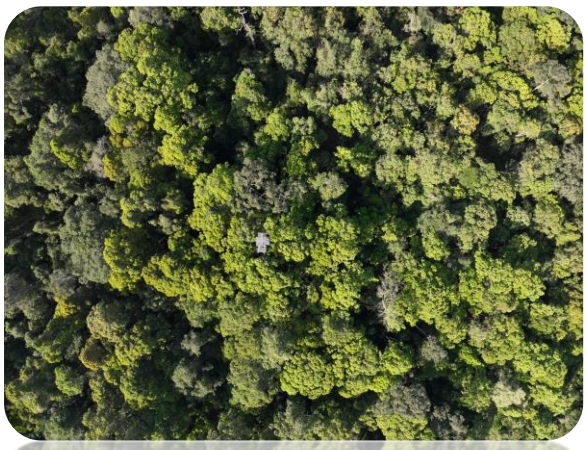
วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

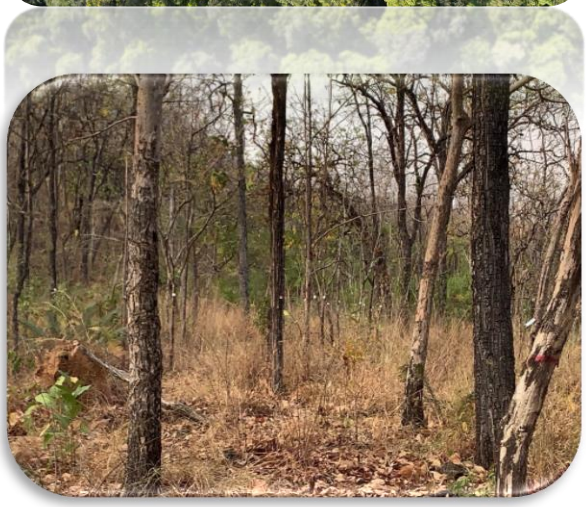
Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2: กรกฎาคม – ธันวาคม 2567

Volume 8 Number 2: July – December 2024

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





ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

เจ้าของ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ. ดร.ดอกรัก มารอด — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

รศ. ดร.อุทิศ กุฎอินทร์ — สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์
รศ. ดร.ประทีป ด้วงแค — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.นันทชัย พงษ์พัฒนานุรักษ์ — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร.สราวุธ สังข์แก้ว — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร.แหลมไทย อาษานอก — มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
ดร.ณรงค์ คูณขุนทด — กรมป่าไม้
รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ — มหาวิทยาลัยมหิดล
ศ. ดร.สุนทร คำยอง — มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ. ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง — มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ — มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ทรงธรรม สุขสว่าง — กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช
ผศ. ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน — มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.วรดลต์ แจ่มจำรูญ — กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ผู้จัดการ

นางสาวนัทธมน โพธิยะราช

ผู้ช่วยผู้จัดการ

นางสาวอารีรัตน์ ญาณวุฒิ

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ : 0 2579 0176
E-mail: dokrak.m@ku.ac.th หรือ ffornmp@ku.ac.th
Homepage: https://www.tferj.tfern.com

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ความหลากชนิดของพรรณไม้และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้น ในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก **405**

เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ วรรณิศา อุปนันไชย ลิปิการ์ สีห์ตระกูล และกฤษณา เฮงสิ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี **419**

กิตติกร สิงตะนะ เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด กฤษดา พงษ์การัณยภาส มณฑล นอแสงศรี และแหลมไทย อาษานอก

ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดของรังนกกาบบัว (*Mycteria leucocephala*) ในสวนสัตว์เปิดเขาเขียว ภาคตะวันออกของประเทศไทย **437**

นคร สลางสิงห์ วุฒิ ทักษิณธรรม และประทีป ด้วงแค

การตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ **451**

วราลี ศรีเกื้อ มณฑล นอแสงศรี กฤษดา พงษ์การัณยภาส นรินธร จำวงษ์ ปัทมา แสดงวิศิษฎ์ภิรมย์ กันตพงศ์ เครือมา และแหลมไทย อาษานอก

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนของป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อนุรักษ์ของ สวนป่าสัก องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ **467**

เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด กมลพร ปานง่อม มณฑล นอแสงศรี กันตพงศ์ เครือมา ศิริรัตน์ สมประโคน วราลี ศรีเกื้อ นรินธร จำวงษ์ ปัทมา แสดงวิศิษฎ์ภิรมย์ และแหลมไทย อาษานอก

การเติบโตและสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้นป่าดิบเขาระดับต่ำบางชนิด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย **487**

ศรีนวล ตุ่นใจ สราวุธ สังข์แก้ว และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากมูลค่านิเวศบริการในสวนสาธารณะที่ออกแบบแบบบูรณาการ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย: อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **503**

อารีรัตน์ ญาณวุฒิ นิสา เหล็กสูงเนิน จงรัก วัชรินทร์รัตน์ พันธนา ตอเงิน ศุภลักษร์ ศิริยุวดี พลพิทักษ์ สุธีระ เหิมฮึก วุฒิพงษ์ ฉั่วตระกูล ปณิดา กาจีนะ และสุวพร ผาสุก

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 405-418 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความหลากชนิดของพรรณไม้และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้น ในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่[1*] วรรณิศา อุปนันไชย[1] ลิปิการ์ สีห์ตระกูล[1] และ กฤษณา เฮงสี[1]

รับต้นฉบับ: 19 มิถุนายน 2567 ฉบับแก้ไข: 7 สิงหาคม 2567 รับลงพิมพ์: 14 สิงหาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: บทบาทของป่าชุมชุมในปัจจุบัน นอกจากเพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนแล้ว การประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ ทำให้ทราบว่าพื้นที่ป่าชุมชน มีศักยภาพมากน้อยเพียงใด อาจเป็นประโยชน์ต่อการนำนโยบายการลดการปล่อยมลพิษจากการตัดไม้ทำลายป่า สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของกรอบงานเรดด์พลัส ที่สนับสนุนการลดการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม เพิ่มการอนุรักษ์และการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และเชื่อมโยงกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อทราบปริมาณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก

วิธีการ: วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่ม ขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ชนิดป่าละ 20 แปลง รวม 40 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลไม้ต้น วิเคราะห์ดัชนีความหลากชนิด ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินของไม้ต้นแต่ละชนิด ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน

ผลการศึกษา: พบพรรณไม้ต้นจำนวน 63 ชนิด 54 สกุล 26 วงศ์ ทั้งสองสังคมพืช มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H') ในระดับสูง เท่ากับ 3.17 พืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) พบมากที่สุด 15 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์เข็ม (Rubiaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) และวงศ์แคหางค่าง (Bignoniaceae) มีจำนวน 7, 5 และ 4 ชนิด ตามลำดับ โดยเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เป็นชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (IVI) สูงสุด เท่ากับร้อยละ 47.68 ปริมาณมวลชีวภาพรวมของไม้ต้นทั้งหมด เท่ากับ 566.63 ตันต่อเฮกแตร์ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 266.32 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 976.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,603.98 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์

สรุป: ไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก สามารถช่วยกักเก็บคาร์บอนรวมถึงดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ค่อนข้างสูง ดังนั้นการวางแผนจัดการป่าไม้ให้คงความอุดมสมบูรณ์และช่วยเพิ่มพื้นที่ป่า นับเป็นการแก้ปัญหาที่อาศัยธรรมชาติเป็นพื้นฐาน ซึ่งจะช่วยเพิ่มพื้นที่กักเก็บคาร์บอนและช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกได้

คำสำคัญ: ความหลากหลายของพืช, การดูดซับคาร์บอน, เรดด์พลัส, ป่าชุมชน

[1] คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*** ผู้รับผิดชอบบทความ**: E-mail: chirdsakt@nu.ac.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.01

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 405-418 (2567)

ORIGINAL ARTICLE

Tree Species Diversity and Carbon Stock Based on Tree Biomass in Ban Wang Kabak Community Forest, Wang Thong District, Phitsanulok Province

Chirdsak Thapyai[1*] Wannisa Uppananchai[1] Lipika Seetrakun[1] and Krisana Haengsi[1]

Received: 19 June 2024 Revised: 7 August 2024 Accepted: 14 August 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: At present, the roles of community forest not only for conservation and sustainable utilization but the carbon storage sequestration of trees can also use for evaluate the potential of the forest. This information will be beneficial policy to reduce the emission from deforestation which related to the $REDD^+$ framework that supports reducing deforestation and forest degradation. The task for increasing conservation and sustainable management will be response to the United Nations Convention on Climate Change (UNFCCC). The objectives of this study were to know amount of biomass, carbon sequestration, the absorption of carbon dioxide and the releasing of oxygen gas by trees in the Ban Wang Kabak community forest.

Methodology: Tree data were collected by 40 randomized plot sampling of 10 m x 10 m in dry dipterocarp forest, DDF, (20 plots) and mixed deciduous forest, MDF, (20 plots). The species diversity index, the aboveground and underground tree biomass, carbon sequestration, carbon dioxide absorption and oxygen gas release were analyzed.

Main Results: Tree species diversity included 63 tree species, 54 genera and 26 families were found both in DDF and MDF. The species diversity index (H') was high level as 3.17. The Fabaceae was the most diverse family that consisted of 15 species, following with Rubiaceae, Anacardiaceae and Bignoniaceae that comprised of 7, 5 and 4 species, respectively. Species of *Dipterocarpus obtusifolius* was the most abundance which had highest IVI value (47.68 %.). The total tree biomass, carbon sequestration stocks, carbon dioxide absorption and oxygen gas releasing of these forests were 566.63 ton/hectare, 266.63 ton carbon/hectare, 976.49 ton CO_2 /hectare and 2,603.98 ton O_2/hectare, respectively.

Conclusion: Tree species in Ban Wang Kabak Community Forest has good supported for carbon storage and carbon dioxide absorption. Thus, the forest management both maintain and forest restoration is one of the nature-based solution for increasing carbon storage areas and mitigating the effect of global climate change.

Keywords: Plant diversity, carbon absorption, $REDD^+$, Community Forest

[1] Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* **Corresponding author**: Email: chirdsakt@nu.ac.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.01

คำนำ

การส่งเสริมบทบาทของป่าไม้ ให้มีส่วนช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก เป็นแนวทางสำคัญในปัจจุบันที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กักเก็บไว้เป็นสารประกอบคาร์บอนในมวลชีวภาพได้เป็นปริมาณมาก ดังนั้นหากมีป่าไม้ที่สมบูรณ์ ย่อมจะช่วยส่งเสริมให้การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ไปกักเก็บในมวลชีวภาพสูงขึ้นตามไปด้วย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2022) สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของกรอบงานเรดด์พลัส (**R**educing **E**missions from **D**eforestation and Forest **D**egradation :REDD+) ซึ่งเป็นกรอบงานสนับสนุนการลดการทำลายป่า เพิ่มการอนุรักษ์และการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน รวมทั้งเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ให้มากขึ้น (Sector of Climate Change in The Forestry, 2023) นอกจากป่าไม้ในพื้นที่อนุรักษ์ที่สมบูรณ์แล้ว ป่าชุมชนที่มีการบริหารจัดการโดยชุมชน นับได้ว่าเป็นพื้นที่ป่าอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนให้เข้ามามีบทบาทในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน รวมทั้งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนภาคป่าไม้ให้มากขึ้น โดยชุมชนเป็นกลไกสำคัญในการจัดการป่าชุมชน เพื่อนำไปสู่การดำเนินงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ (Community Forest Management Office, 2023)

ดังนั้นบทบาทของป่าชุมชุมในปัจจุบันนอกจากเพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนแล้ว การประเมินค่าการกักเก็บของคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ ยังช่วยทำให้ทราบว่าพื้นที่ป่าชุมชนแห่งนี้ว่ามีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำนโยบายการลดการปล่อยมลพิษจากการตัดไม้ทำลายป่า หรือ เรดพลัส มาใช้ เพื่อให้สอดคล้องกับพิธีสารเกียวโต และเชื่อมโยงกับอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2022) ด้วยเหตุนี้ทางคณะวิจัย จึงได้ทำการศึกษาวิจัยปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้น ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านวังกะบาก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นป่าชุมชนได้รับคัดเลือกเป็นตัวแทนป่าชุมชนระดับจังหวัดในโครงการ “**คนรักษ์ป่า ป่ารักษ์ชุมชน**” ประจำปี 2562 ของกรมป่าไม้ เนื่องจากประสบความสำเร็จในการปลูกป่าฟื้นฟู เพื่อทดแทนขึ้นในพื้นที่เสื่อมโทรม ส่งผลให้ป่าชุมชนแห่งนี้กลับมามีความอุดมสมบูรณ์ (Community Forest Management Office, 2023) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลดล่อยก๊าซออกซิเจน อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการส่งเสริมและจัดการป่าชุมชนที่มีคาร์บอนต่ำ ให้สอดคล้องและสนับสนุนกิจกรรมภาคป่าไม้ของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชุมชนบ้านวังกะบาก ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีสังคมพืช

โดยทั่วไปเป็นกลุ่มป่าผลัดใบ คือ ชนิดป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ อยู่ในเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติลุ่มน้ำ วังทองฝั่งขวา มีพื้นที่ 1,774 ไร่ หรือ 238.84 เฮกแตร์ (Figure 1) จัดตั้งเป็นป่าชุมชนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 (Information and Communication Technology Center, 2021) ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาวางตัว ในแนวตะวันออก-ตะวันตก ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลระหว่าง 220 – 270 เมตร มีความลาดชันระหว่าง 20 – 60 องศา เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นทรายปนร่วน (loamy sand) ชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรัง คือ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) รัง (*Shorea siamensis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) ส่วนไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบ ได้แก่ ประดู่ป่า ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens*) สาธร (*Millettia leucantha*) และแคหัวหมู (*Markhamia stipulata*) (Haengsi *et al*., 2022)

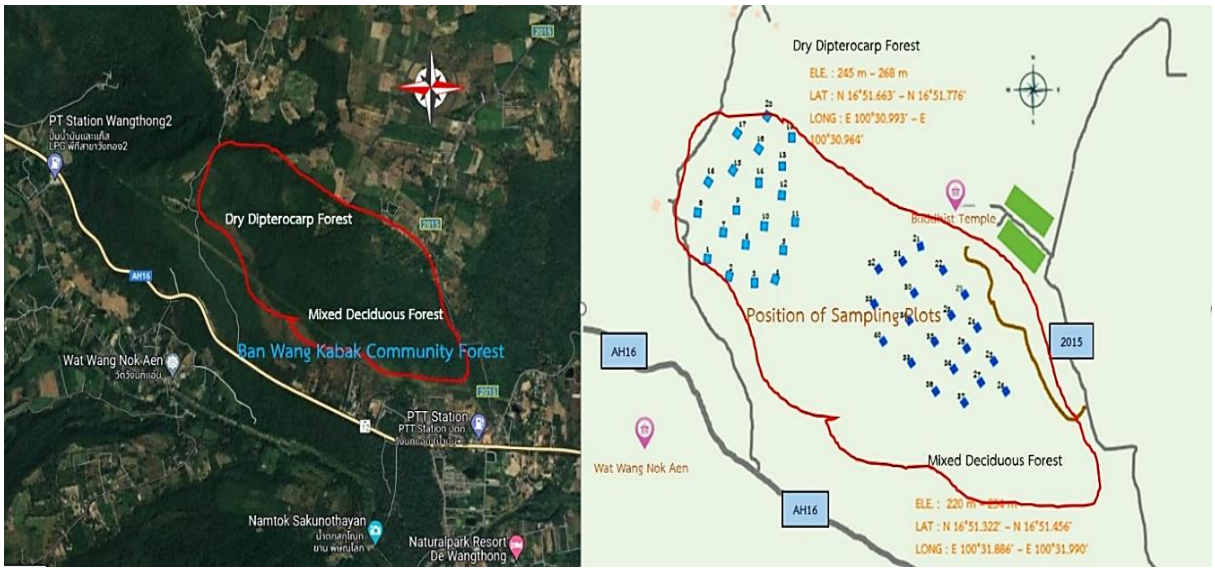


Figure 1 Map of Ban Wang Kabak Community Forest and sampling plot positions in the forest area.

การเก็บข้อมูลชนิดไม้

1. วางแปลงตัวอย่างชั่วคราว ขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ในพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ชนิดป่าละ 20 แปลง รวม 40 แปลง (Figure 1) โดยมีระยะห่างของแต่ละแปลง 50 เมตร (หากมีอุปสรรค เช่น กอไผ่ หรือหินโผล่ขนาดใหญ่ อาจมีการปรับระยะทางตามความเหมาะสม) ระบุชนิดไม้ต้น และวัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดิน ของไม้ต้นที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า 15.0 เซนติเมตร ขึ้นไป วัดความสูงของต้นไม้ด้วยเครื่องมือวัดความสูง (Haga altimeter) จากนั้นนำข้อมูลชนิดไม้ ไปวิเคราะห์หาความสำคัญทางนิเวศวิทยาของชนิดไม้ตามวิธีการของ Kuintara (1999)

2. คำนวณค่าดัชนีความหลากชนิด โดยใช้สมการของ Shannon-Wiener Index (H') ดังนี้ (Maguran, 1988)

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi \ln (Pi)$$

เมื่อ s คือ จำนวนชนิดพันธุ์ทั้งหมดในสังคม

$$Pi = \frac{\text{จำนวนต้นในชนิดพันธุ์ } i}{\text{จำนวนต้นทั้งหมดในสังคม}}$$

การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพ

1. มวลชีวภาพเหนือดิน นำข้อมูลขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน มาคำนวณเปลี่ยนเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) นำความสูงของต้นไม้ที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน โดยใช้สมการ allometry ของ Ogawa *et al.* (1965) ดังนี้

$$W_S = 0.0396(D^2 H)^{0.9326}$$

$$W_B = 0.00349(D^2H)^{1.0270}$$

$$W_L = [28.0/(W_S + W_B + 0.025)]^{-1}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

W_B คือ มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L คือ มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

W_T คือ มวลชีวภาพส่วนลำต้น กิ่ง และใบ (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

2. มวลชีวภาพใต้ดิน ใช้อัตราส่วนของมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพเหนือดิน โดยใช้ค่ากลาง (Default value) ซึ่งกำหนดโดย Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC (2006) ให้มีสัดส่วน เท่ากับ 0.27 ดังนี้

มวลชีวภาพใต้ดิน (ตัน) = มวลชีวภาพเหนือดิน (ตัน) × 0.27

3. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพคำนวณโดยใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนตามค่ากลางของ IPCC (2006) มีค่าเท่ากับ 0.47 ของน้ำหนักแห้ง มีหน่วยเป็น ตันคาร์บอน/เฮกแตร์ ดังนี้

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (ตัน) = ปริมาณมวลชีวภาพ (ตัน) x 0.47

4. การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ค่าคงที่ (Factor of conversion) เท่ากับ $\frac{44}{12}$ ซึ่งเป็นค่าคงที่คิดจากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คูณกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ดังนี้

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน $\times \frac{44}{12}$ (ตัน CO_2 /เฮกแตร์)

5) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน ใช้ค่าคงที่เท่ากับ $\frac{32}{12}$ ซึ่งเป็นค่าคงที่จากน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซออกซิเจน (O_2) คูณกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ดังนี้

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน $\times \frac{32}{12}$ (ตัน O_2 /เฮกแตร์)

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้างป่าชุมชนบ้านวังกะบาก

ผลการศึกษา ระบุชนิดไม้ต้นทั้งหมดได้ 63 ชนิด 54 สกุล 26 วงศ์ โดยไม้ต้นวงศ์ถั่ว (Fabaceae) พบมากที่สุด จำนวน 15 ชนิด รองลงมาได้แก่ วงศ์เข็ม (Rubiaceae) 7 ชนิด วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) 5 ชนิด วงศ์แคหางค่าง (Bignoniaceae) และวงศ์งิ้วป่า (Malvaceae) วงศ์ละ 4 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H') เท่ากับ 3.17 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายอยู่ใน

ระดับค่อนข้างสูง ส่วนชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาสูงสุด ได้แก่ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เนื่องจากมีจำนวนต้นที่พบในแปลงตัวอย่างมาก จำนวน 125 ต้น คิดเป็นค่าความหนาแน่น 312.50 ต้นต่อเฮกแตร์ อีกทั้งยังมีพื้นที่หน้าตัดรวมของลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 2.85 ตารางเมตร คิดเป็นค่าความเด่นเท่ากับ 7.13 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ส่งผลให้เหียงมีดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 47.68 (Table 1) สำหรับชนิดไม้ที่อยู่ในอันดับรองลงไป ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) รัง (*Shorea siamensis*) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens*) และสาธร (*Millettia leucantha*) โดยมีความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของ ลำต้น และค่าความถี่ในระดับใกล้เคียงลดหลั่นกันลงไป (Table 1)

Table 1 Characteristics of tree community (only top ten species in terms of IVI orders are shown) at Ban Wang Kabak Community Forest, Wang Thong District, Phitsanulok Province.

No.	Species	BA ($m^2.ha^{-1}$)	D ($no.ha^{-1}$)	F	Do ($m^2.ha^{-1}$)	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI (%)
1	*Dipterocarpus obtusifolius*	2.85	312.50	0.45	7.13	19.84	6.69	21.15	47.68
2	*Pterocarpus macrocarpus*	2.49	175.00	0.60	6.23	11.11	8.92	18.48	38.51
3	*Shorea siamensis*	0.68	135.00	0.45	1.70	8.57	6.69	5.04	20.31
4	*Vitex canescens*	0.71	85.00	0.33	1.77	5.40	4.83	5.25	15.48
5	*Millettia leucantha*	0.54	87.50	0.38	1.36	5.56	5.58	4.03	15.16
6	*Chukrasia tabularis*	0.74	45.00	0.30	1.86	2.86	4.46	5.52	12.84
7	*Mitragyna rotundifolia*	0.42	65.00	0.33	1.06	4.13	4.83	3.14	12.10
8	*Xylia xylocarpa*	0.36	62.50	0.28	0.91	3.97	4.09	2.70	10.76
9	*Markhamia stipulata*	0.29	70.00	0.28	0.72	4.44	4.09	2.12	10.66
10	*Lannea coromandelica*	0.63	35.00	0.25	1.57	2.22	3.72	4.66	10.60
	Other species	3.76	502.50	3.10	9.41	31.90	46.10	27.90	105.90
	Total	**13.49**	**1,575**	**6.73**	**33.73**	**100**	**100**	**100**	**300**

Remark; BA = basal area, D = density, F = frequency, Do = dominance, RD = relative density, RF = relative frequency, RDo = relative dominance, IVI = importance value index

เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของป่าไม้ พบว่ามีความหลากชนิดของไม้ต้นในป่าเต็งรัง จำนวน 26 ชนิด 24 สกุล 17 วงศ์ มีค่าดัชนี (H') เท่ากับ 2.10 หมายถึงมีความหลากชนิดอยู่ในระดับต่ำ สอดคล้องกับข้อมูลการสำรวจที่พบชนิดไม้เด่นในสังคมเป็นชนิดเดิมซ้ำๆ ในแปลงตัวอย่าง โดยเหียงเป็นชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (IVI) สูงสุด เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงถึง 723.52 ต้นต่อเฮกแตร์ และมีการกระจายพันธุ์อยู่ในทุก ๆ แปลงสำรวจ ส่วนชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญในอันดับรองลงไป ได้แก่ รัง ประดู่ป่า แดง (*Xylia xylocarpa*) และรักใหญ่ (*Gluta usitata*) ส่วนความหลากชนิดของไม้ต้นในป่าผสมผลัดใบ มีจำนวน 40 ชนิด

36 สกุล 19 วงศ์ มีค่าดัชนี (H') เท่ากับ 2.96 ซึ่งถือว่ามีความหลากชนิดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีประดู่ป่าเป็นชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาสูงสุด เนื่องจากมีจำนวนต้นมากและมีลำต้นขนาดใหญ่ ส่งผลให้มีความเด่นทางพื้นที่หน้าตัดสูงกว่าชนิดไม้อื่นๆ ส่วนชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญในอันดับรองลงไป ได้แก่ ผ่าเสี้ยน สาธร (*Millettia leucantha*) แคหัวหมู (*Markhamia stipulata*) และกุ๊ก (*Lannea coromandelica*) ตามลำดับ

2. ปริมาณมวลชีวภาพ

ปริมาณมวลชีวภาพรวมของไม้ต้นภายในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก มีค่าเท่ากับ 566.63 ตันต่อเฮกแตร์ โดยชนิดไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เหียง ประดู่ป่า ยมหิน (*Chukrasia tabularis*) ผ่าเสี้ยน และกางขี้มอด (*Albizia odoratissima*) มีค่าเท่ากับ 132.38, 112.83, 37.00, 32.84 และ 28.87 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Tree biomass (only top ten species in terms of total biomass orders are shown) at Ban Wang Kabak Community Forest, Wang Thong District, Phitsanulok Province.

No.	Species	Biomass (ton/ha)				
		Stems	Branches	Leaves	Roots	Total
1	*Dipterocarpus obtusifolius*	84.31	16.41	3.52	28.14	132.38
2	*Pterocarpus macrocarpus*	70.68	15.14	3.02	23.99	112.83
3	*Chukrasia tabularis*	22.82	5.31	1.00	7.87	37.00
4	*Vitex canescens*	20.46	4.51	0.89	6.98	32.84
5	*Albizia odoratissima*	17.96	3.99	0.78	6.14	28.87
6	*Shorea siamensis*	16.84	2.69	0.60	5.44	25.57
7	*Lannea coromandelica*	14.65	3.34	0.64	5.03	23.66
8	*Mitragyna rotundifolia*	10.28	2.08	0.44	3.46	16.26
9	*Millettia leucantha*	9.64	1.91	0.41	3.23	15.19
10	*Gluta usitata*	9.19	2.00	0.40	3.13	14.72
	Other species	81.56	15.41	3.29	27.05	127.31
	Total	**358.39**	**72.79**	**14.99**	**120.46**	**566.63**

โดยมวลชีวภาพของไม้ต้นแต่ละชนิดอยู่ในลำต้นมากที่สุด คิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ 63.06 รองลงไปคือ มวลชีวภาพในราก กิ่ง และใบ มีค่าเท่ากับร้อยละ 21.26, 13.02 และ 2.65 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณายมหิน ที่มีค่าดัชนีความสำคัญน้อยกว่ารังและผ่าเสี้ยน (Table 1) แต่กลับมีปริมาณมวลชีวภาพสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากยมหินมีขนาดของลำต้นใหญ่ จึงมีค่าพื้นที่หน้าตัด (BA) มากกว่า ส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพที่คิดจากขนาดความโตสูงกว่ารังและผ่าเสี้ยน ที่มีค่าของพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่า

เมื่อพิจารณาเฉพาะมวลชีวภาพเหนือดิน พบว่ามีค่าเท่ากับ 446.17 ตันต่อเฮกแตร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในป่าผลัดใบ บริเวณศูนย์ปฏิบัติการรังวัดที่ดินและวิศวกรรมป่าไม้ที่ 3 พิษณุโลก ที่มีค่าเท่ากับ 110.77 ตันต่อเฮกแตร์ (Thongsri *et al*., 2021) เช่นเดียวกันกับปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นในป่าเต็งรังผสมสน สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน 150.72 ตันต่อเฮกแตร์ (Maknoi & Khambai, 2015) ทั้งนี้เนื่องจากไม้ต้นที่พบในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก มีขนาดของลำต้นที่มีเส้นรอบวงมากกว่า 100 เซนติเมตรขึ้นไป ได้แก่ เหียง และประดู่ป่า จำนวนมากถึง 25 ต้น หรือคิดเป็นร้อยละ 2.89 ของไม้ต้นที่พบทั้งหมด ต่างจากบริเวณศูนย์ปฏิบัติการรังวัดที่ดินและวิศวกรรมป่าไม้ที่ 3 พิษณุโลก ที่พบไม้ขนาดใหญ่ ได้แก่ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) แค่เพียง 4 ต้น หรือคิดเป็นเพียงร้อยละ 0.66 ของไม้ต้นที่พบเท่านั้น เนื่องจากในอดีตมีการลักลอบตัดไม้ขนาดใหญ่ออกไปเป็นจำนวนมาก จนสภาพป่าในปัจจุบันจึงกลายเป็นป่าที่กำลังฟื้นฟูมีไม้ต้นที่มีขนาดเล็กเพิ่งพ้นระยะไม้รุ่นเจริญขึ้นมาเป็นส่วนใหญ่

สอดคล้องกับการศึกษาบริเวณป่าเต็งรังผสมสน ในสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ที่แม้ว่าจะมีจำนวนไม้ต้นขนาดใหญ่ถึงร้อยละ 23.37 ของไม้ต้นที่พบทั้งหมด แต่ก็ยังมีปริมาณมวลชีวภาพรวมต่ำกว่าป่าชุมชนบ้านวังกะบาก เนื่องจากมีจำนวนต้นและความหนาแน่นรวมของต้นไม้ต่ำกว่ามาก จากความเสื่อมโทรมของป่าและอยู่ในขั้นตอนการฟื้นฟู จึงทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพรวมต่ำกว่าไปด้วย มากไปกว่านี้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นในป่าเต็งรัง บริเวณป่าชุมชนบ้านท่าสะแล อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ตามรายงานของ Duangthip *et al*., (2020) ที่มีค่าต่ำมากเพียง 71.21 ตันต่อเฮกแตร์ เนื่องจากป่าชุมชนบ้านท่าสะแล เกิดความเสื่อมโทรมจากการลักลอบตัดไม้และบุกรุกป่านับตั้งแต่อดีตมาเป็นเวลานาน จนกระทั่งได้มีการจัดตั้งป่าชุมชนและจัดการป่าไม้มาได้ระยะเวลาหนึ่ง จึงยังคงเป็นป่าที่อยู่ในภาวะกำลังฟื้นฟู ส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นที่พบน้อยกว่าพื้นที่ศึกษาครั้งนี้

3. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านวังกะบากมีค่าเท่ากับ 266.32 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ โดยเหียงเป็นชนิดไม้ต้นที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด ทั้งในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และราก เนื่องจากมีจำนวนต้นมาก และมีขนาดลำต้นใหญ่ ส่วนชนิดไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในอันดับรองลงไป ได้แก่ ประดู่ป่า ยมหิน ผ่าเสี้ยน และกางขี้มอด มีค่าเท่ากับ 53.03, 17.39, 15.44 และ 13.57 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 3)

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นทั้งหมด พบว่ามีค่าสูงกว่าป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง บริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำสะแตง จังหวัดน่าน มีค่า 172.84 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (Kawinpolasa, 2023) เนื่องจากป่าไม้บริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง เป็นป่าที่กำลังฟื้นตัว มีสภาพเป็นป่ารุ่นสอง ที่มีปริมาณไม้รุ่นเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาใน

ป่าชุมชนบ้านหนองเม็ก อำเภอโคกสูง จังหวัดสระแก้ว (Kanhom *et al*., 2019) ที่เป็นสังคมพืชป่าเต็งรังเช่นเดียวกัน ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเพียง 25.64 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ เนื่องจากสภาพป่าชุมชนบ้านหนองเม็ก ถูกรบกวนและใช้ประโยชน์จนป่ามีสภาพเสื่อมโทรม อีกทั้งยังขาดมาตรการป้องกันดูแล และการจัดการที่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีความหลากชนิดของพันธุ์ไม้ต่ำ จึงส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมีค่าน้อยตามไปด้วย

Table 3 Tree carbon stocks (only top ten species in terms of total carbon stock orders are shown) at Ban Wang Kabak Community Forestry, Wang Thong District, Phitsanulok Province.

No.	Species	Carbon Stocks in different parts of tree (ton C/ha)				
		Stems	Branches	Leaves	Roots	Total
1	*Dipterocarpus obtusifolius*	39.63	7.71	1.65	13.23	62.22
2	*Pterocarpus macrocarpus*	33.25	7.12	1.42	11.29	53.03
3	*Chukrasia tabularis*	10.99	2.53	0.48	3.80	17.39
4	*Vitex canescens*	9.80	2.14	0.43	3.31	15.44
5	*Albizia odoratissima*	8.47	1.88	0.37	2.88	13.57
6	*Shorea siamensis*	7.92	1.27	0.28	2.56	12.02
7	*Lannea coromandelica*	6.89	1.57	0.30	2.37	11.12
8	*Mitragyna rotundifolia*	4.90	0.99	0.21	1.68	7.65
9	*Millettia leucantha*	4.86	0.94	0.21	1.55	7.14
10	*Gluta usitata*	4.32	0.94	0.19	1.47	6.92
	Other species	38.33	7.24	1.53	12.72	59.82
	Total	**169.44**	**34.21**	**7.04**	**56.62**	**266.32**

4. ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ชนิดไม้ที่มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เหียง ประดู่ป่า ยมหิน ผ่าเสี้ยน และกางขี้มอด มีค่าเท่ากับ 228.13, 194.44, 63.76, 56.60 และ 49.76 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 4) เนื่องจากเหียงมีปริมาณมวลชีวภาพสูงสุดทั้งในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และราก อีกทั้งยังมีจำนวนต้นมาก และมีขนาดของลำต้นค่อนข้างใหญ่ จึงส่งผลให้มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าชนิดไม้อื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tokeeree *et al*. (2020) บริเวณป่าเต็งรังในป่าชุมชนบ้านแสงตะวัน จังหวัดสุรินทร์ ที่พบว่าเหียงเป็นชนิดไม้ที่ค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดเช่นกัน จึงทำให้มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงสุดตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ต้นทั้งหมด ที่มีค่าเท่ากับ 976.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ บริเวณสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ที่มีค่าเท่ากับ 623.76 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ (Chandaeng *et al*, 2020) แต่มีค่ามากกว่าปริมาณการดูดซับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านแสงตะวัน จังหวัดสุรินทร์ ที่มีค่าเพียง 281.44 ตันคาร์บอนไดออกซไซด์ต่อเฮกแตร์ เนื่องจากเป็นป่าเต็งรังที่มีสภาพเสื่อมโทรมและมีขนาดพื้นที่เพียง 20 ไร่เท่านั้น (Tokeeree *et al*., 2020) เช่นเดียวกับผลการศึกษาในป่าชุมชนหนองลูกนก จังหวัดนครราชสีมา ที่มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 70.22 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ (Klankhunthod *et al*., 2023) เนื่องจากต้นไม้ภายในป่าชุมชนหนองลูกนก มีขนาดค่อนข้างเล็ก จึงมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า

Table 4 Tree CO_2 absorption equivalent (only top ten species in terms of total CO_2 absorption orders are shown) at Ban Wang Kabak Community Forestry, Wang Thong District, Phitsanulok Province.

No.	Species	CO_2 absorption capacity in different part of tree (ton CO_2/ha)				
		Stems	**Branches**	**Leaves**	**Roots**	**Total**
1	*Dipterocarpus obtusifolius*	145.29	28.27	6.06	48.50	**228.13**
2	*Pterocarpus macrocarpus*	121.80	26.09	5.21	41.34	**194.44**
3	*Chukrasia tabularis*	39.32	9.16	1.73	13.56	**63.76**
4	*Vitex canescens*	35.25	7.78	1.54	12.03	**56.60**
5	*Albizia odoratissima*	30.95	6.88	1.35	10.58	**49.76**
6	*Shorea siamensis*	29.02	4.64	1.04	9.37	**44.08**
7	*Lannea coromandelica*	25.25	5.76	1.11	8.67	**40.79**
8	*Mitragyna rotundifolia*	17.72	3.59	0.76	5.96	**28.03**
9	*Millettia leucantha*	16.61	3.30	0.71	5.57	**26.19**
10	*Gluta usitata*	15.84	3.44	0.69	5.39	**25.36**
	Other species	140.56	26.53	5.63	46.63	**219.36**
	Total	**617.62**	**125.44**	**25.83**	**207.60**	**976.49**

5. ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนรวมของไม้ต้น มีค่าเท่ากับ 2,603.98 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์ โดยชนิดไม้ต้นที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ เหียง ประดู่ป่า ยมหิน ผ่าเสี้ยน และกางขี้มอด เท่ากับ 608.39, 519.08, 173.97, 153.32 และ 132.99 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 5) โดยเหียงเป็นชนิดไม้ที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนมากกว่าชนิดพันธุ์อื่นๆ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนทั้งหมด พบว่ามีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ บริเวณสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ที่มีค่าเท่ากับ 489.09 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์ (Chandaeng *et al*., 2020) ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นและขนาดของไม้ต้นในป่าชุมชนบ้านวังกะบากมีค่าสูงกว่า เช่นเดียวกับการปลดปล่อย

ก๊าซออกซิเจนในป่าชุมชนหนองลูกนก จังหวัดนครราชสีมา ที่มีค่าค่อนข้างต่ำ (51.02 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์) เนื่องจากเป็นป่าชุมชนที่มีไม้ต้นขนาดเล็ก และมีพื้นที่ป่าชุมชนเพียง 84 ไร่ สอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่บริเวณกำแพงเมืองเก่า จังหวัดแพร่ ที่มีค่าเท่ากับ 25.54 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์ (Phongkaranyaphas *et al*., 2021) เนื่องจากพื้นที่ป่าบริเวณกำแพงเมืองเก่า จังหวัดแพร่ มีค่าปริมาณมวลชีวภาพน้อยกว่าในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก โดยมีค่าเพียง 20.38 ตันต่อเฮกแตร์ จึงส่งผลให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าตามไปด้วย

Table 5 Tree emission of O_2 (only top ten species in terms of total O_2 emission orders are shown) at Ban Wang Kabak Community Forestry, Wang Thong District, Phitsanulok Province.

No.	Species	O_2 emission in different parts of tree (ton O_2/ha)				
		Stems	**Branches**	**Leaves**	**Roots**	**Total**
1	*Dipterocarpus obtusifolius*	387.44	75.39	16.17	129.33	608.34
2	*Pterocarpus macrocarpus*	324.81	69.57	13.90	110.24	518.52
3	*Chukrasia tabularis*	104.85	24.42	4.62	36.15	170.03
4	*Vitex canescens*	94.01	20.74	4.10	32.09	150.94
5	*Albizia odoratissima*	82.52	18.35	3.60	28.21	132.68
6	*Shorea siamensis*	77.39	12.38	2.78	24.99	117.54
7	*Lannea coromandelica*	67.34	15.35	2.95	23.12	108.77
8	*Mitragyna rotundifolia*	47.25	9.58	2.03	15.89	74.76
9	*Millettia leucantha*	44.30	8.79	1.90	14.85	69.83
10	*Gluta usitata*	42.24	9.18	1.84	14.38	67.63
	Other species	374.84	70.76	14.99	124.36	**584.94**
	Total	**1,646.99**	**334.51**	**68.88**	**553.60**	**2,603.98**

1

สรุป

ความหลากชนิดและองค์ประกอบของพรรณไม้ในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก สามารถแบ่งสังคมพืชเป็นป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ มีไม้ต้น จำนวน 63 ชนิด 54 สกุล 26 วงศ์ โดยเหียง ประดู่ป่า รัง ผ่าเสี้ยน และสาธร เป็นชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรกตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H') อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 3.17 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้น มีค่าเท่ากับ 566.63 ตันต่อเฮกแตร์ คำนวณเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 266.32 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 976.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกแตร์ และปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน เท่ากับ 2,603.98 ตันออกซิเจนต่อเฮกแตร์ แสดงให้เห็นว่าไม้ต้นในป่าชุมชนมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งมวลชีวภาพสะสมและกักเก็บคาร์บอน ที่สามารถดูดซับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ และปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนออกสู่บรรยากาศได้เป็นปริมาณมาก ดังนั้นผู้เกี่ยวข้องและชุมชน จึงควรมีการวางแผนเพื่อจัดการป่าไม้ให้คงความอุดมสมบูรณ์ ด้วยการอนุรักษ์ดูแลรักษาป่าไม้ ลดการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม เพื่อให้พื้นที่ป่าไม้มีบทบาทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญ และช่วยบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นางเปรมฤดี วงศ์พานิช ผู้ใหญ่บ้านวังกะบาก หมู่ที่ 19 ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก นายสุนทร พันธ์รู้ดี ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน และนายวิชัย ทิมเกลี้ยง สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น ในฐานะคณะกรรมการป่าชุมชนบ้านวังกะบาก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกตลอดการเข้าศึกษาวิจัยในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

Chandaeng, W., L. Puangchit, N. Junkerd & N. Jumwong. 2020. Carbon Stock Different Forest Communities at Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station, Nakhon Ratchasima Province. **Thai Journal of Forestry** 39(1): 57-70. (in Thai)

Community Forest Management Office. Royal Forest Department. 2023. **Community Forest**; **Models for sustainable forest Development and Management**. Available source: http://www.forest.go.th/community/wp-content/uploads/sites. (Accessed: May 2, 2023)

Daungthip, N., S. Khamyong, P. Kajeena & N. Anongrak. 2020. **Forest Structure and Carbon Storage of Dry Dipterocarp Community Forest in Tha Sa Lae Village, Fang District, Chiang Mai Province**. pp. 156-163 *In* Proceeding of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 9. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Haengsi, K., L. Seetrakun, W. Uppananchai & C. Thapyai, C. 2022. **Species Diversity and Community Structure of Trees in Ban Wang Kabak Community Forestry, Wang Thong District, Phitsanulok Province**. pp. 365-390. *In* Proceeding of Natural Resources, Geoinformative and Environment Conference, NatGen 7, December 8-9, 2022, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand (in Thai)

Information and Communication Technology Center. Royal Forest Department. 2021. **Ban Wang Kabak Community Forest**. Available source: http: / / forestinfo. forest. go. th/ fCom_detail. aspx?id= 11228 . (Accessed: October 22, 2021,)

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. **International Panel on Climate Change**. IGES, Japan.

Kanhom, B., B. Moungsrimuangdee, P. Waiboonya, P. Yodsa-nga & P. Larpkern. 2019. Plant Diversity and Biomass Carbon Stocks of Nong Mek Community Forest, Khok Sung District, Sa Kaeo Province. **Thai Journal of Forestr**y 38 (2): 41 – 55. (in Thai)

Kawinpolasa, K. 2023. **Carbon Storage in Biomass of Tree in Huai Sataeng Watershed Management Unit, Nan Province**. M.Sc. thesis, Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae. Thailand (in Thai)

Klankhunthod, K., P. Musika and T. Choopan. 2023. **Tree Species and Carbon Storage in Nong Luk Nok Community Forest, Huai Tha Laeng District, Nakhon Ratchasima Province**. pp. 303-312 *In* Proceeding of The 5th National Conference on Science Technology and Innovation, March 10, 2023, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand (in Thai)

Kuintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Maguran, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. Croom Helm, London.

Maknoi, C. & T. Khambai. 2015. **Carbon Storage and Nutrient Accumulation in Pine-Deciduous Dipterocarp Forest in Queen Sirikit Botanic Garden, Chiang Mai Province**. pp. 262-267 *In* Proceeding of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 4, January 22-23, 2015, Naresuan University, Phitsanulok, Thaialnd (in Thai)

Ogawa H., K. Yoda, K. Ogino & T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. Thailand II Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49 – 80.

