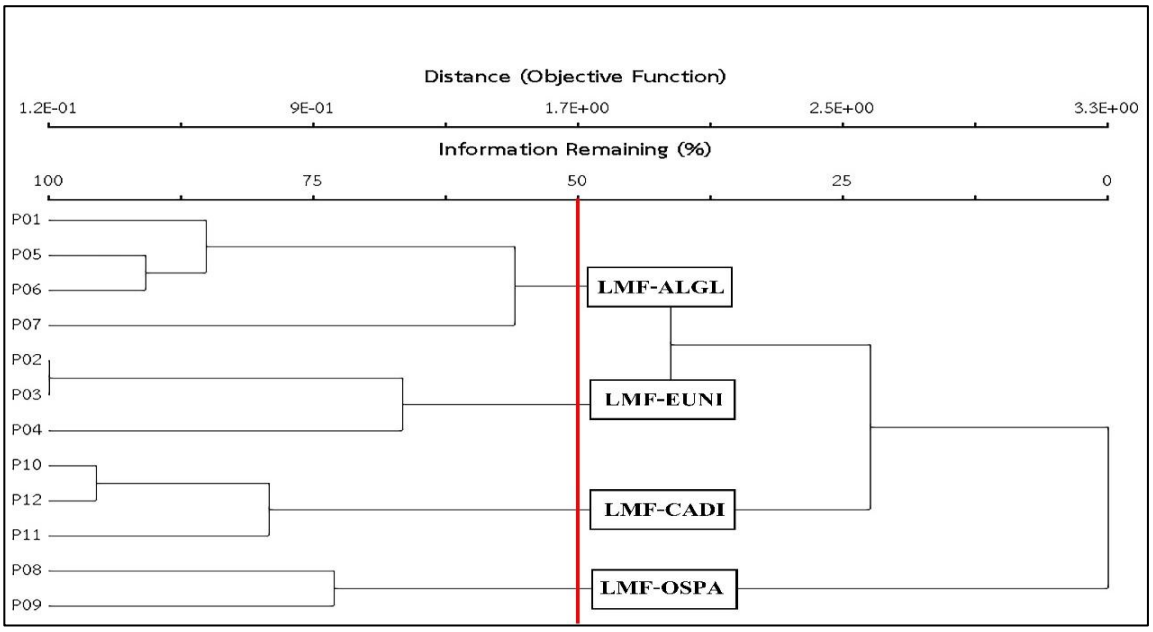

Figure 2 The dendrogram of stand clustering of lower montane forest in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province: lower montane forest with *Alstonia glaucescens* (LMF-ALGL), lower montane forest with *Eurya nitida* (LMF-EUNI), lower montane forest with *Ostodes paniculate* (LMF-CADI) and lower montane forest with *Castanopsis diversifolia* (LMF-OSPA)

1. สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขา (*Alstonia glaucescens*) (LMF-ALGL) พบจำนวนชนิดไม้ต้น 76 ชนิด 63 สกุล 40 วงศ์ จากไม้ต้นทั้งหมด 967 ต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (Density, D) เท่ากับ 2,014.58 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (Basal area, BA) เท่ากับ 45 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weiner index, H′) เท่ากับ 3.64 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ ตาเป็ดเขา (*Ardisia quinquegona*) ทะโล้ ก่อใบเลื่อม อินทวา (*Persea gamblei*) และแข้งกวางดง (*Wendlandia paniculata*) มีค่า IVI เท่ากับ 17.75, 17.46, 14.08, 14.00 และ 13.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

2. สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแมงเม่านก (*Eurya nitida*) เด่น (LMF-EUNI) พบจำนวนชนิดไม้ต้น 65 ชนิด 54 สกุล 33 วงศ์ จากไม้ต้นทั้งหมด 707 ต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (D) เท่ากับ 1,472.91 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (BA) เท่ากับ 25.91 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (H′) เท่ากับ 3.46 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ แมงเม่านก ทะโล้ คอเหี้ย (*Xerospermum noronhianum*) กรมเขา (*Aporosa nigricans*) และตาเป็ดเขา (*Ardisia quinquegona*) มีค่า IVI เท่ากับ 27.40, 24.19, 13.40, 11.96 และ 11.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2

Table 1 Plant community characteristics of lower montane forest and sub-community of lower montane forest with *Alstonia glaucescens*, (LMF-ALGL), lower montane forest with *Eurya nitida*, (LMF-EUNI), lower montane forest with *Castanopsis diversifolia*, (LMF-CADI) and lower montane forest with *Ostodes paniculata* (LMF-OSPA) in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province.

