

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนสักที่ร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

วรชาติ ศรีเกื้อ¹ มณฑล นอแสงศรี² กฤษดา พงษ์กำรัมย์³
นรินทร์ จำวงษ์⁴ ปัทมา แสงวิศิษฎ์กริมย์⁴ กันตพงศ์ เครือมา¹ และ แหลมไทย อาษานอก^{3,5*}

รับต้นฉบับ: 26 สิงหาคม 2567

ฉบับแก้ไข: 24 กันยายน 2567

รับลงพิมพ์: 3 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: พื้นที่สวนสักที่ร้าง เป็นพื้นที่ที่ไม่มีการจัดการทางวนวัฒนวิธียและปล่อยให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติและมีไม้ต้นเข้ามาตั้งตัวทำให้มีความหลากหลายมากขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ในพื้นที่สวนสักที่ร้างของสวนป่าองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ

วิธีการ: วางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 0.16 เฮกตาร์ (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 โดยป่าสักที่ร้างอายุ 16 - 20 ปี พบไม้ต้นทั้งหมด 105 ชนิด 83 สกุล 32 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.52 ขณะที่ป่าสักที่ร้างอายุ 21 - 25 ปี พบไม้ต้นทั้งหมด 101 ชนิด 79 สกุล 32 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.39 โดยป่าสักที่ร้างทั้ง 2 ช่วงอายุ พบชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และแดง (*Xylocarpus xylocarpa*) และป่าธรรมชาติ พบไม้ต้นทั้งหมด 106 ชนิด 73 สกุล 31 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย 3.55 มีชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สัก ประดู่ป่า และสาธร (*Millettia leucantha*) และพบว่าป่าสักที่ร้างทั้ง 2 ช่วงอายุ และป่าธรรมชาติ มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงสูง (94.34 - 97.08 เปอร์เซ็นต์) อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมด้านความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) และความลาดชัน (SLO) มีผลกับการตั้งตัวของกลุ่มไม้เบิกนำและปริมาณน้ำฝน (RAN) และอุณหภูมิ (TEM) มีผลต่อการตั้งตัวของกลุ่มไม้ถาวร

สรุป: สวนสักที่ร้างสามารถส่งเสริมการตั้งตัวของไม้ต้นได้ดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุที่ถูกทิ้งร้างและปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ ดังนั้น หากพิจารณานาชนิดไม้เด่นที่ปรากฏในพื้นที่สวนสักที่ร้างมาใช้ในการฟื้นฟูป่าที่ถูกทิ้งร้างจะสามารถส่งเสริมให้เกิดการทดแทนของสังคมพืชที่รวดเร็วยิ่งขึ้น

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

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

Waralee Srikue¹ Monthon Norsaengsri² Kritsada Phongkaranyaphat³
Narinthorn Jumwong⁴ Pattama Sangvisitpirom⁴ Kunthaphong Kruama¹ 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

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

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

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

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

⁵Green 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 โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าที่ถูกกรบกวน (Disturbed forest) มีขนาดไม่ใหญ่และไม่รุนแรง มีแม่ไม้หลงเหลืออยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก ทำให้การเข้าทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ดั้งเดิมเป็นไปได้ดี (Marod *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามหากพื้นที่ถูกบุกรุกเป็นบริเวณกว้างและถูกรบกวนทั้งจากมนุษย์และธรรมชาติ เช่น เกิดไฟป่าเป็นประจำ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทดแทนขึ้นใหม่ค่อนข้างยาวนาน (Toky & Ramakrishnan, 1983) จากการที่ปัจจัยแวดล้อมที่จำเป็นต่อการตั้งตัว (Establishment) เปลี่ยนแปลงไป ทำให้โอกาสที่จะกลับเป็นสังคมป่าถาวรนั้นเป็นไปได้ยากและอาจต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าพื้นที่ที่ถูกทำลายเพียงเล็กน้อย (Dhanmanond, 1994) อย่างไรก็ตามพื้นที่ป่าเมื่อถูกปล่อยทิ้งไว้ให้กร้างว่างเปล่าเป็นเวลานานพอสมควร สภาพพื้นที่ก็จะปรับเปลี่ยนไปในทิศทางที่เริ่มมีความหลากหลายทางองค์ประกอบของชนิดพันธุ์สูงขึ้น (Marod *et al.*, 2003) แต่ด้วยความต้องการใช้ประโยชน์จากไม้และการขยายพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เกิดการบุกรุกป่าเป็นจำนวนมากจนทำให้พื้นที่ป่าไม้ยากที่จะเกิดการทดแทนตามธรรมชาติได้ การศึกษาเรื่องการปรับปรุงสภาพป่าให้ฟื้นคืนสู่สภาพที่ใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติดั้งเดิมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และ

แนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในทางนิเวศวิทยาป่าไม้ 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) กำหนดให้มีการปกป้องความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศและฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อรักษาสีเขียวให้เกิดความยั่งยืนภายในพื้นที่สวนป่า จึงมีการกำหนดควมรับผิดชอบสำหรับการตัดสงขยาระยะ ภายหลังกการตัดครั้งที่ 2 ที่อายุ 20 ปี ด้วยวิธีการเลือกตัด (Selective thinning) เมื่อพิจารณาแล้วว่าพื้นที่ที่เป็นที่ที่ทำไม้ออกได้ลำบากและไม้ค้ำค้ำในการลงทุน องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จะกันพื้นที่สวนป่าสักเหล่านี้ ออกจากการจัดการทางวนวัฒนวิธีและปล่อยให้พื้นที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติ ดังนั้นหากมองในแง่ของนิเวศวิทยาป่าไม้แล้วพื้นที่สวนสักที่ร้างเหล่านี้ถือว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกสนับสนุนให้มีการทดแทนตามธรรมชาติและเกิดการตั้งตัวของสังคมไม้ต้นในพื้นที่สวนป่าที่ร้างดังกล่าว ในปัจจุบันการศึกษาสังคมพืชในพื้นที่ป่าสักที่ร้างยังมีอยู่น้อย เช่น การศึกษาของ Kruama *et al.* (2021) ที่ได้

ศึกษาความหลากหลายของไม้ต้นของสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ซึ่งยังเป็นเพียงการศึกษาในพื้นที่สวนสักที่ยังคงมีการจัดการทางวนวัฒนวิธียังไม่ได้บ่งชี้ถึงความสามารถของการเจริญทดแทน (Regeneration) ของสังคมพืชดั้งเดิม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืชและองค์ประกอบชนิดไม้ที่เจริญทดแทนหลังจากปล่อยให้ทิ้งร้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลการจัดการสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และพื้นที่อื่นให้มีประสิทธิภาพและเกิดความยั่งยืนต่อไป

วิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ ซึ่งแบ่ง

พื้นที่บริหารงานเป็นองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เหนือบนและเหนือล่าง ครอบคลุมพื้นที่ 6 เขต จำนวน 30 สวนป่า 13 จังหวัด (Figure 1) โดยพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับกับที่ราบระหว่างหุบเขาแนวมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 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)

