

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างป่าและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน บริเวณเขาน้ำซับ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

สถิตย์ ถิ่นกำแพง^{1,2}, ณพวง พันธุเธร^{1,3}, ถาวร ก่อเกิด⁴,
ฤทธิไกร สายคำมูล³, ชัชพิมุข ยะธา³, ชัชชัย สวัสดิ์มงคล³ และวงศธร พุ่มพวง^{1,2*}

รับต้นฉบับ: 28 เมษายน 2568

ฉบับแก้ไข: 21 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์: 23 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ :

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ป่าเขตร้อนมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเป็นแหล่งสะสมความหลากหลายทางชีวภาพ พื้นที่ป่าเขาน้ำซับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เป็นพื้นที่ป่ารุ่นที่สองที่กำลังอยู่ระหว่างกระบวนการฟื้นฟูตามธรรมชาติ โดยมีลักษณะครอบคลุมป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) และป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของพันธุ์ไม้ โครงสร้างป่า ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับองค์ประกอบของสังคมพืช เพื่อสนับสนุนการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

วิธีการ: ทำการวางแปลงตัวอย่างแบบเป็นระบบ ขนาด 30 เมตร × 30 เมตร จำนวน 51 แปลง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งในเขตป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบ ทำการวัดและระบุชนิดพันธุ์ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร พร้อมเก็บข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และสมบัติดิน เช่น ความเป็นกรด-ด่างของดิน อินทรีย์วัตถุ และเนื้อดิน วิเคราะห์องค์ประกอบพันธุ์ไม้ การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) และการจัดลำดับหมู่ไม้ตามความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Ordination) จากนั้นคำนวณมวลชีวภาพด้วยสมการแอลโลเมตรี และประมาณเป็นปริมาณคาร์บอนและคาร์บอนไดออกไซด์ตามอัตราส่วนมาตรฐาน

ผลการศึกษา: พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 120 ชนิด จาก 90 สกุล 39 วงศ์ โดยป่าดิบแล้งมีความหลากหลายพันธุ์ไม้ และโครงสร้างเรือนยอดที่ซับซ้อนมากกว่าป่าผสมผลัดใบ ชนิดไม้เด่น ได้แก่ จี้อ้าย เขลง ลำตาควาย มะนาวผี และสวอง เป็นต้น สังคมพืชในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 8 สังคมพืชย่อย ได้แก่ หมู่ไม้จี้อ้าย - มะนาวผี หมู่ไม้กุ๊ก - จี้อ้าย หมู่ไม้สวอง - จี้อ้าย หมู่ไม้ปอแก้วแทนทา - สวอง หมู่ไม้ลำตาควาย - สวอง หมู่ไม้เขลง - ตัวส้ม หมู่ไม้เขลง - ลำเต๊าะ และหมู่ไม้กระเบาหลัก - เขลง ตามลำดับ จากการจัดลำดับหมู่ไม้กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และอินทรีย์วัตถุ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการกระจายของหมู่ไม้ในแต่ละพื้นที่ ขณะที่มวลชีวภาพเฉลี่ยของ

ป่าดิบแล้งอยู่ที่ 445.06 ตันต่อเฮกเตอร์ และสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 209.18 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ ซึ่งสูงกว่าป่าผสมผลัดใบที่มีค่ามวลชีวภาพและคาร์บอน เพียง 167.63 และ 78.79 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ

สรุป: ป่าดิบแล้งมีศักยภาพในการฟื้นตัวของโครงสร้างป่า ความหลากหลายของพันธุ์ไม้ และการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าป่าผสมผลัดใบ โดยมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับลักษณะปัจจัยแวดล้อม ดังนั้น การจัดการฟื้นฟูป่าจึงควรพิจารณาปัจจัยแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ เพื่อส่งเสริมการฟื้นฟูตามธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การกักเก็บคาร์บอน การสืบต่อของพันธุ์ไม้

¹ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

⁴ สำนักงานเลขานุการ คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

⁵ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 10900

* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: fforwop@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6291>

ORIGINAL ARTICLE

**Forest Structure and Potential of Carbon Storage at Khao Nam Sab,
Kasetsart University, Sri Racha Campus, Chonburi Province**

Sathid Thinkampheang^{1,2}, Napongson Punthunan^{1,3}, Thaworn Korkerd⁴,
Ritthikai Saikhammoon³, Chatpimuk Yatar⁵, Chatchai Sawasmongkol⁵, and Wongsatorn Phumphuang^{1,2*}

Received: 28 April 2025

Revised: 21 May 2025

Accepted: 23 May 2025

ABSTRACT.

Background and Objectives: Tropical Forest ecosystems are globally significant for their roles in biodiversity conservation, climate regulation, and carbon sequestration. In Thailand, two predominant forest types, Dry evergreen forest (DEF) and mixed deciduous forest (MDF), are of high ecological value but differ in species composition, canopy structure, and successional status. DEF is characterized by multi-layered canopies and high species richness, while MDF often supports fast-growing, early-successional species and exhibits more open canopy structures. Khao Nam Sap Forest, located within the Kasetsart University Sriracha Campus in Chonburi Province, is a secondary forest landscape that has undergone natural regeneration following historical logging and land conversion. This study aimed to assess forest structure, species diversity, aboveground biomass, and carbon sequestration potential in both DEF and MDF areas. In addition, the study investigates how environmental variables such as elevation, soil pH, and organic matter influence tree community distribution. These findings contribute to understanding forest dynamics in secondary tropical forests and support Thailand's national carbon neutrality policies.

Methodology: The study was conducted using a systematic line plot survey across Khao Nam Sap Forest, which spans approximately 54.4 hectares. A total of 51 vegetation plots, each measuring 30 × 30 meters, were established along transects distributed throughout the DEF and MDF zones. In each plot, all trees with a diameter at breast height (DBH) ≥ 4.5 cm were identified, measured, and geo-referenced. Soil samples were collected at 0–15 cm depth at five points per plot and analyzed for pH, texture, and organic matter. Biomass was estimated using species-specific allometric equations, and carbon stocks were calculated by applying a standard conversion factor (47% of biomass). Carbon dioxide sequestration was estimated based on the carbon content multiplied by the CO₂ conversion ratio (44/12). Cluster analysis and Canonical

Correspondence Analysis (CCA) were used to classify vegetation communities and examine the influence of environmental gradients on species distribution.

Main Results: A total of 120 species belonging to 90 genera, 39 families were identified across the study area. The overall tree density was 1,264.49 individuals ha^{-1} , with a mean basal area of 14.64 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. The Shannon-Wiener Diversity Index was calculated at 3.69, reflecting high species diversity. Dominant species identified based on the Importance Value Index (IVI) included: *Terminalia nigrovenulosa* (Combretaceae): a late-successional species dominating DEF with tall straight trunks and strong wood. *Dialium cochinchinense* (Fabaceae): a canopy species contributing significantly to biomass in both forest types. *Diospyros coetanea* (Ebenaceae): a shade-tolerant species common in DEF, known for its dense wood. *Vitex limonifolia* (Lamiaceae), *Atalantia monophylla* (Rutaceae), and *Hydnocarpus ilicifolia* (Achariaceae): each with distinct ecological niches in both DEF and MDF zones. Cluster analysis based on species composition and forest structure separated the vegetation into 8 distinct forest communities at approximately 50% similarity. These were classified as: (1) *Leucaena leucocephala* – *Atalantia monophylla* community, (2) *Diospyros castanea* – *Leucaena leucocephala* community, (3) *Vitex limonifolia* – *Leucaena leucocephala* community, (4) *Cratoxylum formosum* – *Vitex limonifolia* community, (5) *Lannea coromandelica* – *Vitex limonifolia* community, (6) *Walsura trichostemon* – *Briedelia ovata* community, (7) *Walsura trichostemon* – *Bixa orellana* community, and (8) *Hydnocarpus ilicifolia* – *Walsura trichostemon* community respectively. These forest communities varied along gradients of elevation, canopy closure, and soil conditions. Canonical Correspondence Analysis (CCA) identified soil pH, elevation, and organic matter as the most significant environmental factors influencing species distribution. DEF communities were associated with moderately acidic soils (pH 5.7–7.2), height above mean sea level (above 150 m a.s.l.), and finer-textured soils. In contrast, MDF communities were linked to more alkaline, sandy soils with higher organic content, found in foothill areas and valleys. These findings support the hypothesis that species composition and forest structural attributes are strongly shaped by edaphic and topographic variability. The average total aboveground biomass was 612.70 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, comprising stem biomass (477.94 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), branch biomass (122.04 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), and leaf biomass (12.72 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$). This corresponds to an average carbon stock of 287.97 $\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ and an estimated tCO_2 -equivalent sequestration of 1,055.88 $\text{tCO}_2 \cdot \text{ha}^{-1}$. When analyzed by forest type, Dry Evergreen Forests exhibited significantly higher carbon storage and biomass than Mixed Deciduous Forests. Specifically: DEF plots had an average biomass of 445.06 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ and stored 209.18 $\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ of carbon. MDF plots had significantly lower values, with 167.63 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ of biomass and 78.79 $\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ of carbon. A notable ecological concern is the widespread presence of *Leucaena leucocephala*, an invasive

alien species dominating the forest edge, particularly in MDF zones. This fast-growing legume forms dense thickets that suppress native regeneration and may alter successional dynamics, reduce biodiversity, and diminish long-term carbon sequestration potential.

