



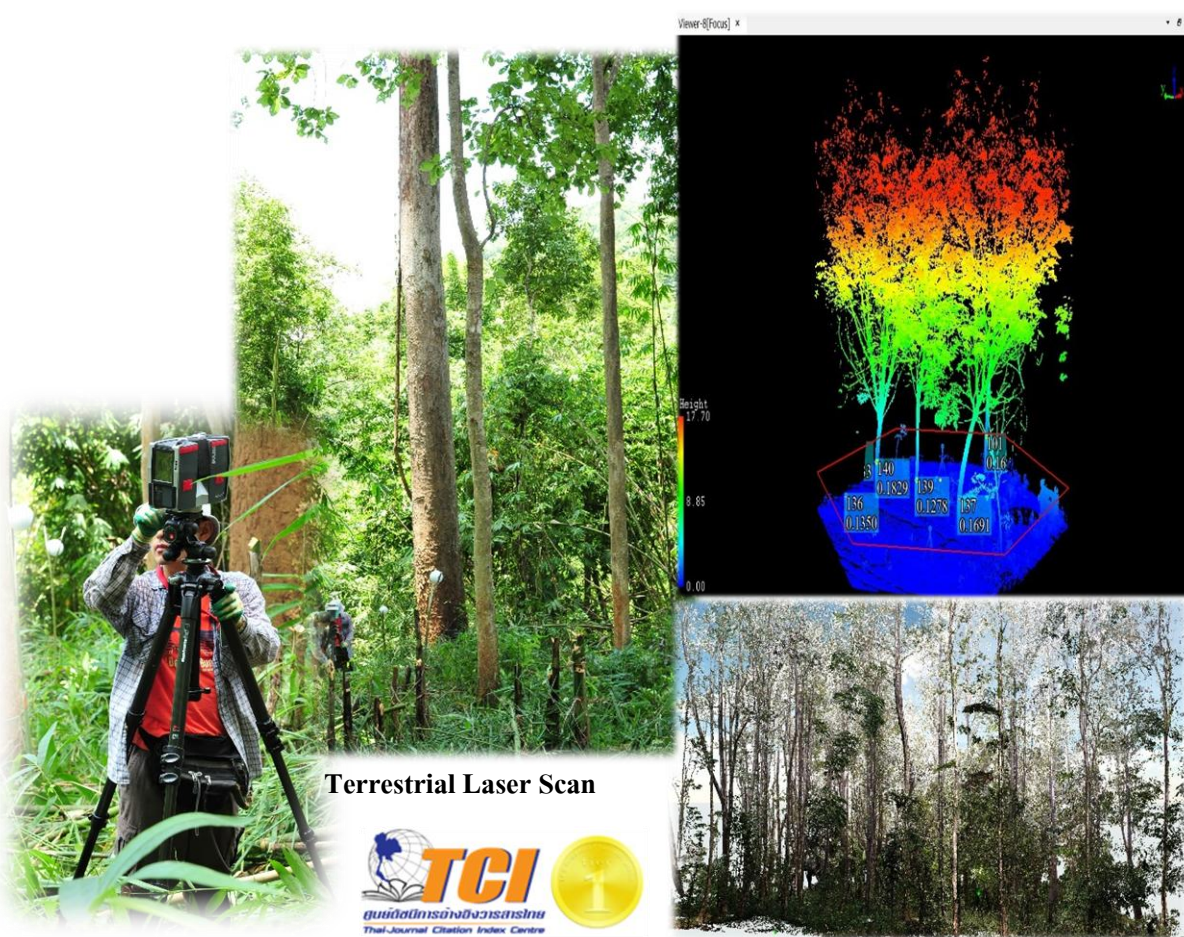
วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 9 ฉบับที่ 1: มกราคม – มิถุนายน 2568

Volume 9 Number 1: January – June 2025

ISSN 2586-9566 (Print) ISSN 2985-0789 (Online)



ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

เจ้าของ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ. ดร.คองกรีก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

รศ. ดร.ประทีป ด้วงแค

รศ. ดร.สราวุธ สังข์แก้ว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

รศ. ดร.นิสา เหล็กสูงเนิน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง

ดร.วรคลต์ แจ่มจำรูญ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ

รศ. ดร.ธรรมรัตน์ พุทธิไทย

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผศ. ดร.สาระ บำรุงศรี

ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพไพฑูรย์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ. ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน

ดร.ภาณุมาศ จันทร์สุวรรณ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

รศ. ดร.แหลมไทย อาษานอก

ผศ. ดร.สุธีระ เหมสีก

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผศ. ดร.ปณิดา กาจันะ

Dr. Masatoshi Katabuchi

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Chinese Academic of Science, China

Prof. Dr. Ichie Tomoaki

Kochi University, Japan

คณะผู้จัดทำ

นางสาวนัทธมน โพธิะราช นางสาวอารีรัตน์ ญาณวุฒิ และนายสถิตย์ ถิ่นกำแพง

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0 2579 0176 ต่อ 521 Homepage: <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

การใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในการประมาณปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้:

กรณีศึกษาสวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง 1

วัชรินทร์ สังข์สิงห์, ถัดดาวรรณ เจริญตระกูล, ชاکริต ณ ตะกั่วทุ่ง, จิรวัฒน์ ยิ่งดี และสิทธิชัย สงบุตร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลและรูปแบบการใช้ประโยชน์ป่าไม้ในชุมชน

รอบพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง 19

สุธีระ เหมฮัก, มัลลย์พร ตาเสน, ภาณุมาศ ลาตปาละ, คณิศร โชติวุฒาภกร และ วงศธร พุ่มพวง

อิทธิพลของการรบกวนต่อมวลชีวภาพเหนือดินป่าเต็งรัง

บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง 37

วงศธร พุ่มพวง, คณิศร โชติวุฒาภกร, พงศกร กุลพัฒน์ปรีชา, มัลลย์พร ตาเสน,

ภาณุมาศ ลาตปาละ, ชีรวัฒน์ ทะนันไชยสง, สุจิตต์ เรืองเรือ, ธนากร สิงห์เชื้อ และ สุธีระ เหมฮัก

การประเมินสภาพความรุนแรงของพืชต่างถิ่นรุกรานในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ

พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ 55

เครือฟ้า อุดคำเที่ยง, วีรพันธ์ ไชยมน, สุธีระ เหมฮัก และ ต่อลาก คำโย

โครงสร้างป่าและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน บริเวณเขาน้ำซับ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี 73

สถิตย์ ถิ่นกำแพง, ณพวงกร พันธุ์เนตร, ถาวร ก่อเกิด,

ฤทธิไกร สายคำมูล, ชัชพิมุข ยะธา, ชัชชัย สวัสดิ์มงคล และ วงศธร พุ่มพวง

ผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว

จากการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันในพื้นที่จังหวัดแพร่ 93

วลีรัตน์ มีชัย, ปิยพิศ ขอนแก่น, ชัยญรัตน์ เชื้อสะอาด, กันตพงศ์ เครือมา,

จิราพร ปักเขตนาง , ญาณิกา แหม่มฮ้อย และ ต่อลาก คำโย

การประเมินโครงสร้างภูมิทัศน์เพื่อติดตามความเป็นพื้นที่สีเขียว อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ 111

ปรัช กองสมบัติ, อุทัยวรรณ ผิวพรรณ, สุระ พัฒนเกียรติ, จุฑาทิพย์ ศรีสุวรรณ และ พัทธิดา กุลสุวรรณ

ลักษณะสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าธรรมชาติภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้วถางป่า

ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝักริณิถวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา 135

วสันต์ จันทร์แดง, สถิตย์ ถิ่นกำแพง, นรินทร์ จำวงษ์, เจษฎา วงศ์พรหม, ละอองดาว เถาว์พิมาย,

วราภรณ์ ลำไย, นรเศรษฐ์ เขียวศรี, นพพร จันเกิด, สันติพงษ์ ตู๊กลาง, ชีระ รักเจริญกิจ และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในการประมาณปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้:

กรณีศึกษาสวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง

วัชรินทร์ สังข์สิงห์¹, ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล^{1*}, ชاکริต ณ ตะกั่วทุ่ง¹,
จิรวัดน์ ยิ่งดี¹ และสิทธิชัย สงบุตร¹

รับต้นฉบับ: 17 มกราคม 2568

ฉบับแก้ไข: 26 มีนาคม 2568

รับลงพิมพ์: 29 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ไม้สัก (*Tectona grandis*) ถือเป็นหนึ่งในไม้เศรษฐกิจที่มีคุณค่ามากของประเทศไทย มีคุณสมบัติที่โดดเด่น ทั้งด้านความทนทาน เนื้อไม้สวยงาม และต้านทานต่อโรคและแมลง ไม้สักจึงเป็นที่นิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ความสามารถในการประเมินปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้อย่างแม่นยำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการจัดการป่าไม้และอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากช่วยให้สามารถคาดการณ์มูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างถูกต้องและลดการสูญเสียทรัพยากรที่เกิดจากการใช้วิธีการล้มไม้แบบดั้งเดิม ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดาวเทียมและโดรนมาใช้ในการเก็บข้อมูลทรัพยากรป่าไม้ซึ่งมีความถูกต้องสูง เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (Terrestrial Laser Scanner: TLS) ถือเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการทำแบบจำลองสามมิติในพื้นที่ขนาดเล็ก ให้ความละเอียดสูง และไม่ทำลายต้นไม้ให้เกิดความเสียหาย เพราะเก็บข้อมูลโดยไม่ต้องสัมผัสวัตถุ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน ในการสร้างแบบจำลองสามมิติต้นไม้เพื่อนำมาคำนวณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการล้มไม้แบบวิธีดั้งเดิมที่แม่นยำที่สุด นอกจากนี้ยังสร้างสมการและตารางเพื่อประเมินปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ สำหรับสนับสนุนการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนและการประเมินมูลค่าไม้สักในอุตสาหกรรม

วิธีการ: วางแปลงตัวอย่างเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ ขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 12 แปลง ในพื้นที่สวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง โดยแบ่งแปลงตัวอย่างเป็น 2 ช่วงอายุ คือ แปลงอายุ 18 ปี (แปลงปี 2549) และแปลงอายุ 39 ปี (แปลงปี 2528) ช่วงอายุละ 6 แปลง จากนั้นรวบรวมข้อมูลด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน รุ่น Faro Focus S150 เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของต้นไม้แต่ละต้นในแปลงตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ด้วยวิธี Stem Curve และ Quantitative Structure Models (QSM) ผ่านซอฟต์แวร์ 3D Forest เพื่อสร้างเป็นสมการและตารางประมาณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ของไม้สัก ทำการทดสอบความแม่นยำของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในการประมาณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ โดยโค่นล้มต้นไม้ตัวอย่างบางส่วนเพื่อนำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของไม้ และคำนวณปริมาตรไม้โดยใช้สูตร Huber's formula และนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบความแตกต่างระหว่าง

ปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ของไม้สักแต่ละวิธี (t-test) และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนด้วยรากที่สองของค่าเฉลี่ยข้อผิดพลาดกำลังสอง (RMSE)

ผลการศึกษา: พบว่าแบบจำลองสามมิติของไม้สักที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินคำนวณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้โดยวิธี Stem Curve และ QSM ในซอฟต์แวร์ 3D Forest มีความใกล้เคียงกับค่าปริมาตรที่ได้จากการล้อมไม้ อย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีค่าความคลาดเคลื่อนจากปริมาตรที่ได้จากการล้อมไม้อยู่ที่ 0.02 และ 0.03 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สมการประมาณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ของไม้สักที่สร้างขึ้น สามารถพัฒนาสมการที่เหมาะสมได้เป็น 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรกใช้ตัวแปรเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว สมการคือ $V = 0.0001DBH^{2.5478}$ ($R^2 = 0.966$) ส่วนรูปแบบที่สองใช้ตัวแปรสองตัวคือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เป็นสินค้าได้ สมการคือ $V = 0.0002DBH^{1.8795}H_M^{0.6235}$ ($R^2 = 0.988$) เมื่อทดสอบสมการด้วยข้อมูลไม้สักจากการล้อมไม้ พบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ของทั้งสองสมการอยู่ที่ 17.81% และ 11.01% ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องสูง เมื่อนำสมการที่เหมาะสมสร้างเป็นตารางปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ของสักช่วยให้สามารถประมาณปริมาตรไม้ได้ง่ายขึ้นซึ่งไม่จำเป็นต้องล้อมต้นไม้โดยใช้ตัวแปรสองค่าคือค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เป็นสินค้าได้ในช่วงต่าง ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียง

สรุป: การประมาณปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินสามารถใช้แทนวิธีการล้อมไม้เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองสามมิติของไม้สักที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน สามารถนำมาวิเคราะห์ปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ด้วยวิธี Stem Curve และ QSM ในซอฟต์แวร์ 3D Forest ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับค่าปริมาตรที่ได้จากการล้อมไม้ และมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการเก็บข้อมูลปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้อย่างแม่นยำโดยไม่ทำลายต้นไม้ มีส่วนช่วยสนับสนุนการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของไม้ได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับแสงและวัดระยะ, ปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้, เส้นโค้งแสดงความโตของลำต้นตามระดับความสูง, สวนป่าสัก

¹ ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6085>

ORIGINAL ARTICLE

Utilizing Terrestrial Laser Scanning for Estimating Commercial Teak Volume: A Case Study of Mae Chang Forest Plantation, Mae Mo District, Lampang Province

Watcharin Sangsing¹, Laddawan Rianthakool^{1*}, Chakrit Na Takuathung¹, Jirawat Yingdee¹, and Sitthichai Songbut¹

Received: 17 January 2025

Revised: 26 March 2025

Accepted: 29 March 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Teak (*Tectona grandis*) is one of Thailand's most valuable economic tree species, prized for its exceptional qualities such as durability, aesthetic appeal, and resistance to pests and diseases. Its popularity spans both domestic and international markets, making accurate estimation of merchantable teak volume essential for forest management and the timber industry. Precise volume estimation facilitates accurate economic valuation and minimizes resource losses associated with traditional destructive tree-felling methods. Recent advancements in technology, light detection and ranging or LiDAR, have provided opportunities to enhance the accuracy and efficiency of forest resource data collection. Among these tools, the Terrestrial Laser Scanner (TLS) stands out for its ability to generate high-resolution three-dimensional (3D) models of individual trees and forest stands in a non-destructive method. Unlike traditional methods, TLS enables data collection without damaging trees, offering a sustainable and efficient alternative for forestry applications. This study aimed to develop a methodology for utilizing TLS to construct 3D models of teak trees to estimate merchantable wood volume. The results were compared with the traditional felling method, which is considered the most accurate but destructive. In addition, the study attempts to establish predictive equations and volume tables for estimating merchantable teak volume. These outputs aimed to support sustainable forest management practices, reduce resource wastes, and facilitate the economic valuations of teak for the timber industry.

Methods: The study was conducted in the Mae Chang forest plantation, located in Mae Mo district, Lampang province, Thailand. The stratified random sampling was employed to establish 12 sample plots, each sizing 40 m × 40 m. The plots were divided into two age groups based on plantation year: 18 years old (planted in 2006) and 39 years old (planted in 1985), with six plots in each group. Data collection involved using a Faro Focus S150 TLS to scan individual trees in each plot. The TLS data were processed to create detailed 3D tree models for further analysis. Merchantable timber volume was calculated using two methods: the stem curve method and quantitative structure models (QSM), both implemented through the 3D forest software. The TLS-derived volume estimates

were validated by felling selected sample trees. The diameters and merchantable lengths of these felled trees were measured, and their volumes were calculated using Huber's formula. Statistical analysis was performed to compare TLS-derived volumes with traditional felling-based volumes using paired t-tests. The accuracy of TLS-derived estimates was evaluated using root mean square error (RMSE). Additionally, predictive equations for merchantable volume estimation were developed using regression analysis. Two types of equations were created: one using diameter at breast height (DBH) as the sole variable and the other incorporating both DBH and merchantable height (H_M). A volume table was constructed based on these equations, enabling non-destructive volume estimation for teak trees of varying DBH and H_M ranges.

Results: The 3D models generated using TLS provided merchantable volume estimates that closely aligned with volumes derived from felled trees. Statistical analysis revealed no significant differences between TLS-derived volumes and traditional felling-based volumes ($p > 0.05$). The RMSE values for TLS-derived estimates were 0.02 and 0.03 cubic meters when using the stem curve and QSM methods, respectively, indicating high accuracy. Two predictive equations for merchantable volume estimation were developed. The first equation utilized DBH as a single predictor variable and demonstrated a coefficient of determination (R^2) of 0.966. The second equation incorporated both DBH and H_M , achieving a higher R^2 value of 0.988. Validation of these equations using data from felled trees showed mean absolute percentage errors (MAPE) of 17.81% and 11.01%, respectively, confirming their suitability for practical applications. The most accurate equation was subsequently used to construct a merchantable volume table, which estimating based on DBH and H_M ranges without requiring tree felling. This table provides a practical tool for forest managers and timber industry stakeholders to assess teak volume efficiently and sustainably.

Conclusion: The results of this study demonstrate that TLS is a reliable and effective tool for non-destructive estimation of merchantable teak volume. The 3D models generated using TLS data enable precise volume estimation through methods such as stem curve and QSM, producing results that are statistically comparable to traditional destructive felling methods. The acceptable error margins and high accuracy of TLS-derived estimates highlight its potential as a sustainable alternative to conventional volume estimation techniques. By minimizing the need for destructive sampling, TLS-based methods contribute to sustainable forest management practices, preserving valuable tree resources while maintaining economic productivity. Furthermore, the development of predictive equations and merchantable volume tables offers practical solutions for forest managers and timber industry professionals, streamlining the assessment of merchantable volume and economic valuation. Overall, this study underscores the importance of integrating advanced technologies such as TLS into forestry practices. By

improving the accuracy and sustainability of resource assessments, these innovations can support long-term forest conservation and enhance the economic potential of Thailand's teak plantations.

Keywords: LiDAR, merchantable volume, stem curve, Teak plantation

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

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

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6085>

คำนำ (Introduction)

ไม้สัก (*Tectona grandis*) เป็นชนิดไม้ป่าเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเนื้อไม้มีคุณภาพดี สวยงาม ทนทานต่อโรคและแมลง จึงนิยมนำมาปลูกสร้างเป็นสวนป่าไม้สัก โดยการปลูกสวนป่าสักในประเทศไทย ส่วนมากดำเนินการโดยหน่วยงานภาครัฐ คือ กรมป่าไม้ และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกทดแทนพื้นที่ป่าสัมปทานและฟื้นฟูสภาพป่าที่ถูกทำลาย นอกจากนี้องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ยังมีวัตถุประสงค์ของการปลูกสร้างสวนป่าสักเพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบไม้ในภาคอุตสาหกรรมและเพื่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (Royal Forest Department, 2013) ซึ่งในปัจจุบันไม้สักมีผู้สนใจนำไปปลูกกันมากในทุกภูมิภาคของประเทศ โดยก่อนการทำไม้จะมีการประเมินปริมาตรไม้ที่จะทำเป็นสินค้า เพื่อคำนวณมูลค่าไม้ที่จะทำการขาย การประเมินปริมาตรไม้ในส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ จึงมีความสำคัญต่อเจ้าของสวนป่า เพราะจะทำให้สามารถประมาณผลตอบแทนทางการเงินได้อย่างถูกต้องและค่อนข้างแม่นยำ โดยการประเมินปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ในปัจจุบันยังใช้วิธีการตัดล้มต้นไม้เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ที่ถูกต้องที่สุดหรือสร้างเป็นสมการในการประเมินปริมาตรไม้ (Buranachan, 2022; Himmapan, 2024) ซึ่งวิธีดังกล่าวจำเป็นต้องตัดล้มต้นไม้นี้ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ส่งผลให้ต้นไม้ที่ตัดล้มแล้วนั้น มีราคาในการซื้อขายลดลงหรือไม่สามารถทำการ

ซื้อขายได้ การประเมินปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้โดยไม่ต้องทำการตัดล้มต้นไม้นั้น จึงเป็นแนวทางที่มีประโยชน์สำหรับเจ้าของสวนป่า

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีตรวจจับแสงและวัดระยะหรือไลดาร์ (Light Detection and Ranging: LiDAR) มาใช้ในการรวบรวมข้อมูลทรัพยากรป่าไม้ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ระบบนี้ก็คือเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (Terrestrial Laser Scanner: TLS) เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการทำแบบจำลองสามมิติในพื้นที่ขนาดเล็ก ให้ความละเอียดสูง และไม่ทำลายต้นไม้มาก่อนให้เกิดความเสียหาย เป็นการเก็บข้อมูลโดยไม่สัมผัสวัตถุ (Hackenberg *et al.*, 2015; Bormand *et al.*, 2022) เหมาะสมสำหรับใช้สร้างแบบจำลองของต้นไม้ (Rianthakool *et al.*, 2024) ซึ่งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินสามารถรวบรวมข้อมูลที่มีความละเอียดสูงเพื่ออธิบายลักษณะโครงสร้างของต้นไม้ในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับกิ่งก้านไปจนถึงระดับเรือนยอด (Liang *et al.*, 2016) เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินถูกนำมาใช้ในการรวบรวมคุณสมบัติพื้นฐานของต้นไม้ที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูง เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height: DBH) ความสูงของต้นไม้ (Krooks *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2018) ทั้งนี้ยังสามารถนำแบบจำลองต้นไม้สามมิติมาใช้สำหรับการประมาณค่าปริมาตรไม้หรือมวลชีวภาพได้อีกด้วย (An & Froese, 2022) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เครื่อง

สแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินมาใช้ในการประมาณปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้เพื่อทดสอบความถูกต้องในการประมาณค่าและสร้างสมการประมาณปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในพื้นที่สวนป่าแม่จาง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จังหวัดลำปาง เนื่องจากเป็นสวนป่าที่มีแปลงปลูกไม้สักที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบและยั่งยืนตามนโยบายขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (Forest Industry Organization, 2021)

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. อุปกรณ์ (Materials)

1. เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน Faro Focus รุ่น S150 มีคุณสมบัติดังแสดงใน Table 1

Table 1 Faro S150 specifications

Specifications	Faro S150
Laser class	Laser class 1
Range	0.6-150 m
Range finder	Phase shift measurement
Field of view	360° × 300°
Range accuracy	±1 mm
3D Position accuracy	2 mm @10m
Scanning speed	976 KPts/s
Beam divergence	0.3 mrad
Weight	4.2 kg

2. เป้าอ้างอิงแบบทรงกลม (Spheres) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร และเทปวัดขนาดความโต

3. เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมซอฟต์แวร์ Faro Scene 6 และ 3D Forest

2. พื้นที่ศึกษา (Study area)

ทำการศึกษาในพื้นที่สวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขา สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 300 - 425 เมตร มีความลาดชันพื้นที่ 15 - 30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 90.8 มิลลิเมตรต่อปี และมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและต่ำสุด 33.20 และ 23.70 °C ตามลำดับ

3. การเก็บข้อมูล (Data collection)

1. วางแปลงตัวอย่างสำหรับเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยใช้ชั้นอายุของไม้สักเป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ การสำรวจใช้แปลงตัวอย่างรูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 12 แปลง โดยแบ่งแปลงตัวอย่างออกเป็น 2 ชั้นอายุ ได้แก่ แปลงที่มีอายุ 18 ปี จำนวน 6 แปลง และแปลงที่มีอายุ 39 ปี จำนวน 6 แปลง เพื่อให้ครอบคลุมทุกขนาดความโตของไม้สัก

2. รวบรวมข้อมูลภาคสนามด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน ดังนี้

2.1 สำรวจพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อออกแบบและกำหนดตำแหน่งตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินพร้อมกับตำแหน่งการวางเป้าอ้างอิง (Reference targets) พิจารณาจากปัจจัยพื้นฐาน คือ

สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ ปริมาณแสง รายละเอียด
และตำแหน่งของต้นไม้ที่ต้องการโนแปลง
ตัวอย่าง โดยให้มีจุดตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์

ภาคพื้นดินน้อยที่สุดและสามารถเก็บต้นไม้ใน
แปลงตัวอย่างได้ครบทุกต้น (Figure 2)

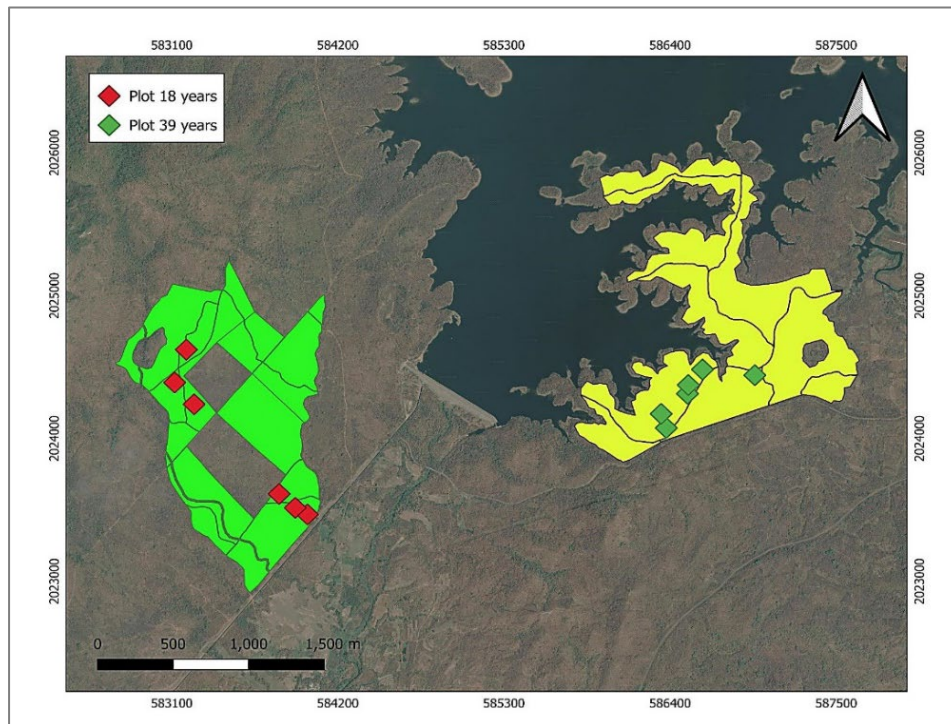


Figure 1 Study site at Mae Chang forest plantation, Mae Mo district, Lampang province.

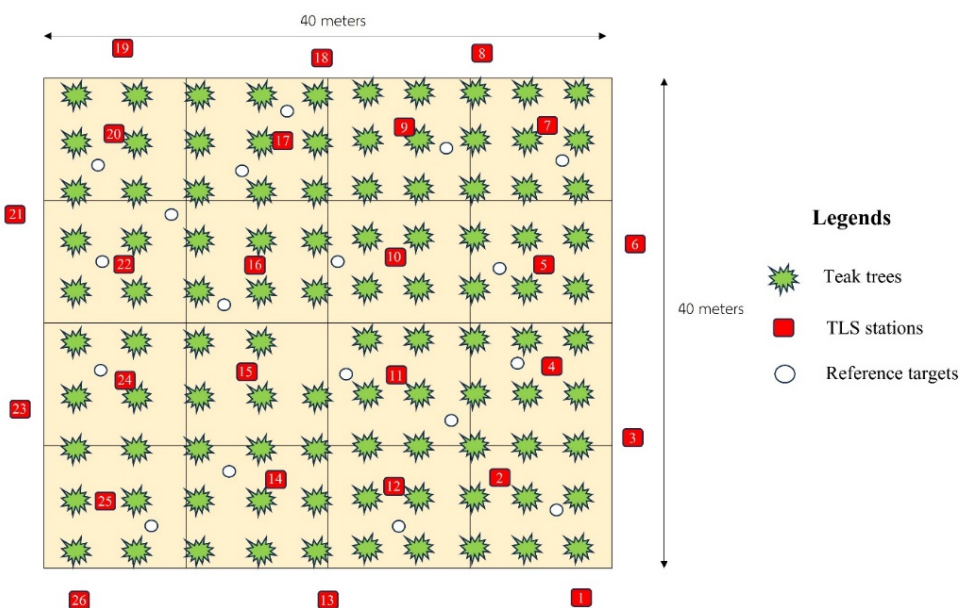


Figure 2 Data collection plan

2.2 เก็บข้อมูลด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน โดยตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินและเป้าอ้างอิงทรงกลมตามที่วางแผนไว้ด้วยวิธีการสแกนแบบวงรอบเปิด (Open traverse strategies) (FARO Technologies Inc, 2019) มีการตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินจำนวน 26 ครั้งต่อแปลงตัวอย่าง โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน ดังนี้ ค่าความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 1/4 ค่าคุณภาพ (Quality) เท่ากับ 3x และเปิดการสแกนภาพสี (Scan with color: open) ตั้งค่าการรับแสงเป็นแบบ Horizon weighted metering และเปิดใช้งานโหมดการสแกนแบบรวดเร็ว (Speed mode: open) ใช้เวลาเฉลี่ย 6 นาทีต่อการตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน 1 ครั้ง จะได้ข้อมูลจุดพิกัดสามมิติ (Point cloud) ที่มีความละเอียด 6.1 มิลลิเมตร

ที่ระยะ 10 เมตร จากตำแหน่งตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

2.3 เก็บข้อมูลด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินจนครบทั้ง 12 แปลงตัวอย่าง

3. รวบรวมข้อมูลต้นไม้ตัวอย่างสำหรับทดสอบความถูกต้อง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ในแปลงตัวอย่างที่มีขนาดตั้งแต่ 10 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นขนาดต่ำสุดที่มีการซื้อขายในปัจจุบัน (Forest Industry Organizations, 2019) จากนั้นแบ่งอันตรายภาคชั้นต้นสักในแปลงตัวอย่างเป็น 5 ชั้น กระจายตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และสุ่มเลือกต้นสักในแต่ละชั้น จำนวนชั้นละ 6 ต้น (รวม 30 ต้น) เพื่อใช้ในการสร้างสมการประมาณปริมาตรไม้ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (Table 2)

Table 2 Number of trees and sample trees used for equation construction in each diameter class.

No.	Diameter (cm)	Number of trees		Sample trees for constructing merchantable volume equations
		Stand 1985	Stand 2006	
1	10.010 - 14.428	77	138	6
2	14.428 - 18.846	101	95	6
3	18.846 - 23.264	70	62	6
4	23.264 - 27.682	20	14	6
5	27.682 - 32.100	10	2	6
Total		278	311	30

จากนั้นสุ่มล้มต้นสักนอกเหนือจากต้นที่ใช้ในการสร้างสมการภายในแปลงตัวอย่าง เพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องการประมาณปริมาตรไม้ด้วยเครื่อง

สแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน จำนวน 24 ต้น โดยตัดโค่นต้นสักตัวอย่างให้ใกล้เคียงระดับขีดดินมากที่สุด และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นที่ระดับขีดดิน

และทุก ๆ 2 เมตรจนถึงปลายท่อนที่มีความโตเท่ากับ 10 เซนติเมตร คำนวณเป็นปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ (Merchantable volume) โดยใช้สูตรคำนวณปริมาตรไม้ท่อนของ Huber's formula (Husch *et al.*, 1982) ดังสมการที่ 1

$$V = B_{1/2} \times L \quad (1)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรไม้ (ลูกบาศก์เมตร)

$B_{1/2}$ คือ พื้นที่หน้าตัด ณ จุดกึ่งกลางของไม้ท่อน (ตารางเมตร)

L คือ ความยาวของไม้ท่อน (เมตร)

4. การประมวลผลข้อมูล (Data processing)

1. ประมวลผลข้อมูลจุดพิกัดสามมิติด้วยซอฟต์แวร์ Faro Scene ที่ได้จากการตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในแต่ละครั้งรวบรวมให้เป็นจุดข้อมูลพิกัดสามมิติเชิงเดี่ยว (Single point cloud) โดยใช้เป้าหมายในการจับคู่ข้อมูลจุดพิกัดสามมิติ (Registration) และสร้างออกมาเป็นแบบจำลองพื้นที่แปลงตัวอย่าง จากนั้นกำหนดขอบเขตข้อมูลของไม้สักแต่ละต้น บันทึกข้อมูลแบบจำลองของไม้สักเป็นรายต้น จากนั้นทำการส่งออกข้อมูลไปประมวลผลต่อในซอฟต์แวร์ 3D Forest โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลแสดงดัง Figure 3

2. ประมวลผลแบบจำลองไม้สักรายต้นด้วยซอฟต์แวร์ 3D Forest เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงที่เป็นสินค้าได้ และหาปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้คำสั่ง Stem

curve และ QSM (Quantitative structure models) โดยวิธี Stem curve จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นในระดับความสูงต่าง ๆ (Figure 4A) (Trochta *et al.*, 2017) กำหนดจำนวนการคำนวณซ้ำในการประเมินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบ Randomized Hough Transformation (RHT) จำนวน 200 ครั้ง และกำหนดความสูงในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทุก ๆ 2 เมตร จากนั้นนำค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนไม้แต่ละท่อนมาคำนวณด้วยสูตรปริมาตรไม้ท่อน Huber's formula และรวมปริมาตรของทุกท่อนเข้าด้วยกัน โดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดที่ 10 เซนติเมตร จะได้เป็นปริมาตรไม้ส่วนที่ทำเป็นสินค้าได้ ส่วนวิธี QSM จะสร้างแบบจำลองต้นไม้ในรูปของทรงกระบอก (Cylindrical model) (Figure 4B) (Petrov *et al.*, 2020) โดยกำหนดจำนวนรอบการประมวลผลสำหรับการประเมินทรงกระบอก 150 ครั้ง กำหนดขนาดของทรงกระบอกสูง เท่ากับ 20 เซนติเมตร และกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุดที่จะสร้างทรงกระบอก เท่ากับ 10 เซนติเมตร

5. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1. ทดสอบความถูกต้องของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน ในการประมาณปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติในการทดสอบความแตกต่างของปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้แต่ละวิธี (t-test)

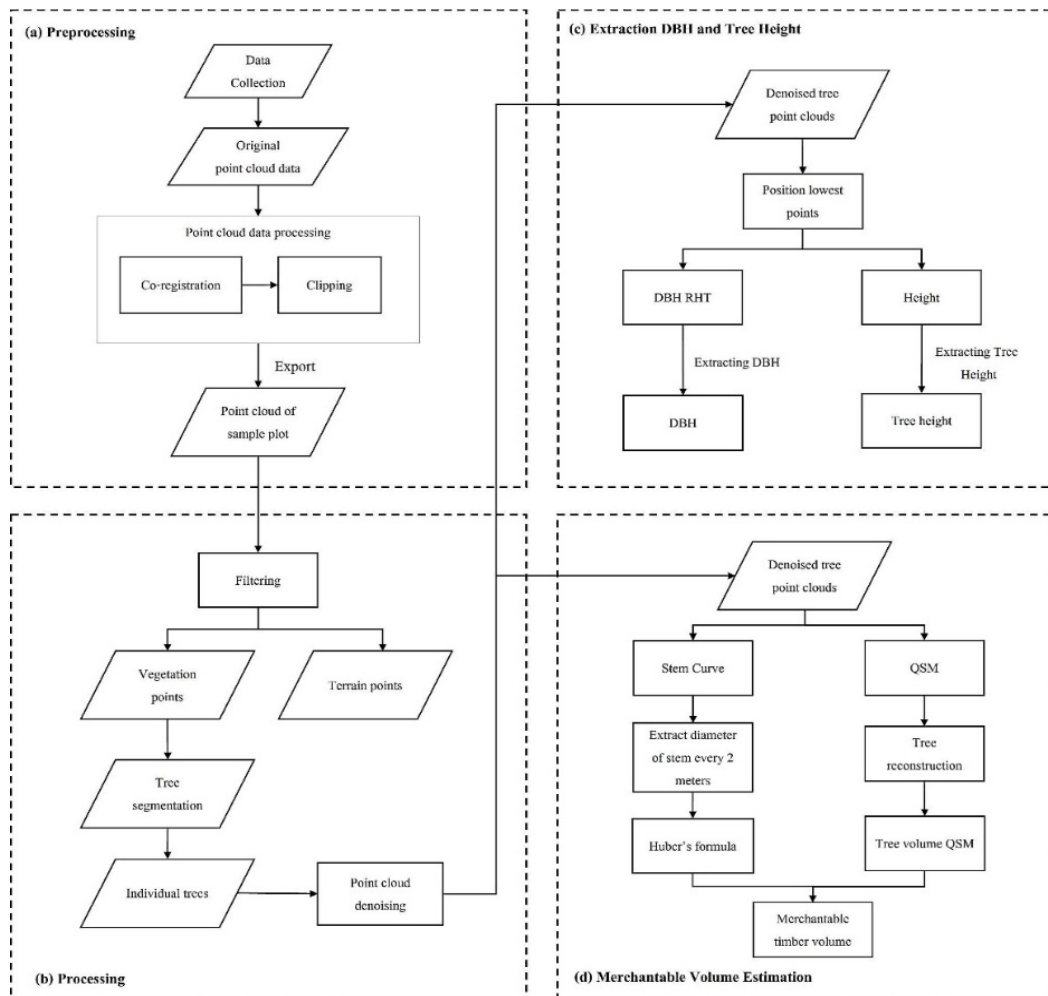


Figure 3 Flowchart detailing the methods in data processing. (a) Preprocessing (b) Processing (c) Extraction DBH and tree height (d) Merchantable volume estimation.

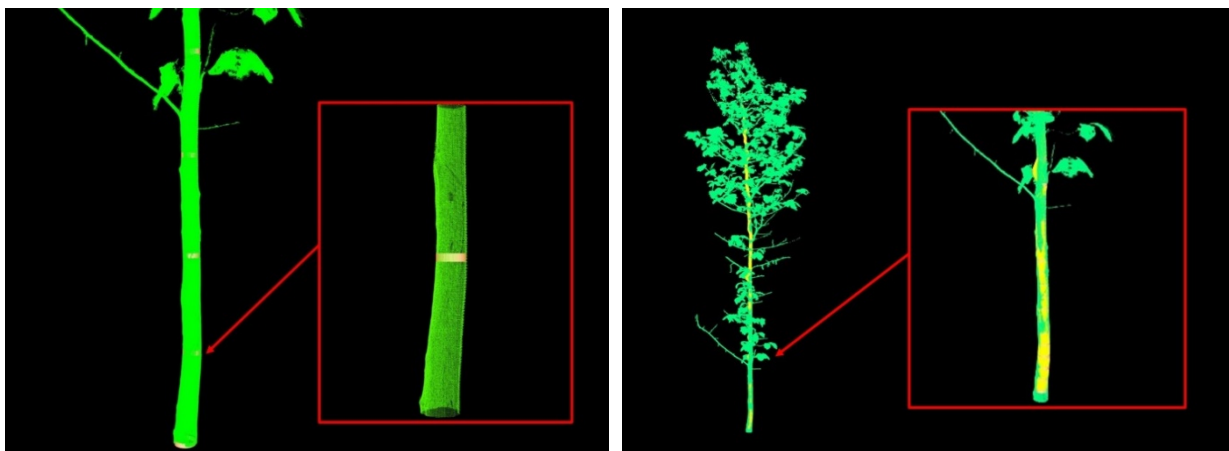


Figure 4 Processing individual teak tree models: (A) Stem Curve method and (B) QSM method

และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนด้วย Root mean square error (RMSE) โดยใช้ข้อมูลปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ของต้นสักที่ทำการล้มไม้จำนวน 24 ต้นในการเปรียบเทียบกับการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ด้วยวิธี Stem curve และวิธี QSM

2. สร้างสมการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เป็นสินค้าได้ กับปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ โดยใช้แบบจำลองสามมิติของต้นสักในแปลงตัวอย่างที่สร้างด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินนอกเหนือจากต้นที่ทำการล้มไม้ จำนวน 30 ต้น มาสร้างสมการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้

3. ทดสอบสมการที่สร้างขึ้น เมื่อได้สมการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จากนั้นนำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงที่เป็นสินค้าได้ของไม้สักที่ทำการล้มไม้มาแทนค่าในสมการที่เลือกมาเพื่อหาปริมาณไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า MAPE (Mean absolute percentage error) เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จากสมการที่สร้างขึ้น โดยใช้ปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จากการวัดด้วยวิธีการล้มไม้มาใช้ในการทดสอบ โดยค่า MAPE ของสมการสามารถหาได้จากสมการที่ 2 (Lewis, 1982)

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{Y_t - y_t}{Y_t} \right| \times 100}{n} \quad (2)$$

เมื่อ Y_t คือ ค่าปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จากการล้มไม้

y_t คือ ค่าปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จากสมการที่สร้างขึ้นด้วย TLS

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. สร้างตารางปริมาณไม้ โดยนำสมการที่มีความถูกต้องสูงที่สุดมาสร้างตารางปริมาณไม้ในรูปแบบ Standard volume table โดยใช้ความสัมพันธ์ 2 ตัวแปร ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เป็นสินค้าได้

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. การทดสอบความถูกต้องของเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้

จากการประมาณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ทั้ง 3 แบบ คือ 1) การล้มไม้และวัดด้วยเทปวัดความโตคำนวณปริมาณไม้ด้วย Huber's formula ($V_{reference}$) 2) วิธี Stem Curve ($V_{Stem Curve}$) และ 3) วิธี QSM (V_{QSM}) ทดสอบความแตกต่างของปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ด้วย t-test และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนด้วย Root Mean Square Error พบว่าปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จากการประมาณด้วยวิธี Stem Curve และ QSM มีค่าไม่แตกต่างจากการประมาณปริมาณไม้ด้วยวิธีการล้มไม้ ($p > 0.05$) แสดงดัง Table 3

Table 3 Results of t-test comparing different merchantable volume measured; the significance level $\alpha=0.05$.

	Mean	Variance	N	df	t	P
Merchantable volume between reference volume and volume estimated via the Stem Curve method						
$V_{\text{reference}}$	0.2976	0.0419	24	23	1.5740	0.1291
$V_{\text{Stem Curve}}$	0.2915	0.0383	24	23		
Merchantable volume between reference volume and volume estimated via the QSM method						
$V_{\text{reference}}$	0.2976	0.0419	24	23	1.8364	0.0793
V_{QSM}	0.2868	0.0384	24	23		

โดยวิธี Stem curve และ QSM มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.02 และ 0.03 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ (Figure 5) สอดคล้องกับการศึกษาของ Panagiotidis and Abdollahnejad (2021) ในการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการ

ประมาณปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้โดยใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินด้วยวิธี RANSAC (Random sample consensus) และปริมาตรไม้อ้างอิง ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนตั้งแต่ 0.02 – 0.03 ลูกบาศก์เมตร

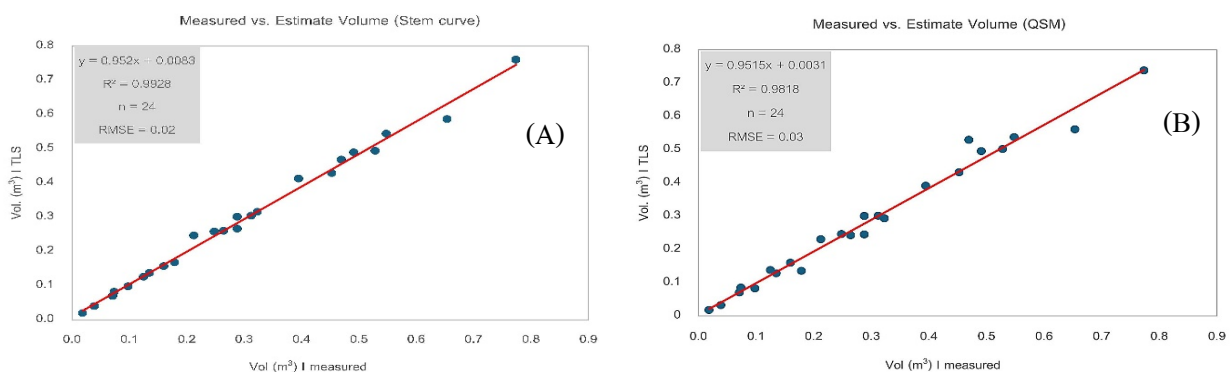


Figure 5 Comparison of merchantable volume for each method: reference volume and the stem curve method (A); reference volume and the QSM method (B).

2. การสร้างสมการประมาณปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน
จากการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ และปริมาตรไม้สักที่ทำเป็น

สินค้าได้ สามารถสร้างสมการประมาณปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้จำนวน 6 สมการ (Table 3) แสดงในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ดัง Figure 6 ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) และความคลาด

เคลื่อนในการประมาณ (SE) ของแต่ละสมการ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

รูปแบบที่หนึ่ง สมการปริมาตรไม้มาตรฐาน (Standard volume table) เป็นสมการที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าหนึ่งตัวแปร สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมากที่สุด คือ สมการที่ 5 $V = 0.0002DBH^{1.8795}H_M^{0.6235}$ มี R^2 เท่ากับ 0.988 หมายความว่า ปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้นั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และ

ความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ร้อยละ 98.8 และอีกร้อยละ 1.2 จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ และมีค่า SE เท่ากับ 0.086 ซึ่งมากที่สุด สมการนี้จึงมีความถูกต้องที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Buranachan (2022) ในการสร้างสมการประมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้โดยมีตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้มากกว่าหนึ่งตัวแปร คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.904

Table 3 Merchantable volume equations for estimating the volume of teak trees in the Mae Chang forest plantation

No.	Equation	F	SE	R^2
1	$V = -0.0366 + 0.0007DBH^2$	632.6	0.035	0.958
2	$V = 0.0001DBH^{2.5478}$	789.5	0.141	0.966
3	$V = -0.1777 + 0.0143DBH + 0.0003DBH^2$	335.7	0.034	0.961
4	$V = 0.0559 + 0.00004DBH^2H_M$	462.6	0.041	0.943
5	$V = 0.0002DBH^{1.8795}H_M^{0.6235}$	1085.3	0.086	0.988
6	$V = -0.0873 + 0.0005DBH^2 + 0.0097H_M + 0.000002DBH^2H_M$	365.3	0.027	0.977

Remarks: V = merchantable volume, in cubic meters. H_M = merchantable height, in meters.

DBH = diameter at 130 centimeters above the ground level, in centimeters.

รูปแบบที่สอง คือ ปริมาตรไม้ท้องถิ่น (Local volume table) เป็นสมการประมาณปริมาตรไม้ที่จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงตัวแปรเดียว โดยสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมากที่สุด คือ สมการที่ 2 $V = 0.0001DBH^{2.5478}$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.966 หมายความว่า ปริมาตรไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกร้อยละ 96.6 และอีกร้อยละ 3.4 จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ และมีค่า SE เท่ากับ 0.141 สมการนี้จึงมีความ

ถูกต้องที่สุด อีกทั้งสมการนี้จะสะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้สองสมการข้างต้นจะมีความต่างกันในส่วนของตัวแปรในการรวบรวมข้อมูล ในสมการที่ 5 จะต้องเก็บข้อมูลทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ แต่ในส่วนของสมการที่ 2 จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพียงอย่างเดียว ซึ่งสะดวกในการเก็บข้อมูลมากกว่า แต่มีโอกาสที่จะประมาณปริมาตรไม้คลาดเคลื่อนสูงกว่าเช่นเดียวกัน

ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ด้วยว่าจะเลือกใช้สมการใดเพื่อนำไปประมาณปริมาณไม้

3. การทดสอบสมการที่สร้างขึ้น

เมื่อนำสมการที่ 2 และ 5 มาทดสอบค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์

(MAPE) พบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ทั้งสองสมการมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 17.81 และ 11.01 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับการพยากรณ์มีความถูกต้องสูง (MAPE < 10-20%) (Lewis, 1982)

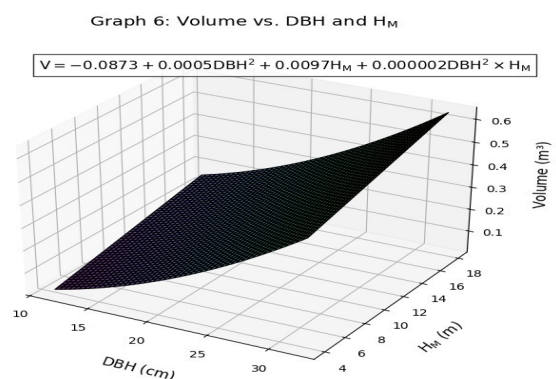
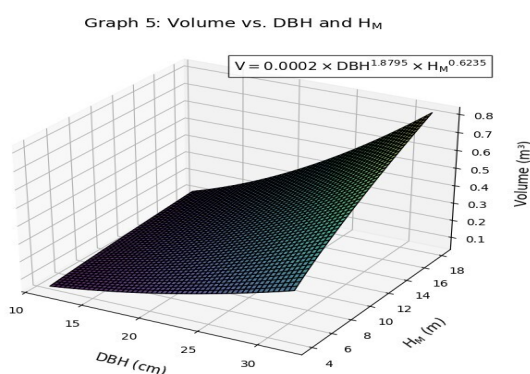
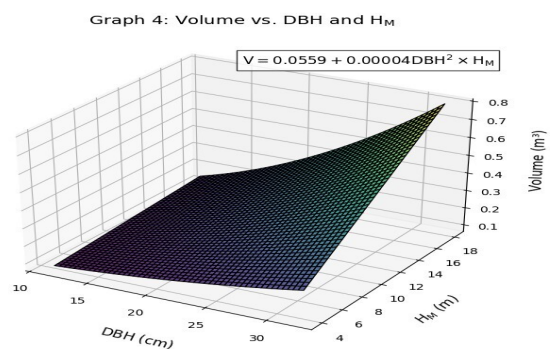
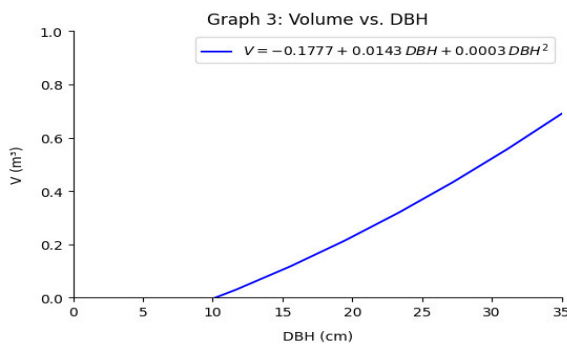
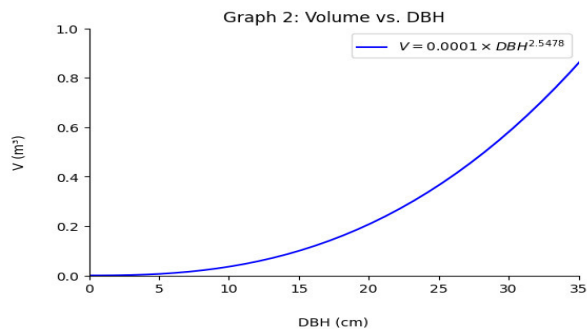
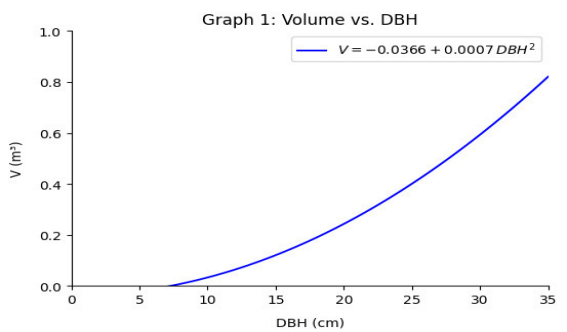


Figure 6 Relationship between DBH, merchantable height and merchantable volume from equations 1- 6

4. ตารางปริมาณไม้ที่เป็นสินค้าได้ของไม้สัก

ผลการคำนวณปริมาณไม้สักที่ทำเป็นสินค้าได้ในพื้นที่สวนป่าแม่จาง ตามรูปแบบ

สมการที่ 5 โดยจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้แสดงดัง Table 4

Table 4 Merchantable volume table of *Tectona grandis* at Mae Chang forest plantation, Mae Mo district, Lampang province (in cubic meters).

DBH (cm)	Merchantable Height (m)								
	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18
8-10	0.023	0.036	0.046	0.055	0.064	0.071	0.079	0.085	0.092
10-12	0.033	0.051	0.065	0.078	0.090	0.101	0.111	0.120	0.129
12-14	0.044	0.068	0.087	0.104	0.120	0.134	0.148	0.161	0.173
14-16	0.056	0.087	0.112	0.134	0.154	0.173	0.190	0.207	0.222
16-18	0.070	0.109	0.140	0.167	0.192	0.215	0.237	0.258	0.277
18-20	0.086	0.132	0.170	0.204	0.234	0.263	0.289	0.314	0.338
20-22	0.103	0.158	0.204	0.244	0.280	0.314	0.346	0.376	0.404
22-24	0.121	0.186	0.240	0.287	0.330	0.370	0.407	0.442	0.476
24-26	0.141	0.217	0.279	0.334	0.384	0.430	0.473	0.514	0.554
26-28	0.162	0.249	0.321	0.384	0.441	0.494	0.544	0.591	0.636
28-30	0.184	0.284	0.365	0.437	0.502	0.563	0.619	0.673	0.724
30-32	0.208	0.320	0.412	0.493	0.567	0.635	0.699	0.760	0.818

จาก Table 4 สามารถใช้ประมาณปริมาตรไม้ได้โดยไม่ต้องโค่นต้นไม้ โดยเริ่มจากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เป็นสินค้าได้ของต้นไม้เทียบให้ตรงแถวและคอลัมน์ในตารางจากนั้นจึงอ่านค่าปริมาตร โดยตารางดังกล่าวกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกขั้นต่ำที่ 10 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นขนาดเริ่มต้นที่มีการซื้อขายกัน นอกจากนี้ในการใช้ตารางประมาณปริมาตรไม้ที่สร้างขึ้นควรหลีกเลี่ยงการนำไปประมาณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ของไม้สักนอกพื้นที่ศึกษาหรือมีลักษณะพื้นที่แตกต่างจากพื้นที่ศึกษามาก เพราะอาจทำให้ปริมาตรที่ประมาณได้คลาดเคลื่อน จากการศึกษาของ Himmapan (2024) ในการสร้างตาราง

ปริมาตรส่วนที่เป็นสินค้าได้ของไม้สัก โดยเก็บข้อมูลไม้สักอายุระหว่าง 9-44 ปีจากสวนป่าทั่วประเทศไทย จำนวนตัวอย่าง 196 ต้น ทำการลัมไม้และคำนวณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้โดยใช้สมการ Smalian's formula สร้างเป็นสมการและตารางประมาณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ของไม้สัก เมื่อเปรียบเทียบกับตารางปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ที่สร้างโดยใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน พบว่าค่าประมาณปริมาตรไม้มีแนวโน้มลักษณะเดียวกัน คือ เมื่อต้นไม้มีขนาดเล็กถึงขนาดกลางค่าประมาณจะใกล้เคียงกับค่าปริมาตรอ้างอิง (ค่าที่ได้จากการลัมไม้) และเมื่อต้นไม้มีขนาดใหญ่ ความแตกต่างระหว่างค่าประมาณกับปริมาตรอ้างอิงจะเพิ่มมากขึ้น

สรุป (Conclusion)

การประมาณปริมาตรไม้สักทำเป็นสินค้าได้ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินสามารถใช้แทนวิธีการล้มไม้เพื่อคำนวณปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองสามมิติของไม้สักที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินสามารถนำมาวิเคราะห์ปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้ด้วยวิธี Stem curve และ QSM ในซอฟต์แวร์ 3D Forest ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับค่าปริมาตรที่ได้จากการล้มไม้ ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการเก็บข้อมูลปริมาตรไม้ที่เป็นสินค้าได้อย่างแม่นยำโดยไม่ทำลายต้นไม้ นอกจากนี้ยังช่วยสนับสนุนการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของไม้ได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักภายใต้การสนับสนุนงบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณสวนป่าแม่จาง องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตลำปาง

ที่อนุญาตให้คณะผู้วิจัยเข้าไปศึกษาวิจัยในพื้นที่ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง (References)

- An, Z. & R. E. Froese. 2022. Tree stem volume estimation from terrestrial LiDAR point cloud by unwrapping. **Canadian Journal of Forest Research** 53(2): 60-70. doi:10.1139/cjfr-2022-0153\
- Bornand, A., N. Rehush, F. Morsdorf, E. Thuring & M. Abegg. 2023. Individual tree volume estimation with terrestrial laser scanning: Evaluating reconstructive and allometric approaches. **Agricultural and Forest Meteorology** 341: 109654. DOI:10.1016/j.agrformet.2023.109654
- Buranachan, A. 2022. **Yield assessment of trees to support business collateral: a case study of teak in Kroeng Krawia Forest Plantation, Kanchanaburi Province.** pp. 596- 603. In Proceedings of 60th Kasetsart University Annual Conference. Prachacheun Research Network, Pathum Thani. (in Thai)
- FARO Technologies Inc. 2019. **SCENE 2019 FARO Focus Laser Scanners Training Workbook.** USA: Technology Park Lake Mary.
- Forest Industry Organizations. 2017. **Table of determined teak wood prices from forest plantations by the Forest Industry Organization (FIO) .** Available source: http://www.fio.co.th/fiopage/doc/price_of_teak_03.pdf, (Accessed: September 17, 2024) . (in Thai)

Forest Industry Organizations. 2019. **Mae Jang forest plantation management summary.**

Available source:
<http://www.northfio.com/web/information/Maejang64.pdf>, (Accessed: March 16, 2025).
(in Thai)

Hackenberg, J., M. Wassenberg, H. Spiecker & D. Sun. 2015. Non-Destructive Method for Biomass Prediction Combining TLS Derived Tree Volume and Wood Density. **Forests** 6: 1274-1300. DOI:10.3390/f6041274

Himmapan, W. 2024. **Table of total stem volume and merchantable volume of teak trees.** Available source:
<https://online.anyflip.com/unoq/qzgw/mobile/index.html>. (Accessed: December 2, 2024)
(in Thai)

Husch, B., C. Miller & T. Beers. 1982. **Forest mensuration.** 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.