Phongkaranyaphas, K., L. Asanok, S. Maiman, W. Singyoucharoen & J. Suthamtan. 2021. **Species Diversity and Carbon Storage of Trees within Old City Wall Area, Phrae Province**. pp. 285-294 *In* Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 10, February 4-5, 2021, Maejo University Phrae Campus, Phrae. Thailand (in Thai)

Sector of Climate Change in The Forestry, Royal Forest Department. 2023. **REDD+ Framework**. Available source: http://reddplus. dnp.go.th/? page_id=3 7 1 6 . (Accessed: January 14, 2023)

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2022. **Greenhouse Gas**. Available source: http://www.tgo. or.th/2020/ index.php/th/page/ (Accessed: January 15, 2022)

Thongsri, N., N. Phimpong & C. Thapyai. 2021. **Aboveground Tree Biomass and Carbon Stocks at Residential and Forest Engineering Operation Center 3, Wang Thong District, Phitsanulok Province**. pp. 295-305) *In* Proceeding of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 10, February 4-5, 2021, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand (in Thai)

Tokeeree, Y., C. Jarat, D. Novacek & N. Saraphi. 2020. Carbon Storage in Biomass of Perennial Plants at Ban Sangtawan Community Forest, Surin Province. **PSRU Journal of Science and Technology** 5(3):23-36. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี

กิตติกร สิงตะนะ[1] เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด[1] กฤษดา พงษ์การัณยภาส[2] มณฑล นอแสงศรี[3] และ แหลมไทย อาษานอก[2*]

รับต้นฉบับ: 26 กรกฎาคม 2567 ฉบับแก้ไข: 2 กันยายน 2567 รับลงพิมพ์: 8 กันยายน 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การจัดการป่านันทนาการจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานสังคมพืชที่ปรากฏในพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสังคมพืชและสมบัติดินบางประการ ในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี

วิธีการ : ทำการวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 20 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลชนิดของพรรณไม้ต้น สมบัติดิน เพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะสังคมพืชตามการแปรผันของสมบัติดินด้วยการจัดลำดับหมู่ไม้ (Canonical correspondence analysis) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป PC-Ord version 6

ผลการศึกษา: พบสังคมพืชเป็นชนิดป่าผสมผลัดใบกับป่าเต็งรัง จำแนกสังคมพืชย่อยออกเป็น 3 สังคมย่อย คือ 1) สังคมป่าผสมผลัดใบ พบพรรณไม้ 35 ชนิด 31 สกุล 21 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 812.5 ต้น/เฮกแตร์ เ20.42 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.92 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น พลับพลา (*Microcos tomentosa*), กาสามปีก (*Vitex peduncularis*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) ชนิดไม้เด่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ อินทรียวัตถุ (OM; %) ไนโตรเจน (N; %) และโพแทสเซียม (K; mg kg^{-1}) 2) สังคมรอยต่อระหว่างป่า พบพรรณไม้ 28 ชนิด 25 สกุล 16 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 755 ต้น/เฮกแตร์ 25.79 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.91 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น กระบก (*Irvingia malayana*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่มีความสัมพันธ์กับดินอย่างชัดเจน และ 3) สังคมป่าเต็งรัง พบพรรณไม้ 30 ชนิด 28 สกุล 17 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากชนิด เท่ากับ 972.22 ต้น/เฮกตาร์ 25.85 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.42 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เต็ง (*Shorea obtusa*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคลเซียม (Ca; mg kg^{-1}) ในดิน

สรุป: ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าสมบัติดินเป็นตัวกำหนดการปรากฏสังคมพืชที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้น การจัดการพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ควรพิจารณาความหลากชนิดของไม้ต้นให้สัมพันธ์กับสมบัติดิน โดยคัดเลือกชนิดไม้เด่นแต่ละสังคมพืชที่เหมาะสมไปใช้ในการฟื้นฟูป่าให้สอดคล้องกับสมบัติดินและกิจกรรมนันทนาการ

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิดไม้ต้น ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพรรณพืช ป่าผลัดใบเขตร้อน รอยต่อระหว่างป่า

[1]สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

[2] สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[3] สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

ผู้รับผิดชอบบทความ : E-mail: lamthainii@gmail.com

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.02

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation Structure Characteristics and Edaphic Factors in Tham Sing Recreational Forest, Udon Thani Province

Kittikorn Singtana[1] Penpilai Piankhit[1] Kritsada Phongkaranyapas[2] Monthon Nosaengsri[3] and Lamthai Asanok[2*]

Received: 26 July 2024 Revised: 2 September 2024 Accepted: 8 September 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: Management of recreational forests requires basic information on the plant community characteristics that appear in the area. Therefore, this study aimed to detect the relationship between plant community structure characteristics and some soil properties in the Tham Sing recreational forest area, Udon Thani Province.

Methodology: Twenty purposive sampling plots of 20 m x 20 m were set up for observing tree species composition and collecting soil samples. The ordination analysis using canonical correspondence analysis (CCA) was applied to clarify the relationship between plant community and soil properties based on software of PC-Ord version 6.

Results: The results shown that two forest types had been found, mixed deciduous forest and deciduous dipterocarp forest, and can be divided into 3 sub- communities. First, mixed deciduous forest comprised 35 species, 31 genera, and 21 families. Tree density, basal area, and species diversity index were 812.5 stems ha^{-1}, 20.42 $m^2.ha^{-1}$, and 2.92, respectively. The important species such as *Microcos tomentosa*, *Vitex peduncularis* and *Xylia xylocarpa* were determined by the value of organic matter (OM; %), nitrogen (N; %) and Potassium (K; mg kg^{-1}). Second, ecotone forest comprised 28 species, 25 genera, and 16 families. Tree density, basal area, and species diversity index were 755 stems ha^{-1}, 25.79 $m^2.ha^{-1}$, and 2.9, respectively. The important species such as *Irvingia malayana*, *Aporosa villosa* and *Cratoxylum formosum* had less determined by soil properties. Third, deciduous dipterocarp forest showed comprised 30 species, 28 genera, and 17 families. Tree density, basal area, and species diversity index showed were 972.22 stems ha^{-1}, 25.85 $m^2.ha^{-1}$, and 2.42, respectively. The important species such as *Dipterocarpus obtusifolius*, *Shorea obtusa* and *Xylia xylocarpa* were determined by calcium (Ca; mg.kg^{-1}) value of soil properties.

Conclusion: The results indicated that soil properties clearly determine the appearance of different plant communities. Therefore, the management of Tham Sing recreational forest area should be concerned the relationship between tree species and soil properties, particularly selecting suitable species relating to soil properties and recreation activities.

Keyword: Plant species composition, plant-soil relationship, tropical deciduous forest, forest ecotone

[1] Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

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

[3] Forestry, Establishment Project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

***Corresponding author,** E-mail: lamthainii@gmail.com

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.02

คำนำ

ประเทศไทยปัจจุบันเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา รวมทั้งการมีประชากรเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ความต้องการในการใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิตจากทรัพยากรต่าง ๆ มีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะ ทรัพยากรป่าไม้ จึงทำให้พื้นที่ป่าไม้ของประเทศลดลงอย่างรวดเร็ว จากการสำรวจพื้นที่ป่าของกรมป่าไม้ พบว่าในปี พ.ศ.2504 พื้นที่ป่าไม้มีประมาณร้อยละ 53.33 จนในปัจจุบันเหลือพื้นที่ป่าไม้อยู่เพียงร้อยละ 31.47 (Department of Forestry, 2023) ดังนั้นการจัดการการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ให้มีประสิทธิภาพสูงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในมุมการศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการอธิบายนิเวศวิทยาป่าไม้ในเชิงปริมาณ ทำให้ทราบองค์ประกอบชนิดพรรณไม้และปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปรากฏของสังคมพืชนั้น ๆ (Marod & Kutintara, 2009) ซึ่งมักจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการป่าไม้โดยทั่วไป ปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้ถูกส่งเสริมให้มีการท่องเที่ยวในพื้นที่ธรรมชาติหรือการท่องเที่ยวเชิงนิเวศมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นแหล่งการเรียนรู้ และสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม (Boo, 1991) นอกเหนือจากนั้นยังสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจที่ส่งผลให้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกิดประโยชน์ต่อชุมชนอีกด้วย (Department of Forestry, 2006) กรมป่าไม้จึงมีแนวคิดในการสร้างป่านันทนาการ ที่มุ่งเน้นประโยชน์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่จะสามารถตอบสนองต่อรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้เป็นอย่างดี (Wongvanit, 1996)

ป่านันทนาการ คือ ป่าที่ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยว พักผ่อนหย่อนใจ และศึกษาเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยพื้นที่ป่าดังกล่าวจะต้องมีทัศนียภาพที่สวยงาม มีทรัพยากรทางธรรมชาติและประวัติศาสตร์ที่โดดเด่น (Hammitt, 2004) ป่านันทนาการถูกจัดตั้งขึ้นภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติด้านการท่องเที่ยว เพื่อพัฒนาพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีทรัพยากรที่หลากหลายทั่วประเทศ นอกจากนั้นป่านันทนาการยังจัดตั้งขึ้นมาเพื่อให้ชุมชนรอบป่ารู้สึกถึงการเป็นเจ้าของป่า ดังนั้น ชุมชนจึงเปรียบเสมือนรั้วของป่าที่จะช่วยดูแลจัดการป่านันทนาการไม่ให้มีการบุกรุก อย่างไรก็ตามพื้นที่ป่านันทนาการโดยส่วนใหญ่ยังขาดการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสังคมพืชที่ปรากฏภายใต้ปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเร่งให้มีการศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่ป่าดังกล่าว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการจัดการป่าไม้มากยิ่งขึ้น (Department of Forestry, 2019)

ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่ากุดจับ ตั้งอยู่อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี และ อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู มีพื้นที่ประมาณ 1,087 ไร่ มีแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจ เช่น บ่อน้ำพญานาค ถ้ำสหายเก็บเสบียง ลาดขอม บ่อน้ำมโนราห์ ถ้ำนกยูง เป็นต้น มีนักท่องเที่ยวที่เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก รวมทั้งชุมชนโดยรอบเข้ามาใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น เห็ดป่า

ผักหวาน ผลไม้ป่า ตลอดทั้งปี (Department of Forestry, 2015) แต่จนถึงปัจจุบันยังขาดข้อมูลการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่แห่งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์และพัฒนาต่อยอดด้านอื่น ๆ ดังนั้นจึงได้ออกแบบวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และหาความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชร่วมกับคุณสมบัติดิน ซึ่งอาจเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับใช้วางแผนการจัดการป่านันทนาการถ้ำสิงห์ให้ถูกต้องกับปัจจัยกำหนดสังคมพืช และเพื่อความยั่งยืนของระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่ากุดจับ และป่าสงวนแห่งชาติป่าเก่ากลอยและป่านากลาง ตำบลของยูง อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี และตำบลกุดจิก อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู (Royal Forest Department, 2021) พิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM 48Q X: 227786 Y: 1920921 (Figure 1) มีพื้นที่ 1,087 ไร่ ครอบคลุมท้องที่อำเภอ อำเภอกุดจับ จังหวัดอุดรธานี และอำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 450 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22 – 31 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 1,000 – 1,600 มิลลิเมตร (Meteorological Department, 2020) มีสภาพโดยทั่วไปเป็นป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest, DEF) ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest, MDF) และป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest, DDF)

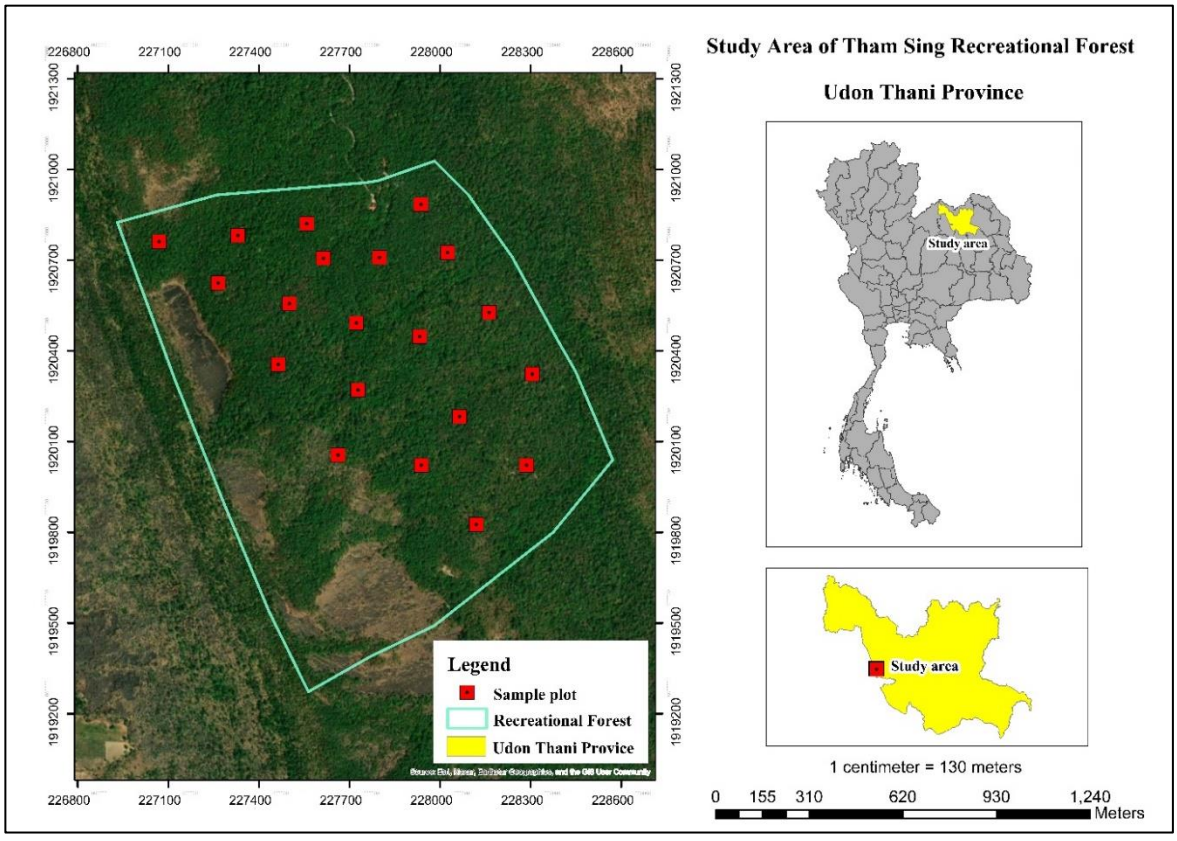


Figure 1 Location of purposive sampling plots of Tham Singha recreational forest

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ตามลักษณะตัวแทนที่ดีของสังคมพืช หลังจากการเดินสำรวจทั่วพื้นที่การศึกษา แล้วทำการวางแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laing *et al.* (2019) จำนวน 20 แปลง ให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่แล้วทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบพรรณพืช ได้แก่ ไม้ต้น (Tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ต้นทุกชนิดที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่าขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ในส่วนไม้รุ่น/ไม้หนุ่ม (Sapling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูง มากกว่า 1.3 เมตร และกล้าไม้ (Seedling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูงน้อยกว่า 1.3 เมตร ทำการนับจำนวนไม้รุ่นและกล้า ไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 5 เมตร x 5 เมตร กึ่งกลางแปลงตัวอย่าง พร้อมจำแนกชนิดโดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma & Suddee (2014)

ทำการเก็บตัวอย่างดิน ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร โดยสุ่มขุดตัวอย่างดินทุกแปลง จำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 ด้วยการเก็บแบบทำลายโครงสร้างดิน แล้วทำการคลุกเคล้าตัวอย่างดินทั้ง 5 จุดให้เข้ากัน เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) โดยใช้จำนวนต้นของชนิดไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร มาใช้จำแนกสังคมพืช (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent *et al.*, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune & Mefford, 2011)

2) การวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณทางสังคมของไม้ต้น วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod & Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้น/เฮกแตร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตร.ม./เฮกแตร์) และความถี่ (Frequency, F: %) เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีวามสำคัญของไม้ต้น และหาค่าดัชนีความหลากชนิด (Species diversity index) ตามสมการ Shannon – Wiener index (Magurran, 1988)

3) วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตามมาตรฐานของ Walkley and Black (1934); Nelson and Sommers, (2018) ที่ห้องปฏิบัติการคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM; %) ธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน (N; %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg^{-1}) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg^{-1}) และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg^{-1}) และค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ด้วยวิธี Core method (Blake and Hartge,1986)

4) การทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลคุณสมบัติดินในแต่ละสังคมย่อยที่ได้จากการ จัดกลุ่มหมู่ไม้ โดยนำค่าต่าง ๆ ของคุณสมบัติดินมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หลังจากมีการทดสอบการแจกแจงปกติ ด้วยโปรแกรม SPSS version 14

5) การลำดับสังคมพืช (Ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับคุณสมบัติดิน โดยใช้ค่าจำนวนไม้ต้นแต่ละชนิดในแต่ละแปลงเป็นเมทริกซ์หลัก (Main matrix) และคุณสมบัติดินได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM; %) ธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน (N; %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg^{-1}) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg^{-1}) และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg^{-1}) ให้เป็นเมทริกซ์รอง (Second matrix) โดยใช้วิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune & Mefford, 2011)

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้างและการจำแนกสังคมพืช

สังคมพืชบริเวณป่านันทนาการถ้ำสิงห์เป็นป่าผลัดใบที่มีความซ้อนทับ (Overlapping) ระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง ผลการจัดกลุ่มสังคมพืชที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 37.5 จำแนกสังคมพืชได้เป็น 3 สังคมย่อย คือ 1) สังคมพืชป่าผสมผลัดใบ (MDF) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง MDF1, MDF2, MDF3, MDF4, MDF5 และ MDF6 2) สังคมพืชป่ารอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง (Ecotone, ECT) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง ECT1, ECT2, ECT3, ECT4 และ ECT5 และ 3) สังคมพืชป่าเต็งรัง (DDF) ได้แก่หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง DDF1, DDF2, DDF3, DDF4, DDF5, DDF6, DDF7, DDF8 และ DDF9 มีรายละเอียดนี้

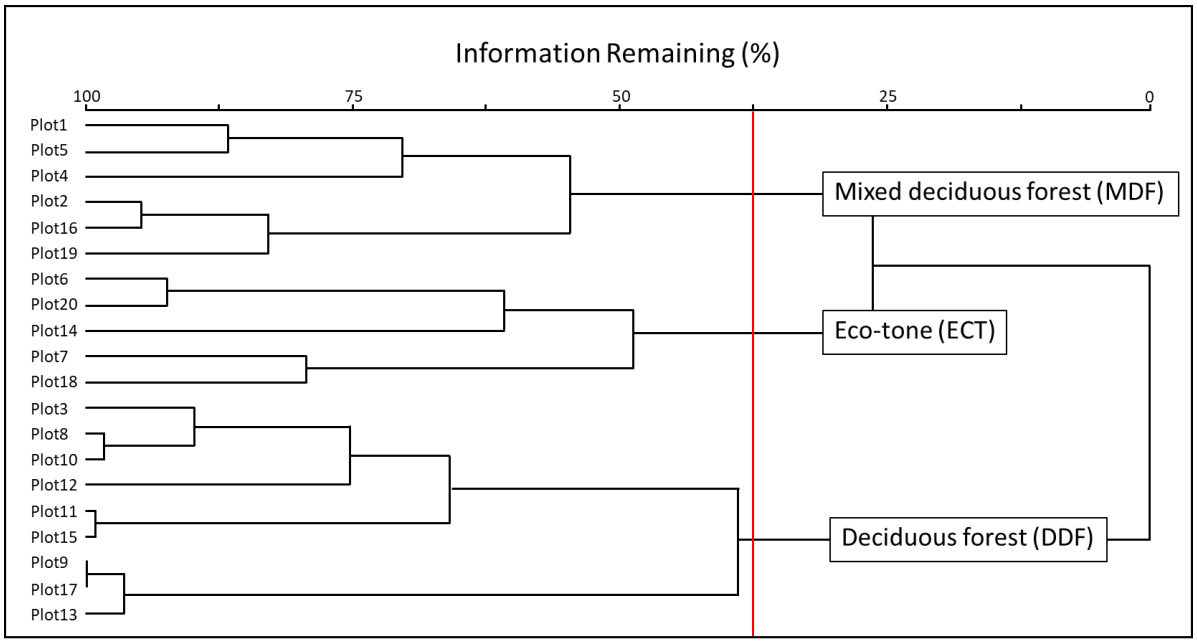


Figure 2 The dendrogram based on tree species in each sample plot of Tham Singha recreational forest.

1. สังคมพืชป่าผสมผลัดใบ (MDF) พบชนิดไม้ทั้งหมด 35 ชนิด 31 สกุล 21 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 812.5 ต้น/เฮกแตร์ และ 20.42 ตารางเมตร/เฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.97 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ พลับพลา (*Microcos tomentosa*), กาสามปีก (*Vitex peduncularis*), แดง (*Xylia xylocarpa*), ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) และเขลง (*Dialium cochinchinense*) (Table 2) ไม้รุ่นพบ 19 ชนิด 18 สกุล 13 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่นเท่ากับ 8866.67 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.47 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ติ้วขน พลับพลา เหมือดแอ (*Memecylon edulae*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และ แดง (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 19 ชนิด 18 สกุล 12 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 28466.67 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.55 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ พลับพลา เหมือดแอ แดง เปล้าหลวง (*Croton oblongifolius*) และติ้วขน (Table 2)

2. สังคมป่ารอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและพืชป่าเต็งรัง (ECT) พบชนิดไม้ทั้งหมด 28 ชนิด 25 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้นเท่ากับ 755 ต้น/เฮกแตร์ และ 25.79 ตารางเมตร/เฮกแตร์ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.91 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ กระบก (*Irvingia malayana*) เหมือดโลด ติ้วขน ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) (Table 2) ไม้รุ่นพบ 22 ชนิด 22 สกุล 13 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่น เท่ากับ 8640 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.84 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ เหมือดโลด แดง ประดู่ป่า ยางเหียง และกระบก (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 24 ชนิด 22 สกุล 15 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 21120 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.85 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ติ้วขน เหมือดแอ แดง เหมือดโลด และกระบก (Table 2)

3. สังคมพืชป่าเต็งรัง (DDF) พบชนิดไม้ทั้งหมด 30 ชนิด 28 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 972.22 ต้น/เฮกแตร์ และ 25.85 ตารางเมตร/เฮกแตร์ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.42 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ยางเหียง เต็ง (*Shorea obtuse*) แดง ประดู่ป่า และรักน้ำเกลี้ยง (*Gluta laccifera*) (Table 2) ไม้รุ่นพบ 26 ชนิด 24 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่น เท่ากับ 8977.78 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.66 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ

5 ลำดับแรก คือ ยางเหียง เต็ง เหมือดแอ ติ้วขน และประดู่ป่า (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 26 ชนิด 23 สกุล 14 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 24044.44 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.88 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ เต็ง ยางเหียง ประดู่ป่า ติ้วขน และแดง (Table 2)

Table 1 Plant community characteristics of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province.

Community character	**MDF**	**ECT**	**DDF**
Tree			
Number of species	35	28	30
Number of genera	31	25	28
Number of family	21	16	17
Stem density (stems ha^{-1})	812.5	755	972.22
Basal area (m^2 ha^{-1})	20.42	25.79	25.85
Shannon-Weiner index	2.97	2.91	2.42
Sapling			
Number of species	19	22	26
Number of genera	18	22	24
Number of family	13	13	16
Stem density (stems ha^{-1})	8,866.67	8,640	8,977.78
Shannon-Weiner index	2.47	2.84	2.66
Seedling			
Number of species	19	24	26
Number of genera	18	22	23
Number of family	12	15	14
Stem density (stems ha^{-1})	28,466.67	21,120	24,044.44
Shannon-Weiner index	2.55	2.85	2.88

Table 2 Top five ranking based on IVI of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province, including relative dominance (RDo, %), relative density (RD, %), and relative frequency (RF, %).

Plant community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
MDF	**Tree**	1. *Microcos tomentosa*	9.63	15.90	8.00	33.53
		2. Vitex peduncularis	15.31	10.26	5.33	30.90
		3. *Xylia xylocarpa*	9.07	8.21	8.00	25.27
		4. *Cratoxylum formosum*	5.47	10.77	8.00	24.24
		5. *Dialium cochinchinense*	8.02	4.62	4.00	16.64
	Sapling	1. *Cratoxylum formosum*	-	21.80	11.36	33.17
		2. *Microcos tomentosa*	-	12.03	13.64	25.67
		3. *Memecylon edulae*	-	18.80	6.82	25.62
		4. *Aporosa villosa*	-	7.52	9.09	16.61
		5. *Xylia xylocarpa*	-	5.26	6.82	12.08
	Seedling	1. *Microcos tomentosa*	-	10.54	13.64	24.18
		2. *Memecylon edulae*	-	13.82	9.09	22.91
		3. *Xylia xylocarpa*	-	11.48	11.36	22.84
		4. *Croton oblongifolius*	-	12.65	9.09	21.74
		5. *Cratoxylum formosum*	-	14.52	6.82	21.34
ECT	**Tree**	1. *Irvingia malayana*	28.50	3.31	5.08	36.89
		2. *Aporosa villosa*	5.78	15.23	8.47	29.49
		3. *Cratoxylum formosum*	4.64	15.23	8.47	28.34
		4. *Dipterocarpus obtusifolius*	7.04	9.27	5.08	21.39
		5. *Pterocarpus macrocarpus*	5.94	5.96	6.78	18.68
	Sapling	1. *Aporosa villosa*	-	10.19	10.00	20.19
		2. *Xylia xylocarpa*	-	12.04	7.50	19.54
		3. *Pterocarpus macrocarpus*	-	7.41	7.50	14.91
		4. *Dipterocarpus obtusifolius*	-	7.41	7.50	14.91
		5. *Irvingia malayana*	-	9.26	5.00	14.26

Table 2 (continued)

Plant community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
(ETC)	**Seedling**	1. *Cratoxylum formosum*	-	12.88	8.11	20.99
		2. *Memecylon edulae*	-	8.33	8.11	16.44
		3. *Xylia xylocarpa*	-	7.58	8.11	15.68
		4. *Aporosa villosa*	-	7.95	5.41	13.36
		5. *Irvingia malayana*	-	7.95	5.41	13.36
DDF	**Tree**	1. *Dipterocarpus obtusifolius*	22.33	27.43	9.38	59.14
		2. *Shorea obtusa*	16.73	21.71	9.38	47.82
		3. *Xylia xylocarpa*	15.77	7.43	8.33	31.53
		4. *Pterocarpus macrocarpus*	8.82	7.43	8.33	24.58
		5. *Gluta laccifera*	8.25	8.00	6.25	22.50
	Sapling	1. *Dipterocarpus obtusifolius*	-	15.35	12.50	27.85
		2. *Shorea obtusa*	-	13.37	12.50	25.87
		3. *Memecylon edulae*	-	17.33	7.81	25.14
		4. *Cratoxylum formosum*	-	10.89	10.94	21.83
		5. *Pterocarpus macrocarpus*	-	4.95	6.25	11.20
	Seedling	1. *Shorea obtusa*	-	11.09	15.00	26.09
		2. *Dipterocarpus obtusifolius*	-	11.09	10.00	21.09
		3. *Pterocarpus macrocarpus*	-	9.98	10.00	19.98
		4. *Cratoxylum formosum*	-	9.98	8.33	18.31
		5. *Xylia xylocarpa*	-	7.39	6.67	14.06

จากผลการศึกษาข้างต้น พบว่าสังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) ปรากฏไม้ดัชนีความสำคัญในเรือนยอดชั้นรองของสังคมป่าดิบแล้ง (Smitinand, 1977) แต่ในขณะเดียวกันยังพบไม้เด่นของสังคมพืชป่าผสมผลัดใบดั้งเดิมขึ้นปะปนอยู่ด้วย เช่น แดง เป็นต้น เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ในระดับไม้รุ่น และระดับกล้าไม้พบว่ามีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในชนิดที่เป็นพรรณไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากมีการทดแทนจากเมล็ดไม้ที่ฝังอยู่ในดิน และการแตกหน่อจากตอเก่าของไม้ใหญ่ (Hull *et al*, 2008) ในส่วนของสังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและ

สังคมพืชป่าเต็งรัง (ECT) ไม้ใหญ่ที่มีดัชนีความสำคัญสูงพบว่าเป็นไม้เด่นในสังคมป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรังขึ้นปะปนกัน เมื่อพิจารณาในระดับไม้หนุ่มและกล้าไม้พบว่าชนิดที่มีแนวโน้มการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับต้น ๆ เป็นไม้ในเรือนยอดชั้นรองของชนิดในสังคมป่าผสมผลัดใบและสังคมป่าเต็งรัง ซึ่งสังคมพืชที่เป็นแนวเชื่อมต่อระหว่างป่า (Ecotone) เป็นสังคมที่ถือว่าไม่อยู่ในสภาพที่เสถียร (Sustainable) เนื่องจากอยู่ในขั้นตอนของการแก่งแย่งเพื่อยึดครองพื้นที่ระหว่างชนิดไม้เด่นของทั้งสองสังคม และมักปรากฏค่อนข้างเด่นชัดตามแนวเชื่อมต่อระหว่างป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ เพราะมีสภาพปัจจัยแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน เช่น ระดับความสูง และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (Hemhuk *et.al.*, 2015) ในขณะที่สังคมป่าเต็งรัง (DDF) พบว่าพรรณไม้ดัชนีของสังคมป่าเต็งรัง เช่น เหียง และ เต็ง เป็นไม้เด่น ซึ่งถือว่าเป็นชนิดไม้ดัชนีที่สำคัญของป่าเต็งรัง (Kutintara, 1975) การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้เด่นในสังคมป่าเต็งรัง แต่เมื่อพิจารณาระดับกล้าไม้กลับพบว่านอกจากการปรากฏชนิดไม้เด่นของป่าเต็งรังแล้วยังมีชนิดไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบเข้ามาปะปน อาจเป็นเพราะในพื้นที่ไม่เกิดไฟป่าเป็นเวลานานส่งผลให้มีความชื้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ เช่น ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่า สวนพฤกษศาสตร์สกุโนทยาน (Pairuang *et al.*, 2020) ป่าเต็งรังแคระป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี (Srikoon *et al.*, 2021) นอกจากนั้นกล้าไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการการแตกหน่อซึ่งเป็นการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดภายใต้อิทธิพลของไฟป่า โดยเฉพาะยางเหียง รัง พลวง และเต็ง เป็นต้น (Wacharakitti & Intrachantra, 1969) ส่วนใหญ่กล้าไม้ดัชนีในป่าเต็งรังมักมีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยา (amplitude of tolerance) ค่อนข้างกว้าง พบได้ทั้งที่ราบที่ดินชื้นไปจนพื้นที่แห้งแล้งและมีหินมาก แต่ขนาดของลำต้นจะแปรผันไปตามความแห้งแล้ง เป็นต้น (Kutintara, 1975)

2. สมบัติดิน

พบว่าคุณสมบัติดินของแต่ละสังคมพืชมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากดินในพื้นที่การศึกษาถูกจัดอยู่ชุดดิน 48 โดยส่วนมากมักเป็นดินของป่าผสมผลัดใบป่าเต็งรัง เป็นดินตื้นถึงชั้นก้อนกรวดหรือลูกรังหนามาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำ และเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินได้ง่ายในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (Land Development Department, 2015) เมื่อพิจารณารายสังคมพืชโดยป่าผสมผลัดใบ (MDF) มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด (OM; %) เท่ากับ 3.37 % และ ไนโตรเจน (N; %) เท่ากับ 0.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ พบว่าน้อยกว่าการศึกษาของ Somprakon *et at.*, (2024) ที่ศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าผสมผลัดใบพื้นที่บ้านบุญแจ่ม จังหวัดแพร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงถึงสูงมากมีค่าเท่ากับ 6.65 % สังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและสังคมพืชป่าเต็งรัง (ECT) มีค่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) สูงสุดเท่ากับ 9.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg^{-1}) เท่ากับ 93.47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังคมพืช

ป่าเต็งรัง (DDF) มีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg^{-1}) สูงสุดถึง 299.33 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg^{-1}) เท่ากับ 70.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้อยกว่าการศึกษาของ Pongboon *et al*., (1988) แคลเซียมจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง 695-1,022 ppm สำหรับแมกนีเซียมมีค่าอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 80.7-105.2 ppm (Table 3) แสดงให้เห็นว่าสังคมพืชป่าผสมผลัดใบมีแนวโน้มในการสะสมปริมาณอินทรีย์วัตุมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ เนื่องจากมีการทับถมของเศษซากอินทรีย์ในดิน อีกทั้งอินทรีย์วัตถุยังเป็นแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ดิน (Brady & Weil, 2008) นอกเหนือจากนั้นยังเป็นผลมาจากลักษณะของดินเขตร้อนเมื่อมีการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินชั้นบน ดังนั้นอินทรีย์วัตถุจึงมีการสะสมอยู่ในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (Sonkanha *et al.*, 2012) นอกเหนือจากนั้นป่าผสมผลัดใบยังมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าสังคมป่าเต็งรังเนื่องจากโดยปกติแล้วป่าผสมผลัดใบส่วนใหญ่มักปรากฏธาตุอาหารสูงกว่าป่าเต็งรัง (Thammanu *et al.*, 2020) แต่ในขณะเดียวกันสังคมป่าเต็งรังมีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกับการศึกษาของ Srikoon *et al*., (2021) ที่ได้ทำการศึกษา ลักษณะสังคมพืชและคุณสมบัติดินของป่าเต็งรังแคระป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

การจัดลำดับสังคมพืช โดยการพิจารณาค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) แกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.304, 0.203 และ 0.156 ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการเปลี่ยนสลับแกนที่ 1 ไปยังแกนที่ 2 มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 อธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและคุณสมบัติดินจึงมีความถูกต้องสูง โดยสมบัติดินมีอิทธิพลต่อการปรากฏของพรรณไม้เด่นของแต่ละสังคมพืชและสามารถแบ่งการกระจายไม้เด่นได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 3) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ชนิดไม้เด่นของสังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) ส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วย อินทรียวัตถุ (OM; %) ไนโตรเจน (N; %) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ มะค่าแต้ (SINSIA) ก่อขี้หมู (QUEHEL) เขลง (DIACOC) และติ้วขน (CRAFOR) เป็นต้น กลุ่มที่ 2 ชนิดไม้เด่นของสังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและสังคมพืชป่าเต็งรัง (ECT) ไม่ถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติดิน พรรณไม้ประกอบไปด้วย เต็ง (SHOOBT) ประดู่ป่า (PTEMAC) แดง (XYIXYL) และรัง (PENSIA) เป็นต้น เนื่องจากมีชนิดไม้เด่นของทั้งสองสังคมพืชที่ขึ้นร่วมกันได้ นอกเหนือจากนั้นแนวรอยต่อนี้มักมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม กล่าวคือมีการรุกล้ำกระจายเมล็ดพันธุ์เพื่อขยายพื้นที่ของตนเองเข้าไปในเขตของอีกสังคมอยู่เสมอ (Kark, 2007) ด้วยเหตุนี้พืชจึงมีวิวัฒนาการสำหรับการกระจายเมล็ดพันธุ์ เช่น พืชบางชนิดมีวิวัฒนาการของผลให้มีการแตกออกและเมล็ดมีการกระเด็นออกห่างจากต้นแม่ บางชนิดวิวัฒนาการให้มีปีกเส้นใย ปุยนุ่น ที่สามารถลอยตามลมได้ หรือบางชนิดมีวิวัฒนาการให้สัตว์เป็นตัวกระจายเมล็ด เป็นต้น (Elliott *et al,* 2005)

Table 3 Comparing of soil properties of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province, by using ANOVA test significance at CI 95%.

Soil condition	MDF			ECT			DDF			*p-value*
	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	
OM (%)	3.37 ± 1.61	1.22	5.16	2.99 ± 1.41	1.07	4.84	2.31 ± 0.94	1.21	3.74	0.3
N (%)	0.15 ± 0.08	0.05	0.24	0.12 ± 0.06	0.04	0.21	0.09 ± 0.04	0.05	0.16	0.23
P (mg kg^{-1})	2.22 ± 0.42	1.62	2.57	9.26 ± 12.94	1.96	32.36	3.49 ± 1.35	1.96	5.73	0.18
Ca (mg kg^{-1})	207.92 ± 70.20	132.01	294.77	185.39 ± 65.11	86.8	247.71	299.33 ± 186.24	148.65	769.18	0.27
K (mg kg^{-1})	70.49 ± 28.93	43.02	109.16	93.47 ± 51.15	37.55	175.72	66.31 ± 26.21	28.8	112.66	0.37
Mg (mg kg^{-1})	56.87 ± 39.33	19	116.62	59.31 ± 29.40	20	99.3	70.31 ± 46.76	30.66	171.63	0.8
Bulk density (g cm^3)	1.05 ± 0.19	0.86	1.37	0.99 ± 0.13	0.85	1.12	1.00 ± 0.21	0.76	1.36	0.84

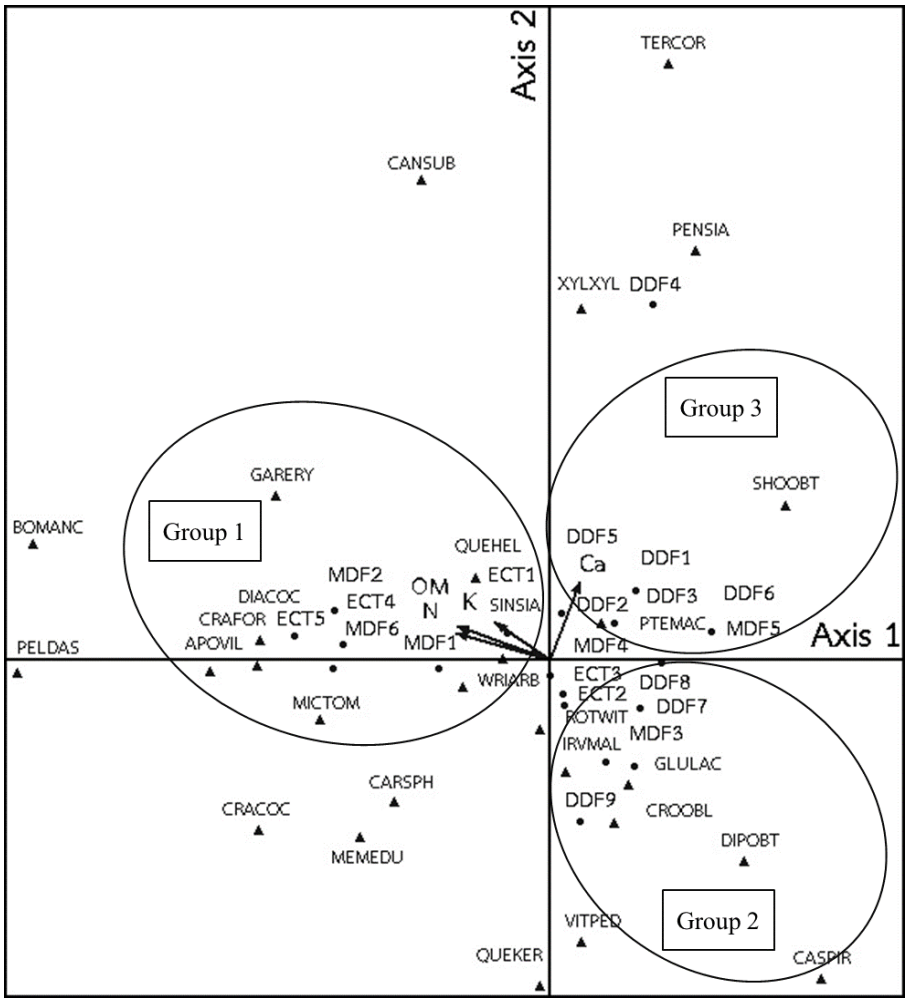


Figure 3 The CCA ordination diagram representing the relationship between the tree species in each group and the edaphic factors. Triangles with five abbreviations indicated tree species, while, the circles expressed sample plot in each plant community.

กลุ่มที่ 3 สังคมพืชป่าเต็งรัง (DDF) ถูกกำหนดด้วยแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg-1) พรรณไม้ที่พบได้แก่ ยางเหียง (DIPOBT) รักน้ำเกลี้ยง (GLULAC) กระบก (IRVMAL) และเปล้าหลวง (CROOBL) เป็นต้น เมื่อพิจารณาคุณคุณสมบัติดินในสังคมพืชเต็งรังจะเห็นว่ามีการสะสมปริมาณแคลเซียมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น ๆ อาจเป็นเพราะวัตถุต้นกำเนิดที่มาจากหินกรวด (Srikoon et al, 2021) เป็นต้น

สรุป

สังคมพืชป่านันทนาการถ้ำสิงห์ เป็นกลุ่มสังคมพืชป่าผลัดใบ ประกอบด้วยสังคมย่อย คือ สังคมป่าผสมผลัดใบ สังคมป่าเต็งรัง และสังคมรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง โดยสังคมป่าผสมผลัด พรรณไม้เด่นมีความสัมพันธ์กับ อินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และโพแทสเซียม ในส่วนของสังคมรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง พบดัชนีของชนิดไม้ทั้งสองสังคมขึ้นปะปนกันทั้งในระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และ กล้าไม้ และไม่มีการกำหนดด้วยสมบัติดิน

อย่างชัดเจน สังคมป่าเต็งรังที่มีชนิดไม้เด่น คือ เต็ง และเหียง ในขณะที่ในระดับลูกไม้และกล้าไม้พบว่ามีชนิดไม้ป่าผสมผลัดใบเข้ามาปะปนพรรณไม้เด่นมีความสัมพันธ์กับ แคลเซียม ดังนั้นในการจัดการเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านความหลากชนิดของพรรณพืชในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ตลอดจนการพัฒนาพื้นที่เพื่อรองรับกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และจึงควรพิจารณาคุณคุณสมบัติดินประกอบด้วย นอกเหนือจากนั้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินอาจส่งผลให้โครงสร้างสังคมพืชเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งควรมีการสำรวจพลวัตสังคมพืชในพื้นที่ในระยะยาวและปัจจัยแวดล้อมบางประการ เพื่อติดตามการแปรผันของสังคมพืชที่จะทำให้การจัดการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหัวหน้าและบุคลากรป่านันทนาการถ้ำสิงห์ เจ้าหน้าที่หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ อด. 2 (หนองวัวซอ) ที่อำนวยความสะดวก และอนุเคราะห์สถานที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ สุดท้ายขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ที่กระตุ้นให้เกิดการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Blake, G.R. & K. H. Hartge. 1986. **Bulk Density.** ***In*** **A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1 - Physical and Mineralogical Methods Second Edition**. American Society of Agronomy, Madison WI, USA.