Conclusion: Khao Nam Sap Forest demonstrates considerable ecological potential, particularly within Dry Evergreen Forest areas, where structurally complex tree communities, high diversity, and substantial biomass contribute to robust carbon storage. The data highlight the crucial role of late-successional forests in maintaining ecosystem stability and resilience. Mixed Deciduous Forest areas, while less carbon-dense, offer diverse species assemblages and are valuable for understanding regeneration pathways in disturbed tropical landscapes. Integrating species data, biomass estimates, and environmental factors provides a comprehensive framework for forest restoration planning and management. These insights are vital for Thailand's strategy toward achieving carbon neutrality, promoting forest-based climate solutions, and conserving native biodiversity under changing environmental conditions.

Keywords: Biodiversity, aboveground biomass, carbon sequestration, plant succession

¹ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² Cooperation Centre of Thai Forest Ecological Research Network, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³ Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand

⁴ Secretariat Office, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

⁵ Royal Forest Department, Bangkok 10900, Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: fforwop@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6291>

คำนำ (Introduction)

ป่าไม้นับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศบนบกที่มีบทบาทหลักในการดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากบรรยากาศ ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจุบัน ป่าไม้ทั่วโลกสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ประมาณ 289 กิกะตัน และดูดซับคาร์บอนจากบรรยากาศได้เฉลี่ยปีละประมาณ 2.6 กิกะตัน (Pan *et al.*, 2011; IPCC, 2021) โดยเฉพาะป่าเขตร้อนที่มีชีวมวลสะสมสูงและมีความหลากหลายทางชีวภาพมาก มีศักยภาพสูงในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนในระยะยาว (Lewis *et al.*, 2009; Malhi *et al.*, 2006) จากกรอบแนวคิด ทฤษฎีการทดแทนของพืช (Successional theory) (Connell & Slatyer, 1977) ระบบนิเวศป่าจะฟื้นตัวผ่านลำดับขั้นของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดพันธุ์พืช โดยเริ่มจากกลุ่มพืชเบิกดิน (Pioneer species) ไปสู่พืชกลุ่มที่มีความสามารถในการแข่งขันสูงและอายุยืน (Late-successional species) ซึ่งกระบวนการนี้มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเรือนยอดและการสะสมชีวมวลที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว ในขณะเดียวกัน แนวคิดความไม่ซ้อนทับกัน ในทางนิเวศ (Niche complementarity hypothesis) ได้เสนอว่าความหลากหลายของชนิดพรรณพืชภายในระบบนิเวศจะเอื้อให้เกิดการใช้ทรัพยากรในมิติที่หลากหลาย เช่น การใช้แสง น้ำ และธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตชีวมวลของระบบนิเวศโดยรวม และเสริมสร้าง

ความมั่นคงของระบบนิเวศภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง (Loreau & Hector, 2001; Cadotte *et al.*, 2011)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นสามารถระบุได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของศูนย์กลางความหลากหลายทางชีวภาพระดับโลก โดยมีระบบนิเวศป่าหลายชนิดป่า เช่น ป่าดิบเขา (Montane forest) ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) ป่าดิบชื้น (Moist evergreen forest) ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) ป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) ป่าชายหาด (Beach forest) และป่าชายเลน (Mangrove forest) เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งอาศัยของพรรณพืชและสัตว์จำนวนมาก รวมทั้งชนิดเฉพาะถิ่นและชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์ (Ashton & Zhu, 2020; Sodhi *et al.*, 2010) ความหลากหลายดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนกระบวนการทางนิเวศ เช่น การผสมเกสร การกระจายพรรณพืช และการควบคุมศัตรูพืช (Cardinale *et al.*, 2012; Barton *et al.*, 2013) เพื่อรับมือกับปัญหาโลกร้อนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รัฐบาลไทย กำหนดยุทธศาสตร์ระยะยาวด้านการพัฒนาคาร์บอนต่ำ (LT-LEDS) โดยตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยบรรลุ “ความเป็นกลางทางคาร์บอน” ภายในปี พ.ศ. 2608 และ “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์” ภายในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งเน้นบทบาทของภาคป่าไม้ในการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและการฟื้นฟูระบบนิเวศธรรมชาติ (ONEP, 2021)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ประกาศวิสัยทัศน์การเป็น “มหาวิทยาลัยสีเขียว” และผู้นำทางวิชาการด้านสิ่งแวดล้อม โดยได้ดำเนิน

โครงการด้านการอนุรักษ์ ป่าไม้ และวิจัยทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าที่อยู่ในความดูแลของมหาวิทยาลัยอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ป่าเขาหน้าซับอยู่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นตัวอย่างสำคัญของระบบนิเวศป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบที่ยังคงความสมบูรณ์ ภายหลังมีการฟื้นฟูตามธรรมชาติ มีองค์ประกอบพืชหลากหลาย โครงสร้างเรือนยอดหลายชั้น และศักยภาพสูงในการดูดซับคาร์บอน ดังนั้น วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบพันธุ์ไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ และสภาพแวดล้อมทางนิเวศวิทยา เพื่อประเมินศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน และสนับสนุนนโยบายด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในระดับท้องถิ่นและระดับชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

1. สถานที่ศึกษา (Study area)

ดำเนินการในพื้นที่ป่าเขาหน้าซับ ภายในเขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ประมาณ 340 ไร่ (54.4 เฮกเตอร์) ประกอบด้วยสังคมพืชหลัก ได้แก่ ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) และ ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) ที่เกิดจากการฟื้นฟูตามธรรมชาติหลังหยุดการทำสัมปทานไม้ ซึ่งยังคงมีความหลากหลายทางชีวภาพในระดับค่อนข้างสูง ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาหินทราย และหินปูนสลับกัน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 50–250 เมตร และมีความลาดชันปานกลางถึงสูง ภูมิอากาศอยู่ในประเภทมรสุมเขตร้อน ฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200–1,500 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 27–30 องศาเซลเซียส (Thai Meteorological Department, 2020)

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

1) ทำการสำรวจด้วยวิธีการวางแปลนแบบแนวอย่างเป็นระบบ (Line plot system survey) โดยกำหนดแนวเส้นหลัก (base line) ในแนวเหนือ-ใต้ จากนั้นกำหนดแนวเส้นสำรวจ (transect line) ในแนวตะวันออก-ตะวันตก ให้มีระยะห่างระหว่างแนวสำรวจเท่ากับ 100 เมตร ในแต่ละแนวเส้นสำรวจทำการกำหนดจุดสำรวจเพื่อวางแปลนตัวอย่างทุก ๆ ระยะทาง 100 เมตร รวมจำนวน 52 จุดสำรวจ (Figure 1)

2) ทำการวางแปลนตัวอย่างขนาด 30 เมตร x 30 เมตร (พื้นที่ 900 ตารางเมตร) ในแต่ละจุดสำรวจ รวมจำนวน 52 แปลง หรือมีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 29.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.67 ของพื้นที่ขอใช้ประโยชน์ทั้งหมด (340 ไร่) สำหรับการใช้นาแปลงตัวอย่างดังกล่าวนี้อ้างอิงตามความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม

3) ในแต่ละแปลงทำการแบ่งแปลงย่อยออกเป็นขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เพื่อทำการสำรวจชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงเพียงอก (Diameter Breast High : DBH, ความสูง 1.30 เมตร) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร ทำการวัดขนาด วัดความสูง บันทึกพิกัดต้นไม้ในแปลง และระบุชนิดพันธุ์ไม้ โดยอ้างอิงชื่อจาก Smitinand (2014) สำหรับชนิดพันธุ์ไม้ที่ไม่สามารถทำการระบุชนิดพันธุ์ไม้ได้ จะทำการเก็บตัวอย่างใบ ดอก หรือผล เพื่อนำมาจำแนกระบุ