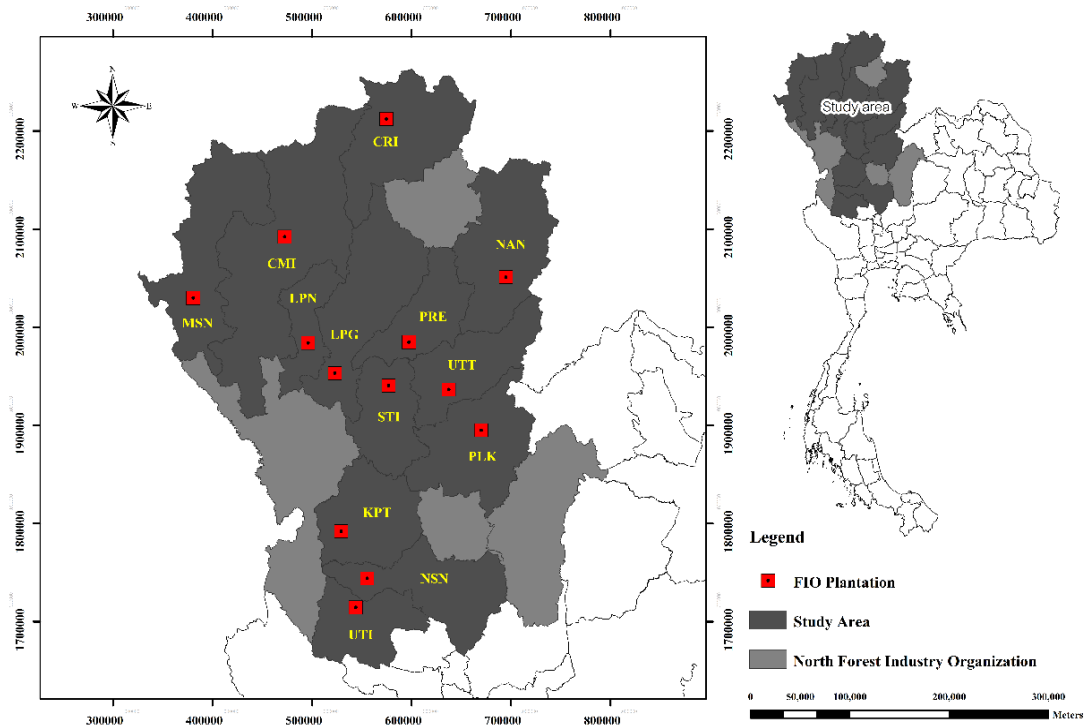


Figure 1 The location of study area in North Forest Industry Organization. It contains 1) Chiang Mai (CMI) 2) Maehongson (MSN) 3) Lampang (LPG) 4) Lampoon (LPN) 5) Nan (NAN) 6) Chiang Rai (CRI) 7) Phrae (PRE) 8) Phitsanulok (PLK) 9) Sukhothai (STI) 10) Uttaradit (UTT) 11) Kamphaengphet (KPT) 12) Nakhonsawan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

การเก็บข้อมูล

1. ในการศึกษาครั้งนี้ทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าสักที่ร้างทดแทนตามธรรมชาติ อายุ 16 - 20 ปี (แปลงปลูกปี 2529 - 2525) 2) พื้นที่ป่าสักที่ร้างทดแทนตามธรรมชาติอายุ 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) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว โดยผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าก็คือค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ในแต่ละชนิด 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 เป็นเมทริกซ์หลัก (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) มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด

(Shannon-Weiner index, H') เท่ากับ 3.66 ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) และกุ่ม (*Lannea coromandelica*) มีค่าเท่ากับ 57.39, 26.07, 12.39, 9.22 และ 8.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) โดยแต่ละช่วงอายุมีลักษณะ โครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ดังนี้

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

2. ป่าสักที่ร้างอายุ 21–25 ปี (21 - 25yrs-ATP) พบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 101 ชนิด

79 สกุล 32 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 648 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.78 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 3.39 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก ประดู่ป่า แดง ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*) และกุ่ม 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 ต้นต่อเฮกตาร์ และ

16.79 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') เท่ากับ 3.55 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญพรรณไม้ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สัก ประดู่ป่า สาธร (*Millettia*