Boo, E. 1991. **Ecotourism: The Potentials and Pitfalls**. World Wildlife Fund- US, Washington D.C., USA

Brady, N. C. & R. R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA

Bunyavejchewin, S., Y. Jamlongrat, R. Buasalee & P. Rayanggul. 2016. **Trees & forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary**. Amarin Printing & Publishing, Bangkok. (in Thai)

Department of Forestry. 2006. **Ecotourism**. Available source: http: / / www. forest. go. th/ WEFCOM /Part2TAT.html. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

Department of Forestry. 2015. **Basic information.** National Reserve Forest Group Management Center, No. 145, Pa Kut Chap, Udon Thani Province, Thailand. (in Thai)

Department of Forestry. 2019. **Forest areas in Thailand.** Available source: http//www.forest.go.th. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

Department of Forestry. 2023. **Forest areas in Thailand**. Available source: https: / / data. forest. go. th/ dataset/ https-www-forest-go-th-land. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

Elliott, S., D. Blakesley, J. F. Maxwell, S. Doust & S. Suwannaratana. 2005. **The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests**. Forest Restoration Research Unit, Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand. 200 pp. (in Thai)

Hammitt, W.E. 2004. Recreation: User Needs and Preferences. **Encyclopedia of Forest Sciences** 949- 958. https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00164-2

Hemhuk, S. , A. Jingjai. , J. Tongsawee, S. Tinkampang & D. Marod. 2015. **Study to species composition, biomass and carbon stock along the ecotone between deciduous dipterocarp forest and lower montane evergreen forest at Doi Suthep-Pui national park, Chiang Mai province**. pp. 238- 242. *In* Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 4, January 22-23, 2015, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Phitsanulok, Thailand. (in Thai).

Hull, J. C., H. S. Neufeld. & F. S. Gilliam. 2008. Plant ecology. **Encyclopedia of Ecology**. 2818-2824.

Kark, S. 2007. Encyclopedia of Biodiversity. **Effects of Ecotones on Biodiversity**. The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel. 1– 10. https: / / doi. org/ 10. 1016/ B978- 0- 12-384719-5.00234-3

Kent, M., & P. Coker. 1992. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach**. John Wiley and Sons, New York.

Kutintara, U. 1975. **Structure of the dry dipterocarp forest.** Ph.D. Thesis. Colorado State University, Fort Collins, USA.

Laing, R. S., K. H. Ong., R. J. H. Kueh., N. G. Mang., P. J. H. King. & M. Sait. 2019. Stand structure, floristic composition and species diversity along altitudinal gradients of a Bornean Mountain range 30 years after selective logging. **Journal of Mountain Science** 16(6) : 1419- 1434. https://doi.org/10.1007/s11629-018-5219-4

Land Development Department. 2005. **62 groups of soil cluster data**. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. Available source: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoilinf/62_soilgroup/ 62sg_desc/ desc_48. html (Accessed: February 18, 2021). (in Thai)

Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

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

McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6. 0 for Windows. MjM Software**, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

Meteorological Department. 2020. **Climate of Udon Thani Province**. Available source: http://climate.tmd.go.th/data/province/North eastern/Udon Thani Climate. (Accessed: February 18, 2021). (in Thai)

Pairuang, N., C. Thapyai & L. Asanok. The influence of fire protection on plant community changes in Sakunothayan botanical garden, Wang Thong district, Phitsanulok province. **Thai Journal of Forestry**. 39 (1): 28-40. (in Thai)

Pongboon, T., P. Thitirotjanawat, W. Wittawaschutikul, J. Taweekul, A. Limtawon & P. Klaymuk. 1988. **Soil properties in natural forests Huai Rai Basin area at the Phu Phan Development Study Center under the Royal Initiative, Sakon Nakhon Province**. Royal Forest Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)

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

Royal Forest Department. 2021. **The 10 recreational forests in Thailand**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Smitinand, T. 1977. **Vegetation and ground cover on Thailand.** Bangkok: Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Sonkanha, W. , S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne & T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal**. 40(1): 7-18. (in Thai)

Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. **Biologiske Skrifter5** (4): 1–34.

Srikoon, P. , R. Taweesuk, P. Pramosee, P. Chankaew. & L. Asanok. 2021. Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae Province. **Thai Forest Ecological Research Journal**. 5(1): 33-52. (in Thai)

Wacharakitti, S. & P. Intrachantra. 1969. **Study on the coppicing power and growth of some valuable tree species in dry dipterocarps forest**. pp. 392-400. *In* Proceedings of the National Conference on Agricultural and Biological Sciences Tenth Session, Plant Science 8, February 3-6, 1969. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Walkley, A. J. & I. A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. **Soil Science**. 37, 29-38.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 437-450 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดของรังนกกาบบัว (*Mycteria leucocephala*) ในสวนสัตว์เปิดเขาเขียว ภาคตะวันออกของประเทศไทย

นคร สลางสิงห์ [1, 2*] วุฒิ ทักษิณธรรม[1**] และ ประทีป ด้วงแค[3]

รับต้นฉบับ: 4 กรกฎาคม 2567 ฉบับแก้ไข: 30 กันยายน 2567 รับลงพิมพ์: 5 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: นกกาบบัวเป็นนกลุยน้ำขนาดใหญ่ที่เคยพบได้ยากในอดีต แต่ปัจจุบันพบเห็นได้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม พื้นที่ทำรังยังคงมีเพียงไม่กี่แห่ง สวนสัตว์เปิดเขาเขียวเป็นหนึ่งในสถานที่ที่นกกาบบัวมักเลือกทำรัง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามชั้นอายุของนกในแต่ละเดือน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการรอดของรังนกกาบบัวในพื้นที่สวนสัตว์เปิดเขาเขียว ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2564

วิธีการ: การสำรวจพื้นที่ทำรังของนกได้รวมถึงการบันทึกข้อมูลพิกัดรัง จำนวนรัง วันที่เริ่มสร้างรัง วันที่เริ่มฟักไข่ จำนวนตัวลูกนก วันที่พ่อแม่นกทิ้งรัง ช่วงอายุของลูกนก วันที่ลูกนกออกจากรัง และปัจจัยที่มีผลต่อการรอดชีวิตของลูกนก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ Mayfield เพื่อประมาณอัตราการรอดชีวิตของรัง วิธี Kaplan-Meier เพื่อประเมินความน่าจะเป็นในการอยู่รอด รวมถึง Generalized Linear Model (GLM) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ (อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน อายุรัง และความสูงของรัง) ที่มีผลต่อการรอดชีวิตของรัง

ผลการศึกษา: นกกาบบัวเริ่มทำรังตั้งแต่ต้นเดือนสิงหาคม โดยการทำรังไม่พร้อมกัน ทำให้ช่วงอายุของลูกนกแตกต่างกัน พบการทำรังมากที่สุดในเดือนมกราคม โดยอัตราการรอดชีวิตรายวัน (Daily survival rate) ของรังนกอยู่ที่ 0.997 และอัตราการรอดชีวิตของรัง (Nest survival rate) เท่ากับ 74 % อัตราการรอดชีวิตลดลงในช่วงระยะการสร้างรังและระยะฟักไข่ แต่เริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่แปดขึ้นไป ซึ่งใกล้เคียงกับอายุของลูกนกที่มากกว่า 16 วัน อายุของลูกนกเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อการรอดชีวิต ลูกนกที่มีอายุมากมีอัตราการรอดชีวิตที่ดีกว่า

สรุป: อัตราการรอดชีวิตของรังนกในช่วงแรกของการสร้างรังและระยะฟักไข่พบการล้มเหลวสูง ส่วนรังที่ประสบความสำเร็จมักเกี่ยวข้องกับลูกนกในรังมีอายุมากกว่า 16 วัน

คำสำคัญ: วิธีการแคปลาน และไมย์เออร์, นกลุยน้ำขนาดใหญ่, อัตราความสำเร็จของรัง

[1] ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] สถาบันอนุรักษ์และวิจัยสัตว์ องค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทยฯ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[3] ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

**** ผู้รับผิดชอบบทความร่วม** Email: fsciwut@ku.ac.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.05

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 437-450 (2567)

ORIGINAL ARTICLE

Factors Affecting the Nest Survival of Painted Stork (*Mycteria leucocephala*) at Khao Kheow Open Zoo in Eastern Thailand

Nakorn Slangsingha [1, 2*] Wut Tuksintum[1**] and Prateep Duengkae[3]

Received: 4 July 2024 Revised: 30 September 2024 Accepted: 5 October 2024

ABSRRACT

Background and objectives: The painted stork is a large wading bird that once considered as rare but now distributed across many regions in Thailand. However, suitable nesting sites remain limited, while, Khao Kheow Open Zoo is the most significant location where painted storks frequently establish nests. This study aimed to analyze the monthly age classes of painted stork chicks and to identify the factors influencing nest survival at Khao Kheow Open Zoo during 2020 and 2021.

Methodology: The nesting site survey involved recording various details, including nest coordinates, number of nests, start date of nest construction, egg incubation date, number of chicks, date of parent abandonment, chick age, fledging date, and factors affecting chick survival. The analysis utilized the following methods; Mayfield to estimate the nest survival rate, Kaplan-Meier to estimate survival probability over time, Generalized Linear Model (GLM) to analyze factors affecting nest survival, such as temperature, wind speed, relative humidity, rainfall, nest age, and nest height.

Main results: The painted stork began nesting in early August and varied periods among individuals, resulting age differed between the chicks. The highest nesting activity was observed in January. The study found that the daily survival rate of the nests was 0.997, and the overall nest survival rate was 74%. Survival rates declined during the nesting and incubation periods but stabilized after the eighth weeks, coinciding with chicks older than 16 days. The age of the chicks is the most critical factor affecting survival, with older chicks exhibiting higher survival rates.

Conclusion: The survival rate of nests during the early nesting and incubation periods was found to be low. Successful nests were often associated with chicks older than 16 days.

Keywords: Kaplan-Meier method, large wading bird, nest success rate

[1] Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

[2] Animal Conservation and Research Institute, The Zoological Park Organization of Thailand, Bangkok, 10300, Thailand

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

*** Corresponding author**: Email: nakornsingha@gmail.com

**** Co-corresponding author**: E-mail: fsciwut@ku.ac.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.05

INTRODUCTION

The Painted Stork (*Mycteria leucocephala*), a large wading bird in the family Ciconiidae (Kumar & Kanaujia, 2015), typically has a body length 93 - 102 centimeters (Wildlife Conservation Office, 2013). It is a resident species in Thailand (BirdLife International, 2023) that exhibits monogamous behavior, breeding only within a single season (Jaiyawat, 2003). The nesting sites of Painted Storks in Thailand have changed over the years. In 1990, the storks were last observed laying eggs at Thale Noi Wildlife Hunting Area in Phatthalung Province (Repaijit & Suparatwikorn, 2005). Subsequently, two nests were found in the Bung Boraphet, Nakhon Sawan (Eiam-Ampai, 2006). In 2017, nesting groups were observed in Uthai Thani Province, with one group at Uthai Rat Crocodile Farm and another at Safari World, Bangkok (Wildlife Conservation Office, 2013). Nesting activities were also documented in the Thale Noi Non-hunting Area, which was later reintroduced to the natural habitat in 2017 (Thale Noi Non-hunting Area, 2021), Khao Kheow Open Zoo (Jaiyawat, 2003; Arsaithamkul, 2019) Songkhla Zoo (Songkhla zoo, 2022), and RAMA 5 road next to the former Dusit Zoo (Reungrit, 2024).

Understanding the factors that influence bird nest survival requires consideration of three aspects: Breeding adult factors, nest predators, and other environmental factors. Breeding adult factors includes such as nest constancy (Brussee et al., 2016), the physical condition of adult birds (Öst & Steele, 2010), their age and breeding experience (Linz et al., 2013), and their defensive behaviors regarding nest protection (Remeš, 2005; Brussee *et al*., 2016). The nest predator factors involve consider in the composition and abundance of predator communities (Burr et al., 2017) and the activity patterns of these predators (Wegge & Storaas, 1990; Bêty *et al*., 2001). The other environmental factors include a broad range of variables such as the characteristics of the nesting habitat (Fuller *et al*., 2017), prevailing weather condition (Webb *et al*., 2012), temporal factors like the nesting season (Grant *et al*., 2005), nest age (Smith and Wilson, 2010), and the level of human disturbances (Uherkoch *et al*., 2015).

These factors can influence nest survival independently, synergistically, or interactively. For example, experienced breeders may select concealed nesting sites to minimize the risk of predator detection (Öst & Steele, 2010), while adverse weather condition can directly impact nest survival or indirectly alter the behaviors of both incubating adults and predators (Smith & Wilson, 2010). Identifying the key species-specific variables that significantly affect nest survival is essential for developing effective conservation and management strategies in avian conservation efforts (Kolada *et al*., 2009; Anteau *et al*., 2012).

This study aimed to examine the number of nests, the age-class structure of chicks in each month, nest survival, and the factors affecting nest survival for Painted stork nesting in natural areas at Khao Kheow Open Zoo.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study area is Khao Kheow Open Zoo, located in Chonburi Province in the eastern Thailand (Figure 1), adjacent to the Khao Kheow-Khao Chompoo Wildlife Sanctuary. The zoo's terrain includes two distinct forests types. The first type is the original forest compound, characterized by a mix of deciduous and dry evergreen forests extending along the zoo's mountain range. The second type is a landscape area featuring general trees covers and a water reservoir.

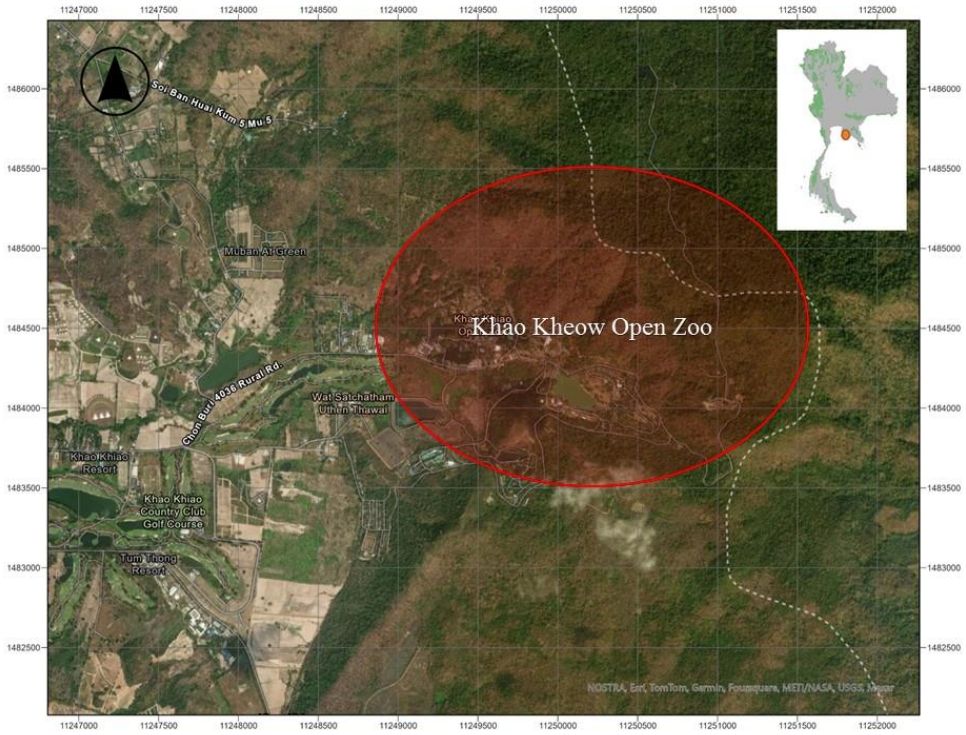


Figure 1 Map located at Khao Kheow Open Zoo

Data collection

The data collection method involved a compressive survey of the Khao Kheow Open Zoo area to identify bird nesting sites. Detail information was recorded on nesting duration, nest loss, and instances of parent bird abandonment. The location of each nest was documented using a high-magnification camera and binoculars. Nest height and tree height were measured with a range finder. Rainfall data was obtained from the Eastern Region Irrigation Hydrology Center, Royal Irrigation Department. While wind speed data was sourced from the National Hydro Informatics Data Center.

Air temperature and relative humidity data were monitored using a data logger placed within the Khao Kheow Open Zoo area.

Data analysis for the study period was divided into two distinct phases: the nest-building phase and the egg incubation period. Chicks were categorized by their developmental, stage into the following age group: 1–15 days, 16–30 days, 31–45 days, and 46–60 days (Urfi, 2011). Only chicks older than 45 days were included in this classification, and a nest was considered successful if at least one chick survived (Urfi, 2011; Tiwary & Urfi, 2016).

The Mayfield Method was used to determine nest survival. This method involves calculating the number of failed nests and exposure days (Mayfield, 1961). For failures occurring between two nest visits, half of the interval length was applied (Johnson, 1979).

Daily Survival Rate (DSR) = 1 - (number of failed nests/number of exposure days)

Nest Survival = $(DSR)^d$

^{d} = average number of days in the nesting period (100 days for the Painted stork)

Kaplan-Meier, estimation was utilized to determine the proportion of subjects surviving over time following treatment (Kaplan & Meier, 1958). This method tracks the number of participants surviving over time in clinical or community trials (Lira *et al*., 2020). Survival curves were constructed under various assumptions, with probabilities of events calculated at specific times (Goel et al., 2020).

Generalized Linear Model (GLM), the model factors affecting bird nest survival were analyzed using the GLM method (Rotella *et al*., 2004). The best model was selected based on Akaike's Information Criterion (AIC), with the model having the lowest AIC value considered optimal (Etterson, 2013). The statistical significance of coefficients was assessed based on the 95 percent confidence interval of coefficients (Walsh *et al*., 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Dynamics of nest construction and fledgling emergence in Painted Storks

The observation of painted storks engaging in pairing behavior and nest construction revealed a progressive trend over the observed period. Initially, during August 2020, a modest number of nests were observed, indicative of the early stages of nesting activity. However, over subsequent months, the frequency of nest construction exhibited a consistent upward trajectory. The zenith of nest abundance was reached in January, marking a notable culmination of nesting efforts within the observed population of painted storks (Figure 2).

In a comprehensive study examining bird nest survival, data from 142 nests revealed fluctuating counts of newly constructed nests across consecutive months. Specifically,

in August, 7 new nests were documented, with a substantial increase observed in subsequent months: 33 in September, 35 in October, and 43 in November. December maintained a relatively high count with 21 new nests, followed by a marked decline in January, where only 3 new nests were observed, signifying the cessation of nest-building activity. Throughout the study period, instances of unsuccessful nests were consistently recorded, punctuating the breeding seasons. Noteworthy occurrences of unsuccessful nests were recorded in October, November, December, January, February, and March (Figure 3).

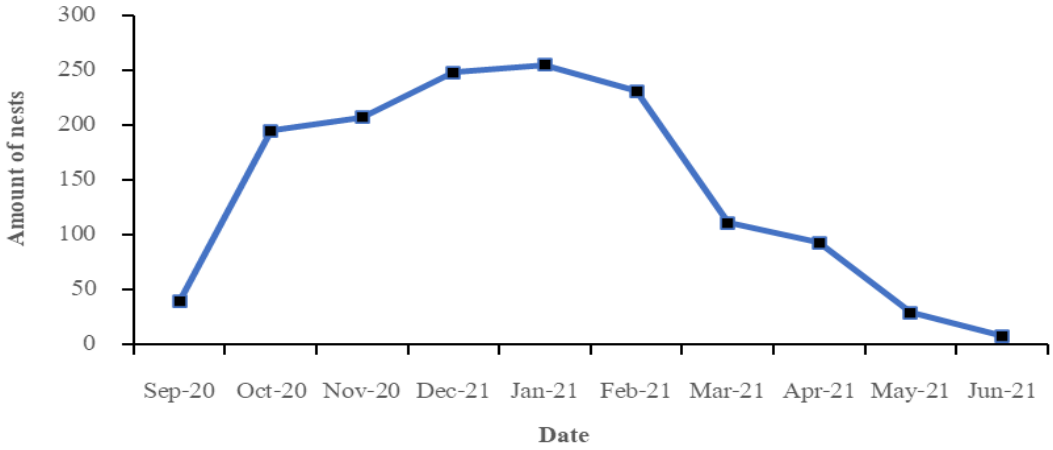


Figure 2 Monthly nest numbers during the breeding season of painted stork

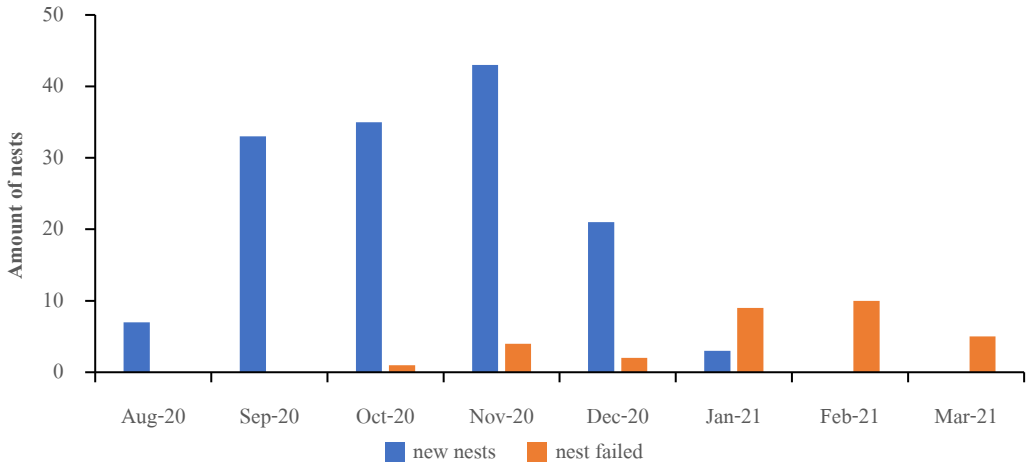


Figure 3 Monthly counts of newly built nests (n = 142) and failed nests.

The fledgling phase, a critical stage in the avian lifecycle, was meticulously studied across a sample size of 142 nests, revealing a range of fledglings per nest varying between 1 and 3. During this developmental period, characterized by the birds' immaturity, one parent bird typically assumes the role of sentinel, especially during sun-drenched days, using its wings to provide shade and shield the young within the nest. Parental care extends to feeding,

wherein regurgitated food is provided for the offspring, and the parent may reclaim any unconsumed portions. September 2020 marked the commencement of the birds' incubation period, heralding what research findings identify as the most prolonged breeding season observed in avian species. Notably, a significant proportion of young birds, hatched from eggs laid between November and December 2020, emerged predominantly in December 2020 and January 2021 (Figure 4).

A notable influx of fledglings aged 1 to 15 days was documented during December 2020 and January 2021. In January 2021, a pinnacle in the population distribution of fledglings aged 16 to 30 days was noted, with a substantial presence of birds aged 31 to 45 days persisting throughout the month. January or February 2021 witnessed the emergence of many fledglings aged 46 to 60 days, with February 2021 particularly notable for the prevalence of chicks aged 61 to 70 days, including those born in the preceding months of January and February (Figure 5)

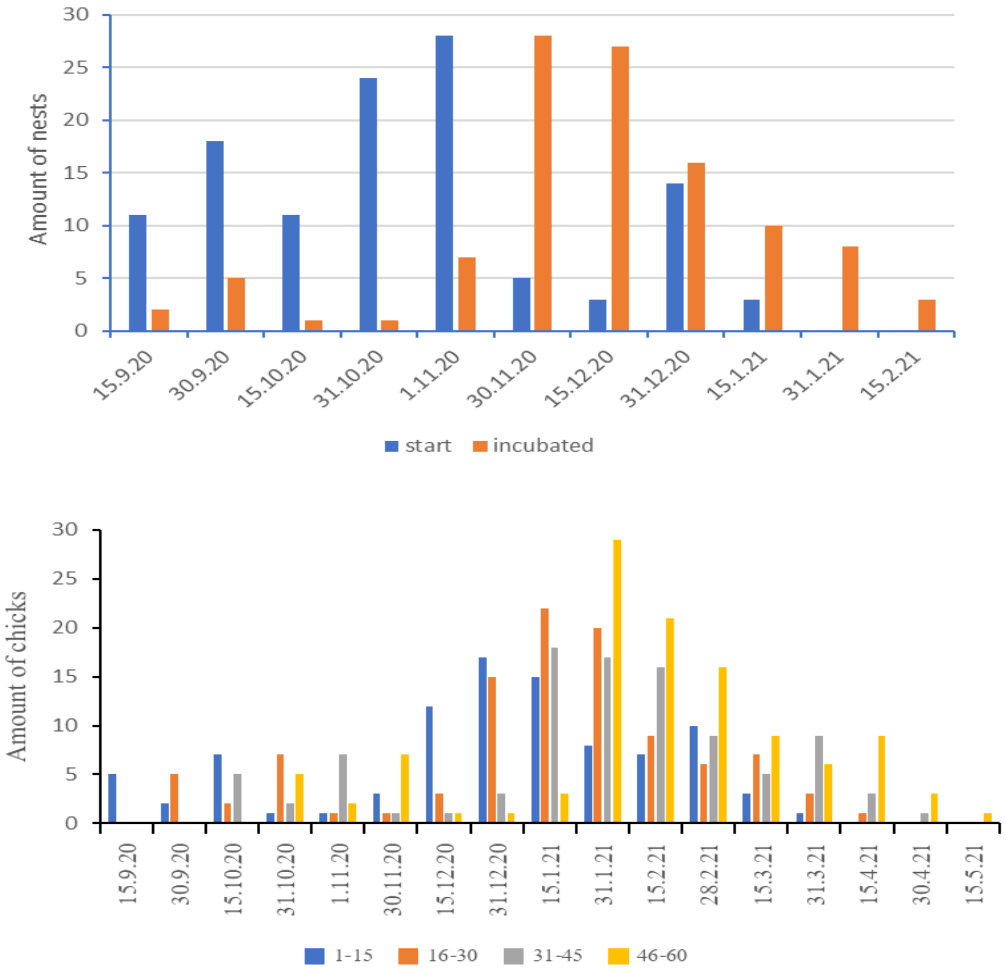


Figure 5 Distribution of fledglings across different age groups.

2. Environmental conditions and developmental phases of Painted Stork chicks

For chicks aged 1 to 15 days, the prevailing ambient temperature averaged 26 °C, with a typical low of 20 degrees Celsius and a peak of 33 °C. Monthly average rainfall stood at 21 millimeters, accompanied by a relative humidity of 68 %. As chicks matured to 16 to 30 days, the temperature profile remained consistent, averaging 26 °C, with a minimum of 20 °C and a maximum of 34 °C. This phase notably experienced no recorded rainfall, with relative humidity registering at 63 %. Chicks aged 31 to 45 days encountered a slightly elevated average temperature of 27 °C, with a corresponding low of 21 °C and a maximum of 34 °C. Rainfall during this interval diminished to an average of 5 millimeters per month, while relative humidity was maintained at 70%.

Transitioning to the 46 to 60 days age group, the ambient temperature increased to an average of 29 °C, with a minimum of 23 °C and a maximum of 35 °C. Monthly rainfall averaged 24 millimeters during this stage. The comprehensive nesting and incubation phase, encompassing nest construction, egg laying, and nurturing until fledglings reach independence, spans an average duration of 147 days. Remarkably, the longest recorded nest persisted for approximately 270 days, while the shortest duration recorded was approximately 85 days.

3. Survival of Painted stork nestling

The fledglings of Painted Storks exhibit a remarkable daily survival rate of 0.997 and nest survival of 74 %, while a nest success rate of 0.73 or 73 % by nest success divides total nests (104 successful nests from 142 nests). During the bird breeding season, precipitation levels varied significantly between heavy and light rain periods. This variability affected the duration of nest construction, as demonstrated by the Wilcoxon signed-rank test ($p < 0.05$). Nest-building time was notably longer during the rainy season from August to October, averaging 38.5 days (SD ±30). In contrast, the average nest-building time decreased to 21.7 days (SD ±20) during low precipitation, November to January.

The breeding season can be divided into two distinct periods: the first, characterized by heavy rainfall from August to October (Phase 1), and the second, with minimal rainfall extending from November to January (Phase 2) (Figure 6). During Phase 1, when birds began nesting, 21.3% rate of unsuccessful nesting was observed. However, in Phase 2, when nesting began, the rate of unsuccessful nests increased to 32.8%. The nest survival was analyzed using the Kaplan-Meier method, which encompasses the observation of various occurrences, including the appearance and disappearance of nests from the initiation of nest construction by birds to the hatching of eggs and until the young ones reach an age between 1 and 45 days.

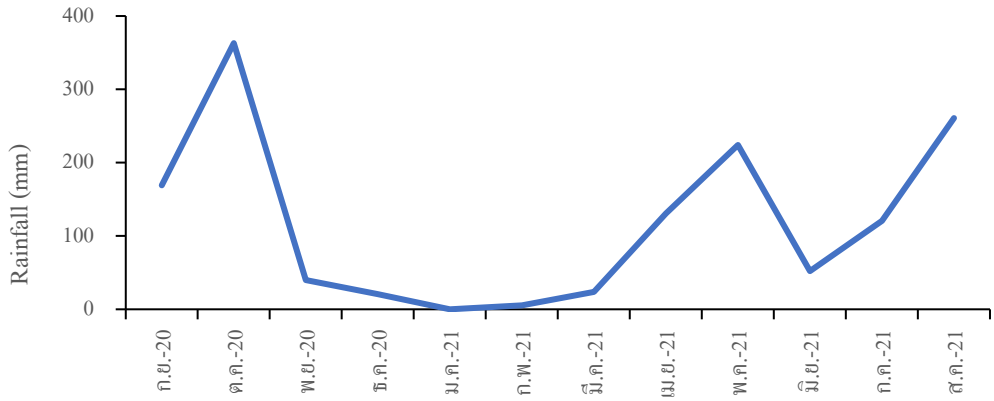


Figure 6 Monthly rainfall in 2020 and 2021 during the study period

The nest survival diagram illustrates a rapid decline in survival rates during the early stages of nest formation and the incubation period, followed by stabilization around the eighth week (nestling age over 16 days) (Figure 7). The weekly and cumulative Kaplan-Meier survival proportion for Painted Storks offers invaluable insights into the survival trends of fledgling storks during their critical developmental phases. This meticulously collected and analyzed dataset provides a comprehensive overview of the likelihood of survival for Painted Storks over ten weeks. Throughout the observed timeframe, the survival proportions exhibit a gradual decline, reflecting the myriad challenges and hazards encountered by the fledglings as they progress through their early life stages. In the initial week, the survival proportion is notably high at 0.979, indicating a robust likelihood of survival shortly after hatching. However, as subsequent weeks unfold, this proportion steadily diminishes, reaching 0.774 by the tenth week (Table 1).

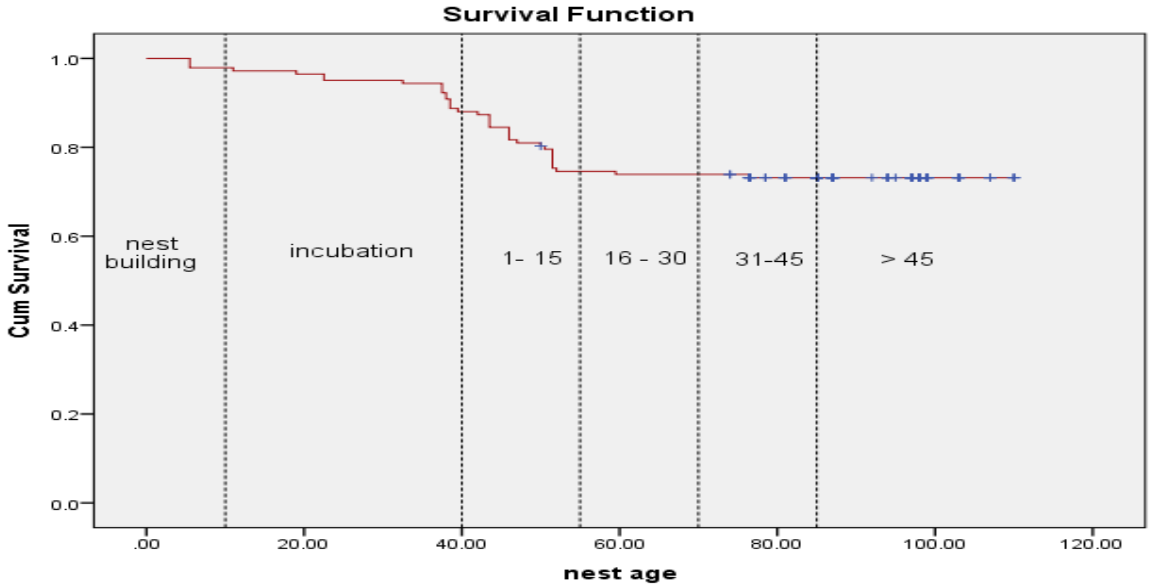


Figure 7 Nest survival during nest formation and chick development

Table 1 Weekly and Cumulative Kaplan-Meier Survival Proportion for Painted Stork

Week	Survival Proportion	Std. Error
1	0.979	0.012
2	0.972	0.014
3	0.965	0.015
4	0.951	0.018
5	0.944	0.019
6	0.894	0.026
7	0.824	0.032
8	0.774	0.140
9	0.774	0.140
10	0.774	0.140

4. Factors Influencing the Nest Survival

Various factors may influence nest survival, including average air temperature, average wind speed, average relative humidity, average precipitation, nest age, and nest height. These relationships can be analyzed using statistical models such as generalized linear models (GLMs). Models with the lowest Akaike Information Criterion (AIC) values are considered the most appropriate for analyzing nest survival. The table below (Table 2) presents the top 10 models with the lowest AIC values from a total of 63 models analyzed.

Table 2 Models of factors Influencing the nest survival

Model	AIC
Nest age	20.092
Nest age * nest height	21.427
Temperature average * nest age	22.044
Humidity average * nest age	22.073
Precipitation average * nest age	22.073
Wind speed average * nest age	22.081
Humidity average * nest age * nest height	23.379
Temperature average * nest age * nest height	23.419
Wind speed average * nest age * nest height	23.422
Precipitation average * nest age * nest height	23.427

This study identified a significant positive correlation between the survival of painted stork nests and nestling age, particularly noteworthy once chicks reached 16 days. Another study conducted in different regions highlighted environmental influences on nest survival, with nestling age, annual rainfall, and winter temperatures notably affecting survival rates, which stabilized notably after chicks surpassed 20 days of age (Tiwary & Urfi, 2016). Adverse environmental factors like strong winds further contributed to nest failures (Urfi et al., 2007). The vulnerability of younger nestlings, especially those under ten days old, led to higher mortality rates (Jovani & Tella, 2004). Nest survival has emerged as crucial for avian breeding success, with nest losses being a primary cause of reproductive failure across species (Martin, 1993), particularly during extreme weather events such as cold spells in December and January, resulting in nest mortality due to hypothermia (Tiwary & Urfi, 2016).

Environmental variables such as temperature and rainfall critically influence nesting success and nestling development, with high temperatures during the early stages reducing survival rates and rainfall patterns in tropical semi-arid regions influencing breeding timing, food availability, and fecundity (Bourne et al., 2020; França et al., 2020). Moreover, environmental conditions affected nest construction and parental behaviors, influencing provisioning rates and post-fledging survival (Facey et al., 2020). Humidity levels during incubation impacted water loss and embryonic mortality, thus affecting nest productivity (Van der Pol et al, 2013; Bobek et al, 2018).

CONCLUSION

The painted stork began nesting in the Khao Kheow Open Zoo area in August. Due to asynchronous nesting, the age of the chicks varies. Analysis of factors affecting nest survival indicated that nests with chicks older than 16 days had higher survival. Conversely, nests with chicks younger than 16 days, may be more vulnerable to hypothermia from adverse weather conditions and may have lower survival.

ACKNOWLEDGEMENT

We extend our sincere gratitude to the Zoological Park Organization of Thailand under the Royal Patronage for their invaluable support, including provision for further study leave. We are also deeply thankful to our family members, parents, spouses, and relatives for their unwavering encouragement and understanding throughout this endeavor. Special appreciation is extended to our colleagues for their support and collaboration. We acknowledge the support of the lecturers in the Department of Zoology, Kasetsart University.

REFERENCES

Anteau, M. J., T.L. Shaffer, M.H. Sherfy, M.A. Sovada, J.H. Stucker & M.T. Wiltermuth. 2012. Nest survival of piping plovers at a dynamic reservoir indicates an ecological trap for a threatened population. **Oecologia** 170(4): 1167–1179.

Arsaithamkul, V. 2019. Painted stork nesting in Khao Kheow Open Zoo. Available source: https://twitter.com/papakrab/status/1179594250268237825 (Accessed: April 25, 2024)

Bêty, J., G. Gauthier, J.F. Giroux & E. Korpimäki. 2001. Are goose nesting success and lemming cycles linked? Interplay between nest density and predators. **Oikos** 93: 388–400.

BirdLife International. 2003. Mycteria leucocephala. The IUCN Red List of Threatened Species. e.T22697658A228020407. Available source: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2023-1.RLTS.T22697658A228020407.en (Accessed: April 26, 2024)

Bobek, O., A. Gal, D. Saltz & U. Motro. 2018. Effect of nest-site microclimatic conditions on nesting success in the Lesser Kestrel *Falco naumanni*. **Bird Study** 65(4), 444–450.

Bourne, A. R., S.J. Cunningham, C.N. Spottiswoode & A.R. Ridley. 2020. High temperatures drive offspring mortality in a cooperatively breeding bird. **Proceedings of the Royal Society B** 287(1931), 20201140.

Brussee, B. E., P.S. Coates, R.L. Hothem, K.B. Howe, M.L. Casazza & J.M. Eadie. 2016. Nest survival is influenced by parental behavior and hetero specifics in a mixed‐species colony. **Ibis** 158(2): 315–326.

Burr, P.C., A.C. Robinson, R.T. Larsen, R.A. Newman & S.N. Ellis-Felege. 2017. Sharp-tailed grouse nest survival and nest predator habitat use in North Dakota's Bakken oil field. **PLOS ONE** 12: e0170177.

Eiam-Ampai, K. 2006. Nesting of waterbirds in Bung Boraphet wetland, p. 91-110. In W. R. Division, eds. **Wildlife yearbook**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Etterson, M. 2013. **Technical Manual for MC estimate**. EPA/600/B-13/164. p 22. Available source: http://www. epa. gov/chemical-research/markov-chain-nest-productivity-model-documentation. (Accessed: May 20, 2024)

Facey, R.J., J.O. Vafidis, J.A. Smith, I.P. Vaughan & R.J. 2020. Contrasting sensitivity of nestling and fledgling Barn Swallow *Hirundo rustica* body mass to local weather conditions. **Ibis** 162:1163–1174.

Franca, L. F., V.H. Figueiredo-Paixão, T.A. Duarte-Silva & K.B. dos Santos. 2020. The effects of rainfall and arthropod abundance on breeding season of insectivorous birds, in a semi-arid neotropical environment. **Zoologia** 37: 1–7.

Fuller, A.K., S.M. Spohr, D.J. Harrison & F.A. Servello. 2017. Nest survival of wild turkeys *Meleagris gallopavo silvestris* in a mixed-use landscape: influences at nest-site and patch scales. **Wildlife Biology** 19: 138–146.

Goel, M.K., P. Khanna & J. Kishore. 2020. Understanding survival analysis: Kaplan-

Meier estimate. **International Journal of Ayurveda Research** 1(4): 274–278.

Grant, T.A., T.L. Shaffer, E.M. Madden, P.J. Pietz, D. Johnson. 2005. Time-specific variation in passerine nest survival: new insights into old questions. **Auk** 122: 661–672.

Jaiyawat, K. 2003. **Study on Adaptive Behavior and Hematological Characteristics of Captive Painted Srork, *Mycteria leucocephala* (Pennant) of Bangpra Waterbird Breeding Research Center**. Ph.D. Thesis. Kasetsart University.

Johnson, D. H. 1979. Estimating nest success: the Mayfield method and an alternative. **The auk** 96(4), 651-661.

Jovani, R. & J.L. Tella. 2004. Age‐related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. **Ecography** 27(5), 611–618.

Kaplan, E.L. & P. Meier. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. **Journal of the American statistical association** 53(282): 457–481.

Kolada, E., M. Casazza & J. Sedinger. 2009. Ecological factors influencing nest survival of greater sage-grouse in mono county, California. **Journal of Wildlife Managemen**t 73, 1341–1347.

Kumar, A. & A. Kanaujia, A. 2015. Nesting behavior of painted-storks in Lucknow district of Uttar Pradesh, India. **Asian Journal of Conservation Biology** 4(2):161–163.

Linz, G. M., R.S. Sawin & M.N. Lutman. 2013. The influence of breeding experience on nest success in red-winged blackbird. **Western North American Naturalist** 74(1): 123–129.

Lira, R. P. C., R. Antunes-Foschini & E.M. Rocha. 2020. Survival analysis (Kaplan-Meier curves): A method to predict the future. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia** 83(2), 5–7.

Martin, T.E. 1993. Nest predation among vegetation layers and habitat types: revising the dogmas. **American Naturalist** 141:897–913.

Mayfield, H. 1961. Nesting success calculated from exposure. **Wilson Bulletin** 73(3): 255–261.

Öst, M & B.B. Steele. 2010. Age-specific nest-site preference and success in eiders. **Oecologia** 162: 59–69.

Remeš, V. 2005. Nest concealment and parental behavior interact in affecting nest survival in the blackcap Sylvia atricapilla: an experimental evaluation of the parental compensation hypothesis. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 58: 326–332.

Repaijit, A. & S. Suparatwikorn. 2005. **Inside the Picture of Birds**. Birder Journal Publishing, Bangkok. (in Thai)

Reungri, S.2024. Large wading bird. Available source: https://twitter.com/sunsernr/status/1755173870808834284 (Accessed: May 5, 2024)

Rotella, J. 2017. Nest survival models. In: Cooch E and White G(ed) Program MARK ‘‘A gentle introduction’’, chapter 17. https://www.phidot.org/software/mark/docs/book/

Rotella, J. J., S.J. Dinsmore, T.L Shaffer. 2004. Modeling nest-survival data: A comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. **Animal Biodiversity and Conservation** 27(1): 187–205.

Smith, P.A. & S. Wilson. 2010. Intra seasonal patterns in shorebird nest survival are related to nest age and defense behavior. **Oecologia** 163: 613–624.

Songkhla Zoo. 2022. Songkhla zoo happy to welcome new painted stork fledgling. Available source: https://www.facebook.com/watch/?v=697158281476944. (Accessed: January 5, 2023)

Thale Noi Wildlife Non-hunting Area. 2021. Painted stork breeding behaviors in Thale Noi Wildlife Non-hunting Area. Available source: https://www.facebook.com/profile.php?id=100005820757565 (Accessed: May 5, 2024)

Tiwary, N. K. & A.J. Urfi. 2016. Nest survival in Painted Stork (*Mycteria leucocephala*) colonies of North India: The significance of nest age, annual rainfall and winter temperature. **Waterbirds** 39(2): 146–155.