Krooks, A., S. Kaasalainen, V. Kankare, M. Joensuu, P. Raumonen & M. Kaasalainen. 2014. Predicting tree structure from tree height using terrestrial laser scanning and quantitative structure models. **Silva Fennica** 48: 1-11. DOI:10.14214/sf.1125

Lewis, C. 1982. **Industrial and business forecasting methods.** Butterworth Scientific, London, UK.

Liang, X., V. Kankare, J. Hyypä, Y. Wang, A. Kukko, H. Haggrén & M. Vastaranta. 2016. Terrestrial laser scanning in forest inventories. **ISPRS**

Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 115: 63-77.

Liu, G., J. Wang, P. Dong, Y. Chen & Z. Liu. 2018. Estimating individual tree height and diameter at breast height (DBH) from terrestrial laser scanning (TLS) Data at Plot Level. **Forests** 9: 398. DOI:10.3390/f9070398

Panagiotidis, D. & A. Abdollahnejad. 2021. Reliable estimates of merchantable timber volume from terrestrial laser scanning. **Remote Sensing** 13(18): 3610. DOI: 10.3390/rs13183610

Petrov, M. K., J. Trochta & K. Kral. 2020. **3D Forest user guide.** The Silva Tarouca Research Institute, Pub. Res. Inst., Department of Forest Ecology.

Rianthakool, L., J. Yingdee, T. Chumsangsri, C. N. Takuathung, P. Diloksumpun, T. Lakkanasri, C. Tosophon & N. Intim. 2024. The Study of 3D Modelling of *Peltophorum pterocarpum* with terrestrial laser scanner. **Thai Science and Technology Journal** 32: 79-91. (in Thai)

Royal Forest Department. 2013. **Thai teak knowledge.** Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (In Thai)

Trochta, J., M. Krucek, T. Vrska & K. Kral. 2017. 3D Forest: An application for descriptions of three-dimensional forest structures using terrestrial LiDAR. **PLoS One** 12 (5) : e0176871.

DOI:10.1371/journal.pone.0176871

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลและรูปแบบการใช้ประโยชน์ป่าไม้ในชุมชน
รอบพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปางสุธีระ เหมฮัก¹, มัลลย์พร ตาแสน^{2*}, ภาณุมาศ ลาตปาละ², คณิศร โชติวุฒาภรณ์² และวงศธร พุ่มพวง³

รับต้นฉบับ: 17 กุมภาพันธ์ 2568

ฉบับแก้ไข: 29 มีนาคม 2568

รับลงพิมพ์: 15 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การสร้างระเบียบการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่านั้น ควรทราบข้อมูลพื้นฐานการใช้ประโยชน์ของชุมชนโดยรอบและการรับรู้ถึงกฎหมายพื้นฐานก่อน จึงสามารถสร้างระเบียบปฏิบัติให้สอดคล้องและใช้ประโยชน์นโยบายนั้นได้ครอบคลุมที่สุด การศึกษารั้วนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบริบทของชุมชนต่อการรับรู้และเข้าใจในกฎหมายพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์จากป่าในพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง เพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พื้นที่บนพื้นฐานการใช้ประโยชน์ป่าไม้อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการ: ทำการออกแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างทั้งหมด 321 คน ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตามวิธีการของ Yamane เพื่อสัมภาษณ์บริบทชุมชนต่อการใช้ประโยชน์ผลผลิตรองจากป่า และไม้ไผ่ ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและเชิงอนุมานคือ การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการเลือกเข้าทั้งหมด และแนวทางการจัดการพื้นที่ป่าจากการสนทนากลุ่มของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ผลการศึกษา: พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 58.26 และเพศชาย ร้อยละ 41.74 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 46–55 ปี จากการสัมภาษณ์พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ในการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ในระดับมาก (ร้อยละ 100) โดยเฉพาะการเก็บหาของป่า เช่น หน่อไม้ ผักหวาน เห็ด และสมุนไพร เป็นต้น และคิดว่าไม่ได้เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ป่า หรือปริมาณของป่า เพราะสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ แต่การเก็บหาของป่าในปริมาณมากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อปรากฏของสัตว์ป่า เช่น สัตว์ป่าบางชนิดพบเห็นได้ยากขึ้น หรือบางชนิดกลับพบได้ง่ายขึ้น เนื่องจากต้องออกมาหาแหล่งอาหารข้างนอก และการตัดไม้ไผ่จากพื้นที่ป่าโดยไม่คำนึงถึงวิธีการและปริมาณที่เหมาะสม อาจทำให้พื้นที่ป่าเกิดความเสื่อมโทรม หากไม่มีมาตรการดูแล เพราะชนิดพืชหรือสัตว์ป่าบางชนิดไม่สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ โดยชุมชนในพื้นที่ของตำบลบ้านหวด อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีการเก็บหาของป่าอย่างต่อเนื่องทุกฤดูกาล และส่วนใหญ่ร้อยละ 70 มีการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เป็นหลัก รองลงมาคือ เห็ดป่า (ร้อยละ 15) พืชอาหารป่า เช่น ผักหวานป่า สมุนไพร และพืชผักชนิดอื่น ๆ (ร้อยละ 10) และอื่น ๆ เช่น เศษไม้ฟืน และแมลง (ร้อยละ 5) ไม้ไผ่ที่มีการใช้

ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ ไม้ซางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) ไม้ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile* Munro) และ ไม้ไผ่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz) ส่วนใหญ่ตัดเพื่อจำหน่ายร้อยละ 56.53 รองลงมาใช้ทำรั้ว/บ้าน จักสาน และอื่น ๆ ช่วงเวลาที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ ช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม ร้อยละ 66.98 ความถี่ในการใช้พบว่า มีการใช้ 1–2 ครั้ง/ปี ร้อยละ 81.23 มากที่สุด ส่วนปริมาณการใช้พบว่า มีการใช้ไม้ไผ่มากที่สุดคือ ลำไม้ไผ่ไม่เกิน 100 ลำ ที่ร้อยละ 86.92 โดยไม้ซางนวล มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด ทั้งรูปแบบการเก็บหน่อไม้และลำไม้ไผ่ นอกจากนั้นยังพบว่า ชุมชนมีความเข้าใจกฎหมายพื้นฐานของพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ 2507 หมวดที่ 2 ในมาตรา 15 มากที่สุด กล่าวคือการทำไม้หรือเก็บหาของป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ให้กระทำได้เมื่อได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่หรือเมื่อพนักงานเจ้าหน้าที่ได้ประกาศอนุญาตไว้เป็นคราว ๆ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแห่งหนึ่งแห่งใดโดยเฉพาะ ในส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์ป่าไม้ พบปัจจัยที่มีผลมากที่สุด 3 ปัจจัยในเชิงบวกคือ ปัจจัยด้านระดับการศึกษา ($p < 0.01$) ปัจจัยด้านสถานภาพครอบครัว ($p < 0.05$) และปัจจัยด้านจำนวนสมาชิกในครัวเรือน ($p < 0.05$) โดยครอบครัวแบบขยาย มักมีการหาของป่าเข้าใช้ประโยชน์จากป่าอย่างเข้มข้น และอยู่ในรูปแบบหลายช่วงฤดูกาล หรือบางครั้งครอบครัวมีการเก็บหาตลอดทั้งปี ในส่วนการประชุมกลุ่มเพื่อหาแนวทางการสร้างกฎ ระเบียบ และกติกาที่ชุมชนยอมรับ พบว่าความต้องการของชุมชนจากภาครัฐคือ การกำหนดพื้นที่ให้ใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ให้ชัดเจน การกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืนและการกระทำความผิด โดยทำความเข้าใจและบูรณาการร่วมกันระหว่างหน่วยงานราชการ เช่น กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และชุมชน

สรุป: การเข้าใจถึงวัฒนธรรม ข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณด้านการใช้ประโยชน์จากป่าของชุมชนโดยรอบ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความสำคัญระดับเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลนั้น เป็นสิ่งสำคัญในการนำไปใช้ในการวางแผนการอนุรักษ์ ป่าไม้ และวางข้อกำหนดกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ป่า, ผลผลิตจากป่าไม้รอง, การจัดการป่า, พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507

¹ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: Malaiporn.ta@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/j.tferj.2025.9.1.6129>

ORIGINAL ARTICLE

**Factors Influencing and Patterns of Forest Utilization in Communities
around the Huay Tak Teak Biosphere Reserve, Lampang Province**Sutheera Hermhuk¹, Malaiporn Tasen^{2*}, Phnumard Ladpala², Kanisorn Chowtiwuttakorn², and Wongsatorn Phumphuang³

Received: 17 February 2025

Revised: 29 March 2025

Accepted: 15 April 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: To establish the land regulation, it is necessary to know basic information of the surrounding community's land use and to be aware of basic forest laws. Therefore, it is possible to create regulations that are consistent and make the most of the policy. This study aimed to investigate the community's context, the awareness and understanding of forest law (National Reserved Forest Act B.E. 2507 (1964)), and factors affecting forest utilization in the Huay-Tak Teak Biosphere Reserve, Lampang Province, in order to obtain guidelines for the conservation of the area based on sustainable use of forests.

Methodology: A structured interview schedule was designed to conduct with a sample group of 321 people. Its reliability level was at 95% based on Yamane's method. This aimed to interview about community context, utilization non-timber forest product and bamboo. The factors effecting the utilization were analyzed by using descriptive and inferential statistics (multiple regression analysis by enter method). There was focus group discussion about guidelines for forest area management among stakeholders.

Main Results: Results of the study revealed that most of the informants were female and male of 58.26%, male 41.74% and their age range was 46–55 years (166 people). The surrounding communities had a high level of knowledge about forest utilization. Most people in the communities had knowledge about forest utilization at high level (100%). This included forest product gathering such as bamboo shoot, mushroom, *Melientha suavis* Pierre, and medicinal plants. It was found that forest utilization there did not cause impacts on forest condition and forest products. This was because forest products could grow naturally. However, too much forest product gathering caused sightings of some wildlife have become more difficult. Surprisingly, some kinds of wildlife would be found easily because they had to go out and find food sources outside the forest. In addition, cutting bamboo from forest areas regardless of appropriate method and amount would cause forest degradation. This was because some forest products or wildlife could not occur naturally. All community in Ban Huat sub-district,

Ngao district at Lampang province gathered forest products every season. About 70% mainly utilized bamboo and followed by wild mushroom (15%), edible plants (10%) and others such as firewood and insect (5%). According to survey, three kinds of bamboo in mixed deciduous forest area were utilized: *Dendrocalamus membranaceus* Munro, *Cephalostachyum pergracile* Munro and *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz. For bamboo utilization trend, cutting bamboo for selling (56.53%) which followed by wickerwork and building a fence. Bamboo was used most during October December (66.98%) and it was used 1–2 times per year; not more than 100 bamboo culms (86.92%). *Dendrocalamus membranaceus* was utilized most (bamboo shoot and bamboo culms). Findings showed that the informants had a highest level of understanding about basic law of the National Reserved Forest Act B.E. 2507 (1964), Chapter 2, Section 15. That was, gathering forest products in national reserved forests must obtain permission from relevant authorities. In terms of factors affecting forest utilization, the three factors with the highest positive effect were education attainment ($p < 0.01$), marital status ($p < 0.05$), and household members ($p < 0.05$). Extended family usually intensively utilized forest products in many forms and seasons. Some families gathered forest products throughout the year for selling. In the focus group discussion for finding guidelines or establishing rules/regulations accepted by the community. The community needed the public sector to clearly define areas for the use of forest resources as well as penalties for violators and offenders, by creating understanding and integration between government agencies such as the Royal Forest Department and Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, and the community.

Conclusion: Understanding the tradition and culture, qualitative data, and quantitative data on forest utilization of surrounding communities, especially biosphere reserves area, is important for use in planning conservation, restoration, and setting appropriate regulations for the utilization of forest resources.

Keywords: Forest utilization, non-timber forest products, forest management, National Reserved Forest Act B.E. 2507 (1964)

¹ Faculty of Agricultural Production Maejo University, Chiang Mai Province, 50290 Thailand

² Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, 10900 Thailand

³ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: Malaiporn.ta@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/j.tferj.2025.9.1.6129>

คำนำ (Introduction)

ในอดีตประเทศไทยมีพื้นที่ป่ามากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศแต่ก็ได้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้นทุกปี อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจจากภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรม และด้วยปัจจัยเงื่อนไขหลายประการทั้งด้านการเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการใช้ผลผลิตป่าไม้ การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ตลอดจนข้อจำกัดในเรื่องการบังคับใช้กฎหมาย และระเบียบข้อบังคับ จึงทำให้ช่วงที่ผ่านมามีการใช้ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงในอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง (Hermhuk *et al.*, 2020; Thammanu *et al.*, 2021) จนในปัจจุบันเหลือพื้นที่ป่าอยู่เพียงร้อยละ 32.6 (Khunrattanasiri *et al.*, 2024) ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งในทางเศรษฐกิจ สังคม และความสมดุลของสภาพแวดล้อม ก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในการใช้ประโยชน์ทรัพยากร และที่ดินป่าไม้ที่รุนแรงและกว้างขวางยิ่งขึ้น จึงจำเป็นที่ควรอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ให้กลับมามีความสมบูรณ์อีกครั้ง โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม หรือพื้นที่ป่าที่มีการใช้ประโยชน์อย่างเข้มข้น (Suwankesa *et al.*, 2023; Thinkampheang *et al.*, 2024) ซึ่งการฟื้นฟูป่าเป็นการเพิ่มพูนความหลากหลายชนิด ดังนั้นควรมุ่งเน้นการปลูกฟื้นฟูชนิดที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศดั้งเดิม เพื่อสนับสนุนกระบวนการพัฒนาตัวเองของระบบนิเวศป่าไม้ ทั้งทางโครงสร้าง และองค์ประกอบชนิด นอกจากนั้นชนิดไม้ที่ได้รับการฟื้นฟูเหล่านี้ยังสามารถตอบสนองการใช้ประโยชน์

ผลผลิตรองจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-timber forest product) อีกด้วย เช่น ชนิดไม้ใช้สอย ชนิดไม้ที่เป็นพืชอาหารหรือพืชสมุนไพร เป็นต้น ซึ่งถือเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมให้คนอยู่กับป่าอย่างยั่งยืน (Thammanu *et al.*, 2021; Suwankesa *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตามการใช้ผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ จำเป็นต้องมีการศึกษาทั้งในเชิงปริมาณและความเข้าใจของผู้ใช้ประโยชน์ในพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการจัดการหรือการวางกฎกติกาต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

พื้นที่สงวนชีวมณฑล (Biosphere reserve) เป็นโครงการเพื่อเป็นตัวแทนการศึกษาความสมดุลระหว่างการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรม กับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ที่ได้รับการรับรองจาก องค์การยูเนสโก (UNESCO) โดยพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง ถือเป็น 1 ในจำนวน 5 แห่งของประเทศไทย ซึ่งมีการประกาศจัดตั้งมาเป็นระยะเวลายาวนานตั้งแต่ พ.ศ. 2520 จนถึงปัจจุบัน พื้นที่แห่งนี้ส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยสังคมพืชป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังบางส่วน ซึ่งชนิดป่าทั้งสองมีการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะในทางภาคเหนือของประเทศไทย (Hermhuk *et al.*, 2018; Thammanu *et al.*, 2021) ซึ่งพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก ถือเป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่ถูกชุมชนโดยรอบใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้อย่างเข้มข้นเช่นกัน โดยเฉพาะ

ผลผลิตจากไม้ไฟ และพืชป่าชนิดอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นพืชสมุนไพร และของป่าประเภทต่าง ๆ ซึ่งการใช้ประโยชน์อย่างเข้มข้นเหล่านี้ อาจส่งผลกระทบต่อสภาพป่าในระยะยาวได้ (Duangon *et al.*, 2024) แม้ว่าเขตสงวนชีวมณฑลแห่งนี้จะมีการกำหนดพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์ไว้อย่างชัดเจน แต่ยังคงการศึกษาที่เกี่ยวกับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะ การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติต่อโครงสร้างและองค์ประกอบของพรรณไม้ในเขตสงวนชีวมณฑลยังคงมีอยู่อย่างจำกัด (Office of National Resources and Environmental Policy and Planning, 2023) ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบสัมภาษณ์การศึกษาข้อมูลด้านประชากร การใช้ประโยชน์ และแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ เพื่อตอบวัตถุประสงค์งานวิจัย คือ การศึกษาบริบทของชุมชนต่อรูปแบบการใช้ประโยชน์จากป่าของชุมชน ความเข้าใจในกฎหมายพื้นฐานคือพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์จากป่า เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการจัดการพื้นที่และแนวทางการอนุรักษ์พื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. การเก็บข้อมูล (Data collection)

การศึกษานี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามจากประชากรในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ และใช้ประโยชน์

ทรัพยากรธรรมชาติ (การเก็บหาของป่า ฯลฯ) ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก ตำบลบ้านหวด อำเภองาว จังหวัดลำปาง ทั้งผู้ใช้ประโยชน์ในแง่ทางตรงและทางอ้อม โดยทำการคัดเลือกประชากรในพื้นที่ตำบลบ้านหวดทั้งหมด 6 หมู่บ้านที่มีสำมะโนประชากรทั้งหมด 1,635 ครัวเรือน ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวนครัวเรือนที่เหมาะสม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามสูตรการคำนวณของ Yamane (1973) ได้ประชากรทั้งหมดที่สำรวจ 321 ครัวเรือน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด (Closed question) และคำถามปลายเปิด (Open-ended question) โดยแบ่งเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ประกอบไปด้วยปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ พื้นที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม รูปแบบการเกษตร รายได้ การใช้ประโยชน์ป่าไม้โดยรอบ การใช้ประโยชน์ไม้ไฟด้านต่าง ๆ ครอบคลุมทุกหมู่บ้านของตำบลบ้านหวดคือ บ้านร่องดำ บ้านหวด บ้านห้วยทาก บ้านปางหละ บ้านแม่พริ้ว และบ้านใหม่ธานี และทำการนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์เชิงลึกด้วยการรวมกลุ่มสนทนา (Focus group discussion) จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ทำการคัดเลือกมาสนทนา (ผู้ใช้ประโยชน์จากป่าแบบเข้มข้น) (Sri-Ngernyuan & Satienerakul, 2010) จำนวน 10 คน เพื่อร่วมกันสร้างระเบียบและหาแนวทางการจัดการทรัพยากรป่าไม้โดยรอบต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1. สำหรับข้อมูลความคิดเห็นของราษฎร เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ และใช้ประโยชน์ ทรัพยากรธรรมชาติ โดยรอบพื้นที่สงวนชีวมณฑล ป่าสัก-ห้วยทาก ได้แก่ ช่วงเวลาที่เก็บ แหล่งที่เก็บ ตลอดจนศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ จากทรัพยากรป่าไม้ ในชุมชนเพื่อหาแนวทางในการสร้างระเบียบชุมชนในการเข้าใช้ประโยชน์จาก ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ๆ จะใช้วิธีการวิเคราะห์ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เช่น ค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น

2. ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากป่า โดยให้คะแนนจากการตอบคำถามแบบถูกหรือผิด จำนวน 30 ข้อ และกำหนดค่าคะแนน โดยตอบผิด ให้ 0 คะแนน และตอบถูกให้ 1 คะแนน จากนั้น แบ่งช่วงคะแนนความรู้โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนด ช่วงคะแนนตามการแบ่งอันตรภาคชั้น ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 20.0–30.00: มีความรู้ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 10.01–20.00: มีความรู้ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 0.00–10.00: มีความรู้ในระดับน้อย

ความเข้าใจกฎหมายพื้นฐานของ พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 โดย กำหนดการวัดแบบลิเคิร์ตสเกล (Likert scale) วัด ค่าคะแนนความเข้าใจกฎหมายในระเบียบเบื้องต้น ของหมวดที่ 2 ในพระราชบัญญัติซึ่งเป็นหมวดที่ว่า ด้วยการควบคุมและรักษาป่าสงวนแห่งชาติ 5 มาตรา ได้แก่ มาตรา 14 ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ การห้ามมิให้บุคคลใดยึดถือครอบครองทำ

ประโยชน์หรืออยู่อาศัยในที่ดิน มาตรา 15 การทำไม้ หรือเก็บของป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติ มาตรา 16 การที่อธิบดีโดยคณะกรรมการพิจารณาการใช้ ประโยชน์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติมีอำนาจให้ บุคคลใดเข้าทำประโยชน์หรืออยู่อาศัยในเขตป่า สงวนแห่งชาติได้ มาตรา 17 เพื่อประโยชน์ใน การศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการ และมาตรา 18 อธิบดี มีอำนาจออกระเบียบการใช้ประโยชน์ป่าสงวน แห่งชาติ โดยแบ่งการวัดระดับความรู้ความเข้าใจ ออกเป็น 3 ระดับ คือ เข้าใจทุกมาตรา (5 มาตรา = 3 คะแนน) เข้าใจบางมาตรา (1–4 มาตรา = 2 คะแนน) และไม่เข้าใจทุกมาตรา (0 มาตรา = 1 คะแนน) โดย คะแนนรวมแต่ละข้อนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่ออธิบาย ระดับความรู้ของการใช้ประโยชน์จากป่า โดยแบ่ง ระดับดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 2.35–3.00: เข้าใจทุกมาตรา

คะแนนเฉลี่ย 1.68–2.34: เข้าใจบางมาตรา

คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.67: ไม่เข้าใจทุกมาตรา

3. สถิติเชิงอนุมาน ใช้สถิติอ้างอิงเพื่อ ทดสอบสมมติฐาน ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์ป่าไม้ในพื้นที่ สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง โดย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ จำนวน 6 ตัวแปร กับตัวแปรตาม จำนวน 1 ตัวแปร จากนั้น วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation; r) ระหว่าง

ตัวแปรอิสระ พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดมีความสัมพันธ์กันเกิน 0.80 ที่ทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (Multicollinearity) ที่เป็นการละเมิดข้อกำหนดการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Prasit-rathasint, 2002)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์

จากการสัมภาษณ์ตัวแทนครัวเรือนผู้ใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้โดยรอบพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยตาก ตำบลบ้านหวด อำเภอวังจันทน์ลำปางจำนวน 321 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 187 คน คิดเป็น

ร้อยละ 58.26 และเพศชาย จำนวน 134 คน คิดเป็นร้อยละ 41.74 ตามลำดับ โดยมีอายุ 46–55 ปี จำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 51.71 รองลงมา ได้แก่ อายุ 36–45 ปี จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 31.78 และช่วงชั้นอื่น ๆ ดัง Table 1 ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกในครอบครัว จำนวน 187 คน คิดเป็นร้อยละ 58.26 รองลงมาเป็นหัวหน้าครอบครัว จำนวน 134 คน คิดเป็นร้อยละ 41.74 ตามลำดับ สอดคล้องกับผู้หญิงส่วนใหญ่ในหมู่บ้านตำบลบ้านหวดที่เป็นผู้ให้ข้อมูลเป็นสมาชิกในครัวเรือน โดยจากช่วงเวลากลางวันเพศชายซึ่งส่วนใหญ่เป็นหัวหน้าครัวเรือนได้ออกไปทำงาน เช่น

Table 1 Socio-economics of sampled households in Huay Tak Teak Biosphere Reserve, Lampang Province

	Socio-demographics	Number (n =321)	Percentage
Gender	Male	134	41.74
	Female	187	58.26
Age (years)	15-25 year old	1	0.31
	26-35 year old	16	4.98
	36-45 year old	102	31.78
	46-55 year old	166	51.71
	56-65 year old	17	5.30
	More than 66 years old	12	3.74
	Not specified	7	2.18
Role in family	Head	134	41.74
	Member	187	58.26
Household size	1-2	44	13.71
	3-4	209	65.11
	More than 4	68	21.18
Primary occupation	Agriculture	243	75.70
	Others	78	24.30

ทำการเกษตรในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การทำไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการทำสวนลำไย ตลอดจน การเข้าพื้นที่ป่าโดยรอบเพื่อตัดไม้ไผ่ หรือเก็บหา ของป่าตามฤดูกาล เช่น เห็ดป่าในช่วงเวลาที่ สัมภาษณ์ในฤดูฝน ผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่มี จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน จำนวน 209 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 65.11 รองลงมาได้แก่ 1-2 คน จำนวน 44 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 13.71 และมากกว่า 4 คน จำนวน 68 ครัวเรือน คิดเป็นร้อย ละ 21.18 ตามลำดับ การประกอบอาชีพเกษตรกรรม จากการสำรวจทั้งหมด จำนวน 243 ครัวเรือน คิด เป็นร้อยละ 75.70 และประกอบอาชีพอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ การทำการเกษตร เช่น การรับจ้าง การเก็บหาของป่า

หรืออื่น ๆ 78 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 24.30 การทำ การเกษตรส่วนใหญ่จะมีการทำการเกษตร ผสมผสานระหว่างพืชไร่ ทำนา และพืชสวน โดย พบว่ามีเกษตรกรที่ทำไร่ร่วมกับการทำการเกษตร อื่น ๆ 188 ครัวเรือน โดยทำการเกษตรแบบพืชไร่ อย่างเดียว 149 ครัวเรือน เช่น การทำไร่ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ และมันสำปะหลัง เป็นต้น รองลงมาคือการทำนา ซึ่งส่วนหนึ่งของพื้นที่เป็นที่ ราบลุ่ม พบ 48 ครัวเรือนที่มีการทำนาร่วมกับการทำ การเกษตรอื่น ๆ และ 27 ครัวเรือนที่ทำนาเพียงอย่าง เดียว การทำสวนร่วมกับระบบการเกษตรอื่น ๆ 12 ครัวเรือน และทำสวนอย่างเดียว เช่น สวนลำไย 2 ครัวเรือน (Table 2)

Table 2 Occupation of the interviewees and the amount of farmland per occupation group

Occupation	Number of households	Number of households working in one type of occupation	Average area (rai)	Average area per unit of occupation type (Rai)
Rice farm	48	27	11.54	5.26
Fruit orchard	12	2	30.50	9.50
Agronomy	188	209	22.55	12.53
Others	102	78	3.50	1.50

จากแบบสัมภาษณ์ตัวแทน 321 ครัวเรือน ดังกล่าวในด้านพื้นที่ใช้สอยทำการเกษตรพบว่า กลุ่มอาชีพที่ไม่ได้ทำการเกษตรส่วนมากไม่มีที่ดิน ทำกินถึง 68 ครัวเรือนจาก 78 ครัวเรือน คิดเป็นร้อย ละ 87.18 ในส่วนครัวเรือนที่ทำเกษตรกรรม (ทำนา ทำสวน และทำไร่) จาก 222 ครัวเรือนมีที่ดินทำ การเกษตรเฉลี่ย ครัวเรือนละ 9.84 ไร่ มีพื้นที่

เกษตรกรรมทั้งหมด 2,950.5 ไร่ โดยเกษตรกรที่ทำ พืชไร่มีค่าเฉลี่ยจำนวนพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดที่ 12.53 ไร่ รองลงมา คือ เกษตรกรที่ทำสวน 9.50 ไร่ และทำนา 5.26 ไร่ตามลำดับ (Table 2) จากการ สัมภาษณ์และการลงพื้นที่พบว่า รูปแบบการเกษตร ของชุมชนตำบลบ้านหวดเป็นเกษตรแบบอาศัย น้ำฝนเป็นหลัก โดยทำนาในพื้นที่ราบได้ปีละ 1 ครั้ง

ประกอบกับการทำไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เป็นอาชีพหลักในพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เป็นที่ลาดเชิงเขา หรือเนินเขาชายขอบป่า โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่ใช้น้ำน้อย และให้ผลผลิตดี ประกอบกับมีผู้รับซื้อมาตั้งโรงรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ ทำให้คนในชุมชนส่วนใหญ่ทำไร่โพดเลี้ยงสัตว์เป็นพื้นที่มากที่สุดในปัจจุบัน

2. ความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากป่า

ความรู้ในการใช้ประโยชน์ป่าไม้ พบว่าคนในชุมชนส่วนใหญ่มีความรู้ในการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ในระดับมาก (ร้อยละ 100.00) และมีค่า

คะแนนจากข้อคำถามในการเข้าใช้พื้นที่ป่าเพื่อเก็บหาของป่าและไม้ไผ่เฉลี่ยเท่ากับ 26.11 คะแนน (Table 3) มีรายละเอียดคือ การเก็บหาของป่า เช่น หน่อไม้ ผักหวานป่า เห็ด และสมุนไพร เป็นต้น จากพื้นที่ป่า ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ไม่ได้เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ป่า หรือปริมาณของป่า เพราะสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ โดยการเก็บหาของป่าในปริมาณมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อการปรากฏให้เห็นของสัตว์ป่า เช่น สัตว์ป่าบางชนิดอาจพบเห็นได้ยากขึ้น บางชนิดกลับพบได้ง่ายขึ้นเนื่องจากต้องออกมาหาแหล่งอาหารข้างนอก

Table 3 Local knowledge of people on forest utilization

Score of knowledge	Number	Percentage
Low (0-10 scores)	0	0.00
Medium (11-20 scores)	0	0.00
High (21-30 scores)	321	100.00
Mean = 26.114 Minimum = 21.00 Maximum = 30.00		

ขณะที่รูปแบบการตัดไม้ไผ่จากพื้นที่ป่า โดยไม่คำนึงถึงวิธีการและปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของสภาพพื้นที่ป่าหากไม่มีมาตรการดูแล แต่คนในตำบลบ้านหวด มีการจัดพื้นที่แบ่งการใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน และมีระเบียบที่เป็นการรับรู้ทางวาจา โดยเป็นการรับทราบและปฏิบัติร่วมกันโดยถ่ายทอดผ่านทางผู้นำชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Sripaya *et al.* (2023) ได้ศึกษาเรื่องกำลังผลิตสำรองและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่ในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย จังหวัดลำปาง พบว่าเกษตรกรมี

ความรู้เรื่องการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ ที่มีรูปแบบการจัดโซนพื้นที่ในแต่ละหอย่อมบ้าน กลุ่มของเครือข่าย ในการใช้ประโยชน์ไผ่ ทั้งไผ่ที่ใช้ลำ และไผ่ที่ใช้ทั้งหน่อและลำ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิตของไผ่จากป่าธรรมชาติ เป็นต้น

ความเข้าใจกฎหมายพื้นฐานของพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 ดังแสดงใน Table 4 พบว่า คนในชุมชนบ้านหวดมีความเข้าใจในมาตราของพระราชบัญญัติในหมวดที่ 2 ที่ว่าด้วยการควบคุมและรักษาป่าสงวนแห่งชาติ (ค่าเฉลี่ย 2.34) โดยมีรายละเอียดคือ

(1) มาตราที่ 14 ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ห้ามมิให้บุคคลใดยึดถือครองทำประโยชน์หรืออยู่อาศัยในที่ดิน (ก่อสร้าง แฝ้วถาง เผาป่า ทำไม้ หรือกระทำการด้วยประการใด ๆ อันเป็นการเสื่อมเสียแก่สภาพป่าสงวนแห่งชาติ) มีค่าเฉลี่ย 2.19

(2) มาตรา 15 การทำไม้หรือเก็บหาของป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติ (ให้กระทำได้เมื่อได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่หรือเมื่อพนักงานเจ้าหน้าที่ได้ประกาศอนุญาตไว้เป็นคราว ๆ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแห่งหนึ่งแห่งใดโดยเฉพาะ) มีค่าเฉลี่ย 2.52

Table 4 Understanding and awareness of the law under the Chapter 2 of National Reserved Forest Act B.E. 2507 (1964)

Chapter 2 of National Reserved Forest Act B.E. 2507	Mean $\pm$ SD	Level of Practice
Section 14	2.26 $\pm$ 0.72	Medium
Section 15	1.99 $\pm$ 0.83	Medium
Section 16	1.97 $\pm$ 0.81	Medium
Section 17	1.99 $\pm$ 0.81	Medium
Section 18	1.90 $\pm$ 0.87	Medium
Total	2.10 $\pm$ 0.81	Medium

(3) มาตรา 16 อธิบดีโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาการใช้ประโยชน์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติมีอำนาจอนุญาตให้บุคคลหนึ่งบุคคลใดเข้าทำประโยชน์หรืออาศัยในเขตป่าสงวนแห่งชาติได้ เช่น คราวละ 5 ปีแต่ไม่เกิน 30 ปี มาตรา 16 ทวิ ป่าสงวนแห่งชาติที่มีสภาพเป็นป่าไร่ร้างเก่าหรือทุ่งหญ้า ฯลฯ บุคคลที่ร้องขอสามารถทำประโยชน์ได้ไม่เกินยี่สิบไร่ต่อครอบครัวและคราวละไม่น้อยกว่า 5 ปี แต่ไม่เกิน 30 ปี เป็นต้น มีค่าเฉลี่ย 1.97

(4) มาตรา 17 เพื่อประโยชน์ในการศึกษาหรือวิจัยทางวิชาการ มีค่าเฉลี่ย 1.99 และ

(5) มาตรา 18 อธิบดีมีอำนาจออกระเบียบการใช้ประโยชน์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา (การเข้าไป การผ่าน

หรือการใช้ทาง การนำหรือปล่อยสัตว์เลี้ยงเข้าไป โดยจะใช้ในเขตป่าสงวนแห่งชาติแห่งใดแห่งหนึ่ง ให้ประกาศ ณ ที่ว่าการอำเภอ ที่ทำการกำนัน และที่ทำการผู้ใหญ่บ้านในท้องที่ป่าสงวนแห่งชาติแห่งนั้นตั้งอยู่) มีค่าเฉลี่ย 1.90

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าในมาตรา 15 ที่มีการอนุญาตให้เก็บหาของป่าโดยเจ้าพนักงานเจ้าหน้าที่ นั้น ชาวบ้านในชุมชนบ้านหวดมีความรู้ความเข้าใจมากที่สุด อาจเนื่องมาจากการประสานงานระหว่างเจ้าพนักงานเจ้าหน้าที่ของสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 3 สาขาลำปาง ที่เข้าถึงชุมชนในพื้นที่ในการสำรวจสำมะโนประชากร และการบันทึกถ้อยแถลงเพื่อในการเก็บหาของป่าที่ชาวบ้านต้องการและออกประกาศในท้องที่ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ยังไม่มีการจัดตั้งป่าชุมชนตามกฎหมายของกรมป่าไม้

ทำให้มาตราอื่น ๆ ชาวบ้านในชุมชนยังไม่ทราบชัดเจน และทำให้มีการตัดเหี้ยนจากเจ้าพนักงานหน้าที่ เช่น ในมาตรา 18 ที่การนำสัตว์เลี้ยงไปปล่อยในพื้นที่สงวนฯ และมาตรา 16 ที่การขอใช้พื้นที่ป่าสงวนที่เป็นป่าไร่ร้าง การสืบสิทธิและหน้าที่ระหว่างผู้ขอได้ถึงแก่กรรมไป โดยมีรายงานป่าชุมชนที่สร้างระเบียบภายใต้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ของ Thammanu *et al.* (2021) ที่ได้ศึกษาผลผลิตรองจากป่าไม้ที่ป่าสงวนแห่งชาติ ที่มีการจัดตั้งป่าชุมชนบ้านแม่เชียงราย จังหวัดลำปาง ซึ่งมีการสร้างระเบียบชุมชนภายใต้พระราชบัญญัติป่าชุมชนฯ นั้น จะมีการเข้าใช้สอยป่าไม้ที่จัดแบ่งเป็นโซนอนุรักษ์และโซนใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน และประชาชนโดยรอบรับทราบร่วมกันในการจัดพื้นที่ และรับทราบระเบียบปฏิบัติและบทลงโทษที่ชัดเจน และสามารถลดแรงปะทะระหว่างชุมชนกับเจ้าหน้าที่รัฐได้ เป็นต้น

3. สภาพการใช้ประโยชน์

3.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ โดยเฉพาะไม้ไผ่

พบว่าการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าโดยรอบชุมชนในตำบลบ้านหวดทั้งหมดอย่างต่อเนื่องทุกฤดูกาล และส่วนใหญ่ร้อยละ 70 มีการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่เป็นหลัก รองลงมาคือ เห็ดป่าร้อยละ 15 พืชป่า เช่น ผักหวานป่า พืชสมุนไพร และพืชผักชนิดอื่น ๆ จากป่าร้อยละ 10 และอื่น ๆ ร้อยละ 5 เช่น เศษไม้ฟืน และการเก็บหาแมลง เป็นต้น จากการสำรวจดังกล่าวมีการใช้ประโยชน์จากไผ่มากที่สุดซึ่งปรากฏชนิดไผ่ในพื้นที่ 3 ชนิดคือ ไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile* Munro) ไผ่ชางนวล

(*Dendrocalamus membranaceus* Munro) และไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz) โดยไผ่ชางนวล จากการสัมภาษณ์พบว่ามีการใช้ประโยชน์มากที่สุด จากการเก็บหาหน่อไม้ และลำไผ่ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์จากไผ่

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชน พบว่ามีการเข้าใช้ประโยชน์จากไผ่ จำนวน 298 คนคิดเป็นร้อยละ 92.83 (Table 5) ลักษณะการใช้ประโยชน์ พบว่ามีการตัดไผ่เพื่อขาย 212 คน คิดเป็นร้อยละ 56.53 รองลงมาได้แก่ ใช้ทำรั้ว/ทำบ้าน จำนวน 95 คน ใช้ทำดอก/จักสาน ทำเสาหลัก/ไม้หลัก/หลักแปลงเพาะ จำนวนเท่ากัน จำนวน 34 คน โดยช่วงเวลาในการเก็บหา พบว่าการเข้าใช้ประโยชน์ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมมากที่สุดจำนวน 215 คน คิดเป็นร้อยละ 66.98 รองลงมาได้แก่ เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม จำนวน 50 คน ตลอดทั้งปีจำนวน 40 คน และเดือนมิถุนายนถึงกันยายนจำนวน 16 คน ตามลำดับ ความถี่ในการใช้ประโยชน์ พบว่ามีการใช้ประโยชน์ 1–2 ครั้ง/ปีจำนวน 264 คน คิดเป็นร้อยละ 81.23 มากที่สุดปริมาณการใช้ พบว่ามีการใช้ไม้ไผ่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ลำ จำนวน 279 คน คิดเป็นร้อยละ 86.92 รองลงมาได้แก่ 101–200 ลำ จำนวน 22 คน ปริมาณการใช้ 201–300 จำนวน 14 คน การใช้ลำส่วนใหญ่เป็นชนิดไผ่ชางนวล รองลงมาได้แก่ ไผ่ไร่ และไผ่ข้าวหลาม ตามลำดับ ซึ่งแหล่งการเก็บหาไม้ไผ่ คือ เก็บหาจากป่าเบญจพรรณมากที่สุด จำนวน 241 คน

คิดเป็นร้อยละ 68.86 รองลงมา ได้แก่ ป่าเต็งรัง
จำนวน 50 คนริมลำห้วยหรือลำธารนอกพื้นที่ป่า 34
คน แปลงปลูกป่าฟื้นฟูต่าง ๆ จำนวน 22 คน

และ จำนวน 3 คน ตามลำดับ ปลูกในพื้นที่ทำกิน
โดยใช้ประโยชน์จากไฟตามวัฒนธรรมดั้งเดิมคือ
การจักสาน การทำตอกมัดข้าวขายตั้งแต่อดีต

Table 5 Characterization of bamboo culm on local people utilization

Item		Number (n =321)	Percentage
Type	Use	298	92.83
	Unuse	23	7.17
Characteristics of use *	Make a fence	95	25.33
	Basketwork	34	9.07
	Stakes in farm	34	9.07
	For sale	212	56.53
Time of collection*	All year	40	12.46
	January-May	50	15.58
	June-September	16	4.98
	October-December	215	66.98
Frequency of use*	1–2 times/month	46	14.15
	3–4 times/month	9	2.77
	More than 4 times/month	2	0.62
	1–2 times/year	264	81.23
	3 times/year	2	0.62
	All year	2	0.62
Quantity (Culm)	Less than 100	279	86.92
	101–200	22	6.85
	201–300	14	4.36
	301–400	3	0.93
	More than 400	3	0.93
Land use types*	Dry dipterocarp forest	50	14.29
	Mixed deciduous forest	241	68.86
	Near stream	34	9.71
	Forest plantation	22	6.29
	Title deeds	3	0.86

Remarks: * It can answer more than one question.

และมีการพัฒนาสร้างโรงการผลิตถ่านจากไม้ไผ่จากภาคธุรกิจในอำเภอจาง จังหวัดลำปาง ตลอดจนการมีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อลำไม้ไผ่สดถึงพื้นที่ โดยเฉพาะไผ่ชางนวล ที่มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ลำที่หลากหลาย จึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการเข้าใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่ของชุมชน ทั้งด้านการตัดลำไม้ขายทุกฤดูกาล โดยเฉพาะฤดูหลังการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตร อย่างไรก็ตามชาวบ้านมีการตกลงกันในหมู่บ้านหรือตำบลแบ่งหย่อมป่าในการเข้าใช้ประโยชน์

3.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์ป่าไม้ของชุมชนโดยรอบ ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง

จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณโดยการนำตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร เข้าในสมการและทำการคำนวณด้วยวิธีเลือกเข้าทั้งหมด (Enter method) พบว่า ค่า $F = 10.94$ และ ค่า $P = 0.000$ แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่า $R^2 = 0.637$ โดยให้ความหมายว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดร่วมกันอธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 63.70 โดยมีตัวแปรอิสระจำนวน 2 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบ 2 ปัจจัยคือ 1) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน และ 2) สถานภาพของคนในชุมชน และตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ระดับการศึกษา ซึ่งสามารถอภิปรายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์ป่าไม้มี 3 ปัจจัยคือ 1) การมีระดับ

การศึกษาของคนในชุมชนที่แตกต่างกัน เนื่องจากระดับการศึกษาที่สูงขึ้น มีความตระหนักเรื่องผลกระทบต่อการเข้าใช้ประโยชน์จากป่าอย่างเข้มข้นมากกว่าคนในชุมชนที่มีระดับการศึกษาไม่สูง และจากการสัมภาษณ์พบว่า กลุ่มคนที่มีการศึกษาสูงยังมีแนวโน้มที่จะเข้าร่วมกลุ่มการอบรมจากภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และเข้าใจเพื่อรับสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ ได้มากขึ้น 2) สถานภาพของคนในชุมชน พบว่ามีผลต่อการเข้าใช้ประโยชน์จากป่าอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สถานภาพสมรสแล้ว มีลักษณะที่เป็นครอบครัวแบบขยาย มักจะมีการหาของป่าเข้าใช้ประโยชน์จากป่าอย่างเข้มข้น และอยู่ในรูปแบบหลายช่วงฤดูกาล หรือบางครั้งครอบครัวมีการเก็บหาตลอดทั้งปี เพื่อนำของป่า และไม้ไผ่เป็นแหล่งรายได้รองหรือรายได้หลักต่อการจุนเจือครอบครัว สอดคล้องกับปัจจัย 3) ด้านจำนวนสมาชิกครอบครัวก็มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน (Table 5) อย่างไรก็ตามเห็นได้ว่า เพศ อายุ และการประกอบอาชีพไม่มีความแตกต่างทางสถิติเกี่ยวกับการเข้าหาของป่าและการใช้ประโยชน์ไม้ อาจเนื่องมาจากเป็นวัฒนธรรมการเข้าใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่า เช่น การเข้าเก็บหาของป่าตามฤดูกาลของชนิดพืชนั้น ๆ แบบเข้มข้น หรือการไม่นิยมนำพืชป่ามาปลูกในพื้นที่ทำกิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Khammon *et al.* (2010) และ Sritham (2016) ที่กล่าวว่าคนที่ชุมชนใกล้เขตป่ามีการใช้ประโยชน์อย่างเข้มข้นหรือไม่นั้น พบว่าไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านเพศหรืออายุของคนใน

ชุมชน แต่จะขึ้นอยู่กับพื้นฐานการศึกษาตลอดจน
จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่ต้องการปัจจัยต่าง ๆ
ในการจุนเจือครอบครัวเป็นหลัก

Table 5 Factors that influence of forest utilization in surrounding communities Huay-Tak Teak Biosphere Reserve, Lampang Province

Independent variables	B	t	Significant level
(Constant)	3.66	6.23	.000
Gender	0.19	0.65	0.08
Age	-0.092	-2.59	0.06
Education level	0.05	3.23	0.001**
Marital status	0.18	0.14	0.02*
Household size	0.12	1.81	0.01*
Occupation	1.022	0.254	0.04
R = 0.406	R ² = 0.637	SEE = 49.248	F = 10.944
Sig. of F = 0.000			

Remarks: * Statistically significant at the 0.05 level, ** Statistically significant at the 0.01 level

4. ความคิดเห็นของประชาชนโดยรอบต่อการใช้ประโยชน์จากป่าจากการสนทนากลุ่ม

ชาวบ้านในชุมชนโดยรอบยังมีความคิดเห็นหลักว่า 1) การเก็บหาของป่า เช่น หน่อไม้ ผักหวานป่า เห็ด สมุนไพร ฯลฯ จากพื้นที่ป่า ไม่ได้เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ป่า หรือปริมาณของป่า เพราะสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นส่วนใหญ่ร้อยละ 70 รองลงมาคือ 2) การเก็บหาของป่าในปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อการปรากฏให้เห็นของสัตว์ป่า เช่น สัตว์ป่าบางชนิดพบเห็นได้ยากขึ้น บางชนิดกลับพบได้ง่ายขึ้นเนื่องจากต้องออกมาหาแหล่งอาหารข้างนอก ร้อยละ 25 และ 3) การตัดไม้ไผ่จากพื้นที่ป่า โดยไม่คำนึงถึงวิธีการและปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของสภาพพื้นที่ป่า ชนิดพันธุ์หรือปริมาณไม้ไผ่ เช่น ป่าถูก

แผ้วถางเป็นพื้นที่โล่ง ไม้บางชนิดในป่าเริ่มหายไป หรือ หายากขึ้น ร้อยละ 5 ซึ่งชุมชนได้มีร่างระเบียบแนวคิดจากการเปิดเวทีชุมชน เพื่อระดมความคิดจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ดังนี้ ชุมชนในตำบลบ้านหวด อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีความเห็นว่า ควรกำหนดพื้นที่ขอบเขตป่าอนุรักษ์ป่าต้นน้ำ ป่าไม้ใช้สอย และพื้นที่ทำการเกษตรให้ชัดเจน ด้วยการสร้างกฎ ระเบียบ กติกาที่ชุมชนยอมรับและสร้างขึ้นเองภายใต้การให้ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ โดยเฉพาะกรมป่าไม้ สำหรับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ให้ชัดเจน และกำหนดบทลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืนและกระทำความผิด ต้องการหลักของชุมชนคือ หน่วยงานราชการโดยรอบ โดยเฉพาะในสังกัดกรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ควรให้การสนับสนุนกล้าไม้เศรษฐกิจท้องถิ่นที่ชุมชนต้องการนำมาเป็น

ไม้พินและไม้ใช้สอยที่นิยมเข้าไปตัด เช่น กล้าไฟ ชนิดต่าง ๆ กล้าพืชป่าที่เป็นพืชอาหาร เช่น ผักหวาน ป่า เพกา และไม้เนื้อแข็งทั่วไปที่นิยมใช้ประโยชน์ พร้อมแนะนำให้ความรู้ในการคัดเลือกชนิดไม้โตเร็วที่เหมาะสมกับพื้นที่และเหมาะสมสำหรับเป็น ไม้พิน เพลาน้ำ ไม้ใช้สอยตามคุณสมบัติไม้ชนิดนั้น ๆ และต้องการให้จัดพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่เหมาะสม ต่อการปล่อยสัตว์เลี้ยงในฤดูทำนา จะทำให้สัตว์เลี้ยง ไม่เข้าไปรบกวนป่าที่กำลังฟื้นฟู และชุมชนบ้านใน ตำบลบ้านหวดให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการ ดูแลรักษาป่า สนับสนุนกิจกรรมการทำงาน ของ หน่วยงานโดยรอบต่อไป

อย่างไรก็ตามความคิดเห็นดังกล่าวหากมีการจัดตั้งป่าชุมชนตามระเบียบของพระราชบัญญัติป่า ชุมชน พ. ศ. 2562 และมีการร่างระเบียบการเข้าใช้ ประโยชน์อย่างชัดเจนร่วมกันแล้ว การใช้ประโยชน์ พื้นที่ป่านี้จะมีแบบแผนการเข้าใช้ การกำหนดโซนนิ่ง ป่าอนุรักษ์ และป่าใช้สอยอย่างชัดเจนและถูกต้องตาม หลักวิชาการ และเกิดความยั่งยืนในการใช้ประโยชน์ จากป่าได้ในอนาคต

สรุป (Conclusion)

กลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 187 คน โดยมีอายุ 46-55 ปี จำนวน 166 คน การเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่ป่า โดยรอบในตำบลบ้านหวดทั้งหมดอย่างต่อเนื่องทุก ฤดูกาล และส่วนใหญ่ร้อยละ 70 มีการใช้ประโยชน์ ไม้ไฟเป็นหลัก จากการสำรวจดังกล่าวมีการใช้ ประโยชน์ส่วนใหญ่จากไฟ 3 ชนิด โดยไฟขางนวล

(*Dendrocalamus membranaceus* Munro) มีการใช้ ประโยชน์มากที่สุด จากการเก็บหาหน่อไม้และลำ ไม้ไฟมาใช้ประโยชน์ โดยปัจจัยด้านระดับ การศึกษา สถานภาพครอบครัว และจำนวนสมาชิก ในครอบครัวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าใช้ ประโยชน์จากป่าในทางบวก และการสะท้อนจาก การสนทนากลุ่มพบว่า ควรมีแนวทางการสร้างกฎ ระเบียบ กติกาที่ชุมชนยอมรับและสร้างขึ้นเอง ภายใต้การให้ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ โดยเฉพาะกรมป่าไม้ สำหรับการเข้าใช้ประโยชน์ ทรัพยากรป่าไม้ให้ชัดเจน และกำหนดบทลงโทษ สำหรับผู้ที่ฝ่าฝืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ภายใต้ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม แผนงานวิจัยการบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่ อยกระดับการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ ประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2567 และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ป่า ไม้ในพื้นที่ และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการร่วมเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง (References)

- Duangon, N., C. Wachrinrat, C. Ngernsaengsaruy, S. Thinkampheang, S. Hermhuk, J. Thongsawi, W. Phumphant, A. Kullawong, A. Yarnvudhi & D. Marod.

2024. Effects of long-term fire protection on deciduous dipterocarp forest dynamics in Northeastern Thailand. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity** 25 (9): 3 1 4 1 – 3 1 3 5 .
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d250936>
- Hermhuk, S., W. Sungpalee, C. Atnaseo, N. Pothawong & K. Sri-Ngernyuang. 2018. Plants utilization of Tai Lue at Bann Tapapao community forest Mae Tha district, Lamphun province. **Thai Journal of Forestry** 37(1): 111–120. (in Thai)
- Hermhuk, S., A. Chaiyes, S. Thinkampheang, N. Danrad & D. Marod. 2020. Land use and above-ground biomass changes in a mountain ecosystem, northern Thailand. **Journal of Forestry Research** 37(5): 1 7 3 3 – 1 7 4 2 .
<https://doi.org/10.1007/s11676-019-00924-x>
- Khammon, S., M. Jamroenprucksas & W. Hoamuangkaew. 2010. Management and utilization of natural bamboo forest: A case study in a demonstration and forest of the Faculty of Forestry, National University of Laos. **Thai Journal of Forestry** 29(1): 26–32. (in Thai)
- Khunrattanasiri, W., V. Domrongsutsiri, N. Kaomim & J. Srikongruk. 2024. Study of forest types change in Thailand using geoinformatics technology during 2018 to 2019. **Journal of Agricultural Research and Extension** 41(2): 175–184. (in Thai)
- Office of National Resources and Environmental Policy and Planning. 2023. **Biosphere Reserve**. Available source: <https://www.onep.go.th>. (Accessed: December 4, 2024)
- Prasit-rathasint, S. 2002. **Applications of Statistical Methods in Research**. Fueang Fa Printing House. Bangkok. (in Thai)
- Sritham, S. 2016. Comparison of Trees Diversity and Local Utilization among Yang Choom Forest and Rahan Forest, Mueang Surin District, Surin Province. **Prawarun Agricultural Journal** 13(1): 13–25. (in Thai)
- Sri-Ngernyuang, K. & K. Satienperakul. 2010. **The Concepts and Theories in the Royal Initiative**. 3rd ed. Maejo University, Chiang Mai Province.
- Sriphaya, K., P. Sunthornhao & N. Mianmit. 2023. Growing stock and carbon storage of bamboo in Ban Pan Pong Chai community forest for comparing local utilization demand. **Thai Journal of Forestry** 42(2): 123–134. (in Thai)

Suwankesa, S., S. Hermhuk, W. Sungpalee, K. Sri-Ngernyuang & K. Satienperakul. 2023. Effects of Forest Restoration on Forest Utilization of Ban Huai Pu Ling Forest Development Station, Om-Koi District, Chiang Mai Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 7(2): 141–158. (in Thai)

Thammanu, S., H. Han, E. M. B. P. Ekanayake, Y. Jung & J. Chung, J. 2021. The impact on ecosystem services and the satisfaction therewith of community forest management in Northern Thailand. **Sustainability** 13(23): 13474. <https://doi.org/10.3390/su132313474>

Thinkampheang, S., T. Nakashizuka, W. Suksavate, P. Kachina, S. Hermhuk, L. Asanok, W. Phumphan, B. Chouibumroong, J. WU, H. Kurokawa & D. Marod. 2024. Impacts of climate change on forest restoration dynamics in the lower montane forest of Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity** 25(12): 4829 – 4845. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d251219>

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. New York Harper & Row.