Community characters	Total	LMF-ALGL	LMF-EUNI	LMF-CADI	LMF-OSPA
Number of species	138	76	65	59	73
Number of genera	99	63	54	46	62
Number of Family	54	40	33	30	37
Shannon-Wiener index	4.18	3.64	3.46	3.36	3.81
Basal area ($m^2 ha^{-1}$)	29.93	45	25.91	29.85	28.41
Stem density (stem ha^{-1})	1,327.08	2,014.58	1,472.91	1,229.16	887.5

3. สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่ง (*Castanopsis diversifolia*) เด่น (LMF-CADI) พบจำนวนชนิดไม้ต้น 59 ชนิด 46 สกุล 30 วงศ์ จากไม้ต้นทั้งหมด 590 ต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (D) เท่ากับ 1,229.16 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (BA) เท่ากับ 29.85 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และค่าดัชนีความหลากชนิด (H′) เท่ากับ 3.36 (Table 1) ชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ ก่อหรั่ง ทะโล้ กะทังใบใหญ่ (*Litsea grandis*) อินทวาและสะลีนก (*Balakata baccata*) มีค่า IVI เท่ากับ 58.48, 17.04, 12.81, 11.69 และ 11.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Top five ranking based on IVI of tree in lower montane forest and sub-community of lower montane forest with *Alstonia glaucescens*, (LMF-ALGL), lower montane forest with *Eurya nitida*, (LMF-EUNI), lower montane forest with *Castanopsis diversifolia*, (LMF-CADI) and lower montane forest with *Ostodes paniculata* (LMF-OSPA) in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province; including density (D; stems ha^{-1}), dominant (Do, m^2ha^{-1}), frequency (F; %) and importance value index (IVI, %).

Community	Species	D	Do	F	IVI
Whole areas	*Schima wallichii*	64.06	2.77	91.67	16.52
	Castanopsis diversifolia	65.10	3.03	41.67	16.15
	Alstonia glaucescens	61.46	1.10	75.00	10.30
	Persea gamblei	58.85	1.08	83.33	10.24
	Castanopsis tribuloides	30.21	1.77	66.67	9.97
	other	**1,327.08**	**29.93**	**3,775**	**300**
LMF-ALGL	*Alstonia glaucescens*	158.33	3.20	133.33	17.75
	Schima wallichii	100.00	4.38	133.33	17.46
	Castanopsis tribuloides	62.50	4.00	100.00	14.08
	Persea gamblei	141.67	2.20	100.00	14.00
	Wendlandia paniculata	156.25	1.43	133.33	13.72
	other	**2,014.58**	**45.00**	**4,800**	**300**
LMF_EUNI	*Eurya nitida*	162.50	3.55	100.00	27.40
	Schima wallichii	93.75	3.93	100.00	24.19
	Xerospermum noronhianum	106.25	0.91	100.00	13.40
	Aporosa nigricans	97.92	0.69	100.00	11.96
	Alstonia glaucescens	79.17	0.93	100.00	11.61
	other	**1,472.91**	**25.91**	**3,766.66**	**300**
LMF_CADI	*Castanopsis diversifolia*	233.33	10.94	100.00	58.48
	Schima wallichii	60.42	2.77	100.00	17.04
	Litsea grandis	47.92	1.82	100.00	12.81
	Persea gamblei	58.33	1.23	100.00	11.69
	Balakata baccata	43.75	1.71	66.67	11.19
	other	**1,229.16**	**29.85**	**3,533.33**	**300**
LMF_OSPA	*Ostodes paniculata*	93.75	1.58	100.00	18.36
	Beilschmiedia gammieana	37.50	2.93	100.00	16.77
	Mitrephora tomentosa	50.00	1.98	100.00	14.82
	Lithocarpus thomsonii	28.13	2.22	100.00	13.22
	Celtis tetrandra	31.25	1.56	100.00	11.24
	other	**887.5**	**28.41**	**4,500**	**300**

4. สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดง (*Ostodes paniculata*) เด่น (LMF-OSPA) พบจำนวนชนิดไม้ต้น 73 ชนิด 62 สกุล 37 วงศ์ จากไม้ต้นทั้งหมด 284 ต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (D) เท่ากับ 887.50 ต้นต่อเฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (BA) เท่ากับ 28.42 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และค่าดัชนีความหลากชนิด (H′) เท่ากับ 3.81 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ มะคังดง หน่วยนกงุม (*Beilschmiedia gammieana*) มะป่วน (*Mitrephora tomentosa*) ก่อน้ำ (*Lithocarpus thomsonii*) และขี้หนอนคาย (*Celtis tetrandra*) มีค่า IVI เท่ากับ 18.36, 16.77, 14.82, 13.22 และ 11.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