Uherkoch, B.D., J.A. Schmutz & K.G. Wright. 2015. Nest visits and capture events affect breeding success of yellow-billed and Pacific loons. **Condor** 117: 121–129.

Urfi, A. J. 2011. **The Painted Stork: ecology and conservation**. New York: Springer.

Urfi, A. J., T. Meganathan & A. Kalam. 2007. Nesting ecology of Painted Stork (*Mycteria leucocephala)* at Sultanpur National Park (Haryana), India. **Forktail** 23: 150–153.

Van der Pol, C.W., I.A.M. van Roovert-Reijrink, C.M. Maatjens, H. Van den Brand & R. Molenaar. 2013. Effect of relative humidity during incubation at a set eggshell temperature and brooding temperature post hatch on embryonic mortality and chick quality. **Poultry Science** 92(8): 2145–2155.

Walsh, M., S.K. Srinathan, D.F. McAuley, M. Mrkobrada, O. Levine, C. Ribic & P.J. Devereaux. 2014. The statistical significance of randomized controlled trial results is frequently fragile: a case for a Fragility Index. **Journal of Clinical Epidemiology** 67(6): 622-628.

Webb, S.L., C.V. Olson, M.R. Dzialak, S.M. Harju, J.B. Winstead. 2012. Landscape features and weather influence nest survival of a ground-nesting bird of conservation concern, the greater sage-grouse, in human-altered environments. **Ecosystem Processes** 1: 1–15.

Wegge, P. & T. Storaas. 1990. Nest loss in capercaillie and black grouse in relation to the small rodent cycle in Southeast Norway. **Oecologia** 82: 527–530

Wildlife conservation office. 2013. **Water fowl nesting colony site in central region and northern-south**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok. 192 p. (in Thai)

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 451-466 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

วราลี ศรีเกื้อ[1] มณฑล นอแสงศรี[2] กฤษดา พงษ์การัณยภาส[3]
นรินธร จำวงษ์[4] ปัทมา แสดงวิศิษฎ์ภิรมย์[4] กันตพงศ์ เครือมา[1] และ แหลมไทย อายานอก[3, 5*]

รับต้นฉบับ: 26 สิงหาคม 2567 ฉบับแก้ไข: 24 กันยายน 2567 รับลงพิมพ์: 3 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: พื้นที่สวนสักทิ้งร้าง เป็นพื้นที่ที่ไม่มีการจัดการทางวนวัฒน์วิธีและปล่อยทิ้งให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติและมีไม้ต้นเข้ามาตั้งตัวทำให้มีความหลากหลายมากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ ในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างของสวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

วิธีการ: วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 0.16 เฮกแตร์ (40 เมตร x 40 เมตร) จำนวน 45 แปลง กระจายในพื้นที่ 30 สวนป่า โดยแบ่งแปลงตัวอย่างออกตามช่วงอายุที่ถูกทิ้งร้าง 2 ช่วงอายุ ได้แก่ อายุ 16 - 20 ปี (แปลงปี 2525 - 2529) และอายุ 21 - 25 ปี (แปลงปี 2520 - 2524) และในพื้นที่ป่าธรรมชาติ วิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและความสัมพันธ์ของชนิดไม้เด่นตามลักษณะปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ

ผลการศึกษา: พบไม้ต้นทั้งหมด 153 ชนิด 110 สกุล 41 วงศ์ ค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon index, H/) เท่ากับ 3.66 โดยป่าสักทิ้งร้างอายุ 16 – 20 ปี พบไม้ต้นทั้งหมด 105 ชนิด 83 สกุล 32 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.52 ขณะที่ป่าสักทิ้งร้างอายุ 21 - 25 ปี พบไม้ต้นทั้งหมด 101 ชนิด 79 สกุล 32 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.39 โดยป่าสักทิ้งร้างทั้ง 2 ช่วงอายุ พบชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) และป่าธรรมชาติ พบไม้ต้นทั้งหมด 106 ชนิด 73 สกุล 31 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.55 มีชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สัก ประดู่ป่า และสาธร (*Millettia leucantha*) และพบว่าป่าสักทิ้งร้างทั้ง 2 ช่วงอายุ และป่าธรรมชาติ มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงสูง (94.34 - 97.08 เปอร์เซ็นต์) อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมด้านความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) และความลาดชัน (SLO) มีผลกับการตั้งตัวของกลุ่มไม้เบิกนำ และปริมาณน้ำฝน (RAN) และอุณหภูมิ (TEM) มีผลต่อการตั้งตัวของกลุ่มไม้ถาวร

สรุป: สวนสักทิ้งร้างสามารถส่งเสริมการตั้งตัวของไม้ต้นได้ดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุที่ถูกทิ้งร้างและปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ ดังนั้น หากพิจารณานำชนิดไม้เด่นที่ปรากฏในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างมาใช้ในการฟื้นฟูป่าที่ถูกทิ้งร้างจะสามารถส่งเสริมให้เกิดการทดแทนของสังคมพืชที่รวดเร็วขึ้น

คำสำคัญ: ป่าผสมผลัดใบ, การทดแทนตามธรรมชาติ, พรรณไม้สังคมถาวร, ความหลากหลาย, การจัดการป่าเศรษฐกิจ

[1] สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[2] สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[3] สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[4] ศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[5] ศูนย์จัดการก๊าซเรือนกระจก โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
***ผู้รับผิดชอบบทความ**: E - mail: lamthainii@gmail.com

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.04

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 451-466 (2567)

ORIGINAL ARTICLE

Establishment of Tree Species Community in Abandoned Teak Plantation of North Forest Industry Organization

Waralee Srikue[1] Monthon Norsaengsri[2] Kritsada Phongkaranyaphat[3]
Narinthorn Jumwong[4] Pattama Sangvisitpirom[4] Kunthaphong Kruama[1] and Lamthai Asanok[3,5*]

Received: 26 August 2024 Revised: 24 September 2024 Accepted: 3 October 2024

ABSTRACT

Objectives: The abandoned teak plantation (ATP) is an area without silvicultural practices and has been left for natural succession. Many tree species had high established and increased species diversity. This study aimed to analyze the forest structure and species compositions in these abandoned teak plantations of North Forest Industry Organization.

Method: Total of Forty-five purposive sampling plots, each of 0.16 ha (40 m x 40 m) were established in thirty forest plantations. The sampling plots were divided according to the age of abandon into two age ranges; 16-20 yrs-ATP (planted since 1982 - 1986) and 21-25 yrs-ATP (planted since 1977 - 1981) and in the natural forest (NF). The forest structure and relationship between plant and environments were analyzed.

Main Results: The results show that total of 153 species 110 genera from 41 families with Shannon-Weiner ($H^{/}$) diversity index was 3.66. The 16 - 20 yrs-ATP showed that 105 species 83 genera from 32 families with $H^{/}$ of 3.52. while, the 21 – 25 yrs-ATP showed that 101 species 79 genera from 32 families and $H^{/}$ of 3.39. The dominant species of both ATP forest types; *Tectona grandis, Pterocarpus macrocarpus,* and *Xylia xylocarpa.* The NF showed that 106 species 73 genera from 31 families and species diversity index was 3.55. The dominant species such as *Tectona grandis, Pterocarpus macrocarpus,* and *Millettia leucantha.* All of three forests had high similarity index values (94.34–97.08%). The results of some environmental factors study found height above sea level (ELE) and slope (SLO) affects the established of pioneer species and rainfall (RAN) and temperature (TEM) affects the established of primary species.

Conclusion: Abandoned teak plantation in teak plantation area can encourage the establishment of tree species, however, depended on the time of abandoned and physical environment. Therefore, using dominant species that appear in the abandoned teak plantation for forest restoration may be rapidly supported on plant community succession.

Key words: Mixed deciduous forest, natural succession, climax species, diversity, economic forest management

[1] Department of Forest Management, School of Forestry, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[2] Department of Forestry, Establishment project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[3] Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[4] Forestry Research Center. Kasetsart University, Faculty of Forestry. Bangkok. 10900

[5] Green House Gas Management Centre, Establishment project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

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

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.04

คำนำ

ทรัพยากรป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถทดแทนได้ (Renewable resources) ตามกลไกทางธรรมชาติ (Suksard, 2009) ไม่ว่าจะเป็นการทดแทนตามธรรมชาติหรือการปลูกขึ้นใหม่โดยมนุษย์ ในพื้นที่ที่ถูกบุกรุกทำลายเมื่อปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่งก็จะเกิดการสืบต่อพันธุ์โดยธรรมชาติ (Natural regeneration) ของพรรณไม้ดั้งเดิม โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าที่ถูกรบกวน (Disturbed forest) มีขนาดไม่ใหญ่และไม่รุนแรง มีแม่ไม้หลงเหลืออยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก ทำให้การเข้าทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ดั้งเดิมเป็นไปได้ดี (Marod *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามหากพื้นที่ถูกบุกรุกเป็นบริเวณกว้างและถูกรบกวนทั้งจากมนุษย์และธรรมชาติ เช่น เกิดไฟป่าเป็นประจำ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทดแทนขึ้นใหม่ค่อนข้างยาวนาน (Toky & Ramakrishnan, 1983) จากการที่ปัจจัยแวดล้อมที่จำเป็นต่อการตั้งตัว (Establishment) เปลี่ยนแปลงไป ทำให้โอกาสที่จะกลับเป็นสังคมป่าถาวรนั้นเป็นไปได้ยากและอาจต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าพื้นที่ที่ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย (Dhanmanond, 1994) อย่างไรก็ตามพื้นที่ป่าเมื่อถูกปล่อยทิ้งไว้ให้รกร้างว่างเปล่าเป็นเวลานานพอสมควร สภาพพื้นที่ก็จะปรับเปลี่ยนไปในทิศทางที่เริ่มมีความหลากหลายทางองค์ประกอบของชนิดพันธุ์สูงขึ้น (Marod *et al.*, 2003) แต่ด้วยความต้องการใช้ประโยชน์จากไม้และการขยายพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เกิดการบุกรุกป่าเป็นจำนวนมากจนทำให้พื้นที่ป่าไม้ยากที่จะเกิดการทดแทนตามธรรมชาติได้ การศึกษาเรื่องการปรับปรุงสภาพป่าให้ฟื้นคืนสู่สภาพที่ใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติดั้งเดิมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในทางนิเวศวิทยาป่าไม้ คือ เรื่องการทดแทนของสังคมพืช (Plant community succession) (Kamsanor *et al.*, 2013) ที่จะทำให้ทราบถึงช่วงของความทนทานทางนิเวศวิทยา (Amplitude of tolerance) ของพรรณไม้แต่ละชนิดที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่องานด้านการปลูกสร้างสวนป่า ที่จำเป็นต้องพิจารณาคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้มาใช้ในการปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพขาดความสมบูรณ์จากเดิมมาก

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อ.อ.ป.) เป็นรัฐวิสาหกิจสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดำเนินงานภายใต้นโยบายการจัดการสวนป่าเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนตามมาตรฐานสากล (Forest Stewardship Council: FSC) กำหนดให้มีการปกป้องความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศและฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมให้เกิดความยั่งยืนภายในพื้นที่สวนป่า จึงมีการกำหนดวนวัฒน์วิธีสำหรับการตัดสางขยายระยะ ภายหลังการตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 20 ปี ด้วยวิธีการเลือกตัด (Selective thinning) เมื่อพิจารณาแล้วว่าพื้นที่เป็นที่ที่ทำไม้ออกได้ลำบากและไม่คุ้มค่าในการลงทุน องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จะกันพื้นที่สวนป่าสักเหล่านี้ออกจากการจัดการทางวนวัฒน์วิธีและปล่อยให้พื้นที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติ ดังนั้นหากมองในแง่ของนิเวศวิทยาป่าไม้แล้วพื้นที่สวนสักทิ้งร้างเหล่านี้ถือว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกสนับสนุนให้มีการทดแทนตามธรรมชาติและเกิดการตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนป่าทิ้งร้างดังกล่าว ในปัจจุบันการศึกษาสังคมพืชในพื้นที่ป่าสักทิ้งร้างยังมีอยู่น้อย เช่น การศึกษาของ Kruama *et al.* (2021) ที่ได้

ศึกษาความหลากหลายของไม้ต้นของสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ซึ่งยังเป็นเพียงการศึกษาในพื้นที่สวนสักที่ยังคงมีการจัดการทางวนวัฒน์วิธี ยังไม่ได้บ่งชี้ถึงความสามารถของการเจริญทดแทน (Regeneration) ของสังคมพืชดั้งเดิม ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืช และองค์ประกอบชนิดไม้ที่เจริญทดแทนหลังจากปล่อยทิ้งร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลการจัดการสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และพื้นที่อื่นให้มีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืนต่อไป

วิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ ซึ่งแบ่งพื้นที่บริหารงานเป็นองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เหนือบนและเหนือล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 6 เขต จำนวน 30 สวนป่า 13 จังหวัด (Figure 1) โดยพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับกับที่ราบระหว่างหุบเขาแนว มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 21.14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.22 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ย 1,697.86 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่ มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.01 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ย 1,479.95 มิลลิเมตรต่อปี (Thai Meteorological Department, 2024)

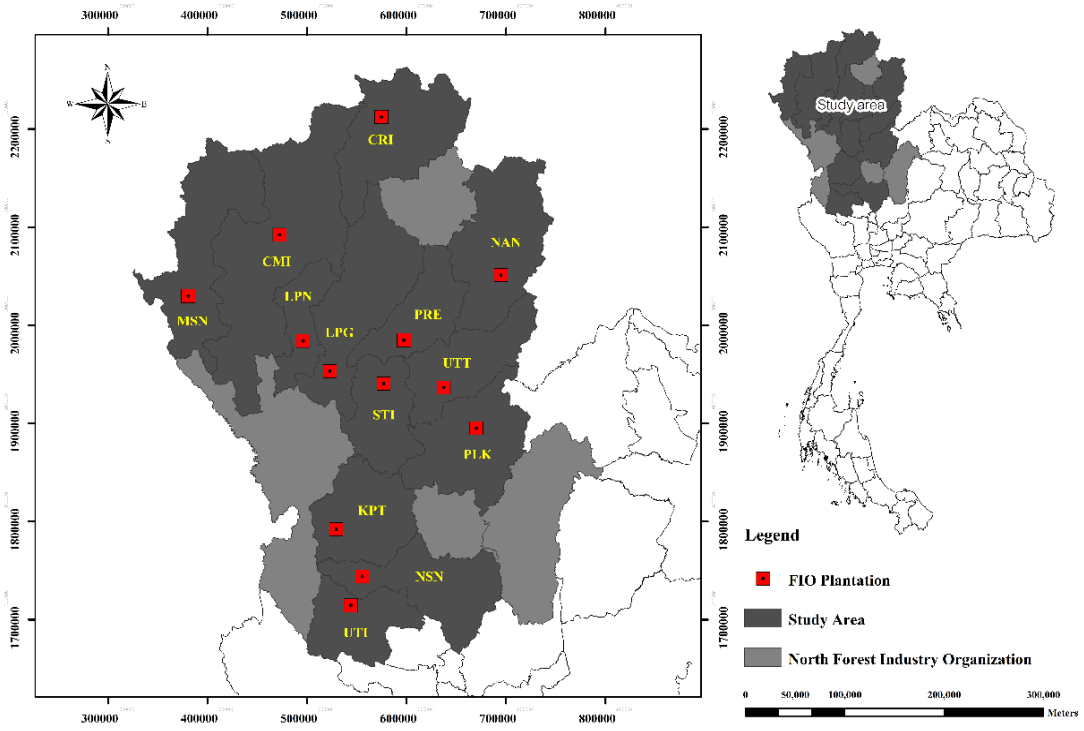


Figure 1 The location of study area in North Forest Industry Organization. It contains 1) Chiang Mai (CMI) 2) Maehongson (MSN) 3) Lampang (LPG) 4) Lampoon (LPN) 5) Nan (NAN) 6) Chiang Rai (CRI) 7) Phrae (PRE) 8) Phitsanulok (PLK) 9) Sukhothai (STI) 10) Uttaradit (UTT) 11) Kamphaengphet (KPT) 12) Nakhonsawan (NSN) 13) Uthaithani (UTI)

การเก็บข้อมูล

1. ในการศึกษาครั้งนี้ทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าสักทิ้งร้างทดแทนตามธรรมชาติ อายุ 16 - 20 ปี (แปลงปลูกปี 2529 - 2525) 2) พื้นที่ป่าสักทิ้งร้างทดแทนตามธรรมชาติอายุ 21 - 25 ปี (แปลงปลูกปี 2520 - 2524) และ 3) พื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยแปลงได้กระจายอยู่ในพื้นที่ 30 สวนป่า ครอบคลุมเขตการบริหารพื้นที่ภาคเหนือบนและเหนือล่าง จากนั้นทำการวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร บริเวณที่เป็นตัวแทนที่ดีของสังคมพืช ให้กระจายในแต่ละประเภทป่า รวม 45 แปลง แต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบไม้ต้นทุก ๆ แปลงย่อย บันทึกข้อมูลไม้ต้น (Tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at breast height, DBH) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ทำการระบุชื่อพฤกษศาสตร์ อ้างตาม Phuma & Suddee (2014) พร้อมบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS)

2. ข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation, เมตร) ทิศด้านลาด (Aspect, องศา) ความลาดชัน (Slope, เปอร์เซ็นต์) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall, มิลลิเมตร) และอุณหภูมิ (Temperature, องศาเซลเซียส) สร้างได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial analysis) หลังจากนั้นนำเข้าข้อมูลทางด้านกายภาพของแต่ละจุดด้วยวิธีประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยเครื่องมือ Topo to raster toolbox ในโปรแกรม ArcGIS

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพรรณพืชในระดับไม้ต้น วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod & Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (Importance value index, IVI) ทำโดยวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density, D: ต้น/เฮกแตร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตารางเมตร/เฮกแตร์) และความถี่ (Frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว โดยผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสามค่าก็คือค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ในแต่ละชนิด และหาค่าดัชนีความหลากหลาย (Species diversity index) ตามสมการ Shannon – Wiener index (H') (Magurran, 1988)

2. ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index; SI) ใช้การคำนวณจากสมการของ Sorensen (1948) เพื่อประเมินดัชนีความคล้ายคลึงของชนิดพันธุ์ไม้ต้น

3. การจัดลำดับหมู่ไม้ (Ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับปัจจัยแวดล้อม โดยใช้จำนวนไม้ต้นแต่ละชนิดของแต่ละแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร เป็นแมทริกซ์หลัก (Main matrix) กับปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation, เมตร) ทิศด้านลาด (Aspect, องศา) ความลาดชัน (Slope, เปอร์เซ็นต์) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall, มิลลิเมตร) และอุณหภูมิ (Temperature, องศาเซลเซียส) ให้เป็นเมทริกซ์รอง (Second matrix) โดยใช้วิธี Canonical correspondence analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune & Mefford, 2011)

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะโครงสร้างสังคมพืช

จากการศึกษาพบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 153 ชนิด 110 สกุล 41 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 709 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.40 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 1) มีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weiner index, H/) เท่ากับ 3.66 ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylia xylocarpa*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) และกุ๊ก (*Lannea coromandelica*) มีค่าเท่ากับ 57.39, 26.07, 12.39, 9.22 และ 8.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) โดยแต่ละช่วงอายุมีลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ดังนี้

Table 1 Plant community characteristics in abandoned teak plantation (ATP) and natural forest (NF) of North Forest Industry Organization

Community characteristics	Total	16 - 20yrs-ATP	21 - 25yrs-ATP	NF
Number of species	153	105	101	106
Number of genera	110	83	79	73
Number of family	41	32	32	31
Steam density (Steams ha^{-1})	709	799	648	681
Basal area (m^2 ha^{-1})	18.40	19.63	18.78	16.79
Shannon - Weiner index	3.66	3.52	3.39	3.55

1. ป่าสักทิ้งร้างอายุ 16 – 20 ปี (16 – 20yrs-ATP) พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 105 ชนิด 83 สกุล 32 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 799 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 19.63 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H/) เท่ากับ 3.52 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก ประดู่ป่า แดง กระพี้จั่น และกุ๊ก มีค่าเท่ากับ 59.28, 17.36, 16.04, 14.26 และ 10.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

2. ป่าสักทิ้งร้างอายุ 21 – 25 ปี (21 - 25yrs-ATP) พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 101 ชนิด 79 สกุล 32 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 648 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.78 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H/) เท่ากับ 3.39 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก ประดู่ป่า แดง ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*) และกุ๊ก มีค่าเท่ากับ 66.53, 27.07, 10.29, 10.02 และ 9.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

3. ป่าธรรมชาติ (NF) พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 106 ชนิด 73 สกุล 31 วงศ์ มีความหนาแน่นจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 681 ต้นต่อเฮกแตร์ และ

16.79 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากชนิด (H′) เท่ากับ 3.55 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญพรรณไม้ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก ประดู่ป่า สาธร (*Millettia leucantha*) แดง และผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens*) มีค่าเท่ากับ 45.35, 35.22, 13.02, 10.40 และ 8.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Top five species based on importance value index (IVI) in each sub-community of forest in North Forest Industry Organization, including relative dominance (RDo %), relative density (RD %), and relative frequency (RF %).

Plant Community	Species	RDo(%)	RF(%)	RD(%)	IVI
Total	*Tectona grandis* L.f.	33.17	4.03	20.18	57.39
	Pterocarpus macrocarpus Kurz	11.32	3.53	11.22	26.07
	Xylia xylocarpa (Roxb.) W. Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I. C. Nielsen	3.96	3.23	5.21	12.39
	Millettia brandisiana Kurz	1.99	2.32	4.91	9.22
	Lannea coromandelica (Houtt.) Merr.	3.18	2.92	2.56	8.67
	Others (148 species)	46.39	83.97	55.91	186.27
16 - 20yrs-ATP	*Tectona grandis* L.f.	32.94	4.29	22.05	59.28
	Pterocarpus macrocarpus Kurz	7.73	2.86	6.78	17.36
	Xylia xylocarpa (Roxb.) W. Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I. C. Nielsen	5.60	3.71	6.73	16.04
	Millettia brandisiana Kurz	3.17	2.86	8.24	14.26
	Lannea coromandelica (Houtt.) Merr.	3.85	3.14	3.02	10.01
	Others (100 species)	46.71	83.14	53.18	183.04
21 - 25yrs-ATP	*Tectona grandis* L.f.	39.97	4.44	22.12	66.53
	Pterocarpus macrocarpus Kurz	11.43	3.81	11.83	27.07
	Xylia xylocarpa (Roxb.) W. Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I. C. Nielsen	2.49	3.49	4.31	10.29
	Grewia eriocarpa Juss.	2.16	3.81	4.05	10.02
	Lannea coromandelica (Houtt.) Merr.	3.25	3.17	2.70	9.13
	Others (96 species)	40.71	81.27	54.98	176.96
NF	*Tectona grandis* L.f.	25.83	3.36	16.15	45.35
	Pterocarpus macrocarpus Kurz	15.40	3.98	15.84	35.22
	Millettia leucantha Kurz var. *buteoides* (Gagnep.) P. K. Loc	4.95	1.83	6.24	13.02
	Xylia xylocarpa (Roxb.) W. Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I. C. Nielsen	3.68	2.45	4.28	10.40
	Vitex canescens Kurz	1.91	3.36	3.24	8.52
	Others (101 species)	48.23	85.02	54.25	187.49

จากผลข้างต้นพบว่าโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ป่าสักทิ้งร้างอายุ 16 – 20 ปี และ 21 – 25 ปี มีชนิดไม้และไม้เด่นไม่แตกต่างกันมากนัก โดยพบว่าส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) เช่น สัก ประดู่ป่า แดง กระพี้จั่น และกุ๊ก เป็นต้น เนื่องจากไม้ชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่มากในป่าผสมผลัดใบมากกว่าป่าชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างที่มีอายุมากกว่า 16 ปีขึ้นไป สามารถส่งเสริมให้ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นบนของป่าผสมผลัดใบสามารถเข้ามาตั้งตัว (Establishment) ในพื้นที่ได้ดี (Marod *et al.*, 1999) จนทำให้พื้นที่สวนสักทิ้งร้างทั้งสองช่วงอายุมีชนิดไม้เด่นที่มีความสำคัญในระดับต้น ๆ มีความคล้ายคลึงกับป่าผสมผลัดใบตามธรรมชาติได้ เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของชนิดไม้ต้นทั้งหมดพบว่า สัก มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด มีค่า IVI มากกว่าร้อยละ 45 เนื่องจากเดิมเป็นพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าสักมาก่อนที่จะถูกปล่อยร้างให้พื้นที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติโดยไม่มีการตัดไม้ออกอีกต่อไป เป็นเหตุให้ปรากฏไม้สักอยู่มากในพื้นที่ทำให้มีลักษณะทางสังคมสูงสุด รองลงมาพบไม้ขนาดเล็กจากการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ดั้งเดิมของป่าผสมผลัดใบ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kamyo *et al.* (2016) พบว่าในพื้นที่สวนป่ามีไม้สักเป็นไม้เด่นขึ้นร่วมกับชนิดไม้ต้นในป่าผสมผลัดใบชนิดอื่นๆ โดยมีลักษณะทางสังคมได้แก่ ความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัดหมู่ไม้ในสังคมไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผลจากการจัดการสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่มีการตัดสางขยายระยะแบบเลือกตัด (Selection thinning) ในครั้งที่ 2 โดยมีการเลือกตัดไม้เฉพาะไม้สักที่มีลักษณะดีออกไป และจะไม่มีการเข้าไปจัดการหมู่ไม้อื่นๆ ที่มีอยู่ในแปลงแต่อย่างใด (Netprachit, 2007) เพื่อคงไว้เป็นไม้อนุรักษ์และปล่อยให้เกิดการทดแทนทางธรรมชาติของสวนสักทิ้งร้าง ทำให้หมู่ไม้ที่เข้ามาเจริญทดแทนในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างมีค่าลักษณะทางสังคมใกล้เคียงกัน และช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Canopy gap) ที่เกิดจากการตัดสางขยายระยะนับเป็นการส่งเสริมให้ไม้ชนิดอื่นเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ได้ง่าย (Dupuy & Chazdon, 2008) โดยมีชนิดไม้เด่น คือ ประดู่ป่า และแดง เข้ามายึดครองพื้นที่จนเป็นไม้เด่นในสังคมรองลงมาจากสัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Koonkhunthod *et al.* (2007) ที่ประเมินบทบาทของการทดแทนของต้นไม้ในสวนป่าสัก พบชนิดไม้ที่เป็นตัวแทนมี 37 ชนิด โดยชนิดที่มีความโดดเด่น คือ ประดู่ป่า และยังพบไม้แดงที่เป็นดัชนีไม้ในกลุ่มป่าผสมผลัดใบ แสดงให้เห็นว่าสังคมแห่งนี้เริ่มเข้าสู่การฟื้นตัวไปเป็นป่าธรรมชาติป่าผสมผลัดใบ เช่นเดียวกับ Kaewkrom *et al.* (2005) ระบุว่าการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนสามารถเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในป่าเศรษฐกิจได้ โดยมีชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบมาขึ้นเจริญทดแทนในพื้นที่สวนป่า เช่น แดง และประดู่ป่า เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าไม้แดง และประดู่ป่าเป็นไม้ทั่วไป (Generalist species) ของป่าผสมผลัดใบ กล่าวคือมีคุณสมบัติเป็นทั้งไม้เบิกนำและไม้ในสังคมถาวรของป่าผสมผลัดใบ (Asanok *et al.*, 2020)

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon index, H′) พบว่าทั้ง 3 พื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยป่าสักทิ้งร้างอายุ 16 – 20 ปี มีค่า

ดัชนีความหลากหลายมากที่สุด เท่ากับ 3.52 และมีความหลากหลายใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติมากที่สุด ต่างจากการศึกษาของ Saengsathien (2016) ที่พบว่า สังคมพืชที่มีการทดแทนตามธรรมชาติมีค่าความหลากหลายเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันตามจำนวนปีที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติ ซึ่งการตั้งตัวของชนิดไม้ต้นของพื้นที่ป่าสักทิ้งร้างหลังการตัดสางขยายระยะครั้งที่ 2 ทำให้พื้นที่มีช่องว่างระหว่างเรือนยอดเหมาะแก่การที่ไม้ชนิดอื่นสามารถเข้ามาตั้งตัวได้ดีขึ้นโดยเฉพาะชนิดพันธุ์ไม้เบิกนำ สอดคล้องกับ Asanok *et al.* (2013) กล่าวว่าช่องว่างระหว่างเรือนยอดและแสงส่องถึงพื้นดินทำให้เกิดการทดแทนและการเจริญเติบโตของชนิดไม้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะไม้เบิกนำที่กระจายเข้ามามากขึ้น ทำให้ป่าสักทิ้งร้าง อายุ 16 - 20 ปี มีความหลากหลายมากกว่าป่าสักทิ้งร้างอายุ 21 – 25 ปี ที่มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.39 เนื่องจากโครงสร้างของสังคมมีร่มเงามากขึ้นจากการเติบโตของไม้ต้น ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของกล้าไม้ คือ พื้นป่ามีแสงน้อยจากการบดบังแสงของไม้สักจึงทำให้กลุ่มไม้เบิกนำไม่สามารถตั้งตัวได้ (Dalling & Hubbell, 2002) ทำให้สังคมมีค่าดัชนีความหลากหลายน้อยกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Neeranathpibul *et al.* (2002) พบว่าในแปลงสักเมื่อมีอายุมากขึ้นแล้วไม่มีการตัดสางขยายระยะเรือนยอดของไม้จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ภายใต้เรือนยอดเกิดร่มเงามากขึ้นจนไม้ชนิดอื่นไม่สามารถเติบโตได้

2. ความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืช

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของไม้ต้นในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างและพื้นที่ป่าธรรมชาติ พบว่าดัชนีความคล้ายคลึงของ Sørensen ของทั้งสามพื้นที่มีค่าสูงมากกว่าร้อยละ 90 โดยป่าสักทิ้งร้างอายุ 21 - 25 ปี มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าธรรมชาติมากที่สุด เท่ากับ 96.16 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ป่าสักทิ้งร้างอายุ 16 - 20 ปี มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าธรรมชาติ เท่ากับ 94.34 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

Table 3 Similarity index of tree in abandoned teak plantation (ATP) and natural forest (NF) of North Forest Industry Organization

Types For	16 - 20yrs-ATP	21 - 25yrs-ATP	NF
16 - 20yrs-ATP	x		
21 - 25yrs-ATP	97.08	x	
NF	94.34	96.16	x

แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการรุกเข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่ของพันธุ์ไม้ดั้งเดิมในสวนสักทิ้งร้างนั้นสูงมาก ทำให้ความคล้ายคลึงกันระหว่างป่าสักทิ้งร้างกับป่าธรรมชาติเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากสวนสักทิ้งร้างอยู่ใกล้ป่าผสมผลัดใบธรรมชาติมีผลให้เกิดการปรากฏร่วมกันของชนิดพันธุ์ไม้ในการกระจายเข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่ ส่งผลให้สวนสักทิ้งร้างมีแนวโน้มการทดแทนของชนิดไม้ต้นในพื้นที่สวนป่าทิ้งร้างเข้าใกล้กับสังคมป่าผสมผลัดใบเร็วขึ้น

สอดคล้องกับ Toky & Ramakrishnan (1983) ที่รายงานว่า การทดแทนของสังคมพืชจะเร็วจะช้าเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความเสื่อมโทรมของพื้นที่ และยังขึ้นอยู่กับส่วนเจริญทดแทนของพืชที่เหลือในดินด้วย อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบความหลากชนิดพันธุ์ไม้บริเวณแนวขอบป่าขึ้นอยู่กับระยะห่างของพื้นที่สวนสักทิ้งร้างกับป่าธรรมชาติ (Asanok *et al*., 2012; Marod *et al*., 2012a & 2012b) รวมถึงความสามารถในการกระจายเมล็ดไม้ด้วยเช่นกัน (Parrotta *et al*., 1997)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมบางประการและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

การจัดลำดับสังคมพืชด้วยการวิเคราะห์ทางวิธีการ CCA โดยมีค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) แกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.242, 0.158 และ 0.120 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 อธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมจึงมีความเหมาะสมสำหรับการใช้อธิบายปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อชนิดไม้ ซึ่งสามารถจำแนกปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของหมู่ไม้ออกเป็น 2 กลุ่ม (Figure 2) คือ

กลุ่มที่ 1) กลุ่มที่ถูกกำหนดด้วยอิทธิพลจากความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) และอิทธิพลจากความลาดชัน (SLO) เป็นปัจจัยหลัก มีชนิดไม้สำคัญ คือ ชิงชัน (DALOL) โมกมัน (WRIAR) ปอแก่นเทา (GREER) กุ๊ก (LANCO) และกระทุ่มเนิน (MITRO) เป็นต้น ชนิดไม้เด่นที่ปรากฏเป็นกลุ่มไม้เบิกนำ (Pioneer species) ในสังคมป่าผสมผลัดใบที่กระจายตัวมาจากป่าธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งไม้เบิกนำจะปกคลุม (Expansion) พื้นที่ได้เร็ว (Hermhuk *et al*., 2020) ในขณะเดียวกันก็เริ่มมีชนิดไม้ท้องถิ่น (Native species) บางชนิดที่เป็นไม้โตช้าเข้ามาตั้งตัวและเจริญเติบโตขึ้นเป็นไม้ทดแทนต่อไป เช่น รกฟ้า (TEREL) ตะคร้ำ (GARPI) เป็นต้น เนื่องจากการจัดการสวนป่าจะคงเหลือแม่ไม้ไว้ในแปลงปลูก 5 – 8 ต้นต่อไร่ เพื่อเป็นการอนุรักษ์ไม้ท้องถิ่นในพื้นที่ (The Forest Industry Organization, 2020) จึงส่งเสริมให้เกิดการกระจายพันธุ์ของชนิดไม้ดั้งเดิมได้ดีในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาของ Bunyavejchewin *et al*. (2011) พบว่าความแตกต่างของระดับความสูงมีความเกี่ยวข้องกับขีดความสามารถในการอุ้มน้ำของดินที่ส่งผลต่อองค์ประกอบของชนิดไม้ โดยในพื้นที่ที่มีระดับความสูงมากมักถูกจำกัดด้วยทรัพยากรที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากข้อจำกัดด้านความชื้น ธาตุอาหาร แรงลม และสภาพดินที่ตื้น (Bridge & Johnson, 2000; Zhang *et al*., 2013; Thammanu *et al.,* 2020) ดังนั้นหมู่ไม้ที่ปรากฏในสังคมจึงมีความเป็นได้ที่จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่จำกัด และความลาดชันมีผลโดยตรงต่อระบบการระบายน้ำทั้งผิวดินและส่วนลึกของดิน ในพื้นที่ลาดชันมากความชื้นค่อนข้างต่ำดินตื้นเนื่องจากการกัดเซาะของน้ำผิวดิน สังคมพืชที่พบจึงมักเป็นสังคมที่ต้องปรับตัวกับความแห้งแล้งได้ดี อีกทั้งชนิดไม้ในป่าผสมผลัดใบมีการพัฒนาระบบรากที่ลึกช่วยให้พืชสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตในสภาพพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งได้ดี (Wessel, 1971) สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al*. (1999) พบว่าชนิดไม้ในป่าผลัดใบทั่วไปสามารถปรับตัวให้อยู่รอดและเจริญเติบโตได้ดีแม้อยู่ในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง

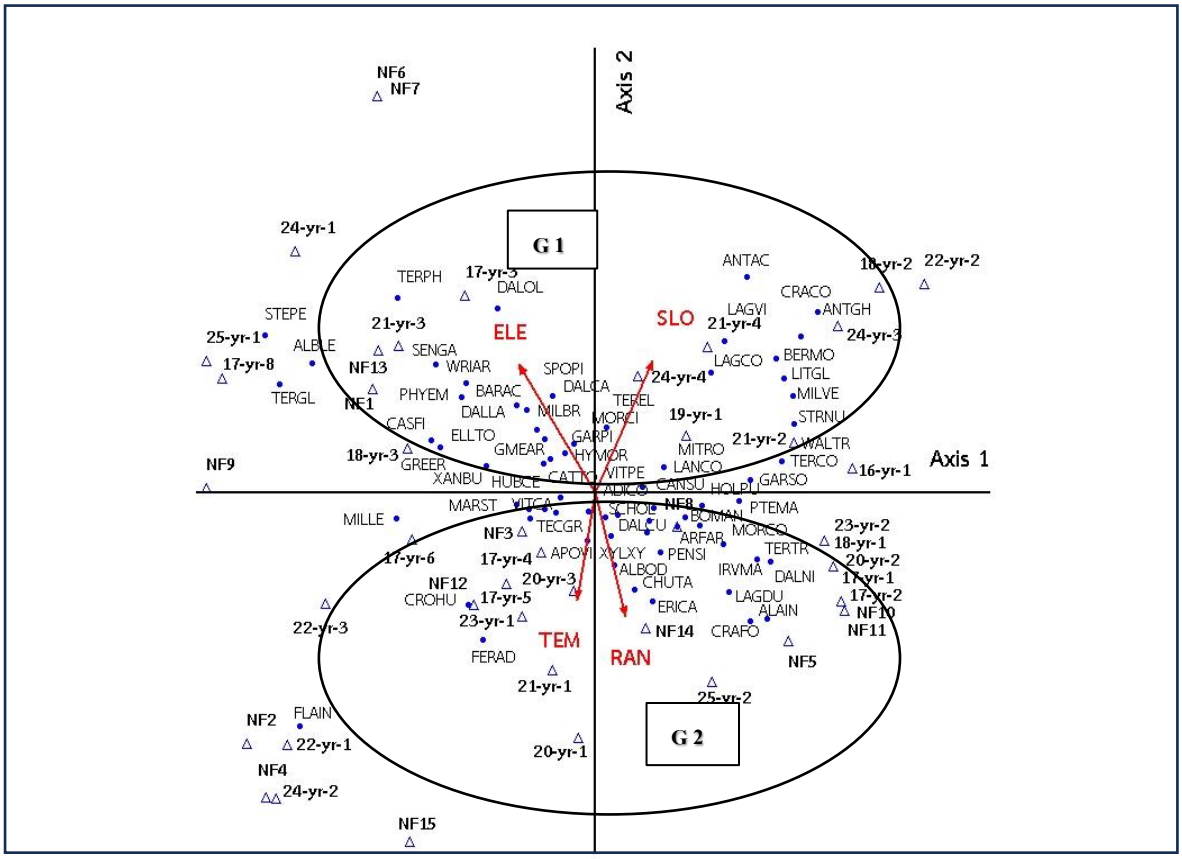


Figure 2 The CCA ordination diagram representing the relationships between the vegetation of each tree species (5-capital letters) and physical environmental factors; elevation (ELE), temperature (TEM), rainfall (RAN), and slope (SLO).