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของการรบกวนต่อมวลชีวภาพเหนือดินป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง

วงศ์ธร พุ่มพวง^{1,2}, คณิศร โชติวุฒฒาการ^{2*}, พงศกร กุลพัฒน์ปรีชา², มัลลย์พร ตาเสน²,
ภาณุมาศ ลาตปาละ², ชีรวัฒน์ ทะนันไชยสง², สุกิด เรืองเรือ², ธนากร สิงห์เชื้อ² และสุธีระ เหมออีก³

รับต้นฉบับ: 12 กุมภาพันธ์ 2568

ฉบับแก้ไข: 31 มีนาคม 2568

รับลงพิมพ์: 22 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ป่าผลัดใบเขตร้อนเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริการทางระบบนิเวศ การปรากฏไฟป่าในในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้ระบบนิเวศป่าผลัดใบมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับป่าไม่ผลัดใบ ดังนั้น การเข้าใจถึงบริการทางระบบนิเวศ โดยเฉพาะกระบวนการสะสมมวลชีวภาพเหนือดินของป่าประเภทนี้จึงมีความสำคัญต่อการเข้าใจถึงกระบวนการกักเก็บคาร์บอนของโลก อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ต่อโครงสร้าง องค์ประกอบชนิดไม้ และมวลชีวภาพเหนือดินยังคงมีอย่างจำกัด โดยเฉพาะในเขตสงวนชีวมณฑล และเนื่องจากป่าเต็งรังเป็นชนิดป่าที่มีความสำคัญแต่ได้รับความสนใจน้อย งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะตอบคำถามที่สำคัญ 3 ประการ ประกอบไปด้วย (1) โครงสร้างป่า ความหลากหลายชนิด และมวลชีวภาพเหนือดินในแปลงถาวรป่าเต็งรัง บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทากเป็นอย่างไร? (2) ข้อมูลสังคมพืชเชิงปริมาณดังกล่าวระหว่างพื้นที่กันชนและเขตแกนกลางแตกต่างกันหรือไม่? และ (3) ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้เป็นอย่างไร?

วิธีการ: ทำการวางแผนตัวอย่างถาวรขนาด 1 เฮกแตร์ จำนวน 2 แปลง แบ่งเป็นในเขตแกนกลาง (core area) ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ 1 แปลง และเขตกันชน (buffer zone) ที่มีการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์ 1 แปลง แต่ละแปลงทำการสำรวจพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 1 เซนติเมตร จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณของสังคมพืช ได้แก่ โครงสร้างป่า ความหลากหลายชนิด และมวลชีวภาพเหนือดิน รวมถึงวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ โดยเปรียบเทียบโครงสร้างป่าเต็งรังระหว่างเขตแกนกลางและเขตกันชน ด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Wilcoxon tank sum test เปรียบเทียบความแตกต่างองค์ประกอบชนิดด้วยเทคนิค non-metric multidimensional scaling (NMDS) และ PERMANOVA รวมถึงทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ด้วยวิธี Spearman's correlation

ผลการศึกษา: โครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ของป่าเต็งรังระหว่างทั้งสองพื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ในเขตพื้นที่กันชน พบความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ ($DBH \geq 1$ cm) ทั้งหมด 2,470 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 20.98 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ในขณะที่เขตแกนกลาง พบ 1,626 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โครงสร้างป่าในเขตแกนกลางแสดงให้เห็นถึงลักษณะของสังคมพืชที่มีความสมบูรณ์

มากกว่า และมีการกระจายของพรรณไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบปกติ ขณะเดียวกันป่าเต็งรังบริเวณเขตกันชนพบการกระจายแบบกระจุกเดี่ยว ซึ่งเป็นการทดแทนตามธรรมชาติในรูปแบบที่ผิดปกติ จำนวนชนิดพรรณไม้ของเขตแกนกลางพบมากกว่าพื้นที่กันชน ในเขตแกนกลางพบพรรณไม้ทั้งหมด 30 วงศ์ 63 สกุล 76 ชนิด พรรณไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ พดุง (Albizia lebbek) เต็ง (Shorea obtusa) ชิงชัน (Dalbergia oliveri) รัง (Pentacme siamensis) และเหียง (Dipterocarpus obtusifolius) ส่วนพื้นที่กันชนพบพรรณไม้ 27 วงศ์ 42 สกุล 48 ชนิด พรรณไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เหียง เต็ง เหมือดโลด (Aporosa villosa) ก้าว (Tristanopsis burmanica var. rufescens) และ รักใหญ่ (Gluta usitata) ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon-Wiener Index) ของเขตแกนกลางและกันชนมีค่าเท่ากับ 3.54 และ 2.27 ตามลำดับ ผลการศึกษา NMDS และ PERMANOVA แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบชนิดของทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ($p < 0.001$) อาจเนื่องมาจากการรบกวนที่เกิดขึ้น ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของเขตแกนกลางมีค่าเท่ากับ 204.20 ตันต่อเฮกแตร์ ซึ่งมากกว่าพื้นที่กันชนที่มีค่าเท่ากับ 127.89 ตันต่อเฮกแตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงลักษณะป่าที่มีความสมบูรณ์มากกว่าในเขตแกนกลางที่ปราศจากการรบกวน เมื่อพิจารณาการสะสมปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินรายต้นพบว่า เหียงมีการสะสมปริมาณมวลชีวภาพถึง 44% ของปริมาณทั้งหมดในพื้นที่กันชน ส่วนเขตแกนกลางพบว่า พดุงมีการสะสมมวลชีวภาพมากที่สุด (22%) นอกจากนั้น เฉพาะพื้นที่หน้าตัดเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน ($R > 0.8$, $p < 0.001$) ดังนั้น กลุ่มไม้ท้องถิ่นอย่างเหียง เต็ง รัง รวมถึงพดุงที่มีสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพเหนือดินค่อนข้างสูง จึงถือเป็นไม้ที่มีความสำคัญต่อการบริการทางระบบนิเวศที่ควรได้รับการอนุรักษ์ไว้

สรุป: อิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์มีผลต่อโครงสร้าง องค์ประกอบชนิด และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของพรรณไม้ป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก พื้นที่แกนกลางที่ปราศจากการใช้ประโยชน์สะท้อนให้เห็นถึงระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์มากกว่า ดังนั้น องค์ความรู้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้วางแผนจัดการทรัพยากรป่าไม้ในบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: แปลงถาวร, การใช้ประโยชน์, ผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้, โครงสร้างป่า, ความหลากหลายชนิด

¹ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

³ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: suradat_ffor@hotmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6179>

ORIGINAL ARTICLE

**Influence of disturbances on aboveground biomass of deciduous dipterocarp forest
in Huay Tak-Teak biosphere reserve, Lampang province**

Wongsatorn Phumphuang^{1,2}, Kanisorn Chowtiwuttakorn^{2*}, Pongsakorn Kulpattanapreecha², Malaiporn Tasen²,
Phanumard Ladpala², Theerawat Thananthaisong², Sukid Rueangruea², Thanakorn Singchua², and Sutheera Hermhuk³

Received: 12 February 2025

Revised: 31 March 2025

Accepted: 22 April 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Tropical deciduous forests (TDFs) play a crucial role in providing ecosystem services. Forest fires during the dry season make TDFs more sensitive to changes compared to evergreen forests. Of these, understanding biomass in TDFs is essential for assessing the global carbon budget. However, human activities are rapidly transforming the Earth's forest ecosystems through changes in land use and climate. These changes can impact the structure, dynamics, and diversity of TDFs. While numerous studies have focused on diversity metrics, research on the effects of human activities on forest structure, species composition, and aboveground biomass (AGB)—particularly within biosphere reserves—remains limited. This study examines forest structure, species composition, and AGB, with a focus on the impact of disturbances within a deciduous dipterocarp forest (DDF) in the Huay Tak-Teak Biosphere Reserve. Since DDFs receive less attention compared to other forest types in Thailand, this study aims to address three key questions: (1) What is the current state of forest structure, diversity, and AGB in permanent plots of DDFs? (2) How do these variables differ between core and buffer areas? and (3) What is the correlation between AGB and forest structural attributes (such as density and basal area)?

Methodology: In 2024, two permanent 1-hectare (ha) plots were established: one in the core area, where human activity is prohibited, and the other in the buffer zone, where human activity occurs. Each plot was subdivided into 25 subplots (20 m × 20 m). All trees with a diameter at breast height (DBH) of at least 1 cm were tagged, measured, and identified to the species level following standard protocols. To assess the effects of disturbances, we analyzed quantitative characteristics—including forest structure, species composition, and aboveground biomass—and compared these variables between the core and buffer zones. Differences in diversity were examined using non-metric multidimensional scaling (NMDS) and PERMANOVA. Additionally, we assessed the relationship between AGB, tree density, and basal area using Spearman's correlation.

Main results: Results indicated significant differences in general forest characteristics between the core and buffer areas ($p < 0.001$). Tree density and basal area (≥ 1 cm DBH) were 1,626 individual ha⁻¹ and 27.35 m² ha⁻¹ in the core area and 2,470 individual ha⁻¹ and 20.98 m² ha⁻¹ in the buffer zone, respectively. The core area displayed old-growth forest characteristics, with a higher basal area, while the buffer zone exhibited secondary forest features, characterized by a high density of small trees. Natural regeneration, based on diameter class distribution, exhibited a reverse J-shaped distribution in the core area, indicating a stable population structure, whereas a unimodal distribution was observed in the buffer zone, suggesting a disturbed forest

with fewer young trees. Species richness was higher in the core area than in the buffer zone. The core area contained 76 species, 63 genera, and 30 families, with the five most dominant species (based on the importance value index) being *Albizia lebbeck*, *Shorea obtusa*, *Dalbergia oliveri*, *Pentacme siamensis*, and *Dipterocarpus obtusifolius*. In contrast, the buffer zone had 48 species, 42 genera, and 27 families, with the dominant species being *Dipterocarpus obtusifolius*, *Shorea obtusa*, *Aporosa villosa*, *Tristaniopsis burmanica* var. *rufescens*, and *Gluta usitata*. Species diversity, based on the Shannon-Wiener Index, was 3.54 in the core area and 2.27 in the buffer zone, indicating a significant difference in diversity. NMDS followed by PERMANOVA, revealed distinct species compositions between the core and buffer areas ($p < 0.001$), likely due to disturbances. Total AGB was 204.20 t ha⁻¹ in the core area and 127.89 t ha⁻¹ in the buffer zone, with the higher AGB in the core area reflecting a more intact forest ecosystem. In the buffer zone, *Dipterocarpus obtusifolius* contributed approximately 44% of the total AGB, making it the dominant biomass-accumulating species. In the core area, *Albizia lebbeck* was the highest biomass-accumulating species, contributing 22% of the total AGB. Finally, Spearman's correlation analysis revealed that basal area showed a significant positive correlation with AGB in both the core and buffer areas ($R > 0.8$, $p < 0.001$), whereas tree density exhibited no significant relationship with AGB. Therefore, conservation and management efforts should prioritize dominant species such as *Dipterocarpus obtusifolius*, *Shorea obtusa*, *Pentacme siamensis*, and *Albizia lebbeck* to maintain AGB and carbon stock in the Huay Tak-Teak Biosphere Reserve.

Conclusion: These findings suggest that human-induced disturbances significantly impact plant community characteristics in the DDF, with the buffer zone exhibiting features of a secondary forest with irregular regeneration. The results highlight the crucial role of tropical deciduous forests in accumulating AGB and conserving biodiversity within Thailand's forest ecosystems. While the findings indicate that this biosphere reserve may effectively conserve overall plant diversity, they also reveal key ecological shifts, such as a substantial loss of AGB due to the lower presence of large trees in the buffer zone. If this pattern is widespread across tropical forest reserves, it could hinder efforts to preserve forest structure and essential ecosystem services, such as carbon storage. Establishing long-term monitoring programs could enhance the assessment of AGB trends within the reserve over time, contributing to more informed conservation and management strategies.

Keyword: Permanent plot, utilization, non-timber forest product, forest structure, diversity

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

² Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, 10900 Thailand

³ Faculty of Agricultural Production Maejo University, Chiang Mai Province, 50290 Thailand

*Corresponding author: E-mail: suradat_ffor@hotmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6179>

คำนำ (Introduction)

ป่าผลัดใบเขตร้อน (Tropical deciduous forests) ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในระบบนิเวศป่าเขตร้อนที่ถูกคุกคามอย่างยิ่ง (Murphy & Lugo, 1986; Li *et al.*, 2006; Castillo-Campos *et al.*, 2008) โดยปัจจัยไฟป่าในช่วงฤดูแล้งส่งผลให้ระบบนิเวศป่าผลัดใบมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับป่าไม้ผลัดใบ (Evergreen forests) (Marod *et al.*, 1999) เมื่อพิจารณาในเขตร้อน (tropical zone) มนุษย์มักตั้งถิ่นที่อยู่อาศัยบริเวณที่ใกล้เคียงกับป่าผลัดใบ เนื่องจากมีสภาพอากาศที่เหมาะสม และมีทรัพยากรที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตพอสมควร (Bullock *et al.*, 1995) ด้วยเหตุนี้ การปรากฏของปัจจัยรบกวนในพื้นที่ป่าผลัดใบจึงแปรผันตรงกับความหนาแน่นของประชากรมนุษย์ ในขณะที่ประชากรมนุษย์นั้นจะแปรผกผันกับปริมาณพื้นที่ป่า ในช่วงที่ผ่านมา งานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และจัดการป่าผลัดใบนั้นมีอยู่อย่างจำกัด แต่การบุกรุกทำลายเพื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าผลัดใบนั้นกลับปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนมาก (Bullock *et al.*, 1995; Majumdar *et al.*, 2012) จนก่อให้เกิดป่าเสื่อมโทรม (Degraded forest) หรือป่ารุ่นสอง (Secondary forest) ขึ้นมา ซึ่งมักเกิดขึ้นในบริเวณที่ป่าสมบูรณ์ถูกทำลายที่มีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการตัดไม้ทำลายป่า รวมถึงการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (Castillo-Campos *et al.*, 2008; Majumdar *et al.*, 2012)

ความแตกต่างของสังคมพืชนั้นเป็นหัวใจหลักของการศึกษาระบบนิเวศป่าไม้มาอย่างยาวนาน ส่วนใหญ่มุ่งประเด็นไปที่การศึกษาระบายเชิงพื้นที่ (Spatial distribution) องค์ประกอบชนิด (Species composition) และการจำแนกสังคมพืช (Classification of plant communities) (Bunyavejchewin *et al.*, 2003; Mohandass *et al.*, 2016; Thammanu *et al.*, 2021) โดยแท้จริงแล้ว สังคมพืชแต่ละหน่วยนั้นถูกแยกออกจากกัน โดยพิจารณาจากการปรากฏของชนิดไม้ดัชนี (Indicator species) รวมถึงองค์ประกอบชนิดที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่เป็นหลักกรณีป่าธรรมชาติสมบูรณ์ (Primary forest) มักถูกพบอยู่ในพื้นที่คุ้มครอง (Protected area) ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ลักษณะสังคมพืชส่วนใหญ่มักปรากฏให้เห็นถึงความเป็นป่าสมบูรณ์ (Intact forest) เช่น อุ้มผางด้วยไม้เนื้อแข็งขนาดใหญ่ มีปริมาณพื้นที่หน้าตัดมาก มีความหลากหลายของชนิดไม้สูง รวมถึงมีการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้อย่างปกติ (van Der Velden *et al.*, 2014; Mohanta *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในป่าเสื่อมโทรมบางพื้นที่อาจพบที่มีความหนาแน่นของต้นไม้มาก โดยเฉพาะไม้ขนาดเล็ก และมีความหลากหลายชนิดต่ำ (Meng *et al.*, 2011) แต่หลาย ๆ พื้นที่กลับพบที่มีความหลากหลายของพรรณไม้สูง เนื่องจากการตั้งตัวของไม้เบิกนำซึ่งเป็นกลุ่มไม้ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้ต่ำ (Castillo-Campos *et al.*, 2008) สะท้อนให้เห็นว่า สังคมพืชหรือไม้ต้นที่เป็นโครงสร้างหลัก

ของระบบนิเวศป่าเขตร้อนนั้นสามารถทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระดับพื้นที่ได้ ซึ่งจะแปรผันอย่างยิ่งตามลักษณะพื้นที่ และปัจจัยรบกวน (Whitmore, 1990) ดังนั้น การเปรียบเทียบสังคมพืชป่าผลัดใบระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและป่าเสื่อมโทรมที่ได้รับอิทธิพลจากการรบกวน โดยเฉพาะการได้มาซึ่งข้อมูลเชิงลึกด้านมวลชีวภาพเหนือดิน (Aboveground biomass) ที่ในปัจจุบันมีแนวโน้มการศึกษามากยิ่งขึ้น (Mohanta *et al.*, 2020) และมักใช้คุณสมบัติในเชิงโครงสร้างป่า (ความหนาแน่นพื้นที่หน้าตัด และความสูง) และด้านสรีระวิทยา (ความหนาแน่นของเนื้อไม้) เป็นตัวแปรหลักของการได้มาซึ่งค่าดังกล่าว (Chave *et al.*, 2005; Chave *et al.*, 2014) จึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่งที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของสังคมพืชป่าผลัดใบตามธรรมชาติและป่าผลัดใบเสื่อมโทรมที่ได้รับอิทธิพลจากการรบกวนโดยมนุษย์ในประเทศไทย

ป่าผลัดใบเป็นประเภทป่าที่พบได้มากที่สุดในประเทศไทย (Pongpattananurak, 2014) ซึ่งป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) เป็นหนึ่งในชนิดป่าผลัดใบหลักของประเทศไทยที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง มีสัดส่วนพื้นที่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าทั้งหมด มีปัจจัยแวดล้อมเฉพาะตัว เช่น ลักษณะดินค่อนข้างดื่น เป็นดินทราย (Sandy) ที่มีความเป็นกรดจัด (Acidic) ในขณะที่โครงสร้างของสังคมพืชพบกลุ่มไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เป็นไม้ดัชนีที่สำคัญ ซึ่งพรรณไม้จะมีการปรับตัวให้อยู่รอดในสถานะที่เกิดไฟป่าอยู่เป็นประจำ เช่น การมีเปลือกหนาและใบเหนียว (Bunyavejchewin *et al.*,

2011) ป่าเต็งรังนับว่าเป็นป่าที่มีความสำคัญทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอุดมไปด้วยพรรณไม้ที่สำคัญในทางนิเวศวิทยาและเศรษฐกิจหลายชนิด รวมถึงมีการปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-timber forest product) อีกจำนวนมาก (Thammanu, 2021) ด้วยเหตุนี้ป่าเต็งรังจึงมักพบกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเก็บหาของป่า (เห็ด หน่อไม้ ฯลฯ) อยู่เป็นระยะ ซึ่งการรบกวนที่มากเกินไปก็อาจส่งผลกระทบให้ระบบนิเวศสูญเสียความสมดุลได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการรบกวนต่อสภาพสังคมพืชป่าเต็งรังของประเทศไทยนับว่ายังมีค่อนข้างน้อย

ดังนั้น การศึกษาโดยใช้แปลงถาวร (Permanent plot) ในพื้นที่ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ป่าธรรมชาติ และพื้นที่ที่เกิดการรบกวน เพื่อศึกษาอิทธิพลจากการรบกวนต่อลักษณะสังคมพืชในป่าเต็งรัง พื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์อย่างเข้มข้น (Thai-utsa, 1968; Chaisunthornkitti *et al.*, 2013) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การมุ่งประเด็นไปที่ผลกระทบต่อโครงสร้างป่า (ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัด) ความหลากหลายชนิด และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน นำไปสู่ตอบคำถามงานวิจัยที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) ลักษณะโครงสร้าง ความหลากหลาย และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินในพื้นที่ป่าเต็งรัง พื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทากเป็นอย่างไร? 2) ข้อมูลเชิงปริมาณดังกล่าวมีความแปรผันอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ป่า

ธรรมชาติ และพื้นที่ป่าที่เกิดการรบกวน? และ
3) ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับ
โครงสร้างป่า (ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัด)
เป็นอย่างไร? ผลที่ได้นำมาซึ่งข้อมูลสังคมพืชป่าเต็ง
รังที่สามารถใช้ในการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

พื้นที่ศึกษา (Study area)

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่สงวนชีวมณฑล
ป่าสัก-ห้วยทาก (Huay Tak-Teak biosphere reserve,
HTT) ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอลำปาง มีขนาด
เนื้อที่ประมาณ 184,000 ไร่ สภาภูมิประเทศเป็น
ยอดเขาสูงชันสลับซับซ้อน ตั้งขึ้นเป็นป่าสาธิตเพื่อ
การศึกษาวิจัยการจัดการสวนป่าอย่างประณีต
ประกอบไปด้วยระบบนิเวศป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัด
ใบ และป่าดิบแล้งบางส่วน ปัจจุบันส่วนหนึ่งของ
พื้นที่สงวนชีวมณฑลแห่งนี้เป็นที่เตรียมการ
ประกาศเป็นอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท (Figure 1)

การเก็บข้อมูล (Data collection)

ในปี พ.ศ. 2567 ทำการวางแปลงถาวร
ขนาด 1 เฮกเตอร์ (100 เมตร × 100 เมตร) จำนวน
2 แปลง ภายในป่าเต็งรังของพื้นที่สงวนชีวมณฑล
ป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง ประกอบไปด้วยเขต
แกนกลาง (Core area) 1 แปลง เป็นตัวแทนของ
พื้นที่ป่าธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชัน
(Slope) และเขตกันชน (Buffer zone) 1 แปลงซึ่ง
เป็นตัวแทนของป่าที่มีการรบกวนที่มีลักษณะเป็น
พื้นที่ราบ (Flat) ในพื้นที่แปลงถาวรแต่ละแปลง

แบ่งแปลงย่อยออกเป็นขนาด 20 เมตร × 20 เมตร
(รวม 25 แปลงย่อยต่อ 1 แปลงถาวร) ทำการสำรวจ
องค์ประกอบของพรรณไม้ในแต่ละแปลงย่อย โดย
มีการติดหมายเลขต้นไม้ (Tagged number) ในพืชมี
เนื้อไม้ (Woody plant) ที่มีวิสัยเป็นไม้ต้น (tree) ไม้
ต้นขนาดเล็ก (Shrubby tree) และไม้พุ่ม (Shrub) ที่มี
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast
height, DBH) ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร วัดขนาดความโต
ความสูงทั้งหมด ระบุชนิด บันทึกพิกัดตำแหน่งของ
ต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง (Manokaran *et al.*, 1990)

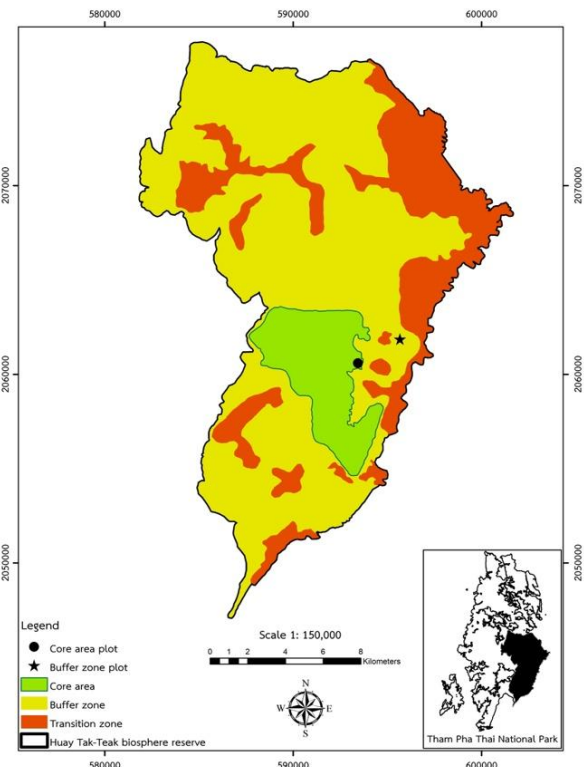


Figure 1 Study area and plot location

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

ในแต่ละแปลง ทำการวิเคราะห์ความ
มากมายของพรรณไม้ตามลำดับชั้นอนุกรมวิธาน
(Taxon richness) รวมถึงความหนาแน่น (Density)

พื้นที่หน้าตัด (Basal area) การกระจายของพรรณไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter class distribution) ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (Important value index, IVI) (Curtis & McIntosh, 1950; Mohandass *et al.*, 2016) และค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener Index (H') (Kent, 2011)

ดำเนินการคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน (Aboveground biomass, AGB) รายต้นของป่าเต็งรังตามสูตรของ Chave *et al.* (2014) ดังนี้

$$AGB = 0.0673 (WD \times DBH^2 \times H)^{0.976}$$

โดย AGB คือ มวลชีวภาพเหนือดิน (ตัน) WD คือ ความหนาแน่นเนื้อไม้ (g/cm^3) DBH คือ ขนาดความโตจากเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) H คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร) สำหรับค่า WD ของการศึกษานี้ใช้ค่าจาก the Global Wood Density Database (Chave *et al.*, 2009) ในระดับชนิด ขณะที่ชนิดไม้ต้นบางชนิดที่ไม่ปรากฏค่า WD ในฐานข้อมูลดังกล่าวทำการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกชนิดในระดับสกุล (Genus) นั้น (30%) และหากยังไม่พบค่าในระดับสกุล จะใช้ค่าเฉลี่ยของทุกชนิดไม้ในระดับวงศ์ (Family) (7%) มาคำนวณ WD ให้มีความใกล้เคียงกับชนิดนั้น ๆ ต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และมวลชีวภาพเหนือดิน ระหว่างเขตกันชนและเขตแกนกลาง ด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Wilcoxon rank sum test

โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R (Version 4.4.1) (R Core Team, 2025)

ดำเนินการเปรียบเทียบองค์ประกอบชนิดไม้ระหว่างเขตแกนกลางและกันชน โดยใช้วิธี Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ซึ่งใช้ค่าความแตกต่างจาก Bray and Curtis จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Permutational multivariate ANOVA (PERMANOVA) (999 permutations) ทั้งหมดนี้ดำเนินการภายใต้ Vegan package (Oksanen *et al.*, 2020) และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับขนาดพื้นที่หน้าตัดและความหนาแน่น ทั้งในเขตแกนกลางและเขตกันชน

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

โครงสร้างป่า

ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของพรรณไม้มีความแตกต่างกันไปทั้งในด้านชั้นขนาดและเขตพื้นที่ (Table 1) ในเขตพื้นที่กันชน พบความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ ($DBH \geq 1$ cm) ทั้งหมด 2,470 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 20.98 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ในขณะที่เขตแกนกลาง พบ 1,626 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดต้นไม้ทั้งสองพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$, Wilcoxon) การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH class distribution) ในเขตกันชนมีการกระจายแบบระฆังคว่ำเดียว (Unimodal distribution) โดยไม้ใน

ชั้นขนาด 5–10 cm DBH มีจำนวนมากที่สุด ตรงกันข้ามกับเขตแกนกลางที่มีการกระจายแบบเลขชี้

กำลังเชิงลบ (Negative exponential form หรือ Reversed-J shape) (Figure 2)

Table 1 Horizontal forest structure (density and basal area) of core and buffer areas in HTT

	Minimum DBH			
	1 cm	5 cm	10 cm	30 cm
Buffer area				
Density (individual ha ⁻¹)	2,470	1,846	689	14
Basal area (m ² ha ⁻¹)	20.98	20.30	15.30	1.37
Core area				
Density (individual ha ⁻¹)	1,626	1,192	692	81
Basal area (m ² ha ⁻¹)	27.35	26.92	24.55	8.97

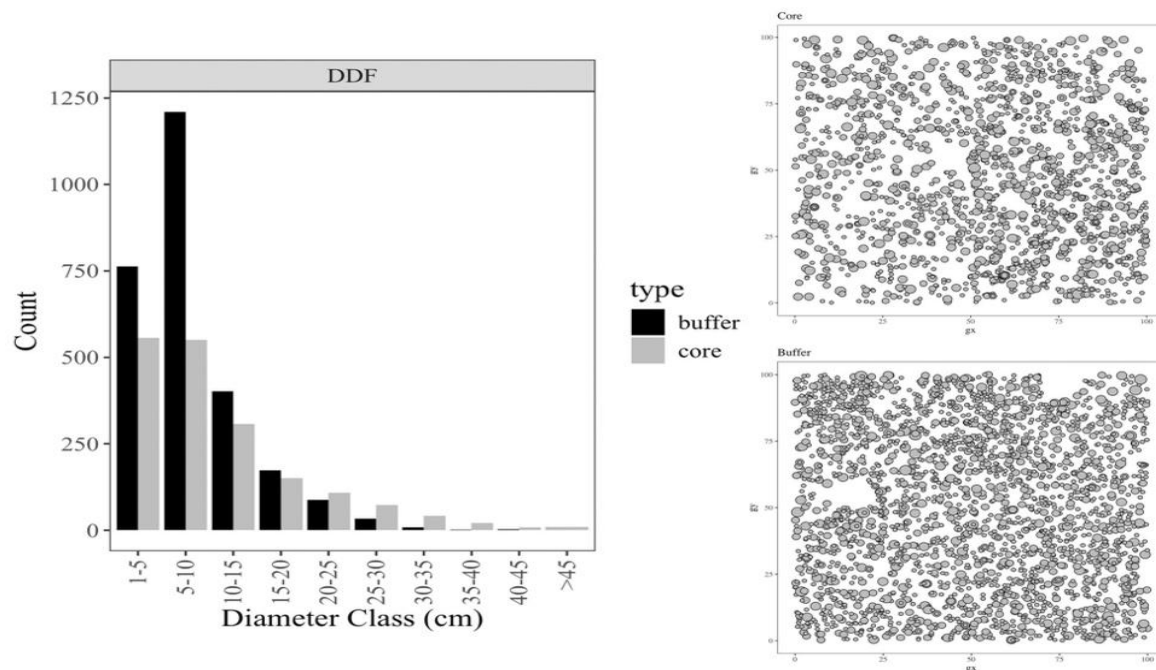


Figure 2 DBH class distributions and spatial scatter plots of tree species in buffer and core areas in HTT.

โครงสร้างทางด้านราบ (Horizontal structure) มีความแปรผันไปตามแต่ละเขตพื้นที่ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น พบว่าความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ในเขตแกนกลางที่ขนาด ≥ 10 cm DBH ค่อนข้างใกล้เคียง

กับป่าเต็งรังธรรมชาติของ Bunyavejchewin *et al.* (2011) ซึ่งรายงานว่าความหนาแน่นของไม้ขนาดดังกล่าวอยู่ในช่วงระหว่าง 269–646 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัดอยู่ในช่วงราว 20–25 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในเขตกันชน

พรรณไม้ขนาด ≥ 5 cm DBH นั้นมีความหนาแน่นมากเมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรัง จากการศึกษาร่วมของ Larpkern *et al.* (2017) (1,572 ต้นต่อเฮกแตร์) และ Lamotte *et al.* (1998) (602 ต้นต่อเฮกแตร์) โดยเฉพาะไม้ขนาดเล็ก (5–10 cm DBH) ที่มีสัดส่วนมากที่สุด ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะของสังคมพืชที่ฟื้นตัวภายหลังจากการถูกรบกวน (Shorohova

et al., 2009) พื้นที่เขตกั้นชนมักพบการเก็บหาของป่าโดยมนุษย์ รวมถึงอิทธิพลจากการสัมปทานทำไม้ในอดีต กลุ่มพรรณไม้เหล่านี้อาจโตขึ้นมาพร้อมกันภายหลังจากการรบกวนดังกล่าว กลุ่มไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ได้แก่ เหียงและเต็ง มีความหนาแน่นคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนทั้งหมดในพื้นที่กั้นชน (Table 2)

Table 2 List of 20 dominant tree species with IVI (%), mean diameter at breast height (DBH, cm), density (D, individual), basal area (BA, m²), total aboveground biomass (AGB, t) in buffer and core areas in HTT.

Scientific name	IVI	DBH $\pm$ SD	D	BA	AGB
Buffer area					
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	78.78	10.71 $\pm$ 6.33	726	9.17	56.27
<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	54.44	8.76 $\pm$ 4.43	664	4.90	32.60
<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	32.24	5.95 $\pm$ 3.56	361	1.73	4.20
<i>Tristaniaopsis burmanica</i> (Griff.) Peter G. Wilson & J. T. Waterh. var. <i>rufescens</i> (Hance) J.	14.96	5.29 $\pm$ 2.64	163	0.51	1.88
<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	13.83	10.13 $\pm$ 7.10	79	0.98	6.61
<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	11.92	7.90 $\pm$ 6.31	81	0.65	5.37
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	8.75	8.46 $\pm$ 7.21	40	0.40	2.53
<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A. W. Benn.	7.57	14.87 $\pm$ 10.62	17	0.59	6.56
<i>Pentacme siamensis</i> (Miq.) Kurz	6.78	8.97 $\pm$ 6.79	40	0.40	3.17
<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	6.13	8.23 $\pm$ 6.45	27	0.25	1.19
<i>Quercus kerrii</i> Craib	5.73	10.47 $\pm$ 6.29	24	0.30	1.93
<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre) W. W. Sm.	5.37	6.35 $\pm$ 2.77	23	0.10	0.36
<i>Memecylon scutellatum</i> (Lour.) Hook. & Arn. var. <i>scutellatum</i>	4.65	4.24 $\pm$ 2.95	29	0.07	0.31
<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain	4.33	5.07 $\pm$ 3.81	25	0.09	0.54
<i>Dillenia obovata</i> (Blume) Hoogland	4.01	5.51 $\pm$ 2.27	17	0.05	0.17
<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	3.64	3.63 $\pm$ 2.23	24	0.04	0.13
<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	3.57	4.82 $\pm$ 1.53	15	0.03	0.06
<i>Dalbergia lakhonensis</i> Gagnep.	3.42	9.58 $\pm$ 6.63	15	0.18	1.25
<i>Symplocos racemosa</i> Roxb.	3.33	5.75 $\pm$ 2.76	15	0.05	0.15

Table 2 (continued)

Scientific name	IVI	DBH $\pm$ SD	D	BA	AGB
<i>Wendlandia tinctoria</i> (Roxb.) DC.	3.28	5.03 $\pm$ 2.56	11	0.04	0.13
Others (28)	23.29	162.03	74	0.43	2.48
Core area					
<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	25.51	26.24 $\pm$ 15.38	64	4.85	44.01
<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	25.42	21.24 $\pm$ 8.47	105	4.31	42.07
<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain	20.38	9.28 $\pm$ 5.75	175	1.71	13.39
<i>Pentacme siamensis</i> (Miq.) Kurz	19.89	15.16 $\pm$ 10.24	100	2.78	26.60
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	17.34	14.62 $\pm$ 8.02	105	2.29	15.06
<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	13.57	7.26 $\pm$ 5.62	113	0.79	3.48
<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	11.20	11.58 $\pm$ 6.80	70	0.99	4.39
<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	11.03	12.11 $\pm$ 8.35	61	1.08	4.24
<i>Wendlandia tinctoria</i> (Roxb.) DC.	8.92	7.40 $\pm$ 4.35	50	0.50	2.36
<i>Haldina cordifolia</i> (Roxb.) Ridsdale	8.76	8.79 $\pm$ 5.90	64	0.58	2.55
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	8.67	16.94 $\pm$ 9.44	35	1.09	8.56
<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	8.10	5.64 $\pm$ 3.65	50	0.24	0.84
<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. <i>pruniflorum</i> (Kurz)	7.78	12.73 $\pm$ 9.46	42	0.90	7.28
<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	7.41	9.74 $\pm$ 7.33	55	0.65	4.97
<i>Tristaniopsis burmanica</i> (Griff.) Peter G. Wilson & J. T. Waterh. var. <i>rufescens</i> (Hance) J.	6.69	8.09 $\pm$ 4.24	49	0.50	2.26
<i>Morinda coreia</i> Buch.-Ham.	6.14	7.27 $\pm$ 6.40	31	0.26	1.15
<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	6.11	3.75 $\pm$ 3.50	48	0.12	0.44
<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	5.40	8.43 $\pm$ 4.21	29	0.24	0.61
<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	4.79	8.86 $\pm$ 6.31	26	0.28	1.53
<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	4.53	6.00 $\pm$ 3.70	32	0.12	0.63
Others (56)	72.34	482.59	322	3.09	17.79

ซึ่งทั้งสองชนิดนี้นอกจากจะเป็นไม้ดัชนี (Indicator species) ของป่าเต็งรังแล้ว (Bunyavejchewin *et al.*, 2011) ยังเป็นพรรณไม้ที่สามารถพบเจอได้ทั่วไปในพื้นที่ป่าเปิดโล่งที่ผ่านการรบกวน (Gardner *et al.*,

2000; Pandey & Shukla, 2001; Larpkern *et al.*, 2017) ดังนั้น รูปแบบโครงสร้างป่านี้สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของการรบกวนที่ส่งผลให้โครงสร้างป่าเกิดความผิดปกติ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ก้นชน

องค์ประกอบของชนิดพรรณไม้

องค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ทั้งสองพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ในเขตกันชน พบพรรณไม้ทั้งหมด (≥ 1 cm DBH) 27 วงศ์ 42 สกุล 48 ชนิด พรรณไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เต็ง (*Shorea obtusa*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) ก้าว (*Tristania burmanica* var. *rufescens*) และ รักใหญ่ (*Gluta usitata*) (Table 2) ความหลากหลายชนิด พบอยู่ในระดับปานกลาง ($H' = 2.27$) ส่วนเขตแกนกลางพบพรรณไม้ทั้งหมด 30 วงศ์ 63 สกุล 76 ชนิด พรรณไม้เด่น 5 อันดับแรก ได้แก่ พูกฤษ (*Albizia lebbek*) เต็ง (*Shorea obtusa*) ชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) รัง (*Pentacme siamensis*) และเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) (Table 2) ความหลากหลายชนิด พบอยู่ในระดับสูง ($H' = 3.54$) ผลการทดสอบ NMDS พบว่าองค์ประกอบพรรณไม้ป่าเต็งรังระหว่างพื้นที่กันชนและพื้นที่แกนกลางมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Figure 3) รวมถึงผลการทดสอบ PERMANOVA แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของพรรณไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 32.28$, $p < 0.001$)

มีการศึกษาในหลายพื้นที่ระบุว่าพื้นที่ป่าที่ถูกครอบงำมักจะมีความหลากหลายชนิดสูงกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติ เนื่องจากการเพิ่มเข้ามาของพรรณไม้เบิกนำ หรือไม้ชอบแสงชนิดต่าง ๆ (San-José *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีผลที่ตรงกันข้าม โดยแท้จริงแล้ว องค์ประกอบชนิดระหว่างทั้งสองเขตพื้นที่ค่อนข้างมีความคล้ายคลึงกัน พรรณไม้วงศ์

Dipterocarpaceae, Fabaceae และ Rubiaceae เป็นกลุ่มที่มีความเด่นมากที่สุด

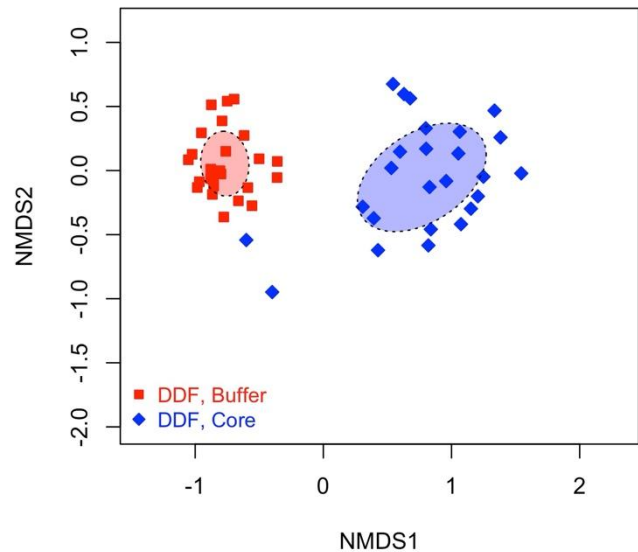


Figure 3 Non-metric multidimensional scaling (NMDS) analysis of species composition between buffer and core areas in HTT

แต่ถ้าพิจารณาในพื้นที่แกนกลาง ที่ตั้งของแปลงอยู่บนพื้นที่ลาดชันต่อเนื่องไปถึงสันเขา ปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ภายในแปลงจึงมีความแปรผันมาก เช่น สมบัติดิน น้ำในดิน ฯลฯ บริเวณตอนล่างของแปลงจึงมีการปรากฏของพรรณไม้ที่สามารถพบได้ในป่าผสมผลัดใบบางชนิด เช่น กะเจียน (*Hubera cerasoides*) สมอพิเภก (*Terminalia bellirica*) ฯลฯ ทำให้จำนวนชนิดและความหลากหลายของพรรณไม้มีมากกว่าพื้นที่กันชน สอดคล้องกับการศึกษา Tilman & Pacala (1993) และ Castillo-Campos *et al.* (2008) ที่รายงานว่าความหลากหลายในเชิงพื้นที่ (Spatial heterogeneity) ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้พรรณไม้หลายชนิดสามารถตั้งตัวได้ดีเนื่องจากมีทรัพยากรที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ปริมาณมาก

ดังนั้น นอกจากปัจจัยรบกวนที่เกิดขึ้นแล้ว สภาพภูมิประเทศก็อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความผันแปรของความหลากหลายชนิดไม้ในป่าเต็งรังของพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง

มวลชีวภาพเหนือดิน

พื้นที่กันชนมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินน้อยกว่าพื้นที่แกนกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ($p < 0.001$, Wilcoxon) (Figure 4) โดยมีค่าเท่ากับ 127.89 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 204.20 ต้นต่อเฮกแตร์ตามลำดับ โดยพบว่า เขียงมีการสะสมปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดในพื้นที่กันชน (45%, 56.27 ต้นต่อเฮกแตร์) ขณะที่พฤษภมีการสะสมปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดในพื้นที่แกนกลาง (22%, 44.01 ต้นต่อเฮกแตร์) (Table 2) ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระบุว่า มีเพียงขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของ

พรรณไม้ทั้งในเขตแกนกลางและเขตกันชน ($R > 0.8$, $p < 0.001$) (Figure 5) ป่าเต็งรังในเขตแกนกลางที่แสดงลักษณะของระบบนิเวศป่าไม้ที่สมบูรณ์นั้นมีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพเหนือดินได้ดีกว่าเขตกันชน

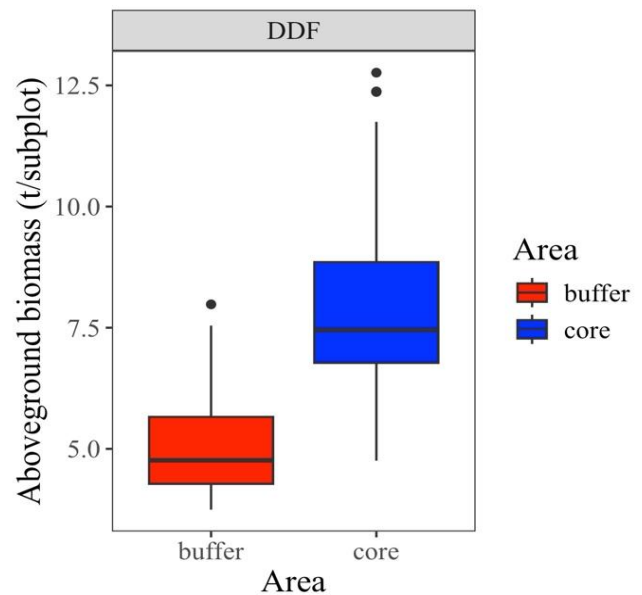


Figure 4 Comparison of aboveground biomass between buffer and core areas in HTT

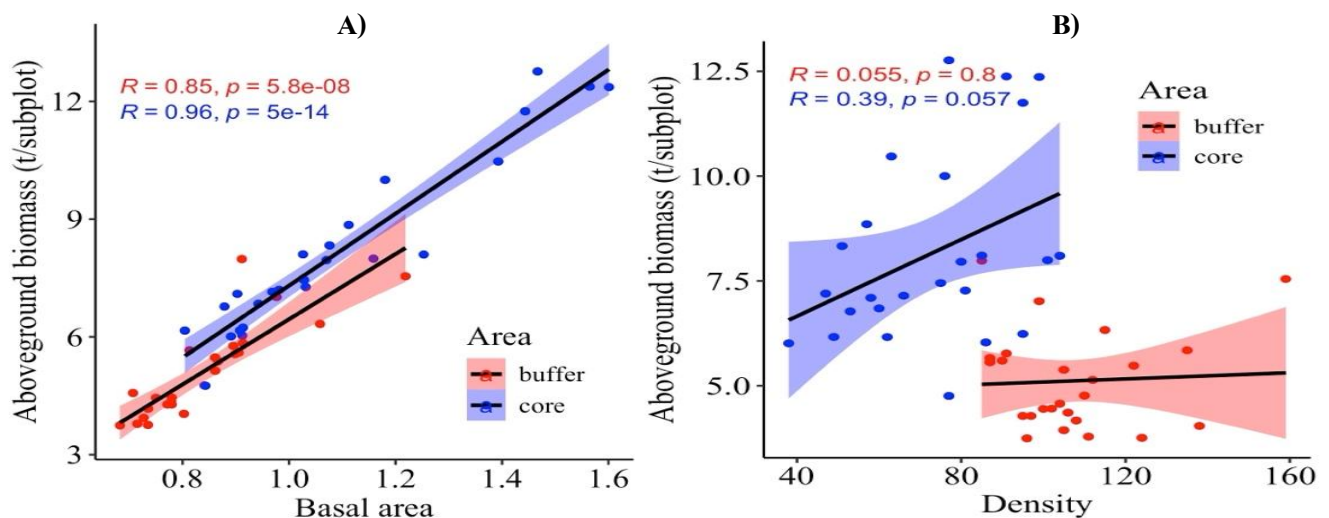


Figure 5 Spearman's correlation analysis between aboveground biomass and horizontal forest structures in buffer and core areas in HTT: A) density and B) basal area.

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินกับโครงสร้างป่า พบว่า มีเพียงขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน สะท้อนให้เห็นว่าป่าไม้ที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ดี (Luyssaert *et al.*, 2008; Stephenson *et al.*, 2014) และสอดคล้องกับการศึกษา Mohanta *et al.* (2020) ที่ระบุว่า ขนาดพื้นที่หน้าตัดถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการระบุศักยภาพของปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินในแต่ละชนิด กลุ่มไม้ท้องถิ่นอย่างเหียง เต็ง รัง รวมถึงพฤษภที่มีสัดส่วนการสะสมมวลชีวภาพเหนือดินค่อนข้างสูง จึงถือเป็นไม้ที่มีความสำคัญต่อการบริการทางระบบนิเวศที่ควรได้รับการอนุรักษ์ไว้โดยเฉพาะในด้านการสะสมมวลชีวภาพซึ่งนำไปสู่ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน อย่างไรก็ตาม การที่ป่าไม้มีความหนาแน่นของต้นไม้มากเกินไป นอกจากจะทำให้โครงสร้างป่าไม่สมดุลแล้ว อาจไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพที่ดี ดังนั้น อิทธิพลจากการรบกวนไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างป่า ยังมีผลต่อศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพเหนือดินของป่าเต็งรังในพื้นที่สงวนชีวมณฑลแห่งนี้อีกด้วย

สรุป (Conclusion)

โครงสร้าง องค์ประกอบชนิด และมวลชีวภาพเหนือดินของพรรณไม้ป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง มีความแปรผันไปตามแต่ละเขตพื้นที่ พื้นที่แกนกลางที่ปราศจากการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์สะท้อนให้เห็นถึงระบบนิเวศที่ไม่มีการรบกวน ไม้ว่าจะเป็น

ในด้านโครงสร้าง (ความหนาแน่น และพื้นที่หน้าตัด) ความหลากหลายชนิด รวมไปถึงปริมาณมวลชีวภาพ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของการรบกวนที่มีผลเชิงลบต่อโครงสร้างป่า องค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ และมวลชีวภาพเหนือดินอย่างชัดเจน ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นฐานในการวางแผนการอนุรักษ์และจัดการป่าเต็งรังในพื้นที่ได้ กระบวนการฟื้นฟูป่าภายหลังการรบกวนเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่การอนุรักษ์ป่าธรรมชาติดั้งเดิมให้มีสภาพที่สมบูรณ์อาจมีความสำคัญกว่าเมื่อพิจารณาในบริบทของการบริการระบบนิเวศต่าง ๆ (Ecosystem services) ที่ป่าธรรมชาติสามารถมอบให้ได้ โดยเฉพาะศักยภาพในการสะสมปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินที่มีมากในไม้ขนาดใหญ่

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ภายใต้กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม แผนงานวิจัยการบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อยกระดับการเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง (References)

- Bullock, S. H., H. A. Mooney & E. Medina. 1995. *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bunyavejchewin, S., P. J. Baker & S. J. Davies. 2011. *Seasonally dry tropical forests in*

- continental Southeast Asia: structure, composition and dynamics. pp. 9–35. In McShea, W., S. J. Davies & N. Bhumpakphan (eds.) **The ecology and conservation of seasonally dry forests in Asia**. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington (DC).
- Bunyavejchewin, S., J. V. LaFrankie, P. J. Baker, M. Kanzaki, P.S. Ashton & T. Yamakura. 2003. Spatial distribution patterns of the dominant canopy dipterocarp species in a seasonal dry evergreen forest in western Thailand. **Forest Ecology and Management** 175(1-3): 87–101. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00126-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00126-3)
- Castillo-Campos, G., G. Halffter & C. E. Moreno. 2008. Primary and secondary vegetation patches as contributors to floristic diversity in a tropical deciduous forest landscape. **Biodiversity and Conservation** 17: 1701–1714. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9375-7>
- Chaisunthornkitti, T., K. Duangsathaporn, P. Prasomsin & A. Y. Omule. 2013. Vegetation dynamics over a 10-year period in a dry dipterocarp forest in Mae-Huad sector, Ngao demonstration forest, Lampang province. **Thai Journal of Forestry** 32: 152–161. (in Thai)
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi & T. Kira. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia** 145: 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave, J., D. Coomes, S. Jansen, S. L. Lewis, N. G. Swenson & A. E. Zanne. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters** 12(4): 351–366. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P. M. Fearnside & R. C. Goodman. 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>
- Curtis, J. T. & R. P. McIntosh. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology** 31(3): 434–455. <https://doi.org/10.2307/1931497>

- Gardner, S., P. Sidisunthorn & V. Anusarnsunthorn. 2000. **A field guide to forest trees of northern Thailand**. Bangkok: Kobfai Publishing Project.
- Kent, M. 2011. **Vegetation description and data analysis: a practical approach**. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Lamotte, S., J. Gajaseneni & F. Malaisse. 1998. Structure diversity in three forest types of north-eastern Thailand (Sakaerat Reserve, Pak Tong Chai). **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement** 2(3): 192–202.
- Larpkern, P., M. Eriksen & P. Waiboonya. 2017. Diversity and uses of tree species in the deciduous dipterocarp forest, Mae Chaem District, Chiang Mai Province, Northern Thailand. **Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)** 25(3): 43–55.
- Li, J., Z. Ren & Z. Zhou. 2006. Ecosystem services and their values: a case study in the Qinba mountains of China. **Ecological Research** 21: 597–604. <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0148-z>
- Luyssaert, S., E. D. Schulze, A. Börner, A. Knohl, D. Hessenmöller, B. E. Law, P. Ciais & J. Grace. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. **Nature** 455(7210): 213–215. <https://doi.org/10.1038/nature07276>
- R Core Team. 2025. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available source: <https://www.R-project.org/>. (Accessed: September 12, 2024)
- Majumdar, K., U. Shankar & B. K. Datta. 2012. Tree species diversity and stand structure along major community types in lowland primary and secondary moist deciduous forests in Tripura, Northeast India. **Journal of Forestry Research** 23(4): 553–568. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-012-0295-8>
- Manokaran, N., J. V. Lafrankie, K. M. Kochummen, E. S. Quah, J. F. Klahn, P. S. Ashton, S. P. Hubbell & H. T. Chan. 1990. **Methodology for the fifty hectare research plot at Pasoh Forest Reserve**. Malaysia: Research Pamphlet– Forest Research Institute Malaysia.
- Marod, D., U. Kutintara, C. Yarwudhi, H. Tanaka & T. Nakashisuka. 1999. Structural dynamics of a natural mixed deciduous forest in western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10(6): 777–786. <https://doi.org/10.2307/3237302>
- Meng, J., Y. Lu, X. Lei & G. Liu. 2011. Structure and floristics of tropical forests and their implications for restoration of degraded forests of China's Hainan Island. **Tropical Ecology** 52(2): 177–191.

- Mohandass, D., A. C. Hughes, B. Mackay, P. Davidar & T. Chhbra. 2016. Floristic species composition and structure of a mid-elevation tropical montane evergreen forests (sholas) of the western ghats, southern India. **Tropical Ecology** 57(3): 533–543.
- Mohanta, M. R., A. Mohanta, U. Mohapatra, R. C. Mohanty & S. C. Sahu. 2020. Carbon stock assessment and its relation with tree biodiversity in Tropical Moist Deciduous Forest of Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. **Tropical Ecology** 61(4): 497–508. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00111-8>
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. **Annual review of ecology and systematics** 67–88. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.1101.86.000435>
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, K. Roeland, P. Legendre, D. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, *et al.* 2020. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.5–7. Available source: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan> (Accessed: September 12, 2024)
- Pandey, S. K. & R. P. Shukla. 2001. Regeneration strategy and plant diversity status in degraded sal forests. **Current Science** 95–102.
- Pongpattananurak, N. 2014. Prioritizing forest complexes of Thailand using landscape metrics. **Thai Journal of Forestry** 33(2): 61–76. (in Thai)
- San-José, M., L. Werden, C. J. Peterson, F. Oviedo-Brenes & R. A. Zahawi. 2021. Large tree mortality leads to major aboveground biomass decline in a tropical forest reserve. **Oecologia** 197(3): 795–806. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-05048-w>
- Shorohova, E., T. Kuuluvainen, A. Kangur & K. Jõgiste. 2009. Natural stand structures, disturbance regimes and successional dynamics in the Eurasian boreal forests: a review with special reference to Russian studies. **Annals of Forest Science** 66(2): 1–20. <https://doi.org/10.1051/forest/2008083>
- Stephenson, N. L., A. J. Das, R. Condit, S. E. Russo, P. J. Baker, N. G. Beckman, D. A. Coomes, E. R. Lines, *et al.* 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature** 507(7490): 90–93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- Thai-utsa, B. 1968. **Structural characteristics of dry dipterocarp forest, Haui-Thark, Ngao, Lampang**. M. S. thesis, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Thammanu, S. 2021. **Effect of community forest management on biodiversity and utilization of non-timber forest products in northern Thailand**. Ph.D. dissertation, Graduate school, Seoul National University, Seoul, South Korea.