จากการศึกษาป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ป่าชุมชนตำบลห้วยห้อม จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าชนิดไม้เด่นที่มีความสำคัญระดับต้น ๆ ขึ้นปะปนกันระหว่างชนิดไม้เบิกนำทั่วไป (Generalist species) ของป่าดิบเขาระดับต่ำ เช่น มะคังดง ทะโล้ ตาเป็ดเขา และ อินทวา และชนิดไม้ในสังคมถาวร เช่น ก่อหรั่ง และ ก่อเดือย เป็นต้น (Asanok *et al*., 2013; Marod *et al*., 2019) แสดงว่าสังคมพืชป่าดิบเขาบริเวณนี้เป็นสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำรุ่นสอง (Secondary forest) รายงานการศึกษาของ Marod *et al*. (2022) พบว่าป่าดิบเขาระดับต่ำดั้งเดิมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ชนิดไม้เด่นที่มีความสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์อบเชย (Lauraceae) และ วงศ์ก่อ (Fagaceae) ผลการศึกษานี้ยังพบพื้นที่มีค่าดัชนีความหลากหลายค่อนข้างสูง (H′= 4.18) ซึ่งสูงกว่าสังคมป่าดิบเขาระดับต่ำในที่อื่น ๆ อาจเป็นเพราะในการศึกษานี้ได้ทำการวางแปลงตัวอย่างในหลายพื้นที่และมีลักษณะสังคมพืชที่หลากหลาย ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ระหว่างการทดแทนเป็นป่ารุ่นสอง (Secondary forest) ที่มักมีค่าดัชนีความหลากหลายกว่าสังคมพืชดั้งเดิม (Primary forest) (Llait, 2024) อีกทั้งลักษณะของป่าดิบเขาระดับต่ำมักพบองค์ประกอบพรรณพืชที่แตกต่างกันตามระดับความสูง (Marod *et al*., 2014; Richards, 1996) และเมื่อพิจารณาสังคมย่อย พบว่า สังคมย่อยส่วนใหญ่ถูกยึดครองด้วยชนิดไม้เบิกนำทั่วไป ได้แก่ สังคมป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น สังคมป่าดิบเขาระดับต่ำแมงเม่านกเด่น (LMF-EUNI) และสังคมป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA) โดยสังคมป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่นนั้นมีพื้นที่หน้าตัด (BA) ความหนาแน่น (D) และจำนวนชนิดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมย่อยอื่น ๆ แสดงว่าเป็นสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำที่ยังอยู่ระหว่างการทดแทนตามธรรมชาติหลังจากการทำเกษตรกรรม อีกทั้งพบการแตกใหม่ (Resprouting) ของไม้ต้นจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่าผ่านการเป็นไร่หมุนเวียนที่มีการรบกวนจากมนุษย์ในอดีต (Miller & Kauffman, 1998) สอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ทดแทนเองตามธรรมชาติในพื้นที่ห่างไกลชุมชน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย (Asanok *et al*., 2013) ส่วนสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA) มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุด แสดงว่าสังคมพืชย่อยนี้มักปรากฏอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างโล่ง และอยู่ใกล้กับลำห้วยจึงทำให้มะคังดงที่เป็นชนิดไม้เบิกนำสามารถตั้งตัวจนยึดครองพื้นที่ได้สำเร็จ และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น (LMF-CADI) ประกอบไปด้วยชนิดไม้ที่มีความสำคัญในวงศ์ก่อ เช่น ก่อหรั่ง และ ก่อใบเลื่อม และชนิดไม้ใน

วงศ์อบเชย เช่น กระทังใบใหญ่ และ อินทวา แสดงว่าสังคมย่อยนี้เป็นสังคมป่าดิบเขาระดับต่ำดั้งเดิมของพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะองค์ประกอบชนิดคล้ายกับป่าดิบเขาระดับต่ำดั้งเดิมบริเวณห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย (Marod *et al.*, 2015)

2. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

ผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอน พบว่าในพื้นที่ศึกษามีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 232.19±43.83 ตันต่อเฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 109.13±20.60 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 400.15±75.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ เมื่อพิจารณารายสังคมย่อยพบว่าแต่ละสังคมมีการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, Table 3) โดยสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA) มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด ในขณะที่สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแม่งเม่านกเด่น (LMF-EUNI) มีปริมาณมวลชีวภาพและ การกักเก็บคาร์บอนต่ำสุด ส่วนสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขา (LMF-ALGL) และสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น (LMF-CADI) มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (Table 3)

Table 3 Biomass and carbon stock in lower montane forest and sub-community of lower montane forest with *Alstonia glaucescens*, (LMF-ALGL), lower montane forest with *Eurya nitida*, (LMF-EUNI), lower montane forest with *Castanopsis diversifolia*, (LMF-CADI) and lower montane forest with *Ostodes paniculata* (LMF-OSPA) in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province

Community	LMF-ALGL	LMF-EUNI	LMF-CADI	LMF-OSPA	Total	*p-value*
Biomass (t ha^{-1})	238.48±34.45^{ab}	175.57±41.30^{b}	245.63±16.02^{ab}	266.99±28.50^{a}	232.19±43.83	<0.05
C (tC ha^{-1})	112.08±16.19^{ab}	82.52±19.41^{b}	115.44±7.53^{ab}	125.48±13.39^{a}	109.13±20.60	<0.05
Co_2 (tCo_2 eq ha^{-1})	410.98±59.36^{ab}	302.57±71.18^{b}	423.30±27.61^{ab}	460.12±49.11^{a}	400.15±75.54	<0.05
DBH (cm)	14.18±1.10^{ab}	12.75±1.64^{b}	15.34±1.63^{ab}	16.59±2.60^{a}	14.67±2.09	<0.05
Height (m)	10.21±0.49^{ab}	9.46±1.03^{b}	12.30±1.40^{a}	12.41±1.04^{a}	11.03±1.57	<0.05

Remark: Different lowercase letters in the table indicate significant differences among treatments at the $p < 0.05$ level, which is statistically significant.