กลุ่มที่ 2) กลุ่มที่ถูกกำหนดด้วยอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝน (RAN) รองลงมาคืออุณหภูมิ (TEM) เป็นปัจจัยหลัก มีชนิดไม้สำคัญ คือ สัก (TECGR) แดง (XYLY) ยมหิน (CHUTA) ตะคร้อ (SCHOL) และกระพี้เขาควาย (DALCU) เป็นต้น ชนิดไม้เด่นที่ปรากฏเป็นกลุ่มไม้ถาวร (Primary species) ในสังคมป่าผลัดใบ และเป็นชนิดพันธุ์ไม้ดั้งเดิม (Climax species) ของป่าที่สามารถเข้ามาตั้งตัวในสวนป่าและจะพัฒนาไปสู่สภาพป่าดั้งเดิมของพื้นที่ได้ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al*. (2003) พบว่าพันธุ์ไม้ถาวรที่เป็นชนิดพันธุ์ดั้งเดิมของพื้นที่สามารถรุกเข้ามาตั้งตัวได้ดีในพื้นที่สวนป่า ถือได้ว่าเป็นพรรณไม้ท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูป่าเนื่องจากสามารถปรากฏได้ทั่วไปในพื้นที่เพราะมีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยา (Amplitude of tolerance) ค่อนข้างสูง ตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ที่มีแสงสว่างมาก มีอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนสูง ซึ่งการศึกษาของ Marod *et al.* (2002) พบว่าไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบมีสาเหตุการตายเนื่องมาจากความแห้งแล้งในฤดูแล้งเป็นสำคัญ และกล้าไม้ส่วนใหญ่ตายในช่วงฤดูฝนด้วยสาเหตุของโรคเน่าคอดิน (Damping-off disease) และการศึกษาของ Srichamnong (2011) พบว่าอุณหภูมิอากาศ และสภาพลมฟ้าอากาศ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการ

เจริญเติบโต การออกดอก ออกผล และการขยายพันธุ์ของพืช หากสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบต่อการสืบพันธุ์และการดำรงชีวิตของพรรณไม้บางชนิด รวมถึงทำให้โครงสร้างของป่าบริเวณนั้นในอนาคตเปลี่ยนแปลงไปด้วย Yanako (2014) ยังกล่าวอีกว่าพรรณไม้ท้องถิ่นมีความสัมพันธ์แปรผันตามและแปรผกผันกับปัจจัยทางกายภาพ โดยเหตุการณ์ทางชีพลักษณ์ของพรรณไม้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด รองลงมา คือ ปริมาณน้ำฝน ส่งผลให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษามีชนิดไม้แตกต่างกันตามความต้องการทางนิเวศวิทยา (Ecological niche) หรือปัจจัยแวดล้อมที่มีความเหมาะสมแตกต่างกัน ในแต่ละสังคมพืช (Marod *et al.*, 2019; Hermhuk *et al.*, 2021)

สรุป

การตั้งตัวของไม้ต้นในพื้นที่ป่าสักทิ้งร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ พบว่ามีกลุ่มไม้ป่าผสมผลัดใบเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ เช่น ประดู่ป่า แดง และกระพี้จั่น เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าชนิดพันธุ์ไม้ดั้งเดิมในป่าผสมผลัดใบประสบความสำเร็จในการเข้ามายึดครองพื้นที่สวนสักทิ้งร้าง ทั้งในด้านจำนวนชนิดไม้ ความหนาแน่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก รวมทั้งค่าดัชนีความหลากหลายของสังคมพืช และพบว่าสวนสักทิ้งร้างทั้ง 2 ช่วงอายุมีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าธรรมชาติค่อนข้างสูงคือมากกว่าร้อยละ 90 อย่างไรก็ตามความสามารถในการตั้งตัวของชนิดไม้ต้นดังกล่าวยังถูกกำหนดด้วยปัจจัยแวดล้อม โดยความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) และความลาดชัน (SLO) มีผลกับการตั้งตัวของกลุ่มไม้เบิกนำ ขณะที่ปริมาณน้ำฝน (RAN) และอุณหภูมิ (TEM) มีผลต่อการตั้งตัวของชนิดไม้ถาวร ดังนั้นหากพิจารณานำชนิดไม้ที่มีความสามารถในการตั้งตัวได้ดีในสวนสักทิ้งร้าง เช่น ประดู่ป่า แดง กระพี้จั่น และกุ๊กเป็นต้น เพื่อนำไปใช้สำหรับการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ทิ้งร้างอาจช่วยให้ประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ หัวหน้าสวนป่า และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล อีกทั้งขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและให้คำแนะนำเพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จด้วยดี การศึกษานี้ได้ใช้งบประมาณจากโครงการการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ระยะที่ 2 และโครงการการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ระยะที่ 3.1 (พื้นที่ อ.อ.ป.เหนือล่าง)

เอกสารอ้างอิง

Asanok, L., D. Marod, A. Pattanavibool & T. Nakashizuka. 2012. Colonization of tree species along an interior-exterior gradient across the forest edge in a tropical montane forest, western Thailand. **Tropics** 21(3): 67-80. https://doi.org/10.3759/tropics.21.67

Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranmongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, M. Katabuchi & T. Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish

in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 296: 9-23. https://doi.org/10.1016/j.foreco. 2013.01.029

Asanok, L., R. Taweesuk & N. Papakjan. 2020. Woody species colonization along edge interior gradients of deciduous forest remnants in the Mae Khum Mee Watershed, Northern Thailand. **International Journal of Forestry** http://doi.org/10.1155/2020/5867376

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

Bunyavejchewin, S., P. J. Baker & S. J. Davis. 2011. **Seasonally dry tropical forests in continental Southeast Asia – Structure, composition, and dynamics.** Available source: https://ozdendro.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/11/bunyavejchewin2011.pdf. (Accessed: August 11, 2024)

Dalling, J. W. & S. P. Hubbell. 2002. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. **Journal of Ecology** 90: 557-568.http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00695.x

Dhanmanond, P. 1994. The forest growth cycle in various forest type. **Thai Journal of Forestry** 13(1): 68-80. (In Thai)

Dupuy, J. M. & R. L. Chazdon. 2008. Interacting effects of canopy gap, understory vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests. **Forest Ecology and Management** 255(11): 3716-3725. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.021

Hermhuk, S., W. Sungpalee, K. Sri-Ngernyuang, K. Satienperakul & T. Meekaew. 2020. Natural regeneration of native plant species in restoration forest by Eucalyptus camaldulensis at Khun Han plantation, Si Sa Ket Province. **Kasetsart Journal (Natural Science).** 38(1): 66-80. (in Thai)

Hermhuk, S., W. Sungpalee, P. Thongplew & K. Sri-ngernyuang. 2021. Influence of environmental factors on the distribution of tree species in deciduous dipterocarp forest at San Sai Forest Reserve, San Sai District, Chiang Mai Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 5(1): 17-32. (in Thai)

Kaewkrom, P., J. Gajaseni, C.F. Jordan & N. Gajaseni. 2005. Floristic regeneration in five types of teak plantations in Thailand. **Forest Ecology and Management** 210: 351-361. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.048

Kamsanor, S., C. Wachrinrat & D. Marod. 2013. Plant community comparison among man-made forest, secondary dry evergreen forest and natural dry evergreen forest at Pa Muak Lek-Tabkwang Plaeng 2 National Reserved Forest, Saraburi Province. **Thai Journal of Forestry** 32(3): 12-21. (In Thai)

Kamyo, T., K. Samarnmit & A. Suerpaibul. 2016. Application of geographic information systems for *Tectona grandis* L.f. natural potential site identification in Mae Yom National Park Phrae Province. **Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal** 8:8 (in Thai)

Koonkhunthod. N., K. Sakurai & S. Tanaka. 2007. Composition and diversity of woody regeneration in a 37 - year - old teak (*Tectona grandis* L.f.) plantation in Northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 247: 246-254. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.04.053

Kruama, K., T. Kamyo, P. Khonkaen, M. Nosaengsri & C. Sopha. 2021. The comparison of tree diversity of different stand age teak plantation, in Khun Mae Kham Mee Plantation, Phrae Province. pp. 153-166. *In* **Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T – FERN 10,** 4 - 5 February 2021, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand (in Thai)

Magurran, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurement.** Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

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: 777-786. https://doi.org/10.2307/3237302

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka & T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. **Journal of Plant Ecology** 161: 41–57

Marod, D., S. Sangkeaw & W. Niamrat. 2003. The invasion of climax species into forest plantations. **Thai Journal of Forestry** 22: 1-15. (In Thai)

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

Marod, D., P. Duengkae, L. Asanok & A. Pattanavibool. 2012a. Vegetation structure and floristic composition along the edge of montane forest and agricultural land in Um Phang Wildlife Sanctuary, Western Thailand**. Kasetsart Journal (Natural Science).** 46: 162-180. (in Thai)

Marod, D., P. Duengkae, U. Kutintara, S. Sungkaew, C. Wachrinrat, L. Asanok & N. Klomwattanakul. 2012b. The influences of an invasive plant species (*Leucaena leucocephala*) on tree regeneration in Khao Phuluang Forest, Northeastern Thailand. **Kasetsart Journal (Natural Science)** 46: 39-50. (in Thai)

Marod, D., K. Phanitsuay, S. Thinkamphaeng & L. Asanok. 2013. Natural regeneration of native plant species after rehabilitation of disturbed dry evergreen forest in Sakaerat Environmental Research Station, Nakhonratchasima Province. pp. 168-179. *In* **Academic conference on Thai Forest Ecological Research Network: Ecological knowledge for restoration,** 24-26 January 2013, Chiang Mai, Bangkok, Thailand. (in Thai)

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

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

Neeranathpibul, J. & S. Sangtongpraow. 2002. Plant species diversity and soil property changes in different-year old teak plots of Maehad Plantation, Nongmuangkhai District, Phrae Province. **Thai Journal of Forestry** 19-21: 136–145. (in Thai)

Netprachit, P. 2007. **Sustainable Forest Plantation Management**. Forest Industry Organization: Bangkok, Thailand. (in Thai)

Parrotta, J. A., O. H. Knowles & J. M. Jr. Wunderle. 1997. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forest on a bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management.** 99: 21-24. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00192-8

Phuma, P. & S. Suddee. 2014. **Plant Name of Thailand Tem Smittinan, Edition 2014.** Forest Herbarium BKF, Department of National Park, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Saengsathien, J. 2016. **The succession of plant society Rainforest after demolition of encroachment area.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish Commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, **Biologiske Skrifter** 5(4): 1–34.

Srichamnong, N. 2011. **Natural Environment Dictionary**. Duangkamon Publishing Publisher, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Suksard, S. 2009. Forest resource valuation. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. **Journal of Forest Management.** 3(6): 122–133. (in Thai)

Thai Meteorological Department. 2024. **Maximum-minimum temperature and rainfall data in the north (daily) 2022.** Northern Meteorological Center, Thai Meteorological Department, Thailand. Available source: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.cmmet.tmd.go.th%2Fforecast%2Fpt%2FNorthern_Data%2FMax_Min_Rain%2FNorthern_Metdata2022.xls&wdOrigin=BROWSELINK. (Accessed: August 8, 2024)

Thammanu, S., J. Chung, H. Han, P. Ketdee & N. Gaewsingha. 2020. Tree species diversity and environmental factors affecting distribution in Ban Mae Chiang Rai Lum community forest, Lampang Province. **Thai Forest Ecological Research Journal**. 4(1): 13-26. (in Thai)

The Forest Industry Organization. 2020. **Summary of sustainable forest plantation management, in Khun Mae Kham Mee Plantation, Phrae Province**. Available source: http://www.northfio.com/web/index.php/fsc2558., (Accessed: August 8, 2024)

Toky, O. P. & P. S. Ramakrishnan. 1983. Secondary succession following slash and burnagriculture in North - Eastern India. **Journal of Ecology** 71: 735–74. https://doi.org/10.2307/2259589

Wessel, M. 1971. **Fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao L.) in South-Western Nigeria.** Thesis Wageningen University & Research. Wageningen, Netherlands.

Yanako, C. 2014. **Phenological survey of plants as potential framework species at Doi Kiew Lom, Pang Ma Pa District, Mae Hong Son Province.** M.S. Thesis, Chiang Mai University. Available source: http://repository.cmu.ac.th/handle/6653943832/39859. (Accessed: August 5, 2024). (in Thai)

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

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 467-486 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนของป่าผสมผลัดใบ ในพื้นที่อนุรักษ์ของสวนป่าสัก องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด[1] กมลพร ปานง่อม[2] มณฑล นอแสงศรี[2] กันตพงศ์ เครือมา[1]
ศิริรัตน์ สมประโคน[1] วราลี ศรีเกื้อ[1] นรินธร จำวงษ์[3] ปัทมา แสดงวิศิษฏ์ภิรมย์[3] และ แหลมไทย อาษานอก[4, 5*]

รับต้นฉบับ: 1 กันยายน 2567 ฉบับแก้ไข: 12 ตุลาคม 2567 รับลงพิมพ์: 22 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ความรู้ทางลักษณะสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมของป่าธรรมชาติในพื้นที่สวนป่าสามารถนำมาช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์และการกักเก็บคาร์บอนได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืช และการกักเก็บคาร์บอนป่าผสมผลัดใบ ในเขตป่าอนุรักษ์ของสวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

วิธีการ: วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 0.16 เฮกตาร์ (40x40 เมตร) จำนวน 15 แปลง ในพื้นที่ 5 สวนป่า พร้อมเก็บข้อมูลชนิดไม้ต้น ปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืช และประเมินการกักเก็บคาร์บอน

ผลการศึกษา: พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 122 ชนิด 88 สกุล 40 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 2,246 ต้น มีความหนาแน่น เท่ากับ 935.83 ต้น/เฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 40.48 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 3.57 สามารถจำแนกเป็นสังคมพืชย่อยได้ 3 หมู่ไม้ ได้แก่ 1) หมู่ไม้สัก พบชนิดไม้เด่น ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) แดง (*Xylia xylocarpa*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ตะเคียนหนู (*Terminalia phillyreifolia*) กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) เป็นต้น มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 493.44 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELEV) ความลาดชัน (SLPE) และระยะห่างจากแหล่งน้ำ (DIST) เป็นปัจจัยกำหนด 2) หมู่ไม้ประดู่ป่า พบชนิดไม้เด่น คือ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) กาสามปีก (*Vitex peduncularis*) สัก (*Tectona grandis*) และหมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) เป็นต้น มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 157.03 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่ชัดเจน และ 3) หมู่ไม้สาธร ชนิดไม้ต้นที่สำคัญ เช่น สาธร(*Millettia leucantha*) ตะแบกเกรียบ(*Lagerstroemia cochinchinensis*) มะกอกป่า (*Spondias pinnata*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) เป็นต้น มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 184.29 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยมีอุณหภูมิ (TEMP) เป็นปัจจัยกำหนด

สรุป : พื้นที่ป่าผสมผลัดใบในเขตพื้นที่อนุรักษ์ของสวนป่าสักมีลักษณะของหมู่ไม้แตกต่างกันไปตามปัจจัยแวดล้อม ส่งผลให้ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้น การจัดการเพื่อการอนุรักษ์พรรณพืชและส่งเสริมการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนป่าควรพิจารณาลักษณะสังคมพืชตามปัจจัยแวดล้อมเป็นสำคัญ

คำสำคัญ: ความหลากชนิดของไม้ต้น ปัจจัยจำกัด การจัดการสวนป่าเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

[1] สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140
[2] สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[3] ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[4] สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
[5] ศูนย์จัดการก๊าซเรือนกระจก โครงการจัดตั้งวิทยาลัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140
ผู้รับผิดชอบ : E-mail: lamthainii@gmail.com

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.06

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 467-486 (2567)

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation Structure Characteristics and Carbon Stock of Mixed Deciduous Forest in Protected Area of Teak (*Tectona grandis*) Plantation, North Forest Industry Organization

Penpilai Piankhit[1] Kamonporn Panngom[2] Monthon Nosaengsri[2] Kunthaphong Kruama[1]
Sirirat Somprakon[1] Waralee Srikue[1] Narinthorn Jumwong[3] Pattama Sangvisitpirom[3] and Lamthai Asanok[4, 5*]

Received: 1 September 2024 Revised: 12 October 2024 Accepted: 22 October 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: Knowledge on plant community characteristics and environments in natural forest can support conservation plan and promote carbon stock. Therefore, this study aimed to clarify the structural characteristics and carbon stock of mixed deciduous forest (MDF) in protected area of plantation of North Forest Industry Organization.

Methodology: Fifteen of purposive sampling plots of 0.16 ha (40 m x 40 m) were established in five teak plantations. All trees and physical environmental factors were collected for plant community analyzing and evaluated the carbon stock.

Results: The results showed that a total of 122 tree species, 88 genera, and 40 families from 2,246 trees individually was found. The stems density and basal area were 935.83 trees ha^{-1} and 40.48 m^2 ha^{-1}, respectively, while, the species diversity index was 3.57. The MDF can be classified into three stands: 1) *Tectona grandis* stand, (MDF-TEGR), dominated with tree species such as *Tectona grandis*, *Xylia xylocarpa*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Terminalia phillyreifolia*, and *Lannea coromandelica* and was determined by elevation (ELEV), slope (SLPE), and distant from stream (DIST). Additionally, there was a carbon storage value of 493.44 $ton.ha^{-1}$. 2) *Pterocarpus macrocarpus* stand, (MDF-PTMA), dominated with tree species such as *Pterocarpus macrocarpus*, *Cratoxylum formosum*, *Vitex peduncularis*, *Tectona grandis*, and *Litsea glutinosa*. It had not clear for determined factors, while, the carbon stock value was 157.03 $ton.ha^{-1}$. And, 3) *Millettia leucantha* stand, (MDF-MILE), dominated by *Millettia leucantha*, *Lagerstroemia cochinchinensis*, *Spondias pinnata*, *Millettia brandisiana*, and *Lannea coromandelica*. The determined factor was temperature (TEMP) and the carbon storage was 184.29 $ton.ha^{-1}$.

Conclusion: The tree stands in MDF of protected area in teak forest plantation were differed relating to specific environments, affecting the difference of carbon stock ability. Therefore, managing forest plantation for biodiversity conservation and carbon stock should be concerned on relationship between plant community and environmental factors.

Keyword: Tree species diversity, limiting factors, economic plantation management, climate changes

[1] Department of Forestry, Establishment project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[2] Department of Forestry, Establishment project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[3] Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Faculty of Forestry. Bangkok. 10900

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

[5] Green House Gas Management Centre, Establishment project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

*Corresponding author, E-mail: lamthainii@gmail.com

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.06

คำนำ

การศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพรรณพืช กล่าวได้ว่าเป็นความรู้พื้นฐานในการวางแผนการจัดการป่าไม้ (Gadow *et al.*, 2012) ถือเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้เข้าใจถึงนิเวศวิทยาป่าไม้ (Kraft *et al.*, 2007; HilleRisLambers *et al.*, 2012; Yue and Li. 2021; Li *et al.*, 2022) ไม่เพียงแต่ช่วยให้ทราบถึงกลไกของความหลากหลายชนิด และการอยู่ร่วมกันของชนิดพันธุ์ต่าง ๆ (Lawley *et al.*, 2013) อีกทั้งยังสามารถนำไปสู่การจัดการป่าไม้ให้เอื้อประโยชน์แก่มนุษย์อย่างยั่งยืน ทั้งประโยชน์ทางตรง และทางอ้อม ในประเทศไทยการศึกษาสังคมพืชในป่าธรรมชาติดั้งเดิมในพื้นที่สวนป่าเศรษฐกิจยังมีอยู่น้อยเมื่อเทียบกับในป่าธรรมชาติ และส่วนใหญ่มักทำกันในพื้นที่สวนป่าเพียงแห่งเดียว เช่น การศึกษาของ Asanok *et al.*, 2023 ที่ได้ศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่และความหลากหลายของไม้ต้น ที่ขึ้นเจริญทดแทนในพื้นที่ สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ซึ่งยังขาดข้อมูลในพื้นที่ขนาดใหญ่ นั้นคือการรวบรวมพื้นที่หลาย ๆ สวนป่าเข้าด้วยกัน

สวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (ออป.) มีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือประเทศไทย นอกเหนือจากดำเนินงานปลูกสร้างสวนป่าเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์แล้ว องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ยังส่งเสริมให้พื้นที่สวนป่าเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีภาพที่ถือเป็นพันธกิจที่สำคัญภายใต้นโยบายการจัดการสวนป่าเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน และดำเนินการจัดการสวนป่าภายใต้เงื่อนไขการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนตามมาตรฐานของ FSC (Forest stewardship council: FSC) ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีพื้นที่อนุรักษ์อย่างน้อยร้อยละ 10 ของพื้นที่สวนป่าที่ขอรับรอง ดังนั้นในพื้นที่สวนป่าแต่ละแห่งจึงจำเป็นต้องกำหนดเขตอนุรักษ์เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายการจัดการสวนป่าอย่างยืน สำหรับเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ จึงได้กำหนดเอาพื้นที่ป่าธรรมชาติดั้งเดิมที่อยู่ภายในพื้นที่สวนป่า ที่เป็นป่าผสมผลัดใบเนื่องจากเป็นสังคมพืชดั้งเดิมของไม้สัก และส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่ารุ่นสอง (Secondary forest) ที่ผ่านการทำไม้มาแล้วในอดีต ในปัจจุบันพื้นที่อนุรักษ์เหล่านี้ได้ถูกปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติหากแต่ยังไม่ได้มีการพิสูจน์ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชอย่างชัดเจน เพราะจากการกำหนดเขตพื้นที่อนุรักษ์เกิดขึ้นในภายหลังจากการปลูกสร้างสวนป่าจึงมีลักษณะเป็นหย่อมป่าที่ถูกล้อมรอบด้วยสวนป่าสัก จึงอาจมีลักษณะขององค์ประกอบชนิดพรรณพืชแตกต่างจากผืนป่าขนาดใหญ่

นอกจากนั้นเป็นที่ทราบกันดีว่าทรัพยากรป่าไม้ถือว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการเก็บกักคาร์บอน เนื่องจากต้นไม้มีหน้าที่สำคัญคือจับยึดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide capturing) ในอากาศซึ่งเป็นหนึ่งในมลภาวะทางอากาศที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกอันเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะโลกร้อน (IPCC 2006) ดังนั้นหากสามารถรักษาสภาพป่าไม้ให้คงอยู่ได้ย่อมช่วยให้บรรเทาจากผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ปัจจุบันองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ได้มีนโยบายนำพื้นที่สวนป่าทางภาคเหนือเพื่อเข้าร่วมโครงการลดก๊าซเรือน

กระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (T-VER) เพื่อเป็นการส่งเสริมการปลูกป่าเพื่อช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายของประเทศ กล่าวคือ รัฐบาลไทยให้คำมั่นสัญญาต่อประชาคมโลกโดยแสดงเจตจำนงของประเทศไทยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกับประชาคมโลกตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ภายใต้แผนยุทธศาสตร์ระยะยาวในการพัฒนาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ (Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategies : LT-LEDS) ของประเทศไทย รวมถึงประกาศเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ภายในปี พ.ศ. 2608 (ค.ศ. 2065) (ONEP, 2022) ดังนั้น องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จึงเร่งสนับสนุนนโยบายนี้อย่างเต็มความสามารถ ซึ่งการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ภายในพื้นที่สวนป่าจึงมีส่วนสำคัญในการประเมินศักยภาพของการเก็บกักคาร์บอนในพื้นที่สวนป่าเศรษฐกิจ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช องค์ประกอบชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อม และการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อนุรักษ์ของสวนป่าเพื่อการได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานในการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน และเกิดประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินศึกษาในเขตป่าอนุรักษ์ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ โดยการสำรวจในพื้นที่ 5 สวนป่า ได้แก่ สวนป่าแม่แจ่ม จังหวัด เชียงใหม่ สวนป่าป่าแม่พริก-แม่สะเลียม จังหวัดลำปาง สวนป่าแม่สรอย จังหวัดแพร่ สวนป่าโครงการฯ ป่าสองฝั่งลำแควน้อย และสวนป่าน้ำตาก จังหวัดพิษณุโลก (Figure 1) โดยภาคเหนือมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงสลับกับที่ราบหุบเขา ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศของภาคเหนือออกเป็น 2 เขตใหญ่ ดังนี้ ภาคเหนือตอนบน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับกับที่ราบระหว่างหุบเขา มีระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง ระหว่าง 400 - 2,565 เมตร และภาคเหนือตอนล่าง ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปประมาณ 2 ใน 3 เป็นพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ในบางส่วนทางทิศตะวันตกและที่ราบเชิงเขาทิศตะวันออกมีลักษณะเป็นพื้นดินสูง ต่ำสลับกับภูเขาเตี้ยๆ อยู่ทั่วไปมีระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลาง ระหว่าง 100 -2,000 เมตร (Chamnanuasa, 2002) ลักษณะภูมิอากาศภาคเหนือได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือส่งผลให้ภาคเหนือเข้าสู่ฤดูหนาวตั้งเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม และฤดูฝนช่วงระหว่าง พฤษภาคม-ตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 26.5 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,365 มิลลิเมตร (Meteorological Department, 2022)

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. การเก็บข้อมูลไม้ต้น

วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (purposive sampling) ตามลักษณะตัวแทนที่ดีของสังคมพืชหลังจากการเดินสำรวจทั่วพื้นที่ ขนาด 0.16 เฮกตาร์ (40 x 40 เมตร) ในพื้นที่ 5 สวนป่า

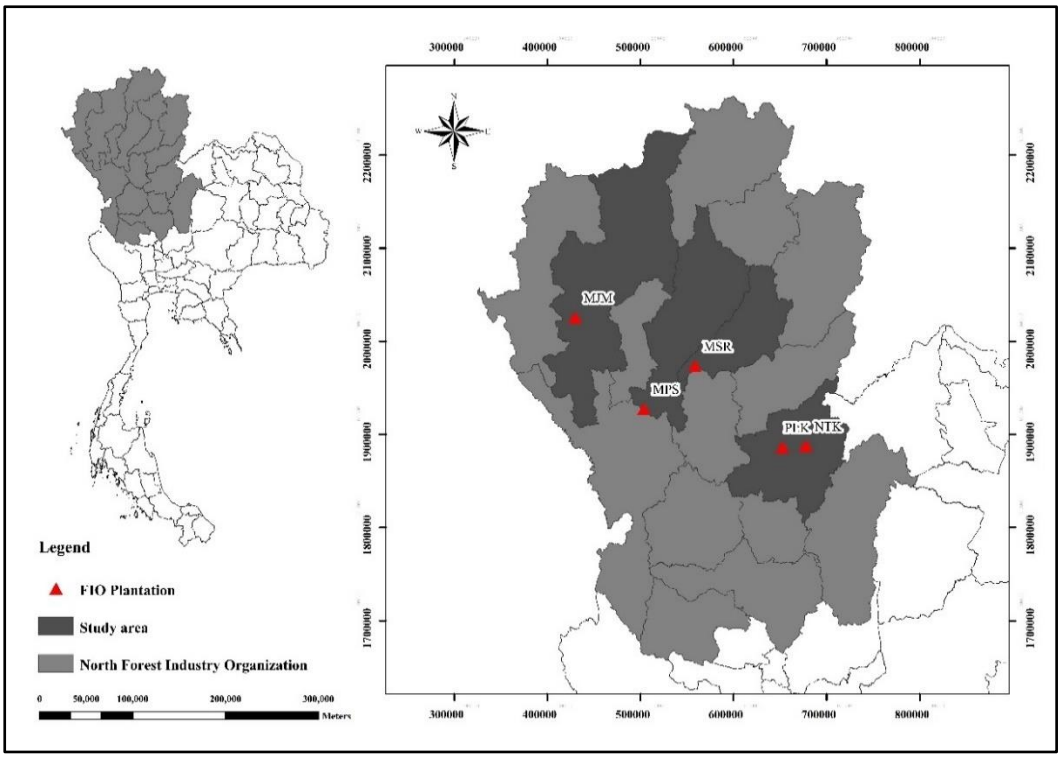


Figure 1 location of sampling plots of mixed deciduous forest in teak forest plantation of the north forest industry organization

ประกอบไปด้วยสวนป่าแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 แปลง สวนป่าป่าแม่พริก-แม่สะเลียม จังหวัดลำปาง จำนวน 3 แปลง สวนป่าแม่สรอย จังหวัดแพร่ จำนวน 3 แปลง สวนป่าโครงการฯ ป่าสองฝั่งลำแควน้อย จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 2 แปลง และสวนป่าน้ำตาก จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 2 แปลง รวมทั้งสิ้น 15 แปลง ในแต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร เพื่อทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบไม้ต้น ทุก ๆ แปลงย่อย โดยทำการบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (Tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Dimiter tape) และวัดความสูงโดยใช้เครื่องวัดแบบเลเซอร์ (Laser Rangefinder) ของไม้ต้นทุกต้นที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่าง ขนาด 10 x 10 เมตร พร้อมทำการจำแนกชนิดโดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma and Suddee (2014)

2. ปัจจัยแวดล้อม

ทำการคัดเลือกปัจจัยแวดล้อมได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m), อุณหภูมิ (c°), ความลาดชัน (%), และระยะห่างจากแหล่งน้ำ (Distance water, m) จากจุดศูนย์กลางของแต่ละแปลง เพื่อกำหนดปัจจัยที่กำหนดองค์ประกอบของไม้ต้น สำหรับข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพใช้แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model: DEM) ในการศึกษาได้นำเข้าข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเล (m) และความลาดชัน(%) จาก DEM ที่จัดทำโดย กรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department, 2012) มีความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตร ข้อมูลปริมาณ

น้ำฝน (mm) และ อุณหภูมิ (C°) นำเข้าจากข้อมูล DEM ของสถานีตรวจอากาศทั่วโลก (WorldClim, 2020) มีความละเอียด 1 ตารางกิโลเมตร และระยะห่างจากแหล่งน้ำใช้วิธีคำนวนตามวิธีของ Euclidean distance method (Kuper and Su, 2007) ด้วยโปรแกรม ArcMap 10.8

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis)

ทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้เพื่อสังคมพืชย่อย โดยใช้จำนวนต้นของชนิดไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่าง มาใช้จำแนกสังคม (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent *et al.*, 1994) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PC-ORD Version 6 (McCune and Mefford, 2011)

2. ลักษณะโครงสร้างสังคมพืช

วิเคราะห์ความเด่นของแต่ละชนิดพันธุ์ในสังคมพืชตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) จากการหาความหนาแน่น (Density, D: ต้น/เฮกตาร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตร.ม./เฮกตาร์) และความถี่ (Frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ผลรวมของค่าสัมพัทธ์ทั้งสามค่าคือค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น และหาค่าดัชนีความหลากชนิด (Species diversity index) ตามสมการ Shannon–Wiener index (Magurran, 1988)

3. การลำดับสังคมพืชตามปัจจัยแวดล้อม

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อม ที่มีผลต่อองค์ประกอบของสังคมพืช โดยวิเคราะห์เมทริกซ์ (Matrix) จากค่าองค์ประกอบสังคมพืชด้านความหนาแน่นของหมู่ไม้ และตัวแปรด้านปัจจัยแวดล้อม โดยวิธี Canonical correspondence analysis (CCA) ที่เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสังคมพืชและความแปรผันของปัจจัยแวดล้อมทำให้สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและการกระจายของสังคมพืช (Legendre and Legendre, 1998) ทำการจัดลำดับด้วยวิธี CCA โดยโปรแกรม PC-ORD version 6 โดยใช้ค่าองค์ประกอบทางสังคมด้านความหนาแน่นของหมู่ไม้ เลือกใช้ชนิดไม้เด่นในแต่ละสังคม คือ ชนิดไม้ต้นที่มีจำนวนต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ต้น ในแต่ละแปลง ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร (De Souza et al., 2007; Magnago et al., 2012) เป็นเมทริกซ์หลัก (Main matrix) ดังนั้นเมทริกซ์หลักจึงประกอบด้วยไม้ต้น 50 ชนิด และ 15 แปลง (Appendix A) ในขณะที่ปัจจัยแวดล้อม นำมาทดสอบความสัมพันธ์เพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อสังคมพืชมากที่สุดด้วยวิธี Monte Carlo permutation test (Douda, 2010; Sarker et al., 2014) แล้วเลือกปัจจัยแวดล้อมที่จำเป็นได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m), อุณหภูมิ (c°), ความลาดชัน (%), และระยะห่างจากแหล่งน้ำ (Distance water, m) กำหนดให้เป็นเมทริกซ์รอง (second matrix)

4. การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

1) ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass: ABG) การเลือกใช้

สมการแอลโลเมตรีเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพของไม้ใหญ่ (DBH $\geq$ 4.5 cm) ใช้สมการของ Ogawa *et al*., (1965) เพื่อประเมินมวลชีวภาพไม้ในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ดังนี้

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

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

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

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง + ใบ (กิโลกรัม)

D หรือ DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

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

BLG = ABG x 0.27 (ตัน)

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

CF = (ABG + BLG) x 0.47 (ตันคาร์บอน)

4) ค่าสัดส่วนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสัดส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอน คือ 44/12 (IPCC, 2006) หรือ CO_2 = CF x (44/12) (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

ผลและวิจารณ์

1. ความหลากชนิดและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 122 ชนิด 88 สกุล 39 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 2,246 ต้น มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ (Density, D) เท่ากับ 935.83 ต้น/เฮกตาร์ พื้นที่หน้าตัด (Basal area, BA) เท่ากับ 16.87 ตารางเมตร/เฮกตาร์ และค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 3.57 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) สาธร (*Millettia leucantha*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylia xylocarpa*) ตะแบกเกรียบ (*Lagerstroemia cochinchinensis*) มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) เท่ากับ 47.51, 20.50, 18.99, 9.76, 9.65 % ตามลำดับ ในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีการปรากฏของไม้เด่นในชั้นเรือนยอดบนสุดเป็นไม้สัก ขึ้นปะปนร่วมกับไม้ดัชนีอื่นๆ เนื่องจากในพื้นที่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้นั้นโดยส่วนมากแล้วเป็นสังคมพืชดั้งเดิมของป่าผสมผลัดใบ เมื่อพิจารณาความหลากหลายพบว่าอยู่ในระดับสูง ซึ่งใกล้เคียงกับป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อื่น เช่น ป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ.เชียงใหม่ (Khamyong *et al*., 2018) ป่าผสมผลัดใบในพื้นที่วนอุทยานน้ำตกขุนกรณ์ จ.เชียงราย (Nukool, 2002) แต่มากกว่าป่าผสมผลัดใบในสวนป่าขุนแม่คำมี จ.แพร่ (Kruama, 2021) เป็นต้น

เมื่อทำการจำแนกหมู่ไม้หรือสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบในเขตป่าอนุรักษ์ โดยการจัดกลุ่มที่ระดับคล้ายคลึงที่ 37.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 หมู่ไม้ ได้แก่ 1) หมู่ไม้สัก หรือสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่น (Mixed deciduous forest with *Tectona grandis*, MDF-TEGR) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 และ P14 2) หมู่ไม้ประดู่ หรือสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (Mixed deciduous forest with *Pterocarpus macrocarpus*, MDF-PEMA) ได้แก่หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ P11, P12, P13 และ P 15 และ 3) หมู่ไม้สาธร หรือสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่น (Mixed deciduous forest with *Millettia leucantha*, MDF-MILE) ได้แก่หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ P8, P9 และ P10 (Figure 2) มีรายละเอียดแต่ละหมู่ไม้ดังนี้

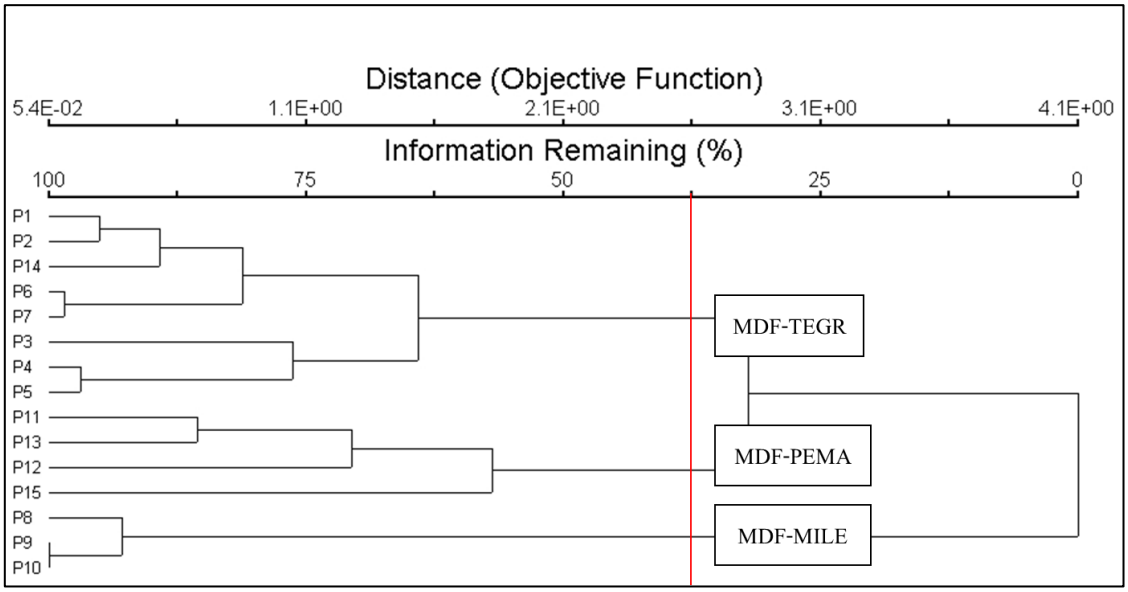


Figure 2 The dendrogram of stand clustering of mixed deciduous forest in teak forest plantation of the north forest industry organization

1. หมู่ไม้สัก (MDF-TEGR) พบชนิดไม้ทั้งหมด 76 ชนิด 58 สกุล 32 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้ต้น (Density, D) เท่ากับ 796.09 ต้น/เฮกตาร์ ขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น (Basal area, BA) เท่ากับ 16.41 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.99 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) แดง (*Xylia xylocarpa*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ตะเคียนหนู (*Terminalia phillyreifolia*) และ กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) เท่ากับ 88.22, 16.43, 15.56, 15.29 และ 8.05 ตามลำดับ (Table 2)

2. หมู่ไม้ประดู่ (MDF-PEMA) พบชนิดไม้ทั้งหมด 71 ชนิด 58 สกุล 32 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้ต้น (Density, D) เท่ากับ 1,140.65 ต้น/เฮกตาร์ ขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น (Basal area, BA) เท่ากับ 16.57 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 3.36 (Table 1)

Table 1 Plant community characteristics of mixed deciduous forest and sub-community of Mixed deciduous forest with *Tectona grandis*, (MDF-TEGR), Mixed deciduous forest with *Pterocarpus macrocarpus*, (MDF-PEMA), and Mixed deciduous forest with *Millettia leucantha*, (MDF-MILE) in teak forest plantation of the north forest industry organization

Community characters	**Total**	**MDF-TEGR**	**MDF-PEMA**	**MDF-MILE**
Number of species	122	76	71	29
Shannon-Wiener index	3.57	2.99	3.36	2.11
Basal area ($m^2 ha^{-1}$)	40.48	21.01	10.60	9.52
Stem density (tree ha^{-1})	935.83	796.09	1140.65	1035.42

เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ป่า ติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) กาสามปีก (*Vitex peduncularis*) สัก และหมีเหม็น (*Albizia odoratissima*) มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) เท่ากับ 38.34, 31.33, 16.50 13.71 และ 11.25 ตามลำดับ (Table 2)

3. หมู่ไม้สาธรเด่น (MDF-MILE) พบชนิดไม้ทั้งหมด 29 ชนิด 26 สกุล 20 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้ต้น (Density, D) เท่ากับ 1,035.42 ต้น/เฮกตาร์ ขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น (Basal area, BA) เท่ากับ 19.85 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ และมีค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon index, H′) เท่ากับ 2.11 (Table 1) เมื่อพิจารณาชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรกได้แก่ สาธร(*Millettia leucantha*) ตะแบกเกรียบ(*Lagerstroemia cochinchinensis*) มะกอกป่า (*Spondias pinnata*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) และกุ๊ก มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) เท่ากับ 77.13, 33.14, 28.38, 21.74 และ 17.74 ตามลำดับ (Table 2)

จากผลการศึกษาข้างต้นเมื่อพิจารณาจากสังคมพืชจะเห็นว่าสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (MDF-PEMA) มีค่าดัชนีความหลากหลาย และความหนาแน่นสูงสุดเนื่องจากสังคมพืชมีการทดแทนมีช่องว่างระหว่างเรือนยอดเหมาะแก่การที่ไม้ชนิดอื่นสามารถเข้ามาตั้งตัวได้ดีขึ้นโดยเฉพาะไม้เบิกนำส่งผลให้มีพรรณไม้เบิกนำเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่จำนวนมาก แต่เมื่อพิจารณาในด้านของพื้นที่หน้าตัดพบว่าพื้นที่หน้าตัดน้อยที่สุด เนื่องจากไม้มีขนาดเล็กและยังพัฒนาไม่เต็มที่ซึ่งเป็นลักษณะของป่ารุ่นสอง (Secondary forest) (Asanok *et al*., 2013) ในขณะที่สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่น (MDF-TEGR) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสังคมพืชประกอบไปด้วยไม้ขนาดใหญ่กระจายอยู่ในพื้นที่ แต่ในขณะเดียวกันมีความหนาแน่นน้อยเป็นลักษณะของป่าที่ใกล้เคียงสังคมป่าผสมผลัดใบดั้งเดิม (Climax forest) ในขณะที่สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่น (MDF-MILE) เป็นลักษณะของป่าที่มีการพัฒนาระหว่างป่ารุ่นสองเข้าสู่สังคมสังคมป่าผสมผลัดใบดั้งเดิม

Table 2 Top five ranking based on IVI of tree in mixed deciduous forest and sub-community of Mixed deciduous forest with *Tectona grandis*, (MDF-TEGR), Mixed deciduous forest with *Pterocarpus macrocarpus*, (MDF-PEMA), and Mixed deciduous forest with *Millettia leucantha*, (MDF-MILE) in teak forest plantation of the north forest industry organization, including basal area (BA; m^2 ha^{-1}), density (D, tree ha^{-1}), and importance value index (IVI, %).