Thammanu, S., D. Marod, H. Han, N. Bhusal, L. Asanok, P. Ketdee, N. Gaewsingha, S. Lee & J. Chung. 2021. The influence of environmental factors on species composition and distribution in a community forest in Northern Thailand. **Journal of Forestry Research** 32(2): 649–662. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01239-y>

Tilman, D. & S. Pacala. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. Pp 13–25. *In*: Ricklefs R, Schluter D (eds) **Species diversity in Ecological communities: historical and geographical perspectives**. The University of Chicago Press, Chicago,

van Der Velden, N., J. W. F. Slik, Y.-H. Hu, G. Lan, L. Lin, X. Deng & L. Poorter. 2014. Monodominance of *Parashorea chinensis* on fertile soils in a Chinese tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 30(4): 311–322. <https://doi.org/10.1017/S0266467414000212>

Whitmore, T. C. 1990. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon Press.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินสภาพความรุนแรงของพืชต่างถิ่นรุกรานในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ
พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่เกรือฟ้า อุดคำเที่ยง¹, วีรนนท์ ไชยมณี², สุธีระ เหมอิก³ และ ต่อลาก คำโย^{4*}

รับต้นฉบับ: 3 เมษายน 2568

ฉบับแก้ไข: 16 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์: 19 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาวได้รับการประกาศเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลแห่งที่ 5 ของประเทศ ถือเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญของระบบนิเวศทางบก เนื่องจากพบพืชใกล้สูญพันธุ์ (Endangered plant species) และพืชถิ่นเดียว (Endemic plant) เป็นจำนวนมาก ปัจจุบันพบพื้นที่ที่มีแนวโน้มถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ การสูญเสียพื้นที่ป่า รวมถึงการรุกรานของชนิดพืชต่างถิ่นสูงชัน ซึ่งพืชต่างถิ่นรุกรานส่วนใหญ่มีการรบกวนทำให้พืชท้องถิ่นกระจายพันธุ์ได้ไม่ดี เนื่องจากพืชกลุ่มนี้มีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยาที่เฉพาะ เมื่อพืชต่างถิ่นเข้ายึดครองจึงอาจถูกรบกวนได้ง่าย การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลาย และประเมินสถานภาพของพืชต่างถิ่นรุกรานในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการ: ทำการวางแผนสำรวจเป็นระบบ (Systematic sampling plot) ขนาดแปลงตัวอย่าง 1 เมตร×1 เมตร ตามระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยวางแผนสำรวจทุก ๆ ความสูง 100 เมตร รวมทั้งหมด 34 แปลง เก็บบันทึกข้อมูลพรรณพืชทุกชนิด ทุกวิสัยพืช และนับจำนวนพรรณพืชที่ปรากฏในแปลงสำรวจ โดยการถ่ายภาพและเก็บตัวอย่างพรรณพืช จากนั้นนำมาจำแนกชนิดที่มีสถานภาพเป็นพืชต่างถิ่นรุกราน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลความหนาแน่นของพืชที่พบในแต่ละช่วงชั้นความสูงจากน้ำทะเล ค่าดัชนีความหลากหลาย ค่าดัชนีความสำคัญ และจำแนกสถานภาพของพืชต่างถิ่นรุกราน ตามสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

ผลการศึกษา: พบชนิดพรรณพืชทั้งหมด 73 ชนิด 64 สกุล ใน 34 วงศ์ มีค่าความหลากหลายเท่ากับ 2.672 และจำแนกเป็นชนิดพืชต่างถิ่นรุกราน 7 ชนิด 7 สกุล ใน 4 วงศ์ มีค่าความหลากหลายชนิดเท่ากับ 0.647 โดยพรรณพืชที่มีความสำคัญที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สาบหมา (*Ageratina adenophora*) ปิ่นนกลี (*Bidens pilosa*) และผักปลาบ (*Commelina benghalensis*) ชนิดพืชต่างถิ่นรุกรานที่พบ ได้แก่ สาบหมา (*Ageratina adenophora*) ปิ่นนกลี (*Bidens pilosa*) บัวตอง (*Tithonia diversifolia*) หญ้าคา (*Imperata cylindrica*) ผักแว่นดอย (*Parochetus communis*) หญ้าขัดมอญ (*Sida acuta*) และหญ้าขัดใบใหญ่ (*Malvastrum coromandelianum*) ช่วงระดับความสูงจากน้ำทะเล

ที่พบการกระจายของพืชต่างถิ่นรุกรานมากที่สุด คือ 1,500 เมตร พบจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ สาบหมา (*Ageratina adenophora*) หญ้าคา (*Imperata cylindrica*) บัวตอง (*Tithonia diversifolia*) และปิ่นนกลี (*Bidens pilosa*) โดยมีค่าความสำคัญเท่ากับร้อยละ 14.24, 9.72, 8.42, และ 4.52 ตามลำดับ เมื่อนำมาประเมินสถานภาพความรุนแรงของพืชต่างถิ่นรุกรานตามลำดับชั้นความสูงตามค่าความหนาแน่น และค่าความสำคัญ พบว่าสาบหมา มีสถานภาพรุกรานรุนแรงมาก รองลงมาคือ ปิ่นนกลี และหญ้าคา มีสถานภาพรุกรานปานกลาง หญ้าขี้มอญ และหญ้าขี้มอญใบใหญ่ มีสถานภาพรุกรานรุนแรง บัวตองมีสถานภาพรุกรานน้อย และผักแว่นดอย มีสถานภาพรุกรานน้อยมาก การกระจายของชนิดพืชต่างถิ่นนั้นอาจเป็นการรบกวนการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพืชเฉพาะถิ่นหรือพืชท้องถิ่นไม่มากนัก และอาจถูกนำมาจากกิจกรรมนันทนาการของนักศึกษาธรรมชาติ เจ้าหน้าที่ และนักท่องเที่ยวทั่วไปในการใช้เส้นทางศึกษาธรรมชาติบริเวณดอยหลวงเชียงดาว

สรุป: พืชต่างถิ่นรุกรานที่พบบริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาวมีการกระจายทุกช่วงชั้นความสูง และสาบหมาเป็นชนิดที่มีสถานภาพรุกรานรุนแรงมาก ดังนั้น จึงควรเร่งกำหนดแผนการบริหารจัดการทั้งเพื่อป้องกัน การรณรงค์ให้สังคมตระหนักถึงวิกฤติที่จะเกิดขึ้น รวมถึงการติดตามและแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของพืชต่างถิ่นรุกราน เพื่อคุ้มครองความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศของพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาวให้คงอยู่ต่อไป

คำสำคัญ: พืชต่างถิ่นรุกราน การประเมินความรุนแรง สังคมกึ่งอัลไพน์ ความหลากหลายชนิดพรรณพืช

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140

² สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140

³ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

⁴ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ. แพร่ 54140

* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: torlar66@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6271>

ORIGINAL ARTICLE

**Assessment of Invasive Species Severity along the Nature Trail
at the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province**

Khruaefa Utkhamthiang¹, Veeranan Chaimanee², Sutheera Hermhuk³, and Torlarp Kamyo^{4*}

Received: 3 April 2025

Revised: 16 May 2025

Accepted: 19 May 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Doi Chiang Dao Biosphere Reserve has been officially declared as the fifth Biosphere Reserve of Thailand, representing a critically important terrestrial ecosystem due to its significant number of endangered and endemic plant species. This designation highlights its crucial role in biodiversity conservation at both national and global scales. However, the area faces increasing threats from human activities, habitat degradation, and biological invasions. Among these threats, invasive alien plant species are particularly concerning due to their rapid spread and potential to disrupt local ecosystems, negatively affecting native biodiversity. Understanding the presence and impact of invasive plants is essential for effective conservation management. Thus, this study aimed to comprehensively examine diversity, distribution, and assess the status and severity of invasive alien plants along the nature trails within the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve in Chiang Mai Province.

Methodology: The research employed a systematic sampling plot approach along a clearly defined elevational gradient. Sampling plots measuring of $1 \times 1 \text{ m}^2$ were systematically established every 100 meter above sea level, ranging from the lower altitudinal limits up to the higher altitudinal zones within the study area. This sampling protocol resulted in a total of 34 distinct plots covering various elevational habitats and ecosystems. Within each sampling plot, detailed data collection was performed, documenting all plant species encountered regardless of their growth forms or life histories, including herbs, shrubs, grasses, and other vegetation types. Plant data collection involved comprehensive photographic documentation, precise counts of individual plants per species, and careful specimen collection for later taxonomic identification. Subsequent plant identification was rigorously conducted using reference materials and confirmed with experts when necessary. Identified species were systematically analyzed to quantify density and abundance, calculate indices of species diversity and importance value, and classify invasive alien species according to established guidelines provided by

Thailand's Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning and the Department of National Parks, Wildlife, and Plant Conservation.

Main Results: The detailed botanical survey identified a total of 73 plant species belonging to 64 genera and 34 families within the sampled plots, indicating a substantial degree of floristic richness and diversity with an overall diversity index of 2.672. Among these identified species, seven invasive alien plant species from seven genera and four families were specifically recognized, contributing to an invasive species diversity index of 0.647. The most significant invasive alien species identified based on their ecological impact and calculated importance values were *Ageratina adenophora*, *Bidens pilosa*, and *Commelina benghalensis*. Additional invasive alien plant species recorded included *Tithonia diversifolia*, *Imperata cylindrica*, *Parochetus communis*, *Sida acuta*, and *Malvastrum coromandelianum*. The analysis of distribution patterns revealed that invasive alien plant species were predominantly observed at elevations around 1,500 meters above sea level. At this elevation, four invasive species exhibited particularly high occurrence rates, namely *Ageratina adenophora*, *Tithonia diversifolia*, *Imperata cylindrica* and *Bidens pilosa*, each having respective importance values of 14.24%, 8.42%, 9.72%, and 4.52%, respectively. This indicated that mid-elevation zones within the reserve were particularly vulnerable to biological invasions. Assessments of invasiveness severity, based on species density and their ecological importance, demonstrated that *Ageratina adenophora* was classified as highly invasive, significantly threatening native plant communities. The species *Bidens pilosa* and *Imperata cylindrica* showed moderate invasiveness levels, while *Sida acuta*, *Malvastrum coromandelianum*, and *Tithonia diversifolia* were categorized as severely invasive, though at a slightly lesser intensity compared to *Ageratina adenophora*. The *Parochetus communis* was the least invasive species detected, presenting minimal ecological disturbance. The presence and spread of invasive alien plant species within the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve have significant implications for biodiversity conservation. Invasive plants compete directly with native and endemic species for essential resources such as nutrients, light, water, and space, potentially disrupting native ecological processes and reducing habitat quality for local flora and fauna. Human-mediated activities, including tourism, agricultural practices, and other anthropogenic disturbances, were identified as probable contributing factors to the dispersal and proliferation of these invasive plants. Furthermore, invasive alien plants can significantly alter ecosystem functions such as nutrient cycling, hydrology, soil erosion patterns, and even increase fire susceptibility. The dominance of invasive species at mid-elevational ranges suggests ecological niches that are highly vulnerable, possibly due to disturbed habitats

and favorable climatic conditions. Effective management strategies must therefore consider specific ecological dynamics, elevational gradients, and potential anthropogenic drivers to mitigate the spread and establishment of invasive plants.

Conclusion: The results of this extensive study clearly indicated that invasive alien plants are widespread along the nature trails within the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, particularly at mid-elevation areas. Species of *Ageratina adenophora* emerged as the most severely invasive species, presenting an immediate and substantial threat to local biodiversity. Therefore, it is critical to establish targeted management practices, including early detection, regular monitoring, physical removal, public awareness campaigns, and strict control measures. By implementing comprehensive management strategies, stakeholders can mitigate the adverse impacts of invasive plants and effectively safeguard the ecological integrity and biodiversity of the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve for future generations.

Keywords: Invasive species, assessment of severity, sub-alpine forest, plant biodiversity

¹ Department Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

² Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

³ Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province 50290, Thailand

⁴ Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: torlar66@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6271>

คำนำ (Introduction)

พืชต่างถิ่นรุกรานถือเป็นภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพรองจากการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยพืชเหล่านี้สามารถกระจายพันธุ์ได้เองเติบโตเร็วในพื้นที่เปิดโล่ง และมักมีลักษณะเหมือนวัชพืช เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น แสงและความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้น พืชเหล่านี้จะขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้พืชต่างถิ่นสามารถแข่งขันกับพืชพื้นเมืองและเข้ายึดครองพื้นที่ได้ (Khamyong *et al.*, 2003; Poopath, 2013) การแพร่กระจายของพืชต่างถิ่นเหล่านี้ส่งผลให้พืชพื้นเมืองรวมถึงพืชใกล้สูญพันธุ์อาจลดจำนวนลง และในที่สุดบางชนิดอาจสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ นอกจากนี้ การรุกรานของพืชต่างถิ่นยังส่งผลกระทบต่อสัตว์ป่า เนื่องจากแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยถูกทำลาย ทำให้จำนวนสัตว์ลดลงหรือย้ายถิ่นฐาน โดยเฉพาะสัตว์ป่าที่ต้องการถิ่นอาศัยเฉพาะ เช่น กวางผาและเลียงผา (Srijan *et al.*, 2023)

ดอยเชียงดาวเป็นพื้นที่เดียวในประเทศไทยที่มีสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ ซึ่งเชื่อมโยงกับภูมิภาคหิมาลัยและจีนตอนใต้ ด้วยความสูง 2,225 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2023) ได้รับการประกาศเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว โดยองค์การยูเนสโก เมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2564 (UNESCO, 2021) ถือเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลแห่งที่ 5 ของประเทศไทย ดอยเชียงดาวเป็นภูเขาหินปูนที่สูงที่สุดในประเทศ และสูงเป็นลำดับที่ 3 รองจากดอยอินทนนท์และดอยผ้าห่มปก พื้นที่

นี้ยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าสงวนหายาก เช่น กวางผาและเลียงผา รวมถึงพืชใกล้สูญพันธุ์พืชถิ่นเดียว และพืชชนิดใหม่ของโลกอีกหลายชนิด นอกจากนี้ความสำคัญทางนิเวศวิทยาแล้ว ดอยหลวงเชียงดาวยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติที่ได้รับความนิยมมาก โดยมีเส้นทางศึกษาธรรมชาติระยะทาง 8.5 กิโลเมตร เปิดให้นักศึกษาธรรมชาติขึ้นสำรวจในช่วงเดือนพฤศจิกายน – กุมภาพันธ์ ของทุกปี (Chawhia *et al.*, 2025)

ดังนั้น การสำรวจและศึกษาการกระจายของพืชต่างถิ่นรุกรานในพื้นที่นี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วน เพื่อประเมินสถานภาพและความรุนแรงของการรุกรานที่จะเกิดขึ้น วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อต้องการทราบความหลากหลายชนิดพืช และประเมินสถานภาพของพืชต่างถิ่นรุกราน บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติ พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ ป้องกัน และแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของพืชต่างถิ่นรุกราน เพื่อคุ้มครองระบบนิเวศของดอยเชียงดาวให้คงอยู่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว มีความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งด้านป่าไม้และสัตว์ป่าค่อนข้างสูง ป่าดอยเชียงดาวมีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงชันและสลับซับซ้อน ยอดเขาที่สูงที่สุดคือ ยอดดอยหลวงเชียงดาว มีความสูง 2,225 เมตร ได้รับการประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอย

เชียงดาว เมื่อปี พ.ศ. 2521 มีพื้นที่ 325,625 ไร่ โดยได้มีการกำหนดบริเวณที่อนุญาตให้มีกิจกรรมศึกษาธรรมชาติที่ไม่ทำอันตรายต่อสัตว์ป่าและคุกคามถิ่นอาศัยของสัตว์ป่า คือ บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าห้วยขุนแม่ออก (เด่นหญ้าขัด) เส้นทางศึกษาธรรมชาติคอยหลวงเชียงดาว จุดพักแรมอ่างสลุง และยอดคอยหลวงเชียงดาว ระยะทาง 8.5 กิโลเมตร (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2023)

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

1 วางแปลงสำรวจเป็นระบบ (Systematic sampling plot) ขนาดแปลงตัวอย่าง 1 เมตร×1 เมตร (Zhao *et al.*, 2022) ตามความสูงจากระดับน้ำทะเล ตั้งแต่ระดับชั้นความสูง 1,400 เมตร – 2,200 เมตร เนื่องจากเป็นเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติที่เป็นเส้นทางถาวร ที่วางแผนไว้ได้สันเขาตามระดับความสูงจากน้ำทะเลจากจุดเริ่มต้นจนถึงยอดสูงสุด และ

มีรายงานจากเจ้าหน้าที่ และนักวิชาการบางส่วนว่าพบการกระจายของพืชต่างถิ่นรุกรานตามเส้นทางนี้ โดยสุ่มวางแปลงสำรวจทุก ๆ ความสูง 100 เมตร จุดละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 34 แปลง (Figure 1)

2 ในแต่ละแปลงสำรวจ ทำการเก็บข้อมูลพรรณพืชทุกชนิด ทุกวิสัยพืช นับจำนวนที่ปรากฏ และนามาระบุนชนิด โดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านพรรณพืช จากสำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

3 ตรวจสอบข้อมูลชนิดพรรณพืชต่างถิ่นรุกราน จากบัญชีพืชต่างถิ่นรุกรานในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2013) และคู่มือทะเบียนชนิดพันธุ์พืชต่างถิ่นรุกราน ที่ควรป้องกัน ควบคุม และกำจัดของประเทศไทยเฉพาะรายการที่ 1 และ 2 (Office of National Resources and Environmental Policy and Planning, 2018)

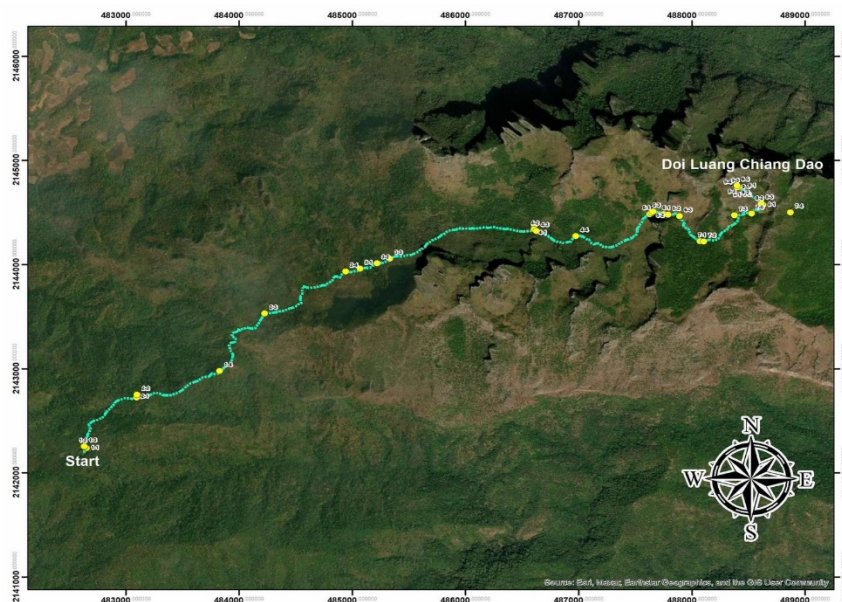


Figure 1 Sampling plots for observing invasive alien species along the nature trail of Doi Luang Chiang Dao.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1 ทำการวิเคราะห์ความเด่นของชนิดพืช โดยคำนวณค่าดัชนีความสำคัญ (Important value index, IVI) โดยเป็นการนำผลรวมค่าความสัมพัทธ์ สองค่าของแต่ละชนิดพืชในสังคม คือ ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) และ ค่าความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) หรือ $IVI = RD + RF$ (Marod & Kutintara, 2009)

2 ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดดัชนี (Species diversity index) โดยสมการของ Shannon-Wiener (Marod & Kutintara, 2009) ดังนี้

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

3. ประเมินความรุนแรงของการแพร่ระบาดของพืชแต่ละชนิดที่ปรากฏในแต่ละระบบนิเวศตามหลักเกณฑ์ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช โดยพิจารณาจากค่าความสำคัญ (IVI) และลำดับความสำคัญของพืชต่างถิ่นรุกรานที่ปรากฏ (Table 1) ซึ่งได้ศึกษาพืชต่างถิ่นรุกรานในกลุ่มป่าแก่งกระจาน (Withayawongruchi *et al.*, 2019) และทำการประเมินเป็นค่าร้อยละของการกระจายตามกลุ่มพืชตามช่วงระดับความสูง

Table 1 Criteria for classifying the invasion levels of invasive alien plants based on Poopath (2013)

Description	IV Value	Status	Symbol
Alien plants that require human care, have poor natural reproduction, and do not spread beyond cultivated areas.	-	Non-invasive	Ex
Very low population and limited spread, rarely found, relatively rare in the ecosystem.	<5	Minimally invasive	Inv1
Low population and limited spread, generally found but not abundant in the ecosystem.	≥5 - 10	Low invasive	Inv2
Moderate population and spread, commonly found in the ecosystem.	≥10 - 20	Moderately invasive	Inv3
Moderate population and spread, commonly found in the ecosystem but not dominant.	≥20	Highly invasive	Inv4
High population and widespread, becoming a dominant species in the ecosystem.	≥20	Very highly invasive	Inv5

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. ความหลากหลายชนิดพืชในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ

พบพรรณพืช ทั้งหมดจำนวน 73 ชนิด 64 สกุล 34 วงศ์ โดยพรรณพืชที่มีความสำคัญที่สุด

5 อันดับแรก ได้แก่ สาบหมา (*Ageratina adenophora*) ปีนนกลี้น (*Bidens pilosa*) ผักปลาบ (*Commelina benghalensis*) หญ้าก้านพวง (*Justicia procumbens*) และเกล็ดหอยคอย (*Drymaria*

diandra) ตามลำดับ ค่าความหลากหลาย (Shannon Index) เท่ากับ 2.672 แสดงถึงความหลากหลายที่อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่ง สาบหมา และปิ่นนกลี ที่มี ความสำคัญสูงสุดตามลำดับแสดงถึงความสามารถ ในการเจริญเติบโตและแพร่กระจายได้ดีในพื้นที่ที่มีความ หลากหลายของสภาพแวดล้อมตามระดับ ความสูงจากน้ำทะเล

ความหนาแน่นของพรรณพืชมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สาบหมา ปิ่นนกลี เกล็ดหอย ดอย ผักปลา และหญ้าง้านม่วง โดยมีค่าความ หนาแน่นเท่ากับ 326,764.71, 50,294.12, 45,882, 45,294.12 และ 44,705.88 ต้นต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ขณะที่ ความถี่ของพรรณพืชที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สาบหมา ผักปลา ปิ่นนกลี หญ้าง้าน ม่วง และพญาแดง มีค่าเท่ากับ 12.00%, 6.50%, 6.00%, 3.50% และ 3.00% ตามลำดับ (Table 2)

การที่ สาบหมา และ ปิ่นนกลี มีค่าความ หนาแน่นสูงสุด แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวที่มี ประสิทธิภาพในพื้นที่ ซึ่งเป็นสัญญาณของการมี บทบาทสำคัญในระบบนิเวศและสามารถ เจริญเติบโตได้ดีตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมทาง นิเวศวิทยาของพื้นที่ (Do *et al.*, 2017) ความถี่ของ พรรณพืชแสดงให้เห็นว่าพรรณพืชหลายชนิด เช่น สาบหมา และผักปลา พบได้บ่อยในพื้นที่ แสดง ถึงความสามารถในการปรับตัวที่ดีในระบบนิเวศ ซึ่งเป็นที่น่ากังวลเนื่องจากการรุกรานในปัจจุบัน และสามารถแพร่กระจายได้ในอนาคต

จากค่าดัชนีความหลากหลาย อาจสะท้อนถึง ความสมดุลทางชีวภาพในพื้นที่นั้น การที่มีความ

หลากหลายชนิดที่มากพอสมควรเป็นสัญญาณว่าระบบ นิเวศในพื้นที่สามารถรองรับพันธุ์พืชได้หลากหลาย ซึ่งส่งผลดีต่อความมั่นคงของระบบนิเวศ (Benedetti *et al.*, 2024) ในส่วนของค่า IVI ของพรรณพืชที่พบ มากที่สุด 5 อันดับ คือ สาบหมา ผักปลา ปิ่นนกลี หญ้าง้านม่วง และพญาแดง โดยมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 52.64, 12.25, 12.13, 9.06 และ 8.21 ต้นต่อ เฮกเตอร์ ตามลำดับ (Table 2) ค่า IVI ของพืชต่างถิ่น รุกรานที่พบมากที่สุด ได้แก่ สาบหมา และผักปลา ซึ่งถือเป็นพรรณพืชที่มีมากในระบบนิเวศ เนื่องจาก ค่า IVI นี้สะท้อนถึงการมีบทบาทสำคัญของพรรณ พืชในด้านการผลิตชีวมวลและอาจเป็นพืชอาหาร สำหรับสัตว์ป่าบางชนิด (Lohbeck *et al.*, 2016) ค่า IVI ที่สูงแสดงให้เห็นว่า พรรณพืชเหล่านี้มี แนวโน้มที่จะเข้าครอบครองพื้นที่นั้น ๆ ด้วย

เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของ พรรณพืชต่อพืช พบว่า ชนิดที่ไม่ใช่พืชต่างถิ่น รุกราน มีความหนาแน่นร้อยละ 50.46 ส่วนพืชต่าง ถิ่นรุกรานมีความหนาแน่นร้อยละ 49.52 แสดงให้ เห็นว่าร้อยละระหว่างการปรากฏของชนิดพืชทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นความท้าทายใน การจัดการพืชต่างถิ่น ในพื้นที่นี้ ที่อาจมีผลกระทบ ต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาว โดยมีการ ศึกษาของ Boadie-Ampong & Nishi (2024) ได้ ยืนยันว่าพืชต่างถิ่นรุกรานสามารถทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของระบบนิเวศได้ และ ต้องการการควบคุมพืชกลุ่มนั้น ๆ เพื่อป้องกัน ผลกระทบของกลุ่มชนิดต่างถิ่นรุกรานในอนาคต

Table 2 List of plant species found along the nature trail in the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province, at different elevation ranges; frequency (F, %), density (D, individual.ha⁻¹), relative frequency (RF, %), relative density (RD, %), and importance value index (IVI, %), respectively.

No.	Botanical name	Family	F	D	RF	RD	IVI
1	<i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) R. M. King & H. Rob.	Asteraceae	70.59	326,764.71	12.00	40.64	52.64
2	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	35.29	50,294.12	6.00	6.25	12.25
3	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Commelinaceae	38.24	45,294.12	6.50	5.63	12.13
4	<i>Justicia procumbens</i> L.	Acanthaceae	20.59	44,705.88	3.50	5.56	9.06
5	<i>Drymaria diandra</i> Blume.	Caryophyllaceae	14.71	45,882.35	2.50	5.71	8.21
6	<i>Androsace axillaris</i> (Franch.) Franch	Primulaceae	11.76	32,941.18	2.00	4.10	6.10
7	<i>Isodon hispidus</i> (Benth.) Murata	Lamiaceae	8.82	21,176.47	1.50	2.63	4.13
8	<i>Persicaria chinensis</i> (L.) Nakai var. <i>chinensis</i>	Polygonaceae	17.65	8,529.41	3.00	1.06	4.06
9	<i>Arthraxon</i> sp.	Poaceae	14.71	11,470.59	2.50	1.43	3.93
10	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Amaranthaceae	11.76	14,705.88	2.00	1.83	3.83
11	<i>Sedum sarmentosum</i> Bunge.	Crassuraceae	5.88	22,058.82	1.00	2.74	3.74
12	<i>Cyanotis thwaitesii</i> Hassk.	Commelinaceae	14.71	9,117.65	2.50	1.13	3.63
13	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P.Beauv.	Poaceae	11.76	9,411.76	2.00	1.17	3.17
14	<i>Valeriana</i> sp.	Caprifoliaceae	5.88	15,294.12	1.00	1.90	2.90
15	<i>Actinoscirpus grossus</i> (L. f.)	Cyperaceae	14.71	2,941.18	2.50	0.37	2.87
16	<i>Carex baccans</i> Nees.	Cyperaceae	8.82	7,941.18	1.50	0.99	2.49
17	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	11.76	3,823.53	2.00	0.48	2.48
18	<i>Impatiens chiangdaoensis</i> T.	Balsaminaceae	11.76	3,529.41	2.00	0.44	2.44
19	<i>Croton stellatopilosus</i> H. Ohba	Euphorbiaceae	8.82	6,176.47	1.50	0.77	2.27
20	<i>Torenia</i> sp.	Linderniaceae	2.94	13,235.29	0.50	1.65	2.15

2. การกระจายของชนิดพืชต่างถิ่น

การกระจายประชากรของชนิดพืชต่างถิ่นในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ตามระดับความสูงเมื่อพิจารณาสัดส่วนระหว่างชนิดต่างถิ่นรุกราน (Invasive alien species) และชนิดพื้นถิ่น (Native species) เปรียบเทียบกับประชากรที่พบในแต่ละระดับความสูง พบว่ามีแนวโน้มแตกต่างกัน โดยที่ระดับความสูง 1,600 เมตร มีสัดส่วน

ประชากรชนิดต่างถิ่นรุกรานต่อชนิดพื้นถิ่นสูงที่สุด (ร้อยละ 78.36) รองลงมา คือระดับความสูง 1,400 และ 1,800 เมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามระดับความสูงมีอัตราส่วนสูงเกินร้อยละ 60 รองลงมาที่ระดับความสูง 1,900 – 2,000 เมตร มีสัดส่วนอยู่ระหว่างร้อยละ 50 -60 ขณะที่ระดับความสูงอื่น ๆ มีสัดส่วนประชากรของชนิดต่างถิ่นรุกรานต่อชนิดพื้นถิ่น ต่ำกว่าร้อยละ 50 (Table 3)

Table 3 Distribution of plant species along the nature trail at the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province.

Elevation (m a.s.l.)	Total plant species		Native species			Invasive alien species		
	Species	Individuals	Species	Individuals	%	Species	Individuals	%
1,400	17	170	16	54	31.76	1	116	68.24
1,500	21	77	17	61	79.22	4	16	20.78
1,600	7	171	4	37	21.64	3	134	78.36
1,700	13	299	10	238	79.60	3	61	20.40
1,800	6	188	4	67	35.64	2	121	64.36
1,900	13	765	10	316	41.31	3	449	58.69
2,000	11	199	8	85	42.71	3	114	57.29
2,100	14	189	11	125	66.14	3	64	33.86
2,200	30	676	27	398	58.88	3	278	41.12
Total	73	2,734	69	1,381	50.51	4	1,353	49.49

เมื่อพิจารณาจากช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,400 เมตร ถึง 2,200 เมตร พบว่าจำนวนชนิดพืชต่างถิ่นมีการกระจายอยู่ค่อนข้างสูง และแนวโน้มของชนิดต่างถิ่นรุกรานก็เพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสูง (Table 3) โดยอัตราส่วนของประชากรพืชต่างถิ่นรุกรานสูงสุดพบในช่วงความสูง 1,600 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และต่ำสุดในช่วง 1,700 เมตร ข้อมูลนี้สะท้อนถึงผลกระทบของพืชต่างถิ่นรุกรานที่อาจมี

ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น (Pyšek *et al.*, 2020) เนื่องจากพืชพื้นถิ่นที่เป็นชนิดเฉพาะถิ่น (Endemic species) จะพบจำนวนชนิดมากขึ้นในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่มากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยที่ระดับความสูง 2,200 เมตร พบจำนวนชนิดพืชพื้นถิ่นสูงถึง 27 ชนิด (จากทั้งหมด 30 ชนิด) และมีประชากรค่อนข้างสูง (ร้อยละ 58.88 ของประชากรที่พบทั้งหมด) การที่พืช

พื้นดินมีจำนวนมากในพื้นที่นี้ช่วยส่งเสริมความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ และทำให้มีความสมดุลทางนิเวศวิทยาในพื้นที่สูงนี้ ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาระบบนิเวศให้คงทนและไม่ถูกคุกคามจากพืชต่างถิ่นรุกรานที่มีอิทธิพลต่อการทำลายระบบนิเวศเดิมลง (Pyšek & Richardson, 2006) ในช่วงความสูงที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,500 - 2,100 เมตร พบว่าอัตราส่วนประชากรของชนิดพืชพื้นดินมีสัดส่วนที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,700 เมตร (79.60%) และ 2,100 เมตร (66.14%) แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลที่สูงขึ้น พืชพื้นดิน (Native species) จะมีความสามารถในการแข่งขันกับพืชต่างถิ่นรุกรานมากขึ้น (Wei *et al.*, 2021) พืชต่างถิ่นรุกรานมีผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากมีความสามารถในการเติบโตและกระจายพันธุ์ที่รวดเร็ว ซึ่งอาจลดความหลากหลายของพืชพื้นดินดั้งเดิม (Nyamukanza & Sebata, 2020) ตัวอย่างเช่น ในช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลจากระดับน้ำทะเลที่ 1,900 เมตร และ 2,200 เมตร การพบพืชต่างถิ่นรุกรานยังคงสูง ซึ่งอาจเกิดจากการแพร่กระจายของพืชรุกรานต่างถิ่นที่สามารถเติบโตในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี การเฝ้าระวังและการจัดการกับพืชต่างถิ่นรุกรานเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากพืชเหล่านี้สามารถมีผลกระทบระยะยาวต่อระบบนิเวศได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (Wei *et al.*, 2020) ที่เมื่อนาคตกหากมีการเปิดพื้นที่โล่ง เหมาะสมแก่การกระจายของพืชต่างถิ่น อาจเพิ่มความเหมาะสมกับ

การรุกรานของพืชต่างถิ่นนั้น ๆ เช่นเดียวกับที่พบในงานวิจัยอื่น ๆ ของ Pyšek *et al.* (2020) การควบคุมและจำกัดการแพร่กระจายของพืชต่างถิ่นรุกรานอาจช่วยเพิ่มความยั่งยืนของระบบนิเวศในพื้นที่สูงวนชีวมณฑลนี้ได้

3. สถานภาพของพืชต่างถิ่นรุกราน

จากการประเมินสถานภาพความรุนแรงของพืชต่างถิ่นรุกรานบริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยเชียงดาว โดยพิจารณาจากค่า IVI พบว่า สาบหมา มีค่า IVI 52.64 มีสถานภาพรุกรานรุนแรงมาก รองลงมา คือ ปีนนกไผ่ ค่า IVI 12.25 มีสถานภาพรุกรานปานกลาง ส่วนชนิดพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ หญ้าคา หญ้าขี้ดมอญ หญ้าขี้ดมอญใบใหญ่ บัวตอง และ ผักแว่นดอย ค่า IVI เท่ากับ 3.17, 2.48, 1.19, 0.65 และ 0.61 % ตามลำดับ มีสถานภาพรุกรานน้อยมาก

ชนิดสาบหมา พบการกระจายทุกช่วงชั้นความสูง ช่วงชั้นที่มีค่า IVI มากที่สุด คือ ร้อยละ 101.93 คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,600 เมตร มีสถานภาพรุกรานรุนแรงมาก ส่วนช่วงความสูง 1,500 และ 1,700 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (Table 4) เนื่องจากสาบหมาชอบขึ้นตามพื้นที่โล่งแจ้ง อากาศเย็นและชุ่มชื้น ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 700 – 2,500 เมตร เป็นวัชพืชที่สำคัญบนพื้นที่สูงในเขตภาคเหนือของไทย เพราะมีการผลิตเมล็ดจำนวนมากปลิวไปตามลมได้ไกล มีเหง้าอยู่ใต้ดินทนต่อไฟป่าและความแห้งแล้ง เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะแตกขึ้นมาใหม่ (Richardson & Pyšek, 2012)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังคมพืชส่วนใหญ่เป็นป่าสนเขา และทุ่งหญ้า ซึ่งเป็นป่าที่มีเรือนยอดโปร่ง ความเข้มแสงส่องถึงพื้นได้มาก จึงเหมาะในการกระจายพันธุ์ และการตั้งตัวของพืชชนิดนี้ (Dolezal *et al.*, 2020) โดยสาบหมา เป็นชนิดที่มีความสำคัญสูง และเป็นชนิดรุกรานที่ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง (Mod *et al.*, 2020)

ชนิดปิ่นนกลี พบการกระจาย 6 ช่วงชั้น ความสูง ช่วงชั้นที่มีค่า IVI มากที่สุด คือร้อยละ 27.37 คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 2,200 เมตร มีสถานภาพรุกรานรุนแรง รองลงมา คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,700 เมตร มีค่า IVI เท่ากับร้อยละ 13.70 และ ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเล 2,100 เมตร ค่า IVI เท่ากับร้อยละ 10.58 มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (Table 4) ลักษณะของปิ่นนกลีสามารถขึ้นได้ทั่วประเทศ ทั้งในสภาพอากาศที่แห้งแล้งหรือมีฝนตกชุก ออกดอกตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน แพร่กระจายได้ดีด้วยเมล็ดที่มีหนามตะขอดิดได้ดีกับขนสัตว์ เสื้อผ้า มูลสัตว์และเศษดิน (Richardson & Rejmánek, 2011)

ชนิดหญ้าคา พบการกระจาย 4 ช่วงชั้น ความสูง ช่วงชั้นที่มีค่า IVI มากที่สุด คือร้อยละ 16.53 ได้แก่ ช่วงความสูง 1,400 เมตร มีสถานภาพรุกรานปานกลาง รองลงมา คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,600 เมตร มีค่า IVI เท่ากับร้อยละ 11.17 มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (Table 4) หญ้าคาเป็นวัชพืชที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่โล่งหรือบริเวณป่าที่ถูกทำลายได้ดีมาก มีความสามารถ

ในการกระจายพันธุ์ได้ดีทั้งจากเมล็ดโดยลมที่พัดพา เมล็ดไปได้ไกล และการแตกหน่อจากไหลทำให้สามารถปกคลุมพื้นที่ได้รวดเร็ว ปกติมักขึ้นปกคลุมเพียงชนิดเดียวทั่วทั้งพื้นที่ โดยมีการปลดปล่อยสารธรรมชาติบางชนิดที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชอื่น (Withayawongruchi *et al.*, 2019)

ชนิดหญ้าขี้ฉะมอญ พบการกระจาย 1 ช่วงชั้น ความสูง คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำ 1,800 เมตร โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับร้อยละ 10.53 มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (Table 4) หญ้าขี้ฉะมอญพบขึ้นทั่วประเทศ ตามที่รกร้างชายป่า ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดที่มีขนาดเล็กติดไปมูลสัตว์ ดินและน้ำ ไตรเรว (Bhatt, 2019; Tarachai *et al.*, 2020)

หญ้าขี้ฉะมอญใบใหญ่ พบการกระจาย 1 ช่วงชั้น ความสูง คือ ช่วงความสูงจากระดับน้ำ 1,700 เมตร โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับร้อยละ 11.35 มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (Table 4) พืชชนิดนี้ชอบภูมิอากาศที่มีความแห้งแล้งแบบประเทศไทยตอนบน (Bhatta *et al.*, 2023)

ชนิดบัวตอง พบการกระจาย 1 ช่วงชั้นความสูง คือ ช่วงความสูง 1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับร้อยละ 8.42 จัดอยู่ในสถานภาพรุกรานต่ำ (Table 4) เนื่องจากบัวตองชอบอากาศชื้นและเย็นบนภูเขาสูงตั้งแต่ 500 เมตร และมีการปล่อยสารเคมีจากรากและซากพืชที่ร่วงสู่พื้นดิน ทำให้พืชอื่น ๆ ตั้งตัวไม่ได้ได้ บัวตองจึงเข้ายึดครองพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว (Do *et al.*, 2017)

Table 4 Species list base on IVI (%) and status of invasive alien plants at different elevation levels along the nature trail in the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province.

Elevation (m a.s.l.)	<i>Ageratina Adenophora</i>		<i>Bidens pilosa</i>		<i>Imperata cylindrica</i>		<i>Sida acuta</i>		<i>Malvastrum coromandelianum</i>		<i>Tithonia diversifolia</i>		<i>Parochetus communis</i>	
	IVI	Status	IVI	Status	IVI	Status	IVI	Status	IVI	Status	IVI	Status	IVI	Status
1,400	65.99	Very High			16.53	Moderate								
1,500	14.24	Moderate	4.52	Minimally	9.72	Low					8.42	Low		
1,600	101.93	Very High			11.17	Moderate								
1,700	15.35	Moderate	13.70	Moderate					11.35	Moderate				
1,800	93.83	Very High					10.53	Moderate						
1,900	75.95	Very High	6.14	Low										
2,000	71.42	Very High	6.89	Low	8.39	Low								
2,100	26.98	Very High	10.58	Moderate										
2,200	30.62	Very High	27.37	Very High									2.37	Very Low

ผักแว่นคอย พบกระจาย 1 ช่วงชั้นความสูง ได้แก่ ช่วงความสูง 2,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับร้อยละ 2.37 มีสถานภาพรุกรานน้อยมาก (Table 4) ขึ้นในบริเวณที่ชื้น โดยเฉพาะพื้นที่สูงหรือในเขตภูเขาในภาคเหนือของไทยเช่น คอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีความหลากหลายของพืชเฉพาะถิ่นจำนวนมาก (Phengklai & Suddee, 2012)

สรุป (Conclusion)

การสำรวจเส้นทางศึกษาธรรมชาติในพื้นที่สงวนชีวมณฑลคอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พบพรรณพืชทั้งหมด 73 ชนิด 64 สกุล 34 วงศ์ มีความหลากหลายระดับปานกลางเท่ากับ 2.67 โดยชนิดพืชที่มีค่า IVI ที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สาบหมา ปีนนกลไ้ ผักปลาบ หนูก้านพวง และเกล็ดหอยคอย ตามลำดับ การกระจายของชนิดพืชในแต่ละช่วงความสูง พบว่าที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,900 เมตร พืชต่างถิ่นรุกรานมีสัดส่วนสูงที่สุดที่ 58.69% ขณะที่พืชที่ไม่ใช่พืชต่างถิ่นรุกรานมีสัดส่วน 41.31% โดยพืชต่างถิ่นรุกรานพบมากทุกระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,400 ถึง 2,200 เมตร โดยจำนวนชนิดที่มีมากที่สุดอยู่ในระดับ 1,500 สำหรับสถานภาพของพืชต่างถิ่นรุกราน พบว่าสาบหมา มีสถานภาพรุกรานรุนแรงมาก (IVI = 52.64%) ปีนนกลไ้มีสถานภาพรุกรานปานกลาง (IVI = 12.25%) และหญ้าคา มีสถานภาพรุกรานปานกลาง โดยพืชเหล่านี้สามารถกระจายพันธุ์ได้ดีในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น พื้นที่

โล่งแจ้ง อากาศเย็นและชื้น รวมถึงการมีเมล็ดที่สามารถแพร่กระจายได้ไกลจากลม หรือสัตว์และสิ่งแวดลอม การศึกษานี้ช่วยให้เห็นภาพรวมของความหลากหลายของพืชในพื้นที่ และผลกระทบที่พืชต่างถิ่นรุกรานมีต่อระบบนิเวศในพื้นที่สงวนชีวมณฑลคอยเชียงดาว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการและป้องกันผลกระทบจากพืชต่างถิ่นรุกรานได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ได้ด้วยการรับความช่วยเหลือจากบุคลากรหลายท่าน ขอขอบคุณนายณัฐวุฒิ อุดมศิริพงษ์ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ในการจำแนกพรรณพืช ขอขอบคุณคณะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาในการวางแผนดำเนินงานวิจัย วิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบแก้ไขความถูกต้อง รวมถึงเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคอยเชียงดาว ที่ให้ความช่วยเหลือในการสำรวจข้อมูลภาคสนามจนเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

- Benedetti, Y., F. Morelli, M. Svitok, R. Santolini, P. Kadlecová, A. Cavalli, A. Strollo & Munafò, M. 2024. Identifying landscape characteristics that maximize ecosystem services provision. *Sustainability* 16(21): 9461. <https://doi.org/10.3390/su16219461>

- Bhatt, M. D. 2019. Exploration of plant species in relation to invasive alien species in natural and man-made ecosystem services. **International Journal of Science and Research** 8(8): 1367–1374. <https://doi.org/10.21275/ART2020540>
- Bhatta, S., B. B. Shrestha & P. Pyšek. 2023. Invasive alien plants in South Asia: Impacts and management. **NeoBiota** 88: 135–167. <https://doi.org/10.3897/neobiota.88.104118>
- Biodiversity Management Division. 2018. **Measures for prevention, control, and eradication of alien species**. Bangkok: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (in Thai)
- Boadie-Ampong, M. & M. Nishi. 2024. Exploring the benefits of invasive alien plant species for human well-being: A systematic review of the state-of-the-art and directions for prospective research. **Discover Sustainability** 5(1): 329. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00552-4>
- Chawhia, W., T. Lattirasuvan, P. Khonkaen & T. Yotapakdee. 2025. Valuation of Doi Luang Chiang Dao nature trail in Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry** 44(1): 175–188. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/262751> (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2023. **Draft conservation and protection plan of Doi Chiang Dao, Chiang Mai Province**. Available source. <https://portal.dnp.go.th/DNP/FileSystem/download?uuid=dd16f469-e9f0-4c43-a0db-0352eaba6cda.pdf>, December 25, 2023. (in Thai)
- Do, H. T. T., J. C. Grant, B. N. Trinh, H. C. Zimmer & J. D. Nichols. 2017. Diversity depends on scale in the forests of the Central Highlands of Vietnam. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity** 10(4): 472–488. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2017.08.008>
- Dolezal, J., P. Fibich, J. Altman, J. Leps, S. Uemura, K. Takahashi & T. Hara. 2020. Determinants of ecosystem stability in a diverse temperate forest. **Oikos** 129(11): 1692–1703. <https://doi.org/10.1111/oik.07379>
- Khamyong, S., A. M. Lykke, D. Seramethakun & A. S. Barfod. 2003. Species composition and vegetation structure of an upper montane forest at the summit of Mt. Doi Inthanon, Thailand. **Nordic Journal of Botany** 23(1): 83–97. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2003.tb00371.x>
- Lohbeck, M., F. Bongers, M. Martinez-Ramos & L. Poorter. 2016. The importance of biodiversity and dominance for multiple ecosystem functions in a human-modified tropical landscape. **Ecology** 97(10): 2772–2779. <http://www.jstor.org/stable/44081854>

- Mod, H. K., M. Chevalier, M. Luoto & A. Guisan. 2020. Scale dependence of ecological assembly rules: Insights from empirical datasets and joint species distribution modelling. **Journal of Ecology** 108(5): 1967–1977. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13434>
- Nyamukanza, C. C. & A. Sebata. 2020. Effect of different nitrogen fertilizer application rates on *Dichrostachys cinerea* and *Acacia karroo* sapling growth, foliar nutrient and antinutrient concentrations in a southern African savanna. **Ecological Research** 35(1): 154–161. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12067>
- Marod, D. & U. Kutintara, 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Phengkklai, C. & S. Suddee. 2012. The *Dioscorea* species of Doi Chiang Dao with particular reference to *Dioscorea collettii* Hook.f. **Thai Forest Bulletin (Botany)** 40: 1–19. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ThaiForestBulletin/article/view/24320>
- Poopath. 2013. **Invasive alien plants in protected forest areas**. Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)
- Pyšek, P. & D. M. Richardson. 2006. The biogeography of naturalization in alien plants. **Journal of Biogeography** 33(12): 2040–2050. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01578.x>
- Pyšek, P., P. E. Hulme, D. Simberloff, S. Bacher, T. M. Blackburn, J. T. Carlton, W. Dawson, F. Essl, L. C. Foxcroft, P. Genovesi, J. M. Jeschke, I. Kühn, A. M. Liebhold, N. E. Mandrak, L. A. Meyerson, A. Pauchard, J. Pergl, H. E. Roy, H. Seebens & D. M. Richardson. 2020. Scientists’ warning on invasive alien species. **Biological Reviews** 95(6): 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Richardson, D. M. & M. Rejmánek. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species – A global review. **Diversity and Distributions** 17(5): 788–809. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00782.x>
- Richardson, D. M. & P. Pyšek. 2012. Naturalization of introduced plants: Ecological drivers of biogeographical patterns. **New Phytologist** 196(2): 383–396. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04292.x>
- Srijan, B., P. Khonkaen, M. Norsangsri & T. Kamyao. 2023. Assessment of habitat suitability of Burmese goral (*Naemorhedus griseus*) in Chiang Dao Wildlife Sanctuary, Chiang Mai Province, using the Maximum Entropy Model. **Thai Journal of Forestry** 42(1): 94–107. (in Thai)

Tarachai, Y., A. Hemsant, P. Chanrat & P. Patiphanthakan. 2020. Distribution of invasive alien species in Ban Pong Wildlife Conservation Area, San Sai District, Chiang Mai Province. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 11 (1) : 1 – 15 . <https://doi.org/10.14456/jstel.2020.1> (in Thai)

UNESCO. 2021. **Eight new sites in Asia and the Pacific join UNESCO's World Network of Biosphere Reserves**. Available source. <https://www.unesco.org/en/articles/eight-new-sites-asia-and-pacific-join-unescos-world-network-biosphere-reserves>, December 25, 2024. (in Thai)

Wei, S., L. Li, J. Lian, S. E. Nielsen, Z. Wang, L. Mao, X. Ouyang, H. Cao & W. Ye. 2020. Role of the dominant species on the distributions of neighbor species in a subtropical forest. **Forests** 11(3): 352. <https://doi.org/10.3390/f11030352>

Withayawongruchi, C., M. Poopath & P. Maneeanakekul. 2019. Species and distribution of invasive plants in Kaeng Krachan Forest Complex: Case of Thai Prachan National Park, Ratchaburi Province. **Journal of Agriculture (STOU)** 1(1): 29. (in Thai)

Zhao, C., Y. Zhu & J. Meng. 2022. Effects of plot design on estimating tree species richness and species diversity. **Forests** 13(12): 2003. <https://doi.org/10.3390/f13122003>

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างป่าและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน บริเวณเขาน้ำซับ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

สถิตย์ ถิ่นกำแพง^{1,2}, ณพวง พันธุเธร^{1,3}, ถาวร ก่อเกิด⁴,
ฤทธิไกร สายคำมูล³, ชัชพิมุข ยะธา³, ชัชชัย สวัสดิ์มงคล⁵ 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 ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญ 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 พื้นที่ป่าเขาน้ำซับอยู่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นตัวอย่างสำคัญของระบบนิเวศป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบที่ยังคงความสมบูรณ์ ภายหลังมีการฟื้นฟูตามธรรมชาติ มีองค์ประกอบพืชหลากหลาย โครงสร้างเรือนยอดหลายชั้น และศักยภาพสูงในการดูดซับคาร์บอน ดังนั้น วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาองค์ประกอบพันธุ์ไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ และสภาพแวดล้อมทางนิเวศวิทยา เพื่อประเมินศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน และสนับสนุนนโยบายด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในระดับท้องถิ่นและระดับชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

1. สถานที่ศึกษา (Study area)

ดำเนินการในพื้นที่ป่าเขาน้ำซับ 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) สำหรับชนิดพันธุ์ไม้ที่ไม่สามารถทำการระบุชนิดพันธุ์ได้ 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

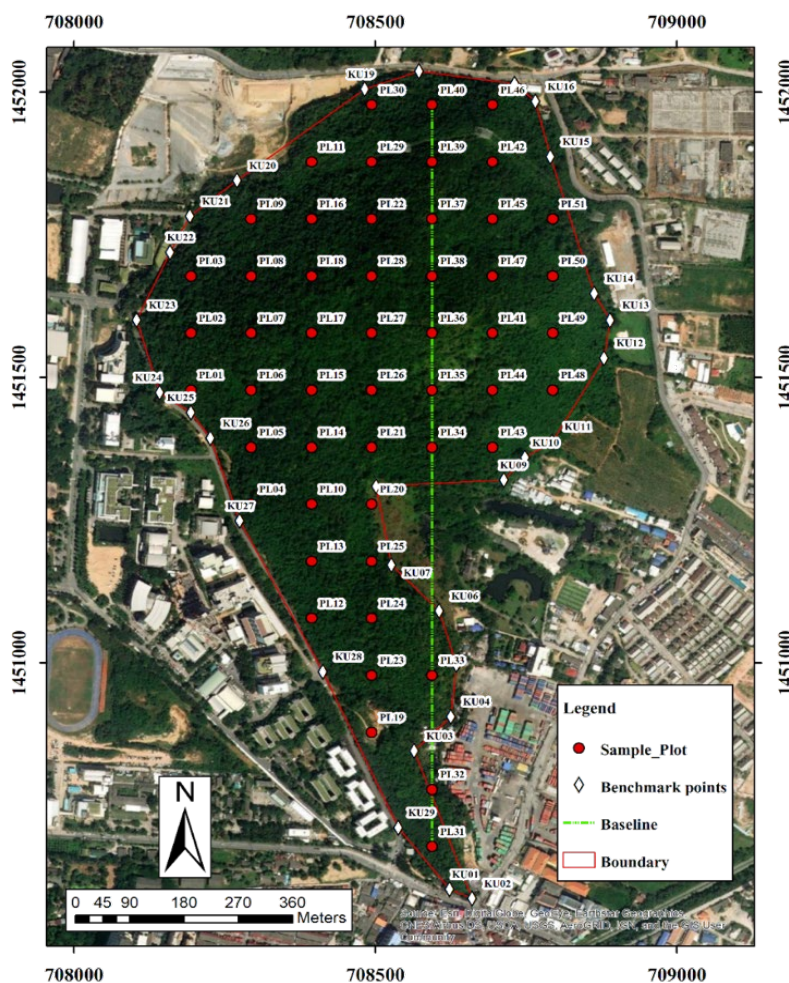


Figure 1 Line plot systematic sampling map; the red color indicated plot locations, each 30 m × 30 m.