เหตุที่สังคมพืชทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนเนื่องจากสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น มีค่าความโตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงสูงที่สุด ในขณะที่สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแม่งเม่านกเด่น มีค่าต่ำที่สุด (Table 3) เนื่องจากความโตและความสูงเป็นตัวแปรสำคัญต่อการประเมินมวลชีวภาพซึ่งส่งผลเชิงสัดส่วนต่อค่าการเก็บกักคาร์บอน โดยเฉพาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าความสูง (Schliep *et al.*, 2017) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบเขาระดับต่ำของประเทศไทย จากรายงานของ Chanlabut & Nahok (2022) พบว่าป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่อุทยานธรรมชาติวิทยาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ

312.38 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากว่าในพื้นที่การศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และปัจจัยแวดล้อมเฉพาะถิ่น เช่น คุณสมบัติดิน และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น ซึ่งสองปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของป่าดิบเขาอย่างมีนัยสำคัญ (Terakunpisut *et al*., 2007)

3. ปัจจัยแวดล้อม

หลังจากทดสอบความแปรปรวน พบว่าปัจจัยด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ทิศด้านลาด ระดับความสูงจากน้ำทะเล และความลาดชัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น มีระดับความสูงจากน้ำทะเล และความลาดชันสูงกว่าสังคมอื่น ๆ แต่มีองศาทิศด้านลาดน้อยกว่าสังคมอื่น ๆ ส่วนสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น มีค่าระดับความสูงจากน้ำทะเล และความลาดชันต่ำสุด ในขณะที่สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแม่งเม่านกเด่น และสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น ปรากฏค่าอยู่ระหว่างกลางของทั้งสองสังคม (Table 4) ส่วนปัจจัยด้านลักษณะสังคมพืช พบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัด และดัชนีความหลากหลาย (H′) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสูงสุด ส่วนสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแม่งเม่านกเด่น มีขนาดพื้นที่หน้าตัดในขณะที่สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น มีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุด คือ 3.48 และสังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่นมีค่าต่ำสุด ส่วนความหนาแน่นของหมู่ไม้ และจำนวนชนิดพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

Table 4 Environmental factors in lower montane forest and sub-community of lower montane forest with *Alstonia glaucescens*, (LMF-ALGL), lower montane forest with *Eurya nitida*, (LMF-EUNI), lower montane forest with *Castanopsis diversifolia*, (LMF-CADI) and lower montane forest with *Ostodes paniculata* (LMF-OSPA) in Mae La Noi District, Mae Hong Son Province, values shown are means±S.E. values.

Community	LMF-ALGL	LMF-EUNI	LMF-CADI	LMF-OSPA	*p-value*
Topographic (Physical factors)					
Aspect (degree)	93.90±129.13	231.02±53.73	237.17±202.73	218.88±0.0	< 0.05
Elevation (m)	1222.25±17.50^{b}	1135±88.89^{ab}	1126±41.56^{ab}	1064±0.0^{a}	< 0.05
Slope (%)	52.79±12.12^{a}	39.49±14.53^{ab}	51.51±7.650^{a}	35.89±10.72b^{b}	< 0.05
Community structure (Biotic factors)					
Basal area (Ba; m^2ha^{-1})	33.75±6.13^{b}	22.57±3.15^{ab}	29.84±1.36^{ab}	29.39±3.37^{a}	< 0.05
Density (D; tree ha^{-1})	1510.75±481.23	1473±203.18	1229.33±243.19	968.66±281.6	
Shannon-Index (H′)	3.07±0.20^{ab}	3.04±0.31^{ab}	2.93±0.05^{b}	3.48±0.43^{a}	< 0.05
Number of species	239.25±77.54	235.66±32.53	196.66±38.88	155.00±59.32	

Remark: Different lowercase letters in the table indicate significant differences between groups at the $p < 0.05$ level, which is statistically significant.

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพและองค์ประกอบชนิดพืช

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ศึกษาถูกกำหนดด้วยปัจจัยด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ระดับความสูงจากน้ำทะเล และ ความลาดชัน ซึ่งมากกว่าปัจจัยด้านลักษณะสังคมพืช คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัด โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความสูงจากระดับน้ำทะเล ($p < 0.001$) ในขณะที่ขนาดพื้นที่หน้าตัด ($p < 0.001$) และความลาดชัน ($p < 0.05$) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5)

Table 5 Generalized Linear Model (GLM) analyzed the relationship between the carbon sequestration value of lower montane forest with the environmental factors and community characteristics factors.