Plant Community	Species	BA	D	IVI
Total	*Tectona grandis*	11.11	162.08	47.52
	Millettia leucantha	2.97	107.92	20.50
	Pterocarpus macrocarpus	3.13	77.08	19.00
	Xylia xylocarpa	1.60	33.75	9.77
	Lagerstroemia cochinchinensis	1.74	29.58	9.66
MDF-TEGR	*Tectona grandis*	10.37	274.21	88.22
	Xylia xylocarpa	1.29	55.46	16.43
	Pterocarpus macrocarpus	1.18	48.43	15.56
	Terminalia phillyreifolia	1.52	42.18	15.29
	Lannea coromandelica	0.49	23.43	8.053
MDF-PT	*Pterocarpus macrocarpus*	1.95	192.19	38.34
	Cratoxylum formosum	1.68	150.00	31.34
	Vitex peduncularis	0.82	64.06	16.50
	Tectona grandis	0.74	59.38	13.72
	Litsea glutinosa	0.45	53.13	11.26
MDF-MILE	*Millettia leucantha*	2.58	460.42	77.14
	Lagerstroemia cochinchinensis	1.50	122.92	33.14
	Spondias pinnata	1.39	85.42	28.38
	Millettia brandisiana	0.48	110.42	21.29
	Lannea coromandelica	0.78	41.67	17.74

เมื่อพิจารณารายหมู่ไม้หรือสังคมย่อย พบว่า หมู่ไม้สัก (MDF-TEGR) มีการกระจายของสัก และชนิดพันธุ์ไม้ดั้งเดิม (Climax species) ที่เป็นลักษณะของป่าผสมผลัดใบส่วนใหญ่กระจายในภาคเหนือของประเทศไทย โดยขึ้นปะปนอยู่กับไม้ดัชนีป่าผสมผลัดใบ เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa*) แดง (*Xylia xylocarpa*) และไม้ไผ่ เป็นต้น (Kaosa-ard, 1992) จากการศึกษาของ Kamyo *et al.* (2016) ที่ศึกษาในพื้นที่ดงป่าสัก

ธรรมชาติของอุทยานแห่งชาติแม่ยม พบว่าพรรณไม้เด่น คือ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ แดง เป็นต้น สอดคล้องกับรายงานของ Teejuntuk *et al.* (2002) พบว่าเมื่อทำการจัดกลุ่มสังคมพืชบริเวณป่าระดับต่ำ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สังคมป่าเต็งรัง-รังเด่น และสังคมป่าผสมผลัดใบ-สักเด่น โดยพรรณไม้เด่นที่ดัชนีความสำคัญสูงสุด ได้แก่ สัก แดง ตะแบก (*Lagerstroemia calyculata*) และสาธร (*Millettia leueantha*) เป็นต้น ในขณะที่สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (MDF-PEMA) พบว่ามีการกระจายของประดู่ปรากฏทั่วพื้นที่ ซึ่งประดู่ถือว่าเป็นพรรณไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบ นอกจากนั้นในสังคมพืชนี้ยังพบพรรณไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบชนิดอื่นขึ้นปะปน เช่น แดง มะค่าโมง และ สัก เป็นต้น สอดคล้องกับศึกษาของ Neeranathpibul & Sangtongpraw (2002) ที่ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหลากชนิดของพรรณพืชในแปลงสักกับในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบที่มีไม้สัก พบว่าในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบที่มีสักมีต้นประดู่เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด นอกเหนือจากนั้นต้นประดู่สามารถทนต่อปัจจัยไฟป่า จากการรายงานของ Marod *et al.* (2002) ที่ทำการทดลองการเติบโตของกล้าไม้ในป่าผลัดใบโดยมีการทดลองเผาไฟ และพบว่า รัง ประดู่ และแดง สามารถแตกหน่อขึ้นใหม่ได้ภายหลังการเผาไฟ โดยเฉพาะไม้แดง และประดู่ อีกทั้งประดู่เป็นไม้ทั่วไป (Generalist species) ของป่าผสมผลัดใบ คือมีคุณสมบัติเป็นทั้งไม้เบิกนำและไม้ในสังคมถาวรของป่าผสมผลัดใบ (Asanok *et al.*, 2020) ส่วนสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่น (MDF-MILE) ลักษณะสังคมพืชนี้มักปรากฏไม้สาธรขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นทั่วพื้นที่ ซึ่งสาธรถือเป็นไม้ชั้นรองในสังคมพืชป่าผสมผลัดใบ และมักพบในพื้นที่ค่อนข้างชื้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) อาจเนื่องมาจากปัจจัยการรบกวนจากการทำไม้ในอดีตทำให้ไม้เด่น หรือไม้ดัชนีดั้งเดิมไม่สามารถทดแทนในพื้นที่ได้ ส่งผลให้ไม้เรือนยอดชั้นรองมีการทดแทนเป็นไม้เด่นเนื่องจากเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดจำนวนมาก (Canopy gap) (Asanok, 2017) โดยเฉพาะในพื้นที่ค่อนข้างชื้นจึงส่งผลให้เกิดสังคมย่อยชนิดนี้ขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Pairuang *et al.* (2020) ที่พบสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่นในบริเวณที่มีความชื้นสูงกว่าพื้นที่การศึกษาอื่นๆ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมบางประการและองค์ประกอบชนิดต้นไม้

การจัดลำดับสังคมพืชในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้พบว่าค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1)มีค่าเท่ากับ 0.666 แกนที่ 2 (axis 2) มีค่าเท่ากับ 0.572 และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.216 ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 อธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมบางประการจึงมีความถูกต้องสูง โดยปัจจัยแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของพรรณไม้และสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 2) ดังนี้

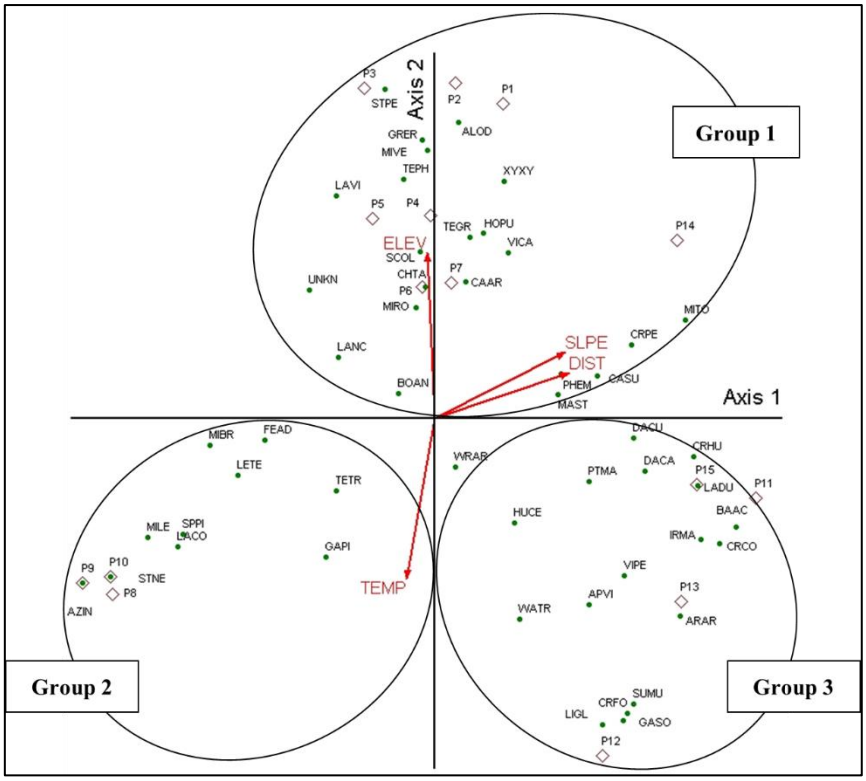


Figure 2 The data analysis showed CCA of environmental affecting tree species in mixed deciduous forest in teak forest plantation of the north forest industry organization

กลุ่มที่ 1 ถูกกำหนดด้วยความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELEV) และความลาดชัน (SLPE) และ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ (DIST) เช่น สัก (TEGR) แดง (XYXY) ตะเคียนหนู (TEPH) กุ๊ก (LANC) และผ่าเสี้ยน (VICA) เป็นต้น ในพื้นที่ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลมักมีขีดจำกัดในการอุ้มน้ำของดิน (Bridge and johnson, 2000; Zhang *et al*., 2013; Thammanu *et al*., 2020) อีกทั้งความลาดชันมักส่งผลให้เกิดการกัดเซาะหน้าดินให้มีความตื้นสังคมพืชจึงมีการปรับตัวให้ทนความแห้งแล้ง และมีระบบรากที่ลึก (Wessel, 1971) ส่งผลให้ชนิดไม้เด่นในสังคมย่อยสักเด่น (MDF-TEGR) มีการกระจายของชนิดไม้เด่น เช่น สัก มีการตั้งตัวได้ดีในพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตร และมีความลาดชันสูง (Wongrinyong *et al*., 2023) โดยสังคมพืชป่าผสมผลัดใบที่มีไม้สักเป็นไม้เด่นพบว่ามีการกระจายเฉพาะในคาบสมุทรอินเดีย พม่า ลาว ภาคเหนือของประเทศไทย (Kaosa-Ard, 1997)

กลุ่มที่ 2 ถูกกำหนดด้วยอุณหภูมิ (TEMP) ส่งผลให้ไม้บางชนิด เช่น สาธร (MILE) ตะคร้ำ (GAPI) มะกอกป่า (SPPI) ตะแบกเกรียบ (LACO) และขี้อ้าย (TETR) เป็นต้น โดยส่วนมากเป็นพรรณไม้เบิกนำ (Pioneer species) ที่มีความต้องการแสง อุณหภูมิสูง แสดงว่าชนิดไม้เหล่านี้มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่จำเพาะ และมักพบได้ในที่ชื้น (Thammanu *et al*., 2021) สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al*. (2002) ที่ระบุว่ากล้าไม้สำคัญในป่าผสมผลัดใบส่วนใหญ่มีอัตราการรอดตายลดต่ำลงมากเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้ง พรรณไม้ส่วนใหญ่มีการพักตัวในฤดูแล้ง ซึ่งมีการผลัดใบและจัดสภาพทางสรีระวิทยาเพื่อการ

เจริญเติบโตเมื่อย่างเข้าสู่ฤดูฝน อย่างไรก็ตามการออกดอกออกผลของไม้ป่าหลายชนิดเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เพื่อการโปรยเมล็ดในจังหวะที่พอเหมาะกับการมีความชื้นที่ผิวดินเพื่อการงอกและเจริญเติบโตของกล้าไม้

กลุ่มที่ 3 ชนิดไม้ที่ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่ชัดเจน พบไม้เด่นเช่น ประดู่ป่า (PEMA) ติ้วขน (CRFO) หมีเหม็น (LIGL) กะบก (IVMA) และตะแบกเปลือกบาง (LADU) พรรณไม้โดยส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้เบิกนำที่เป็นไม้ทั่วไป (Generalist species) โดยเฉพาะประดู่ ที่เป็นได้ทั้งไม้เบิกนำและไม้ในสังคมถาวรป่าผสมผลัดใบ นอกเหนือจากนั้นมีอัตราการโตอย่างรวดเร็วและทนต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย (Seidler & Bawa, 2013) ส่งผลให้พรรณไม้ในสังคมนี้มีตั้งตัวดีแม้ในสภาพแวดล้อมที่มีปัจจัยจำกัด สอดคล้องกับการศึกษาของ Asanok *et al*. (2020) ที่รายงานว่าพืชที่มีความทนทานต่อสภาพปัจจัยแวดล้อมส่วนใหญ่เป็นชนิดทั่วไปที่สามารถกระจายอยู่ได้ในหลายๆ พื้นที่

3. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

จากการประเมินมวลชีวภาพพบว่ามีมวลชีวภาพรวม 102.96 ตันต่อเฮกตาร์ และมีการกักเก็บคาร์บอนโดยรวม เท่ากับ 177.43 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Table 3)

Table 3 Biomass and carbon stock of each sub-community, mixed deciduous forest with *Tectona grandis*, (MDF-TEGR), mixed deciduous forest with *Pterocarpus macrocarpus*, (MDF-PEMA), and mixed deciduous forest with *Millettia leucantha*, (MDF-MILE). ABG and BLG are the above ground biomass and below ground biomass, respectively.

Sub-Community	Biomass						Carbon stock	
	ABG			BLG		Total biomass	C	CO_2
	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total	Root			
	(t ha^{-1})	(t ha^{-1})	(t ha^{-1})	(t ha^{-1})	(t ha^{-1})	(t ha^{-1})	(tC ha^{-1})	(tC ha^{-1})
MDF-TEGR	181.09	37.96	6.39	225.45	60.87	286.32	286.32	493.44
MDF-PEMA	57.96	11.66	2.11	71.74	19.37	91.122	42.82	157.03
MDF-MILE	68.08	13.57	2.54	84.2	22.73	106.94	50.26	184.29
Total	**65.3**	**13.42**	**2.42**	**81.07**	**21.88**	**102.96**	**48.39**	**177.43**

เมื่อพิจารณารายสังคมย่อยพบว่า สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่น (MDF-TEGR) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 493.44 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่น (MDF-MILE) เท่ากับ 183.13 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ และสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (MDF-PEMA) เท่ากับ 184.29 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับสังคมพืชป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อื่น ๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Hermhuk *et al*. (2020)

ที่พบว่าสังคมป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 140.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งมากกว่ากับการศึกษาของ Kaewkrom *et al*. (2011) ที่ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบภาคเหนือล่างพบว่าป่าผสมผลัดใบปฐมภูมิมีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 51.90 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และการศึกษาของ Terakunpisut *et al*. (2007) ในพื้นที่หย่อมป่าผสมผลัดใบ จ. กาญจนบุรี พบว่าในไม้ใหญ่มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 96.28 ตันต่อเฮกตาร์ และการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 48.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่เป็นหย่อมป่าทุติยภูมิมีการทดแทนจากไม้ดัชนีป่าผสมผลัดใบเดิม และไม้ในเรือนยอดชั้นรอง ส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนได้สูงกว่าป่าธรรมชาติ เนื่องจากต้นไม้ที่ขนาดเล็กถึงปานกลางมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าต้นไม้ขนาดใหญ่ (Bronwn *et al*., 1989) จากการศึกษาของ Viriyabuncha *et al*. (2002) ระบุว่าประเภทและอายุป่าส่งผลต่อศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอีกทั้งยังขึ้นอยู่กับขนาดความโตของต้นไม้โดยป่าผสมผลัดใบที่มีขนาดต้นไม้ ที่ขนาดมากกว่า 20-40 เซนติเมตร มีแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าไม้ในขนาดอื่นๆ เนื่องจากเจริญเติบได้อย่างรวดเร็ว เป็นต้น (Terakunpisut *et al*., 2007)

สรุป

โครงสร้างสังคมพืชในเขตป่าอนุรักษ์ของสวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือเป็นสังคมพืชดั้งเดิมของไม้สัก ที่ถิ่นการกระจายอยู่ภาคเหนือ สามารถจำแนกเป็นหมู่ไม้หรือสังคมย่อยได้ 3 สังคมย่อย คือ สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสาธรเด่น (MDF-MILE) สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (MDF-PEMA) และสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่น (MDF-TEGR) โดยชนิดไม้สัก นับเป็นไม้เด่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ขณะที่ดัชนีความหลากหลาย Shannon-index พบว่าสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบประดู่เด่น (MDF-PEMA) มีค่า H′ มากที่สุด ในขณะที่ สังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่น (MDF-TEGR) มีค่าดัชนีความหลากหลายรองลงมา นอกเหนือจากนั้นสังคมย่อยป่าผสมผลัดใบสักเด่นมีการพัฒนาใกล้เคียงสังคมป่าผสมผลัดใบดั้งเดิม และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ดังนั้นการศึกษาบ่งชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ป่าอนุรักษ์ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้นับเป็นถิ่นอาศัยที่สนับสนุนความหลากชนิดพืชและเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือบน และภาคเหนือล่าง หัวหน้าสวนป่าและเจ้าหน้าทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้สนับสนุน ให้คำปรึกษา จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย จากทุนศิษย์ก้นกุฏิ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranmongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, M. Katabuchi & T. Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree

species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management.** 296: 9-23. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.029

Asanok, L., J. Kotkangphlu, S. Rotkhongrai, D. Janduang, P. Ketdi & M. Khamsuk. 2017. The influencing of canopy gap and conspecific adult tree determined the characteristic of dominant species in Ban Se Pa La freshwater swamp forest, Umphang district, Tak province. **Thai Forest Ecological Research Journa**l. 1(1): 19-26. (in Thai)

Asanok, L., R. Taweesuk & N. Papakjan. 2020. Woody Species Colonization along Edge Interior Gradients of Deciduous Forest Remnants in the Mae Khum Mee Watershed, Northern Thailand. **International Journal of Forestry**. http://doi.org/10.1155/2020/5867376

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

Brown, S., A. J. R Gillespie. & A. E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**. 35: 881-902

Bunyavejchewin, S., Y. Chamlongrat, R. Buasalee & P. Rayangkul. 2016. **Tree & Forest of Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary**. Thai Long-Term Forest Ecological Research & The Rabbit in the Moon Foundation, Thailand (in Thai)

Chamnanuasa., S. 2002. **Growth of overall factor productivity and factors affecting the growth of overall factor productivity of the agricultural sector in Northern region of Thailand**. Master of Economics Thesis. Chiang Mai University, Chiangmai, Thailand. (in Thai)

Forest Industry Organization. 2021. **Annual Report 2021 Forest Industry Organization**. Ministry of Natural Resources, Environment. Bangkok, Thaland. (in Thai)

Gadow, K. V., C. Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, S. Myklush, G. Y. Hui, A. Kiviste & X. H. Zhao. 2012. **Forest structure and diversity**. In: Pukkala, T. & K. V. Gadow (eds), Continuous cover forestry. Book series managing forest ecosystems. Springer, Berlin. 23: 29–84 (chapter book)

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**. 31(5): 1733-1742 https://doi.org/10.1007/s11676-019-00924-x

HilleRisLambers, J., P. B. Adler, W. S. Harpole, J. M. Levine & M. M. Mayfield. 2012. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. 43: 227-248. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160411

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

Kaewkrom, P., J. Gajaseni, C. F Jordan & N. Gajaseni. 2005. Floristic regeneration in five types of teak plantations in Thailand. **Forest Ecology and Management**. 210: 315-361

Kamyo, T., K. Samarnmit & A. Suerpaibul. 2016. Application of Geographic Information Systems for *Tectona grandisL.f*. Natural Potential Site Identification in Mae Yom National Park Phrae Province. **Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal**. 8:8 (in Thai)

Kaosa-Ard, A. 1977. **Physiological studies of sprouting of teak (*Tectona grandis Linn. f.*) planting stumps**. Ph. D. Thesis, Department of Forestry, A.N. U. Canberra, Australia.

Kaosa-Ard, A. 1992. **Country Report on Teak in Thailand: Teak in Asia. In**: Wood, H. (Ed.). Proceedings of the CHAINA/ESCAP/FAO Regional Seminar on Research and Development of Teak, Guangzhou, China :79–86.

Khamyong, N., P. Wangpakapattanawong, S. Chairuangsri, A. Inta & P. Tiansawat. 2018. Tree species composition and height-diameter allometry of three forest types in northern Thailand. **Natural and Life Sciences Communications**. 17(4): 289-307 https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2018.0021

Kraft, N. J., W. K. Cornwell & C. O. Webb. 2007. Trait evolution, community assembly, and the phylogenetic structure of ecological communities. **American Naturalist**. 170, 271–283

Kruama, K. 2021. **Growth, yield and species diversity of teak (Tectona grandis Linn. f.) plantation under different age in Khun Mae Khum Mee plantation, Phrae province**. M.Sc. thesis, Forest Management, The Established Project of college of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand. (in Thai)

Lawley, V., L. Parrott, M. Lewis, R. Sinclair, B. Ostendorf. 2013. Self-organization and complex dynamics of regenerating vegetation in an arid ecosystem: 82 years of recovery after grazing. **Journal of Arid Environments**. 88:156–164

Li, T., Q. Xiong, P. Luo, Y. Zhang, X. Gu. & B. Lin. 2020. Direct and indirect effects of environmental factors, spatial constraints, and functional traits on shaping the plant diversity of montane forests. **Ecology and Evolution**. 10(1): 557-568.

Li, T., L. Xu, F. Wang. 2022. Novel evidence from Taxus fuana forests for niche-neutral process assembling community. **Ecosystems**. 9: 42–51.

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

Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Marod, D., P. Duengkae, 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 Phuluang Forest, northeastern Thailand. **Kasetsart Journal (Natural Science)**. 46:39-50.

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

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka & T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. **Plant Ecology** 161: 41-57.

McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0 for Windows**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 365 pp.

Meteorological Department. 2022. **Climate of Northern Thailand**. Available source: http://climate.tmd.go.th/data/province. (Accessed: January 05, 2023). (in Thai)

Neeranathpibul., J. & S. Sangtongpraow. 2002. Plant spesies diversity and soil property changes in different-year old teak plots of maehad plantation, Nongmuangkhi District Phrae Province**. Thai Journal of Forestry**. 19-21: 136-145 (in Thai)

Niamrat, W. & D. Marod. 2005. Seedling Establishment of Climax Species under the Eucalytus Plantation open Areas. **Thai Journal of Forestry**. 24: 35-47. (in Thai)

Nuanurai, N. 2005. **Comparison of leaf area index, above–ground biomass and carbon sequestration of forest ecosystems by forest inventory and remote sensing at National Park, Thailand**. Master of Science Thesis (Zoology). Bangkok: Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Nukool, T. 2002. **Structural characteristics of three forest types at Khun Korn Waterfall Forest Park, Changwat Chiang Rai**. MSc Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2022. **Environmental quality situation reports 2022**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Ogawa, H., K. Yoda, T. Kira. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in South East Asia** 1: 21-157.

Pairuang, N., C. Thapyai & L. Asanok. 2020. The Influence of Fire Protection on Plant Community Changes in Sakunothayan Botanical Garden, Wang Thong District, Phitsanulok Province. **Thai Journal of Forestry**. 39(1): 28-40

Pandey, S. S., T. N. Maraseni & G. Cockfield. 2014. Carbon stock dynamics in different vegetation dominated community forests under REDD+: A case from Nepal. **Forest**

Ecology and Management. 327:40–47. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.028

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

Seidler, R. & S. K. Bawa. 2013. **Biodiversity in logged and managed forests**. Encyclopedia of Biodiversity (2nd). Elsevier: Amsterdam, Netherlands. 46-458 pp

Teejuntuk, S., P. Sahunalu, K. Sakurai & W. Sungpalee. 2002. Forest structure and tree species diversity along an altitudinal gradient in Doi Inthanon National Park, northern Thailand. **Tropics**. 12(2): 85-102.

Temchai, T. & C. Kaewket. 2013. **The long age of forest ecology in national park: Permanent conversion network in tropical mixed deciduous forest, Chaloem Phrakiat Natural Park of Rachaburi province**. Proceeding Research and Activity; in 2 nd Academic Conference of the Thai Forest Ecology Research. Chiang Mai: Mae Jo University. (in Thai)

Terakunpisut, J., N. Gajaseni. & N. Ruankawe. 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of thong Pha-Phum national forest, Thailand. **Applied Ecology and Environmental Research**. 5(2): 93-102

Thammanu, S., J. Chung, H. Han, P. Ketdee & N. Gaewsingha. 2020. Tree Species Diversity and Environmental Factors Affecting Distribution in Ban Mae Chiang Rai Lum Community Forest, Lampang Province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 4(1),13-26.

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**. 32:649-662. https://doi.org/10.1007/s11676-020-01239-y

Tweesuk, R. 2021. **Functional traits and diversity of trees were regenerated in Khun Mae Khum Mee forestation, Phrae province**. M.Sc. thesis, Forest Management, The Established Project of college of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, Thailand. (in Thai)

Viriyabuncha, C., T. Vacharangkura & B. Doangsrisen. (2002): **The evaluation system for carbon storage in forest ecosystems in Thailand (I. aboveground biomass)**. Sivilculture Research Division: Royal Forest Department. Bangkok, Thailand.

Wessel, M. 1971. **Fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao L.) in South-Western Nigeria**. Thesis Wageningen University & Research. Wageningen, Netherlands.

Wiriyatungsakul, S. 2019. **The study of the determination of the amount of greenhouse gas emissions (Threshold)**. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). Bangkok, Thailand. (in Thai)

Wongrinyong, T., M. Norsaengsri, I. Hawpinjai, K. Krueama & T. Kamyo. 2023. Using the Maximum Entropy Modeling to assess the habitat suitability of natural Teak (*Tectona grandis Linn.f.*) in Mae Hong Son Province. **Thai Forest Ecological Research Journal**. 7(1): 111-124. (in Thai)

WorldClim. 2020. **Historical climate data**. Available source: https://worldclim.org/data/worldclim21.html (Accessed: January 05, 2023)

Yue, J. & R. Li. 2021. Phylogenetic relatedness of woody angiosperm assemblages and its environmental determinants along a subtropical elevational gradient in Chaina. **Plant Diversity**. 43: 111–116.

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

Appendix A. Count of 50 species with a total of $\geq$ 5 stems in the 15 0.16 ha^{-1} 40 x 40 plots in the teak forest plantation of the north forest industry organization.

No.	Name	Code	Total stems
1	*Albizia odoratissima*	ALOD	20
2	*Aporosa villosa*	APVI	14
3	*Arfeuillea arborescens*	ARAR	31
4	*Azadirachta indica*	AZIN	10
5	*Barringtonia acutangula*	BAAC	23
6	*Bombax anceps*	BOAN	43
7	*Careya arborea*	CAAR	16
8	*Canarium subulatum*	CASU	18
9	*Chukrasia tabularis*	CHTA	9
10	*Cratoxylum cochinchinense*	CRCO	10
11	*Cratoxylum formosum subsp. Pruniflorum*	CRFO	96
12	*Croton hutchinsonianus*	CRHU	17
13	*Croton persimilis*	CRPE	8
14	*Dalbergia cana*	DACA	20
15	*Dalbergia cultrata*	DACU	17
16	*Fernandoa adenophylla*	FEAD	12
17	*Garuga pinnata*	GAPI	6
18	*Gardenia sootepensis*	GASO	38
19	*Grewia eriocarpa*	GRER	27

Appendix A (continued)

No.	Name	Code	Total stems
20	*Holarrhena pubescens*	HOPU	9
21	*Huberantha cerasoides*	HUCE	21
22	*Irvingia malayana*	IRMA	19
23	*Lagerstroemia cochinchinensis*	LACO	71
24	*Lagerstroemia duperreana*	LADU	7
25	*Lannea coromandelica*	LANC	56
26	*Lagerstroemia villosa*	LAVI	13
27	*Lepisanthes tetraphylla*	LETE	11
28	*Markhamia stipulata*	MAST	35
29	*Litsea glutinosa*	LIGL	23
30	*Millettia brandisiana*	MIBR	84
31	*Millettia leucantha*	MILE	259
32	*Mitragyna rotundifolia*	MIRO	32
33	*Microcos tomentosa*	MITO	20
34	*Miliusa velutina*	MIVE	7
35	*Phyllanthus emblica*	PHEM	9
36	*Pterocarpus macrocarpus*	PTMA	185
37	*Schleichera oleosa*	SCOL	8
38	*Spondias pinnata*	SPPI	51
39	*Stereospermum neuranthum*	STNE	11
40	*Sterculia pexa*	STPE	22
41	*Suregada multiflora*	SUMU	10
42	*Tectona grandis*	TEGR	389
43	*Terminalia phillyreifolia*	TEPH	55
44	*Terminalia triptera*	TETR	7
45	*unknown*	UNKN	11
46	*Vitex canescens*	VICA	28
47	*Vitex peduncularis*	VIPE	50
48	*Walsura trichostemon*	WATR	26
49	*Wrightia arborea*	WRAR	13
50	*Xylia xylocarpa var. kerrii*	XYXY	81

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 487-502 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเติบโตและสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้นป่าดิบเขาระดับต่ำบางชนิด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

ศรีนวล ตุ่นใจ [1] สราวุธ สังข์แก้ว [2] และสถิตย์ ถิ่นกำแพง [2*]

รับต้นฉบับ: 19 พฤศจิกายน 2567 ฉบับแก้ไข: 19 ธันวาคม 2567 รับลงพิมพ์: 22 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: สัณฐานวิทยาและการเติบโตของกล้าไม้ในป่าดิบเขาระดับต่ำ มีความสำคัญต่อคัดเลือกชนิดกล้าไม้เพื่อใช้ในการฟื้นฟูระบบนิเวศและการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการงอก การเติบโต และลักษณะสัณฐานวิทยาสำหรับจัดทำรูปวิธานกล้าไม้ต้นป่าดิบเขาระดับต่ำบางชนิด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการ: ทำการเก็บเมล็ดพรรณไม้ที่ให้ผลภายในแปลงถาวรและบริเวณโดยรอบ ซึ่งสามารถเก็บเมล็ดไม้ได้ จำนวน 38 ชนิด 34 สกุล 23 วงศ์ ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักเมล็ด จากนั้นทำการทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดไม้ในเรือนเพาะชำ จดบันทึกรูปแบบการงอก ติดตามการเติบโตคอราก ความสูง และการรอดตายทุก 7 วัน วิเคราะห์อัตราการงอก การรอดตาย และการเติบโตของกล้าไม้ และทำรูปวิธานกล้าไม้

ผลการศึกษา: การทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดพบว่าเมล็ดสามารถงอกได้ จำนวน 16 ชนิด 16 สกุล 12 วงศ์ (จาก 38 ชนิด) โดย พญาไม้มีอัตราการงอกสูงสุด (100%) รองลงมาคือ นางพญาเสือโคร่ง (87%) และกระเชา (73%) รูปแบบการงอกจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ แบบใบเลี้ยงชูขึ้นมาเหนือดิน พบ 10 ชนิด และ แบบใบเลี้ยงจมอยู่ใต้ดิน พบ 6 ชนิด ลักษณะของใบเลี้ยงจำแนกได้ 8 แบบ พบกล้าไม้ที่เป็นแบบใบเดี่ยว (11 ชนิด) และแบบใบประกอบ (5 ชนิด) ส่วนการเรียงตัวใบมี 3 รูปแบบ คือ แบบตรงกันข้าม (2 ชนิด) แบบสลับ (9 ชนิด) และแบบเรียงเวียน (5 ชนิด) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญต่อการจัดทำรูปวิธาน

สรุป: ศักยภาพการงอกของเมล็ดและการรอดตายของกล้าไม้เป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยในการคัดเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเตรียมกล้าไม้ในเรือนเพาะชำสำหรับการฟื้นฟูป่า รูปวิธานกล้าไม้ที่ได้จากการศึกษาเป็นประโยชน์ต่อการใช้ในการเก็บกล้าไม้ชนิดบริเวณพื้นป่า ดังนั้น การคัดเลือกชนิดที่มีอัตราการงอกสูง มีอัตราการตายต่ำและเป็นกลุ่มไม้โตเร็ว เช่น นางพญาเสือโคร่ง สามารถใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมต่อการฟื้นฟูป่าเนื่องจากใช้ปลูกเป็นไม้พี่เลี้ยง เพื่อปรับสภาพแวดล้อมที่ดีต่อการตั้งตัวของไม้ดั้งเดิมได้

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยาของเมล็ด การฟื้นฟูป่า อัตราการงอก รูปแบบการงอก

[1] โครงการปริญญาโทสาขาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมภาคพิเศษ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.07

ORIGINAL ARTICLE

Growth and Morphology of Tree Seedlings in Lower Montane Forest at Doi Suthep-Pui National Park

Srinuan toonjai [1] Sarawood Sungkaew [2] and Sathid Thinkampheang [2*]

Received: 19 November 2024 Revised: 19 December 2024 Accepted: 22 December 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: Seedlings growth and morphological characteristics are important for selecting for forest restoration and biodiversity conservation. This study aimed to clarify seed germination rate and seedling growth, while, morphological characters use for dichotomous key in lower montane forest at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province.

Methodology: Seeds of fruited tree species in the permanent plot and surrounding were collected, total of 38 species, 34 genera, and 23 families. All seeds size and weight were measured, then, seed germination rate was done in the nursery. Germination patterns were recorded using cotyledon leaf. Seedling height and root collar growth, and survival were monitored every 7 day. Germination rate, growth and survival of seedlings and dichotomous key were analyzed.

Main Result: Only 16 species of 12 genera and 12 families had germinated which species of *Podocarpus neriifolius* had highest germination rate (100%), followed by *Prunus cerasoides* (87%), and *Ailanthus triphysa* (73%). Two seed germination types were detected; epigeal (cotyledons emerge above the soil), 10 species, and hypogeal (cotyledons remain below the soil), 6 species. Eight cotyledon leaf shapes were categorized which divided into simple leaf (11 species) and compound leaves (5 species). Leaf arrangements were classified into three types: opposite (2 species), alternate (9 species), and whorled (5 species). This information is useful for dichotomous key establishment.

Conclusion: The potential of seed germination and seedling survival are important on selecting appropriate species for preparing seedlings for forest restoration. The seedling dichotomous key obtained from the study is useful for collecting seedlings that found in forest understories. Therefore, selecting species with high germination rates, low mortality rates, and fast-growing species, such as *Prunus cerasoides*, is a key criterion in choosing suitable species for forest restoration. This species can be used as nurse trees to facilitate the suitable environments on establishment of native trees.

Keywords: Seed morphology, forest restoration, germination rate, type of germination

[1] Forest Resource and Environment Administration (Special program), Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok,10900 Thailand

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

***Corresponding author**: sathid.thi@ku.ac.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.07

คำนำ

การสูญเสียพื้นที่ป่า (Deforestation) จากการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อมและวิถีชีวิตของมนุษย์ (Geist & Lambin, 2002; Lamb et al., 2005) การฟื้นฟูป่าในพื้นที่ที่เสื่อมโทรมจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อคืนสภาพป่าธรรมชาติดั้งเดิม ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งโดยการปล่อยให้ธรรมชาติฟื้นฟูด้วยตัวเอง (Natural regeneration) หรือการปลูกป่าฟื้นฟู (Assisted restoration) (Chazdon, 2008; Chazdon, 2014) สำหรับการปลูกป่าฟื้นฟู การเลือกชนิดกล้าไม้ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ถือเป็นปัจจัยสำคัญโดยทั่วไป กระบวนการเริ่มต้นจากการเก็บเมล็ดไม้จากแม่ไม้ในป่า เพื่อนำไปเพาะในเรือนเพาะชำก่อนนำไปปลูกในพื้นที่เป้าหมาย อย่างไรก็ตาม การคัดเลือกกล้าไม้ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในป่า ซึ่งสามารถตั้งตัวและเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดิมได้สำเร็จ ถือเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากช่วยลดข้อจำกัดจากการเก็บเมล็ดโดยตรง และเพิ่มความมั่นใจในความเหมาะสมของกล้าไม้ต่อพื้นที่ฟื้นฟู (Khurana *et al*., 2001; Lamb *et al*., 2005) ทั้งนี้ การคัดเลือกกล้าไม้จากธรรมชาติยังมีความท้าทาย โดยเฉพาะการระบุชนิดพันธุ์กล้าไม้ที่ถูกต้อง เนื่องจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ของกล้าไม้แตกต่างกันไปตามชนิดและช่วงอายุ อีกทั้งในระยะกล้าไม้ พืชยังมีความเปราะบางต่อปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ (Kitajima & Poorter, 2008; Poorter *et al*., 2006; Tomlinson, 2012) ดังนั้น การศึกษาและทำความเข้าใจในระยะนี้จึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จของการฟื้นฟูป่าในระยะยาว.

นักนิเวศวิทยาพืชใช้ข้อมูลการพัฒนาในระยะกล้าไม้เพื่อประเมินกระบวนการทดแทนของสังคมพืชในการฟื้นฟูป่า กระบวนการนี้ช่วยให้เข้าใจถึงรูปแบบการทดแทน (Succession) ของพืชพรรณในระบบนิเวศ รวมถึงการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของพืชในระยะเริ่มต้น หากสามารถระบุลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จะช่วยสนับสนุนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการเก็บกล้าไม้จากป่าธรรมชาติสำหรับการปลูกป่าฟื้นฟู (Forest restoration) และการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชผ่านการปลูกนอกถิ่นอาศัย (Ex-situ conservation) (Chazdon, 2008; Elliott *et al*., 2013; Poorter *et al*., 2006) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ เช่น รูปแบบการงอก รูปร่างใบเลี้ยง ลักษณะของใบแท้ใบแรก และการเรียงตัวของใบ เป็นองค์ความรู้สำคัญที่มีบทบาทต่อการเลือกชนิดพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การวิจัยในป่าดิบเขา (Montane forest) ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำสำคัญของประเทศ มีความสำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้กำลังเผชิญกับการบุกรุก การตัดไม้ทำลายป่า และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Poffenberger, 2000; FAO, 2020; Kitajima & Poorter, 2008) การรวบรวมข้อมูลพฤกษศาสตร์เพิ่มเติม เช่น การสร้างฐานข้อมูล

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการประเมินศักยภาพของกล้าไม้ในพื้นที่เป้าหมาย จะช่วยสนับสนุนกระบวนการฟื้นฟูป่าอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติการ นำไปสู่การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการฟื้นฟูระบบนิเวศในระยะยาว (Lamb *et al*., 2005; Whitmore, 1998).

การศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำ บริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งเป็นป่าที่มีความสมบูรณ์และถูกรบกวนน้อย และการสร้างแปลงศึกษาถาวรขนาด 16 เฮกแตร์ (Marod et al., 2022) บริเวณนี้ช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ของป่าดิบเขาระดับต่ำ และที่สำคัญคือข้อมูลเกี่ยวกับชนิดพรรณไม้ป่าดิบเขาระดับต่ำสำหรับการเลือกแม่ไม้เพื่อเก็บเมล็ดสำหรับการเพาะกล้าไม้และศึกษาเพื่อจัดทำวิธานของกล้าไม้ต่อไป การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการเติบโต สัณฐานวิทยา และจัดทำรูปวิธานของกล้าไม้ต้นป่าดิบเขาระดับต่ำบางชนิด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ป่าดิบเขาระดับต่ำ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พื้นที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,736 มิลลิเมตร/ปี ปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (335 มิลิเมตร) ในเดือนสิงหาคมช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนที่น้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (10 มิลลิเมตร) เดือนพฤษภาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกรุนแรงปริมาณน้ำฝนมากที่สุดมากกว่า (50 มิลลิเมตร) (Rueangket. et al., 2019) มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 20 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน แสดงให้เห็นว่าบริเวณนี้มี 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน (Kume *et al.*, 2007) พรรณไม้เด่นป่าดิบเขาระดับต่ำ ได้แก่ ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อหรั่ง (*Castanopsis armata*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) กำยาน (*Styrax benzoides*) ยาแก้ (*Drypetes hainanensis*) อินทวา (*Persea gamblei*) และเมียดต้น (*Litsea martabanica*) เป็นต้น (Marod *et al*., 2022) ขณะที่การทดสอบการงอกและการเติบโตของกล้าไม้ดำเนินการในโรงเรือนเพาะชำ ภายในสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ดอยปุย (Figure 1)

2. วิธีการ

2.1.ทำการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่พบได้ในป่าดิบเขาระดับต่ำและที่มีปรากฏอยู่ในแปลงถาวรป่าดิบเขาระดับต่ำ โดยสามารถเก็บรวบรวมเมล็ดไม้ได้จำนวน 38 ชนิด 34 สกุล 23 วงศ์ กระเชา (*Holoptelea integrifolia*) ตะเคราน้ำ (*Eribotrya bengalensis*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) นางพญาเสือโคร่ง (*Prunus cerasoides*) พญาไม้ (*Podocarpus neriifolius*) มะแฟน (*Protium serratum*) มะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina*) โพบาย (*Balakata baccata*) สะเดาช้าง (*Acrocarpus fraxinifolius*) เลี่ยน (*Melia azedarach*) กระทังใบใหญ่ (*Litsea grandis*) ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus*) จวงหอม (*Cinnamomum porrectum*) บุนนาค (*Mesua ferrea*) ฝาง (*Caesalpinia sappan*) หว้า (*Syzygium nervosum*) กร่าง *(Ficus altissima*) กำลังเสือโคร่ง (*Betula alnoides*) กางหลวง (*Albizia chinensis*) กำยาน (*Styrax benzoin*) แคหางค่าง (*Fernandoa*

adenopha) ชะมวง (*Garcinia cowa*) เดื่อปล้องหิน (*Ficus semicordata*) เดื่ออุทุมพร (*Ficus racemose*) นมน้อย (*Polyyalthai evecta*) พิกุลป่า (*Adinandra integerrima*) มะนอดน้ำ (*Ficus hirta*) มะมือ (*Choerospondias axillaris*) มะเม่าสาย (*Antidesma sootepense*) มะเดื่อ (*Ficus carica*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ยอป่า (*Morinda coreia*) สอยดาว (*Mallotus paniculatus*) มะคังดง (*Ostodes paniculate*) และ ปอตองแตบ (*Macaranga denticulate*) ตามลำดับ (Appendix Table 1) โดยทำการเก็บเมล็ดในแต่ละชนิดประมาณ 100-200 เมล็ด

Figure 1 Seed germination and seedling growth experiment in the nursery

2.2. ทำการคัดเลือกเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ (Sound seed) สำหรับการทดสอบอัตราการงอก นำเมล็ดดังกล่าวมาทำการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนปลูก (Seed Pre-treatment) เป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดและช่วยให้การเติบโตของต้นกล้าเป็นไปได้ดีขึ้น วิธีการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนปลูกจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยคัดเลือกเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ จำนวน 30 เมล็ดต่อชนิด จากนั้นนำเมล็ดมาผึ่งให้แห้งในอุณหภูมิห้อง ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเมล็ด (กว้าง x ยาว x หนา) หลังจากนั้นทำการเพาะเมล็ดพันธุ์ไม้ ในถาดหลุมและดินปลูกที่เตรียมไว้ (ขนาดของถาดหลุม เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ลึก 4 เซนติเมตร) รดน้ำทุกช่วงเช้า (เวลา 8.00-9.00 น.) ทุก ๆ วัน

3. ทำการติดตามการงอก การตาย ทุกวัน และเมื่อกล้าไม้งอก ทำการจดบันทึกและถ่ายรูปลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้แต่ละชนิด (ลักษณะการงอกของใบเลี้ยง รูปร่างของใบเลี้ยง

ลักษณะของใบแท้ใบแรก รูปร่างใบแท้ เป็นใบเดี่ยว/ใบประกอบ การเรียงตัวของใบ) และทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอราก (Diameter at base height, D0) และระดับความสูงกล้าไม้ (Height, H) ทุก 1 สัปดาห์ จนกล้าไม้มีอายุ 3 เดือน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1. การจัดทำรูปวิธาน (Dichotomous key) โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ ในการจัดรูปวิธานจำแนกชนิด (Key to species) ของกล้าไม้ตัวอย่างทั้งหมด

3.2. การงอกเมล็ด (Seed germination) พิจารณาร้อยละการงอกของเมล็ด จากสูตรของ Villagra (1977) ดังนี้

$$\text{Seed germination \%} = \frac{(SG1 \times 100)}{SG2}$$

เมื่อ SG1 คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่งอก

SG2 คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เริ่มต้นทำการทดลอง

3.3. อัตราการตายกล้าไม้ (Mortality rate, MR) คำนวณจากสูตรของ Sherman et al. (2012) ดังนี้

$$MR\ (\%/time^{-1}) = 100 \times [\ln(N0) - \ln(NS)]/t$$

เมื่อ N0 คือ จำนวนกล้าไม้เริ่มต้นทั้งหมด

NS คือ จำนวนกล้าไม้ที่รอดตายทั้งหมด

t คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการติดตาม

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้นในป่าดิบเขาระดับต่ำ ซึ่งพบชนิดที่งอกและเติบโตเป็นกล้าไม้เพียง 16 ชนิด 16 สกุล 12 วงศ์ จากทั้งหมด 38 ชนิด 34 สกุล 23 วงศ์ โดยมีลักษณะสัณฐานวิทยาที่สำคัญสำหรับการจัดรูปวิธาน

1. รูปแบบการงอก (Type of germination) รูปแบบการงอกของเมล็ดไม้ทั้ง 16 ชนิด สามารถจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1.1. การงอกแบบใบเลี้ยงชูเหนือดิน (Epigeal germination) มักพบในพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledons) เป็นส่วนใหญ่ แต่บางชนิดของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledons) คือการงอกที่ชูขึ้นมาเหนือพื้นดิน โดยกล้าไม้ที่พบครั้งนี้จำนวน 10 ชนิด และเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ กระเชา ตะเกรานำ้ ทะโล้ นางพญาเสือโคร่ง พญาไม้ มะแฟน มะกล่ำต้น โพบาย สะเดาช้าง และเลี่ยน คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของชนิดกล้าไม้งอก

1.2. การงอกแบบใบเลี้ยงจมอยู่ในพื้นดิน (Hypogeal germination) สามารถพบได้ทั้งในพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่ส่วนใหญ่พบในพืชใบเลี้ยงคู่มากกว่า ซึ่งใบเลี้ยงยังคงอยู่ในผนังเมล็ดและอยู่ใต้ผิวดิน การงอกแบบนี้มีอยู่ 6 ชนิด และเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ได้แก่ กระทังใบใหญ่ ขนุนป่า จวงหอม บุนนาค ฝาง และ หว้า คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของชนิดกล้าไม้งอก

2. ลักษณะสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้น (Morphological of seedlings)

2.1 ใบเลี้ยง (Cotyledons) ใบเลี้ยงกล้าไม้ต้น ส่วนใหญ่มีลักษณะเฉพาะแต่ละวงศ์ และสกุล โดยรูปร่างใบเลี้ยงสามารถจำแนกได้บางชนิด เนื่องจากหลายชนิดมีใบเลี้ยงอยู่ใต้ดินจึงยากที่จะจำแนกได้ พบ 8 แบบ (Figure 2)

Figure 2. The cotyledon shape grown from seeds in the nursery; A = Reniform, B = Oblong, C = Serrated, D = Linear, E = Orbicular, F = ovate, G = Obovate and H = Elliptic

2.1.1 ใบเลี้ยงรูปไต (Reniform) รูปร่างของใบเลี้ยงแบบนี้มีใบที่มีด้านขอบโค้ง ปลายเว้าเข้า ความกว้างเท่าหรือมากกว่าความยาว มีขนาดต่าง ๆ กันไป (Chamchumroon, 1998) ได้แก่ กระเชา

2.1.2 ใบเลี้ยงรูปขอบขนาน (Oblong) รูปร่างของใบเลี้ยงแบบนี้มีลักษณะรูปใบที่มีด้านขอบขนานปลายและโคนใบเลี้ยงมน มีความยาวสองถึงสามเท่าของความกว้าง ได้แก่ เลี่ยน

2.1.3 ใบเลี้ยงหยัก (Serrated) รูปร่างของใบเลี้ยงใบหยักเว้าเข้า ได้แก่ มะแฟน

2.1.4. ใบเลี้ยงรูปแถบ (Linear) รูปร่างของใบเลี้ยงจะแคบยาว ได้แก่ พญาไม้

2.1.5 ใบเลี้ยงรูปกลม (Orbicular) รูปร่างของใบเลี้ยงจะเกือบเป็นรูปกลมปลายใบแตกต่างกันไป ได้แก่ สะเดาช้าง