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

จากผลข้างต้นพบว่าโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ป่าสักที่สร้างอายุ 16 – 20 ปี และ 21 – 25 ปี มีชนิดไม้และไม้เด่นไม้แตกต่างกันมากนัก โดยพบว่าส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยไม้ดัดชนิดของป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) เช่น สัก ประดู่ป่า แดง กระพี้จั่น และก๊ก เป็นต้น เนื่องจากไม้ชนิดดังกล่าวขึ้นอยู่มากในป่าผสมผลัดใบมากกว่าป่าชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่สวนสักที่สร้างที่มีอายุมากกว่า 16 ปีขึ้นไป สามารถส่งเสริมให้ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นบนของป่าผสมผลัดใบสามารถเข้ามาตั้งตัว (Establishment) ในพื้นที่ได้ดี (Marod *et al.*, 1999) จนทำให้พื้นที่สวนสักที่สร้างทั้งสองช่วงอายุ มีชนิดไม้เด่นที่มีความสำคัญในระดับต้น ๆ มีความคล้ายคลึงกับป่าผสมผลัดใบตามธรรมชาติได้ เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของชนิดไม้ต้นทั้งหมดพบว่า สัก มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด มีค่า IVI มากกว่าร้อยละ 45 เนื่องจากเดิมเป็นพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าสักมาก่อนที่จะถูกปล่อยร้างให้พื้นที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติโดยไม่มีการตัดไม้ออกอีกต่อไป เป็นเหตุให้ปรากฏไม้สักอยู่มากในพื้นที่ทำให้มีลักษณะทางสังคมสูงสุด รองลงมาพบไม้ขนาดเล็กจากการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ดั้งเดิมของป่าผสมผลัดใบ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kamyo *et al.* (2016) พบว่าในพื้นที่สวนป่ามีไม้สักเป็นไม้เด่นขึ้นร่วมกับชนิดไม้ต้นในป่าผสมผลัดใบชนิดอื่นๆ โดยมีลักษณะทางสังคมได้แก่ ความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัดหมู่ไม้ในสังคมไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผลจากการจัดการสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่มีการตัดสายขยายระยะแบบเลือกตัด (Selection

thinning) ในครั้งที่ 2 โดยมีการเลือกตัดไม้เฉพาะไม้สักที่มีลักษณะคือออกไป และจะไม่มีการเข้าไปจัดการหมู่ไม้อื่นๆ ที่มีอยู่ในแปลงแต่อย่างใด (Netprachit, 2007) เพื่อคงไว้เป็นไม้อนุรักษ์และปล่อยให้เกิดการทดแทนทางธรรมชาติของสวนสักที่สร้าง ทำให้หมู่ไม้ที่เข้ามาเจริญทดแทนในพื้นที่สวนสักที่สร้างมีค่าลักษณะทางสังคมใกล้เคียงกัน และช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Canopy gap) ที่เกิดจากการตัดสายขยายระยะ นับเป็นการส่งเสริมให้ไม้ชนิดอื่นเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ได้ง่าย (Dupuy & Chazdon, 2008) โดยมีชนิดไม้เด่น คือ ประดู่ป่า และแดง เข้ามายึดครองพื้นที่จนเป็นไม้เด่นในสังคมรองลงมาจากสัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Koonkhunthod *et al.* (2007) ที่ประเมินบทบาทของการทดแทนของต้นไม้อายุในสวนป่าสัก พบชนิดไม้ที่เป็นตัวแทนมี 37 ชนิด โดยชนิดที่มีความโดดเด่น คือ ประดู่ป่า และยังมีพบไม้แดงที่เป็นดัชนีไม้ในกลุ่มป่าผสมผลัดใบ แสดงให้เห็นว่าสังคมแห่งนี้เริ่มเข้าสู่การฟื้นตัวไปเป็นป่าธรรมชาติป่าผสมผลัดใบ เช่นเดียวกับ Kaewkrom *et al.* (2005) ระบุว่า การจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนสามารถเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในป่าเศรษฐกิจได้ โดยมีชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบมาขึ้นเจริญทดแทนในพื้นที่สวนป่า เช่น แดง และประดู่ป่า เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าไม้แดง และประดู่ป่าเป็นไม้ทั่วไป (Generalist species) ของป่าผสมผลัดใบ กล่าวคือมีคุณสมบัติเป็นทั้งไม้เบิกนำและไม้ในสังคมถาวรของป่าผสมผลัดใบ (Asanok *et al.*, 2020)