Factors	Estimate	Std.	z-value	*p-value*
Aspect	-1.694	1.139	-1.487	
Elevation	-264.725	29.409	-9.002	< 0.001***
Slope	15.032	4.58	3.282	< 0.05 *
Basal area (Ba; m^2ha^{-1})	104.385	7.87	13.263	< 0.001***
Shannon-Index (H′)	19.278	17.034	1.132	
Number of species	-9.285	5.548	-1.674	

Remark: Lowercase letters indicate * = 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 ($p > 0.05$).

ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ศึกษาจะมีค่ามากขึ้น เมื่อสังคมพืชนั้นปรากฏอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำ แต่ในขณะเดียวกันมีความลาดชันสูง กล่าวคือ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางต่ำแต่ปรากฏความลาดชันสูง ส่งผลให้ปรากฏกลุ่มหมู่ไม้ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดสูง อีกทั้งได้รับความชื้นจากลำห้วยขนาดเล็กที่มักพบโดยทั่วในป่าดิบเขาระดับต่ำ (Lasen, 1989) นอกจากนั้นดินในพื้นที่ลุ่มต่ำยังได้รับธาตุอาหารมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ (Dwevedi *et al*., 2017) ในขณะหมู่ไม้ป่าดิบเขาที่ปรากฏบริเวณสันเขาจะประกอบด้วยต้นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าในพื้นที่ระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบภายในพื้นที่บริเวณเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ รายงานการศึกษาของ Marod *et al*. (2014) ที่พบว่าป่าดิบเขาระดับต่ำบริเวณห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มักปรากฏต้นไม้ขนาดใหญ่และสูงในพื้นที่ต่ำและใกล้กับร่องน้ำ ซึ่งเป็นไปในทิศทางตรงข้ามกับบริเวณสันเขาที่มักปรากฏต้นไม้ขนาดเล็กและมีความสูงน้อยกว่า เป็นต้น ในส่วนของปริมาณการกักเก็บ พบว่าการกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับขนาดพื้นที่หน้าตัด ถือว่าสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ ที่ระบุว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือความโตของต้นไม้ มีอิทธิพลในทางบวกต่อการประเมินปริมาณมวลชีวภาพที่ส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอน (Monkni *et al*., 2009; Alam & Nizami 2014; Piponiot *et al*., 2022) เช่นเดียวกับรายงานของ Bisht *et al*. (2022) ที่พบว่า

เมื่อพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างป่ามากขึ้น ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนก็จะแปรผันตามไปด้วย นอกจากนั้นการศึกษานี้ยังพบว่าปริมาณคาร์บอนมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับพื้นที่ ๆ มีความลาดชันสูง ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาอื่น ๆ ที่ส่วนใหญ่ระบุว่าในพื้นที่ ๆ มีความลาดชันสูงมักปรากฏหมู่ไม้ที่ไม่สมบูรณ์กล่าวคือ ประกอบไปด้วยต้นไม้ขนาดเล็ก หรือมีความหนาแน่นต่ำ (Ghanbari & Esmaili, 2023) เนื่องจากดินที่อยู่ในพื้นที่ลาดชันสูงมักมีธาตุอาหารของพืชน้อยกว่าพื้นที่ราบ (Bridge & Johnson 2000; Zhang *et al*., 2013) ซึ่งลักษณะดังกล่าวย่อมส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่น้อยลงไปด้วย แต่การศึกษานี้กลับปรากฏผลในทางตรงกันข้าม อาจเนื่องจากพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำในพื้นที่ศึกษาเป็นป่าชุมชน ซึ่งอนุญาตให้ชาวบ้านเข้ามาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ตัดไม้ฟืน หรือ ไม้ใช้สอย ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ประโยชน์ในพื้นที่ราบเนื่องจากเก็บหาได้ง่ายกว่า นอกจากนั้นจากการสังเกตพบว่าในพื้นที่ศึกษาป่าบางส่วนมีการปลูกกาแฟแทรกในพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นลักษณะการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนที่เป็นป่าดิบเขาระดับต่ำที่ปรากฏอยู่มากทางภาคเหนือของประเทศไทย (Asanok *et al*., 2024) ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวมักมีการตัดไม้ชั้นรองและไม้ชั้นล่างและเหลือไว้เฉพาะไม้ในเรือนยอดชั้นบนออก ทั้งนี้เพื่อเปิดแสงให้กับกาแฟ (Chiangrang & Asanok, 2020) จึงอาจเป็นเหตุให้บริเวณที่ลาดชันต่ำปรากฏหมู่ไม้เบาบางส่งผลให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่ำตามไปด้วย อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ใช้เฉพาะปัจจัยแวดล้อมทางลักษณะภูมิประเทศและลักษณะทางสังคมพืช ซึ่งยังขาดปัจจัยด้านคุณสมบัติดินที่ถือเป็นอีกปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของสังคมพืช (Meng *et al*., 2022) จึงถือว่าเป็นข้อจำกัด (Limitation) ของการศึกษานี้ ดังนั้นในการศึกษาเชิงลึกในอนาคตจึงควรนำปัจจัยด้านคุณสมบัติดินเข้ามาประกอบการพิจารณาผลกระทบต่อการกักเก็บคาร์บอนในป่าดิบเขาระดับต่ำอาจทำให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น