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
เป็นส่วนของการกักเก็บ (IPCC, 2006) หรือ
 $CF = AGB \times 0.47$ (ตันคาร์บอน)

ค่า สัดส่วน การ ดูด ซัก ก๊าซ
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)

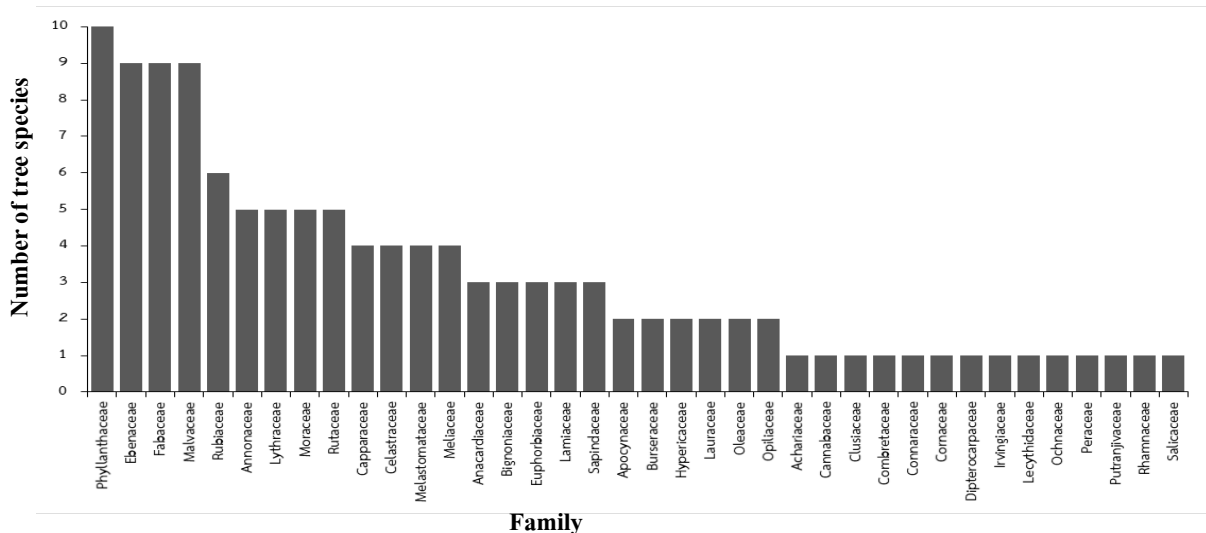


Figure 2 Number of tree species in each family existed in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

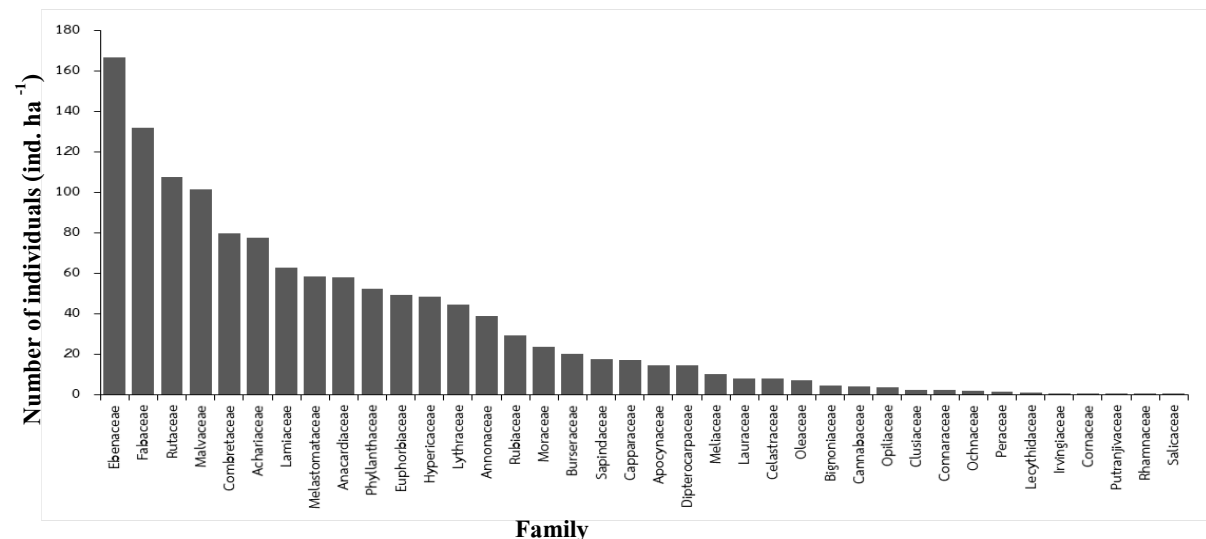


Figure 3 Number of individual trees in each family existed in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

ชนิดพันธุ์ไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญใน 10 ลำดับแรก เช่น ขี้ยาย (*Terminalia nigrovenulosa*) เขลง (*Dialium cochinchinense*) ลำตาควาย (*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 ก็มีค่าลดหลั่นลงไป (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

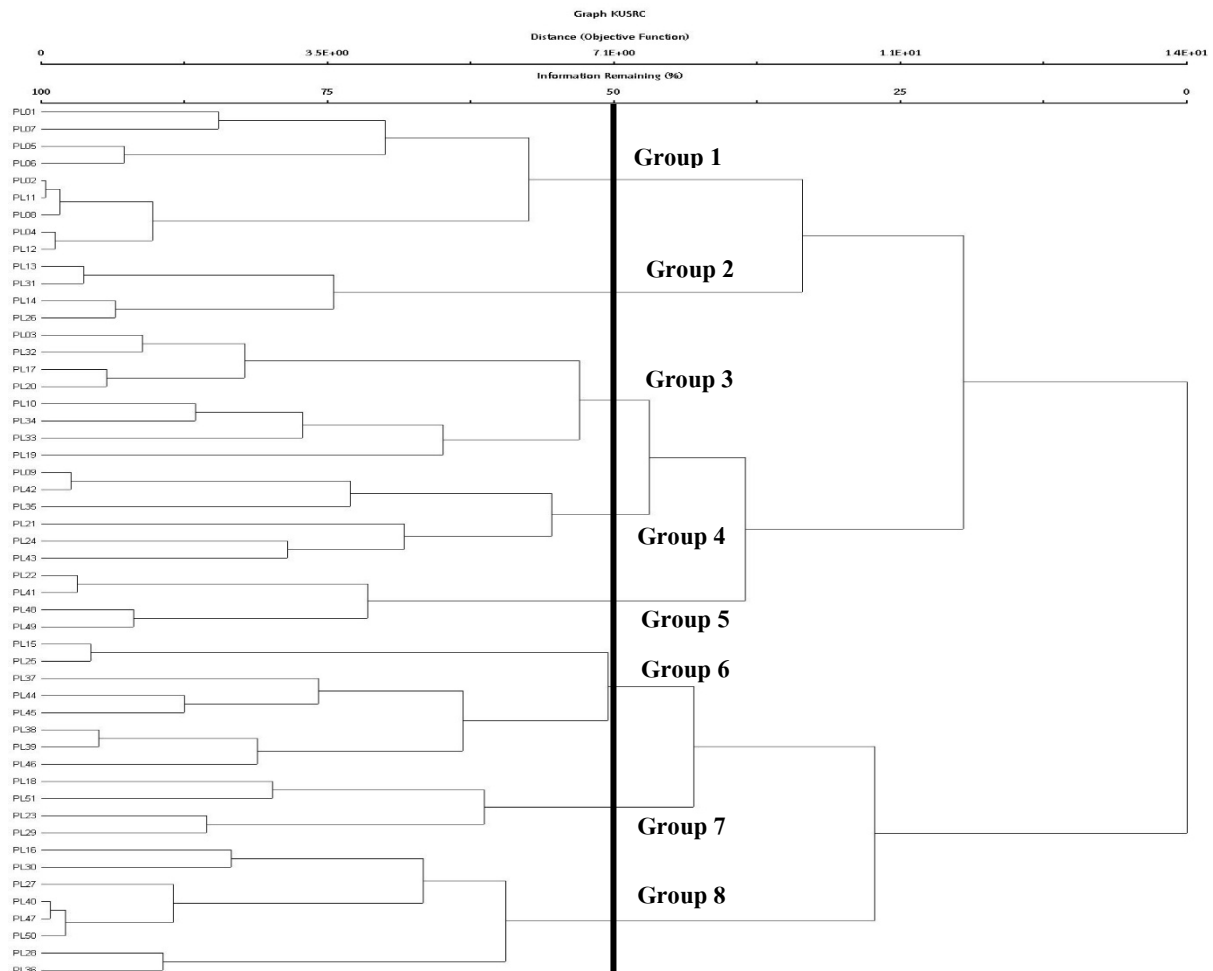


Figure 4 Dendrogram of tree community clustering in Khao Nam Sap Forest, Chonburi Province.

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

กลุ่มที่ 7 หมู่มไม้เผลง – 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 จั่วป่า และจี่อ้าย เป็นต้น

กลุ่มที่ 8 หมู่มไม้กระเบาหลัก – 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 จี่อ้าย อีคำ และ ผูก (*Ficus variegata*) เป็นต้น

กลุ่มหมู่มไม้ที่พบดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นกลุ่มหมู่มไม้ที่พบในป่าดิบแล้ง เช่น หมู่มไม้ในกลุ่ม

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

นอกจากนั้นยังพบกลุ่มหมู่มไม้ป่าชายหาด คือ หมู่มไม้ที่ 1 ซึ่งพบมะนาวผีเป็นไม้เด่นรองลงมาจากจี่อ้ายและกระจายอยู่เต็มพื้นที่ (Marod *et al.*, 2020) ซึ่งการขึ้นปกคลุมของไม้ชนิดนี้ทั่วพื้นที่แสดงให้เห็นถึงการรบกวนในอดีตและสังคมพืชอยู่ระหว่างการทดแทนตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับการพบชนิดไม้ปอแก่นเทาและคำแสดที่เป็นกลุ่มพันธุ์ไม้เบิกนำที่ต้องการความเข้มแสงสูงหรือพื้นที่เปิดโล่งในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ

3. การจัดลำดับหมู่มไม้ (ordination)

ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่มไม้ (Ordination analysis) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของหมู่มไม้ พบว่าการจัดลำดับหมู่มไม้ตามแนวแกนที่ 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 สามารถแบ่งหมู่มไม้ตามการกำหนดของปัจจัยแวดล้อมได้เป็น 4 กลุ่มหมู่มไม้ (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.

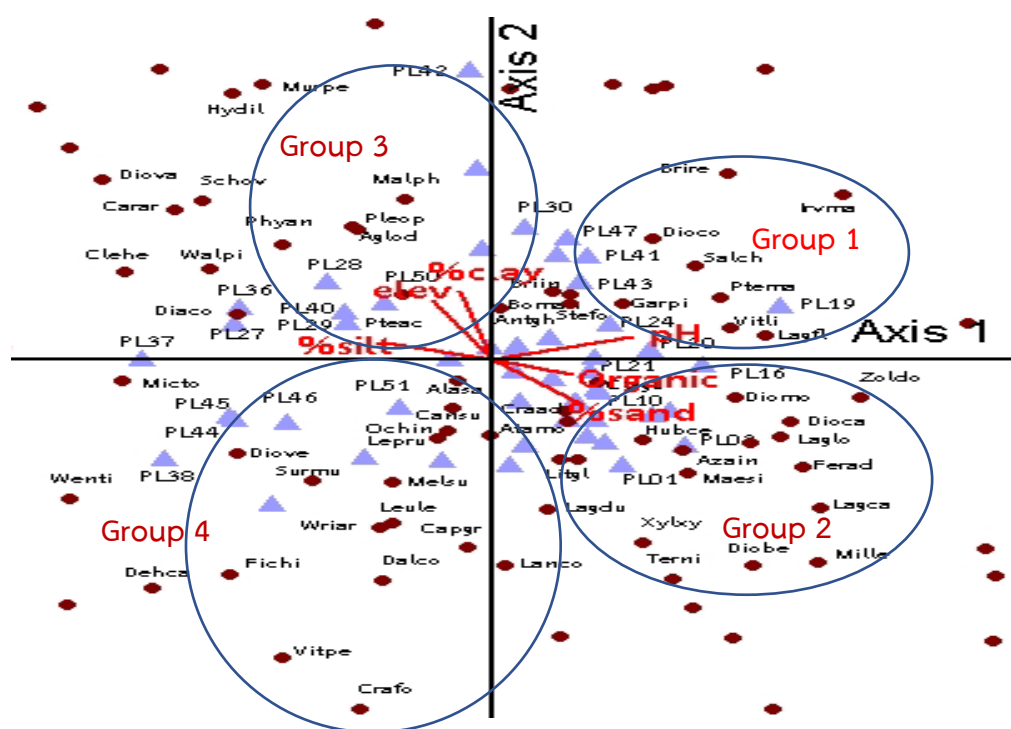


Figure 5 Ordination of tree communities based on environmental variables in Khao Nam Sap Forest.

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 หมู่ไม้เหล่านี้มักพบขึ้นในพื้นที่ที่มีอนุภาคทราย และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 72 - 62 เปอร์เซ็นต์ และ 69.5 - 11.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มหมู่ไม้ส่วนใหญ่พบบริเวณดินเขาหรือบริเวณที่ราบระดับต่ำการที่มีอนุภาคทรายและอินทรีย์วัตถุสูง

เนื่องจากเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff) มาจากบนเขาลงมายังตอนล่างของพื้นที่เขาน้ำซับ ชนิดพันธุ์ไม้ที่มีความต้องการดินที่มีอนุภาคทราย และมีอินทรีย์วัตถุในดินสูง 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) พลับพล (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)			
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	biomass (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

เมื่อนำมาวิเคราะห์แยกตามชนิดสังคมพืชพบว่า 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.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว
จากการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันในพื้นที่จังหวัดแพร่วลีรัตน์ มีชัย¹, ปิยพิศ ขอนแก่น¹, ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด²,
กัณตพงศ์ เครือมา¹, จิราพร ปักเขตานัง¹, ญานิกา แซ่มซ้อย¹ และ ต่อลาภ คำโย^{3*}

รับต้นฉบับ: 21 มีนาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 16 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์: 20 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกิดจากทั้งปัจจัยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน และปรากฏการณ์ เอลนีโญและลานีญาที่เกิดขึ้น เมื่อเกิดภัยพิบัติส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมและภาคส่วนอื่นๆ การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศช่วยติดตามอุณหภูมิพื้นผิวและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มและวางแผนป้องกันภัยพิบัติจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1.เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวในช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญ ปี ค.ศ. 2020 และลานีญา ปี ค.ศ. 2024 ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 2.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่จังหวัดแพร่

วิธีการ: ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ปี ค.ศ.2020 และ ค.ศ.2024 โดยการรวมแบนด์ (Composite Band) และจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification) โดยใช้ชุดข้อมูลตัวอย่าง (Training Areas) แบบ Maximum Likelihood Classification เพื่อ 1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1. ป่าไม้ 2. เกษตรกรรม 3. ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 2) การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature) โดยใช้วิธี การแปลงค่าดิจิทัล (Digital Number: DN) เป็นค่า ค่าความสว่าง (Radiance) และต่อมาเป็น อุณหภูมิ (Brightness Temperature) แล้วปรับค่าด้วย ค่าความสามารถในการแผ่รังสี (Emissivity) ของพื้นผิว และ 3) การแบ่งช่วงอุณหภูมิ เมื่อได้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียมจากนั้นแบ่งช่วงของอุณหภูมิตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษา: การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดแพร่ พบว่า ปี ค.ศ. 2020 พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ร้อยละ 66.3 รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 25.7 พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 8. และ ปี ค.ศ. 2024 พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ร้อยละ 63.5 ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมืองเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 26.9 และ 9.6 ตามลำดับ อุณหภูมิพื้นผิว ปี ค.ศ.2020 เดือนมีนาคมมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.2°C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 23.8°C และ ปีค.ศ. 2024 เดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 43.7°C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดที่

24.2°C อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ปี ค.ศ.2020 เดือนมีนาคมมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34°C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 10°C ปี ค.ศ.2024 ในเดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34°C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดที่ 10.8°C การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ปี ค.ศ.2020 พื้นที่ป่าไม้มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 21.5°C พื้นที่เกษตรกรรมมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 36.2°C ปี ค.ศ.2024 พื้นที่ป่าไม้มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 24.4°C ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างลดลงมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 34.5°C และ 32.3°C ตามลำดับ

สรุป: ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวตามประเภทการใช้ที่ดินการเปลี่ยนแปลงของช่วงอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นใน 2 ช่วง ปรากฏการณ์นั้น พบว่า ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญอุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่า แต่ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาอุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้นั้นสูงกว่า ดังนั้น การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการติดตามและตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว นับว่ามีประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายในการวางแผนและรับมือกับภัยพิบัติที่อาจจะเกิดในอนาคตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: อุณหภูมิพื้นผิว, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ดาวเทียม Landsat 8, ปรากฏการณ์เอลนีโญ, ปรากฏการณ์ลานีญา

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

² กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

³ สาขาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: torlar66@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6250>

ORIGINAL ARTICLE

The Impacts of El Niño and La Niña Phenomena on Land Surface Temperature Changes Due to Different Land Uses in Phrae Province

Waleerut Meechai¹, Piyapit Khonkaen¹, Thanyarat Chuesaard²,
Kunthaphong Kruama¹, Jiraporn Pakketanang¹, Yanika Chamchoi¹ and Torlarp Kamyo^{3*}

Received: 21 March 2025

Revised: 16 May 2025

Accepted: 20 May 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: The outlines a study that investigates the variations in land surface temperature (LST) and land use in Phrae Province, Thailand, during two distinct climate events: The El Niño event in 2020 and the La Niña event in 2024. The study highlights the impact of climate change, including the increasing frequency of these events, on the environment and agriculture. It emphasizes the importance of geospatial technology in monitoring these changes and utilizing satellite imagery to understand land temperature trends for effective disaster prevention planning. The study begins by acknowledging the role of climate change, both natural and human-induced, in contributing to global warming and exacerbating the frequency of El Niño and La Niña events. These climate phenomena lead to severe weather changes that directly impact sectors such as agriculture, often resulting in natural disasters. The objective of this research is twofold: 1) Compare Land Surface Temperature (LST) Variations: The study aims to analyze and compare the variations in LST during two distinct periods, the El Niño event of 2020 and the La Niña event of 2024, within Phrae Province. 2) Examine the Relationship between LST and Land Use Types: It seeks to explore how different types of land use—such as forest land, agricultural land, and urban areas—affect LST during these events.

Methodology: The methodology involves the use of Landsat 8 satellite imagery from both 2020 and 2024 to gather the data needed for the analysis. The images were processed in the following steps: 1) Composite Band Images: Landsat imagery was used to create composite band images, a process that allows the extraction of relevant data for analysis. 2) Supervised Classification: The images were classified using the Maximum Likelihood Classification algorithm. Training areas were designated to guide the classification, which aimed to categorize land use into three primary types: forest land, agricultural land, and urban/built-up land. 3) Land Surface Temperature (LST) Analysis: The next step was converting the satellite image's Digital Number (DN)

values into radiance, which were then translated into brightness temperature. To adjust for the surface emissivity, the brightness temperature was further refined to provide an accurate measure of LST. 4) Categorizing LST by Land Use Type: After deriving the LST values, the study categorized the temperature ranges according to the different land use types, helping to identify temperature patterns related to land use changes.

Main Results: The study presents several key findings related to both land use and LST: 1) land use classification (2020 vs. 2024): In 2020, forest land made up 66.3% of Phrae Province's total land area, followed by agricultural land (25.7%) and urban/built-up areas (8%). By 2024, the land use pattern had changed slightly. Forest land decreased to 63.5%, while agricultural land increased to 26.9%, and urban/built-up land grew to 9.6%. 2) Land Surface Temperature (LST) Data (2020 and 2024) showed that in 2020, the highest recorded temperature was 44.2°C in March, and the lowest was 23.8°C in August. While, in 2024, the highest recorded temperature was 43.7°C in April, and the lowest was 24.2°C in August. The Monthly average temperature comparison between two events expressed that in 2020, the highest and lowest average temperature found in March (34°C) and August (10°C), respectively. While, in 2024, it was found in April (34°C) and August (10.8°C), respectively. The LST varied among land use types. In 2020, the average LST for forest areas was lowest (21.5°C) and followed by urban/built-up land (32.3°C) and agricultural land (36.2°C), respectively. While, in 2024, it still be found as the same trend as in 2022 but the forest areas shown increased LST (24.4°C), while agricultural land and urban/built-up areas experienced a slight decrease, 34.5°C and 32.3°C, respectively.

Conclusion: This study concludes that land surface temperature (LST) variations are significantly influenced by the El Niño and La Niña climate phenomena, with the effects modulated by land use type. Key findings reveal that: (1) During the El Niño event in 2020, agricultural and urban/built-up areas recorded elevated LSTs. This is likely attributable to the intensified heat and drier conditions commonly associated with El Niño episodes. (2) In contrast, during the La Niña event in 2024, forested areas exhibited comparatively higher LSTs than agricultural and urban zones. Although La Niña typically brings cooler and wetter weather, it can also produce localized temperature anomalies, particularly in dense forest regions with limited capacity for heat dissipation. The study underscores the crucial role of geospatial technologies in tracking and analyzing climate-induced variations in land use and surface temperatures. Such insights are essential for local governments and policymakers to design informed, spatially targeted strategies for disaster risk reduction and climate adaptation. This is especially pertinent in agriculturally reliant regions such as Phrae Province, where

climate variability poses direct risks to livelihoods and food security. Moreover, the findings contribute to the expanding literature on climate-land interactions, emphasizing the complexity of climate impacts across different ecosystems. The application of satellite data in this context proves to be a powerful tool for environmental monitoring, enabling more accurate and timely assessments of climatic effects. Ultimately, this research advocates for enhanced integration of geospatial analysis in climate resilience planning, ensuring that both human and natural systems are better equipped to navigate future environmental challenges.

Keywords: Land surface temperatures, land use, Landsat 8, El Niño, La Niña

¹ Forest management, Establishment Project of Forestry School, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

² Basic Science Group, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

³ Agroforestry Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: torlar66@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6250>

คำนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและรูปแบบของสภาพอากาศในระยะยาว ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยธรรมชาติหรือกิจกรรมของมนุษย์ (Center for Climate Change Research Strategy, 2022) โดยเฉพาะการใช้พลังงานที่ไม่ยั่งยืน ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่บรรยากาศในปริมาณมาก ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศ มหาสมุทร ธารน้ำแข็ง และระบบนิเวศเกิดความเปลี่ยนแปลง และทำให้เกิดสภาพอากาศที่รุนแรงบ่อยครั้งมากขึ้น โดยที่ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สูงขึ้นหรือภาวะโลกร้อน (Global warming) ในปี ค.ศ. 2011-2020 อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกสูงขึ้น 1.1°C (IPCC, 2023) และในช่วงปี 2024 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกสูงขึ้นถึง 1.57°C ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดในข้อตกลงขององค์การสหประชาชาติ ที่ได้ตั้งไว้ว่าปี ค.ศ. 2015 ที่ต้องการให้อุณหภูมิไม่เกิน 1.5°C นอกจากนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกในช่วง 12 เดือนระหว่างเดือนเมษายน 2023 ถึง มีนาคม 2024 สูงกว่าค่าเฉลี่ย (Copernicus Climate Change Service, 2024) สะท้อนให้เห็นได้จากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา (El Niño และ La Niña) ที่เกิดบ่อยมากขึ้นในปัจจุบันเพราะปกติปรากฏการณ์ทั้งสองมักเกิดขึ้น 2-7 ปี เป็นผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก ก่อให้เกิดภัยพิบัติ เช่น ภัยแล้ง อุทกภัย วาตภัย ไฟป่า คลื่นความร้อน เป็นต้น ภัยพิบัตินี้ส่งผลกระทบร้ายแรงต่อ

ภาคส่วนต่าง ๆ ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (NOAA, 2023)

จังหวัดแพร่ตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ ที่ราบลุ่มล้อมรอบด้วยเทือกเขา โดยมีพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำยมเป็นพื้นที่เกษตรกรรมสำคัญ ในอดีตเกิดน้ำท่วมรุนแรงหลายครั้ง เช่น ปี พ.ศ. 2548 (Hydro-Informatic Institute, 2006) และปี พ.ศ. 2567 ส่งผลให้บ้านเรือนและพื้นที่เกษตรเสียหาย และในปี พ.ศ. 2558 ประสบภัยแล้งรุนแรง โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง ระดับน้ำลดลง เกษตรกรขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูก จังหวัดแพร่ประสบภัยพิบัติทางธรรมชาติหลายครั้งในอดีตถึงปัจจุบัน เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีความเสี่ยงต่อสภาพอากาศแห้งแล้งและน้ำท่วม ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานของจังหวัด (Department of Disaster Prevention and Mitigation, 2015)

การนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system, GIS) การรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing: RS) และการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature: LST) ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมนั้นเป็นวิธีการที่นิยมนำมาศึกษาติดตามอุณหภูมิพื้นผิวซึ่งเป็นการศึกษาความร้อนพื้นผิวโลกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) ซึ่งสามารถรับรู้ได้เมื่อสัมผัสสถานที่ต่าง ๆ โดยผ่านมุมมองบนดาวเทียมบรรยากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิว (GISTDA, 2020) อุณหภูมิพื้นผิวนั้นยังมีความสำคัญทาง

ภูมิอากาศที่เป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อนของอากาศและความร้อนแฝงภายในชั้นบรรยากาศ (Sun & Pinker, 2003) จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว เช่น การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา (Mhokprakhon & Chaiyakarm, 2023) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (Phengphit *et al.*, 2017) ล้วนบ่งชี้ได้ว่าวิธีการนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในพื้นที่จังหวัดแพร่ ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และ ลานีญา (El Niño and La Niña) โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

Landsat 8 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและวางมาตรการป้องกันภัยพิบัติ และลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

จังหวัดแพร่ล้อมรอบด้วยภูเขาทั้ง 4 ทิศ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา พื้นที่ราบเป็นที่อยู่อาศัยและใช้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยลาดเอียงไปทางทิศใต้ตามแนวไหลแม่น้ำยม ลักษณะคล้ายกันกระทะ มีเนื้อที่ 6,538.598 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,086,624 ไร่ โดยแบ่งการปกครองออกเป็น 8 อำเภอ คือ 1) อำเภอเมืองแพร่ 2) อำเภอร้องกวาง 3) อำเภอลอง 4) อำเภอสูงเม่น 5) อำเภอเด่นชัย 6) อำเภอสอง 7) อำเภอวังชิ้น และ 8) อำเภอหนองม่วงไข่ (Figure 1)

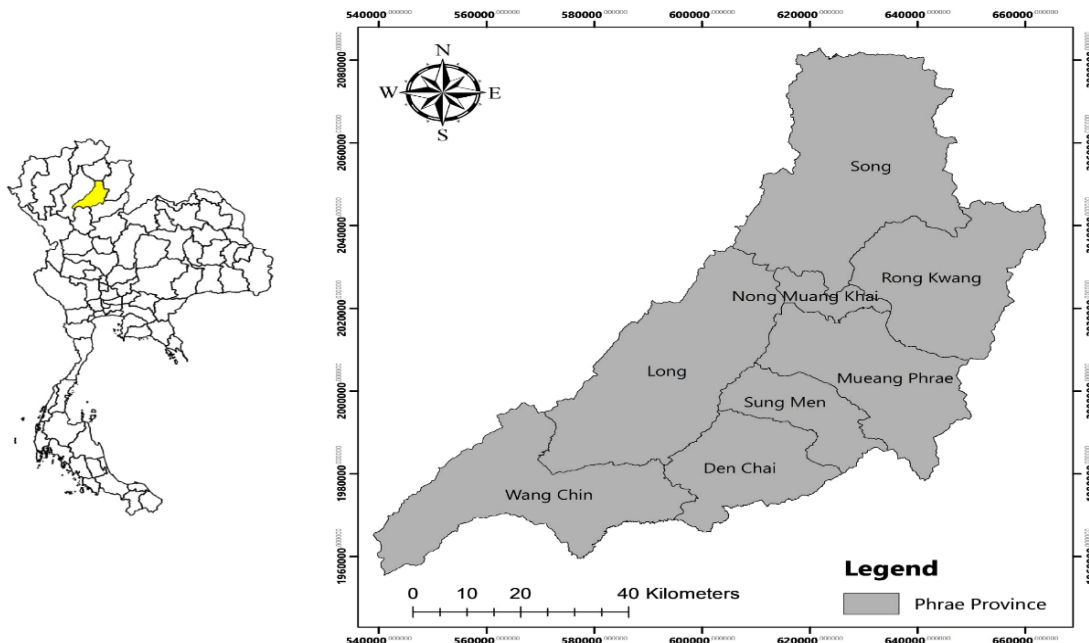


Figure 1 The location of study area in Phrae Province.

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

เตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 จากเว็บไซต์ Earth Explorer ของ USGS ตำแหน่ง Path 130 row 47,48 ข้อมูล Level 1 มิวังโครจร 16 วัน ดาวโหลดภาพถ่ายในช่วงปี ค.ศ. 2020 และ ค.ศ.2024 โดยโหลดภาพถ่ายทุกเดือน เดือนละ 2 ภาพที่ถ่ายในวันเดียวกันเพื่อให้สอดคล้องกันด้านแสงและสภาพแวดล้อม เพอร์เซ็นต์การปกคลุมของเมฆ เลือกเฉพาะภาพที่มีการปกคลุมของเมฆไม่เกิน 20% เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนและมีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) การนำภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 มาทำการรวมภาพและผสมสีภาพ โดยทำการรวมแบนด์ (Composite band) จากนั้นทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคนิคการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) และสร้างชุดข้อมูลตัวอย่าง (Training areas) โดยเลือกใช้อัลกอริทึมวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood classification) (FAO, 2000) จากนั้นทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างประเภทการใช้ประโยชน์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ป่าไม้ (Forest land, F) 2) เกษตรกรรม (Agricultural land, A) และ 3) ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and built-up land, U)

2. การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ดัชนี

แคปปา (Kappa index) ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูล การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมมักดำเนินการผ่านวิธีการโดยการสุ่มจุดตรวจสอบและการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยการตีความผลลัพธ์ค่า Kappa จะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 (Foody, 2020) หากมีค่าใกล้ 1 หมายถึงการจำแนกทั้งหมดถูกต้อง (Perfect agreement) ค่าใกล้ 0 หมายถึงการจำแนกไม่มีความสอดคล้องกันมาก (No agreement beyond random) และ หากค่าติดลบ (-) หมายถึงความไม่สอดคล้องที่ดีกว่าแบบสุ่ม

3. การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature) การประมวลผลข้อมูลคลื่นความร้อนของอุณหภูมิพื้นผิวจาก ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งมีคลื่นความร้อนแบนด์ 10 (Thermal infrared :TIRS) ความยาว คลื่น 10.60-11.19 ความละเอียด 100 เมตร โดยนำภาพถ่ายเดือนมกราคม-ธันวาคม สำหรับการวิเคราะห์จำนวน 2 ภาพต่อเดือน (ทั้งหมด 24 ภาพ) แล้วนำมาทำการตัดต่อ (Mosaic) ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา และนำค่าที่ได้แต่ละเดือนมาคำนวณค่าอุณหภูมิรายเดือน โดยวิธีการของ U.S. Geological Survey (2019) ซึ่งสามารถคำนวณตามสมการดังนี้

3.1 การแปลงค่าดิจิทัล (Digital number หรือ DN) เป็นค่าการแผ่รังสี (Radiance)

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น

M_L = ค่าการคูณสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น

A_L = ค่าการเพิ่มสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น

Q_{cal} = ค่าการวัดและการนับจำนวนขนาดภาพ (DN)

3.2 ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสี
เชิงคลื่น (Brightness temperature: BT)

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

BT = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น

L_λ = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA)

K_1 = ค่าคงในการแปลงของแบนด์ความร้อน B10

K_2 = ค่าคงในการแปลงของแบนด์ความร้อน B10

3.3 คำนวณ Land surface temperature
(LST) (เมื่อมีค่า Emissivity)

$$LST = TB / [1 + \lambda * TB / c^2 * \ln(e)] \quad (3)$$

LST = อุณหภูมิพื้นผิว (Kelvin หรือ °C)

λ = ความยาวคลื่นกลางของ Band 10 = 10.895 μ m

LST = อุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature)

TB = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Brightness temperature)

ϵ = Emissivity (ค่าประมาณขึ้นกับประเภทพื้นผิว)

4. การประมาณค่าช่วงที่ภาพถ่ายในเดือนที่มี
เมฆมาก ทำการประมาณค่าช่วง (Interpolation)
โดยเฉพาะในเชิงพื้นที่ เป็นการศึกษาที่ใช้เพื่อ
คาดการณ์ค่าที่ไม่ทราบภายในขอบเขตของจุดข้อมูล
ที่มีอยู่ จากการวิเคราะห์พื้นผิว (Surface analysis)
เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อประมาณค่าที่ไม่ทราบจากข้อมูล
จุดที่มีอยู่ เช่น ปริมาณฝนหรืออุณหภูมิในพื้นที่ที่ไม่
มีการวัดตรง ซึ่งในบริบทของภูเขาที่มีภูมิประเทศ
ซับซ้อน โดยเลือกใช้วิธีการ Kriging ถือเป็นเครื่องมือ
ที่มีความแม่นยำสูง เนื่องจากสามารถประเมินทั้ง
แนวโน้มเชิงพื้นที่และความแปรปรวน (Spatial trend
and variance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้หลัก
สถิติเชิงพื้นที่เพื่อคำนวณค่าที่เป็นไปได้ ณ จุดที่ไม่
ทราบค่าจริง (Nalder & Wein, 1998)

5. เมื่อได้ค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่าย
ดาวเทียม จากนั้นทำการแบ่งช่วงของอุณหภูมิตาม
การใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามเกณฑ์ในการพยากรณ์และ
รายงานสภาพอากาศประเทศไทย ดังแสดงใน Table 1
(Thai Meteorological Department, 2023)

Table 1 Temperature Range (°C)

Temperature Range	Temperature (°C)
Very Low Temperature	0 – 15.9 °C
Low Temperature	16 – 22.9 °C
Moderate Temperature	23 – 34.9 °C
High Temperature	35 – 39.9 °C
Extremely High Temperature	> 40 °C

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี ค.ศ. 2020

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใน
จังหวัดแพร่ ปี ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) มีค่าความ
ถูกต้องรวม (Overall accuracy) เท่ากับ 70.5 % ส่วน
ใหญ่เป็นพื้นที่ป่ามากที่สุด มีพื้นที่ 4,333.8 ตร.กม.
คิดเป็นร้อยละ 66.3 (Table 2 and Figure 2)
รองลงมา คือพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 1,681.8 ตร.
กม. (ร้อยละ 25.7) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูก
สร้างมีพื้นที่ 523 ตร.กม. (ร้อยละ 8)

Table 2 The land use percentage data for Phrae
Province in 2020.

Landuse 2020	Area (km ²)	Area (rai)	Percentage(%)
Forest land -F	4,333.8	2,708,604	66.3
Agricultural land -A	1,681.8	1,051,145	25.7
Urban and built-up land -U	523	326,875	8
Total	6,538.598	4,086,624	100

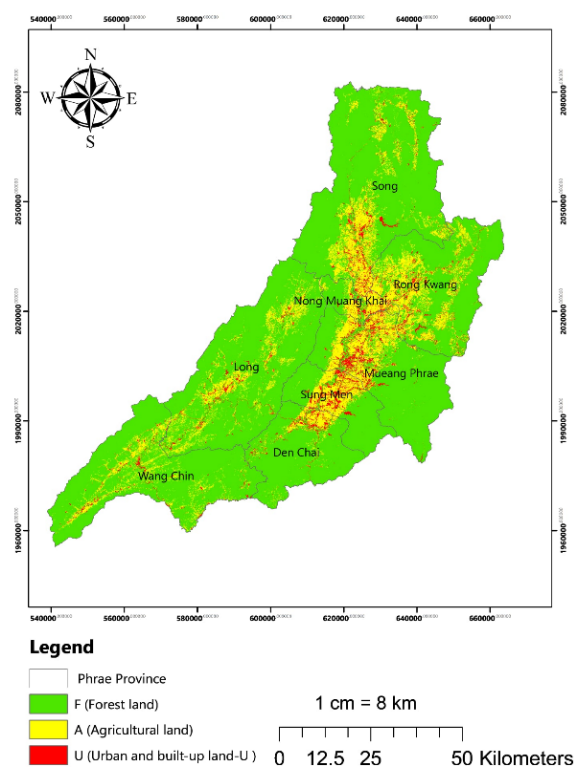


Figure 2 Land use during 2020 in Phrae Province.

2) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี ค.ศ.2024

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี ค.ศ. 2024 (พ.ศ. 2567) มีค่าความถูกต้องรวม (Overall accuracy) เท่ากับ 77.37% พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงเป็นพื้นที่ป่ามากที่สุด แต่มีแนวโน้มลดลง มีพื้นที่ 4,153.0 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 63.5 (Table 3 and Figure 3) รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 1,760.1 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 26.9 และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 625.5 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.6 ตามลำดับ ซึ่งการใช้ประโยชน์พื้นที่ทั้งสองประเภทมีแนวโน้มขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นจากในปี ค.ศ. 2020 ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้

Table 3 The land use during 2020 in Phrae Province.

Landuse 2024	Area (km ²)	Area (rai)	Percentage(%)
Forest land -F	4,153.0	2,595,649	63.5
Agricultural land -A	1,760.1	1,100,049	26.9
Urban and built-up land -U	625.48	390,926	9.6
Total	6538.598	4,086,624	100

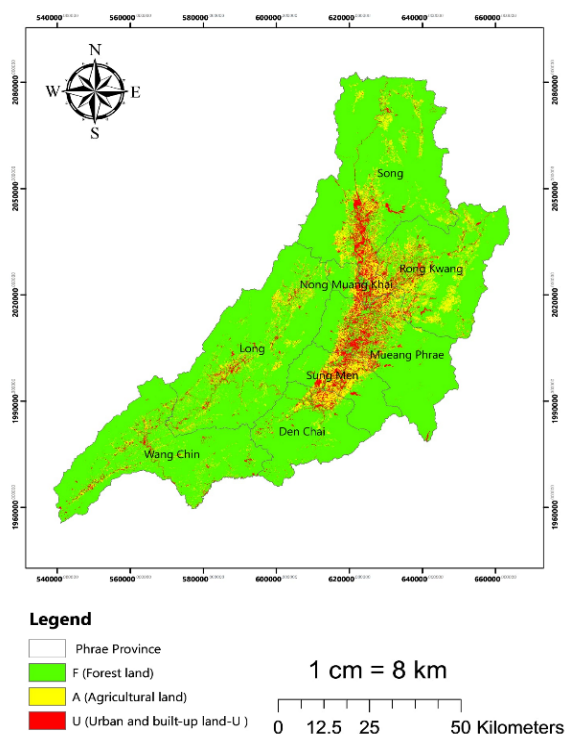


Figure 3 Land use during 2024 in Phrae Province.

3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวในช่วง เอลนีโญ และลานีญา

อุณหภูมิพื้นผิวในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ เอลนีโญ ปี ค.ศ.2020 จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายรายเดือนทั้งหมด 12 เดือน พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและต่ำสุด ในเดือนมีนาคม และเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 44.2 °C และ 23.8 °C ตามลำดับ มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือน

ตลอดทั้งปีอยู่ที่ 34 °C (Figure 4) ขณะที่ อุณหภูมิพื้นผิวในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ปี ค.ศ.2024 พบว่า อุณหภูมิพื้นผิวรายเดือนสูงสุดและต่ำสุด ใน

เดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม เท่ากับ 43.7 °C และ 24.2 °C ตามลำดับ และมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือน เท่ากับ 34 °C (Figure 5)

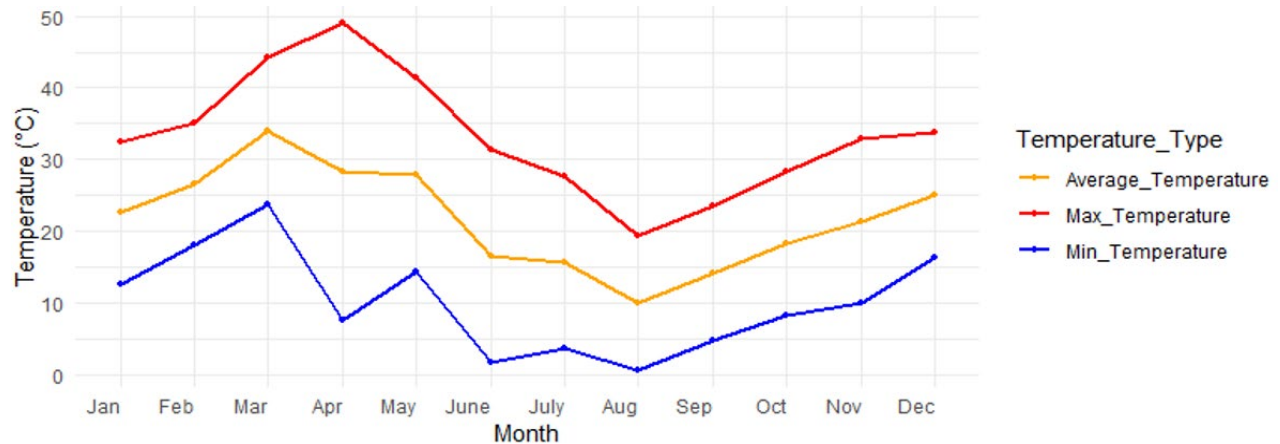


Figure 4 The Show the analysis results of land surface temperature during the El Niño phenomenon in 2020 for all 12 months.

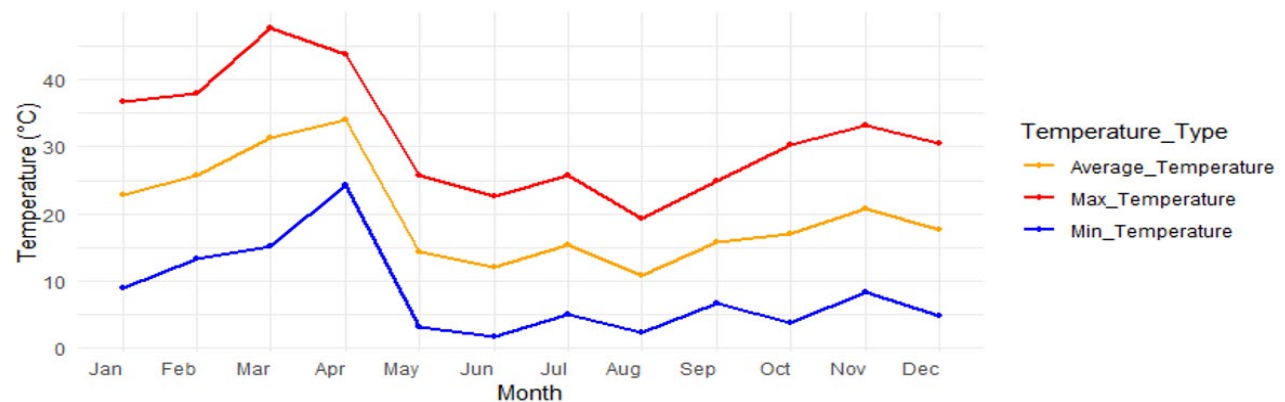


Figure 5 The changes of land surface temperature during the La Niña phenomenon in 2024 for all 12 months.

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ระหว่างปี ค.ศ. 2020 และ ค.ศ. 2020 (Figure 6) ซึ่งช่วงปี ค.ศ.2024 (ปรากฏการณ์เอลนีโญ) พบว่าเดือนมีนาคมมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดอยู่ที่ 34 °C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด

อยู่ที่ 10 °C และ ในปี ค.ศ. 2024 (ปรากฏการณ์ลานีญา) เดือนเมษายน มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดอยู่ที่ 34 °C และเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 10.8 °C โดยที่อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยรายเดือนช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญมีค่าสูงมากกว่าช่วงปรากฏการณ์ลานีญาเกือบตลอดทั้งปี

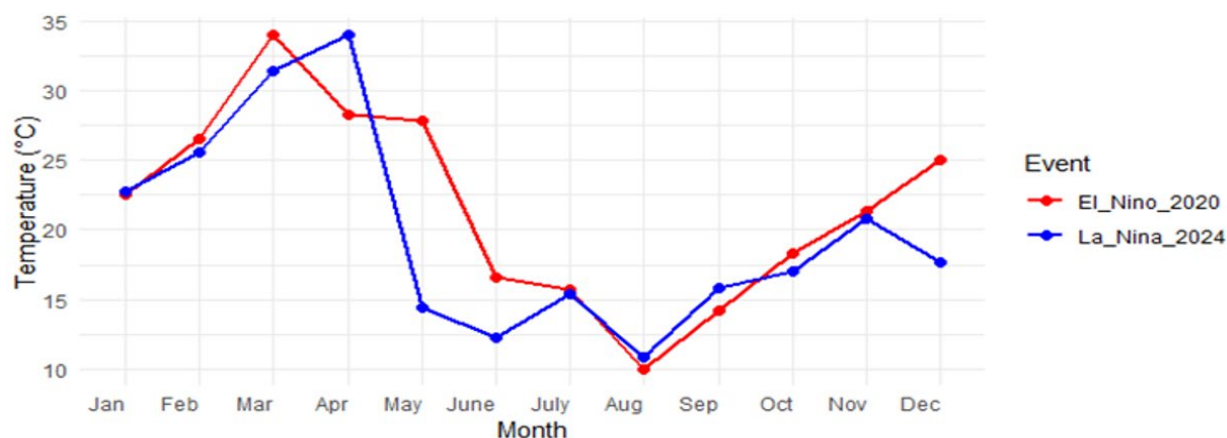


Figure 6 The shows a comparison of the average land surface temperature during the El Niño and La Niña events in 2020 and 2024 of Phrae Province.

4. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วง เอลนีโญ และลานีญา

ช่วงปี ค.ศ.2020 ที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญ พบว่าอุณหภูมิพื้นผิวมีความผันแปรตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพื้นที่ที่มีช่วงอุณหภูมิต่ำมาก (0-15.9 °C) มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 1 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ (140.31 ตร.กม. ร้อยละ 2.15) (Figure 7A) ช่วงอุณหภูมิต่ำ (16-22.9 °C) พบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ประเภท คือพื้นที่ป่าไม้ (3174.96 ตร.กม. ร้อยละ 48.56) พื้นที่เกษตรกรรม (14.30 ตร.กม. ร้อยละ 0.22) และพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (40 ตร.กม. ร้อยละ 0.61) ตามลำดับ (Figure 7B) บริเวณพื้นที่ที่มีช่วงอุณหภูมิปานกลาง (23-34.9 °C) พบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ประเภท คือพื้นที่เกษตรกรรม (1469.45 ตร.กม. ร้อยละ 22.47) พื้นที่ป่าไม้ (1009.30 ตร.กม. ร้อยละ 15.44) และพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (432.92 ตร.กม. ร้อยละ 6.65) (Figure 7C) ส่วนบริเวณพื้นที่ที่มีช่วงอุณหภูมิสูง (35-39.9 °C)

พบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3ประเภท คือ ประเภทพื้นที่เกษตรกรรม (198.08 ตร.กม. ร้อยละ 3.03) พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (48.08 ตร.กม. ร้อยละ 0.74) และพื้นที่ป่าไม้ (5.39 ตร.กม. ร้อยละ 0.08) ตามลำดับ (Figure 7D) และบริเวณพื้นที่ที่มีช่วงอุณหภูมิสูงมาก (>40 °C) พบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ประเภทคือ พื้นที่เกษตร(5.39 ตร.กม. ร้อยละ 0.08) และพื้นที่ป่าไม้ (3.81 ตร.กม. ร้อยละ 0.06) ตามลำดับ (Figure 7E)

ช่วงปี ค.ศ.2024 ปรากฏการณ์ลานีญา พบว่าช่วงอุณหภูมิพื้นผิวต่ำมาก (0-15.9 °C) และช่วงอุณหภูมิพื้นผิวต่ำ (16-22.9 °C) พบเพียงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้เท่านั้น คือ 10.52 ตร.กม. (ร้อยละ 0.61) และ 142.31 ตร.กม. (ร้อยละ 2.18) ตามลำดับ (Figure 8A and 8B) ส่วนช่วงอุณหภูมิพื้นผิวปานกลาง (23-34.9 °C) พบในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ประเภทคือ พื้นที่ป่าไม้มากที่สุด (3530.01 ตร.กม. ร้อยละ 53.99) พื้นที่เกษตรกรรม (725.06 ตร.กม. ร้อยละ 11.09) และ

พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (402.92 ตร.กม. ร้อยละ 6.16) (Figure 8C) ช่วงอุณหภูมิพื้นผิวสูง (35-39.9 °C) ยังคงพบในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ประเภท คือ พื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด (987.36 ตร.กม. ร้อยละ 15.10) พื้นที่ป่าไม้ (468.05 ตร.กม. ร้อยละ 7.16) และพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (218.08 ตร.กม. ร้อยละ 3.34)

(Figure 8D) ขณะที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวสูงมาก (>40 °C) พบได้ทั้ง 3 ประเภท (Figure 8E) พื้นที่เกษตรกรรมพบมากที่สุด (47.66 ตร.กม. ร้อยละ 0.73) รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (4.48 ตร.กม. ร้อยละ 0.07) และพื้นที่ป่าไม้ (2.15 ตร.กม. ร้อยละ 0.03) ตามลำดับ

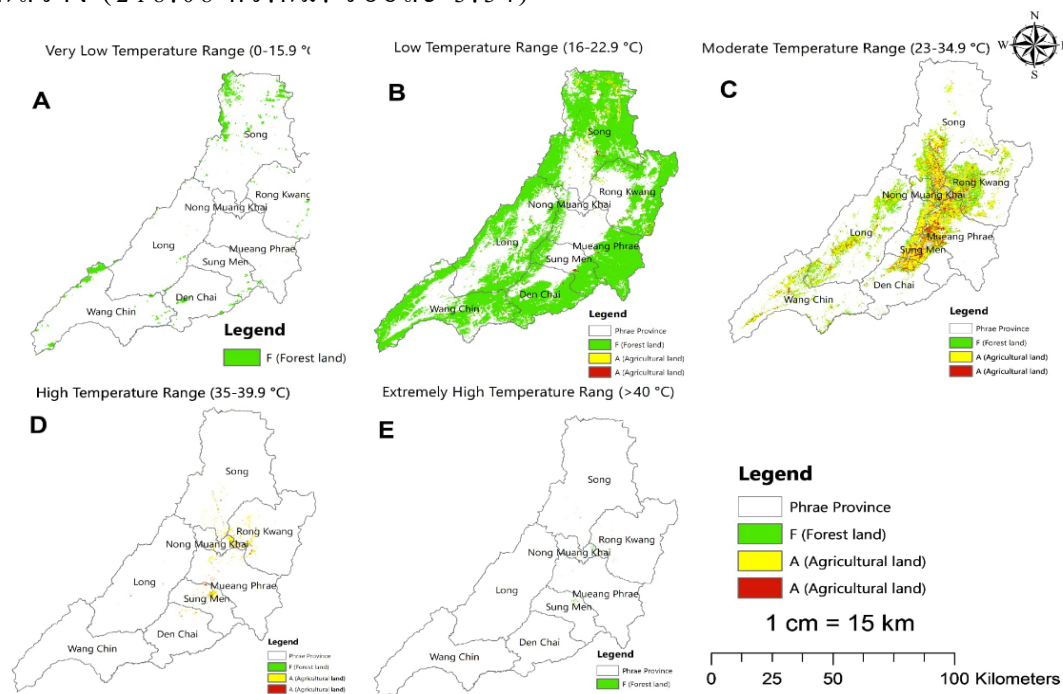


Figure 7 The map of surface temperature classification based on land use in five categories during the El Niño phenomenon in 2020.

5. อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา

ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ปี ค.ศ.2020 (ปรากฏการณ์เอลนีโญ) พื้นที่ป่าไม้ มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำที่สุด (21.5 °C) รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เกษตรกรรม (36.2°C และ 33.0°C ตามลำดับ) ขณะที่

ปี ค.ศ.2024 (ปรากฏการณ์ลานีญา) ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดิม (Table 4) แต่พื้นที่ป่าไม้ มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงขึ้น (24.4 °C) รองลงมาคือพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เกษตรกรรม (34.5°C และ 32.3°C ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว โดยเฉพาะหากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดจาก

กิจกรรมของมนุษย์อย่างเข้มข้น ดังเห็นได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่มีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่า

ในช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญ อย่างไรก็ตามในช่วงปรากฏการณ์ลานีญาอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ป่าไม้เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

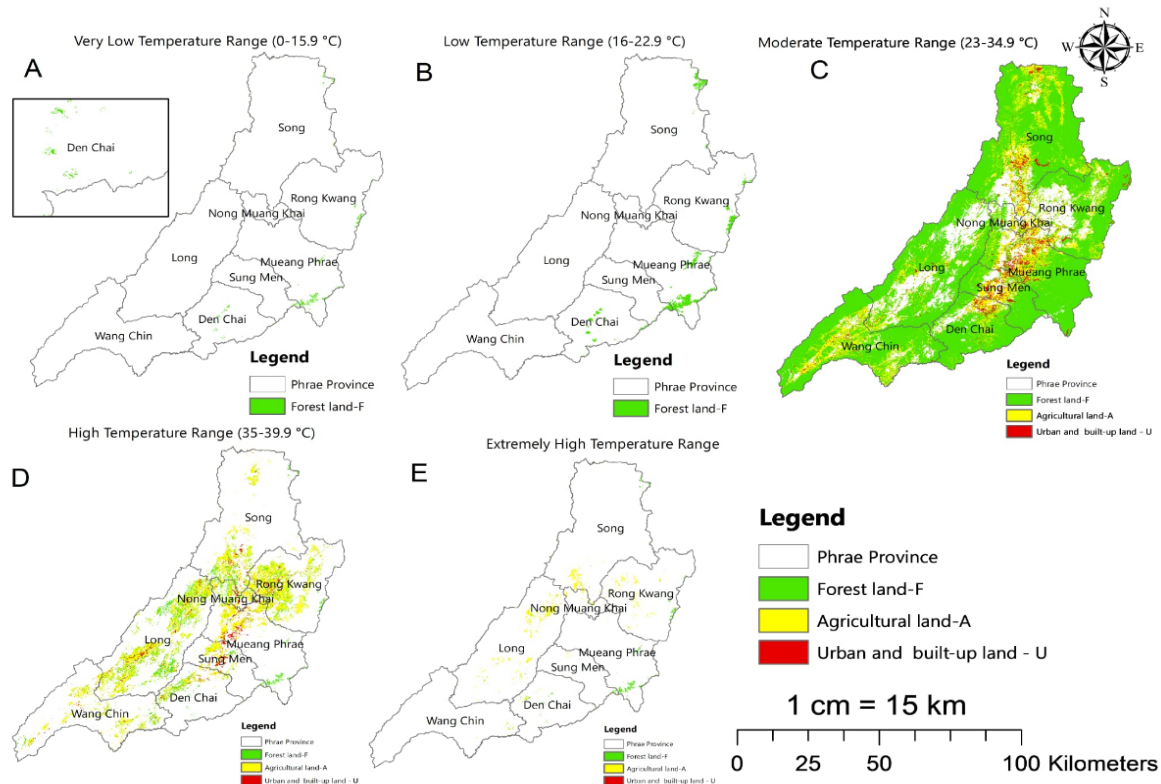


Figure 8 The map of surface temperature classification based on land use in five categories during the La Niña phenomenon in 2024.

Table 4 Changes in land surface temperature and land use in Phrae Province during 2020 (El Niño) and 2024 (La Niña), respectively.

Land Use Type	Land Use (2020)	El Niño (2020)	El Niño (2020)	Land Use (2024)	La Niña (2024)	La Niña (2024)
	Area (km ²)	Percentage (%)	Average Temperature (°C)	Area (km ²)	Percentage (%)	Average Temperature (°C)
Forest land-F	4,333.77	66.3	21.5	4,153.0	63.5	24.4
Agricultural land-A	1,681.83	25.7	36.2	1,760.1	26.9	34.5
Urban and built-up land-U	523	8.0	33.0	625.5	9.6	32.3
Total	6,538.598	100		6,538.598	100	

วิจารณ์ (Discussion)

จากการศึกษาผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันในพื้นที่จังหวัดแพร่ ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี ค.ศ.2020 และ ปี ค.ศ. 2024 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ในพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของช่วงอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในปี. ค.ศ.2020 ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ อุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างจะมีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Oke (1982) ที่รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง เป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนา การก่อสร้าง หรือการเพาะปลูก ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสิ่งแวดล้อมแบบ นี้ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนและสามารถเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวได้ เนื่องจากวัสดุก่อสร้างและดินที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้มักมีคุณสมบัติในการเก็บรักษาความร้อนสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Imhoff *et al.*, 2010) อุณหภูมิในพื้นที่เกษตรและชุมชนและสิ่งปลูกสร้างสูงกว่าเช่นกัน โดยพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงเนื่องจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรม การใช้ปุ๋ยเคมี หรือการใช้เครื่องจักรมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดินสูญเสียอินทรียวัตถุเกิดการสะสม

ความร้อน และเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่เกษตรกรรมสูงขึ้น (Lal, 2004) อย่างไรก็ตาม ในปี ค.ศ.2024 ช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา ซึ่งมีฝนตกหนักนั้นพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้นั้นสูงกว่า เนื่องจากผลกระทบของการเกิดฝนตกหนัก ซึ่งก่อนที่มีต่อฝนจะตกนั้นมีการระบายความร้อนจากกลุ่มเมฆฝนลงสู่ชั้นพื้นผิวดิน เพื่อคายความร้อนทำให้ความชื้นในบรรยากาศสูงขึ้น ซึ่งเป็นการปลดปล่อยพลังงานความร้อนแฝง (Latent heat) และก่อให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำในชั้นบรรยากาศจนนำไปสู่การเกิดฝนตก และส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณเหนือพื้นที่ป่าที่มีความชื้นของไอน้ำสูง จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณพื้นผิวน้ำที่สูงกว่าบริเวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ประเภทอื่น (Lehmann *et al.*, 2021) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Thinkampheang *et al.* (2024) ที่ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศภูเขาของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของดินเพิ่มสูงขึ้นในช่วงก่อนการเกิดฝน ขณะที่ความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ดินมีอุณหภูมิสูงทำให้ระดับความชื้นดินลดลงมากจนเกิดความแห้งแล้ง นอกจากนี้ พื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะในกลุ่มป่าผลัดใบอาจมีอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงกว่าปกติ เนื่องจากผลกระทบของไฟป่า (Marod *et al.*, 2025) ที่ทำให้พื้นผิวได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้บางบริเวณมีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าปกติ

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวพบว่า ปี ค.ศ.2020 (เอลนีโญ) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปี ค.ศ. 2024 (ลานีญา) ซึ่งผลการศึกษาของ Trenberth *et al.* (2015) พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโดยรวม ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากที่ดินอย่างเข้มข้น เช่น พื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมือง ซึ่งมักจะได้รับผลกระทบจากอากาศร้อนขึ้น ขณะที่ปี ค.ศ. 2024 อุณหภูมิเฉลี่ยที่ต่ำกว่าปี ค.ศ. 2020 เนื่องจากการเกิดปรากฏการณ์ลานีญา ที่มีฝนตกหนักและค่อนข้างต่อเนื่อง (Thai Meteorological Department, 2024) แสดงให้เห็นว่า ผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา มีผลต่อสภาพอากาศแปรปรวนที่เกิดขึ้นจนยากจะคาดการณ์ได้ ทั้งการเกิดภัยแล้งหรือฝนตกหนัก ประกอบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้มข้นในจังหวัดแพร่ เช่น การทำเกษตรกรรมหรือการขยายตัวของพื้นที่เมือง ก็ยังมีส่วนที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว จนทำให้ความรุนแรงจากภัยพิบัติดังกล่าวเกิดความอันตรายต่อชีวิตและความเป็นอยู่มากขึ้น

สรุป (Conclusion)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ และการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่จังหวัดแพร่ มีความสอดคล้องกับช่วง

ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา โดยอุณหภูมิพื้นผิวโดยรวมเพิ่มสูงขึ้นช่วงปรากฏการณ์เอลนีโญ (ปี ค.ศ.2020) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าช่วงปรากฏการณ์ลานีญา อย่างไรก็ตามในบางช่วงเวลา แม้ว่าจะอยู่ในช่วงปรากฏการณ์ลานีญา พื้นที่ป่าไม้อาจมีความอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าในพื้นที่การใช้ประโยชน์อื่น ๆ โดยเฉพาะช่วงก่อนฝนตก แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศในระยะยาว จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรการการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ชัดเจน เพื่อช่วยลดผลกระทบและเพิ่มการปรับตัวของประชาชนให้ดำรงอยู่ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบวิจัยภายใต้โครงการวิจัยรหัส มจ.1-68-05-008 รวมถึงงบประมาณจาก สำนักงานส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปี 2568 ในส่วนโครงการวิจัยย่อยภายใต้แผนงาน: การพัฒนาเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง (References)

- Center for Climate Change Research Strategy. 2022. **Climate change in Thailand**. Available source: <https://ccrc.nrct.go.th>. (Accessed: December 7, 2024)

Copernicus Climate Change Service. 2024.