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon index, H') พบว่าทั้ง 3 พื้นที่ที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยป่าสักที่สร้างอายุ 16 – 20 ปี มีค่า

ดัชนีความหลากหลายมากที่สุด เท่ากับ 3.52 และมีความหลากหลายใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติมากที่สุด ต่างจากการศึกษาของ Saengsathien (2016) ที่พบว่า สังคมพืชที่มีการทดแทนตามธรรมชาติมีค่าความหลากหลายเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันตามจำนวนปีที่เกิดการทดแทนตามธรรมชาติ ซึ่งการตั้งตัวของชนิดไม้ต้นของพื้นที่ป่าสักทิ้งร้างหลังการตัดสงขยาระยะครั้งที่ 2 ทำให้พื้นที่มีช่องว่างระหว่างเรือนยอดเหมาะแก่การที่ไม้ชนิดอื่นสามารถเข้ามาตั้งตัวได้ดีขึ้น โดยเฉพาะชนิดพันธุ์ไม้เบิกนำ สอดคล้องกับ Asanok *et al.* (2013) กล่าวว่าช่องว่างระหว่างเรือนยอดและแสงส่องถึงพื้นดินทำให้เกิดการทดแทนและการเจริญเติบโตของชนิดไม้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะไม้เบิกนำที่กระจายเข้ามาเพิ่มขึ้น ทำให้ป่าสักทิ้งร้าง อายุ 16 - 20 ปี มีความหลากหลายมากกว่าป่าสักทิ้งร้างอายุ 21 - 25 ปี ที่มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.39 เนื่องจากโครงสร้างของสังคมมีร่มเงามากขึ้นจากการเติบโตของไม้ต้น ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของกล้าไม้ คือ พื้นป่ามี

แสงน้อยจากการบดบังแสงของไม้สักจึงทำให้กลุ่มไม้เบิกนำไม่สามารถตั้งตัวได้ (Dalling & Hubbell, 2002) ทำให้สังคมมีค่าดัชนีความหลากหลายน้อยกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Neeranathpibul *et al.* (2002) พบว่าในแปลงสักเมื่อมีอายุมากขึ้นแล้วไม่มีการตัดสงขยาระยะเรือนยอดของไม้จะมีขนาดใหญ่มากขึ้น ทำให้ภายใต้เรือนยอดเกิดร่มเงามากขึ้นจนไม้ชนิดอื่นไม่สามารถเติบโตได้

2. ความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืช

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของไม้ต้นในพื้นที่สวนสักทิ้งร้างและพื้นที่ป่าธรรมชาติพบว่าดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen 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 เนื่องจากสวนสักทิ้งร้างอยู่ใกล้ป่าผสม

ผลัดใบธรรมชาติมีผลให้เกิดการปรากฏร่วมกันของชนิดพันธุ์ไม้ในการกระจายเข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่ ส่งผลให้สวนสักทิ้งร้างมีแนวโน้มการทดแทนของชนิดไม้ต้นในพื้นที่สวนป่าทิ้งร้างเข้าใกล้กับสังคมป่าผสมผลัดใบเร็วขึ้น