สรุป (Conclusions)

ป่าดิบเขาระดับต่ำ ในพื้นที่ป่าชุมชนอำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบความหลากชนิดของไม้ต้นค่อนข้างสูง (138 ชนิด 99 สกุล 54 วงศ์) สอดคล้องกับดัชนีความหลากชนิดของ Shannon-Weiner index ($H^{/}$ = 4.18) สังคมพืชส่วนใหญ่เป็นสังคมป่าทดแทนรุ่นที่สอง สามารถจัดกลุ่มหมู่ไม้ออกเป็น 3 สังคมย่อย คือ 1) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำตาเป็ดเขาเด่น (LMF-ALGL) 2) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำแมงเม่านกเด่น (LMF-EUNI) และ 3) สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำก่อหรั่งเด่น (LMF-CADI) สังคมย่อยที่เป็นป่าดิบเขาดั้งเดิม คือ สังคมย่อยป่าดิบเขาระดับต่ำมะคังดงเด่น (LMF-OSPA)

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในป่าพื้นที่ป่าชุมชนอำเภอแม่ลาน้อย มีค่าเท่ากับ 232.19 ± 43.83 $t.ha^{-1}$ และ 109.13 ± 20.60 $tC\ ha^{-1}$ หรือเปรียบเทียบเป็นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เท่ากับ 400.15 ± 75.54 $tCo_2\ eq\ ha^{-1}$ อย่างไรก็ตามการมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมีความแตกต่างกันระหว่างหมู่ไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่สังคมย่อยมะคังเด่นมีมวลชีวภาพสูงที่สุด (266.99 ± 28.50 $t.ha^{-1}$) ส่วนสังคมย่อยแมงเม่านกเด่น มีค่าต่ำที่สุด (175.57±41.30 $t.ha^{-1}$) ซึ่งมวลชีวภาพที่ปรากฏมีส่วนสัมพันธ์กับขนาดต้นไม้ หรือกล่าวได้ว่ามวลชีวภาพแปรผันตรงกับขนาดความโตของต้นไม้และมีผลต่อการกักเก็บ

คาร์บอนหรือการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของสังคมย่อยที่แตกต่างกันนั้นเอง

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสังคมพืชป่าดิบเขาระดับต่ำ มีความสัมพันธ์ในทางลบกับระดับความสูงจากน้ำทะเล แต่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระดับความลาดชันและขนาดพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ แสดงให้เห็นว่า ป่าชุมชนในอำเภอแม่ลาน้อย ยังคงเป็นป่าดิบเขาระดับต่ำที่มีความสมบูรณ์ และสามารถการกักเก็บคาร์บอนได้สูง อย่างไรก็ตามลักษณะปัจจัยแวดล้อมทางภูมิประเทศยังคงเป็นปัจจัยกำหนดที่สำคัญต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ดังนั้น การบริหารจัดการป่าชุมชนที่มีลักษณะเป็นป่าดิบเขาระดับต่ำ ให้มีประสิทธิภาพเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการกักเก็บคาร์บอน จึงควรให้ความสำคัญกับตัวแปรด้านสภาพภูมิประเทศด้วย

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอบขอบคุณองค์การบริหารส่วนจังหวัดแม่ฮ่องสอน ผู้ใหญ่บ้านดงเก่า ผู้ใหญ่บ้านดงใหม่ ผู้ใหญ่บ้านละอูบ และผู้ใหญ่บ้านตูน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ในการเก็บข้อมูลภาคสนามจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

Akarasilakul, T. 2004. **Family-owned Forest Local wisdom for self-reliance**. Bangkok: National Center for Genetic Engineering and Biotechnology. (in Thai)

Alam, K., & S. M. Nizami. 2014. Assessing Biomass Expansion Factor of Birch Tree *Betula utilis D. DON*. **Open Journal of Forestry** 4: 181–190. https://doi.org/10.4236/ojf.2014.43024

Asanok, L., K. Krueama, J. Pakketanang & P. Chiangrang. 2024. Variation of shade tree composition and carbon stock of smallholder coffee agroforestry systems along an elevation gradient in Khun Mae Kuang Forest area, northern Thailand. **Agroforestry Systems** 98: 3045–3060. https://doi.org/10.1007/s10457-024-01073-9

Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranmongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, M. Katabuchi & T. Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 296: 9–23. 10.1016/j.foreco.2013.01.029

Bagri, A.S., H. Singh, P. Brisht & N. Singh. 2025. Carbon stock assessment across temperate forest types along an altitudinal gradient in Tehri, Garhwal Himalaya. **Discover Forests Journal** 1: 46. https://doi.org/10.1007/s44415-025-00043-y

Bernette, J & E. J. McLean. 1998. **The Tukey Honestly Significant Difference Procedure and It's Control of Type I Error Rate**. pp.1-15. *In* Proceeding of Annual Meeting of the Mid-South Educational Research Association Conference, November 4, 1998, New Orleans, LA, USA.

Bisht, S., S. S. Bargali, K. Bargali, G. S. Rawat, Y. S. Rawat & A. Fartyal. 2022. Influence of Anthropogenic Activities on Forest Carbon Stocks—A Case Study from Gori Valley, Western Himalaya. **Sustainability** 14:16918. https://doi.org/10.3390/su142416918

Bridge, S. R. J. & E. A. Johnson. 2000. Geomorphic principles of terrain organization and vegetation gradients. **Journal of Vegetation Science** 11:57–70. https ://doi.org/10.2307/3236776

Chanlabut, U. & B. Nahok. 2022. Forest structure and carbon stock of Suan Phueng Nature Education Park in Ratchaburi Province, Western Thailand. **Biodiversitas** 23 (8): 4314–4321. https://doi.org/10.13057/biodiv/d230856

Chiangrang, P. & L. Asanok. 2020. Tree Planting Characteristics in Coffee–Agroforestry System of The Royal – initiated Khun Mae Kuang Forest Area Development Project, Chiang Mai Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 4(2): 63–76.

Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2020. **The Study of Carbon Accumulation in the ASEAN Heritage Area, Kaeng Krachan National Park**. Bangkok, Thailand: Research of National Park, Department of National parks Wildlife and Plant Conservation. (in Thai).

Diloksumpun, S. 2007. Forest carbon sequestration and global warming. **Journal of Soil and Water Conservation** 22 (3): 40–49. (in Thai)

Dwevedi, A., P. Kumar, P. Kumar, Y. Kumar, Y. K. Sharma. & A. M. Kayastha. 2017. Soil sensors: detailed insight into research updates, significance, and future prospects. pp. 561-594. *In* A. M. Grumezescu (eds.). **New Pesticides and Soil Sensors:** Academic Press. Romania.

Ghanbari, S. & A. Esmaili. 2023. The effect of slope and height above sea level on tree species diversity in Arsbaran Forests. **Ecology of Iranian Forests** 11(2): 111–119. 10.61186/ifej.11.21.111

IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forest Land**. Available source: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf 28 May 2022. (Accessed: January 05, 2025). (in Thai)

Kent, M. & P. Coker. 1994. **Vegetation Analysis and Description**. Dehradun: International Book Distributors.

Khamyong, S. & N. Anongrak. 2016. Carbon and nutrient storages in an upper montane forest at mt. Inthanon summit, Northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 14(1): 26–38. https://doi.org/38.10.14456/ennrj.2016.4

Land Development Department. 2012. **Digital Elevation Model: DEM (ratio 1: 40,000)**. Available source: http://sql.ldd.go.th/ldddata/mapsoilE1 . html (Accessed: January 05, 2023). (in Thai)

Lasen, K. 1989. An account of the vegetation of northern Thailand-geoecological research. **Nordic Journal of Botany** 9(1): 50. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1989.tb00981.x

Llait, C.O. 2024. Tree Species Composition and Diversity in a Secondary Forest along the Sierra Madre Mountain Range in Central Luzon, Philippines: Implications for the Conservation of Endemic, Native, and Threatened Plants. **Journal of Zoological and Botanical Gardens**. 5(1), 51–65. https://doi.org/10.3390/jzbg5010004

Magurran, A.E. 1988. **Measuring Biological Diversity**. Oxford: Blackwell Science

Marod, D., S. Hermhuk, S. Sungkaew, S. Thinkampheang, T. Kamyo. & W. Nuipakdee. 2019. Species composition and spatial distribution of dominant trees in the forest ecotone of a mountain ecosystem, northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 17(3):40–49. https://doi.org/10.32526/ennrj.17.3.2019.21

Marod, D., S. Sangkaew, A. Panmonkol. & A. Jingjai. 2014. Influences of environmental factors on tree distribution of lower montane evergreen forest at Doi Sutep-Pui National Park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry** 33(3): 23–33.