2.1.6.ใบเลี้ยงรูปไข่ (Ovate) รูปร่างของใบเลี้ยงส่วนครึ่งของใบบนกว้างกว่าครึ่งของใบล่าง ได้แก่ ทะโล้ นางพญาเสือโคร่ง และโพบาย

2.1.7 ใบเลี้ยงรูปไข่กลับ (Obovate) รูปร่างของใบเลี้ยงส่วนครึ่งใบล่างกว้างกว่าครึ่งส่วนบน ปลายทั้งสองข้างมนป้าน คือ มะกล่ำต้น

2.1.8 ใบเลี้ยงรูปรี (Elliptic) รูปร่างของใบเลี้ยงมีส่วนของปลายใบและโคนใบสอบ ได้แก่ ตะเกรานำ้

2.2 ลักษณะของใบแท้ใบแรก (First foliage leaf) ใบแท้ใบแรกของกล้าไม้ทั้ง 16 ชนิด จำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ แบบใบเดี่ยว (Simple leaf) และแบบใบประกอบ (Compound leaf) โดยรูปร่างใบแท้ใบแรกมีความผันแปรระหว่างชนิด และมีลักษณะที่แตกต่างกันกับต้นไม้ที่โตเต็มที่ ชนิดที่มีใบแท้ใบแรกมีขนาดใหญ่ที่สุด คือ เสี้ยน (60.0 ± 3.4 x 66.2 ± 8.5 มิลลิเมตร) และชนิดที่เล็กที่สุด คือ ปอตองแตบ (9.4 ± 6.2 x 21.2±7.2 มิลลิเมตร) ส่วนชนิดอื่น ๆ ก็มีขนาดลดหลั่นกันไป (Appendix Table 1)

2.2.1 แบบใบเดี่ยว (Simple leaf) คือใบที่มีแผ่นใบเพียงแผ่นใบเดียวเกิดอยู่บนก้านใบ พบมี 11 ชนิดได้แก่ กระเชา ตะเกรานำ้ ทะโล้ นางพญาเสือโคร่ง พญาไม้ โพบาย กะทังใบใหญ่ ขนุนป่า จวงหอม บุนนาค และหว้า ตามลำดับ

2.2.2 แบบใบประกอบ (Compound leaf) คือใบที่มีแผ่นใบหลายแผ่นใบเกิดอยู่บนก้านใบเดียวกัน แผ่นใบแต่ละแผ่นนี้คือส่วนของ ใบย่อย หรือ leaflet ใบย่อยแต่ละใบมีอายุเท่า ๆ กัน และใบย่อยอาจมีก้านใบย่อย หรือไม่มีก็ได้ พบมี 5 ชนิด ได้แก่ มะแฟน มะกล่ำต้น สะเดาช้าง เสี้ยน และฝาง

2.3 การเรียงตัวของใบ (Leaf arrangement) สามารถจำแนกได้เป็น 3 แบบ คือ

2.3.1 การเรียงตัวแบบตรงกันข้าม (Opposite) เป็นการเรียงใบสองใบที่ออกจากข้อของลำต้นหรือกิ่งเป็นคู่ ๆ ทำมุม100 องศา พบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ บุนนาค และหว้า ตามลำดับ

2.3.2 การเรียงตัวแบบเรียงสลับ (Alternate) เป็นการเรียงตัวกับลำต้นแบบสลับและไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน พบ 9 ชนิด ได้แก่ กระเชา นางพญาเสือโคร่ง เสี้ยน ฝาง มะแฟน มะกล่ำต้น โพบาย สะเดาช้าง และขนุนป่า ตามลำดับ

2.3.3 การเรียงตัวแบบเรียงเวียน (Spiral) เป็นการจัดเรียงใบคล้ายกับแบบสลับ แต่ตำแหน่งของใบในแต่ละข้อจะเยื้องกันเล็กน้อย ไม่ถึงกับอยู่ตรงกันข้ามเหมือนแบบสลับ ทำให้ดูคล้ายเป็นเกลียว พบ 5 ชนิด ได้แก่ กะทังใบใหญ่ จวงหอม ตะเกรานำ้ ทะโล้ และพญาไม้ ตามลำดับ

2.4 การจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ (Dichotomous key to seedling species) ตามสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้น ที่มีการงอกทั้ง 16 ชนิด (Appendix Figure 1) ได้ดังนี้

รูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้

1. กล้าไม้งอกแบบ Epigeal germination และ Hypogeal germination
    2. กล้าไม้งอกแบบ Epigeal germination
        3. กล้าไม้ที่มีใบเลี้ยงแบบ สะสมอาหาร (food storing)
            4. กล้าไม้มีใบแรกเรียงตัวแบบสลับ (alternate)
                5. ใบแรกเป็นใบประกอบ
                    6. รูปร่างใบเลี้ยง (cotyledon shape)
                        7. ใบเลี้ยงรูปกลม (orbicular)……. **สะเดาช้าง**
                        7. ใบเลี้ยงรูปไข่กลับ (obovate)……...**มะกล่ำต้น**
                        7. ใบเลี้ยงหยัก (serrated).……**มะแฟน**
                        7. ใบเลี้ยงรูปขอบขนาน (oblong)…… **เลี่ยน**
                5. ใบแรกเป็นใบเดี่ยว
                    6. รูปร่างใบเลี้ยง (cotyledon shape)
                        7. ใบเลี้ยงรูปไข่ (ovate)…….……..……**นางพญาเสือโคร่ง**
                        7. ใบเลี้ยงรูปไต (reniform)…….....**กระเชา**
            4. กล้าไม้มีใบแรกเรียงตัวแบบเรียงเวียน (spiral)
                5. ใบแรกเป็นใบเดี่ยว
                    6. รูปร่างใบเลี้ยง (cotyledon shape)
                        7. ใบเลี้ยงรูปแถบ (linear)……...**พญาไม้**
                        7. ใบเลี้ยงรูปรี (elliptic)……...……....……...**ตะเกรานำ้**
                            8. ใบเลี้ยงรูปไข่ (ovate)
                                9. ก้านใบสั้นใบมีขนปกคลุม....……..**ทะโล้**
                                9. ก้านใบยาวสีแดงใบเกลี้ยง…....……. **โพบาย**
    2. กล้าไม้งอกแบบ Hypogeal germination
        3. กล้าไม้มีใบแรกเรียงตัวแบบสลับ (alternate)
            4. ใบแรกเป็นใบประกอบ
                5. ใบย่อยรูปขอบขนาน……**ฝาง**
            4. ใบแรกเป็นใบเดี่ยว
                5. ใบแท้ รูปรีหรือรูปไข่ แผ่นด้านบนสีเขียวเข้มเกลี้ยง ด้านล่างมีขนสีเทา.....…...**ขนุนป่า**
        3. กล้าไม้มีใบแรกเรียงตัวแบบเรียงเวียน (spiral)
            4. ใบแรกเป็นใบเดี่ยว
                5. ใบแท้ รูปรี รูปไข่ หรือรูปรีแกมรูปไข่กลับ……...**กระทังใบใหญ่**
                5. ใบแท้ รูปรีแกมรูปไข่ หรือรูปไข่แกมรูปขอบขนาน.....……. **จวงหอม**
        3. กล้าไม้มีใบแรกเรียงตัวแบบตรงกันข้าม (opposite)
            4. ใบแรกเป็นใบเดี่ยว
                5. ใบแท้ รูปไข่ รูปไข่กลับ และไม่มีขน…….…… **หว้า**
                5. ใบแท้ ใบรูปใบหอกหรือรูปขอบขนานแกมรูปใบหอก.....…… **บุนนาค**

3. ขนาดเมล็ด (Seed Size) ขนาดของเมล็ดไม้ทั้ง 38 ชนิด พบว่ามีความกว้างเฉลี่ย 9.14±4.8 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 12.23±6.04 มิลลิเมตร และความหนาเฉลี่ย 6.00±4.14 มิลลิเมตร (Appendix Table 1) ชนิดไม้ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่สุด ได้แก่ กะทังใบใหญ่ (*Litsea grandis*) (23.1±29.3, 25.6±3.0 และ 16.7±2.4 มิลลิเมตร) ส่วนเมล็ดไม้ที่เล็กที่สุด คือ เลี่ยน (*Melia azedarach*) (3.5±0.8, 12.1±1.1 และ 2.5±0.2มิลลิเมตร) ส่วนชนิดอื่น ๆ ก็มีขนาดเมล็ดลดหลั่นกันไป

4. อัตราการงอก และอัตราการตายของกล้าไม้

จากการติดตามการงอกของเมล็ดไม้ทั้ง 16 ชนิด พบว่ามีร้อยละการงอกเฉลี่ยเท่ากับ 41.67 ± 29.57 และอัตราการตายเฉลี่ย และ 18.40 ± 36.10 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าชนิดของเมล็ดไม้ที่มีร้อยละการงอกมากกว่าร้อยละ 50 พบจำนวน 7 ชนิด เมล็ดไม้ของพญาไม้มีร้อยละการงอกสูงที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ นางพญาเสือโคร่ง กระเชา กระทังใบใหญ่ สะเดาช้าง มะกล่ำต้น และโพบาย มีอัตราการงอกเท่ากับ 86.6, 73.3, 73.3, 66.6, 56.6 และ 53.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนชนิดอื่น ๆ อีก 9 ชนิดนั้นมีร้อยละการงอกค่อนข้างต่ำ ซึ่งชนิดที่มีอัตราการงอกต่ำที่สุด คือ ทะโล้ (ร้อยละ 3.3) ขณะที่ชนิดอื่น ๆ มีอัตราการงอกลดลดหลั่นกันไป คือ หว้า จวงหอม ขนุน มะแฟน บุนนาค เลี่ยน ตะเกราน้ำ และฝาง มีค่าเท่ากับ 46.7, 43.3, 43.3, 40.0, 23.3, 20.0, 16.6 และ 6.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอัตราการงอกของเมล็ดไม้มีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างชนิดไม้ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการปรับตัวของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ บางชนิดเช่น พญาไม้ และ นางพญาเสือโคร่ง มีอัตราการงอกสูง ซึ่งอาจเหมาะสมกับการใช้ในโครงการฟื้นฟูป่าในพื้นที่สูงที่ต้องการความเร็วในการเจริญเติบโต (Chazdon, 2008) ในขณะที่ ทะโล้ และฝาง ซึ่งมีอัตราการงอกต่ำ อาจจะต้องการการดูแลที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นในการฟื้นฟูป่า (Elliott *et al*., 2013) แม้ว่าการงอกของเมล็ดจาก พญาไม้ จะสูงถึง 100% แต่การที่ต้นพญาไม้เป็นไม้แยกเพศแยกต้น (Monoecious) และมีประชากรค่อนข้างน้อยในพื้นที่เฉพาะ ซึ่งอาจทำให้การเก็บเมล็ดและการใช้สำหรับการฟื้นฟูป่าเป็นเรื่องที่ยากขึ้น เนื่องจากการกระจายพันธุ์ที่จำกัด (Sakai & Kitajima, 2010) นอกจากนี้ พญาไม้ ยังถือเป็นพันธุ์ที่หายาก ซึ่งอาจส่งผลต่อความยั่งยืนในการใช้เมล็ดจากต้นแม่ในระยะยาว ดังนั้นจึงควรพิจารณาใช้ชนิดไม้ที่มีความสามารถในการเจริญเติบโตสูงและสามารถหาชุดพันธุ์ได้ง่ายกว่าในพื้นที่ฟื้นฟูป่า (Chazdon, 2008)

จากผลการศึกษานี้สามารถเห็นว่า นางพญาเสือโคร่ง, กระทังใบใหญ่, และ กระเชา อาจเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการฟื้นฟูป่าบนพื้นที่สูง เนื่องจากเป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีการเติบโตที่รวดเร็วและมีการรายงานการใช้งานในโครงการฟื้นฟูป่าของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งการเลือกชนิดไม้เหล่านี้จะช่วยให้การฟื้นฟูป่าเป็นไปอย่างมี

ประสิทธิภาพและสามารถกลับคืนสู่สภาพป่าธรรมชาติได้เร็วขึ้น (Chazdon, 2008)

5. การเติบโตของกล้าไม้ (Seedling growth)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ 16 ชนิดในระยะเวลา 3 เดือน พบว่ามีค่าเฉลี่ยขนาดคอราก 0.83 ± 0.63 มิลลิเมตร ใบเลี้ยงมีความกว้างเฉลี่ย 3.17 ± 4.54 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 6.60 ± 6.71 มิลลิเมตร (Appendix Table 1) ขณะที่ใบแท้มีความกว้างเฉลี่ย 8.40 ± 9.68 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 17.87 ± 16.43 มิลลิเมตร ความสูงเฉลี่ยของกล้าไม้ทั้งหมดอยู่ที่ 29.63 ± 23.44 มิลลิเมตร ชนิดไม้ที่มีขนาดคอรากใหญ่ที่สุด คือ กระทังใบใหญ่ มีค่าเฉลี่ย 2.40 ± 1.50 มิลลิเมตร ขณะที่ชนิดที่มีขนาดคอรากเล็กที่สุด คือ ทะโล้ มีค่าเฉลี่ย 0.05 ± 0.25 มิลลิเมตร สำหรับชนิดอื่น ๆ พบว่ามีขนาดคอรากลดหลั่นกันไปตามลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดในด้านความสูงของกล้าไม้ พบว่ากระทังใบใหญ่ มีการเติบโตสูงสุด มีค่าเฉลี่ย 66.10 ± 43.31 มิลลิเมตร ขณะที่ ทะโล้ มีความสูงของกล้าไม้ต่ำที่สุด คือ ที่มีค่าเฉลี่ย 1.36 ± 7.32 มิลลิเมตร ส่วนชนิดอื่น ๆ มีการเติบโตแตกต่างกันไป

ความหลากหลายในศักยภาพการเจริญเติบโตผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนในด้านขนาดคอรากและความสูงของกล้าไม้แต่ละชนิด ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมและลักษณะเฉพาะของชนิดไม้ เช่น กระทังใบใหญ่ ซึ่งมีการเติบโตสูงสุดทั้งในด้านขนาดคอรากและความสูง แสดงถึงศักยภาพที่ดีในการฟื้นฟูป่า โดยพืชในวงศ์ Lauraceae นี้มีคุณสมบัติในการเติบโตเร็วและสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (Poorter *et al*., 2006; Lamb *et al*., 2005) ในขณะที่ทะโล้ ซึ่งมีค่าการเติบโตต่ำสุด อาจต้องการสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้นหรือการดูแลที่แตกต่างอาจถูกจำกัดด้วยสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งหรือดินมีธาตุอาหารต่ำ (Kitajima & Poorter, 2008).

ชนิดที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ฟื้นฟูป่า กระทังใบใหญ่ มีการเติบโตที่โดดเด่น ซึ่งอาจเหมาะสำหรับการปลูกป่าในพื้นที่ที่ต้องการการฟื้นฟูอย่างรวดเร็ว เนื่องจากชนิดไม้ดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินชื้นและมีอัตราการเติบโตเร็ว (Elliott *et al*., 2013). ในขณะที่ชนิดที่เติบโตช้ากว่า เช่น ทะโล้ อาจเหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน โดยอาจต้องการการดูแลที่ใกล้ชิดหรือการปรับปรุงดินเพื่อให้มีคุณภาพสูงพอที่จะสนับสนุนการเติบโตในระยะยาว (Lamb *et al*., 2005).

สรุป

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ป่าดิบเขาระดับต่ำ 16 ชนิด พบว่ามีการงอก 2 รูปแบบ ได้แก่ การงอกแบบใบเลี้ยงชูขึ้นเหนือดิน (Epigeal germination) จำนวน 10 ชนิด และแบบใบเลี้ยงจมอยู่ในดิน (Hypogeal germination) จำนวน 6 ชนิด ใบเลี้ยงมีลักษณะหลากหลาย 8 แบบ ได้แก่ ใบเลี้ยงรูปไต รูปขอบขนาน รูปหยัก รูปแถบ รูปกลม รูปไข่ รูปไข่กลับ และรูปรี ส่วนใบแท้ใบแรกแบ่งได้เป็นใบเดี่ยว และใบประกอบ มีความผันแปรทั้งขนาดและรูปร่าง โดยชนิดที่มีใบแท้ใบแรกใหญ่ที่สุดคือเลี่ยน และเล็กที่สุดคือปอตองแตบ

การเรียงตัวของใบแท้ใบแรกแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบตรงกันข้าม แบบเรียงสลับ และแบบเรียงวน และใบแท้ใบแรกนี้มีลักษณะที่แตกต่างจากต้นไม้ที่โตเต็มที่อย่างชัดเจน ซึ่งอัตราการงอกเมล็ด การเติบโตและการรอดตายของกล้าไม้สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณาการเลือกชนิดที่เหมาะสมในการเตรียมกล้าไม้เพื่อใช้ในการฟื้นฟูป่า นอกจากนี้ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากรูปวิธานการจำแนกกล้าไม้ ยังมีส่วนช่วยในการเก็บชนิดกล้าไม้ที่ต้องการที่เกิดบริเวณพื้นป่าได้อย่างถูกชนิดอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรคณะวนศาสตร์ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์ดอยปุย เจ้าหน้าที่ของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย อาจารย์และเพื่อน พี่ น้องคณะวนศาสตร์ ที่ให้การช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ จนทำให้การศึกษาสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Chamchumroon, V. 1998. Morphological Study and Identification of Some Tree Seedlings in Dry Evergreen Forest at Khlong Phlu, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province. **Thai Journal of Forestry** 17(2): 118-129. (in Thai)

Chazdon, R. L. 2008. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. **Science** 320(5882): 1458–1460.

Chazdon, R. L. 2014. **Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. University of Chicago Press.

Elliott, S., D. Blakesley, & K. Hardwick. 2013. **Restoring Tropical Forests: A Practical Guide**. Royal Botanic Gardens, Kew.

FAO. 2020. **Global Forest Resources Assessment 2020**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Geist, H. J., & E. F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience** 52(2): 143-150.

Khurana, E. K., & J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation** 28(1): 39-52.

Kitajima, K., & L. Poorter. 2008. Functional Basis for Resource Niche Partitioning by Tropical Trees. **Ecology** 89(4), 1194–1205.

Kume, T., C. Umetsu, & K. Hiraoka. 2007. Impact of seasonal changes in precipitation on hydrology in tropical montane forests. **Hydrological Processes** 21(10): 1393-1401.

Lamb, D., P. D. Erskine, & J. A. Parrotta. 2005. Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. **Science** 310(5754): 1628–1632.

Marod, D., P. Duengkae, S. Sangkaew, P. Racharak, W. Suksavate, S. Uthairatsamee, S., L. Asanok, T. Kamyo, S. Thinkampheang, S. Heumhuk, P. Kachina, J. Thongsawi, W. Phumpuang, P. Paansri, W. Nuipakdee, P. Nakmuenwai, & S. Pattanakiat. 2022. Population Structure and Spatial Distribution of Tree Species in Lower Montane Forest, Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand: **Environment and Natural Resources Journal** 20(6): 644–663. DOI; 10.32526/ennrj/20/202200139.

Nutiprapun, P., S. Hermhuk, S. Nanami, A. Itoh, M. Kanzaki, & D. Marod. 2023. Effects of El Niño drought on seedling dynamics in a seasonally dry tropical forest in Northern Thailand. **Global Change Biology** 00:1–11. DOI: 10.1111/gcb.16466

Poffenberger, M. 2000. **Communities and forest management in South Asia**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Poorter, L., F. Bongers, & L. Bongers. 2006. Architecture of 54 Moist-forest Tree Species: Traits, Trade-offs, and Functional Groups. **Ecology** 87(5): 1289–1301.

Rueangket, A., P. Duengkae, S. Thinkhampang, & D. Marod. 2019. Utilization of fruit by frugivores in lower montane forest at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. **Agriculture and Natural Resources** 53(5): 457-464.

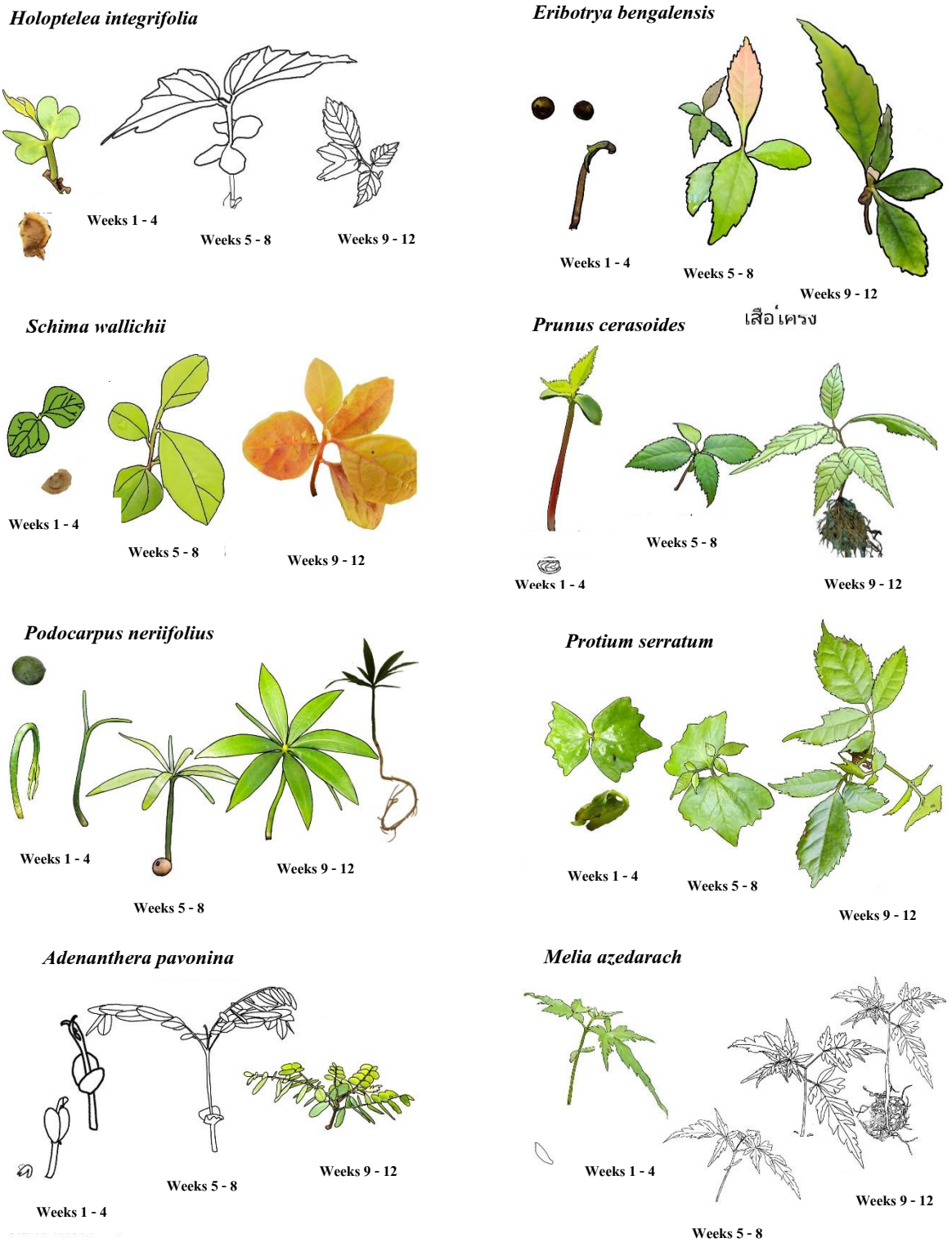
Sakai, A.& K. Kitajima, K. 2010. Ecological and genetic factors affecting the establishment of tropical forest seedlings. **Journal of Tropical Ecology** 26(1): 1-14.

Tomlinson, P. B. 2012. **The Biology of Trees Native to Tropical Florida**. Harvard University Press.

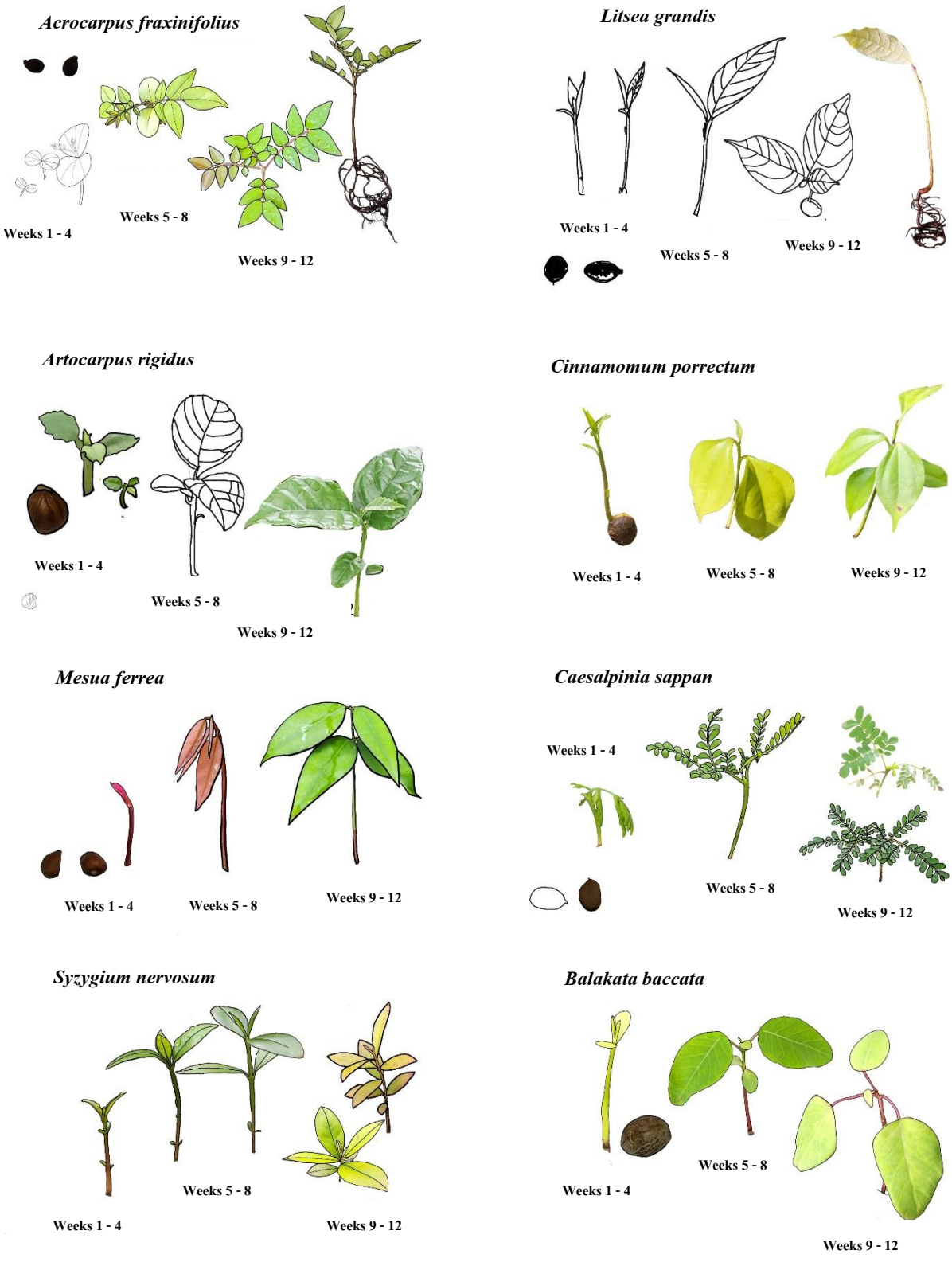
Whitmore, T. C. 1998. **An Introduction to Tropical Rain Forests.** Oxford University Press

Appendix Table 1. Morphology of seeds of the studied plants.

No.	Botanical name	Family	Seed size				Root collar diameter	First leaf size		height (cm)
			Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)		Width (mm)	length (mm)	
1	*Holoptelea integrifolia*	ULIMACEAE	0.86±0.88	14.10±1.54	1.40±0.20	0.04±0.01	0.84±0.57	11.03±7.0	21.52±14.98	25.46±17.67
2	*Eribotrya bengalensis*	LAURACEAE	8.78±0.83	9.57±1.43	6.84±1.17	0.47±0.07	0.14±0.38	2.10±5.41	5.77±14.87	5.46±15.49
3	*Schima wallichii* (DC.)	THEACEAE	6.01±0.79	9.77±1.17	0.21±0.14	0	0.05±0.25	0.50±2.71	0.81±4.36	1.36±7.32
4	*Prunus cerasoides*	ROSACEAE	6.47±0.43	9.36±0.37	5.21±0.30	0.18±0.02	1.15±0.42	22.52±11.37	47.12±25.36	65.99±27.05
5	*Podocarpus neriifolius*	PODOCARPACEAE	9.44 ±0.30	10.90 ±0.42	9.11±0.32	0.71±0.06	1.92±0.21	6.49±1.49	35.18±8.84	56.52±9.23
6	*Protium serratum* Engl.	BURSERACEAE	9.55±0.51	6.80±0.58	8.78±0.57	0.39±0.04	0.9±1.25	4.80±14.37	6.80±20.31	24.20±34.75
7	*Adenanthera pavonina*	FABACEAE	6.27±0.41	6.67±0.35	4.25±0.32	0.13±0.01	1.0±0.84	6.70±12.3	12.00±23.36	34.10±30.32
8	*Balakata baccata*	EUPHORBIACEAE	4.75±0.13	6.57±0.34	4.54±0.12	0.08±0.01	1.02±0.98	13.45±12.94	19.13±18.45	38.06±36.82
9	*Acrocarpus fraxinifolius*	FABACEAE	4.40±0.24	6.30±0.43	1.40±0.11	0.04±0.01	0.9±0.64	10.40±9.9	13.70±13.79	28.60±21.49
10	*Melia azedarach*	MELIACEAE	3.71±0.78	12.10±1.10	2.48±0.18	0.05±0.01	0.36±0.72	6.01±18.0	16.62±19.99	16.50±34.27
11	*Litsea grandis* Hook.f.	LAURACEAE	23.12±29.31	25.59±3.00	46.73±2.37	4.50±1.03	2.4±1.50	35.40±23.54	71.10±46.83	71.10±46.83
12	*Artocarpus rigidus*	MORACEAE	8.31±1.12	12.02±1.20	6.22±0.85	0.40±0.09	0.6±0.75	10.10±12.00	18.30±22.15	18.30±22.15
13	*Cinnamomum porrectum*	LAURACEAE	9.70±12.9	11.97±1.22	6.56±0.56	0.34±0.06	0.9±1.08	11.80±15.56	21.00±27.21	21.00±27.21
14	*Mesua ferrea* L.	CALOPHYLLACEAE	19.52±3.14	27.79±2.76	13.92±3.32	3.12±0.64	0.63±1.06	8.41±15.4	20.45±37.23	20.45±37.23
15	*Caesalpinia sappan* Linn	FABACEAE	11.70±0.7	18.50±0.70	5.40±0.40	0.09±0.10	0.1±0.36	3.66±14.0	3.47±13.29	3.47±13.29
16	*Syzygium nervosum*	MYRTACEAE	6.10±0.41	11.27±0.95	6.27±0.44	0.40±0.07	0.6±0.65	3.90±6.44	7.60±12.65	7.60±12.65
17	*Ficus altissima* Blume.	MORACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
18	*Betula alnoides*	BETULACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
19	*Albizia chinensis* (	FABACEAE	4.50±0.29	6.20±0.36	0.20±0.12	0.05±0.01	-	-	-	-
20	*Styrax benzoin* Dryand	STYRACACEAE	9.35±1.82	13.79±17.06	8.17±0.95	0.57±0.11	-	-	-	-
21	*Diospyros glandulosa*	EBENACEAE	8.10±0.32	14.52±0.71	3.65±0.28	0.31±0.04	-	-	-	-
22	*Nyssa javanica* (BL).	NYSSACEAE	10.78±12.90	13.39±0.79	3.46±0.33	0.27±0.03	-	-	-	-
23	*Fernandoa adenopha*	BIGNONIACEAE	4.26±0.36	5.38±0.60	3.09±0.48	0	-	-	-	-
24	*Garcinia cowa* Roxb. Ex	CLUSIACEAE	14.05±1.45	21.39±1.88	10.17±1.89	1.60±0.57	-	-	-	-
25	*Ficus semicordata*	MORACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
26	*Ficus racemosa* L.	MORACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
27	*Polyyalthai evecta*	ANNONACEAE	14.90±2.0	26.40±1.60	12.20±0.80	3.30±0.30	-	-	-	-
28	*Adinandra integerrima*	PENTAPHYLACACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
29	*Ficus hirta Vahl.*	MORACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
30	*Choerospondias axillaris*	ANACARDIACEAE	14.30±1.00	17.50±3.20	14.30±1.10	1.78±0.50	-	-	-	-
31	*Antidesma sootepense*	PHYLLANTHACEAE	4.86±0.62	6.66±0.45	2.96±0.31	0.05±0.01	-	-	-	-
32	*Ficus carica*	MORACEAE	0	0	0	0	-	-	-	-
33	*Phyllanthus emblica* L.	PHYLLANTHACEAE	-	-	-	-	-	-	-	-
34	*Morinda coreia* Buch.-	RUBIACEAE	3.60±0.40	8.50±1.90	1.60±0.50	0	-	-	-	-
35	*Mallotus paniculatus*	EUPHORBIACEAE	2.20±0.40	2.30±0.10	2.50±0.20	0	-	-	-	-
36	*Ostodes paniculata*	EUPHORBIACEAE	12.50±0.40	13.30±0.50	10.10±0.50	0.85±0.10	-	-	-	-
37	*Macaranga denticulate*	EUPHORBIACEAE	3.40±0.20	3.80±0.10	3.60±0.10	0.04±0.01	-	-	-	-
38	*Elaeocarpus stipularis*	ELAEOCARPACEAE	0.05±0.01	12.10±1.10	2.50±0.20	0.05±0.01	-	-	-	-



Appendix Figure 1 Type of germination and Morphological of seedlings species in lower montane forest.



Appendix Figure 1 (continue)

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 8(2): 503-520 (2567)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากมูลค่านิเวศบริการในสวนสาธารณะที่ออกแบบแบบบูรณาการ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย: อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อารีรัตน์ ญาณวุฒิ [1] นิสา เหล็กสูงเนิน [2] จงรัก วัชรินทร์รัตน์[3] พันธนา ตอเงิน [4] ศุภลักษร์ ศิริ[5]
ยุวดี พลพิทักษ์[5] สุธีระ เหิมฮึก[6] วุฒิพงษ์ ฉั่วตระกูล[7] ปณิดา กาจีนะ[8] และ สุวพร ผาสุก[9*]

รับต้นฉบับ: 11 พฤศจิกายน 2567 ฉบับแก้ไข:18 ธันวาคม 2567 รับลงพิมพ์: 20 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

หลักการและวัตถุประสงค์: การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากการประเมินมูลค่าทางการเงินของการบริการระบบนิเวศในอุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (อุทยานฯ)

วิธีการ: เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิด้านการให้บริการเชิงนิเวศจากงานวิจัยเชิงประจักษ์ และแปลงมูลค่าเป็นหน่วยเงินโดยใช้หลักวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit analysis) เพื่อวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value) และผลตอบแทนทางสังคม (Social return on investment) การประเมินผลประโยชน์การให้บริการเชิงนิเวศ ประกอบด้วย 1) ด้านการเป็นแหล่งผลิต โดยใช้มูลค่าของไม้ 2) ด้านการควบคุมกลไกของระบบ โดยใช้มูลค่าในการเลี่ยงการไหลบ่าของน้ำ และการกักเก็บและสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ 3) การบริการด้านวัฒนธรรม โดยใช้ข้อมูลความเต็มใจจะจ่าย และ 4) การบริการสนับสนุนด้วยมูลค่าการเป็นที่อยู่อาศัยของนก โดยประเมินในกรอบระยะเวลา 20 ปี(พ.ศ. 2563 – 2582) ซึ่งมูลค่าในแต่ละด้านจะต้องถูกปรับค่าด้วยตัวแปรทางการเงิน เช่น อัตราเงินเฟ้อ และอัตราคิดลด (ร้อยละ 4)

ผลการศึกษา: การบริการระบบนิเวศตลอดระยะเวลา 20 ปี เมื่อพิจารณาการให้บริการระบบนิเวศใน 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการประเมินผลประโยชน์การบริการระบบนิเวศสูงสุดที่เป็นไปได้ โดยมีสมมติฐานกำหนดให้ต้นไม้เจริญเติบโตเต็มที่ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ณ ปี พ.ศ. 2567 เท่ากับ 65,240,382 บาทต่อปี คิดเป็นผลตอบแทนทางสังคมเท่ากับ 1.24 (ทุกเงินลงทุน 1 บาทพื้นที่สีเขียวจะได้รับผลตอบแทน 1.24 บาท) ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน และในการประเมินผลประโยชน์การบริการระบบนิเวศต่ำสุดที่เป็นไปได้ มีสมมติฐานกำหนดให้ต้นไม้ตายทุกต้น มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าศูนย์ และมีผลตอบแทนทางสังคมเท่ากับ 0.74 แสดงให้เห็นว่าผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

สรุป: การศึกษานี้แสดงให้เห็นผลเชิงประจักษ์ของความคุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อประโยชน์ในการบริการระบบนิเวศ ภายใต้ข้อจำกัดของการเพิ่มพื้นที่สีเขียวขนาดเล็กในเมืองให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แก่สัตว์และความเป็นอยู่

ที่ดีของมนุษย์ การศึกษานี้ยังชี้ให้เห็นถึงมูลค่าของต้นไม้ที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างความคุ้มค่า ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องควรดูแลรักษาต้นไม้ให้มีอายุยาวนาน และยังช่วยให้ผู้กำหนดนโยบายเกิดความเข้าใจด้านการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากมูลค่านิเวศบริการในสวนสาธารณะเพื่อจัดการแผนแม่บทพื้นที่สีเขียวของประเทศอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผลตอบแทนทางสังคม มูลค่าปัจจุบันสุทธิ การบริการระบบนิเวศ ป่าในเมือง สวนสาธารณะ

---

[1] เครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3] ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[4] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[5] สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

[6] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[7] คณะพัฒนาการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[8] ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[9] ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

***Corresponding author:** suvaporn.p@ku.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.08

ORIGINAL ARTICLE

Social Return On Investment Analysis from Values of Ecosystem Services in an Urban Park Designed in Bangkok, Thailand: The Chulalongkorn University Centenary Park

Arerut Yarnvudhi [1] Nisa Leksungnoen [2] Chongrak Wachrinrat [3] Pantana Tor-ngern [4] Supalak Siri[5]
Yuwadee Ponpithuk[5] Sutheera Hermhuk[6] Wutthipong Chuatrakul[7] Panida Kachina[8] and Suvaporn Phasuk [9*]

Received: 11 November 2024 **Revised: 18 December 2024** **Accepted: 20 December 2024**

ABSTRACT

Background and Objectives: This study focused on social return on investment by monetizing the ecosystem services of Chulalongkorn University Centenary Park (CU 100 park).

Methodology: Collecting secondary data of ecosystem services from empirical studies and then monetizing the data by using the concept of cost-benefit analysis to analyze net present value and social return on investment. Evaluating the benefits of ecosystem services consist of 1) provisioning services using the timber values 2) regulating services using the value of avoided runoff as well as carbon storage and sequestrations 3) cultural services using the willingness-to-pay data and 4) supporting services using the value of bird habitats. These four suspects were estimated in 20 years (2020 – 2039), and hence the values must be adjusted by monetary variables such as inflation rate and discount rate (4%).

Main Result: The CU 100 park could provide ecosystem services in the length of 20 years. This study monetizing the services in two scenarios. First, the best-case scenarios, assuming fully grown trees, show the net present value (NPV) of 65,240,382 Baht in 2024 terms and social return on investment (SROI) is equal to 1.24 indicating that every 1 Baht invested yields a return of 1.24 Baht. The best-case scenario highlights that investing in the CU 100 park is worthwhile. On the contrary, the worst-case scenario, assuming zero grown trees, provides a negative NPV and SROI is equal to 0.63. This scenario indicates that the investment is not worthwhile.

Conclusion: This study provides empirical evidence on the cost-effectiveness of investments in ecosystem service benefits under the constraints of optimizing small urban green spaces for maximum efficiency in supporting wildlife and human well-being. The findings highlight the significant value of trees, which play a pivotal role in enhancing cost-effectiveness. Therefore, stakeholders are encouraged to maintain and extend the

lifespan of trees. Additionally, the study contributes to policymakers' understanding of social return analysis derived from the ecosystem service values of urban parks, supporting the sustainable development of the nation's green space master plan.

Keywords: Social return on investment, net present value, ecosystem services, urban forest, public park.