Copernicus global temperature record streak continues – April 2024 was hottest on record.

A v a i l a b l e s o u r c e :
<https://climate.copernicus.eu/copernicus-global-temperature-record-streak-continues-april-2024-was-hottest-record> (Accessed: January 10, 2025)

Department of Disaster Prevention and Mitigation.

2015. **Phrae Province 2015 Retrieved.**

A v a i l a b l e s o u r c e :
https://www.disaster.go.th/upload/download/file_attach/5fad08994f96e.pdf6. (Accessed: January 10, 2025)

FAO. 2000. **Manual of Data Analysis and Land Use**

Classification Using Land Cover Classification System of the Food and

Agriculture Organization (FAO). Available

source:http://www1.ddd.go.th/WEB_PSD/pdf/expert%20work/ex5/3-3.pdf. (Accessed: January 30, 2025)

Foody, G. M. 2020. Explaining the unsuitability of the

kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. **Remote Sensing of Environment** 239: 111630. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630>

GISTDA. 2020. **Surface temperature analysis using**

satellite imagery for assessing extreme heat conditions in Thailand. Geo-Informatics and

Space Technology Development. Available

source: <https://www.gistda.or.th>. (Accessed: December 7, 2024)

Hydro-Informatic Institute (Public Organization)

(HII). 2006. **Flood event record in Northern**

T h a i l a n d . A v a i l a b l e s o u r c e :

https://tiwrm.hii.or.th/current/FloodNorth_May49.html?utm_source=chatgpt. Com. (Accessed: January 10, 2025)

Imhoff, M. L., P. Zhang, W. E. Wolfe & L. Bounoua.

2010. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA.

Remote Sensing of Environment 114(3):504-

513.[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008)

2009.10.008

IPCC. 2023. **Synthesis report for policy makers.**

A v a i l a b l e s o u r c e :

<https://www.ipcc.ch/assessmentreport/ar3>.

(Accessed: January 10, 2025)

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate

c h a n g e . **Geoderma** 123(1–2): 1–22 .

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>

Lehmann, J., A. Robinson, D. Barriopedro, S. Rahmstorf

& D. Coumou. 2021. Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate.

NPJ Climate and Atmospheric Science 4: 45.

<https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>

Mokkprakorn, M. & T. Chaiyakham. 2023. Estimating

land surface temperature in the northeastern region using multi-temporal satellite imagery. **Burapha**

Science Journal 28(1): 136-154. (in Thai)

- Marod, D., S. Thinkampheang, W. Phumphuag, A. Yarnvudhi, J. Thongsawi, P. Kachina, T. Nakashizuka, H. Kurokawa & S. Hermhuk. 2025. Relationship Between Climate Changes and Forest Dynamics Along Altitudinal Gradients at Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **F o r e s t s** 16 (1) : 114 . <https://doi.org/10.3390/f16010114>
- Nalder, I. A. & R. W. Wein. 1998. Spatial interpolation of climatic normals: Test of a new method in the Canadian boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology** 92 (4) : 211 – 225 . [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(98\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(98)00102-6)
- National Oceanic & Atmospheric Administration. 2016. **El Niño and La Niña: Frequently asked questions**. Available source : <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/el-ni%C3%B1o-and-la-ni%C3%B1a-frequently-asked-questions>. (Accessed: January 10, 2025).
- Oke, T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society** 108(455): 1-24.
- Phengphit, N., S. Karnchanasutham, K. Nualchawee & P. Soyong. 2017. The Study of Correlation Between Land Surface Temperature with Urban and Building Area, A Case Study of Amphoe Mueang Rayong, Rayong Province, Thailand. **Journal of Geoinformation Technology of Burapha University** 2(3): 27-40. (in Thai)
- Sun, D. & R. T. Pinker. 2003. Estimation of land surface temperature from a Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES-8). **Journal of Geophysical Research: Atmospheres** 108 : 4326 . doi:10.1029/2002JD002422, D11. Thai Meteorological Department. 2024. **La Niña phenomenon**. Available source: <https://www.tmd.go.th>. (Accessed: January 30, 2025)
- Thinkampheang, S., T. Nakashizuka, W. Suksavate, P. Kachina, S. Hermhuk, L. Asanok, W. Phumphuag, B. Chouibumroong, J. Wu, H. Kurokawa. & D. Marod. 2024. Impacts of climate change on forest restoration dynamics in the lower montane forest of Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **Biodiversitas** 25 (12) : 4829 - 4845 . <https://smujo.id/biodiv/article/view/19618/8230>
- Trenberth, K. E., J. T. Fasullo, & T. G. Shepherd. 2015. Attribution of climate extreme events. **Nature Climate Change** 5(8): 725-730. <https://doi.org/10.1038/nclimate2657>
- U.S. Geological Survey (USGS). 2019. **Landsat 8 data users handbook (version 1.0)**. U.S. Department of the Interior. Available source: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/landsat> at (Accessed: January 30, 2025)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินโครงสร้างภูมิทัศน์เพื่อติดตามความเป็นพื้นที่สีเขียว อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ

ปรีช กองสมบัติ^{*}, อุทัยวรรณ ผิวพรรณ¹, สุระ พัฒนเกียรติ², จุฑาทิพย์ ศรีสุวรรณ¹ และพัชธิชา กุลสุวรรณ¹

รับต้นฉบับ: 28 มีนาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 20 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์: 22 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การเปลี่ยนแปลงการกลายเป็นเมือง เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างภูมิทัศน์กายภาพ และมนุษย์ภายในพื้นที่เพื่อสนองตอบการพัฒนาสังคมเศรษฐกิจ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ภายในเมืองต่อที่ว่างเมืองที่ลดลง พร้อมกับความหลากหลายการใช้ที่ดินขยายตัวออกนอกเขตเมือง ที่ส่งผลต่อการลดลงของพื้นที่สีเขียวเมืองและชนบท การวิจัยมุ่งหวังประเมินการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนิเวศภูมิทัศน์ในช่วงปี 2554-2565 ติดตามความหลากหลายของประเภทสิ่งปกคลุมดิน ด้วยแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์ และแบบจำลองความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ อธิบายโครงสร้างหลักและความต่อเนื่ององค์ประกอบภูมิทัศน์ ประกอบด้วยพื้นที่พัฒนา พื้นที่เกษตร พื้นที่ธรรมชาติ และพื้นที่ผสม เพื่อประเมินสถานการณ์ของความเป็นพื้นที่สีเขียว อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ

วิธีการ: ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อจำแนกพื้นที่สีเขียวและไม่ใช่พื้นที่สีเขียว บนฐานภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล-2เอ ร่วมกับดัชนีที่หลากหลาย ดัชนีความแตกต่างของ พืชพรรณ ดิน น้ำ และสิ่งปลูกสร้าง ด้วยวิธีการจำแนกแบบผสมผสาน ตรวจสอบประเมินความถูกต้องผลลัพธ์การจำแนกกับจุดทดสอบภาคสนาม ด้วยวิธีแบบเรียลไทม์ผ่านระบบนำทางด้วยดาวเทียม วิเคราะห์ด้วยตารางความคลาดเคลื่อนเพื่อประเมินค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ดัชนีแคปปา กำหนดความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 80 ที่การยอมรับระดับมากขึ้นไป และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โครงสร้าง รูปแบบ และการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ เพื่อประเมินการกระจายตัว การจัดวางตัว การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ กับระดับความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ ด้วยหลักการทางนิเวศวิทยาภูมิทัศน์

ผลการศึกษา: พบว่า การจำแนกสิ่งปกคลุมดินอำเภอเมือง ปี 2565 มีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 80.21 ค่าสัมประสิทธิ์ดัชนีแคปปา เท่ากับ 0.73 มีค่าสอดคล้องตรงกันเกือบสมบูรณ์ จำแนกเป็นพื้นที่เกษตรมากที่สุด ร้อยละ 60.46 รองลงมา คือ พื้นที่ป่าไม้ ดินว่างเปล่า เกษตรกรรมไม่ขึ้นต้น ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง และน้ำ เท่ากับร้อยละ 8.59, 6.85, 4.72, 1.85 และ 0.66 ตามลำดับ สามารถบ่งชี้โครงสร้างภูมิทัศน์หลักอำเภอเมืองได้เป็นเมทริกซ์เกษตร มีการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2554-2565 เปลี่ยนแปลงลดลงในกลุ่มโมเสกภูมิทัศน์

ของพื้นที่เกษตรและธรรมชาติ มีสัดส่วนร้อยละ 72.93 และ 16.56 ลดเหลือ ร้อยละ 66.72 และ 12.63 ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มโมเสกภูมิทัศน์พื้นที่พัฒนา พื้นที่ผสมและน้ำ มีสัดส่วนร้อยละ 5.43, 3.23 และ 1.84 เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.93, 9.83 และ 1.89 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงสุทธิในประเภทโมเสกมีการเปลี่ยนแปลงจากความเป็นเอกลักษณ์ เปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่มีการครอบงำและการมีอยู่ ทั้งในพื้นที่เกษตรเด่น พื้นที่ธรรมชาติเด่น พื้นที่พัฒนาเด่น ลดลง ร้อยละ 30.13, 5.76, 1.48 ตามลำดับ ถูกแทนที่ด้วยพื้นที่ผสมที่ได้รับอิทธิพลจากทั้งสามองค์ประกอบ สอดคล้องกับระดับความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ พบว่า พื้นที่ระดับความเข้มข้นสุดขีด เป็นพื้นที่บริเวณศูนย์กลางเมืองหนาแน่น ร้อยละ 4.17 เมื่อออกห่างจากเมือง เป็นรูปแบบเชิงเส้นและกระจาย เริ่มมีระดับความเข้มข้นลดลง เปลี่ยนเป็นภูมิทัศน์ด้านเกษตรเพิ่มขึ้น มีความเข้มข้นทั้งในระดับสูงมากและระดับสูง เท่ากับร้อยละ 6.10 และ 61.15 ตามลำดับ และพื้นที่เกษตรที่มีการพัฒนาประปราย จัดอยู่ในระดับความเข้มข้นปานกลาง ร้อยละ 13.59 และกลายเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมในระดับความเข้มข้นต่ำและต่ำที่สุด กล่าวคือ กลายเป็นพื้นที่ธรรมชาติที่แทบไม่มีการรบกวนด้วยกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งเป็นพื้นที่ห่อหุ้มป่าธรรมชาติ ป่าชายฝั่งริมน้ำ ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ที่กระจายอยู่เขตเมืองและชุมชน เท่ากับร้อยละ 13.59 และ 8.03 ตามลำดับ

สรุป: ผลการศึกษาสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศบนฐานการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล ร่วมกับดัชนีที่หลากหลาย เพื่อนำไปใช้ในการประเมินสถานการณ์ความเป็นพื้นที่สีเขียวในเชิงปริมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกับการประเมินโครงสร้างภูมิทัศน์ผ่านแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์และระดับความเข้มข้นของกิจกรรมมนุษย์ มาใช้เพื่ออธิบายการมีปฏิสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ ระหว่างองค์ประกอบความเป็นพื้นที่พัฒนา พื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่เกษตร และพื้นที่ผสม เพื่อให้เห็นความเป็นเอกลักษณ์ การถูกครอบงำ และการมีอยู่ แสดงถึงทิศทางและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์ที่ส่งผลกับสิ่งแวดล้อมเมืองและชุมชนในปัจจุบัน ในด้านของการสูญเสียพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ พื้นที่ว่าง หรือเพื่อใช้เป็นตัวแทนติดตามสถานการณ์การขยายตัวของเมืองที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ซับซ้อน ช่วยให้นักวางแผนมีสารสนเทศในการวางแผนอนุรักษ์จัดการพื้นที่เป้าหมายเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนได้ในอนาคต

คำสำคัญ : นิเวศวิทยาภูมิทัศน์, โมเสกภูมิทัศน์, ภูมิทัศน์เมือง, การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน, เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

¹ สาขาการจัดการจัดการสังคมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตอำนาจเจริญ อำนาจเจริญ 37000

² คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: prat.kon@mahidol.edu

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6261>

ORIGINAL ARTICLE

**Landscape Structure Changes Assessment to Monitor Green Spaces
in Mueang District, Amnatchaoen Province**Prat Kongsombut^{1*}, Uthaiwan Phewphan¹, Sura Pattanakiate², Chuthathip Srisuwan¹, and Patticha Kulsuwan¹

Received: 28 March 2025

Revised: 20 May 2025

Accepted: 22 May 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Urbanization refers to the change of both physical and human landscape structures within an area in response to socio-economic development. This transformation leads to a reduction in urban open spaces, alongside the expansion of diverse land uses into peri-urban areas, contributing to the decline of green spaces in both urban and rural environments. This research aims to assess the changes in landscape ecological structures during the period from 2011 to 2022 by monitoring the diversity of land cover types using the Landscape Mosaic (LM) model and the LM-Anthropic model to describe the main structures and continuity of landscape components, including developed areas, agricultural areas, natural areas, and mixed-use areas, in order to evaluate the condition of green spaces in Mueang District, Amnat Charoen Province.

Methodology: This study applies geo-information technology to classify green and non-green areas based on Sentinel-2A satellite imagery, in conjunction with various indices, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Bare Soil Index (NDBSI), Normalized Difference Water Index (NDWI), and Normalized Difference Built-up Index (NDBI), using a hybrid classification method. The accuracy of the classification results was validated against ground truth points using real-time data collection via a Global Navigation Satellite System (GNSS). A confusion matrix was used to calculate overall classification accuracy and the Kappa coefficient, with the confidence level set at 80% and a minimum acceptance threshold of substantial agreement. The resulting data were further analyzed to examine landscape structure, patterns, and changes in order to assess spatial distribution, configuration, and component changes in relation to the intensity levels of human activities, following the principles of landscape ecology.

Main Results: The land cover classification results for Mueang Amnat Charoen District in 2022 revealed an overall accuracy of 80.21% and a Kappa coefficient of 0.73, indicating substantial agreement. Agricultural land was the most dominant category, accounting for 60.46% of the area, followed by forest, barren land, perennial crops, community and built-up areas, and water bodies, at 8.59%, 6.85%, 4.72%, 1.85%, and 0.66%, respectively. These results characterize Mueang District's core landscape structure as an agricultural matrix. Between 2011 and 2022, significant

landscape changes were observed. The proportions of agricultural and natural landscape mosaics declined from 72.93% and 16.56% to 66.72% and 12.63%, respectively. In contrast, developed, mixed-use, and water landscape mosaics increased from 5.43%, 3.23%, and 1.84% to 8.93%, 9.83%, and 1.89%, respectively. Net changes in mosaic types revealed a transformation from uniqueness toward areas of dominance and presence. Specifically, dominant agricultural, natural, and developed mosaic types declined by 30.13%, 5.76%, and 1.48%, respectively, and were replaced by mixed-use mosaics influenced by the convergence of all three components. This pattern corresponds with the intensity levels of human activities. Areas of extreme activity intensity were concentrated in dense urban cores, covering 4.17% of the district. Moving outward from the urban center, the spatial pattern took on linear and dispersed forms, with decreasing levels of intensity and an increase in agricultural landscapes. Areas with very high and high levels of activity intensity accounted for 6.10% and 61.15%, respectively. Sparsely developed agricultural zones were categorized as moderate-intensity areas, comprising 13.59%. Low and very low-intensity areas—primarily undisturbed natural areas such as small and large forest patches and riparian woodlands—were scattered across urban and peri-urban areas, comprising 13.59% and 8.03% of the total area, respectively.

Conclusion: This study demonstrates the effective application of geo-information technology for quantitatively assessing green space conditions through Sentinel satellite imagery classification, integrated with multiple indices. The approach is further enhanced by incorporating landscape mosaic modeling and human activity intensity analysis to evaluate landscape structure. These models support spatial interpretation of interactions among developed urban areas, natural green spaces, agricultural land, and mixed-use areas—revealing patterns of uniqueness, dominance, and presence. The results highlight the directions and trends of landscape structural change, which potentially affect urban and community environments, particularly the loss of natural green space and open areas, and the ongoing expansion of urban zones characterized by increasingly complex land use. It offers essential spatial information to support planners in conserving and managing target areas for long-term sustainable environmental development.

Keywords: Landscape ecology, landscape mosaic, urban landscape, land cover change, Geo-information technology

¹ Innovation for Social and Environmental Management, Mahidol University-Amnatcharoen Campus, Amnatcharoen 37000, Thailand

² Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170, Thailand

* **Corresponding author:** E-mail: prat.kon@mahidol.edu

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6261>

คำนำ (Introduction)

นิเวศวิทยาภูมิทัศน์ (Landscape ecology) เป็นการศึกษาโครงสร้างภูมิทัศน์ทางพื้นที่ที่มีความหลากหลาย ต่อความเข้าใจในกระบวนการทางนิเวศวิทยาที่ปรากฏในภูมิทัศน์ภาพรวม (Forman & Godron, 1986) มีบทบาทสำคัญเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างเชิงปริภูมิ หรือรูปแบบการจัดเรียงตัวกันขององค์ประกอบต่างๆ ทางนิเวศวิทยาที่ปรากฏในภูมิทัศน์ ประกอบด้วย ห่อม เส้นทางเชื่อม และเมทริกซ์ ของพื้นที่สังคมสิ่งมีชีวิต ผ่านมุมมองเชิงโครงสร้าง บทบาท การเปลี่ยนแปลง และความหลากหลายของช่วงเวลาในระบบภูมิทัศน์ (McGarigal & Mark, 1995; Thaitakoo, 2005) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ถือเป็นรูปแบบและสาเหตุหลักอย่างหนึ่ง ต่อปฏิสัมพันธ์ภาพรวมทางภูมิทัศน์ จากการเปลี่ยนแปลงที่เป็นพลวัต เกิดจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ เป็นผืนกิจกรรมที่มีความหลากหลายทั้งในรูปแบบของ ประเภทที่อยู่อาศัย พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม สาธารณูปโภค พื้นที่สีเขียว และอื่น ๆ โดยภาคเกษตรกรรมและการพัฒนาเมือง ถือเป็นกิจกรรมหลักที่เป็นเอกลักษณ์ของมนุษย์ พลวัตดังกล่าวนี้สามารถสังเกตเห็นได้เชิงประจักษ์ในรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Wilcox & Murphy, 1985; Kutintara, 2012) ในสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลง เริ่มจากการพัฒนาชุมชนสังคมพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งอำนวยความสะดวก การเพิ่มขึ้นที่อยู่อาศัย การย้ายถิ่นฐาน และการอพยพเข้าสู่เมือง จนเกิดการพัฒนากลายเป็นเมือง

และได้ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางชีวภาพกายภาพที่ต่อเนื่องของพื้นที่ อาทิ การเปลี่ยนแปลงระบบเครือข่ายลำน้ำ พื้นที่ป่า พื้นที่ราบลุ่มขนาดใหญ่ และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์พื้นที่ (Khwanart & Thinphangnga, 2013) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงยังส่งผลต่อการลดลงของพื้นที่สีเขียวและป่าไม้ของประเทศไทย แต่เดิมประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้มากถึงร้อยละ 70 (Baimai, 2007) ปัจจุบันลดลงเหลืออยู่เพียงร้อยละ 31.57 โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ป่าเหลือน้อยที่สุด ร้อยละ 14.89 (Royal Forest Department, 2022) ถึงแม้ว่านโยบายของประเทศไทยมีการเพิ่มพื้นที่สีเขียวทั้งในและนอกเขตอนุรักษ์ให้เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40 แต่พบว่า พื้นที่ป่าไม้ ยังคงมีแนวโน้มลดลง และเกิดการแตกกระจายเป็นหย่อม ทำให้ป่าไม้ที่เคยเป็นผืนขนาดใหญ่ พบหลงเหลือเพียงเฉพาะในเขตอนุรักษ์ที่ได้รับการปกป้องตามนโยบายและตามพื้นที่ต้นน้ำประเทศ (Tangkitngamwong, 2012) ในขณะที่นอกเขตอนุรักษ์ เขตเมือง และชุมชน ยังประสบกับปัญหาด้านความต้องการใช้ที่ดินที่เพิ่มมากขึ้น ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงและเกิดการขยายตัวที่ส่งผลต่อการลดลงของพื้นที่สีเขียวเมืองและชุมชนโดยตรง

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความหลากหลาย ปัจจุบันสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อใช้ในการศึกษา ติดตาม รายงานสถานการณ์ ไปจนถึงการใช้แบบจำลองเพื่อประเมินและคาดการณ์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในอนาคต (GISTDA, 2009) อีกทั้ง

เทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อการสำรวจได้มีการพัฒนา ดาวเทียมและระบบเซนเซอร์ที่ให้คุณสมบัติทั้งใน ส่วนของความละเอียด เชิงพื้นที่ เชิงสเปกตรัม เชิง รัศมี และเชิงช่วงเวลา สามารถแสดงสารสนเทศสิ่ง ปกคลุมดินที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ใช้ทำความเข้าใจและตีความสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาได้อย่าง รวดเร็ว (Radeloff *et al.*, 2023) มีการนำภาพ ดาวเทียมไปใช้เพื่อการวิจัยพัฒนาผลของการ จำแนกให้ได้ข้อมูลที่ต้องการมากขึ้น ตั้งแต่การใช้ เทคนิคการจำแนกด้วยระบบคอมพิวเตอร์ วิธีการไม่ กำกับดูแล เพื่อจัดกลุ่มค่าสถิติการสะท้อนช่วงคลื่น หรือเชิงสเปกตรัม อาทิ วิธีการจับกลุ่มข้อมูล: วิธีการ K-means, วิธีการ ISODATA, วิธีการ วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ร่วมกับวิธีการ แบบกำกับดูแล ผ่านการคัดเลือกกลุ่มตัวแทนพื้นที่ จริงใช้เป็นตัวแทนค่าสถิติการสะท้อนช่วงคลื่น กำกับในการวิเคราะห์ อาทิ วิธีการ Parallepiped, Minimum distance to mean, Maximum likelihood และ Support Vector Machine (Shahi *et al.*, 2022) ไปจนถึงการประยุกต์อัลกอริทึมเพื่อปรับปรุงการ จำแนก การทำสัดส่วนภาพตามคุณสมบัติการ สะท้อน เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะทาง (Lu & Weng, 2007) มีงานวิจัยที่ได้นำสารสนเทศสิ่งปกคลุมดินมา วิเคราะห์ร่วมกับหลักการนิเวศภูมิทัศน์เพื่ออธิบาย สถานการณ์ การคงอยู่ การลดลง เป็นกรอบทำความเข้าใจโครงสร้าง บทบาท และรูปแบบภูมิทัศน์เมือง กับพื้นที่สีเขียว ช่วยให้นักวางแผนและออกแบบพื้นที่ เห็นถึงการมีอยู่ของทุนพื้นที่ธรรมชาติ ที่เป็นทั้ง แหล่งบริการนิเวศวิทยา ถิ่นอาศัยสังคมสิ่งมีชีวิต

พื้นที่ความหลากหลายทางชีวภาพ ต้องประกอบ ที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งในส่วนของพื้นที่เมือง อาคาร พื้นผิวดินแข็ง ที่มีความต่อเนื่องกลมกลืนระหว่างกัน คล้ายแผ่นโมเสก (Mosaic) (Thaitakoo *et al.*, 2018) และความเข้าใจองค์ประกอบดังกล่าว ยังนำไปสู่ แนวทางการศึกษา การวิเคราะห์ การอนุรักษ์และ จัดการทางพื้นที่อย่างยั่งยืน ทั้งในระดับพื้นที่ขนาด ใหญ่ไปจนถึงระดับพื้นที่ขนาดเล็ก (Hanpachern, 2011; Kongsombut *et al.*, 2024)

ในการวิจัยนี้ได้เห็นความสำคัญของการนำ หลักการนิเวศวิทยาภูมิทัศน์ (Forman & Godron, 1986) และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิ สารสนเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์พื้นที่สีเขียวเมือง ผ่านแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์ (Landscape mosaic) (Vogt *et al.*, 2024) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ช่วยให้เกิด ความเข้าใจ ผ่านองค์ประกอบรูปแบบสิ่งปกคลุมดิน ที่หลากหลายของประเทศ (Land Development Department, 2022) จัดกลุ่มให้อยู่ในรูปแบบการ เปลี่ยนแปลงของสัดส่วนสัมพันธ์ที่ปรากฏของ พื้นที่ ระหว่างพื้นที่พัฒนา พื้นที่เกษตร พื้นที่ ธรรมชาติ และพื้นที่ผสม (Riitters *et al.*, 2009; Riitters *et al.*, 2020) ในอำเภอเมืองอำนาจเจริญ ช่วงระหว่างปี 2554 - 2565 เนื่องด้วยอำเภอเป็น พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของศูนย์กลางโครงข่าย ที่มี เป้าหมายการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การคมนาคม โลจิสติกส์ สิ่งอำนวยความสะดวกทางการค้า การเชื่อมโยงการท่องเที่ยว และพัฒนาบริการเพื่อ หนุนเสริมการค้า การบริการ การลงทุน หรือการ

ขยายตัวทางสังคมเศรษฐกิจ (National Statistical Office, 2022) ด้วยสมมติฐานของการพัฒนาโครงสร้างภูมิทัศน์เมืองกับระดับกิจกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงสัมพันธ์กับความเป็นพื้นที่สีเขียวและที่ว่างเมืองที่อาจมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งการศึกษาดังกล่าว สามารถนำมาใช้ติดตามการขยายตัวของเมือง พื้นที่ชนเมือง พื้นที่ท้องถื่น ตลอดจนสนับสนุนแนวทางและการจัดทำนโยบายเพื่อการจัดการและอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวธรรมชาติของประเทศไทยได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว

อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

1. สถานที่ศึกษา (Study area)

อำเภอเมืองอำนาจเจริญ ตั้งอยู่ระหว่างเส้น

ละติจูดที่ 15-16 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 104-105 องศา 15 ลิปดาตะวันออก มีพื้นที่เท่ากับ 910.05 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 27.64 ของพื้นที่จังหวัด มีอาณาเขตทิศเหนือติดกับอำเภอเสนางคนิคม ทิศตะวันออก ติดกับ อำเภอปทุมราชวงศา ทิศใต้ ติดกับ อำเภอพนา และ อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ และทิศตะวันตก ติดกับ อำเภอป่าดัว และ อำเภอไทยเจริญ จังหวัดยโสธร (Figure 1) ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน มีลักษณะดินทั่วไปเป็นดินร่วนปนทรายและดินลูกรังบางส่วน อำเภอเมืองมีประชากรทั้งสิ้น 65,018 คน คิดเป็นร้อยละ 34.75 เป็นอำเภอที่มีประชากรมากที่สุดของจังหวัด (National Statistical Office, 2022)

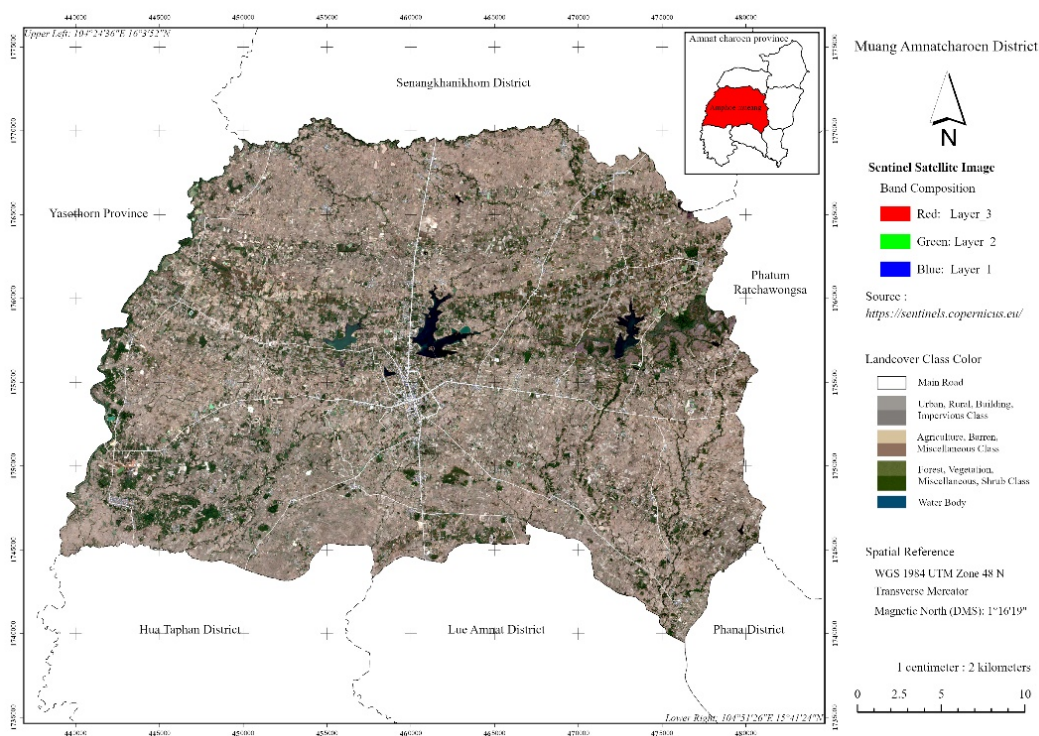


Figure 1 Sentinel satellite imagery of the study area in Mueang District, Amnat Charoen Province.

1. การเก็บข้อมูล (Data collection)

1.1 ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ และซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ บนฐานการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ร่วมกับข้อมูลเขตการปกครอง การใช้ที่ดิน พื้นที่น้ำ พื้นที่ป่าไม้ ที่อยู่ในรูปแบบทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแผนที่ฐาน ได้แก่ แผนที่

ภูมิประเทศ และภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง (Esri, Maxar, USDA, USGS, GeoEye, Getmapping, AeroGRID, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS user community) และเครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS handheld) ที่เชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังแสดงในแผนภาพ (Figure 2)

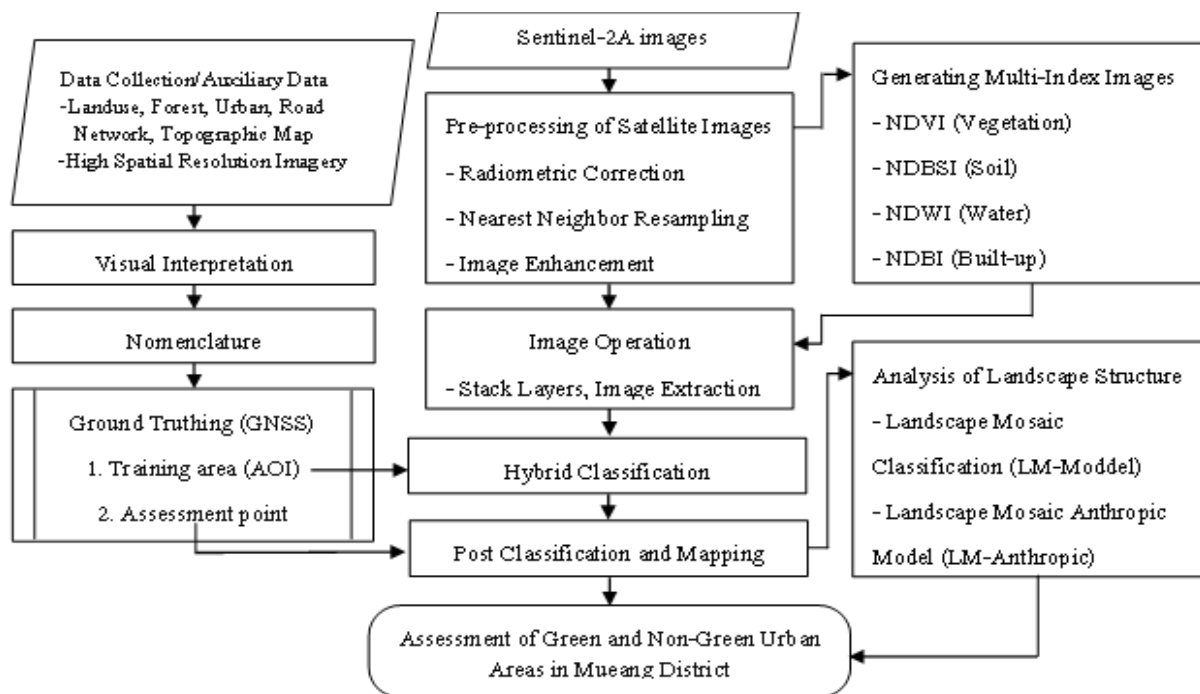


Figure2 Overall methodology workflow

1.2 การเตรียมภาพก่อนการประมวลผล ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ปราศจากเมฆ บันทึกข้อมูลในเดือนมีนาคม 2565 ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ก่อนการวิเคราะห์ จากแหล่งข้อมูล The Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.-copernicus.eu>) นำภาพมาปรับปรุงรายละเอียดพื้นที่ ด้วยวิธีการ Nearest Neighbor ให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตรในทุกแบนด์ และรวมข้อมูลแต่ละแบนด์

ด้วย วิธี Stack Layer พร้อมตรวจสอบคุณภาพข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ฮิสโตแกรม (Histogram Analysis) ก่อนที่จะนำภาพไปทำสัดส่วนภาพหลายดัชนี ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI), ดัชนีดิน (BSI), ดัชนีน้ำ (NDWI) และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) (Table 1) เพื่อเพิ่มช่วงค่าดัชนี ในการจำแนกข้อมูลความเป็นพื้นที่สีเขียวและไม่ใช้สีเขียว จากนั้นตัดข้อมูลภาพ (Image extraction) ให้อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา

Table 1 Remotely sensed indices for Sentinel satellite image classification

Index	Formular	Source
Normalized Different Vegetation Index: NDVI	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	Rouse <i>et al.</i> , 1974
Bare Soil Index: BSI	$\frac{(SWIR+R) - (NIR+B)}{(SWIR+R) + (NIR+B)}$	Rikimaru <i>et al.</i> , 2002
Normalized Different Water Index: NDWI	$\frac{GREEN-NIR}{GREEN+NIR}$	McFEETERS, 1996
Normalized Different Built-up Index: NDBI	$\frac{SWIR-NIR}{SWIR+NIR}$	Zha <i>et al.</i> , 2003

1.3 ดำเนินการสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Field data collection) โคนทำการกำหนดประเภทข้อมูล (Nomenclature) จากการปรับปรุงระบบประเภทข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินเป็นมาตรฐาน (Land Development Department, 2022) จัดกลุ่มสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 7 ประเภท คือ พื้นที่เกษตร พื้นที่ดินว่างเปล่า พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่เกษตรไม่ยืนต้น พื้นที่แหล่งน้ำ เป็นตัวแทนสิ่งปกคลุมดิน เพื่อให้สอดคล้องกับการจำแนกและการประเมินการเปลี่ยนแปลงด้วยแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์

1.4 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Ground truth) เน้นการสำรวจพื้นที่ด้วยวิธีแบบเรียลไทม์ (Real-time tracking) สุ่มตรวจในพื้นที่ประเภทสิ่งปกคลุมดิน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับช่วงเวลาของการบันทึกภาพดาวเทียม การสำรวจได้นำข้อมูลดาวเทียมเชื่อมต่อกับระบบนำทางสัญญาณดาวเทียม (GNSS) เพื่อระบุตำแหน่งสิ่งปกคลุมดินตามการกำหนดประเภทข้อมูล ซึ่งแบ่งการสำรวจ

ข้อมูลภาคสนามออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) ข้อมูลตัวแทนพื้นที่ (Training Area) สุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ด้วยการคัดเลือกจากการแปลตีความภาพดาวเทียมรายละเอียดสูงในเบื้องต้นพิจารณาจากองค์ประกอบความเป็นผืนและเนื้อเดียวกันทางพื้นที่ พร้อมลงภาคสนามบันทึกข้อมูลจำนวนประเภทละ 10 ตำแหน่ง/พื้นที่ (หนึ่งตำแหน่งแทนรายละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร ที่ขนาด 3 x 3 ตารางกริด) และ 2) ข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องภายหลังการจำแนก (Accuracy Assessment) จำนวนทั้งหมด 485 จุดตรวจสอบที่กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่อำเภอเมือง

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

2.1 การจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน (Land cover classification)

1) การจำแนกข้อมูลแบบผสมผสาน (Hybrid classification) โดยจำแนกสิ่งปกคลุมดินเบื้องต้น ด้วยการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised) วิธี ISODATA clustering algorithm

และนำผลไปจำแนกระดับย่อยร่วมกับข้อมูลตัวแทนพื้นที่ (Training area) ด้วยการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised) วิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machine) ด้วยตัวกรองฟังก์ชันฐานรัศมี (Radial basis function) กำหนดค่าจำนวนตัวอย่างสูงสุดต่อประเภทในการจำแนกเท่ากับ 800 เมื่อจำแนกเสร็จสิ้น ทำการนำภาพผลลัพธ์มาปรับแก้ด้วยการแปลตีความด้วยสายตาเพื่อตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2) การปรับแก้ข้อมูลและประเมินผลการจำแนกภาพ (Post-classification and accuracy assessment) ทำการปรับปรุงผลลัพธ์การจำแนกและนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกร่วมกับผลการสำรวจข้อมูลภาคสนาม (Accuracy assessment) เพื่อหาระดับความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ โดยทั่วไปอยู่ที่ร้อยละ 80 (Pattanakit, 2003) และคำนวณค่าดัชนีแคปปา (Kappa Index) (Cohen, 1968) โดยจัดทำตารางวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (Confusion matrix) (Story & Congalton, 1986)

2.2 การจำแนกและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์ด้วยแบบจำลอง Landscape Mosaic Model

ทำการจำแนกบนฐานข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2554 (Land Development Department, 2011) และผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดินปี 2565 ผ่านแบบจำลอง Landscape mosaic model (Wickham & Norton, 1994; Vogt & Riitters, 2017) วิเคราะห์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านขอบเขตหน้าต่างเคลื่อนที่ (Moving window) กำหนดตารางกริด 9 x 9 ช่อง ขนาดจุดภาพ 10 ตารางเมตร คำนวณจุดทดสอบในทุก ๆ จุดภาพกับจุดภาพโดยรอบตารางพิกเซล เพื่อคำนวณสัดส่วนที่ปรากฏในขอบเขตหน้าต่างเคลื่อนที่ แสดงความเป็นสัดส่วนของพื้นที่ธรรมชาติ (N) พื้นที่เกษตร (A) พื้นที่พัฒนาแล้ว (D) และพื้นที่ผสม (M) ด้วยค่าสัดส่วนผสม มีช่วงค่า 0.0-1.0 (ร้อยละ 0-100) ภายในแผนภูมิสามเหลี่ยม (Figure 3 and Table 2) (Vogt *et al.*, 2024) โดยมีรายละเอียดดังนี้

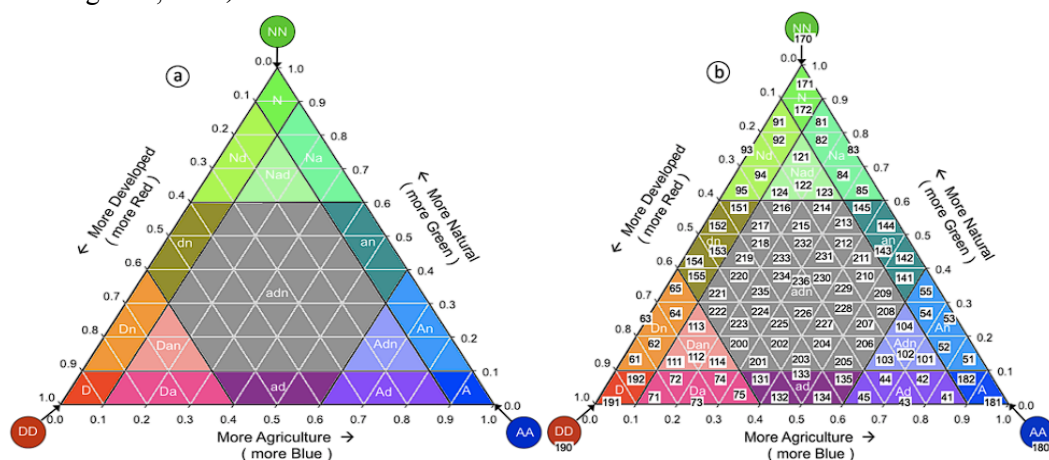


Figure 3 Legend for the original 19-typology and number codes are landscape structure in Mueang District

Source : Vogt *et al.*, (2024)

โมเสคประเภทการมีอยู่ (Presence) แสดงการมีอยู่ของสิ่งปกคลุมในระดับเบาบางและเพิ่มขึ้นตามลำดับ ช่วงค่า 0.1 แต่น้อยกว่า 0.6 (ร้อยละ 10-59) ระบุประเภทด้วยอักษรพิมพ์เล็ก (n, a, d, m)

โมเสคประเภทการครอบงำ (Dominance) แสดงถึงการครอบงำของสิ่งปกคลumnั่น หรือมีพื้นที่ปรากฏในระดับที่เข้าใจได้ว่าเป็นโครงสร้างหลัก ช่วงค่าเท่ากับ 0.6 แต่น้อยกว่า 1.0 (ร้อยละ 10-99)

โดยระบุประเภทด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่ (N, A, D)

โมเสคประเภทความเป็นเอกลักษณ์ (Uniqueness) แสดงถึงการถูกรอบคลุมโดยประเภทสิ่งปกคลุมดินนั้น ๆ เพียงชนิดเดียว เป็นโครงสร้างหลักที่ไม่มีการผสมของสัดส่วนภูมิทัศน์ใด ๆ ช่วงค่าเท่ากับ 1.0 หรือมีพื้นที่ปรากฏร้อยละ 100 ระบุประเภทด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่คู่กัน (NN, AA, DD)

Table 2 Typology of Landscape Structure in Landscape Mosaic Model

Major Landscape	Symbology	Description	Percent		
			N%	A%	D%
Natural-Dominated	N	Natural core	90-99	1-9	0
Mosaics	Na	Natural with sparse agriculture	70-89	10-25	<10-20
(NN Class)	Nad	Natural with mixed influence	60-70	15-25	10-20
>99-100%	Nd	Natural with development	60-70	<10	20-30
Agriculture-	A	Agriculture core	25-35	50-60	15-25
Dominated Mosaics	An	Agriculture with sparse natural	50-60	30-40	<20
(AA Class)	Ad	Agriculture with sparse development	20-30	50-60	20-30
>99-100%	Aad	Agriculture with mixed influence	10-20	60-70	20-30
Developed-	D	Developed core	10-20	<10	>70
Dominated Mosaics	Dn	Developed with sparse natural	20-30	10-20	50-60
(DD Class)	Dan	Developed with mixed influence	20-30	20-30	40-50
>99-100%	Da	Developed with sparse agriculture	<15	30-40	>50
Mixed Mosaics	an	Mixed agriculture and natural	<10	30-50	40-60
	nd	Mixed natural and developed	40	30	30
	ad	Mixed agriculture and developed	30	30	40
	and	Equally mixed	30-50	25-45	20-45

ดำเนินการประมวลผลภาพแล้วเสร็จ พร้อมระบุประเภทสัดส่วนที่ปรากฏตามโครงสร้างภูมิ

ทัศน์ทั้งหมด 19 ประเภท ตามรหัสตัวเลขที่ใช้แทนประเภทบนแผนภาพโมเสค เป็นกรอบในการ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์อำเภอเมือง ในช่วงระหว่างปี 2554-2565

2.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ด้วยแบบจำลอง LM-anthropic model

วิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกิจกรรมมนุษย์ที่เกิดจากภาคเกษตรและการพัฒนาเมือง เป็นแบบจำลองที่ได้มีการทบทวนผ่านแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์ (Vogt *et al.*, 2024) โดยกำหนดค่า

ความเข้มข้นบนมาตราส่วนเชิงเส้น ตั้งแต่ 0% (NN: LM Value 170) จนถึง 100% (DD: LM Value 190) ผ่านกระบวนการประมาณค่าระหว่างเส้นค่าคงที่ (Iso-line Interpolation) (Figure 4) เพื่อแปลงข้อมูลโมเสกภูมิทัศน์เป็นระดับความเข้มข้นต่อเนื่อง พร้อมจำแนกรูปแบบการขยายตัวกิจกรรมของมนุษย์ แบ่งออกเป็น 6 ระดับ เพื่อใช้ประเมินระดับความเข้มข้นกิจกรรมภายในอำเภอเมืองอำนาจเจริญ

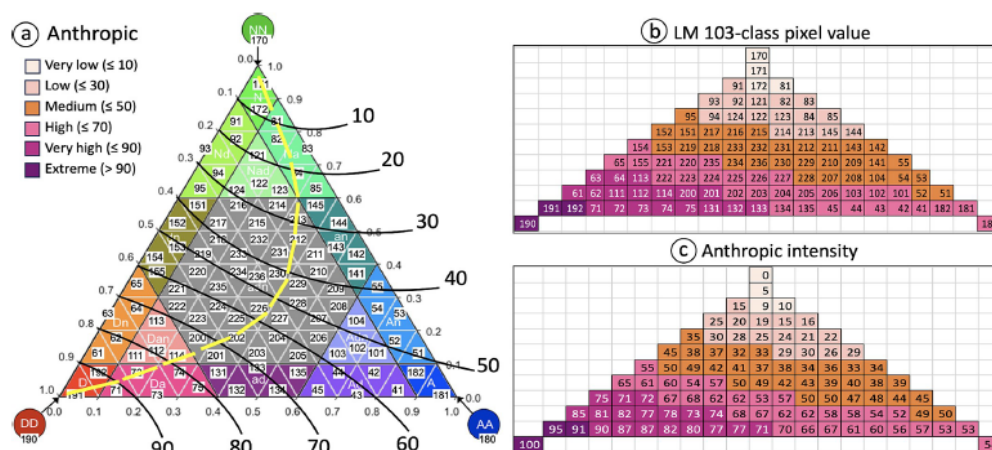


Figure 4 Degree of anthropic intensity associated landscape mosaic and respective anthropic intensity value

Source : Vogt *et al.*, (2024)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. ผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดินอำเภอเมืองอำนาจเจริญ ปี พ.ศ. 2565

การจำแนกข้อมูลภาพ Sentinel-2A วิธี Hybrid classification จากการสุ่มตรวจในพื้นที่สิ่งปกคลุมดิน จำนวน 485 แห่ง พบว่าผลการจำแนกให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ร้อยละ 80.21 และค่าสัมประสิทธิ์ดัชนีแคปปาเท่ากับ 0.73 หรือสอดคล้องตรงกันเกือบสมบูรณ์ (Almost perfect agreement) (Landis & Koch, 1977)

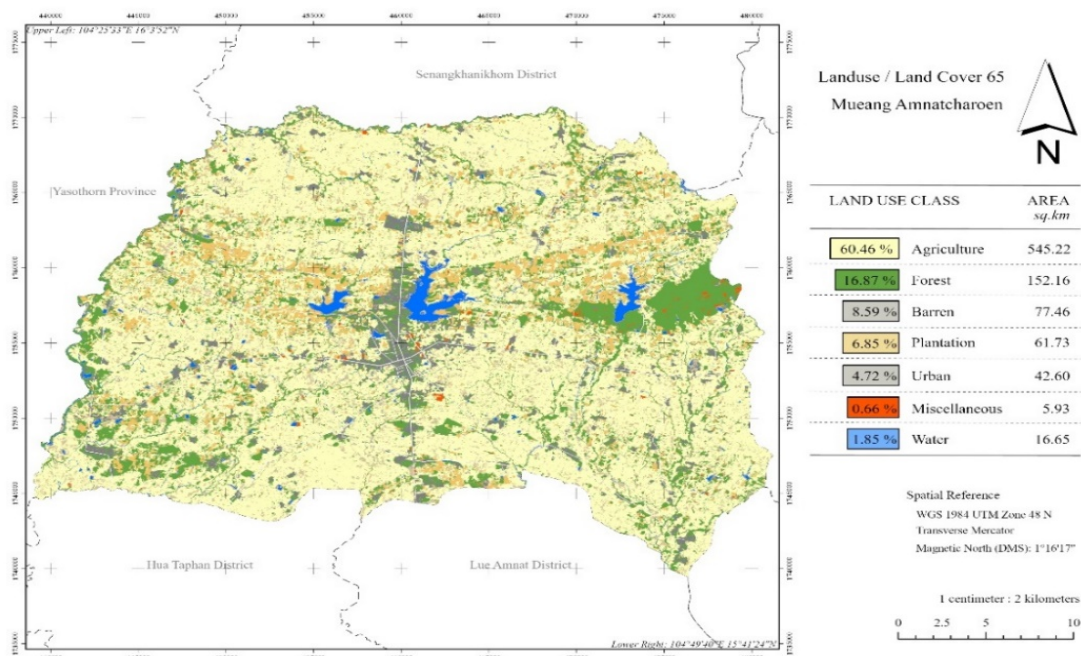
และให้ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy: UA) เท่ากับ 81.10 และค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy: PA) เท่ากับ 81.73 โดยพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่มากที่สุด (545.22 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 60.46) รองลงมาเป็น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ดินว่างเปล่า พื้นที่เกษตรกรรมไม่ขึ้นดิน พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เท่ากับ 77.46, 61.73, 42.6, 16.65 และ 5.93 ตร.กม. ตามลำดับ (ร้อยละ 8.59, 6.85, 4.72, 1.85 และ 0.66 ตามลำดับ) (Table 3 and Figure 5)

Table 3 Matrix table comparing satellite image interpretation results with ground truth data.

Table Matrix		Result of Hybrid Classification							
		F*	A*	M*	U*	W*	T*	UA (%)*	EO (%)*
Ground Truth Data	F*	128	20	2	1	-	151	84.77	15.23
	A*	4	140	2	4	-	150	93.33	6.67
	M*	2	19	47	24	-	95	49.47	50.53
	U*	-	2	13	53	-	68	77.94	22.06
	W*	-	-	-	-	21	21	100	0
	T*	134	181	64	85	100	485		
	PA (%)*	95.52	77.35	73.44	62.35	100			
	EO (%)*	4.48	22.65	26.56	37.65	0			
● Overall Accuracy) 80.21 %					● Kappa Index 0.73				

Remark: *Forest (F), Agriculture (A), Misselaneous (M), Urban and Built-up (U), Water (W), Total (T)

Producer's Accuracy (PA%), Error of Producer's (EO%), User's Accuracy (UA%), Error of User's (EO%)

**Figure 5** Land use and land cover in 2022 of Mueang District, Amnat Charoen Province.

ผลการจำแนกภาพเซนติเนล ที่เป็นดาวเทียมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจและติดตามพื้นที่เกษตร พืชพรรณ และป่าไม้ ด้วยรายละเอียด

ช่วงค่าการสะท้อนที่หลากหลายและรายละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร พร้อมประยุกต์ใช้ดัชนีที่หลากหลายร่วมในการวิจัย ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ใน

ระดับยอมรับที่มาก ในประเภทวัตถุพื้นดินน้ำ ป่าไม้ เกษตร เบ็ดเตล็ด สิ่งปลูกสร้าง มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (PA%) ร้อยละ 100, 95.52, 77.35, 73.44 และ 62.35 และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (UA%) พื้นที่น้ำ เกษตร ป่าไม้ สิ่งปลูกสร้าง เบ็ดเตล็ด เท่ากับร้อยละ 100, 93.33, 84.77, 77.94 และ 49.47 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง มากกว่าร้อยละ 80 ระดับปานกลาง ร้อยละ 70-80 (Foody, 2002) ให้ผลใกล้เคียงกับการจำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนของงานวิจัย Osgouei *et al.* (2019) ในประเภทพื้นที่ป่าไม้ เกษตร/ดินว่างเปล่า และสิ่งปลูกสร้าง และ Prasomsup *et al.* (2021) ในประเภทป่าไม้ และ เกษตร และกรณีศึกษาการจำแนกความเป็นเมือง (Buathongkhue *et al.*, 2022) ทั้งนี้งานวิจัย พื้นที่เกษตร พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีความหลากหลายของประเภทในระดับย่อย ทำให้มีความความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีกร

ผสมของจุดภาพระหว่างค่าการสะท้อนแสง พื้นที่ดินว่างเปล่าและลานหินแข็ง ทำให้ระดับความถูกต้องมีผลโดยตรงของจุดผสมเหล่านี้สูงตามไปด้วย ซึ่งการจำแนกควรคำนึงองค์ประกอบภูมิทัศน์สิ่งแวดล้อมเฉพาะถิ่นในพื้นที่มาพิจารณาด้วย และใช้เทคนิคเฉพาะทาง (Lu & Weng, 2007) อาทิ การคัดเลือกวัตถุผสมออกจากภาพก่อนวิเคราะห์ การใช้เทคนิคจำแนกเชิงสเปกตรัม การจำแนกเชิงวัตถุ และการจำแนกแบบเรียนรู้เชิงลึก

2. ผลการจำแนกโครงสร้างและรูปแบบภูมิทัศน์

โครงสร้างภูมิทัศน์อำเภอเมือง ปี พ.ศ. 2565 พบว่า ส่วนใหญ่เป็นภูมิทัศน์เกษตรกรรม (ร้อยละ 66.72) รองลงมา ได้แก่ ภูมิทัศน์ธรรมชาติ ภูมิทัศน์แบบผสม และภูมิทัศน์พัฒนาแล้ว (ร้อยละ 12.63, 9.83 และ 8.92 ตามลำดับ) โดยองค์ประกอบของแต่ละโครงสร้างภูมิทัศน์ (Figure 6) มีรายละเอียดคือ

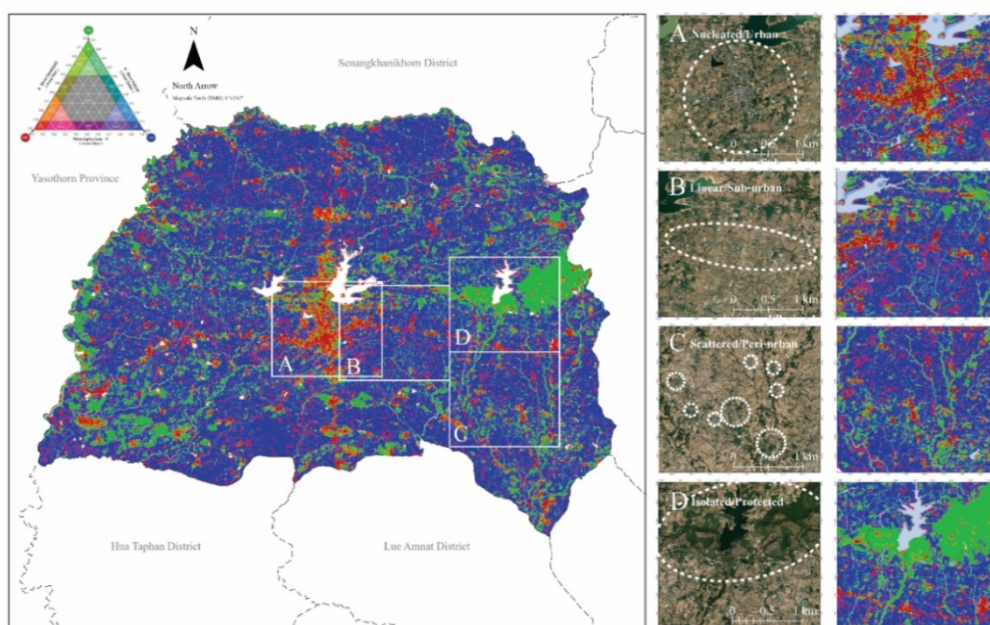


Figure 6 Landscape structure in 2022 of Mueang District, Amnatcharoen Province.