Marod, D., P. Duengkae, S. Sangkaew, P. Racharak, W. Suksavate, S. Uthairatsamee, L. Asanok, T. Kamyo, S. Thinkampheang, S. Heumhuk, P. Kachina, J. Thongsawi, W. Phumphuang, P. Paansri, W. Nuipakdee, P. Nakmuenwai. & S. Pattanakiat. 2019. Population structure and spatial distribution of tree species in lower montane forest, Doi Suthep-Pui national park, Northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 20(6): 644–663. https://doi.org/10.32526/ennrj/20/202200139

Marod, D., S. Thinkamphang, A. Panmhongkol. & S. Hermhuk. 2015. Tree distribution across the forest ecotone of lower montane forest at Doi Sutep-Pui National Park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry** 34(3): 99–108.

Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok, Thailand: Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)

McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0 for Windows**. Oregon: MjM Software.

Meng, Q., A. Wang, Z. Fu, Y. Deng. & H. Chen. 2022. Soil types determine vegetation communities along a toposequence in a dolomite peak-cluster depression catchment. **Plant Soil Journal** 475: 5–12. https://doi.org/10.1007/s11104-022-05308-5

Meteorological Department. 2025. **Climate of northern Thailand**. Available source: http://climate.tmd.go.th/data/province. (Accessed: January 05, 2025). (in Thai)

Miller, P. M. & J. B. Kauffman. 1998. Seedling and sprout response to slash-and-burn agriculture in a tropical deciduous forest. **Biotropica** 30(40): 538–546. Doi: 10.1111/j.1744-7429.1998.tb00094.x

Monkni, R.EI., Mahmoudi, M.R., Sebei, H. & Aouni, M. H. EI. 2009. **Estimating Above-Ground Biomass of Mirbeck's Oak (*Quercus canariensis Willd.*) in Kroumiria, Tunisia**. pp.157-164. *In* Proceedig Modelling, Valuing and Managing Mediterranean Forest Ecosystems for Non-Timber Goods and Services, October 26–27, 2007, Valladolid University, Spain.

Piponiot, C., K. J. Anderson-Teixeira, S. J. Davies, D. Allen, N. N. Bourg, D. F. R. P. Burslem, D. Ca′rdenas, C-H. Chang-Yang, G. Chuyong, S. Cordell, H.S. Dattaraja, A. Duque, S. Ediriweera, C. Ewango, Z. Ezedin, J. Filip, C. P. Giardina, R. Howe, C-F. Hsieh, S. P. Hubbell, F. M. Inman-Narahari, A. Itoh., D. Janı´k, D. Kenfack, K. Kr´a, J. A. Lutz, J-R. Makana, A. M. McMahon, W. McShea, X. Mi, M. Bt. Mohamad, V. Novotn´, M. J. O'Brien, R. Ostertag, G. Parker, R. P´erez, H. Ren., G. Reynolds, M. D. Md Sabri, L. Sack, A. Shringi, S-H. Su, R. Sukumar, I-F. Sun, H. S. Suresh, D. W. Thomas, J. Thompson, M. Uriarte, J. Vandermeer, Y. Wang, I. M. Ware, G. D. Weiblen, T. J. S. Whitfeld, A. Wolf, T. L. Yao, M. Yu, Z. Yuan, J. K. Zimmerman, D. Zuleta & H.C. Muller-Landau. 2022. Distribution of biomass dynamics in relation to tree size in forests across the world. **New Phytologist Journal** 234:1644–1677. https://doi.org/10.1111/nph.17995

Pooma, R. & S. Suddee. 2014. **Thai plant names (Botanical name – vernacular names) Revised Edition**. Bangkok, Thailand: Royal Forest Department. (in Thai)

Richards, P.W. 1996. **The Tropical Rain Forest: An Ecological Study. 2nd ed**. Cambridge: Cambridge University Press.

Schliep, E. M., A. E. Gelfand, J. S. Clark & B. J. Tomasek. 2017. Biomass prediction using a density-dependent diameter distribution model. **The Annals of Applied Statistics** 11(1): 340–361. https://doi.org/10.1214/16-AOAS1007

Terakunpisut, J., N. Gajaseni & N. Ruankawe. 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha-Phum national forest, Thailand. **Applied Ecology and Environmental Research** 5(2): 93–102. https://doi.org/10.15666/aeer/0502_093102

Timilsina, N., C. L. Staudhammer, F. J. Escobedo. & A. Lawrence. 2014. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. **Landscape and Urban Planning** 127: 18–27. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.003

Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda & B. Prachaiyo. 1983. Forest: felling, burning and regeneration. pp.13–26. *In* Kyuma, K., and C. Pairitra (eds.). **Shifting cultivation.** Tokyo.

World Meteorological Organization. 2023. **Greenhouse gas concentrations hit record high**. Available source: https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gasconcentrations-hit-record-high-again. (Accessed: February 6, 2026).

Zhang, Z. H., G. Hu & J. Ni. 2013. Effects of topographical and edaphic factors on the distribution of plant communities in two subtropical karst forests, Southwestern China. **Journal of Mountain Science** 10: 95–104. https ://doi.org/10.1007/s11629-013-2429-7j