ชนิดและเปรียบเทียบกับตัวอย่างพันธุ์ไม้ที่ระบุชนิดแล้ว ณ หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ต่อไป

4) ทำการบันทึกระดับความสูงของพื้นที่ และพิกัดทางภูมิศาสตร์ในแต่ละจุดสำรวจด้วย เครื่องมือบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global positioning system, GPS)

5) เก็บตัวอย่างดินอย่างเป็นระบบ โดยใช้

พลั่วขุดดินที่ความลึก 0 – 15 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด ในแต่ละแปลงตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างดินมารวมกันเพื่อเป็นตัวแทนในแต่ละแปลง โดยให้มีน้ำหนักปริมาณอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 500 กรัม รวมทั้งหมด 51 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติดินทางฟิสิกส์และสมบัติดินทางเคมี ในห้องปฏิบัติการทางปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

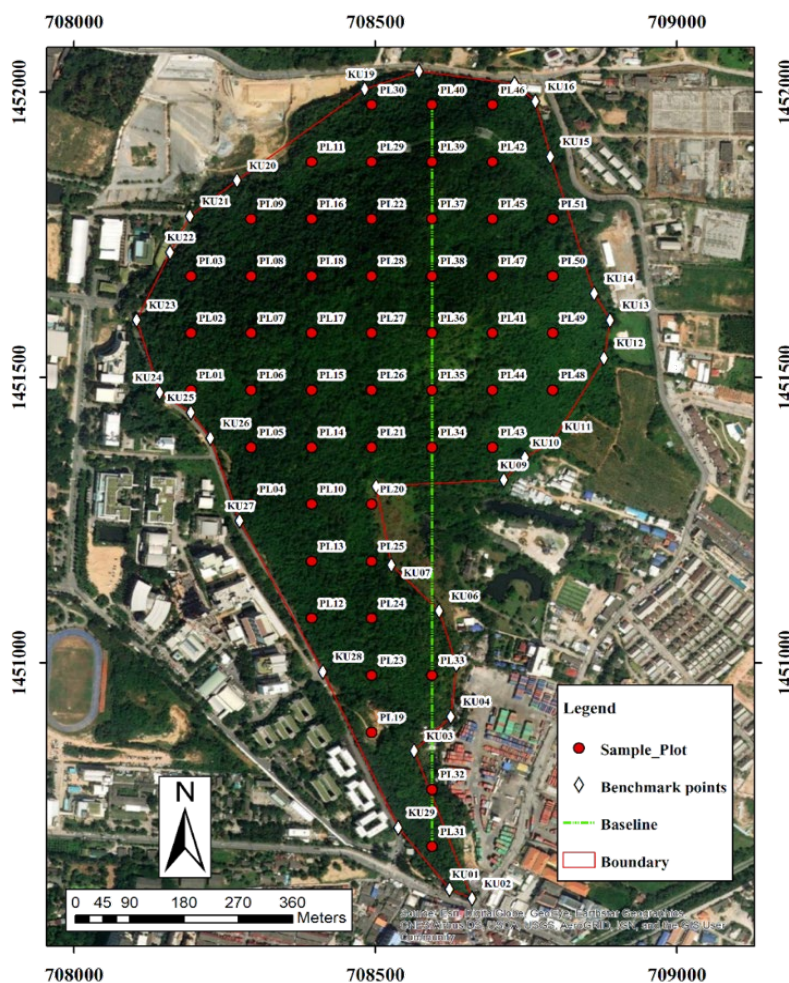


Figure 1 Line plot systematic sampling map; the red color indicated plot locations, each 30 m × 30 m.

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

2.1. ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณพืช (Importance value index, IVI) อ้างตาม Marod & Kutintara (2009) ซึ่งได้จากผลรวมของค่า ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) ความถี่

สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) และ ความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo)

2.2 ดัชนีค่าความหลากหลาย (Shannon-wiener index) (Kent, 2011) คือ

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

เมื่อ H = ค่าดัชนีความหลากหลายของพื้นที่

p_i = สัดส่วนจำนวนชนิด (n) ที่พบต่อ
ผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิด

ในสังคม (N) หรือ $p_i = n_i/N$

เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, s$

S = จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด

2.3. การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis)

เพื่อจำแนกหมู่ไม้ภายหลังการฟื้นฟู โดยใช้หน่วย
การวัดด้วยระยะทาง (Distance measuring scale)
เพื่อจัดกลุ่มตามระดับความคล้ายคลึงคล้อยคลึง
ระหว่างหมู่ไม้และแสดงในรูปของแผนภาพ
ต้นไม้ (Dendrogram) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป
PC-ORD version 6 (McCune & Mefford, 2011)

2.4. การจัดลำดับหมู่ไม้ (Ordination)

โดยใช้ข้อมูลจำนวน 2 ชุด คือชุดข้อมูลพรรณพืช
และชุดปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ สมบัติดิน (เนื้อดิน
ความเป็นกรดด่าง และอินทรีย์วัตถุ) และระดับ
ความสูงของพื้นที่ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง
ปัจจัยแวดล้อมต่อการปรากฏของหมู่ไม้ โดยใช้
วิธีวิเคราะห์แบบ Canonical Correspondence
Analysis (CCA)

2.5. การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน
(Aboveground biomass, AGB) และการกักเก็บ
คาร์บอน (Carbon storage) โดยใช้สมการแอล
โลเมตรีเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพของไม้ใหญ่
ของ Ogawa *et al.* (1965) เพื่อประเมินมวลชีวภาพ
ไม้ในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ดังนี้

$$W_s = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$$

$$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$$

$$W_L = ((28/(W_s + W_B)) + 0.025)^{-1}$$

$$W_T = W_s + W_B + W_L$$

และใช้สมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) เพื่อ
ประเมินมวลชีวภาพไม้ในป่าดิบแล้ง ดังนี้

$$WS = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

$$WB = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$$

$$WL = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$$

$$WT = WS + WB + WL$$

เมื่อ W_s = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่
เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่
เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่
เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง +
ใบ (กิโลกรัม)

D หรือ DBH (Diameter breast height,
 DBH) = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก
(เซนติเมตร, ที่ระดับ 1.30 เมตร)

H = ความสูง (เมตร)

ค่าสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอน (Carbon
fraction, CF) ของไม้ยืนต้นทุกชนิด กำหนดว่า
ประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้
เป็นส่วนของคาร์บอน (IPCC, 2006) หรือ
 $CF = AGB \times 0.47$ (ตันคาร์บอน)

ค่า สัดส่วน การ ดู ด ชั บ ก ี า ช
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสัดส่วนระหว่าง
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอน คือ 44/12
(IPCC, 2006) หรือ $CO_2 = CF \times (44/12)$ (ตัน
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพันธุ์ไม้

เมื่อพิจารณาข้อมูลในระดับไม้ใหญ่ (Mature tree) หรือไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงเพียงอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร

พบชนิดพันธุ์ไม้จำนวน 120 ชนิด 90 สกุล 39 วงศ์ (Table 1) มีความหนาแน่นเฉลี่ยและ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 1,264.49 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 14.64 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner เท่ากับ 3.69 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายอยู่ในระดับปานกลาง

Table 1 Characteristics of top ten tree species based on IVI at Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

No	Scientific name	Family	D	BA	RD	RF	RDo	IVI
1	<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	79.96	1.98	6.32	3.55	13.54	23.42
2	<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	Fabaceae	97.60	1.27	7.72	3.46	8.68	19.86
3	<i>Diospyros coaetanea</i> H. R. Fletcher	Ebenaceae	79.30	1.09	6.27	3.18	7.44	16.89
4	<i>Atalantia monophylla</i> (L.) DC.	Rutaceae	101.53	0.70	8.03	3.55	4.77	16.35
5	<i>Vitex limonifolia</i> Wall. ex Walp.	Lamiaceae	51.63	1.08	4.08	3.65	7.38	15.11
6	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	Achariaceae	77.78	0.75	6.15	1.50	5.12	12.77
7	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Anacardiaceae	49.24	0.59	3.89	2.25	4.05	10.18
8	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.)	Hypericaceae	47.28	0.56	3.74	2.25	3.84	9.82
9	<i>Diospyros castanea</i> (Craib) H. R.	Ebenaceae	53.16	0.29	4.20	3.09	1.96	9.25
10	<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	Malvaceae	31.15	0.47	2.46	2.15	3.20	7.81
Other species (110)			595.95	5.89	47.19	71.27	39.97	158.51
Total			1264.49	14.64	100	100	100	300