ภูมิทัศน์เกษตรเอกลักษณ์ (AA) มีสัดส่วนร้อยละ 35.62 รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรมีการครอบงำ (A), พื้นที่เกษตรมีพื้นที่พัฒนาผสมเล็กน้อย (Ad), พื้นที่เกษตรมีพื้นที่ธรรมชาติผสมเล็กน้อย (An), พื้นที่เกษตรที่ได้รับอิทธิพลจากทั้งธรรมชาติและพัฒนา (Adn) เท่ากับร้อยละ 12.25, 9.32, 8.58, 0.95 ตามลำดับ ในขณะที่ภูมิทัศน์ธรรมชาติเอกลักษณ์ (NN) มีสัดส่วนร้อยละ 5.24 รองลงมา คือ พื้นที่ธรรมชาติมีเกษตรผสมเล็กน้อย (Na), พื้นที่ธรรมชาติมีพื้นที่พัฒนาผสมเล็กน้อย (Nd), พื้นที่ธรรมชาติมีการครอบงำ (N), และพื้นที่ธรรมชาติที่ได้รับอิทธิพลทั้งการพัฒนาและเกษตร (Nad) เท่ากับร้อยละ 3.39, 1.92, 1.66, 0.42 ตามลำดับ ภูมิทัศน์แบบผสมที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกันของ พื้นที่เกษตร/ธรรมชาติ (an), พื้นที่เกษตร/พัฒนา (ad), พื้นที่ธรรมชาติ/พัฒนา (dn), และพื้นที่ผสมทั้งสามองค์ประกอบ (and) เท่ากับร้อยละ 3.09, 2.97, 2.74, 1.03 ตามลำดับ ในขณะที่สัดส่วนที่น้อยที่สุด คือ ภูมิทัศน์พัฒนาแล้ว ปรากฏเป็นพื้นที่พัฒนามีเกษตรผสมเล็กน้อย (Da) มีสัดส่วนร้อยละ 2.72 รองลงมา คือ โครงสร้างภูมิทัศน์พัฒนาเอกลักษณ์ (DD) พื้นที่พัฒนามีพื้นที่ธรรมชาติผสมเล็กน้อย (Dn) พื้นที่พัฒนามีการครอบงำ (D) และพื้นที่พัฒนาได้รับอิทธิพลจากทั้งเกษตรและธรรมชาติ (Dan) ร้อยละ 2.65, 1.81, 1.51, 0.23 ตามลำดับ และพื้นที่น้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติ/แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เท่ากับร้อยละ 1.89 เป็นต้น

รูปแบบภูมิทัศน์อำเภอเมือง มีลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ลอนลาดเล็กน้อยจนถึงราบเรียบ มี

ภูเขาขนาดเล็กๆ คือ ภูสิงห์-ภูผาผึ้ง เป็นส่วนพื้นที่อนุรักษ์ (Figure 6 D) เป็นหย่อมผืนป่าขนาดใหญ่ที่สุดของอำเภอ (Largest forest patch) วางตัวเป็นแนวยาวจากทิศตะวันออกเข้าสู่บริเวณกลางอำเภอ เกิดลำน้ำ 2 แนว เป็นส่วนในระบบลุ่มน้ำย่อย คือ ลำเซบก มีแหล่งรองรับน้ำจากอ่างเก็บน้ำห้วยสีโท ไหลลงทางทิศตะวันออกเฉียงใต้บรรจบกับลำน้ำลำเซบกไหลลงสู่ อ.ลืออำนาจ อ.พนา ทางตอนใต้ และลำเซบายมีแหล่งรองรับน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากเชิงเขาตอนเหนือของจังหวัด คือ ภูสระดอกบัว และภูพนมดี เกิดลำน้ำที่ไหลเข้าสู่ตอนกลางจากทางทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ไหลบรรจบที่แหล่งรองรับน้ำ อ่างเก็บน้ำพุทรอุทยาน อ่างเก็บน้ำห้วยโพธิ์กลาง ก่อนไหลลงสู่ห้วยโพธิ์และลำเซบายออกสู่ทิศใต้ของอำเภอ บริเวณลำน้ำต่างๆ รายล้อมด้วยหย่อมป่า (Forest patch) และบางบริเวณต่อเนื่องเป็นแนวป่าริ้วยาวตามชายฝั่งริมน้ำ (Riparian corridor) ความเป็นเมืองมีรูปแบบการตั้งถิ่นฐานบริเวณศูนย์กลางเมืองแบบรวมกลุ่ม (Nucleated) มีการกระจายของอาคารและหมู่บ้านตามโครงข่ายถนนแบบกริด และมีแกนเส้นทางสายหลักจากกลางเมืองออกไปตามแนวของถนนขยางกูร ทิศเหนือ-ทิศใต้ (มุกดาหาร-อำนาจเจริญ-อุบลราชธานี) และถนนอรุณประเสริฐ ทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก (อำเภอขามเฒ่า-ยโสธร) (Figure 6 A) รูปแบบการตั้งถิ่นฐานเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นตามแนวยาว (Linear) ตามรอบๆ เขตเมือง มีการกระจายออกตามระยะห่างศูนย์กลางเมือง (Figure 6 B) มีการเปลี่ยนผ่านประเภทสิ่งปกคลุมดินของชุมชน เริ่มปรากฏ

การปกคลุมด้วยพื้นที่เกษตรกรรม ในขณะที่รอบนอกเขตเมืองบริเวณชุมชนตามตำบลต่างๆ มีการตั้งถิ่นฐานแบบกระจาย (Scattered) กระจุกตัวอยู่ตามพื้นที่ดอนโดยรอบเขตชุมชนเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำการเกษตร (Figure 6 C)

3. ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ เขตอำเภอเมือง ปี พ.ศ. 2565 ตามความเข้มข้นของแผนภูมิจากระดับสูงสุดถึงน้อยที่สุด (Figure 7) พบว่า ที่ระดับการพัฒนาเมืองหนาแน่นสูงสุด (Extreme anthropic: Iso-line 90-100) เป็นพื้นที่ศูนย์กลางและตามแกนถนนหลักของเมือง มีพื้นที่เท่ากับ 37.53 ตร.กม. (ร้อยละ 4.17) พื้นที่ระดับการพัฒนาความเข้มข้นสูงมาก (Very high anthropic: 70-90) เป็นพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง/บ้านเรือน

รอยต่อพื้นที่เกษตรกรรมผสมเท่ากับ 54.90 ตร.กม. (ร้อยละ 6.10) พื้นที่ระดับความเข้มข้นสูง (High anthropic: 50-70) เป็นพื้นที่เมทริกซ์ปรากฏบริเวณชานเมืองและชุมชนท้องถิ่นทั้งอำเภอ เท่ากับ 550.25 ตร.กม. (ร้อยละ 61.15) ในขณะที่พื้นที่ระดับความเข้มข้นน้อยลง ซึ่งมีกิจกรรมการพัฒนาน้อยและเข้าใกล้ความเป็นธรรมชาติ ประกอบด้วย พื้นที่ความเข้มข้นปานกลาง (Medium Anthropic: 30-50) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการพัฒนาประปราย มีพื้นที่ 122.25 ตร.กม. (ร้อยละ 13.59) พื้นที่ความเข้มข้นต่ำ (Low anthropic: 10-30) เป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างพื้นที่พัฒนาเล็กน้อยกับพื้นที่สีเขียว มีพื้นที่ 47.49 ตร.กม. (ร้อยละ 5.28) และพื้นที่ธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวนด้วยกิจกรรมการพัฒนา มีพื้นที่ 72.26 ตร.กม. (ร้อยละ 8.03) เป็นต้น

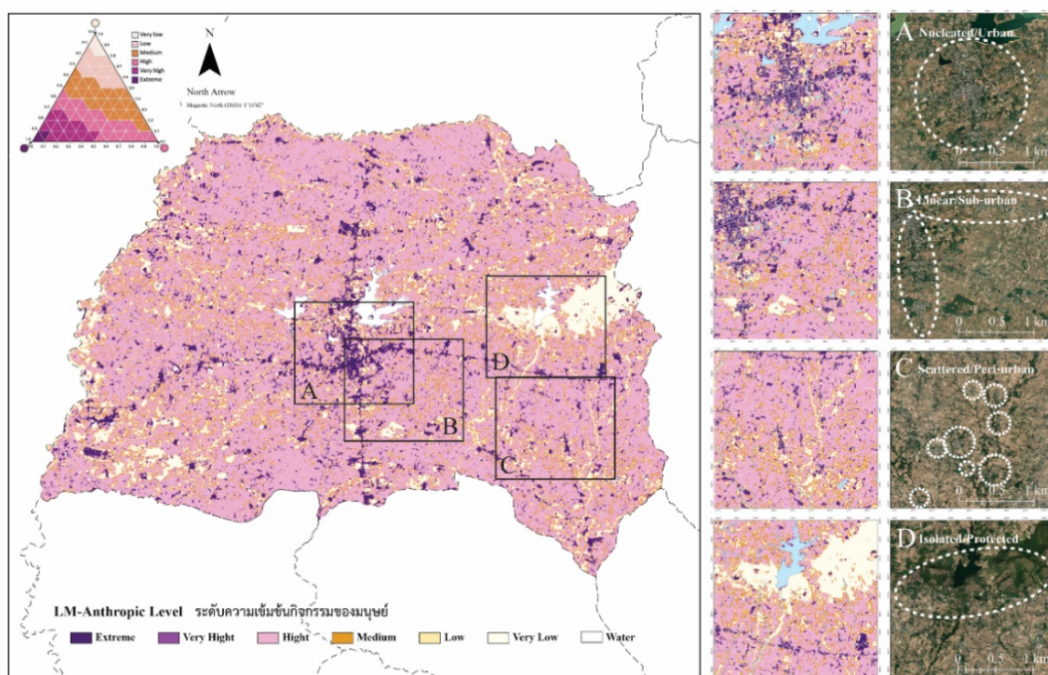
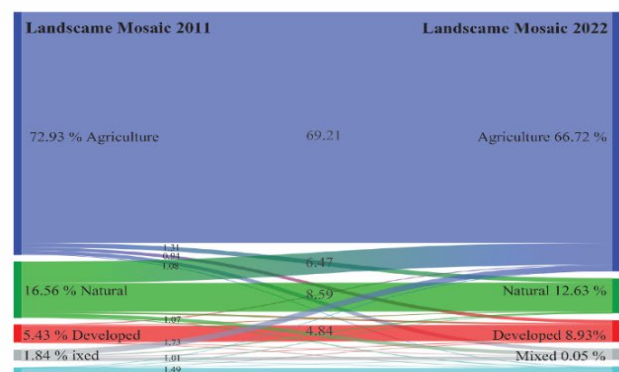
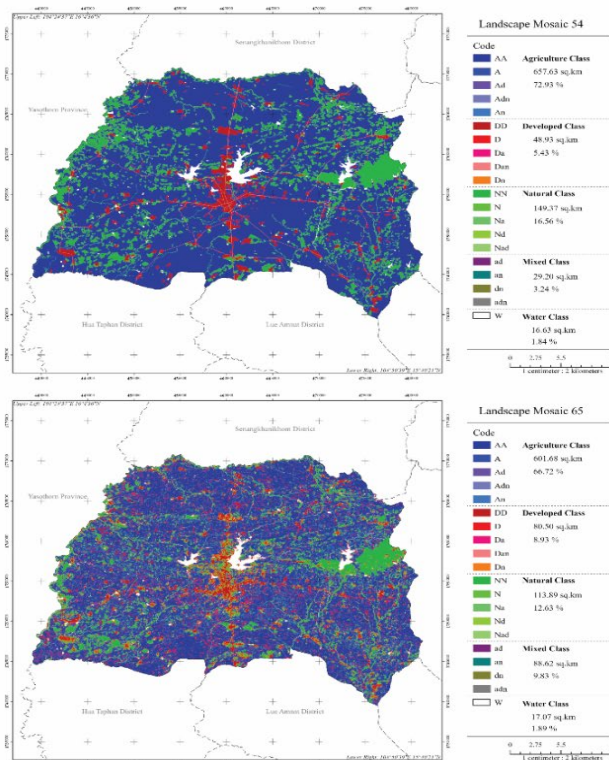


Figure 7 Degree of Anthropogenic and intensity value in 2020 of Mueang District, Amnatcharoen Province.

4. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์อำเภอเมือง ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2554-2565

การเปลี่ยนแปลงกลุ่มโครงสร้างภูมิทัศน์ปี พ.ศ. 2554 (Figure 8) พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมชาติ พัฒนา ผสม และน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 657.63, 149.37, 48.93, 29.20 และ 16.63 ตร.กม. (ร้อยละ 72.93, 16.56, 5.43, 3.24 และ 1.84) ขณะที่ปี พ.ศ. 2565 (Figure 9) มีพื้นที่เท่ากับ 601.68,

113.89, 88.62, 80.50 และ 17.07 ตร.กม. (ร้อยละ 66.72, 12.63, 9.83, 8.93 และ 1.89) ตามลำดับ พบกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่ผสม พัฒนา และน้ำ (เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.59, 3.50 และ 0.05 ตามลำดับ) และกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลง ได้แก่ พื้นที่เกษตร และธรรมชาติ (ลดลง ร้อยละ 6.20 และ 3.93 ตามลำดับ) การเปลี่ยนแปลงภายในแต่ละกลุ่มมีรายละเอียด คือ (Table 4)



Landscape Structure Changes in Mueang Amnat Charoen District from 2011 to 2022.

Structure Type	Year 2011		Year 2022		Net Change	
	Area (km ²)	Percent	Area (km ²)	Percent	Area (km ²)	Percent
Agriculture	657.63	72.93	601.68	66.72	-55.94	-6.20
AA, A, Ad, An, And						
Developed	48.93	5.43	80.50	8.93	31.56	3.50
DD, D, Du, Dn, Dun						
Natural	149.37	16.56	113.89	12.63	-35.48	-3.93
NN, N, Na, Nad						
Mixed	29.20	3.24	88.62	9.83	54.42	6.59
ad, an, dn, and						
Water W	16.63	1.84	17.07	1.89	0.44	0.05
Total	901.76	100	901.76	100		

Figure 8 Landscape mosaic structure and flow diagrams area change in 2020 at Mueang District, Amnatcharoen District.

โครงสร้างเมทริกซ์เกษตร ปรากฏพื้นที่เกษตรเอกลักษณ์ (AA) มีการลดลงสุทธิมากที่สุด ร้อยละ 30.13 ถูกแทนที่ด้วยภูมิทัศน์เกษตร (A, Ad, An, Adn) กล่าวได้ว่าเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ผสมผสาน ทำให้ปรากฏลักษณะความไม่ต่อเนื่องของเมทริกซ์เกษตรเพิ่มขึ้น ในส่วนหย่อมภูมิทัศน์

(Landscape patch) พื้นที่ธรรมชาติเอกลักษณ์ (NN) มีพื้นที่ลดลงสุทธิ เท่ากับร้อยละ 5.76 พบในบริเวณผืนป่าขนาดใหญ่ (เขตรวนอุทยาน) ป่าชายฝั่งริมน้ำตามพื้นที่ลุ่มต่ำ หย่อมขนาดเล็กที่เป็นพื้นที่สีเขียวเมือง/ชุมชน มีรูปแบบลดลงในเชิงขนาดพื้นที่ เกิดการแตกกระจายเป็นผืนขนาดเล็กลง เนื่องมาจาก

เปลี่ยนไปเป็น พื้นที่เกษตร พื้นที่พัฒนา และพื้นที่ผสม (Anthropic patch) ที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็นผืนและหย่อม ทั้งในในบริเวณศูนย์กลางอำเภอ รอบ

นอกเขตเมืองและชุมชนตำบลต่างๆ หรือสอดคล้องตามระดับความเข้มข้นของกิจกรรมการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญ (Antrop, 2003)

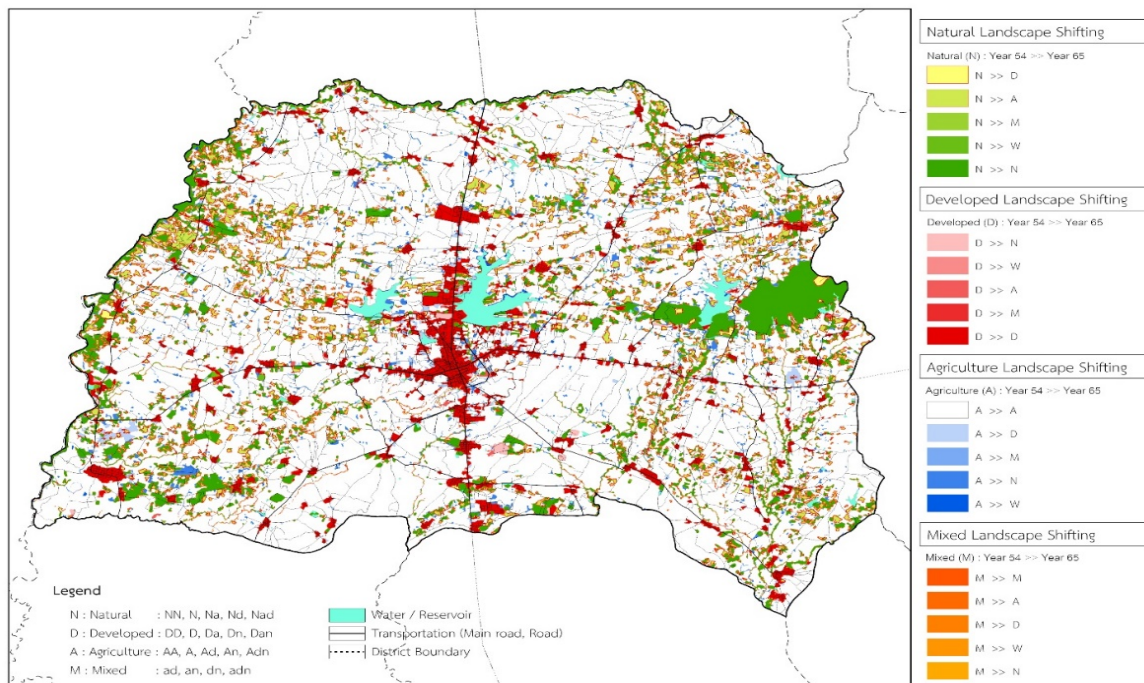


Figure 9 Assessment of green and Non-green situation form landscape mosaic change from 2011-2022

ผลการจำแนกโครงสร้าง รูปแบบ และการเปลี่ยนแปลง สามารถนำมาใช้เพื่อทำความเข้าใจเชิงโครงสร้างหลักและบริบทที่ปรากฏของเมือง และท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทำให้เข้าใจปฏิสัมพันธ์ของประเภทโครงสร้างโมเสก และการเชื่อมติดกันด้วยเส้นขอบระหว่างพื้นที่ ซึ่งพื้นที่เหล่านั้นเป็นบริบทที่ไม่อาจใช้เพียงการทำความเข้าใจผ่านการแปลตีความสิ่งปกคลุมดินในเชิงปริมาณ หรือใช้ฐานเมตริกซ์ภูมิทัศน์ในการวิเคราะห์บางประการ (Vogt & Riitters, 2017) อาทิ เมตริกซ์สัดส่วนภูมิทัศน์ (Percent of landscape: PLAND) เมตริกซ์จำนวนของหย่อม (Number of Patch: NP) ที่ให้ข้อมูลการจัดวางตัวของภูมิทัศน์

ซึ่งแบบจำลองโมเสกได้แสดงถึงปฏิสัมพันธ์ การขยายตัว การรุกราน การสอดแทรก ขององค์ประกอบภูมิทัศน์ พร้อมทางเลือกการนำแบบจำลองความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ แสดงระดับกิจกรรมการพัฒนาความเป็นเมือง หรือเข้าใจระดับการพัฒนาของชุมชนและความเป็นเมือง ได้ตามบริบทการตั้งถิ่นฐานเดิมของไทย (Muensee *et al.*, 2015) ให้สารสนเทศเพื่อการวางแผนอนุรักษ์ และจัดการความเป็นเมือง ตั้งแต่การเพิ่มพื้นที่ธรรมชาติ การเติมเต็มที่ว่าง การรื้อถอนพื้นที่เมืองต่อพื้นที่ธรรมชาติ พร้อมทั้งการระบุและติดตามพื้นที่ธรรมชาติเป้าหมายที่อาจเสี่ยงต่อการลดลงในอนาคต (Riitters *et al.*, 2020)

Table 4 Summary of landscape mosaic percent change in Mueang District from 2011 to 2022

Landscape Structure		2011 (%)	2022 (%)	Net Change
Agriculture Mosaics	AA	65.75	35.62	-30.13
	A	2.06	12.25	10.19
	Ad	1.00	9.32	8.32
	An	4.10	8.58	4.48
	Adn	0.01	0.95	0.94
	DD	4.13	2.65	-1.48
Developed Mosaics	D	0.35	1.51	1.16
	Dn	0.16	1.81	1.65
	Da	0.77	2.72	1.95
	Dan	0.01	0.23	0.23
	NN	11.00	5.24	-5.76
Natural Mosaics	N	1.31	1.66	0.35
	Na	4.06	3.39	-0.67
	Nd	0.18	1.92	1.74
	Nad	0.01	0.42	0.41
	ad	0.52	2.97	2.45
Mixed Mosaic	an	2.56	3.09	0.53
	dn	0.10	1.03	0.93
	and	0.05	2.74	2.69
	W	1.84	1.89	0.05

การนำแบบจำลองมาใช้เป็นข้อมูลใน รูปแบบภูมิสารสนเทศเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ ความเป็นพื้นที่ธรรมชาติต่อสถานการณ์การขยายตัว ของกิจกรรมความเข้มข้นของมนุษย์ ทำให้ทราบถึง พื้นที่เส้นขอบ พื้นที่เชื่อมติดกัน ที่ส่งผลต่อพื้นที่ถิ่น สัตว์มีชีวิตรวมที่มีแนวโน้มต่อสูญเสียพื้นที่ความ เป็นเอกลักษณ์ธรรมชาติ ด้วยการลดลงทั้งในด้าน

ของ จำนวน ขนาด เส้นรอบรูป รูปลักษณะของหย่อม และการแทรกแซงของพื้นที่ผสม ๆ ที่เข้าใกล้ และ/ หรือเจาะเข้าไปในพื้นที่ธรรมชาติที่มีเอกลักษณ์ที่ ปรากฏในภูมิทัศน์ และยังโดยเฉพาะหย่อมพื้นที่สี เขียวปัจจุบันในประเทศ ที่มีรูปแบบการกระจายตัว อยู่เป็นหย่อมอย่างโดดเดี่ยวท่ามกลางความเข้มข้น ของพื้นที่เกษตรและรูปแบบสิ่งปกคลุมดินที่ซับซ้อน

สูงขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการใช้ที่ดินหลักของชุมชนและสังคมไทย ช่วยให้นักวางแผนมีข้อมูลสารสนเทศในการวางแผนอนุรักษ์และจัดการพื้นที่ธรรมชาติเมือง เพื่อให้เกิดบริการเชิงนิเวศวิทยาของเมือง และสร้างความเชื่อมโยงพื้นที่สีเขียวธรรมชาติทั้งในและนอกเขตอนุรักษ์ ด้วยหลักการทางนิเวศวิทยาภูมิทัศน์ (Thaitakoo *et al.* 2018) หรือผ่านการวางแผนเชื่อมโยงด้วยการสร้างโครงข่ายพื้นที่สีเขียวเมือง (Do *et al.*, 2018; Guo *et al.*, 2018) ที่สร้างระบบพื้นที่สีเขียวที่คอยรักษาความหลากหลายทางระบบนิเวศ ทั้งในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค และในระดับประเทศ ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

สรุป (Conclusion)

การประยุกต์แบบจำลองโมเสกและความเข้มข้นกิจกรรมของมนุษย์ เป็นแบบจำลองที่มีศักยภาพในการทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ทางพื้นที่ให้เห็นโครงสร้าง รูปแบบ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ทางพื้นที่ ระหว่างสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติต่อสิ่งแวดล้อมทางมนุษย์ที่เกิดขึ้นสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศบนฐานการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนลร่วมกับดัชนีที่หลากหลาย เพื่อนำไปใช้ในการประเมินสถานการณ์ความเป็นพื้นที่สีเขียวในเชิงปริมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกับการประเมินโครงสร้างภูมิทัศน์ผ่านแบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์และระดับความเข้มข้นของกิจกรรมมนุษย์ มาใช้เพื่ออธิบายการมีปฏิสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ ระหว่างองค์ประกอบความเป็นพื้นที่พัฒนา พื้นที่ธรรมชาติ พื้นที่เกษตร และ

พื้นที่ผสม เพื่อให้เห็นความเป็นเอกลักษณ์ การถูกรบกวน และการมีอยู่ แสดงถึงทิศทางและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์ที่ส่งผลกับสิ่งแวดล้อมเมืองและชุมชนในปัจจุบัน ในด้านการสูญเสียพื้นที่สีเขียวธรรมชาติ พื้นที่ว่าง หรือเพื่อใช้เป็นตัวแทนติดตามสถานการณ์การขยายตัวของเมืองที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ซับซ้อน ช่วยให้นักวางแผนมีสารสนเทศในการวางแผนอนุรักษ์จัดการพื้นที่เป้าหมายเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย การใช้แบบจำลองโมเสกภูมิทัศน์ ควรนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างเพื่อการวางแผนอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวเมือง การใช้เป็นข้อมูลสารสนเทศร่วมกับแบบจำลองเชิงพื้นที่ ด้วยแบบจำลองศักยภาพเชิงพื้นที่ การนำแบบจำลองไปใช้ร่วมกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต หรือผลของแบบจำลองและคาดการณ์ดังกล่าว ควรได้รับการทวนสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ผ่านการสำรวจภาคสนาม และประเมินระดับกิจกรรมความหลากหลายสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นหรือใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดเป้าหมายของการป้องกันการลดลงอันเนื่องมาจากการขยายตัวของพื้นที่โดยรอบที่สร้างการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของพื้นที่ธรรมชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางการปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมในการจัดการพื้นที่สีเขียว และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหย่อมพื้นที่สีเขียวที่ใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้เป็นไปตามนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ป่าไม้แห่งชาติต่อไป

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย “การจำแนกโครงสร้างและรูปแบบทางนิเวศภูมิทัศน์ของพื้นที่สีเขียว จังหวัดอำนาจเจริญ กรณีศึกษาอำเภอเมืองอำนาจเจริญ” ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโจทย์วิจัยในพื้นที่จังหวัดอำนาจเจริญ แบบบูรณาการ ประจำปี 2564 จากโครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญมหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง (References)

Antrop, M. 2003. Why landscapes of the past are important for the future. **Landscape and Urban Planning** 70(1-2): 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>

Baimai, W. 2007. Biodiversity situation in Thailand. **The Thailand Research Fund**, Bangkok. (in Thai)

Buathongkhue, C., B. Thongmak, A. Chaiyarat, P. Rattanathawon & N. Kaewthong. 2022. **Application of SENTINEL-2 and LANDSAT 8 to classifying second-level land use classification in the Sathingpra peninsular, Songkhla Province**. pp.1-9. In Proceedings The 27th National Convention on Civil Engineering, NCCE 27, August 24-26, 2022, Chiang Rai, Thailand. (in Thai)

Cohen, J. 1968. Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or

partial credit. **Psychological Bulletin** 70(4):213–220.

<http://dx.doi.org/10.1037/h0026256>

Do, D. T., J. Huang, Y. Cheng & T. C. T. Troung. 2018. Da Nang green space system planning: an ecology landscape approach. **Sustainability** 10(10), 3506: 1-26. <https://doi.org/10.3390/su10103506>

Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment** 80(1): 185-201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)

Forman, R. R. T. & M. Godron. 1986. **Landscape ecology**. New York: John Wiley and Sons.

Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) (GISTDA). 2009. **Space technology and geo-information**. Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Amarin Printing and Publishing Co.Ltd.

Guo, S., K. Saito, W. Yin & C. Su. 2018. Landscape connectivity as a tool in green space evaluation and optimization of the Haidan District, Beijing. **Sustainability** 10(6): 1979: 1-14. <https://doi.org/10.3390/su10061979>

Hanpachern, R. 2011. Landscape ecology along Mekong River corridor in Nong Khai Province. **KKU Research Journal** 1(3): 187-208. (in Thai)

- Khwanart, W. & P. Thinphangnga. 2013. Urbanisation in Thailand. **Thailand Environment Institute** 1 (1): 4-5. <https://www.tei.or.th/thaicityclimate/public/research-46.pdf>. (Accessed: April 29, 2025) (in Thai)
- Kongsombut, P., S. Pattanakiat, W. Rawang, P. Srijuntrapun, U. Phewphan, T. Phutthai, S. Vongvassana & J. Jumpasingha. 2024. Landscape ecological structure and pattern for green space conservation in forest monasteries in northeast Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 22 (4): 1-12. <https://doi.org/10.32526/enrj/22/20240016>
- Kutintara, U. 2012. **Sustainable land use and natural resources management**. Kasetsart University Press. (in Thai)
- Land Development Department. 2022. **Land use condition 2022**. Office of Land Use Policy and Planning, Land Development Department, pp. 15–19. https://webapp.ddd.go.th/lpd/node_modules/img/Download /LandUseInfor/report on land used change 2565.pdf. (in Thai)
- Landis, J. R. & G. G. Koch. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics** 33(1): 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lu, D. & Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. **International Journal of Remote Sensing** 28(5): 823–870. <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>
- McFeeters, S. K. 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, 17(7): 1425-1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- McGarigal, K. & B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. **USDA Forest Service General Technical Report PNW-351**, Corvallis. https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf (Accessed: April 30, 2025)
- Muensee, C., A. Intaraksa & O. Phewnil. 2015. Human settlement in limited areas in Mae Poon and Mae Prong Watershed areas, Mae Poon Sub-district, Laplae District, Uttaradit Province. **Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University** 18: 40-50. (in Thai)
- National Statistical Office. 2022. Amnat Charoen Province statistical report 2022. **Amnat Charoen Provincial Statistical Office**. <https://amnatchr.nso.go.th/images/41-65.pdf>. (Accessed: October 23, 2024) (in Thai)
- Osgouei, P. E., S. Kaya, E. Sertel & U. Alganci. 2019. Separating built-up areas from bare land in Mediterranean cities using Sentinel-2A imagery. **Remote Sensing** 11(3): 1-24. <https://doi.org/10.3390/rs11030345>

Pattanakiat, S. 2003. **Geographic information systems in ecology and environment**. United Production Printing, Bangkok. (in Thai)

Prasomsup, W., A. Phinyoyang, T. Thirakultomorn, P. Banju-ngam & T. Lakhunhot. 2021. **Remote sensing techniques for land use and land cover classification using Sentinel-2A satellite imagery with object-based analysis**. pp 1-8. *In* Proceedings The 26th National Convention on Civil Engineering, NCCE 26, June 23-25, 2021, Online Conference, Thailand. (in Thai)

Radeloff, V. C., D. P. Roy, M. A. Wulder, M. Anderson, B. Cook, C. J. Crawford, M. Friedl, F. Gao, N. Gorelick, M. Hansen, S. Healey, P. Hostert, G. Hulley, J. L. Huntington, D. M. Johnson, C. Neigh, A. Lyapustin, L. Lymburner, N. Pahlevan & Z. Zhu. 2023. Need and vision for global medium-resolution Landsat and Sentinel-2 data products. **Remote Sensing of Environment** 300(113918): 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113918>

Rikimaru, A., P. S. Roy & S. Miyatake. 2002. Tropical forest cover density mapping. **International Society for Tropical Ecology** 43, 39–47.

Riitters, K. H., J. D. Wickham & T. G. Wade. 2009. An indicator of forest dynamics using a shifting landscape mosaic. **Ecological Indicator** 9(1): 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.02.003>

Riitters, K., K. Schleeweis & J. Costanza. 2020. Forest

area change in the shifting landscape mosaic of the continental united states from 2001 to 2016.

Land 9(11), 417: 1-20. <https://doi.org/10.3390/land9110417>

Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell & D. W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **Third ERTS-1 Symposium NASA, NASA SP-351**, Washington DC.

Royal Forest Department. 2022. Forest area status report 2022. **Office of Forest Land Management, Royal Forest Department: 8**. https://www.forest.go.th/land/wp-content/uploads/sites/29/2023/01/Forest-Area-2565-Full_compressed.pdf. (Accessed: October 23, 2024) (in Thai)

Shahi, A. P., P. K. Rai, Ul-Islam Rabi & V. N. Mishra. 2022. Remote sensing data extraction and inversion techniques: A review. **Elsevier eBooks: 85–104**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99262-6.00021-3>. (Accessed: May 5, 2024)

Story, M. & R. G. Congalton. 1986. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 52(3): 397-399.

Tangkitngamwong, O. 2012. Landscape ecology: The application to landscape planning for natural area conservation and management in Thailand. **NAJUA: Architecture, Design and Built Environment** (25): 263-87. (in Thai)

Thaitakoo, D. 2005. **Quantitative landscape structure, analysis, and modeling: A theoretical review of quantitative approaches in landscape ecology.** Department of Landscape Architecture. Available source: <https://www.land.arch.chula.ac.th/pdf/landspatial.pdf>. (in Thai)

Thaitakoo, D., M. Nantavisai & P. Ansusinha. 2018. Urban ecosystems: landscape components and ecosystem services. **Unisearch Journal** 5(1): 21-26.
<https://doi.org/10.58837/chula.unisearch.5.1.4>

Vogt, P. & K. Riitters. 2017. GuidosToolbox: Universal digital image object analysis. **European Journal of Remote Sensing** 50(1): 352-361.
<https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1330650>

Vogt, P., J. Wickham, J. I. Barredo & K. Riitters. 2024. Revisiting the lanscape mosaic model. **PLoS ONE** 19(5): e0304215.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304215>

Wilcox, B. A. & D. D. Murphy. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. **American Naturalist** 125(6): 879–887.

Zha, Y., J. Gao & S. Ni. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing** 24(3):583-594.
<https://doi.org/10.1080/01431160304987>

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าธรรมชาติภายหลังการถูกรุกแผ้วถางป่า ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝัณนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

วสันต์ จันทร์แดง¹, สติชัย ถิ่นคำแพง^{2*}, นรินทร จำวงษ์³, เจษฎา วงศ์พรหม⁴, ละอองดาว เถาว์พิมาย⁵,
วารารณ์ ลำไย⁶, นรเศรษฐ์ เขียวศรี⁷, นพพร จันเกิด⁸, สันติพงษ์ ตู๊กลอง⁹, ชีระ รักเจริญกิจ¹ และ ศาพิศ ดิลกสัมพันธ¹

รับต้นฉบับ: 28 เมษายน 2568

ฉบับแก้ไข: 29 พฤษภาคม 2568

รับลงพิมพ์: 4 มิถุนายน 2568

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การถูกรุกพื้นที่ป่าในประเทศไทยยังคงเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างป่าและการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ป่ายังคงมีศักยภาพในการฟื้นตัวตามธรรมชาติ หากยังคงมีแม่ไม้เหลืออยู่และเป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์สำหรับการสืบต่อพันธุ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างป่าและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าที่อยู่ระหว่างการฟื้นฟูตามธรรมชาติภายหลังการถูกรบกวน สถานีวิจัยและฝัณนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้และส่งเสริมศักยภาพการดูดซับคาร์บอนอย่างยั่งยืน

วิธีการ: ทำการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวรหรือแปลงติดตามพลวัตป่า ขนาด 100 เมตร x 100 เมตร จำนวน 1 แปลงในแต่ละสังคมพืชที่เคยผ่านการรบกวนและอยู่ระหว่างการทดแทน คือ ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้ง จากนั้นแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร (รวม 100 แปลงย่อย) เพื่อสำรวจพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอก ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร โดยติดเบอร์ต้นไม้ วัดขนาดลำต้น วัดความสูงต้นไม้ และจำแนกชนิดไม้สำหรับชนิดไม้ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้จะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับพันธุ์ไม้ที่มีการระบุชนิดแล้วของหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญพรรณไม้ การกระจายของไม้ตามขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง ดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner (H') และการกักเก็บคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน พร้อมทดสอบความแตกต่างทางสถิติค่าเชิงปริมาณระหว่างสังคมพืชโดยใช้ ANOVA และ Tukey's HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา: ป่าดิบแล้งฟื้นฟูมีลักษณะเด่นที่สุดในด้านโครงสร้างและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยพบชนิดไม้ทั้งหมดจำนวน 86 ชนิด รองลงมาคือ ป่าผสมผลัดใบฟื้นฟู (76 ชนิด) และป่าเต็งรังฟื้นฟู (45 ชนิด) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดต้นไม้ที่พบสูงมากในป่าดิบแล้งฟื้นฟู (2,296 ต้นต่อเฮกเตอร์ และ 30.66 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ป่าผสมผลัดใบฟื้นฟู (1,735 ต้นต่อเฮกเตอร์ และ 21.35 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ) และ ป่าเต็งรังฟื้นฟู (800 ต้นต่อเฮกเตอร์ และ 19.13 ตาราง

เมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ) สอดคล้องกับค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner (H') ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยมีค่าสูงมากในป่าดิบแล้งพื้นฟู ($H' = 3.63$) รองลงมาคือ ป่าผสมผลัดใบพื้นฟูและป่าเต็งรังพื้นฟู ($H' = 2.98$ และ $H' = 2.30$ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายของต้นไม้ตามขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่า ป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้งพื้นฟูมีรูปแบบการกระจายแบบชี้กำลังเชิงลบ (Negative exponential form หรือ L-shape) แสดงให้เห็นถึงการรักษาโครงสร้างป่าที่เป็นไปได้ตามปกติ ในขณะที่ป่าเต็งรังพื้นฟูมีการกระจายตัวแบบระฆังคว่ำ (Unimodal form หรือ bell-shape) แสดงให้เห็นว่าการรักษาโครงสร้างในป่าเต็งรังพื้นฟูมีปัญหาคือขาดความต่อเนื่องของการทดแทนของไม้ขนาดเล็กไปสู่ไม้ขนาดใหญ่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้งพื้นฟู สะท้อนถึงปัญหาในการสืบต่อพันธุ์ในระยะยาวในป่าเต็งรังพื้นฟูเนื่องจากมักเกิดไฟป่าก่อนข้างรุนแรงและบ่อยครั้งเมื่อเทียบกับชนิดป่าอื่น ๆ เมื่อพิจารณาการกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพแต่ละชนิดป่าพื้นฟูก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ป่าดิบแล้งพื้นฟูมีการกักเก็บคาร์บอนรวมสูงสุด (91.15 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) รองลงมาคือ ป่าเต็งรังพื้นฟู (50.92 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) และป่าผสมผลัดใบพื้นฟู (31.22 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) แสดงถึงอิทธิพลของโครงสร้างป่า (ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดต้นไม้) มีส่วนสำคัญต่อการส่งเสริมศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพได้มากกว่าป่าพื้นฟูอื่น อย่างไรก็ตาม ป่าเต็งรังพื้นฟูกลับมีการกักเก็บคาร์บอนที่สูงกว่าป่าผสมผลัดใบพื้นฟู เนื่องจากในป่าผสมผลัดใบพื้นฟูพบชนิดไม้เบิกนำหรือไม้โตเร็วค่อนข้างสูง เช่น พลับพล่า (*Microcos tomentosa*) โมกมัน (*Wrightia arborea*) และ ขะเจี๊ยะ (*Millettia leucantha*) จึงทำให้การกักเก็บคาร์บอนต่ำกว่าป่าเต็งรังพื้นฟูที่ส่วนใหญ่เป็นไม้ดั้งเดิม เช่น รัง (*Shorea siamensis*) และยางกราด (*Dipterocarpus intricatus*)

สรุป: ป่าดิบแล้งพื้นฟูมีโครงสร้างสังคมพืชที่ค่อนข้างสมบูรณ์ทั้งด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรังพื้นฟู โดยโครงสร้างป่าและองค์ประกอบพรรณไม้มีส่วนสำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอน ดังนั้น การฟื้นฟูป่าควรคำนึงถึงการเพิ่มความหลากหลายชนิดในระยะแรกด้วยการคัดเลือกชนิดไม้เบิกนำร่วมกับไม้ดั้งเดิมเพื่อส่งเสริมการฟื้นฟูสภาพกลับสู่ป่าธรรมชาติ พร้อมทั้งส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนระหว่างการทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สังคมพืช, การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ, การทดแทนตามธรรมชาติ, การสืบต่อพันธุ์

¹ ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: sathid.thi@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6290>

ORIGINAL ARTICLE

**Plant Community and Carbon Storage of Natural Forest after Deforestation
at Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province**

Wasan Chandaeng¹, Sathid Thinkampheang^{2*}, Narinthorn Jumwong¹, Jetsada Wongprom¹,
La-ongdao Thaopimai¹, Waraporn Lumyai¹, Noraset Khiowsree¹, Nopporn Junkerd¹, Suntipong Tuklang¹,
Trira Rakcharoenkit¹ and Sapit Diloksumpun³

Received: 28 April 2025

Revised: 29 May 2025

Accepted: 4 June 2025

ABSTRACT

Background and Objectives: Forest encroachment remains a critical issue in Thailand relating to anthropogenic disturbances, leading to the degradation of plant community structures and biodiversity loss. Nevertheless, these disturbed forests still retain the potential for natural regeneration, particularly in areas where remnant adult trees persist and serve as seed sources for the recolonization of native species with pioneer species during successional process. This study aimed to compare the forest structure and the amount of carbon storage in naturally forest restoration areas after disturbances. The research was conducted at the Wang Nam Khiao Forestry Student Training and Research Station, Nakhon Ratchasima Province, northeastern Thailand. The findings are intended to provide essential baseline data for planning on forest ecosystem restoration and enhancing long-term carbon sequestration capacity in a sustainable manner.

Methodology: A permanent sample plot or forest dynamics plot (FDP) of 100 m × 100 m was established in each of three forest community types undergoing natural recovery after disturbances: restored deciduous dipterocarp forest (RDDF), restored mixed deciduous forest restoration (RMDF), and restored dry evergreen forest restoration (RDEF), respectively. The FDP is useful for long-term ecological research, LTER. Then, each plot was subdivided into 100 subplots of 10 m × 10 m. Within these subplots, all trees with a diameter at breast height (DBH) of at least 1 cm were tagged, measured the DBH and total tree height, and identified species. Unidentified tree species were specimen collected, then, compared with identified species at Bangkok Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plants Conservation. The data was then analyzed to determine the importance value index (IVI) of each species, species diversity index followed by Shannon-Weiner (H'), tree distribution form based on DBH size class distribution, and carbon storage based on

aboveground biomass (ABG). Statistical test of quantitative values among forest types was applied using one-way ANOVA and Tukey's HSD at $p < 0.05$.

Main Results: We found that the restored dry evergreen forest restoration, DEFR, exhibited the most prominent characteristics in terms of forest structure and biodiversity among restored forest types, with a total of 86 tree species recorded. This was followed by the restored mixed deciduous forest, RMDF, with 76 species and the restored deciduous dipterocarp forest, RDDF, with 45 species, respectively. These patterns corresponded closely with measurements of tree density and basal area, which were also highest in the RDEF (2,296 stems ha^{-1} and 30.66 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, respectively), followed by the RMDF (1,735 stems ha^{-1} and 21.35 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) and lowest in the RDDF (800 stems ha^{-1} and 19.13 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$). Similarly, the Shannon–Wiener diversity index (H') revealed statistically significant differences among restored forest types ($p < 0.001$), with the RDEF showing the highest diversity ($H' = 3.63$), followed by the RMDF ($H' = 2.98$) and the RDDF ($H' = 2.30$), respectively. The analysis of tree size class distribution based on diameter at breast height (DBH) indicated that both the RMDF and RDEF exhibited a negative exponential form (L-shape), suggesting ongoing regeneration and the ability to maintain their forest structure in the future. The environmental factors such as soil properties and available water available in these types are suitable for tree species establishment. In contrast, the RDDF displayed a unimodal form or bell-shape, reflecting a discontinuity in the size class transition, particular a lack of smaller-sized individuals. This pattern reflects a regeneration constraint in the RDDF, likely resulting from more frequent and severe wildfires compared to the other restored forest types. Carbon storage based on ABG also varied significantly among restored forest types ($p < 0.01$). The RDEF had stored the highest amount of carbon storage (91.15 t C ha^{-1}), followed by the RDDF (50.92 t C ha^{-1}) and the RMDF (31.22 t C ha^{-1}). These findings emphasize the important of forest structure—particularly tree density and basal area—in enhancing carbon sequestration capacity. Interestingly, although the RMDF had higher species diversity and basal area than the RDDF, it stored less carbon. This is likely attributable to species composition, as the RMDF was dominated by pioneer or fast-growing species such as *Microcos tomentosa*, *Wrightia arborea*, and *Millettia leucantha*, which typically accumulate less biomass. In contrast, the RDDF was composed native or climax species, including *Shorea siamensis* and *Dipterocarpus intricatus*, which contribute more substantially to carbon storage.

Conclusion: Among the restoration forests, the RDEF exhibited a relatively well-developed plant community structure, both in terms of biodiversity and carbon sequestration, when compared to the RMDF and RDDF. Forest structure and species composition played a crucial role in determining of carbon storage potential.

Therefore, forest restoration efforts should consider enhancing species diversity during the early successional stages by integrating planting of pioneer species with native late-successional species that related to their niche with the degraded areas. They will facilitate the suitable environments for climax species, then, recovery into the previous forests. This approach can support the recovery of natural forest conditions while simultaneously promoting efficient carbon sequestration during the plant successional process.

Keyword: Plant community, carbon stock in biomass, natural succession, regeneration

¹ Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³ Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6290>

บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน การบุกรุกและทำลายพื้นที่ป่าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation., 2015) จากรายงานของ Phumarin & Pacharaprakiti (2022) พบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2552–2558 มีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ถูกบุกรุกมากกว่า 160,000 ไร่ ซึ่งการสูญเสียพื้นที่ป่าส่วนใหญ่เกิดจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรม การตั้งถิ่นฐาน และกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การลักลอบตัดไม้ โครงการพัฒนาสาธารณูปโภคต่าง ๆ ซึ่งล้วนเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การเสื่อมโทรมของป่าไม้และการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ (Hannah *et al.*, 1995; Laurance *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตาม ระบบนิเวศป่าไม้เป็นทรัพยากรที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูได้เองตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบรุนแรงและยังมีแม่ไม้หลงเหลืออยู่ (Chazdon, 2003; Rueangpanich, 2003) การฟื้นฟูตามธรรมชาติ เกิดขึ้นผ่านกระบวนการสืบต่อพันธุ์ของพืช เริ่มจากการเข้าครอบครองของพืชล้มลุกและพืชเบิกนำ แล้วจึงพัฒนาไปสู่การครอบครองของไม้ทนร่ม ซึ่งส่งผลให้เกิดโครงสร้างป่าที่มีความซับซ้อนมากขึ้นและใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติ (Finegan, 1996; Guariguata & Ostertag, 2001) ความสำเร็จของการฟื้นฟูป่าตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความรุนแรงของการรบกวน ขนาดพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศ ความถี่ของไฟป่า และประวัติการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต ซึ่งอาจส่งผลให้การฟื้นตัวมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Laurance *et al.*, 2014) นอกจากบทบาทในการ

รักษาความหลากหลายทางชีวภาพแล้ว ป่าไม้ยังมีความสำคัญในการควบคุมสมดุลของคาร์บอนในระบบนิเวศโลก โดยทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งดูดซับกักเก็บและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Pan *et al.*, 2011) การกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศป่าประกอบด้วย 5 แหล่งหลัก ได้แก่ คาร์บอนเหนือพื้นดิน คาร์บอนใต้ดิน คาร์บอนในต้นไม้ตาย ซากพืช และคาร์บอนในดิน (LaI, 2005, IPCC, 2006) ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของป่า ชนิดไม้ ขนาดและความหนาแน่นของต้นไม้ รวมถึงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบพันธุ์ไม้ (Brown, 1997; Clark & Clark, 2000) สำหรับสวนป่าเศรษฐกิจ เช่น สวนไม้สักหรือไม้โตเร็ว การสะสมคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับอายุไม้ ระยะปลูก ชนิดไม้ และวิธีการจัดการ (Royal Forest Department, 2012; Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2015)

พื้นที่ป่าในบริเวณสถานีวิจัยและฝึคนิสิตคณะวนศาสตร์วังน้ำเขียว เคยถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ในอดีต เช่น การแผ้วถางเพื่อทำไร่ การเลี้ยงสัตว์ การหาของป่า และการล่าสัตว์ เป็นต้น โดยเฉพาะพื้นที่ป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้งซึ่งอยู่ใกล้แนวชุมชนและถนนสายหลัก (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2015) พื้นที่บางส่วนถูกทิ้งและปล่อยให้ฟื้นฟูธรรมชาติมาแล้วไม่ต่ำกว่า 10-20 ปี โดยไม่มีการปลูกเสริม การทิ้งร้างดังกล่าวย่อมส่งผลให้เกิดกระบวนการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพืชในระดับหนึ่ง (Guariguata & Ostertag, 2001; Chazdon, 2003) ในปัจจุบันพบการเจริญเติบโตของไม้เบิกนำหลายชนิดควบคู่

กับไม้ที่เริ่มฟื้นตัวในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาของสังคมพืชเข้าสู่ระยะกลางของกระบวนการฟื้นฟูตามธรรมชาติ อันเป็นลักษณะสำคัญของการสืบต่อทางนิเวศวิทยาที่เกิดขึ้นภายหลังการถูกรบกวน (Arroyo-Rodriguez *et al.*, 2017; Phumphuang *et al.* 2018; Aide *et al.*, 2000) แม้พื้นที่บางส่วนจะเริ่มมีการฟื้นฟูตัวเองตามธรรมชาติแล้ว แต่ยังขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของพันธุ์ไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ ตลอดจนศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าที่กำลังทดแทน ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างสังคมพืชและประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติภายหลังจากการถูกรบกวน เพื่อใช้เป็นแนวทางสนับสนุนการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของภาคป่าไม้ได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

1. สถานที่ศึกษา (Study area)

ทำการวิจัยในพื้นที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว

จังหวัดนครราชสีมา โดยสถานีวิจัยฯ มีพื้นที่ทั้งหมด 820.16 เฮกตาร์ (5,126 ไร่) ตั้งอยู่ในพิกัดภูมิศาสตร์ $14^{\circ} 29' 50.55'' \text{N}$ และ $101^{\circ} 56' 14.51'' \text{E}$ (Figure 1) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสลับกับภูเขาขนาดเล็ก ความสูง 240-460 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical monsoon climate) มีฝนตกในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม มีปริมาณฝนเฉลี่ย 999.5 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิรอบปีเฉลี่ย 26.4 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงสุด 35.1 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุด 16.8 องศาเซลเซียส ลักษณะของเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Sandy clay loam) หรือดินร่วนปนทราย (Sandy loam) สังคมพืชคลุมดินประกอบ 5 ชนิด คือ ป่าดิบแล้ง สวนป่ายูคาลิปตัส สวนป่า/ป่าฟื้นฟู ป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ โดยสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว เกิดไฟบริเวณพื้นที่ 4,000 ไร่ เฉลี่ย 1-2 ครั้ง/ปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดใน ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และสวนป่า/ป่าฟื้นฟู

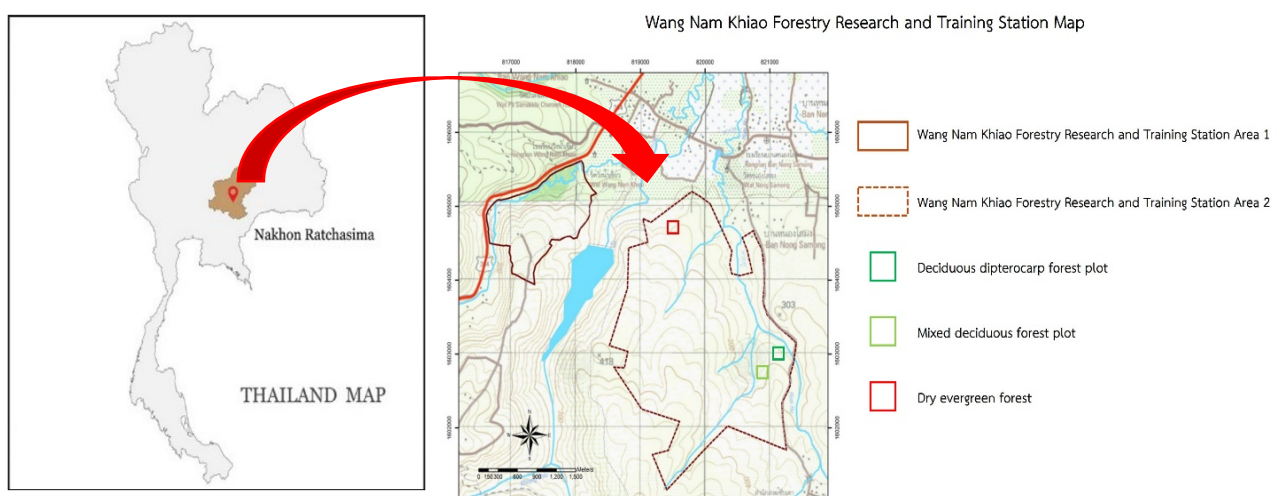


Figure 1 Location of study sites in Wang Nam Khiao Forest Research Station, Nakhon Ratchasima Province.

ชนิดพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) กระจับปี่ (*Leucaena leucocephala*) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) โมกป่า (*Wrightia arborea*) และ มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) (Pongpattananurak et al., 2015)

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

ทำการวางแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 100 x 100 เมตร (1 เฮกแตร์) ในพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้ง พื้นที่ละ 1 แปลง แล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 100 แปลงย่อย เพื่อสำรวจองค์ประกอบของพรรณไม้ในแปลงทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH, ที่ระดับ 1.3 เมตร เหนือผิวดิน) ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร โดยติดหมายเลขต้นไม้ วัดขนาดความโต ความสูงของต้นไม้และเก็บตัวอย่างชนิดไม้ที่ไม่สามารถระบุชนิดเพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างระบุชนิดแล้วที่ สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช โดยการระบุชื่อพรรณไม้อ้างอิงตามหนังสือพรรณไม้ในประเทศไทย (Smitinand, 2014)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

3.1 ประเมินค่าความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) โดยหาได้จาก ผลรวมของความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency; RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density; RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance; RDo) (Marod & Kutintara, 2009) โดยพิจารณาดัชนีค่าความสำคัญของชนิดไม้ออกเป็นกลุ่มคือ ไม้หนุม คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เพียงอก มากกว่าหรือเท่ากับ 1 เซนติเมตร แต่น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร (sapling = 1 cm $\geq$ DBH < 4.5 cm) และไม้ใหญ่ คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร (Tree = DBH $\geq$ 4.5 cm)

3.2 ประเมินค่าความหลากหลายชนิด (Species diversity) ในแต่ละแปลงตัวอย่างถาวร โดยใช้สมการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon and Weaver (1949) ดังนี้

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i)$$

เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายชนิดของชนิดไม้

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมด

p_i = สัดส่วนจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ชนิด i

ต่อจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ทุกชนิด

เมื่อ $i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, s$

3.3 การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ พิจารณาจากการสร้างแผนภูมิการกระจายต้นไม้วัดตามขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter class distribution) เพื่อตรวจสอบการสืบต่อพันธุ์ในสังคมพืช โดยปกติความหนาแน่นหรือจำนวนต้นไม้มีการเปลี่ยนแปลงในทางตรงข้ามกับขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางหรือพื้นที่หน้าตัดต้นไม้ (Condit, 1995)

3.4 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างประเภทป่า ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และหากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จะใช้การทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Tukey's HSD เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแต่ละคู่ของกลุ่มป่า (Howell,

2012) การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดดำเนินการโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 26.0 (Field, 2013)

3.5 มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass, AGB) นำข้อมูลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก และความสูงของต้นไม้ที่สำรวจมาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของ Ogawa *et al.* (1965) สำหรับชนิดป่าเต็งรังและเบญจพรรณ และ Tsutsumi *et al.* (1983) สำหรับป่าดิบแล้ง ซึ่งมีสมการ ดังนี้

$$\text{ป่าดิบแล้ง} \quad WS = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

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

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

$$WT = WS + WB + WL$$

$$WR = WT \times 0.27$$

$$\text{ป่าเต็งรัง และ} \quad WS = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$$

$$\text{ป่าเบญจพรรณ} \quad WB = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$$

$$WL = \left(\frac{28}{W_s + W_b} + 0.025 \right)^{-1}$$

$$WT = WS + WB + WL$$

$$WR = WT \times 0.27$$

เมื่อ WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนลำต้น (กก.)

WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนกิ่ง (กก.)

WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนใบ (กก.)

WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)

WR = มวลชีวภาพเหนือใต้ดินในส่วนราก (กก.)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง

1.30 เมตร (DBH)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

2.6 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (Carbon stock) สามารถคำนวณได้จากสูตร การกักเก็บคาร์บอน (ตัน/เฮกแตร์) = มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกแตร์) x ความเข้มข้นของคาร์บอน

(ร้อยละ) IPCC (2006) เสนอว่ากรณีที่ไม้ทราบค่าความเข้มข้นของคาร์บอนสามารถใช้ค่ากลาง (default value) มีค่าเท่ากับ 0.47 หรือร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. โครงสร้างสังคมพืช (Forest structure)

1.1 ป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forests, DDF)

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าเต็งรัง เมื่อพิจารณาต้นไม้ทั้งหมด (Overall trees) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 เซนติเมตร (Table 1) พบชนิดพรรณไม้ จำนวน 45 ชนิด 36 สกุล 19 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ย 800 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 19.13 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Weiner (H') เท่ากับ 2.30 ชนิดพรรณไม้เด่น 5 ลำดับแรก (Table 1) ได้แก่ รัง (*Shorea siamensis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylocarpa*) กาสามปึก (*Vitex peduncularis*) และ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 119.04, 25.07, 17.36, 12.77 และ 12.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาระดับไม้ใหญ่ (Tree) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร (Table 1) พบชนิดไม้ จำนวน 43 ชนิด 35 สกุล 19 วงศ์ มีความหนาแน่น 785 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัด 19.13 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 2.29 ชนิดไม้เด่น 5 ลำดับแรก ได้แก่ รัง ประดู่ป่า แดง และมะขามป้อม เป็นต้น มีค่าดัชนี

ความสำคัญ เท่ากับ 123.17, 25.17, 17.82, 12.42 และ 12.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในระดับ ไม้รุ่น (Sapling) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง ออก (DBH) น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร (Table 1) พบ ชนิดพรรณไม้จำนวน 10 ชนิด 9 สกุล 4 วงศ์ มีความหนาแน่น 15 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัด 0.01 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความ

หลากหลาย (H') เท่ากับ 2.15 ชนิดไม้เด่น 5 ลำดับแรก คือ รัง ยางกราด (*Dipterocarpus intricatus*) สมอไทย (*Terminalia chebula*) ค้ามอกน้อย (*Gardenia obtusifolia*) และแดง เป็นต้น มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 50.77, 50.05, 45.38, 35.64 และ 26.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Table 1 Top five dominance species in each stage based on IVI in the deciduous dipterocarp forest (DDF); basal area (BA, m² · ha⁻¹), density (D, stems · ha⁻¹), and importance value index (IVI, %), respectively.

No.	Botanical name	Family	BA	D	IVI
Overall trees					
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Dipterocarpaceae	10.25	388.00	122.87
2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	1.74	55.00	24.83
3	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub.	Fabaceae	0.57	49.00	17.77
4	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	Rubiaceae	0.76	37.00	14.82
5	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Phyllanthaceae	0.39	32.00	12.29
	Others 45 species		5.43	235.00	110.05
	Total		19.13	796.00	300.00
Tree					
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Dipterocarpaceae	10.24	383.00	123.17
2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	1.74	56.00	25.17
3	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub.	Fabaceae	0.57	48.00	17.82
4	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Phyllanthaceae	0.39	32.00	12.42
5	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	Lamiaceae	0.82	23.00	12.07
	Others 38 species		5.36	243.00	109.36
	Total		19.13	785.00	300.00
Sapling					
1	<i>Shorea siamensis</i> Miq.	Dipterocarpaceae	0.00	2.00	50.77
2	<i>Dipterocarpus intricatus</i> Dyer	Dipterocarpaceae	0.00	4.00	50.05
3	<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>Chebula</i>	Combretaceae	0.00	2.00	45.38
4	<i>Gardenia obtusifolia</i> Roxb. ex Kurz	Rubiaceae	0.00	1.00	35.64
5	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub.	Fabaceae	0.00	1.00	26.97
	Others 10 species		0.00	5.00	91.20
	Total		0.01	15.00	300.00

ป่าเต็งรังในพื้นที่ศึกษามีโครงสร้างพรรณไม้ที่ประกอบด้วยชนิดพรรณไม้จำนวนมาก ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Weiner อยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับลักษณะของป่าผลัดใบเขตร้อนบนพื้นที่แห้งแล้งที่มักมีความหลากหลายชนิดน้อยกว่าป่าดิบชื้น (Slik, 2004) ชนิดไม้เด่นที่พบ เช่น รัง ประดู่ป่า และแดง เป็นต้น ซึ่งเป็นไม้ผลัดใบที่มีคุณสมบัติทนไฟและทนแล้ง ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของพรรณไม้ในป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง (Baker *et al.*, 2008) โดยเฉพาะ รัง ที่พบทั้งในกลุ่มไม้ขนาดใหญ่และไม้รุ่ม แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการฟื้นตัวและครองพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้วิกฤติด้านปัจจัยแวดล้อม เช่น ฤดูแล้งยาวนานและไฟป่าซ้ำซาก กลุ่มไม้รุ่มมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดค่อนข้างต่ำ มีจำนวนชนิดน้อย แสดงถึงการกระจุกตัวของชนิดไม้ในช่วงต้นของการสืบต่อ ซึ่งอาจสะท้อนถึงแรงกดดันจากไฟป่าในอดีต หรือข้อจำกัดด้านเมล็ดพันธุ์และการแพร่กระจาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Aiba & Kitayama (1999) ที่พบว่าพื้นที่ป่าผลัดใบในเขตร้อนแห้งแล้งมีความหลากหลายชนิดน้อยและโครงสร้างเรือนยอดค่อนข้างโปร่ง

1.2 ป่าผสมผลัดใบ (Mixed Deciduous Forest, MDF)

โครงสร้างและองค์ประกอบของพรรณไม้ป่าผสมผลัดใบ เมื่อพิจารณาข้อมูลไม้ต้นทั้งหมด (Overall trees) พบชนิดพรรณไม้ จำนวน 75 ชนิด 51 สกุล 25 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ย 1,763 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 21.35 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Weiner (H') เท่ากับ 2.98

ชนิดพรรณไม้เด่น 5 ลำดับแรก ได้แก่ โมกมัน (*Wrightia arborea*) ประดู่ป่า พลับพล่า (*Microcos tomentosa*) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*) และ กางจืด (*Albizia odoratissima*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 53.32, 21.22, 11.12, 14.62 และ 12.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อพิจารณาระดับไม้ใหญ่ (Tree) พบชนิดไม้จำนวน 60 ชนิด 46 สกุล 20 วงศ์ มีความหนาแน่น 898 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัด 20.75 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย (H') เท่ากับ 2.74 ชนิดไม้เด่น 5 ลำดับแรก คือ โมกมัน ประดู่ป่า ฉนวน กางจืด และ พลับพล่า มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 85.83, 41.52, 23.84, 19.88 และ 13.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนระดับไม้รุ่ม (Sapling) พบชนิดพรรณไม้จำนวน 60 ชนิด 45 สกุล 23 วงศ์ มีความหนาแน่น 837 ต้นต่อเฮกแตร์ พื้นที่หน้าตัด 0.50 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.18 ชนิดไม้เด่น 5 ลำดับแรก ได้แก่ พลับพล่า นกนอน (*Cleistanthus helferi*) ขะเจ๊า (*Millettia leucantha*) โมกมัน และพญาราคดำ (*Diospyros variegata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 50.48, 27.85, 25.02, 17.89 และ 16.94 ตามลำดับ (Table 2)

ในพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายทางชีวภาพค่อนข้างสูง ซึ่งบ่งชี้ถึงความซับซ้อนของโครงสร้างสังคมพืชในระดับสูง สะท้อนการผสมผสานของไม้เบิกนำของป่าผลัดใบที่ชอบความชื้นแสงมาก ร่วมกับชนิดไม้เบิกนำภายใต้ร่มเงา ในระยะต่าง ๆ ของการสืบต่อพันธุ์หรือการทดแทนสังคมพืช (Plant community succession) (Ashton, 2014) โดยชนิดไม้เด่น เช่น โมกมัน

จนวน และกางขีมอด ล้วนเป็นไม้เบิกนำที่เติบโตเร็วและสามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่ที่ถูกเปิดโล่งหรือรบกวนในอดีต ในขณะที่ชนิดไม้ เช่น พลับพลานกนอน และชะเง้อ เป็นชนิดไม้ที่มีความสามารถในการฟื้นตัวและงอกใหม่ได้ดีภายใต้ร่มเงาของสภาพแวดล้อมที่เริ่มปิดทึบขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการเปลี่ยนผ่านของระบบ

นิเวศจากสภาพเบิกนำไปสู่สภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในอนาคต (Baker *et al.*, 2008) ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Maxwell & Elliott (2001) ที่รายงานว่าป่าผสมผลัดใบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยและลาวมีการผสมผสานระหว่างชนิดไม้ผลัดใบในฤดูแล้งกับชนิดไม้ดائمةที่ไม่ผลัดใบในสัดส่วนที่น้อยกว่า

Table 2 Top five dominance species in each stage based on IVI in the mixed deciduous forest (MDF); basal area (BA, m². ha⁻¹), density (D, stems. ha⁻¹), and importance value index (IVI, %), respectively.

No.	Botanical name	Family	BA	D	IVI
Overall trees					
1	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	7.08	364.00	53.32
2	<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	Malvaceae	4.38	10.00	21.22
3	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	0.01	191.00	11.12
4	<i>Dalbergia nigrescens</i> Kurz	Fabaceae	2.15	68.00	14.62
5	<i>Albizia odoratissima</i> (L. f.) Benth.	Fabaceae	1.61	73.00	12.30
Others 70 species			6.52	1057.00	187.42
Total			21.74	1763.00	300.00
Tree					
1	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	6.84	324.00	85.83
2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	4.27	89.00	41.52
3	<i>Dalbergia nigrescens</i> Kurz	Fabaceae	2.06	58.00	23.84
4	<i>Albizia odoratissima</i> (L. f.) Benth.	Fabaceae	1.56	54.00	19.88
5	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	0.34	49.00	13.45
Others 55 species			5.68	324.00	115.49
Total			20.75	898.00	300.00
Sapling					
1	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	0.10	144.00	50.48
2	<i>Cleistanthus helferi</i> Hook. f.	Phyllanthaceae	0.06	93.00	27.85
3	<i>Millettia leucantha</i> Kurz var. <i>buteoides</i> (Gagnep.)	Fabaceae	0.04	80.00	25.02
4	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	0.03	49.00	17.89
5	<i>Diospyros variegata</i> Kurz	Ebenaceae	0.03	52.00	16.94
Others 55 species			0.24	419.00	161.82
Total			0.50	837.00	300.00

ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการรักษาสมดุลของสังคมพืชในบริบทของระบบนิเวศแบบเปิด ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดที่สูงขึ้นในกลุ่มไม้รุ่มบ่งชี้ว่าพื้นที่ศึกษานี้มีการฟื้นตัวของชนิดไม้ที่เข้ามาใหม่อย่างต่อเนื่อง และมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในระยะยาว ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของพื้นที่ฟื้นตัวตามธรรมชาติหรือพื้นที่ที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูตามกระบวนการสืบต่อทางนิเวศ (Slik, 2004).

1.3 ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest, DEF)

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าดิบแล้ง (DEF) เมื่อพิจารณาข้อมูลไม้ต้นทั้งหมด (Overall trees) พบชนิดพรรณไม้ จำนวน 86 ชนิด 62 สกุล 29 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2,364 ต้นต่อเฮกเตอร์ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 30.66 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 3.68 ชนิดพรรณไม้เด่น 5 ลำดับแรก ได้แก่ นกนอน พลับพล่า จีวป่า (*Bombax anceps*) จีอ้าย (*Terminalia nigrovenulosa*) และ สะทางน้อย (*Xylopia vielana*) เป็นต้น มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 31.86, 17.45, 15.99, 15.86 และ 14.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

เมื่อพิจารณาระดับไม้ใหญ่ (Tree) พบชนิดพรรณไม้จำนวน 78 ชนิด 57 สกุล 26 วงศ์ มีความหนาแน่น 974 ต้นต่อเฮกเตอร์ พื้นที่หน้าตัด 29.25 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 3.63 ชนิดไม้เด่นตามดัชนีค่าความสำคัญใน 5 ลำดับแรก ได้แก่ จีอ้าย จีวป่า สะทางน้อย กระบก (*Irvingia malayana*) และ มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) เป็นต้น มีค่าดัชนี

ความสำคัญ เท่ากับ 24.10, 20.67, 18.11, 16.99 และ 15.94 ตามลำดับ ส่วนระดับไม้รุ่ม (Sapling) พบชนิดพรรณไม้จำนวน 64 ชนิด 52 สกุล 23 วงศ์ และยังไม่สามารถจำแนกชนิดได้ 2 ชนิด มีความหนาแน่น 1,398 ต้นต่อเฮกเตอร์ พื้นที่หน้าตัด 3.57 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 2.69 ชนิดไม้เด่นตามดัชนีค่าความสำคัญใน 5 ลำดับแรก ได้แก่ นกนอน สามพันตา (*Sampantaea amentiflora*) พลับพล่า สะทางน้อย และ แก้วลาว (*Walsura pinnata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ เท่ากับ 90.03, 29.51, 22.28, 13.93 และ 11.63 ตามลำดับ (Table 3)

ในพื้นที่ศึกษามีความหลากหลายชนิดพรรณไม้ตามค่าดัชนีความหลากหลายชนิด อยู่ในระดับสูงสะท้อนถึงความซับซ้อนของโครงสร้างสังคมพืชและความเสถียรของระบบนิเวศ (Slik *et al.*, 2003; Ashton *et al.*, 2014) ชนิดไม้เด่นในกลุ่มไม้ใหญ่ เช่น จีอ้าย จีวป่า และกระบก เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ที่สามารถสืบต่อพันธุ์ในระยะยาวได้ดี สอดคล้องกับรายงานของ Connell & Slatyer (1977) ที่ระบุว่าป่าในระยะสุดท้ายของกระบวนการทดแทนของสังคมพืช (Late-successional) จะมีโครงสร้างเรือนยอดที่ซับซ้อนและชนิดไม้ยืนต้นที่มีความสามารถในการแข่งขันและยึดครองพื้นที่ในระยะยาว ทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ Phumphueng *et al.* (2024) ที่พบว่าป่าดิบแล้งในพื้นที่ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช บริเวณพื้นที่ถูกรบกวน มักพบกลุ่มไม้รุ่ม เช่น นกนอน สามพันตา และ แก้วลาว เข้ายึดครองพื้นที่ดังกล่าว แม้ว่าจะมีร่มเงาสูง จึงจัดได้เป็นไม้ทนร่ม สะท้อนให้เห็นถึงกลไกการฟื้นตัวของพรรณไม้ในระยะแรกของการสืบทดแทน (Chazdon, 2014)

Table 3 Top five dominance species in each stage based on IVI in the dry evergreen forest (DEF); basal area (BA, m². ha⁻¹), density (D, stems. ha⁻¹), and importance value index (IVI, %), respectively.

No.	Botanical name	Family	BA	D	IVI
Overall tree					
1	<i>Cleistanthus helferi</i> Hook. f.	Phyllanthaceae	0.75	552.00	31.86
2	<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	4.40	28.00	17.45
3	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	1.03	168.00	15.99
4	<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	1.58	112.00	15.86
5	<i>Xylopia vielana</i> Pierre	Annonaceae	1.21	130.00	14.98
Others 86 species			21.69	1,374.00	203.87
Total			30.66	2,364.00	300.00
Tree					
1	<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	1.57	96.00	24.10
2	<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	4.40	27.00	20.67
3	<i>Xylopia vielana</i> Pierre	Annonaceae	1.17	75.00	18.11
4	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A. W. Benn.	Irvingiaceae	3.63	22.00	16.99
5	<i>Azelia xylocarpa</i> (Kurz) Craib	Fabaceae	2.54	36.00	15.94
Others 73 species			15.95	718.00	204.20
Total			29.25	974.00	300.00
Sapping					
1	<i>Cleistanthus helferi</i> Hook. f.	Phyllanthaceae	0.50	512.00	90.03
2	<i>Sampantaea amentiflora</i> (Airy Shaw)	Euphorbiaceae	0.10	170.00	29.51
3	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	0.08	116.00	22.28
4	<i>Xylopia vielana</i> Pierre	Annonaceae	0.05	56.00	13.93
5	<i>Walsura pinnata</i> Hassk.	Meliaceae	0.05	34.00	11.63
Others 64 species			1.60	1,908.00	432.63
Total			3.57	1,398.00	300.00

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของจำนวนชนิดพรรณไม้ ความหนาแน่นของต้นไม้ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย ค่าดัชนีความหลากหลาย ปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon storage) พบว่าจำนวนชนิดพรรณไม้ทั้ง 3 ป่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) สอดคล้องกับหลักการของ

Connell & Slatyer (1977) ที่ระบุว่าป่าระยะถาวรหรือสืดยอดของการฟื้นฟูมีความหลากหลายสูง เมื่อพิจารณาพื้นที่หน้าตัด พบว่าป่าดิบแล้ง (DEF) มีพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับป่าเต็งรัง (DDF) และ ป่าผสมผลัดใบ (MDF) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ $p < 0.01$ แสดงถึงการครอบครองพื้นที่ของไม้ขนาดใหญ่ สอดคล้องกับ

การพัฒนาเชิงโครงสร้างของป่าระยะสุดท้ายตามกระบวนการฟื้นฟูของสังคมพืช (Late-successional) (Ashton *et al.*, 2014; Poorter *et al.*, 2016) ความหนาแน่นของต้นไม้ป่าดิบแล้ง (DEF) มีค่าสูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับป่าผสมผลัดใบ (MDF) และ ป่าเต็งรัง (DDF) ($p < 0.01$) แสดงว่ากระบวนการสืบต่อพันธุ์และตั้งตัวเป็นกล้าไม้และไม้รุ่นที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นและแสงที่เหมาะสมในป่าดิบแล้ง (Chazdon, 2014) ส่วนค่าดัชนีความสำคัญซึ่งใช้เป็นตัวแทนของความหลากหลายทางชีวภาพ ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดป่าทั้ง 3 พื้นที่ (ในการทดสอบ t-test ทุกคู่: ที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$) โดยความหลากหลายชนิดสูงพบในป่าดิบแล้ง (DEF) แสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของระบบนิเวศที่มีการพัฒนาเต็มที่ และการอยู่ร่วมกันของชนิดไม้หลายกลุ่มเชิงหน้าที่ สอดคล้องกับงานของ Slik *et al.* (2003) ที่ระบุว่าระบบนิเวศที่มี

ความสมบูรณ์จะมีการกระจายของชนิดพันธุ์ที่หลากหลายทั้งในเชิงโครงสร้างและหน้าที่

2. การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของพรรณไม้

(Natural tree regeneration)

เมื่อพิจารณาการกระจายของต้นไม้ทั้งหมด (Overall trees) หรือไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ภายในแปลงถาวรทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าหมู่ไม้ป่าผสมผลัดใบและหมู่ไม้ป่าดิบแล้ง มีการกระจายแบบการเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังลบ (Negative exponential growth from) หรือแบบ L-shape (Figure 2) ซึ่งมีจำนวนไม้ในชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่มีขนาดเล็กจำนวนมากและลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มขึ้น หรือมีไม้ขนาดเล็กหรือไม้รุ่นมากกว่าไม้ใหญ่ แสดงว่าป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้งสามารถรักษาโครงสร้างป่าได้เป็นปกติในธรรมชาติ หรือมีไม้ขนาดเล็กสามารถเจริญทดแทนเป็นไม้ขนาดใหญ่ได้ดีในอนาคต (Chazdon., 2003; Phumphuang *et al.*, 2024)

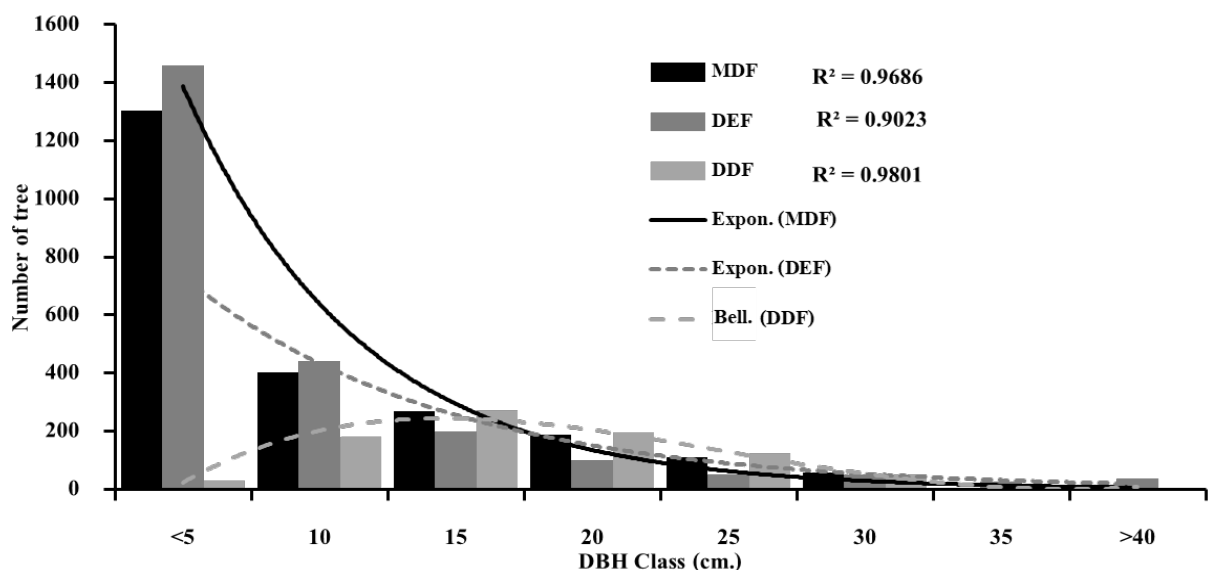


Figure 2 Diameter distribution of trees in various types of forest; dot line represented exponential form (Expon.) and broken line indicated unimodal form or bell-shaped (Bell.), respectively.

อย่างไรก็ตามในหมู่ไม้ป่าเต็งรังมีรูปแบบการกระจายของต้นไม้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกต่างออกไปโดยมีรูปแบบเป็นระฆังคว่ำ (Unimodal หรือ Bell shape) (Figure 2) ซึ่งมีจำนวนต้นไม้ในชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางของที่มีขนาดเล็กมีจำนวนน้อยหรือแทบไม่มีเลยและเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกเพิ่มขึ้นหรือมีไม้ขนาดเล็กหรือไม้รุ่นน้อยกว่าไม้ใหญ่แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาการเติบโตของกลุ่มไม้ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา (Baker *et al.*, 2008; Phumphuang *et al.*, 2018) หรือความไม่ต่อเนื่องของการเพิ่มพูนของพื้นที่ดังกล่าวรูปแบบการกระจายตัวของต้นไม้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก (DBH) เป็นดัชนีบ่งชี้สำคัญที่แสดงถึงศักยภาพการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ในแต่ละระบบนิเวศป่าไม้ (Condit *et al.*, 1998) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ป่าผลัดใบและป่าดิบแล้ง การกระจายของต้นไม้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกมีลักษณะเป็นรูปตัว L (L-shape distribution) หรือ การเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังลบ โดยมีจำนวนต้นไม้ขนาดเล็กมากกว่าต้นไม้ขนาดใหญ่ ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงกระบวนการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ พืชในชั้นกล้าไม้สามารถเจริญเติบโต เป็นไม้รุ่นและเจริญทดแทนเข้าสู่โครงสร้างป่าได้อย่างต่อเนื่อง (Phumphuang *et al.*, 2018) การมีจำนวนไม้ขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่บ่งบอกถึงการเพิ่มจำนวนของต้นไม้ (Recruitment) ที่มีประสิทธิภาพ และการเปลี่ยนผ่านรุ่นไม้ (Cohort turnover) ที่เป็นปกติตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศป่าไม้

ในขณะที่ในพื้นที่ป่าเต็งรัง พบรูปแบบการกระจายตัวของต้นไม้ที่เป็นแบบ ระฆังคว่ำ (Unimodal หรือ Bell-shaped distribution) ซึ่งมีจำนวนต้นไม้ขนาดเล็กต่ำมาก หรือแทบไม่มีเลยเมื่อเทียบกับจำนวนต้นไม้ขนาดกลางและขนาดใหญ่ แสดงให้เห็นถึงปัญหาหรือความล้มเหลวในการสืบต่อพันธุ์ (Regeneration failure) ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น อัตราการงอกของเมล็ดต่ำ การรอดชีวิตของต้นกล้าต่ำ เนื่องจากความแห้งแล้งหรือการเกิดไฟป่าซ้ำซาก (Baker *et al.*, 2008) การใช้ประโยชน์พื้นที่ เช่น การเก็บหาของป่าและการเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ป่า ซึ่งทำลายไม้พื้นล่างและกล้าไม้ ทั้งนี้ การศึกษาของ Phumphuang *et al.* (2018) ยังชี้ให้เห็นว่า ความต่อเนื่องของกลุ่มไม้ขนาดเล็กในโครงสร้างป่ามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการฟื้นตัวของป่าในระยะยาว โดยเฉพาะในระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่าและกิจกรรมมนุษย์ เนื่องจากไม้ขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นฐานของประชากรพืชในอนาคตเป็นแหล่งสะสมพันธุ์กรรม และแสดงถึงศักยภาพในการเปลี่ยนผ่านไปสู่กลุ่มไม้ขนาดกลางและใหญ่ ซึ่งมีความสำคัญต่อการฟื้นตัวของโครงสร้างเรือนยอดและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในระยะยาว (Chazdon, 2003; Poorter *et al.*, 2016) ดังนั้นการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ในป่าผลัดใบและป่าดิบแล้งยังคงดำเนินไปอย่างสมดุลและต่อเนื่อง ขณะที่ในป่าเต็งรัง พบสิ่งบ่งบอกถึงการสืบต่อพันธุ์ที่ล้มเหลว โดยจำเป็นต้องมีมาตรการฟื้นฟู เช่น การควบคุมไฟป่า การส่งเสริมการปลูกกล้าไม้พื้นถิ่น การอนุบาลกล้าไม้ท้องถิ่นที่กำลังเจริญเติบโตตามธรรมชาติ และการลดการรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์

เพื่อสนับสนุนการสร้างความต่อเนื่องของ
โครงสร้างประชากรไม้ในระยะยาว

3. การกักเก็บคาร์บอน ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

จากการประเมินปริมาณมวลชีวภาพและ
การกักเก็บคาร์บอนของ ป่าเต็งรัง (DDF) ป่าผสม
ผลัดใบ (MDF) และป่าดิบแล้ง (DEF) พบว่า

ป่าดิบแล้งมีมวลชีวภาพสูงที่สุด (193.93 ตัน/เฮก
แตร์) ขณะที่ป่าผสมผลัดใบมีมวลชีวภาพต่ำ
(66.43 ตัน/เฮกแตร์) ขณะที่ป่าเต็งรังมีมวลชีวภาพ
อยู่กึ่งกลางระหว่างสองชนิดป่านี้ (Table 4) โดยมี
รายละเอียดของมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ และ
การกักเก็บคาร์บอนในแต่ละชนิดป่า ดังนี้

Table 4 Biomass and carbon stock of different forest types at Wang Nam Khiao Forest Research Station

Forest Type	Biomass (ton/ha)						Carbon stock (ton C/ha)					
	Stem	Branch	Leaf	Above- ground	Below- ground	Total	Stem	Branch	Leaf	Above- ground	Below- ground	Total
DDF	68.71	14.08	2.5	85.31	23.03	108.3	32.30	6.62	1.2	40.09	10.83	50.9
MDF	41.43	9.68	1.2	52.31	14.12	66.4	19.50	4.55	0.6	24.58	6.64	31.2
DEF	120.9	28.5	3.3	152.7	41.23	193.9	56.80	13.4	1.6	71.77	19.38	91.2

ป่าเต็งรัง (DDF) มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 108.34
ตัน/เฮกแตร์ โดยประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือ
พื้นดิน และใต้ดิน เท่ากับ 85.31 และ 23.03 ตัน/
เฮกแตร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพส่วนใหญ่พบใน
ลำต้น (68.71 ตัน/เฮกแตร์) คิดเป็นสัดส่วนหลัก
ของมวลชีวภาพทั้งหมด รองลงมาคือ ส่วนกิ่ง
(14.08 ตัน/เฮกแตร์) และใบ (2.51 ตัน/เฮกแตร์)
ส่วนการกักเก็บคาร์บอนรวมของป่านี้อยู่ที่
50.92 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์

ป่าผสมผลัดใบ (MDF) มีมวลชีวภาพรวม
เท่ากับ 66.43 ตัน/เฮกแตร์ จำแนกเป็นมวลชีวภาพ
เหนือพื้นดิน 52.31 และใต้ดิน 14.12 ตัน/เฮกแตร์
ตามลำดับ องค์ประกอบของมวลชีวภาพเหนือ
พื้นดิน ได้แก่ ส่วนลำต้น กิ่ง และ ใบ เท่ากับ
41.43, 9.68 และ 1.20 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วน
การกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 31.22 ตัน
คาร์บอน/เฮกแตร์

ป่าดิบแล้ง (DEF) มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ
193.93 ตัน/เฮกแตร์ แบ่งเป็นส่วนเหนือพื้นดิน
และใต้ดิน เท่ากับ 152.70 และ 41.23 ตัน/เฮกแตร์
ตามลำดับ มวลชีวภาพส่วนของลำต้นมีค่าสูงที่สุด
เท่ากับ 120.91 ตัน/เฮกแตร์ ซึ่งถือเป็น
องค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ ส่วนกิ่ง (28.50
ตัน/เฮกแตร์) และใบ (3.29 ตัน/เฮกแตร์) ส่วนการ
กักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 91.15 ตันคาร์บอน/
เฮกแตร์ ซึ่งสูงกว่าป่าประเภทอื่นมาก (Table 4)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความแตกต่าง
ในศักยภาพการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บ
คาร์บอนเหนือพื้นดินระหว่างชนิดป่าต่าง ๆ
โดย ป่าดิบแล้ง มีศักยภาพสูงสุดทั้งในด้านมวล
ชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน รวมถึงการกักเก็บ
คาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังและป่าผสม
ผลัดใบ นอกจากนี้ลักษณะโครงสร้างเรือนยอดที่
หนาแน่น ชนิดไม้ในกลุ่มชนิดที่เข้ามาทดแทนใน
ภายหลัง หรือต่อจากชนิดเบิกน้ำ (Late-

successional species) ที่มีการเจริญเติบโตช้าแต่มีขนาดลำต้นใหญ่ และความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีความแห้งแล้งสูง เป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการสะสมชีวมวลและการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว (Pan *et al.*, 2011; Lewis *et al.*, 2009) ขณะที่ ป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง มีสัดส่วนของไม้เบิกนำ (Pioneer species) สูงกว่า จึงมีการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนได้ต่ำกว่า เนื่องจากชนิดไม้เหล่านี้มีอัตราการเติบโตเร็ว มีขนาดลำต้นเล็ก แต่มีอายุสั้น ส่งผลต่อศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว สอดคล้องกับงานของ Poorter *et al.* (2016) ที่ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชนิดพันธุ์และวงจรชีวิตของพืชมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการสะสมคาร์บอนในป่าเขตร้อน โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน (Carbon storage) ของป่าดิบแล้งมีปริมาณที่มากกว่า ป่าผสมผลัดใบ และป่าเต็งรัง อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนถึงผลของโครงสร้างเรือนยอดที่หนาแน่น การครอบครองโดยไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ และระดับการพัฒนาของระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์มากกว่า ช่วยเพิ่มศักยภาพของการสะสมคาร์บอนได้สูงกว่า (IPCC, 2006)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้เปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน จึงไม่สามารถประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระดับสูงสุดของระบบนิเวศได้อย่างครบถ้วน โดยควรมีการศึกษาเพิ่มเติมและเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนในการประเมินศักยภาพการฟื้นตัวและการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว นอกจากนี้ ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับรายงานจากหลายพื้นที่ เช่น ป่า

ผสมผลัดใบและป่าดิบแล้งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี (Thongrit, 2012) และวนอุทยานแห่งชาติน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงราย (Nukul, 2002) ซึ่งต่างพบว่าพื้นที่ป่าที่มีโครงสร้างเรือนยอดที่พัฒนาแล้ว ความหลากหลายของชนิดพรรณไม้สูง และการมีอยู่ของกลุ่มไม้ทนร่มและไม้ต้นขนาดใหญ่ที่เป็นไม้ท้องถิ่นของชนิดป่านั้น ๆ มักมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากกว่าพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวนหรืออยู่ในระยะต้นของการฟื้นตัว

สรุป (Conclusion)

สังคมพืชของป่าดิบแล้ง มีความหลากหลายขององค์ประกอบชนิดไม้และโครงสร้างสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ โดยป่าดิบแล้งประกอบด้วยชนิดพรรณไม้ระยะปลายหรือสังคมสุดท้าย (Climax species) ที่มีจำนวนมาก แสดงให้เห็นถึงการทดแทนตามธรรมชาติได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างป่ามีความมั่นคงและมีศักยภาพในการฟื้นตัวที่ดี ในขณะที่ป่าผสมผลัดใบ มีความหลากหลายชนิดรองลงมา โดยมีการผสมผสานระหว่างไม้เบิกนำและไม้ทนร่ม สะท้อนถึงสังคมพืชที่อยู่ในระยะฟื้นตัว แม้จะยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ ส่วนป่าเต็งรังมีความหลากหลายของพรรณไม้น้อยที่สุด และพบปัญหาในกระบวนการสืบต่อพันธุ์ โดยมีการขาดการทดแทนอย่างต่อเนื่อง เช่น ความถี่ของการเกิดไฟป่าที่มากเกินไป และกิจกรรมของมนุษย์ที่เข้าใช้พื้นที่อย่างเข้มข้น

ในด้านศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน พบว่าป่าดิบแล้งมีการสะสมมวลชีวภาพและกัก

เก็บคาร์บอนสูงที่สุด รองลงมาคือป่าเต็งรัง และป่าผสมผลัดใบ ตามลำดับ โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมศักยภาพนี้ ได้แก่ โครงสร้างเรือนยอดที่หนาแน่นและมีต้นไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก ในขณะที่ป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ มีสัดส่วนไม้เบิกนำและไม้โตเร็วในปริมาณสูงและหมู่ไม้มีความหนาแน่นต่ำกว่าป่าดิบแล้ง จึงส่งผลให้มีศักยภาพในการสะสมคาร์บอน

ดังนั้น สังคมพืชและองค์ประกอบของชนิดไม้มีผลกระทบต่อความสามารถในการฟื้นตัวตามธรรมชาติและการกักเก็บคาร์บอนของสังคมพืช จากผลการศึกษาครั้งนี้จึงควรให้ความสำคัญกับการจัดการพื้นที่โดยสนับสนุนการฟื้นตัวตามธรรมชาติควบคู่กับการปลูกเสริมชนิดไม้ที่มีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพระยะยาว โดยเน้นชนิดไม้ต้นขนาดใหญ่ และไม้ทนร่มในชั้นเรือนยอดต่าง ๆ เพื่อให้การฟื้นฟูสอดคล้องกับระดับความเสื่อมโทรมของพื้นที่ และควรติดตามผลอย่างต่อเนื่องทั้งด้านโครงสร้างป่า ความหลากหลายชนิดทางชีวภาพ และการสะสมคาร์บอน เพื่อให้การฟื้นฟูเกิดประสิทธิผลอย่างยั่งยืนในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทีมนักวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตผลงานวิจัยและนวัตกรรม ภายใต้ศูนย์วิจัยและสถานีวิจัย ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว ผู้ช่วยนักวิจัยและนิสิตวน

ศาสตร์ที่ดำเนินการจัดเตรียมอุปกรณ์และเก็บข้อมูลภาคสนามสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

- Aiba, S.I. & K. Kitayama. 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology** 140(2): 139–157.
- Aide, T. M., J. Zimmerman, K. J. Pascarella, B. L. Rivera & H. Marciano-Vega. 2000. Forest regeneration in a chrono sequence of tropical abandoned pastures: Implications for restoration ecology. **Restoration Ecology** 8(4): 328–338. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>
- Arroyo-Rodríguez, V., F. P. L. Melo, M. Martínez-Ramos, F. Bongers, R. L. Chazdon, J. A. Meave, N. Norden, B. A. Santos, I. R. Leal & M. Tabarelli. 2017. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: New insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews** 92(1): 326–340. <https://doi.org/10.1111/brv.12231>
- Ashton, M. S., I. A. U. N. Gunatilleke, C. V. S. Gunatilleke, K. U. Tennakoon & P. S. Ashton. 2014. Use and cultivation of plants that yield products other than timber from South Asian tropical forests, and their potential in forest restoration.

- Forest Ecology and Management** 329: 360-374.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.030>
- Baker, P. J., S. Bunyavejchewin & A. P. Robinson. 2008. The impacts of large-scale, low-intensity fires on the forests of continental South-east Asia. **International Journal of Wildland Fire** 17(6): 782–792.
- Brown, S. 1997. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer**. FAO Forestry Paper No. 134. FAO.
- Bunyavejchewin, S. 1999. Structure and dynamics in seasonal dry evergreen forest in northeastern Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10(6): 787–792.
<https://doi.org/10.2307/3237303>
- Chazdon, R. L. 2003. Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 6(1–2): 51–71.
<https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>
- Chazdon, R. L. 2014. **Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation**. University of Chicago Press.
- Clark, D. A. & D. B. Clark. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management** 137(1–3): 185–196.
- Condit, R., S. P. Hubbell & R. B. Foster. 1995. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs** 65(4): 419–439.
- Condit, R., R. Sukumar, S. P. Hubbell & R. B. Foster. 1998. Predicting population trends from size distributions: A direct test in a tropical tree community. **The American Naturalist** 152(4): 495–509.
<http://dx.doi.org/10.1086/286186>
- 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.
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2015. **Summary report on forest law violations in 2009–2015**. (in Thai)
- Field, A. P. 2013. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics** (4th ed.). London: Sage Publications.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. **Trends in Ecology & Evolution** 11(3): 119–124.
- Guariguata, M. R. & R. Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management** 148(1–3): 185–206.

- Hannah, L., J. L. Carr & A. Lankerani. 1995. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. **Biodiversity and Conservation** 4(2): 128–155.
<https://doi.org/10.1007/BF00137780>
- Howell, D. C. 2012. **Statistical methods for psychology** (8th ed.). Belmont, CA: Wadsworth Publishing.
- IPCC. 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Institute for Global Environmental Strategies.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management** 220(1–3): 242–258.
- Laurance, W. F., J. Sayer & K. G. Cassman. 2014. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution** 29(2): 107–116.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>
- Lewis, S. L., G. Lopez-Gonzalez, B. Sonké, K. Affum-Baffoe, T. R. Baker, L. O. Ojo, L. J. T. White, J. Chave, M. Fischer, Y. Malhi, O. Lewis & O. L. Phillips. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. **Nature** 457(7232): 1003–1006.
<https://doi.org/10.1038/nature07771>
- Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Department of Forest Biology. Faculty of Forestry. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).
- Maxwell, J. F. & S. Elliott. 2001. **Vegetation and vascular flora of Doi Suthep-Pui National Park**. Office of Environmental Policy and Planning.
- Nukul, T. 2002. **Forest Structure Characteristics of Three Forest Types in Khunkorn National Park, Chiang Rai Province**. Master's thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- 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.
- Pan, Y., R. A. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. E. Kauppi, W. A. Kurz, O. L. Phillips, A. Shvidenko, S. L. Lewis, J. G. Canadell, P. Ciais, R. B. Jackson, S. W. Pacala, A. D. McGuire, S. Piao, A. Rautiainen, S. Sitch & 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>
- Phumarin, N. & C. Pacharaprakiti. 2022. **Forest encroachment and degradation monitoring report (2009–2018)**. Forest Protection Division, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

- Phumphuang, W., D. Marod, S. Sungkaew & S. Thinkampaeng. 2018. Forest dynamics and tree distribution patterns in dry evergreen forest, northeastern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 16(2): 58–67.
- Phumphuang, W., S. Sungkaew, C. Wachrinrat, S. Thinkampeang, S. Hermhuk, J. Thongsawi, S. Waengsothorn, L. Lin & D. Marod, 2024. Environmental factors differentially influence species distributions across tree size classes in a dry evergreen forest in Sakaerat Biosphere Reserve, Northeastern Thailand. **Journal of Forest Research** 29(4): 1–9. <https://doi.org/10.1080/13416979.2024.2314834>
- Pongpattananurak, N., P. Thanakitpirom & T. Phusantisampan. 2015. **Master plan of Wang Nam Khiao Demonstration Forest**. Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)
- Poorter, L., M. T. van der Sande, J. Thompson, E. J. Arets, A. Alarcón & J. Álvarez-Sánchez. 2016. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. **Global Ecology and Biogeography** 25(9): 1073–1084.
- Royal Forest Department. 2012. **Manual for carbon stock assessment in biomass of economic plantations in Thailand**. (in Thai)
- Rueangpanich, N. 2003. **Natural resources and environmental conservation** (4th ed.). Bangkok: Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)
- Slik, J. W. F. 2004. El Niño droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests. **Oecologia** 141(1): 114–120. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1635-y>
- Smitinand, T. 2014. **Thai plant names**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)
- Thongnun, J., S. Jaisungnoen & P. Kanokkanjana. 2022. Forest dynamics and carbon sequestration over 10 years in Lam Nam Nan National Park. **Thai Journal of Forestry** 41(2): 48–62. (in Thai)
- Thongrit S. 2012. **Carbon sequestration assessment in mixed deciduous and dry evergreen forests in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province**. M.Sc. Thesis, Environmental Science Program, Kasetsart University. (in Thai)
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda & B. Prachaiyo. 1983. **Forest: Felling, Burning and Regeneration**. pp. 13–62. In K. Kyuma, & C. Pairintra (Eds.), *Shifting Cultivation*. Tokyo.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (Thai Forest Ecological Research Journal, TFERJ) ISSN 2586-9566 (Print) และ ISSN 2985-0789 (Online) จัดทำโดย ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย (Cooperative Centre of Thai Forest Ecological Research Network, CC T-FERN) ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รับบทความจากผู้เขียนทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยฯ รวมทั้งภายนอกประเทศ บทความที่เสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจะเขียนได้ทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่บทความต้องมีทั้งสองภาษา และเอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษ นโยบายการจัดพิมพ์ของวารสารฯ เพื่อเป็นสื่อกลางเผยแพร่ผลงานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานและการประยุกต์ทางป่าไม้ ได้แก่ นิเวศวิทยาป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ การจัดการป่าไม้ วนวัฒนวิทยา ความสัมพันธ์เชิงระบบ และลักษณะทางสัณฐานและทางกายภาพของพืชและสัตว์ป่า วารสารฯ จัดพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) โดยมีกำหนดออกในเดือนมิถุนายน และธันวาคม

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) **บทความวิจัยหรือนิพนธ์ต้นฉบับ (research/original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง และ (2) **บทความวิชาการ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นบทความวิจัย และบทความสื่อสารอย่างสั้นจะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ผ่านการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วน ความยาวไม่เกิน 16 หน้ากระดาษ A4 (รวมรูปภาพและตาราง) โดยมีระยะห่างบรรทัดเป็นสอง (double space) และใช้หน่วยวัดในระบบเอสไอ (SI system or International Units)

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร **Angsana New** ขนาด 16
2. หัวข้อหลัก เช่น คำนำ **อุปกรณ์และวิธีการ** ฯลฯ ใช้อักษรตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า
3. หัวข้อย่อย ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย
4. ใส่หมายเลขหน้า บริเวณด้านล่าง จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่หมายเลขบรรทัดในแต่ละหน้า

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** ให้ระบุชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยไม่ต้องระบุเพศ ศ หรือ ตำแหน่ง

3. สถานที่ทำงานของผู้เขียน ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่าน (ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ) พร้อมระบุ ผู้รับผิดชอบหลัก (Corresponding author) และ E-mail address ด้วย

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (Abstract) ไม่น้อยกว่า 800 คำ พร้อมระบุคำสำคัญ (Keywords) ไม่เกิน 5 คำ ท้ายบทคัดย่อ

2. คำนำ (Introduction) อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3. อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) โดยเขียนให้กระชับและชัดเจน ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)

4. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion) ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน

5. สรุป (Conclusion)

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ

7. เอกสารอ้างอิง (References) การอ้างอิงวารสาร ให้พิมพ์ชื่อเต็มวารสาร การเรียบเรียงวารสารให้เรียบเรียงตามลำดับอักษรในภาษาไทย และตามด้วยภาษาอังกฤษ ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานเอกสารอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบท ควรตรงกันและถูกต้องตามรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง ดังตัวอย่าง

(กรณี เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยต้องแปลให้เป็นภาษาอังกฤษเพื่ออ้างอิงในบทความ)

7.1 การอ้างอิง (Citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system

7.2 การเรียงลำดับ ต้องเรียงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย

หนังสือ และตำรา

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Academic Press, New York.

วารสาร

Kongsom, C. and I. A. Munn. 2003. Optimum rotation of *Eucalyptus camaldulensis* plantations in Thailand based on financial return and risk. **Thai Journal of Forestry** 22 (1): 29-35.

Nikles, D. G. 1993. Breeding methods for production of interspecific hybrids in clonal selection and mass propagation programmes in the tropics and subtropics, pp. 218-252. In J. Davidson (ed.) **Regional Symposium on Recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest Trees for Plantation Programmes**. December 1-8, 1992. FAO/UN, Bogor.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

Nuyim, T. 2001. Potentiality of *Melaleuca cajuputi* Powell cultivation to develop for economic plantation purpose. pp. 167-175. In **Proceedings of the 7th of silvicultural seminar: Silviculture for Commercial Plantations**. 12 – 14 December 2001. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

Sillery, B. 1998. **Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side, Popular Science.** Available source: <http://www.epnet.com/hosttrial/login.htm> (Accessed: March 27, 1998)

8. ภาพ (Figure) และตาราง (Table) ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ พร้อมทั้งแนบไฟล์ต้นฉบับของภาพและตาราง ออกจากเนื้อหา

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj> ซึ่งผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้ จากนั้นส่งบทความ (manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณา ประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ MS word doc พร้อม ไฟล์ .pdf
2. ไฟล์รูปภาพ (ถ้ามี) ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น .tiff หรือ .jpeg เท่านั้น ให้ใช้ภาพที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป
3. ไฟล์แบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย (สามารถดาวน์โหลดได้ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>) และหากมีปัญหาในการใช้ระบบ กรุณาติดต่อมาที่ E-mail: dokrak.m@ku.ac.th
4. ให้ผู้เขียนแนะนำชื่อและ Email ผู้ทรงคุณวุฒิที่ผู้เขียนต้องการให้ทางวารสารพิจารณาคัดเลือกอย่างน้อย 3 ท่าน ในระบบวารสารออนไลน์ ทั้งนี้การคัดเลือกผู้ทรงฯ อาจไม่ใช่รายชื่อที่ผู้เขียนนำเสนอ

กระบวนการพิจารณาบทความ

เจ้าของบทความต้องเสนอชื่อ ที่อยู่และอีเมลล์ (E-mail address) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ จำนวน 3 ท่าน มาพร้อมกับต้นฉบับบทความ ทั้งนี้ กองบรรณาธิการอาจจะพิจารณาเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความแนะนำมาหรือไม่ก็ได้ ต้นฉบับที่ส่งมาตีพิมพ์จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาดังนี้

1. การพิจารณากลั่นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่น่าสนใจ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้น ทางหัวหน้าบรรณาธิการ (Editor in Chief) จะแต่งตั้ง รองบรรณาธิการ (Second editor) เพื่อประเมินบทความร่วมกับ ผู้ทรงคุณวุฒิ (Referee) ที่ถูกเลือกในแต่ละสาขาเพื่อ พิจารณากลั่นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วมายังระบบวารสารออนไลน์ เพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ **ยอมรับ (Accept)** หรือ **ปฏิเสธ (Reject)** บทความนั้น ๆ จะใช้เวลาในการพิจารณาทบทวนบทความประมาณ 2 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

2. บทความที่ถูกปฏิเสธ (Rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมด รวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนผ่านระบบรับส่งวารสารออนไลน์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

3. บทความที่ได้รับการยอมรับตีพิมพ์ (Accept for publication) กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์ (Draft proof) ให้ผู้เขียนตรวจสอบความถูกต้อง **ทั้งนี้ต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ พร้อมดำเนินการชำระค่าตีพิมพ์บทความจำนวน 2,500 บาท สำหรับบทความภาษาไทย และ 4,000 บาท สำหรับบทความภาษาอังกฤษ** จากนั้น ทางกองบรรณาธิการจะเผยแพร่ออนไลน์บทความก่อนฉบับตีพิมพ์ (Online in progress) ในรูปแบบภาพสี (color photos) จากนั้นจะทำการรวมบทความเพื่อตีพิมพ์เล่มวารสาร (บทความตีพิมพ์ในรูปแบบขาวดำ) และนำเล่มวารสารเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (<https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>) ซึ่งผู้เขียนหรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสาร ฯ ด้วยเหตุนี้ ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (<https://publicationethics.org/>) ทั้งในส่วนของผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องพิจารณาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ฯ

ลิขสิทธิ์ของบทความ

บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย ต้องเป็นบทความที่ไม่ลอกเลียนบทความอื่นที่ตีพิมพ์แล้ว และเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของ ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นเสียแต่จะได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบ เนื้อหาของต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย นั้น จะเป็นการรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้จะไม่รวมความผิดพลาดที่เกิดจากเทคนิคการพิมพ์



สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

การใช้เครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดินในการประมาณปริมาตรไม้สักที่เป็นสินค้าได้:

กรณีศึกษาสวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง

1

วัชรินทร์ สังข์สิงห์, ถัดดาวรรณ เจริญตระกูล, ชاکริต ณ ตะกั่วทุ่ง, จิรวัฒน์ ยิ่งดี และสิทธิชัย สงบุตร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลและรูปแบบการใช้ประโยชน์ป่าไม้ในชุมชน

รอบพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง

19

สุธีระ เหมฮัก, มัลลย์พร ตาเสน, ภาณุมาศ ลาตปาละ, คณิศร โชติวุฒาภกร และ วงศธร พุ่มพวง

อิทธิพลของการรบกวนต่อมวลชีวภาพเหนือดินป่าเต็งรัง

บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลป่าสัก-ห้วยทาก จังหวัดลำปาง

37

วงศธร พุ่มพวง, คณิศร โชติวุฒาภกร, พงศกร กุลพัฒน์ปรีชา, มัลลย์พร ตาเสน,
ภาณุมาศ ลาตปาละ, ชีรวัฒน์ ทะนันไชสง, สุจิตต์ เรืองเรือ, ธนากร สิงห์เชื้อ และ สุธีระ เหมฮัก

การประเมินสภาพความรุนแรงของพืชต่างถิ่นรุกรานในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ

พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

55

เครือฟ้า อุดคำเที่ยง, วีรพันธ์ ไชยมน, สุธีระ เหมฮัก และ ต่อลาภ คำโย

โครงสร้างป่าและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน บริเวณเขาน้ำซำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี

73

สถิตย์ ถิ่นกำแพง, ณพสร พันธุ์เนตร, ถาวร ก่อเกิด,
ฤทธิไกร สายคำมูล, ชัชภูมิ ขะธา, ชัชชัย สวัสดิ์มงคล และ วงศธร พุ่มพวง

ผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิว

จากการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันในพื้นที่จังหวัดแพร่

93

วลีรัตน์ มีชัย, ปิยพิศ ขอนแก่น, ชัยญรัตน์ เชื้อสะอาด,
กันตพงศ์ เครือมา, จิราพร ปักเขตานัง, ญาณิกา แซ่มซ้อย และ ต่อลาภ คำโย

การประเมินโครงสร้างภูมิทัศน์เพื่อติดตามความเป็นพื้นที่สีเขียว อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ

111

ปรีช กองสมบัติ, อุทัยวรรณ ผิวพรรณ, สุระ พัฒนเกียรติ, จุฑาทิพย์ ศรีสุวรรณ และ พัทธิดา กุลสุวรรณ

ลักษณะสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าธรรมชาติภายหลังจากการถูกบุกรุกแผ้วถางป่า

ในพื้นที่สถานีวิจัยและฝักรักษาพันธุ์สัตว์น้ำเขื่อนลำนางรอง จังหวัดนครราชสีมา

135

วสันต์ จันทร์แดง, สถิตย์ ถิ่นกำแพง, นรินทร์ จำวงษ์, เกษณา วงศ์พรหม, ละอองดาว เถาว์พิมาย,
วรารณ ลำไย, นรเศรษฐ์ เขียวศรี, นพพร จันเกิด, สันติพงษ์ ตู๊กลาง, ชีระ รักเจริญกิจ และ สาทิส ดิลกสัมพันธ์