---

[1] Cooperating Centre of Thai Forest Ecological Research Network, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

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

[3] Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10900 Thailand

[4] Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

[5] Program in Forestry, the Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140 Thailand

[6] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50210 Thailand

[7] School of Tourism Development, Maejo University, Chiang Mai, 50210 Thailand

[8] Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50210 Thailand

[9] Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok, 10900Thailand;

***Corresponding author**: suvaporn.p@ku.th

https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.08

คำนำ

การขยายตัวของเมืองได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกทวีปของโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชียจากร้อยละ 59 ของประชากรทั้งหมด คาดว่าจะสูงถึงร้อยละ 65 ภายในปี พ.ศ. 2593 (United Nation, 2024) เกือบร้อยละ 70 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHG) เกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเขตเมือง ได้แก่ การขนส่งและการก่อสร้าง (IPCC, 2022) เป็นสาเหตุของปัญหาเกาะความร้อนในเมือง (Urban heat island: UHI) จากมลพิษทางอากาศ และมลพิษทางเสียง (Chen & You, 2020) ดังนั้น การมีพื้นที่สีเขียวอาจช่วยบรรเทาการเกิด UHI ในบริเวณเมืองได้ เช่น จากการศึกษาของ Fang & Ling (2003) พบว่าในประเทศไต้หวัน พื้นที่สีเขียวช่วยบรรเทาผลกระทบจากเกาะความร้อนในเมืองสามารถดูดซับมลพิษและลดมลพิษทางเสียงได้

ประชากรไทยมากกว่าครึ่งหนึ่งอาศัยอยู่ในเขตเมือง โดยกรุงเทพฯ มีความหนาแน่นของประชากรในเขตเมือง (ไม่รวมปริมณฑล) โดยรวมอยู่ที่ประมาณ 3,500 คนต่อตารางกิโลเมตร (Department of City Planing and Urban Development, 2017) กรุงเทพมหานครมีพื้นที่สีเขียวสาธารณะจำนวน 8,922 แห่ง ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ทั้งหมด 26,329 ไร่ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรที่จดทะเบียนของเมืองมากกว่า 5.5 ล้านคน ผู้อยู่อาศัยมีพื้นที่สีเขียวเพียง 6.7 ตร.ม. ต่อคน (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017) ต่ำกว่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ที่ได้กำหนดให้มีพื้นที่สีเขียว 9 ตร.ม. ต่อคน (Rivera, 2018) ดังนั้น การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองจึงเป็นประเด็นสำคัญเร่งด่วน

ในปี พ.ศ. 2558 อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (อุทยานฯ) เป็นโครงการที่ตอบสนองต่อนโยบายด้านการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเมืองซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายของประเทศไทยในการลดก๊าซเรือนกระจก ร้อยละ 20-33 ภายในปี พ.ศ. 2573 (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2017) อุทยานฯ มีมูลค่าการลงทุนกว่า 200 ล้านบาท เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ.2558 และเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่บริเวณนี้เดิมเป็นลานทิ้งขยะและร้านขายอะไหล่รถประเภทต่าง ๆ อุทยานฯ ได้ถูกปรับปรุงให้เป็นสวนสาธารณะภายใต้แนวคิด “ป่าในเมือง” มีเป้าหมายเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในระดับเขตเมืองเพื่อให้บริการคนในชุมชนโดยมีทางเดินเท้าสำหรับการวิ่งหรือเดินออกกำลังกาย สนามเด็กเล่น และลานเพื่อการจัดกิจกรรมสันทนาการ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการประเมินผลตอบแทนของการบริการระบบนิเวศในเขตเมืองด้วยการประเมินมูลค่าของผลประโยชน์จากการการบริการระบบนิเวศ (Ecosystem services) ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการเป็นแหล่งผลิตที่ผู้คนได้รับจากระบบนิเวศป่าในเมือง (Provision services) 2) ด้านการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบ (Regulating services) เป็นกระบวนการที่ระบบ

นิเวศช่วยควบคุมสภาพแวดล้อม การสะสมและกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon storage and sequestrations) การควบคุมการกัดเซาะและควบคุมน้ำท่วม (Avoided runoff) 3) ด้านการบริการด้านวัฒนธรรม (Cultural services) จากพื้นที่สีเขียว เป็นการบริการทางอ้อมที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศผ่านการเสริมสร้างทางจิตวิญญาณ ความพึงพอใจที่ได้รับจากการพักผ่อนหย่อนใจ (McPherson *et al.*, 1994) และ4) ด้านการบริการด้านการสนับสนุน เนื่องจากเขตเมืองคือแหล่งที่อยู่อาศัยของทั้งมนุษย์ พันธุ์พืช และสัตว์ (Müller & Werner, 2010) และระบบเมืองมีบทบาทสำคัญของการเป็นที่หลบภัยของนก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ผึ้ง และผีเสื้อหลากหลายชนิด (Melles *et al.*, 2003) การให้บริการระบบนิเวศทั้ง 4 ด้านนี้จะถูกประเมินมูลค่าทางการเงิน ซึ่งเป็นรูปแบบของการแลกเปลี่ยนทางสากลที่สามารถสร้างความเข้าใจในคุณค่าการบริการระบบนิเวศได้ง่ายขึ้น (Kumar, 2012) โดยใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit analysis: CBA) แบ่งเป็น 1) การประเมินผลประโยชน์จากการบริการระบบนิเวศของอุทยานฯ 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) แสดงผลตอบแทนสุทธิของการสร้างอุทยานฯ ในรูปของมูลค่าเงินในปัจจุบัน และ3) การประเมินผลตอบแทนทางสังคม (Social return on investment: SROI) แสดงเป็นอัตราส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน (Burke, 2013) โดยประเมินในช่วงระยะเวลา 20 ปี (พ.ศ. 2563-2582) เนื่องจากต้นไม้ส่วนใหญ่ในเขตพื้นที่อุทยานฯ จะเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงระยะเวลา 20 ปี (Sahunalu, 2010) ผลการประเมินทั้ง 3 รูปแบบแสดงให้เห็นผลประโยชน์ของการสร้างอุทยานฯ ต่อชุมชนในด้านสิ่งแวดล้อมเชิงประจักษ์ และชี้ให้เห็นความคุ้มค่าต่อของการลงทุนในการสร้างอุทยานฯ เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของผู้กำหนดนโยบายเพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายใต้ขนาดพื้นที่ที่จำกัด

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้กรอบการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการบริการทางระบบนิเวศที่ได้จากการลงทุนสร้างสวนพื้นที่ 28 ไร่ ตั้งอยู่ใจกลางกรุงเทพฯ ประเทศไทย (Figure 1) บนพื้นที่ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในส่วนสำนักงานจัดการทรัพย์สิน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลที่ 2 เมตร มีฤดูฝนอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ปริมาณน้ำฝน 1,400–1,600 มิลลิเมตรต่อปี ฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28–30 °C ภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น (Thaiutsa *et al.*,2008)

วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบเชิงปริมาณ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากการทบทวนวรรณกรรมของอุทยานฯ และเอกสารงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลมาประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social return on investment: SROI) ตามหลักการวิเคราะห์ต้นทุน-

ผลประโยชน์ (Cost-Benefit analysis: CBA) แบบหลังดำเนินโครงการ (Ex-post evaluation) (Ibrahim, Hamat, and Awang, 2023) เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนคือ นำมูลค่าต้นทุนหรือเงินลงทุนในการดำเนินโครงการมาเปรียบเทียบกับมูลค่าผลประโยชน์ที่สังคมได้รับ โดยชี้ให้เห็นว่าในจำนวนเงิน 1 บาทที่ลงทุนไปนั้น จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางสังคมคิดเป็นมูลค่าเงินกี่บาท ซึ่งการประเมิน SROI มุ่งเน้นการแปลงผลประโยชน์ที่สังคมได้รับเป็นมูลค่าทางการเงิน (Monetized value) ในช่วงระยะเวลาการดำเนินโครงการระยะเวลา 20 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2583 และใช้วิธีการวัดที่มีการคิดลดมูลค่าเงิน (Discounted monetized measurement) ให้เป็นปัจจุบัน ด้วยอัตราคิดลดที่ร้อยละ4 ซึ่งเป็นอัตราคิดลดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์สุขภาพสำหรับประเทศที่มีรายได้ปานกลางค่อนข้างสูง (Haacker *et al.*, 2020)

SROI = มูลค่าปัจจุบันของประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม / มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน

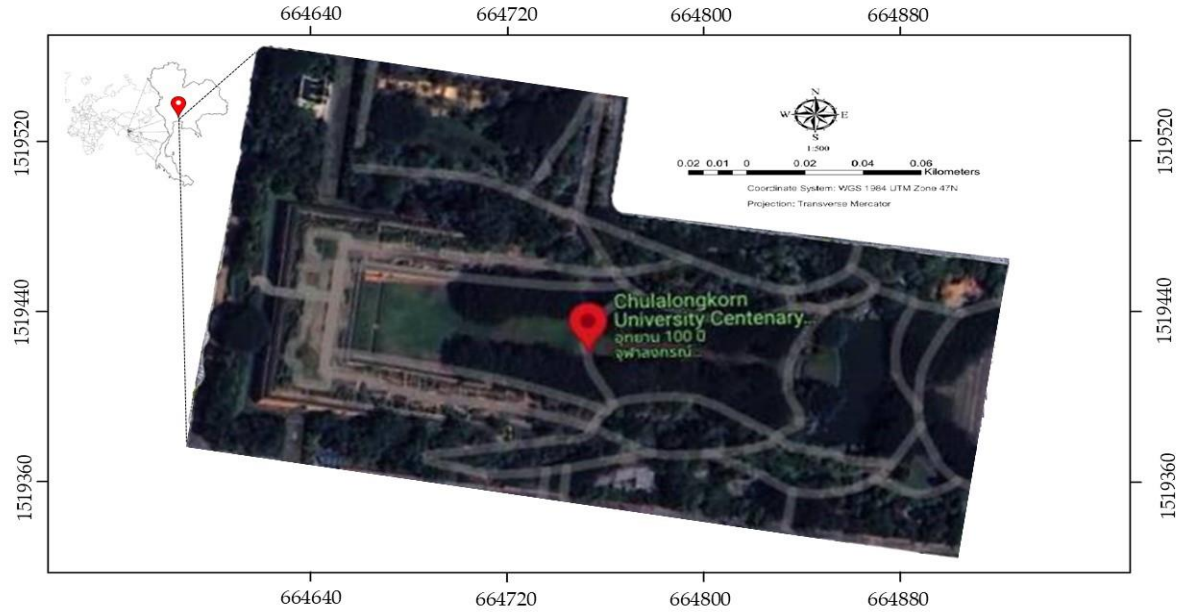


Figure 1 Location of the Chulalongkorn University Centenary Park (CU 100 Park), Bangkok, Thailand 28 rai with deciduous and evergreen tree species.

มูลค่าปัจจุบันของประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม = $\sum_{i=1}^{n}\left[B_i \times (1+r)^{-i}\right]$

มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน = $\sum_{i=1}^{n}\left[C_i \times (1+r)^{-i}\right]$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) = $\sum_{i=1}^{n}\left[(B_i - C_i) \times (1+r)^{-i}\right]$

เมื่อ B_i คือ ผลประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในปีที่ i, C_i คือ ผลประโยชน์ต่อสังคมและ

สิ่งแวดล้อมในปีที่ *i*, *r* คือ อัตราคิดลดมูลค่าทางการเงิน และ *n* คือ ระยะเวลาของโครงการ

โดยผลการวัดความคุ้มค่า เป็นดังนี้

หากค่า SROI มากกว่า 1 หมายถึง มูลค่าของผลประโยชน์ทางสังคมมากกว่ามูลค่าการลงทุน จึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน หาก SROI เท่ากับ 1 หมายถึง มูลค่าของผลประโยชน์ทางสังคมเท่ากับมูลค่าการลงทุน นั่นคือ ได้รับผลประโยชน์มีมูลค่าเท่ากับการลงทุน และหาก SROI ต่ำกว่า 1 หมายถึง ผลประโยชน์ทางสังคมน้อยกว่ามูลค่าการลงทุน ไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (Boardman *et al.*, 2018)

หากค่า NPV > 0 หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก นั่นคือ มูลค่าของผลประโยชน์ทางสังคมมากกว่ามูลค่าการลงทุน จึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน หาก NPV = 0 หมายถึง มูลค่าของผลประโยชน์ทางสังคมเท่ากับมูลค่าการลงทุน และหาก NPV < 0 หมายถึง มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นลบ นั่นคือ มูลค่าของผลประโยชน์ทางสังคมต่ำกว่ามูลค่าการลงทุน จึงไม่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (Boardman *et al.*, 2018)

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลมูลค่าการให้บริการระบบนิเวศทั้ง 4 ด้านของอุทยานฯ ได้แก่ 1) ด้านการเป็นแหล่งผลิต โดยคำนวณจากมูลค่าต้นไม้ในอุทยานฯ 2) ด้านการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบ ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบรรเทาอุทกภัย 3) ด้านการบริการด้านวัฒนธรรม ด้านความพึงพอใจในการใช้บริการ และ 4) ด้านการบริการด้านการสนับสนุนการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและอาหารของนกในเมือง เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ใน 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ได้รับประโยชน์จากการบริการระบบนิเวศสูงสุดที่เป็นไปได้ (Best case scenarios) กำหนดให้ต้นไม้ทุกต้นเจริญเติบโตตามที่คาดการณ์ไว้ 100% และในกรณีประโยชน์การบริการระบบนิเวศต่ำสุดที่เป็นไปได้ (Worst case scenarios) กำหนดสมมติฐานให้ต้นไม้ทั้งหมดตาย อาจด้วยสาเหตุจากมนุษย์หรือปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น ขาดการดูแลรักษา โรคระบาดและการระบาดของแมลงระบาดที่มีผลต่อพืช ภาวะน้ำท่วม เป็นต้น รายละเอียดของการวิเคราะห์แต่ละด้าน (Table 1) เป็นดังนี้

1. ด้านการเป็นแหล่งผลิต โดยวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานต้นไม้ทั้งหมดจำนวน 697 ต้น จากข้อมูล ทุติยภูมิของ Yarnvudhi *et al.* (2021) ตามหลักการประเมินมูลค่าไม้ของโครงการธนาคารต้นไม้ (Bank for Agriculture and Agricultural Cooperative, 2018) การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาประโยชน์ของต้นไม้จากมูลค่าเนื้อไม้จำแนกตามอัตราการเติบโตของต้นไม้ตามประเภทป่า แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ป่าไม้ผลัดใบ อัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.005-1.255 ซม.ต่อปี และป่าไม้ไม่ผลัดใบ อัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.002-1.50 ซม.ต่อปี (Sahunalu, 2010) การคำนวณไม่ได้รวมพุ่มไม้ และไม้เลื้อย และกำหนดระยะเวลาโครงการในการคำนวณที่ 20 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2582 เป็นระยะเวลาต้นไม้โตเต็มที่ในอุทยานฯ โดยนำข้อมูลประเมินมูลค่าต้นไม้คูณกับอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้เฉลี่ยต่อปี เพื่อให้ได้มูลค่าเนื้อไม้ในช่วงเวลา 20 ปี

Table 1 Co-benefit measurement instruments, conversion to monetary values and sources.

Co-benefit	Instrument to measure co-benefit	Conversion to monetary value	Sources(s)
Provisioning Services: Incremental Values	Timber value	Estimate the annual capability of timber (AR) by: $T_{it} = T_{t-1} \times (1 + GW_i^T)$ when T_{it} is the T of species i at year *t*, GW_i^T is an annual growth rate of species *i* at year *t*.	(Yarnvudhi et al. 2021)
Regulating Services: Avoid Runoff, Carbon Storage, Carbon Sequestrations,	Secondary data from trees data using i-Tree Eco model international for future cost avoid runoff, carbon storage and sequestrations	Estimate the annual capability of avoided run off (AR) by: $AR_{it} = AR_{t-1} \times (1 + GW_i^T)$ when AR_{it} is the AR of species i at year *t*, GW_i^T is an annual growth rate of species *i* at year *t*. Estimate the capability of carbon storage and sequestrations (CSS) by: for evergreen tree species: $CSS_{it} = CSS_{t-1} \times (1 + GW_i^T)$ for deciduous species: $CSS_t = CSS_{t-1}$	(Yarnvudhi et al. 2021)
Culturing Services: People Satisfaction	Secondary data based on willingness to pay (cost per visit)	$WTP_t = WTP_{t-1} \times I$ when *I* is an average of 20-year inflation rate (2004 – 2023)	(Yarnvudhi et al. 2024) (Bank of Thailand 2024)
Supporting Services: Birds' habitats	Secondary data based on price for nursing each bird species and market value	Estimate the value of bird habitats (BH) by: $BH_t = (VN + MV)_{t-1} \times I$ when *VN* is the value of nursing, *MV* is the market value, and *I* is a 20-year inflation rate.	(Yarnvudhi et al. 2022) (Bank of Thailand 2024)

2. ด้านการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบ ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบรรเทาอุทกภัย โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัย Yarnvudhi *et al.* (2021) ซึ่งใช้วิธีการประเมินมูลค่าจาก i-Tree Eco International Model เป็นโปรแกรมการประเมินมูลค่าต้นไม้ในเมืองในการให้บริการ

ระบบนิเวศด้านการเลี่ยงการไหล่บ่าของน้ำและมูลค่าการกักเก็บและการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้เฉลี่ยต่อปีมาพิจารณาในการประเมินมูลค่าการเลี่ยงการไหล่บ่าของน้ำ และมูลค่าการกักเก็บและการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงตามการเจริญเติบโตของต้นไม้ตลอดช่วงระยะเวลา 20 ปี

3. ด้านการบริการด้านวัฒนธรรม ด้านความพึงพอใจในการใช้บริการ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัย Yarnvudhi *et al.* (2024) ซึ่งทำการสำรวจความเต็มใจจะจ่าย (Willingness to pay) จากกลุ่มตัวอย่างของประชากรในเขตปทุมวัน และในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดข้อสมมติเพิ่มเติมให้มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเงินเฟ้อ เพื่อสะท้อนมูลค่าที่แท้จริง (Real value) ของความเต็มใจจะจ่ายในการใช้บริการอุทยานฯ ในแต่ละปี

4. ด้านการสนับสนุนในด้านการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและอาหารของนกในเมือง โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัย Yarnvudhi *et al.* (2022) โดยใช้วิธีการประเมินมูลค่าจากอัตราเรียกเก็บค่าใช้จ่าย ค่าบริการ หรือค่าตอบแทน และราคาสัตว์ป่าจากกรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ประเทศไทย และมูลค่าการซื้อขายนกในตลาดประเทศไทย (Round, 1990) ข้อจำกัดในการศึกษานี้ คือ การนับชนิดนกที่พบในรอบเดือน ซึ่งจะไม่ทราบว่าเป็นนกตัวเดิมหรือไม่ ดังนั้นจะระบุได้เพียงชนิดนกที่เข้ามาใช้บริการระบบนิเวศในอุทยานฯ และเนื่องจากชนิดนกที่อาศัยอยู่ในเมืองเป็นนกที่มีขนาดเล็กอายุขัยสั้น จึงกำหนดสมมติฐานให้พบเจอนก 53 ชนิดในทุกปี และมูลค่าดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเงินเฟ้อเพื่อสะท้อนมูลค่าที่แท้จริงในแต่ละปี

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่าการประเมินมูลค่าผลประโยชน์เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินโครงการ (Ex-post evaluation) โดยส่วนใหญ่มีการศึกษาการประเมินผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุนการบริการระบบนิเวศไม่ครบทั้ง 4 ด้าน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณผลประโยชน์ทางการเงินจากการบริการระบบนิเวศทั้ง 4 ด้าน โดยแบ่งการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ออกเป็น 2 กรณีคือ การวิเคราะห์ผลประโยชน์ในอนาคต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 จนถึง พ.ศ. 2582 ในกรณีที่ได้รับประโยชน์จากการบริการระบบนิเวศสูงสุดที่เป็นไปได้ (Best case scenarios) กำหนดสมมติฐานให้ต้นไม้ทุกต้นเจริญเติบโตตามที่คาดการณ์ไว้ 100% และกรณีประโยชน์การบริการระบบนิเวศต่ำสุดที่เป็นไปได้ (Worst case scenarios) กำหนดสมมติฐานให้ต้นไม้ทั้งหมดหยุดการเจริญเติบโต ผลการศึกษาสรุปดัง Table 2 มีรายละเอียดดังนี้

1) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้านการเป็นแหล่งผลิต

จากการเจริญเติบโตของต้นไม้ในแต่ละปีจะส่งผลให้การประเมินมูลเนื้อไม้เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ซึ่งในกรณี Best case กำหนดให้ต้นไม้ทุกต้น

เจริญเติบโต การประเมินความคุ้มค่าเศรษฐกิจก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดที่เป็นไปได้ 26% ของผลประโยชน์ทั้งหมดรวม 4 ด้าน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 3,217,784 บาทต่อปี (4,617 บาทต่อต้น) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Yotapakdee (2019) ในการวิเคราะห์มูลค่าต้นไม้ใหญ่ในบางกระเจ้า พบว่ามีมูลค่าไม้ทั้งหมด 450,988.17 บาทต่อปี (3,758.23 บาทต่อต้น) สำหรับการประเมินมูลค่าในกรณี Worst case กำหนดให้ต้นไม้ทุกต้นหยุดการเจริญเติบโต

Table 2 Summary of all monetary value benefits over 20 years (2020 – 2039) in the Chulalongkorn University Centenary Park (CU 100 Park).

	Scenarios	
	Best Case	**Worst Case**
Assumptions		
Calculate the growth rate of three	Yes (Trees growth as predicted)	No (Trees died)
Provision of bird habitats	Yes (Trees, Lawn, Grassland, Wetland)	Yes (Lawn, Grassland, Wetland)
An average of 20-year inflation rate	2.12%	2.12%
Discount rate	4%	4%
Value of Ecosystem Services	**Thai Bath**	**Thai Bath**
Provision services: Timber Values	64,355,675	-
Regulating services:		
Avoided Runoff	195,522	-
Climate Change	22,052,019	-
Culture services: people satisfaction	112,509,616	112,509,616
Supporting services: birds' habitats	50,802,893	36,860,175
Total Value	249,915,727	149,369,791
Total Present Value in 2024	328,426,739	195,278,609
Present Value of Investment in 2024	263,186,355	263,186,355
NPV in 2024	65,240,383	(67,907,746)
SROI	**1.25**	**0.74**

ดังนั้นการประเมินมูลค่าผลประโยชน์ด้านการเป็นแหล่งผลิตเท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นการคำนวณการบริการระบบนิเวศซึ่งการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้รวมมูลค่าที่ดินอุทยานฯ ในปัจจุบันรัฐบาลไทยออกกฎหมายผู้ที่ครอบครองพื้นที่ว่างเปล่าต้องเสียภาษีที่ดินโดยอัตราภาษี 0.3 ถึง 0.7 ของราคาที่ดิน (Ministry of Interior, 2024) ดังนั้นการปลูกต้นไม้เป็นทางเลือกหนึ่งของเจ้าของที่ดินในการลดต้นทุนภาษี และเพิ่มมูลค่าให้กับพื้นที่

2) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้านการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบ

นักวิจัยได้กำหนดสมมติฐานให้ความสามารถการเลี่ยงการไหลบ่าของน้ำเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของต้นไม้ทุกชนิด ในกรณี Best case หากต้นไม้เจริญเติบโตตามสมมติฐาน จะช่วยการเลี่ยงการไหลบ่าของน้ำมูลค่าเฉลี่ย 9,766 บาทต่อปี ในส่วนของการกักเก็บและสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าเฉลี่ย 1,102,604 บาทต่อปี ซึ่งมีมูลค่าต่ำกว่าการศึกษาอื่น ๆ (Tate *et. al.*, 2023; Puplampu & Boafo, 2021; Choothong *et al.*, 2016) เนื่องจากขนาดของพื้นที่และต้นไม้ในการศึกษาครั้งนี้มีขนาดเล็กกว่า มูลค่าการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบจึงมีมูลค่าทั้งหมด 22,247,542 บาทต่อปี สัดส่วนประมาณ 9% ของผลประโยชน์ทั้งหมดรวม 4 ด้าน สำหรับกรณี Worst Case ได้กำหนดให้การหยุดการเจริญเติบโตของต้นไม้ทำให้ต้นไม้ไม่สามารถช่วยเลี่ยงการไหลบ่าของน้ำ และการกักเก็บและสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น กรณี Worst case มูลค่าการบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบจึงเป็นศูนย์

3) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้านการบริการด้านวัฒนธรรม

จากการศึกษาของ Yarnvudhi *et al.* (2024) พบว่าประชากรในเขตปทุมวันมีความเต็มใจจ่ายประมาณ 5 ล้านบาทต่อปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้มูลค่าความเต็มใจจะจ่ายนี้มาปรับให้เป็นมูลค่าที่แท้จริง (Real value) ในแต่ละปี โดยใช้อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย 20 ปีย้อนหลัง มีค่าเท่ากับ 2.12% ซึ่งแม้ว่าจะเป็นช่วง 20 ปีที่แตกต่างจากช่วงเวลาที่ประเมินมูลค่าด้านการบริการ และเป็นช่วงเวลาที่ผ่านวิกฤตความแปรปรวนทั้งในด้านเศรษฐกิจและการเมือง อัตราเงินเฟ้อดังกล่าวยังคงมีความใกล้เคียงกับการคาดการณ์อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ (Bank of Thailand, 2024) ดังนั้น การประเมินมูลค่าด้านการบริการด้านวัฒนธรรมจากความเต็มใจจะจ่ายของประชากรในเขตปทุมวันตลอด 20 ปี จึงมีมูลค่า 112,509,617 บาท (เฉลี่ย 2,250 บาทต่อปีต่อคน) คิดเป็นร้อยละ 45 ของผลประโยชน์ทั้งหมดรวมทั้ง 4 ด้าน สูงกว่ากับผลการศึกษาของ Petcharat & Lee (2002) ความเต็มใจจะจ่ายในการปรับปรุงระบบนิเวศของพื้นที่สีเขียวในบางกระเจ้า (เฉลี่ย 1,435.9 บาทต่อปีคน) เนื่องจากมีเป็นการปรับปรุงพื้นที่ที่มีอยู่แล้ว ในขณะที่อุทยานฯ เป็นพื้นที่สีเขียวที่สร้างขึ้นมาใหม่ สำหรับในกรณี Worst case ได้กำหนดสมมติฐานให้การหยุดการเจริญเติบโตของต้นไม้ไม่ส่งผลกระทบต่อความเต็มใจจะจ่าย ดังนั้น กรณี

Best case และ Worst case จึงมีมูลค่าความเต็มใจจ่ายเท่ากัน

4) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจด้านการสนับสนุน

จากข้อมูลการศึกษาของ Yarnvudhi *et al.* (2022) มูลค่านกทั้งหมดประมาณ 2,294,922 บาท ซึ่งใช้การประเมินจากราคาสัตว์ป่ากรมอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืชของประเทศไทย และมูลค่าการซื้อขายนกในตลาดประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ปรับให้เป็นมูลค่าที่แท้จริง (Real Value) ในแต่ละปี โดยใช้อัตราเงินเฟ้อเฉลี่ย 20 ปีย้อนหลัง เช่นเดียวกับกรณีการคำนวณของมูลค่าความเต็มใจจะจ่าย ซึ่งในกรณี Best case การมีแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของนกในอุทยานแบ่งได้เป็น 4 แหล่งคือ ต้นไม้ (Trees) สนามหญ้า (Lawn) หญ้าแบบกอตั้งที่มีความสูงมากมากว่า 1 เมตรขึ้นไป (Grassland) และ พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) จะเป็นที่อยู่อาศัยของนก ทั้งหมดก่อให้เกิดผลประโยชน์คิดมีมูลค่า 50,802,893บาท คิดเป็นร้อยละ 20 ของผลประโยชน์ทั้งหมดรวม 4 ด้าน อย่างไรก็ตามกรณี Worst case ได้หยุดการเจริญเติบโตทั้งหมดจะทำให้ที่อยู่อาศัยของนกเหลือเพียง 3 แหล่งคือ สนามหญ้า หญ้าแบบกอตั้งที่มีความสูงมากมากว่า 1 เมตรขึ้นไป และพื้นที่ชุ่มน้ำ มีมูลค่าเพียง 36,860,175 บาท

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการบริการระบบนิเวศทั้ง 4 ด้าน กรณีประโยชน์การให้การบริการระบบนิเวศสูงสุดที่เป็นไปได้ภายในระยะเวลา 20 ปี คือ จะเกิดผลตอบแทนรวมมูลค่าทั้งหมดประมาณ 249 ล้านบาท คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39 ล้านบาทต่อปี ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ คิดเป็น 45% ของผลตอบแทนทั้งหมดรองลงมา ด้านการผลิต 26% และมูลค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการบรรเทาอุทกภัยมีสัดส่วนน้อยที่สุด คือ 9% ของผลตอบแทนทั้งหมด เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน NPV ณ ปี 2567 ประมาณ 65 ล้านบาท และค่า SROI เท่ากับ 1.24 หมายความว่าทุกการลงทุน 1 บาท ได้ผลตอบแทน 1.24 บาท นั่นคือ มีความคุ้มค่าในการรลงทุน ในกรณีประโยชน์การบริการระบบนิเวศต่ำสุดที่เป็นไปได้ ผลการคำนวณ NPV มีค่าติดลบประมาณ 67 ล้านบาท และค่า SROI เท่ากับ 0.74 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ 2 กรณี ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการให้บริการระบบนิเวศด้านการเป็นแหล่งผลิต เพราะเมื่อต้นไม้ถูกทำลาย การลงทุนจะไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่า การดูแลรักษาต้นไม้ในอุทยานฯ จึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ผลตอบแทนด้วยวิธีการพิจารณาจากการบริการระบบนิเวศยังไม่ครอบคลุมบริบทของผลประโยชน์และต้นทุนการบริการระบบนิเวศอย่างรอบด้าน เช่น การประหยัดด้านภาษีที่ดิน มูลค่าทรัพย์สินอื่น ๆ และค่าบำรุงรักษาอุทยานฯ เป็นต้น ดังเช่นการศึกษาของ Hunter *et al.* (2022) ได้รวมมูลค่าของจำนวนอสังหาริมทรัพย์ มูลค่าเฉลี่ยราคาบ้าน และมูลค่าภาษีของอสังหาริมทรัพย์ที่มีรัศมีระหว่าง 50-800 เมตร โดยรอบบริเวณพื้นที่สีเขียว นอกจากนี้ มูลค่าการ

บริการด้านการควบคุมกลไกของระบบยังไม่ครอบคลุมครบในทุกมิติ เช่น ไม้พุ่มและชนิดหญ้า ดังเช่นการศึกษาของ McPherson *et al.* (1994) ได้ประเมินมูลค่าประโยชน์ของการบริการไม้ยืนต้นและไม้พุ่มในชุมชนชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ในส่วนของการประเมินมูลค่าด้านวัฒนธรรมโดยใช้การประมาณค่าจากความเต็มใจจะจ่ายของประชาชนนั้น ยังขาดการประเมินมูลค่าของคุณภาพชีวิตที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพกายและสุขภาพจิต เช่น กรณีคนในชุมชนใช้บริการพื้นที่สีเขียวอย่างสม่ำเสมอจะส่งผลให้ระดับภาวะความเครียดของประชาชนลดลง (Thompson *et al*, 2012) รวมทั้งการประเมินมูลค่าการบริการแหล่งสนับสนุนที่ทำการศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของนกเพียงด้านเดียว ควรทำการศึกษาแมลงและสัตว์น้ำเพิ่มเติม เช่น ผลการศึกษาของ (Daniels *et al.* 2020) ที่ระบุบทบาทด้านการเป็นพื้นที่ให้แมลงผสมเกสรของพื้นที่สีเขียวในเมืองอาคิน ประเทศเยอรมัน

สรุป

อุทยานฯ ถึงแม้จะเป็นสวนขนาดเล็ก แต่มีศักยภาพด้านการให้บริการระบบนิเวศอย่างรอบด้าน การศึกษาครั้งนี้ ยังได้ริเริ่มการประเมินผลตอบทานทางสังคมจากการลงทุนทั้ง 4 ด้านของการบริการระบบนิเวศ ซึ่งส่งผลต่อการตระหนักถึงประโยชน์ของการบริการระบบนิเวศในเขตเมืองของประชาชนเชิงประจักษ์ โดยแสดงให้เห็นถึงการลงทุนที่คุ้มค่า อย่างไรก็ตาม ขาดการกำหนดสมมติฐานบางส่วน เช่น สภาวะเศรษฐกิจถดถอยที่อาจส่งผลต่อผู้ใช้บริการอุทยานฯ และปัญหาเชิงวิธีการวัดผลในรายประเด็นของการบริการระบบนิเวศในด้านการเป็นที่อยู่อาศัยของนก รวมถึงการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ดังนั้น การประเมินผลตอบแทนทางสังคมในอนาคต จึงควรพิจารณาให้กำหนดสมมติฐานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจให้ครบทุกมิติของการบริการระบบนิเวศทั้งทางตรงและทางอ้อม

เอกสารอ้างอิง

Bank for Agriculture and Agricultural Cooperative. 2018. **Handbook of assessment for trees value in Thailand**. Bank for Agriculture and Agricultural Cooperative. (in Thai)

Bank of Thailand. 2024. **Thailand's Macro Economic Indicatiors**. https://app.bot.or.th/BTWS_STAT/statistics/BOTWEBSTAT.aspx?reportID=409&language=TH (Assessed: November 16, 2024) (in Thai)

Boardman, A. E., D. H. Greenberg, A. R. Vining, & D. L. Weimer. 2018. **Cost-benefit Analysis: Concepts and practice**. United Kingdom: Cambridge University Press.

Burke, R. 2013. **Project management: Planning and control techniques**. United Kingdom: Wiley.

Chen, R., & X.Y. You. 2020. Reduction of urban heat island and associated greenhouse gas emissions. **Mitigation and adaptation strategies for global change** 25(4): 689-711.

Choothong, S., Q. Hua , & N. Soonsawad. 2016. Diversity, Prevalence and Environmental Benefits of Street Trees in Nakhon Si Thammarat province, Thailand. **Technology** 12(3): 395-413.

Daniels, B., J. Jedamski, R. Ottermanns, & M. Ross-Nickoll. 2020. "A "plan bee" for cities: Pollinator diversity and plant-pollinator interactions in urban green spaces". **Plos One** 15 (7) https://doi: 10.1371/journal.pone.0235492

Department of City Planing and Urban Development. 2017. **Housing Expansion Trend in Bangkok and Counties**. Available source: https://webportal.bangkok.go.th/public/user_files_editor/354/aboutcpud/study%20report/2562/2. Trend of urban expansion in Bangkok (2013-2017).pdf (Accessed: October 15, 2024) (in Thai)

Fang, C. F., & D. L. Ling. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. **Landscape and Urban Planning** 63(4):187-195.

Gietel-Basten, S. 2023. **Asia-Pacific population and development report 2023**. Available Source: https://www.unescap.org/kp/2023/asia-pacific-population-and-development-report-2023 (Accessed: October 25, 2024)

Haacker, M., T.B. Hallett, & A. Rifat. 2020. On discount rates for economic evaluations in global health. **Health Policy and Planning** 35(1):107-114. https://doi:10.1093/heapol/czz127

Hunter, R.F., M.A.T. Dallat, M.A. Tully, L. Heron, C. O'Neill, & F. Kee. 2022. Social return on investment analysis of an urban greenway. **Cities & Health** 6(4): 693-710. https://doi:10.1080/23748834.2020.1766783

Ibrahim, W. N. W., Z. Hamat, & N. Awang. 2023. Social return on investment: Creating social and economical values for community. **Applying Social Impact Assessment for Collaborative Community Projects**. Penerbit UMT. Malaysia, pp.5-15.

Intergovernmnetal Panel on Climage Chang (IPCC). 2022. **Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability**. Available source: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/(Accessed: November 25, 2024)

Kumar, P. 2012. **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations**. United Kingdom: Earthscan.

Melles, S. , S. Glenn, & K. Martin. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: Species–environment associations along a multiscale habitat gradient. **Conservation Ecology** 7(1):5. https://doi:10.5751/ES-00478-070105

Ministry of Interior. 2024. **Land and building tax**. Available source: https://www.gcc.go.th/ 2024/03/07/Ministry of Interia-Tax devision/ (Accessed: December 5, 2024) (in Thai)

Müller, N., and P. Werner. 2010. Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological eiversity in towns and cities. **Urban Biodiversity and Design** 7: 3-4.

McPherson, E. G., D. J. Nowak, & R.A. Rowntree. 1994. **Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project**. United States: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2017. **Standards of appropriate green space ratio for urban communities in Thailand**. Available source: https://www.onep.go.th/ebook/eurban/eurban-publication-01.pdf (Accessed: November 5, 2024) (in Thai).

Petcharat, A., & Y. Lee. 2020. **Valuing Ecosystem Services in the Bang Ka Chao Green Area, Thailand**. *In* Proceeding of the 64th Australasian Agriculture and Resource Economics Society (ARRES) Annual Conference, February 12-14, 2020, Perth, Western Australia.

Puplampu, D. A., & Y. A. Boafo. 2021. Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis. **Environmental Challenges** 5: 100283. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100283

Rivera, C., A. Ståhle, C. Spacescape, M. Kamiya, G. Aguinaga, & Y. Siegel. 2018. **Developing Public Space and Land Values in Cities and Neighbourhoods**. Available source: https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/DiscussionPaperDevelopingPublicSpaceandLandValuesinCitiesandNeighbourhoods.pdf (Accessed: November 5, 2024)

Round, P. D. 1990. Bangkok bird club survey of the bird and mamal trade in the Bangkok weekend market. **Natural History Bulletin of the Siam Society** 38:1-43.

Sahunalu, P. 2010. Tree species growth changes over 16 years in the long-term dynamic plots of Sakaerat deciduous dipterocarp forest, northeastern Thailand. **Thai Journal Forest** 29 (3):1-15.

Tate, C., C. O'Neill, N. Tran, L. Heron, F. Kee, M.A. Tully, M. Dallat, & R.F. Hunter. 2023. The social return on investment of an urban regeneration project using real-world data: the Connswater Community Greenway, Belfast, UK. **Cities & Health** 7(5): 699-718. https://doi:10.1080/23748834.2023.2211226

Thaiutsa, B. , L. Puangchit, R. Kjelgren, & W. Arunpraparut. 2008. Urban green space, street tree and heritage large tree assessment in Bangkok, Thailand. **Science Direct** 7(3): 219-229. https://doi:10.1016/j.ufug.2008.03.002.

Thompson, C.W., J. Roe, P. Aspinall, R. Mitchell, A. Clow, & D. Miller. 2012. More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence form salivary cortisal patterns. **Landscape and Urban Planning** 105 (3): 221-229. https://doi:10.1016/j.landurbplan.2011.12.015.

United Nation. 2024. **World population prospects 2024**. Available source: https://www.un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024 (Accessed: October 31, 2024)

Yarnvudhi, A., N. Leksungnoen, Suru S., Y. Ponpithuk, R. Sumasuang, Prateep Duengkae, C. Pongcharoen, N. Sutummawong, D. Marod, C. Wachrinrat, A. Premashthira, P. Tor-Ngern, S. Poungcharean, S. Hermhuk, & P. Kachina. 2022. Monetary evaluation of supporting ecosystem services as a habitat provider for birds in Thailand urban park. **Biodiversitas** 23(9). https://doi:13057/biodiv/d230942.

Yarnvudhi, A., N. Leksungnoen, P. Tor-Ngern, A. Premashthira, S. Thinkampheang, & S. Hermhuk. 2021. Evaluation of regulating and provisioning services provided by a park designed to be resilient to climate change in Bangkok, Thailand. **Sustainability** 13:13624. https//doi: 10.3390/su132413624.

Yarnvudhi, A. , N. Leksungnoen, P. Tor-ngern, & A. Premashthira. 2024. Ecosystem Culture Services Evaluating: A case study on willingness to pay for urban green area. **Journal of Thai Forest Ecological Research Network** 8(1):351-370. https//doi:10.34044/j.tferj.2024.8.1.06.

Yotapakdee, T., L. Asanok, T. Kamyo, M. Norsangsri, N. Karnasuta, S. Navakam, & C. Kaewborisut. 2019. Benefits and Value of Big Trees in Urban Area: A Study in Bang Kachao Green Space, Thailand. **Environment & Natural Resources Journal** 17(1). https//doi:10.32526/ennrj.17.1.2019.04

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

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

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด 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 ยศ หรือ ตำแหน่ง

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

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ และ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (**Abstract**) พร้อมระบุคำสำคัญ (Keywords)ไม่เกิน 5 คำ ตอนท้ายของบทคัดย่อ

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

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

4. ผลและวิจารณ์ ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน

5. สรุป (Conclusion)

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ

7. เอกสารอ้างอิง (Reference) 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)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์

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/ligin.htm (Accessed: March 27, 1998)

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

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ **https://www.tferj.tfern.com** ซึ่ง**ผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้โดยกรอกชื่อ-สกุล Email address พร้อมกำหนดรหัส (Password)** จากนั้นส่งบทความ (manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณา ประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟลล์ .doc หรือ .docx และไฟลล์ .pdf

2. ไฟล์รูปภาพ (ถ้ามี) ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น .tiff หรือ .jpeg เท่านั้น กำหนดให้ใช้ภาพขาวดำหรือภาพสีที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป

3. ไฟล์แบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย (**สามารถดาวน์โหลดได้ https://www.tferj.tfern.com**) 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 กองบรรณาธิการอาจจะพิจารณาเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่ความแนะนำมาหรือไม่ก็ได้ ต้นฉบับที่ส่งมาตีพิมพ์จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาดังนี้

1. การพิจารณากลั่นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้**ผู้ทรงคุณวุฒิ (Referee)** ในแต่ละสาขาทำการ**พิจารณากลั่นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ** ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ ยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) บทความนั้น จะใช้เวลาในการพิจารณาทบทวนบทความประมาณ 2 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

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

3. บทความที่ได้รับการยอมรับ (Accepted manuscripts) กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์ (draft proof) ให้ผู้เขียนตรวจสอบความถูกต้อง **ทั้งนี้จะต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ พร้อมดำเนินการชำระค่าตีพิมพ์บทความจำนวน 2,500 บาท** จากนั้น ทางกองบรรณาธิการจะทำการตีพิมพ์เล่มวารสาร (บทความตีพิมพ์ในรูปแบบขาวดำ) และเผยแพร่บทความอิเลคโทรนิค (ในรูปแบบสี) ผ่านทางเว็บไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (https://www.tferj.tfern.com) ผู้เขียนหรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสาร ฯ ด้วยเหตุนี้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (https://publicationethics.org/) ทั้งในส่วนของผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องพิจารณาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ

ลิขสิทธิ์ของบทความ

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

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2: กรกฎาคม – ธันวาคม 2567

Volume 8 Number 2: July – December 2024

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

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

ความหลากชนิดของพรรณไม้และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้น ในป่าชุมชนบ้านวังกะบาก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก **405**

เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ วรรณิศา อุปนันไชย ลิปิการ์ สีห์ตระกูล และกฤษณา เฮงสิ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี **419**

กิตติกร สิงตะนะ เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด กฤษดา พงษ์การัณยภาส มณฑล นอแสงศรี และแหลมไทย อายานอก

ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดของรังนกกาบบัว (*Mycteria leucocephala*) ในสวนสัตว์เปิดเขาเขียว ภาคตะวันออกของประเทศไทย **437**

นคร สลางสิงห์ วุฒิ ทักษิณธรรม และประทีป ด้วงแค

การตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ **451**

วราลี ศรีเกื้อ มณฑล นอแสงศรี กฤษดา พงษ์การัณยภาส นรินธร จำวงษ์ ปัทมา แสดงวิศิษฎ์ภิรมย์ กันตพงศ์ เครือมา และแหลมไทย อายานอก

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนของป่าผสมผลัดใบในพื้นที่อนุรักษ์ของ สวนป่าสัก องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ **467**

เพ็ญพิลัย เปี่ยนคิด กมลพร ปานง่อม มณฑล นอแสงศรี กันตพงศ์ เครือมา ศิริรัตน์ สมประโคน วราลี ศรีเกื้อ นรินธร จำวงษ์ ปัทมา แสดงวิศิษฎ์ภิรมย์ และแหลมไทย อายานอก

การเติบโตและสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้นป่าดิบเขาระดับต่ำบางชนิด อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย **487**

ศรีนวล ตุ่นใจ สราวุธ สังข์แก้ว และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางสังคมจากมูลค่านิเวศบริการในสวนสาธารณะที่ออกแบบแบบบูรณาการ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย: อุทยาน 100 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **503**

อารีรัตน์ ญาณวุฒิ นิสา เหล็กสูงเนิน จงรัก วัชรินทร์รัตน์ พันธนา ตอเงิน ศุภลักษร์ ศิริ ยุวดี พลพิทักษ์ สุธีระ เหิมฮึก วุฒิพงษ์ ฉั่วตระกูล ปณิดา กาจีนะ และสุวพร ผาสุก