Remark; BA = basal area ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), D = density (individual. ha^{-1}), RD = relative density (%),

RF = relative frequency (%), RDo = relative dominance (%), and IVI = importance value index (%)

วงศ์ที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ วงศ์มะขามป้อม (Phyllanthaceae) (10 ชนิด) รองลงมาคือ วงศ์มะเกลือ (Ebenaceae) วงศ์ถั่ว (Fabaceae) และวงศ์ปอ (Malvaceae) พบวงศ์ละจำนวน 9 ชนิด วงศ์เข็ม (Rubiaceae) พบ 6 ชนิด โดยวงศ์กระดังงา (Annonaceae) วงศ์ตะแบก (Lythraceae) วงศ์ขนุน (Moraceae) และวงศ์ส้ม (Rutaceae) พบวงศ์ละ 5 ชนิด ตามลำดับ ส่วนวงศ์อื่น ๆ มีจำนวนชนิดลดหลั่นกันไป (Figure 2)

วงศ์ที่พบจำนวนต้นมากที่สุดคือ วงศ์ Ebenaceae (167 ต้น/เฮกแตร์) รองลงมาคือ วงศ์ Fabaceae (132 ต้น/เฮกแตร์) วงศ์ Rutaceae (108 ต้น/เฮกแตร์) วงศ์ Malvaceae (102 ต้น/เฮกแตร์) วงศ์ Combretaceae (80 ต้น/เฮกแตร์) วงศ์ Achariaceae (78 ต้น/เฮกแตร์) วงศ์ Lamiaceae (63 ต้น/เฮกแตร์) และวงศ์ Melastomataceae (58 ต้น/เฮกแตร์) ส่วนวงศ์อื่น ๆ นั้นมีความหนาแน่นลดหลั่นกันไป (Figure 3)

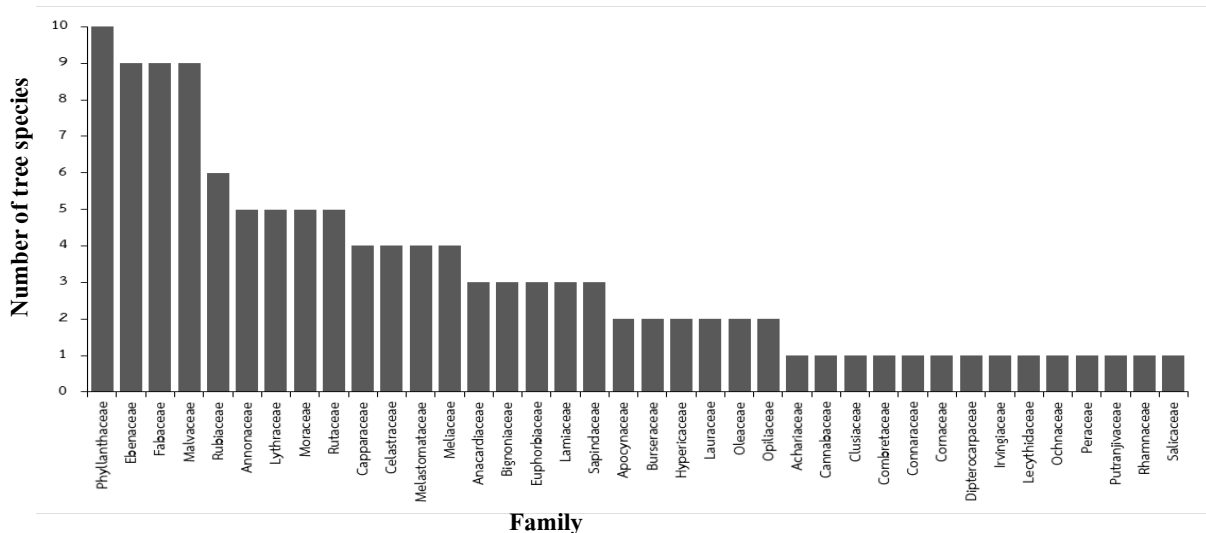


Figure 2 Number of tree species in each family existed in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

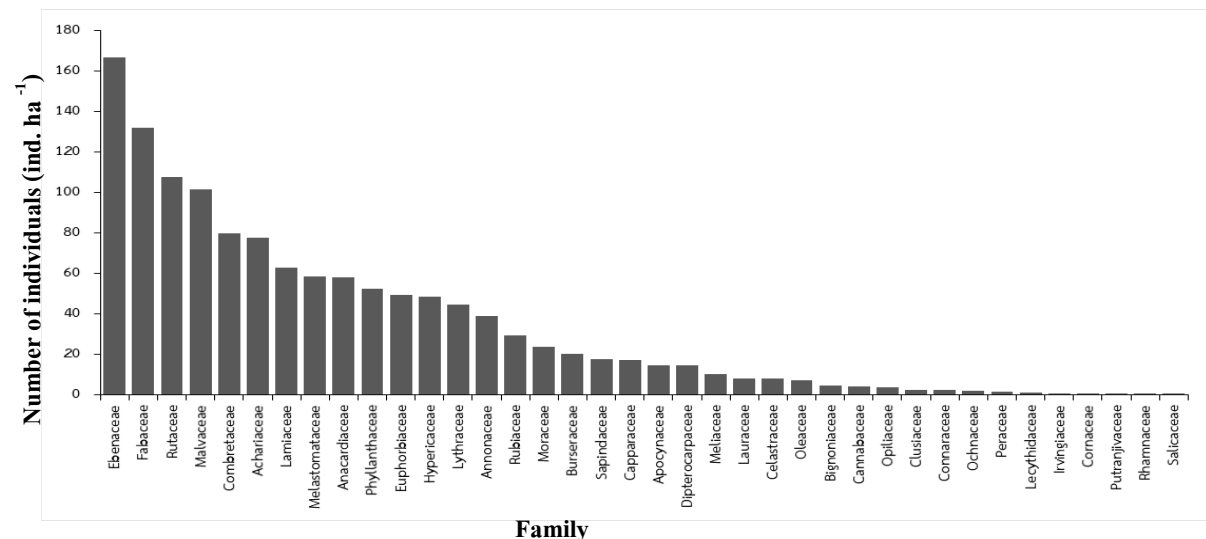


Figure 3 Number of individual trees in each family existed in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

ชนิดพันธุ์ไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญใน 10 ลำดับแรก เช่น ขี้ยาย (*Terminalia nigrovenulosa*) เขลง (*Dialium cochinchinense*) ตำตาวาย (*Diospyros coactanea*) มะนาวผี (*Atalantia monophylla*) สวอง (*Vitex limonifolia*) กระเบาเกล็ด (*Hydnocarpus ilicifolia*) กู้ก (*Lansea coromandelica*) ตั้วส้ม (*Cratoxylum formosum*) ตะโกพนม (*Diospyros castanea*) และปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*) เป็นต้น มีค่าดัชนีความสำคัญ

เท่ากับ 23.42, 19.86, 16.89, 16.35, 15.11, 12.77, 10.18, 9.82, 9.25 และ 7.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชนิดพันธุ์ไม้อื่น ๆ ก็มีค่าลดลงลงไป (Table 1)

การที่พบชนิดพันธุ์ไม้ที่ค่อนข้างมีความหลากหลายสูงนั้น (120 ชนิด 90 สกุล 39 วงศ์) เนื่องจากการขึ้นร่วมกันของชนิดไม้ (Co-existing species) ในป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ และป่าชายหาด รวมถึงการที่พื้นที่เขาน้ำซับมีลักษณะภูมิประเทศและสมบัติดินที่เหมาะสมกับการตั้งตัวของกลุ่มพืชในแต่ละชนิดป่า

ที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถตรวจสอบปัจจัยแวดล้อม (สภาพภูมิประเทศ และสมบัติดิน) ที่มีส่วนกำหนดการปรากฏของสังคมพืชได้เมื่อทำการวิเคราะห์การจัดลำดับ (Ordination analysis) ทำให้ทราบถึงปัจจัยจำกัดหรือความต้องการด้านนิเวศวิทยา (Ecological niche) ของพันธุ์ไม้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนเพื่อการอนุรักษ์ชนิดพืชในพื้นที่ป่าเขาน้ำซับ รวมถึงนำความหลากหลายของพืชดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในอนาคต

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นที่เขาน้ำซับเคยมีการอนุญาตให้ทำไม้ รวมถึงผ่านการบุกรุกมาก่อน ทำให้สังคมพืชในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นป่ารุ่นที่สอง (secondary forest) ซึ่งอยู่ระหว่างการทดแทนกลับคืนสู่ป่าธรรมชาติดั้งเดิม โดยพบชนิดพันธุ์ไม้เบิกนำขึ้นร่วมกับหลายชนิด เช่น สมัดใหญ่ (*Clausena guillauminii*) นกนอน (*Cleistanthus helferi*) มะนาวผี ปอแก่นเทา เสี้ยวใหญ่ (*Phyllanthus angkorensis*) มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida*) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) คำแสด (*Mallotus philippensis*) ปอแดง (*Sterculia guttata*) และ โมกมัน (*Wrightia arborea*) เป็นต้น สอดคล้องกับรายงานของ Marod *et al.* (2003) ที่พบว่าภายหลังการฟันฟูป่าด้วยการปลูกและปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติแล้ว มีชนิดพันธุ์ไม้เบิกนำและชนิดพันธุ์ไม้พื้นถิ่น (Pioneer and native species) สามารถเข้ามาตั้งตัวและเกิดการทดแทนเข้าสู่ป่าดิบแล้งตามธรรมชาติมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในบริเวณพื้นที่เขาน้ำซับ พบการปกคลุมและเข้ายึดครองพื้นที่ของกระถินยักษ์ (*Leucaena*

leucocephala) อยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะบริเวณแนวขอบป่าทดแทน กระถินยักษ์ จัดเป็นชนิดต่างถิ่นรุกราน (Invasive alien species) ที่สามารถเจริญเติบโตขยายพื้นที่การปกคลุมได้อย่างรวดเร็ว จนทำให้ชนิดพันธุ์ไม้พื้นถิ่นยากต่อการสืบต่อพันธุ์เพื่อฟื้นคืนกลับสู่ป่าธรรมชาติดั้งเดิมได้ (Marod *et al.*, 2012; Phumphuang *et al.*, 2018) ซึ่งหากปล่อยไว้อาจทำให้ชนิดและประชากรของชนิดพันธุ์ไม้พื้นถิ่นมีโอกาสสูญพันธุ์ในระดับท้องถิ่น (Local extinction) จึงควรมีมาตรการจัดการพันธุ์พืชต่างถิ่นรุกรานชนิดนี้เพื่ออนุรักษ์ชนิดพันธุ์ไม้พื้นถิ่นให้คงอยู่ตามธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน

2. การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis)

ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มของหมู่ไม้ด้วยการจัดกลุ่มตามค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึง และแสดงแผนภาพต้นไม้ที่มีขนาด DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร สามารถแบ่งหมู่ไม้ที่ระดับความคล้ายคลึงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ได้จำนวน 8 กลุ่มหมู่ไม้ (Figure 4) แต่ละหมู่ไม้มีรายละเอียดของชนิดพืชสำคัญดังนี้

กลุ่มที่ 1 หมู่ไม้จ้ำอ้าย - มะนาวผี มีจุดสำรวจทั้งหมด 9 แปลงตัวอย่าง ที่พบในหมู่ไม้นี้คือ PL01, PL02, PL04, PL05, PL06, PL07, PL08, PL11 และ PL12 พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าดิบแล้ง พันธุ์ไม้เด่น เช่น จ้ำอ้าย มะนาวผี ตะโกพนม สวอง อินทรีชิต (*Lagerstroemia loudonii*) และ ปรระคู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นต้น พันธุ์ไม้อื่น ๆ ที่สามารถพบได้ เช่น กะเจียน (*Hubera cerasoides*)

แจง (*Maerua siamensis*) เขลง และ ลำตาควาย เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 หมูไม้กุก - จี๋อาย มีจุดสำรวจ
ทั้งหมด 4 แปลงตัวอย่าง คือ PL13, PL14, PL26,

และ PL31 ชนิดไม้ส่วนใหญ่พบในป่าดิบแล้ง พื้นฟูและป่าผสมผลัดใบ ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น กุก จี๋อาย คิ้วส้ม กะเจียน ลำตาควาย มะนาวผี สวอง ประดู่ป่า ข่อย (*Streblus asper*) และ จี๋หนอน (*Zollingeria dongnaiensis*) เป็นต้น

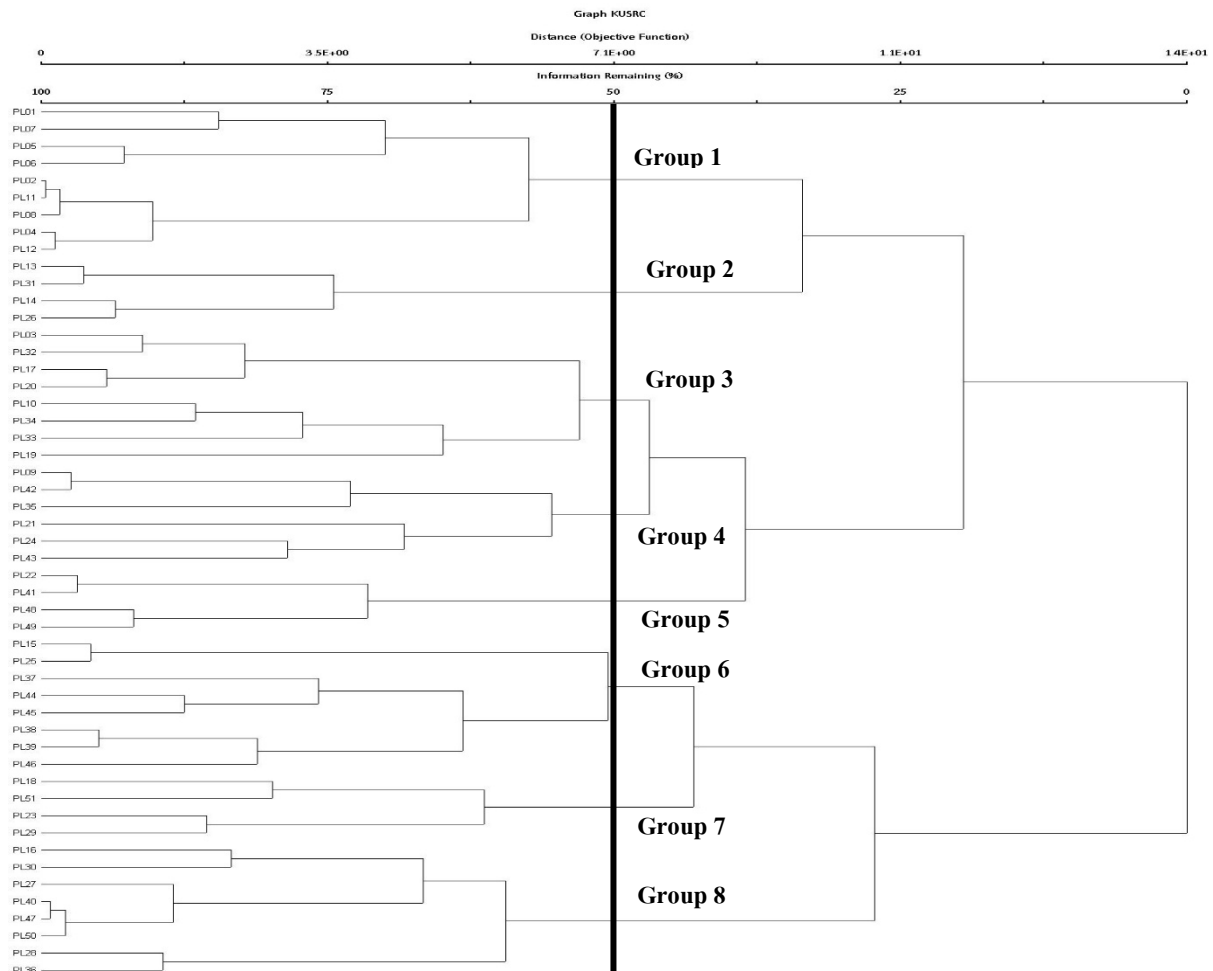


Figure 4 Dendrogram of tree community clustering in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

กลุ่มที่ 3 หมูไม้สวอง – จี๋อาย มีจุดสำรวจ
ทั้งหมด 8 แปลงตัวอย่าง คือ PL03, PL10, PL17, PL19, PL20, PL32, PL33 และ PL34 พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่พบในป่าผสมผลัดใบ ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น สวอง จี๋อาย ลำตาควาย ตะโกพนม ประดู่ป่า คิ้วส้ม ตะแบกนา (*Lagerstroemia floribunda*) กะเจียน และจี๋หนอน เป็นต้น