สอดคล้องกับ Toky & Ramakrishnan (1983) ที่รายงานว่า การทดแทนของสังคมพืชจะเร็วจะช้าเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความเสื่อมโทรมของพื้นที่ และยังขึ้นอยู่กับส่วนเจริญทดแทนของพืชที่เหลือในดินด้วย อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบความหลากหลายชนิดพันธุ์ไม้บริเวณแนวขอบป่าขึ้นอยู่กับระยะห่างของพื้นที่สวนสักที่รั้งกับป่าธรรมชาติ (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) กู้ก (LANCO) และกระท่อมเนิน (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 แร่ลงม และสภาพดินที่ดื้น (Bridge & Johnson, 2000; Zhang *et al.*, 2013; Thammanu *et al.*, 2020) ดังนั้นหมู่ไม้ที่ปรากฏในสังคมจึงมีความเป็นไปได้ที่จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่จำกัด และความลาดชันมีผลโดยตรงต่อระบบการระบายน้ำทั้งผิวดินและส่วนลึกของดิน ในพื้นที่ลาดชันมากความชื้นค่อนข้างต่ำดินตื้นเนื่องจากการกักเซาะของน้ำผิวดิน สังคมพืชที่พบจึงมักเป็นสังคมที่ต้องปรับตัวกับความแห้งแล้งได้ดี อีกทั้งชนิดไม้ในป่าผสมผลัดใบมีการพัฒนาระบบรากที่ลึกช่วยให้พืชสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตในสภาพพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งได้ดี (Wessel, 1971) สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al.* (1999) พบว่าชนิดไม้ในป่าผลัดใบทั่วไปสามารถปรับตัวให้อยู่รอดและเจริญเติบโตได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง

เจริญเติบโต การออกดอก ออกผล และการขยายพันธุ์ของพืช หากสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบต่อ การสืบพันธุ์ และการดำรงชีวิตของพรรณไม้บางชนิด รวมถึงทำให้โครงสร้างของป่าบริเวณนั้นในอนาคตเปลี่ยนแปลงไปด้วย Yanako (2014) ยังกล่าวอีกว่าพรรณไม้ท้องถิ่นมีความสัมพันธ์แปรผันตาม และแปรผกผันกับ ปัจจัยทางกายภาพ โดยเหตุการณ์ทางชีพลักษณะของพรรณไม้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศมากที่สุด รองลงมา คือ ปริมาณน้ำฝน ส่งผลให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษามีชนิดไม้แตกต่างกันตามความต้องการทางนิเวศวิทยา (Ecological niche) หรือปัจจัยแวดล้อมที่มีความเหมาะสมแตกต่างกัน ในแต่ละสังคมพืช (Marod *et al.*, 2019; Hermhuk *et al.*, 2021)

สรุป

การตั้งตัวของไม้ต้นในพื้นที่ป่าสักทึบร้างขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคเหนือ พบว่ามีกลุ่มไม้ป่าผสมผลัดใบเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ เช่น ประดู่ป่า แดง และกระพี้จั่น เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าชนิดพันธุ์ไม้ดั้งเดิมในป่าผสมผลัดใบประสบความสำเร็จในการเข้ามายึดครองพื้นที่สวนสักทึบร้าง ทั้งในด้านจำนวนชนิดไม้ ความหนาแน่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก รวมทั้งค่าดัชนีความหลากหลายของสังคมพืช และพบว่าสวนสักทึบร้างทั้ง 2 ช่วงอายุมีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าธรรมชาติค่อนข้างสูงคือมากกว่าร้อยละ 90 อย่างไรก็ตามความสามารถในการตั้งตัวของชนิดไม้ต้นดังกล่าวยังถูกกำหนดด้วยปัจจัยแวดล้อม โดยความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) และความลาดชัน (SLO) มี

ผลกับการตั้งตัวของกลุ่มไม้เบิกนำ ขณะที่ปริมาณน้ำฝน (RAN) และอุณหภูมิ (TEM) มีผลต่อการตั้งตัวของชนิดไม้ถาวร ดังนั้นหากพิจารณานำชนิดไม้ที่มีความสามารถในการตั้งตัวได้ดีในสวนสักทึบร้าง เช่น ประดู่ป่า แดง กระพี้จั่น และกุ่ม เป็นต้น เพื่อนำไปใช้สำหรับการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ทึบร้างอาจช่วยให้ประสบความสำเร็จยิ่งขึ้น

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. Taweasuk & 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-Ngernyung, 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-ngernyung. 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 Phluuang 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. Thinkampeang, 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/enrj.17.3.2019.21
- McCune, B. & M.J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0 for Windows. MjM Software**, Glenden 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](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 burn agriculture 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>