กลุ่มที่ 4 หมูไม้ปอแก่นเทา - สวอง มีจุดสำรวจทั้งหมด 6 แปลงตัวอย่าง คือ PL09, PL21, PL24, PL35, PL42 และ PL43 ชนิดพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่พบในป่าผสมผลัดใบ ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น ปอแก่นเทา สวอง ตะคร้ำ จี๋อาย กุก กะเจียน จี๋ป่า (*Bombax anceps*) ตะโกพนม และแสมสาร (*Senna garrettiana*) เป็นต้น

กลุ่มที่ 5 หมูไม้ลำตาควาย – สวอง มีจุด
สำรวจทั้งหมด 4 แปลงตัวอย่าง คือ PL22, PL41, PL48 และ PL49 ชนิดพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น ลำตาควาย สวอง คำแสด แสมสาร ตะโกพนม เกล่ง ปอแก่นเทา มะนาวผี และข่อย เป็นต้น

กลุ่มที่ 6 หมูไม้เผลง – ตัวส้ม มีจุดสำรวจ
ทั้งหมด 8 แปลงตัวอย่าง คือ PL15, PL25, PL37, PL38, PL39, PL44, PL45 และ PL46 ชนิดพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น เผลง ตัวส้ม มะนาวผี พลับพลา (*Microcos tomentosa*) แข็งกวาง (*Wendlandia tinctoria*) พลอง (*Memecylon* sp.) กูก สะเคาปัก (*Vatica harmandiana*) พลองกินลูก (*Memecylon ovatum*) และอีคำ (*Diospyros variegata*) เป็นต้น

กลุ่มที่ 7 หมูไม้เผลง – คำแสด มีจุด
สำรวจทั้งหมด 4 แปลงตัวอย่าง คือ PL18, PL23, PL29 และ PL51 ชนิดไม้ส่วนใหญ่พบในป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู ชนิดไม้เด่น เช่น เผลง คำแสด ปอแก่นเทา กะหนานปลิง (*Pterospermum acerifolium*) พลับพลา ลำตาควาย เสียวใหญ่ (*Phyllanthus angkorensis*) อีคำ จั้วป่า และจี้ฮาย เป็นต้น

กลุ่มที่ 8 หมูไม้กระเบาหลัก – เผลง มีจุด
สำรวจทั้งหมด 8 แปลงตัวอย่าง คือ PL16, PL27, PL28, PL30, PL36, PL40, PL47 และ PL50 ชนิดพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้ในป่าดิบแล้ง ชนิดพันธุ์ไม้เด่น เช่น กระเบาหลัก เผลง มะนาวผี พลองกินลูก คำแสด ลำตาควาย เสียวใหญ่ จี้ฮาย อีคำ และ ผูก (*Ficus variegata*) เป็นต้น

กลุ่มหมูไม้ที่พบดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นกลุ่มหมูไม้ที่พบในป่าดิบแล้ง เช่น หมูไม้ในกลุ่ม

ที่ 5, 6 และ 8 ซึ่งมี เผลงและกระเบาหลัก เป็นชนิดไม้เด่น (Phumphuang *et al.*, 2018) กลุ่มหมูไม้ในป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง เช่น หมูไม้ในกลุ่มที่ 2, 3 และ 5 ที่มีพันธุ์ไม้ จี้ฮาย กูก สวอง และ ลำตาควายเป็นไม้เด่น (Marod *et al.*, 1999; Marod *et al.*, 2017)

นอกจากนี้ยังพบกลุ่มหมูไม้ป่าชายหาด คือ หมูไม้ที่ 1 ซึ่งพบมะนาวผีเป็นไม้เด่นรองลงมาจากจี้ฮายและกระจายอยู่เต็มพื้นที่ (Marod *et al.*, 2020) ซึ่งการขึ้นปกคลุมของไม้ชนิดนี้ทั่วพื้นที่แสดงให้เห็นถึงการรบกวนในอดีตและสังคมพืชอยู่ระหว่างการทดแทนตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับการพบชนิดไม้ปอแก่นเทาและคำแสดที่เป็นกลุ่มพันธุ์ไม้เบิกนำที่ต้องการความเข้มแสงสูงหรือพื้นที่เปิดโล่งในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ

3. การจัดลำดับหมูไม้ (ordination)

ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับหมูไม้ (Ordination analysis) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของหมูไม้ พบว่าการจัดลำดับหมูไม้ตามแนวแกนที่ 1 และ 2 มีค่า Eigenvalue สูงที่สุด (0.334 และ 0.205 ตามลำดับ) หรือกล่าวได้ว่า แกนที่ 1 และ 2 มีการตอบสนองต่อตัวแปรอิสระมากที่สุด โดยมีค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation, *r*) ระหว่างชนิดไม้กับปัจจัยแวดล้อม (Species-Environment) เท่ากับ 0.89 และ 0.828 ตามลำดับ (Table 2) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยแวดล้อมมีความสัมพันธ์ต่อการปรากฏของชนิดไม้สูง สามารถแบ่งหมูไม้ตามการกำหนดของปัจจัยแวดล้อมได้เป็น 4 กลุ่มหมูไม้ (Figure 5) ดังนี้

กลุ่มหมู่ไม้ที่ 1 เป็นหมู่ไม้ที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยความเป็นกรด-ด่างของดิน (Acidity and alkalinity, $r = 0.964$) เป็นปัจจัยแวดล้อมหลักในการกำหนดการปรากฏของหมู่ไม้ (Table 3) ส่วนใหญ่เป็นหมู่ไม้สวอง – ปอแก่นเทา และหมู่ไม้ลำดาควาย – สวอง เป็นหมู่ไม้ที่พบในสภาพพื้นที่ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 5.72- 7.83 มีความเป็นกรดอ่อนถึงเบสอ่อน ชนิดไม้ที่สำคัญ

เช่น สวอง (Vitli) เม่าไข่ปลา (*Antidesma ghaesembilla*, Antdd) จีวป่า (Boman) มะกาดัน (*Bridelia insulana*, Briin) เต็งหนาม (*Bridelia retusa*, Brire) ลำดาควาย (Dioco) ตะคร้ำ (Garpi) ปอแก่นเทา (Greer) โมกหลวง (*Holarrhena pubescens*, Holpu) กระจับก (*Irvingia malayana*, Irvma) ตะแบกนา (Lagfl) ประดู่ป่า (Ptema) และ น้ำนอง (Salch) เป็นต้น

Table 2 Correlation coefficients between species data ordination axes and environmental factors.

	Axis1	Axis2	Axis3
Eigenvalue	0.334	0.205	0.139
Variance in species data			
% of variance explained	6.80	4.20	2.80
Cumulative % explained	6.80	11.00	13.90
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.890	0.828	0.823

* Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables.

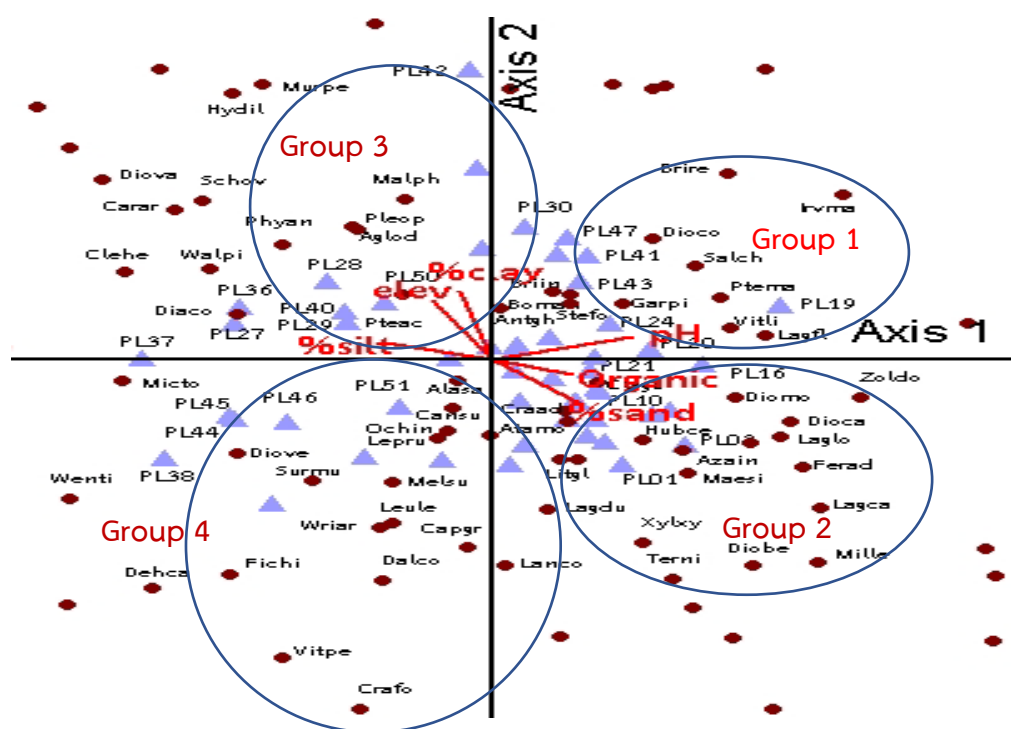


Figure 5 Ordination of tree communities based on environmental variables in Khao Nam Sap Forest.

The symbols of ▲ indicated sample plots, while ● and abbreviation represented plant species.

กลุ่มหมู่ไม้ที่ 2 เป็นหมู่ไม้ที่ได้รับอิทธิพลจากอนุภาคทราย (Percentage of sand, $r = 0.578$) และมีอินทรีย์วัตถุ (Organic matter, $r = 0.526$) เป็นปัจจัยกำหนดหลักต่อการกระจายของหมู่ไม้ (Table 3) ส่วนใหญ่เป็นหมู่ไม้จืดอาย - มะนาวผี หมู่ไม้กุ่ม - จืดอาย และหมู่ไม้จืดอาย-สวอง หมู่ไม้เหล่านี้มักพบขึ้นในพื้นที่ที่มีอนุภาคทรายและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 72 - 62 เปอร์เซ็นต์ และ 69.5 - 11.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มหมู่ไม้ส่วนใหญ่พบบริเวณดินเขาหรือบริเวณที่ราบระดับต่ำการที่มีอนุภาคทรายและอินทรีย์วัตถุสูง

เนื่องจากเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff) มาจากบนเขาลงมายังตอนล่างของพื้นที่เขาน้ำซับ ชนิดพันธุ์ไม้ที่มีความต้องการดินที่มีอนุภาคทรายและมีอินทรีย์วัตถุในดินสูง เช่น จืดอาย (Terai) สะเดา (*Azadirachta indica*, Azain) กุ่ม (Lanco) ตัวเกลี้ยง (Craco) ตะโกพนม (Dioca) มะเกลือ (Diomo) กะเจียน (Hubce) อุโลก (*Hymenodictyon orixense*, Hymor) ตะแบก เปลือกบาง (Lagdu) อินทรชิต (Laglo) หมี่เหม็น (*Litsea glutinosa*, Litgl) แจง (Maesi) สวรร (*Milletia leucantha*, Mille) แดง (*Xylia xylocarpa*, Xylzy) และ จืดนอน (Zoldo) เป็นต้น

Table 3. Correlation coefficients of environmental factors in each axis.

Variable	Correlations*		
	Axis1	Axis2	Axis3
1 elev	-0.347	0.76	0.365
2 pH	0.964	0.169	0.106
3 Organic	0.526	-0.241	0.349
4 %sand	0.578	-0.614	-0.343
5 %silt	-0.702	0.28	0.56
6 %clay	-0.156	0.847	-0.001

Remark: * Correlations are "intra-set correlations" of ter Braak (1986)

Elev = elevation, pH = acidity and alkalinity, organic = organic matter, %sand = percentage of sand, %silt = percentage of silt, %clay = percentage of clay

กลุ่มหมู่ไม้ที่ 3 เป็นหมู่ไม้ที่พบในพื้นที่ที่มีปัจจัยความสูงของพื้นที่ (Elevation, $r = -0.347$) เปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว (Percentage of clay, $r = -0.156$) และเปอร์เซ็นต์ของทรายแป้ง (Percentage of silt, $r = -0.702$) ส่วนใหญ่เป็นหมู่ไม้กระเบาหลัก - เหลง และหมู่ไม้เหลง - คำแสด หมู่ไม้เหล่านี้มักพบในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางค่อนข้างสูง มีความสูงอยู่

ระหว่าง 181 - 116 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีอนุภาคดินเหนียวสูง และอนุภาคทรายแป้งค่อนข้างสูงมีค่าอยู่ระหว่าง 31 - 21 เปอร์เซ็นต์ และ 32 - 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) กลุ่มหมู่ไม้ส่วนใหญ่พบบริเวณสันเขาโดยชนิดไม้ที่สำคัญ เช่น กระเบาหลัก (Hydil) เหลง (Diaco) คำแสด (Malph) หวานปลิง (Pteac) เฌียวไหญ่ (Phyan) พะยูง (*Dalbergia*

cochinchinensis, Dalco) ป ระ ช ย กั (*Aglaia odorata*, Aglod) แก้วลาลว (*Walsura pinnata*, Walpi) นกนอน (Clehe) แดงสะแง (*Schoutenia ovata*, Schov) กระโดน (*Careya arborea*, Carar) และอีดำ (Diova) เป็นต้น

กลุ่มหมู่ไม้ที่ 4 เป็นหมู่ไม้ที่ได้รับอิทธิพลจากความเป็นกรด-ด่าง (Acidity and alkalinity) และมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic matter) หมู่ไม้ตัวส้ม – เขลง ซึ่งเป็นหมู่ไม้ที่พบในสภาพพื้นที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 3.95 – 5.05 มีความเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก และปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ โดยกลุ่มหมู่ไม้นี้ส่วนใหญ่พบบริเวณพื้นที่เปิดโล่งชนิดไม้ที่สำคัญ เช่น กระถินยักษ์ (Leule) ปรง (*Alangium salviifolium*, Algsa) มะกอกเกลื่อน (*Canarium subulatum*, Cansu) คี อ น ก ล อ ง (*Capgr*) ตัวส้ม (Crafo) สี ไ ห ร ไ บ ไ ห ญ่ (*Dehaasia candolleana*, Dehca) ลำปีด (*Diospyros vera*,

Diove) มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida*, Fichi) ผักหวานป่า (*Melientha suavis*, Melsu) พลับพลา (Micto) ช้างน้ำว (*Ochna integerrima*, Ochin) จันทองพยาบาท (*Suregada multiflora*, Surmu) ดินนง (*Vitex pinnata*, Vitpi) แข็งกวาง (Wanti) และ โมกมัน (Wriar) เป็นต้น

4. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอน

จากการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าเขาหน้าซบ ซึ่งมีพื้นที่รวม 340 ไร่ (54.4 เฮกแตร์) พบว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยรวม 612.70 ต้นต่อเฮกแตร์ โดยแบ่งเป็นมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ (Table 4) เท่ากับ 477.94, 122.04, และ 12.72 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 287.97 ต้นคาร์บอนต่อเฮกแตร์ และปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂-equivalent) เท่ากับ 1,055.88 ต้นต่อเฮกแตร์

Table 4 Above ground biomass (ABG) and carbon stock of each forest type, dry evergreen forest (DEF) and mixed deciduous forest (MDF); C and CO₂ indicated carbon storage (C) and CO₂-equivalent, respectively.

Forest Type	ABG			Total	C	CO ₂
	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	biomass		
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(tC ha ⁻¹)	(tC ha ⁻¹)
DEF	336.93	95.42	12.71	445.06	209.18	766.99
MDF	141.01	26.62	0.01	167.63	78.79	288.89
Total	477.94	122.04	12.72	612.70	287.97	1,055.88

เมื่อนำมาวิเคราะห์แยกตามชนิดสังคมพืช พบว่า ป่าดิบแล้ง ซึ่งมีพื้นที่สำรวจ 193.33 ไร่ (30.93 เฮกแตร์) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 445.06 ต้นต่อเฮกแตร์ โดยมีส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 336.93, 95.42 และ 12.71 ต้นต่อ

เฮกแตร์ ตามลำดับ คิดเป็นการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 209.18 ต้นต่อเฮกแตร์ และดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์รวม 766.99 ต้นต่อเฮกแตร์ และป่าผสมผลัดใบ ซึ่งมีพื้นที่สำรวจ 146.67 ไร่ (23.47 เฮกแตร์) พบว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

เฉลี่ย 167.63 ต้นต่อเฮกเตอร์ โดยแบ่งเป็นลำต้นกิ่ง และใบ เท่ากับ 141.01, 26.62, และ 0.01 ต้นต่อเฮกเตอร์ คิดเป็นการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 78.79 ต้นต่อเฮกเตอร์ และดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์รวม 288.89 ต้นต่อเฮกเตอร์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าป่าดิบแล้ง (DEF) มีศักยภาพในการสะสมชีวมวลและกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าป่าผสมผลัดใบ (MDF) อย่างชัดเจน ทั้งในส่วนของมวลชีวภาพ ลำต้น และการดูดซับ CO₂ ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างป่าที่หนาแน่นกว่า มีชนิดพันธุ์ไม้ที่ไม่ขึ้นดินขนาดใหญ่ และมีอายุยืนยาวมากกว่าป่าผสมผลัดใบ (MDF) สอดคล้องกับลักษณะของ Late-successional forest ตามทฤษฎีการทดแทน (Connell & Slatyer, 1977) ภายในป่าดิบแล้งมีการสะสมชีวมวลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบซึ่งมักประกอบด้วยไม้เบิกนำที่เจริญเติบโตเร็วและมีรอบชีวิตสั้น มีการสะสมชีวมวลและกักเก็บคาร์บอนในระดับต่ำกว่า นอกจากนี้ความแตกต่างด้านความหลากหลายทางชีวภาพและองค์ประกอบชนิดอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในแนวตั้งและแนวนอนของเรือนยอด (Canopy stratification) ตามแนวคิด Niche complementarity hypothesis (Loreau & Hector, 2001) ซึ่งมีบทบาทในการเพิ่มผลผลิตชีวมวลโดยรวมในระบบนิเวศที่มีชนิดพรรณพืชหลากหลายมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา (612.70 ต้น/เฮกเตอร์) กับผลการศึกษาในป่าเขตร้อนอื่น ๆ พบว่าอยู่ในระดับที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของป่าในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 200–500 ต้นต่อเฮกเตอร์ (Lewis *et al.*, 2009; Chave *et al.*, 2014) แสดงให้เห็น

ว่าพื้นที่ป่าเขาน้ำซับยังคงมีศักยภาพเชิงนิเวศที่สูงและควรได้รับการส่งเสริมในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และการใช้ประโยชน์เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

สรุป (Conclusion)

ป่าเขาน้ำซับ ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบแล้ง ประกอบกับปัจจัยแวดล้อมที่มีความเหมาะสมต่อการตั้งตัวของพรรณไม้โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและสมบัติดิน จึงทำให้มีศักยภาพในการฟื้นตัวได้ดีกว่าป่าผสมผลัดใบ ทั้งในด้านโครงสร้างป่า ความหลากหลายของพรรณไม้ และศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน โดยเฉพาะการมีอยู่ของชนิดไม้พื้นถิ่นดั้งเดิม ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้ขึ้นดินขนาดใหญ่และอายุยืน แสดงถึงระบบนิเวศที่มีเสถียรภาพ ขณะที่ ป่าผสมผลัดใบ ยังคงอยู่ในระยะการทดแทนที่มีชนิดไม้เบิกนำเป็นไม้เด่น ป่าดิบแล้งมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้ดีกว่าป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากโครงสร้างป่าที่มีความหนาแน่นและการสืบต่อพันธุ์ที่ดี

ปัจจัยแวดล้อมมีผลต่อการจำแนกกลุ่มหมู่ไม้ และการจัดลำดับหมู่ไม้ เช่น ค่าความแปรปรวน - ค่าของดิน ความสูงของพื้นที่ และอินทรีย์วัตถุในดิน มีบทบาทสำคัญในการกำหนดการกระจายของหมู่ไม้ในป่าดิบแล้ง ซึ่งส่วนใหญ่มักพบอยู่บนพื้นที่สูง ดินเป็นกรดอ่อนและมีเนื้อดินละเอียด ส่วนหมู่ไม้ในป่าผสมผลัดใบ มักพบกระจายบริเวณพื้นที่ราบ เนื้อดินมีอนุภาคทรายและมีอินทรีย์วัตถุสูง ดังนั้น ปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการฟื้นตัวกลับคืนสู่ป่าดั้งเดิมตามธรรมชาติได้ดี โดยเฉพาะการฟื้นกลับสู่ป่าดิบแล้ง

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
ที่ช่วยประสานงานและให้ความอนุเคราะห์
ระหว่างการศึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

- Ashton, P. S. & H. Zhu. 2020. Tropical montane forests: Their structure, diversity, and conservation. **Journal of Tropical Ecology** 36(4): 321–336. <https://doi.org/10.1017/S0266467420000203>
- Barton, K. E., C. E. Gorman & G. M. Wardle. 2013. Functional traits in ecological restoration: A review and case study in montane forests. **Biological Conservation** 167: 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.028>
- Cadotte, M. W., K. Carscadden & N. Mirotchnick. 2011. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology** 48(5): 1079–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>
- Cardinale, B. J., J. E. Duffy & A. Gonzalez. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature** 486(7401): 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, ... & G. Vieilledent. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology** 20(10): 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Connell, J. H. & R. O. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role

in community stability and organization. **The American Naturalist** 111(982): 1119–1144. <https://doi.org/10.1086/283241>

- IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- IPCC. 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kent, M. 2011. **Vegetation description and data analysis: a practical approach**. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Lewis, S. L., G. Lopez-Gonzalez, B. Sonké, K. Affum-Baffoe, T. R. Baker, L. O. Ojo. & H. Wöll. (2009). Increasing carbon storage in intact African tropical forests. **Nature** 457(7232): 1003–1006. <https://doi.org/10.1038/nature07771>
- Loreau, M. & A. Hector. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. **Nature** 412(6842): 72–76. <https://doi.org/10.1038/35083573>
- Malhi, Y., D. Wood, T. R. Baker, J. Wright, O. L. Phillips, T. Cochrane & B. Vinceti. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology** 12(7), 1107–1138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x>
- Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Department of Forest Biology. Faculty of Forestry. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

- Marod, D., P. Duangkae, J. Thongsawi, W. Phumphuang, S. Thinkamphaeng, A. Kulwong & S. Hermhuk. 2017. Tree community classification and carbon sequestration assessment of dry dipterocarp forests, Kasetsart University, Sakon Nakhon Campus. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 1–9.
- Marod, D., P. Duangkae, U. Kutintara, S. Sungkaew, C. Wachrinrat, L. Asanok & N. Klomwattanakul. 2012. The Influences of an invasive plant species (*Leucaena leucocephala*) on tree regeneration in Khao Phluang Forest, Northeastern Thailand. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 46: 39–50.
- Marod, D., S. Sungkaew, H. Mizunaga, S. Thinkampheang & J. Thonsawi. 2020. Woody plant community and distribution in a tropical coastal sand dune in southern Thailand. **Journal of Coastal Conservation** 24: 44. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00761-9>
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka & T. Nakashizuka. 1999. Structural dynamics of a natural mixed deciduous forest in western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10: 777–786. <https://doi.org/10.2307/3237302>.
- Marod, D., S. Sangkaew & W. Niemrat. 2003. Encroachment of native species into forest plantations. **Thai Journal of Forestry** 22: 1–15.
- McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. **PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0 for Windows. MjM Software Design**, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Ogawa, H. K., K. Yoda, K. Ogino, T. Shidei, D. Ratanawongse & C. Apasutaya. 1965. Comparative ecology study on three main types of forest vegetation in Thailand. I. structure and floristic composition. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 13–48.
- ONEP. 2021. **Thailand's Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy (LT-LEDS)**. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning.
- Pan, Y., R. A. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. E. Kauppi, W. A. Kurz, & D. Hayes. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science** 333(6045): 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>
- Phumphuang, W., D. Marod, S. Sungkaew & S. Thinkampaeng. 2018. Forest dynamics and tree distribution Patterns in dry evergreen forest, Northeastern, Thailand. **Environmental and Natural Resources Journal** 16(2): 58–67. [10.14456/enrj.2018.15](https://doi.org/10.14456/enrj.2018.15)
- Smitinand, T. 2014. **Thai plant names (Revised edition 2014)**. Office of The Forest Herbarium, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. (in Thai).
- Sodhi, N. S., B. W. Brook & C. J. A. Bradshaw. 2010. **Conserving Southeast Asian Forest Biodiversity in Human-Modified Landscapes**. Cambridge University Press.
- Thai Meteorological Department. (2020). **Thailand Climate Data 2020**. Thai Meteorological Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tsutsumi, M. 1983. Comparative toxicity of arsenite and arsenate to rice seedling under various levels of phosphate supply. **Soil Science and Plant Nutrition** 29(1): 63–69.