

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์พื้นที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.)
ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่

ศโรชา ลามู¹ ปิยะพิศ ขอนแก่น¹ อิศริย์ ฮาวปิ่นใจ²
กัณฑพงศ์ เครือมา¹ จิราพร ปักเขตานัง¹ และ ต่อลาก คำโย^{3*}

รับต้นฉบับ: 28 มกราคม 2565

ฉบับแก้ไข: 14 มีนาคม 2565

รับลงพิมพ์: 25 มีนาคม 2565

บทคัดย่อ

การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ โดยการวางแผนขนาด 20 × 20 เมตร ทำการวัดไม้สักที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก มากกว่า 4.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งจำแนกระดับศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนตามช่วงชั้นอายุไม้สัก ด้วยการใช้แบบ Natural Breaks (Jenks)

ผลการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับอายุไม้สัก โดยมวลชีวภาพทั้งหมดของสวนป่าไม้สัก เท่ากับ 32,153.38 ตัน/เฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 55,411.00 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ และการปลดปล่อยออกซิเจนเท่ากับ 40,298.91 ตันออกซิเจน/เฮกตาร์ การจำแนกระดับศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่พบว่าอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็น 29.67 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด สวนป่าขุนแม่คำมีถือว่าเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในการช่วยลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกเหนือไปจากการใช้ไม้สักในเชิงเศรษฐกิจ ดังนั้น การส่งเสริมปลูกป่าเศรษฐกิจนับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมและควรเร่งส่งเสริมเพื่อให้เกิดการจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน รวมถึงสร้างสมดุลระหว่างสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การประเมินการกักเก็บคาร์บอน, ไม้สัก, สวนป่าขุนแม่คำมี

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

³สาขาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

*ผู้รับผิดชอบบทความ: Email: torlar66@yahoo.com

ORIGINAL ARTICLE

**Analysis of The Carbon Stock Area of Teak (*Tectona grandis* Linn.f.)
in Khun Mae Khum Mee Plantation, Phrae Province**

Sarocho Lamu¹, Piyapit Khonkaen¹, Itsaree Howpinjai²,
Kunthaphong Krueama¹, Jiraporn Pakketanang¹, and Torlarp Kamy^{3*}

Received: 28 January 2022

Revised: 14 March 2022

Accepted: 25 March 2022

ABSTRACT

Study on biomass and carbon sequestration of teak aimed to apply geographic information system (GIS) to assess the carbon sequestration of teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in Khun Mae Khammi plantation, Phrae Province. Sampling plots, 20 × 20 m, were employed in different aged of teak plantation, total 81 plots. All teaks with total height larger than 1.30 m with diameter at breast height (DBH) over than 4.5 cm were measured. Four teak aged classes were divided and potential of carbon storage was also predicted based on Natural Breaks (Jenks) analysis.

The results showed that teak biomass and carbon storage depended on aged classes. The total biomass of teak plantation was 32,153.38 tons/ha, equivalent to the total carbon storage amount of 15,112.09 tons carbon/ha. Carbon dioxide adsorption amount was 55,411.00 tons carbon/ha, while, the oxygen emission was 40,298.91 tons of oxygen/ha. Moderate potential level of carbon storage was classified and accounted of 29.67% of the total area. Instead of teak economic benefits, Khun Mae Kham Mee plantation also acts as the important areas for carbon storage resources and help for climate change mitigation. Thus, the economic tree plantation is suitable policy and needs to promote. It is not only provide sustainable resource management but also improve the balance between society, economy and environment.

Keywords: Geographic information system, Assessment carbon stock, Teak, Khun Mae Khum Mee Plantation

¹Department of Forest Management Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

²Department of Forest Industry Technology Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

³Department of Agroforestry Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

*Corresponding author: E-mail: torlarp66@yahoo.com

คำนำ

ในปัจจุบันความผิดปกติของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและทั่วโลกนั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น "เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์อย่างชัดเจน" ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกปัจจุบันสูงกว่าของยุคก่อนอุตสาหกรรมแล้ว 1.1 องศาเซลเซียส และจะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่านี้อีก 0.5 องศาเซลเซียส ถ้าไม่ลดผลกระทบจากมลภาวะในชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 0.5 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความรุนแรงและความถี่ของความร้อนสุดขั้วและปริมาณน้ำฝนที่ตกหนัก รวมไปถึงความแห้งแล้งในบางภูมิภาค เนื่องจากอุณหภูมิมีความผันผวนทุกปี (IPCC, 2021)

ประเทศไทยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจากกิจกรรมการพัฒนาประเทศจากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2554 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ และจากการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยมีสูงถึง 555 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2573 โดยภาคเศรษฐกิจที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ภาคพลังงาน รองลงมาคือภาคเกษตร กระบวนการทางอุตสาหกรรม และของเสีย (Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2016) เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและนำมาสะสมไว้ใน

รูปของมวลชีวภาพ (Timilsina et al., 2014) แต่เมื่อพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณที่ลดลงการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลดลงตามไปด้วย

จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2563 อยู่ที่ 102,353,484.76 ไร่ คิดเป็น 31.64 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ (Royal Forest Department, 2020) พื้นที่ส่วนหนึ่งเกิดจากการปลูกสร้างสวนป่า ที่ได้ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 คิดเป็นเนื้อที่ 585,833 ไร่ จำนวน 94 สวนป่า (Forest Industry Organization, 2016) ถือว่าเป็นพื้นที่แห่งหนึ่งที่มีการกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่ ทั้งนี้สวนป่าขุนแม่คำมีเป็นสวนป่าขนาดใหญ่แห่งหนึ่งที่สำคัญของจังหวัดแพร่ เป็นสวนป่าโครงการที่ 1 ปลูกตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเริ่มปลูกสร้างแปลงสวนป่าไม้สักตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 ถึงปี พ.ศ. 2528 มีการปลูกไม้สักมากถึง 18 แปลง คิดเป็นพื้นที่ปลูก 19,587.40 ไร่ (Khum Mae Kam Mee Plantation, 2021) เนื่องจากไม้สัก มีเนื้อไม้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เนื้อไม้มีความละเอียด ตกแต่งได้ง่าย ลวดลายสวยงาม และมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ (Royal Forest Department, 2013) จึงเป็นไม้ที่มีบทบาทสูงมากในสวนป่าเศรษฐกิจและสังคมไทย

ปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างมากมาย นั่นก็คือระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เห็นลักษณะทางภูมิศาสตร์ภายในพื้นที่ที่ศึกษาได้สะดวกและชัดเจนมากขึ้น มีการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้

กับงานทางด้านป่าไม้หลากหลายด้าน เช่น เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) ซึ่งเป็นการแบ่งช่วงชั้นสำหรับพื้นที่ที่อิงจากการจับกลุ่มของข้อมูลตามธรรมชาติ ช่วงที่มีการจัดกลุ่มจะเป็นพื้นที่ที่คล้ายกัน วิธีนี้จะลดความแปรผันภายในแต่ละช่วงดังนั้นพื้นที่ในแต่ละช่วงจึงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด (Mamah, 2013)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้สักในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานเพื่อพัฒนาพื้นที่สวนป่าอื่น ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ในแปลงปลูกไม้สักตั้งแต่อายุ 1 ปี จนถึงสักอายุ 40 ปี จำแนกได้ 27 อายุสัก ทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร × 20 เมตร จำนวน 3 แปลงต่ออายุสัก รวมทั้งหมด 81 แปลง (Figure 1) ในแต่ละแปลงทำการวัดไม้สักที่มีขนาดความสูงทั้งหมดตั้งแต่ 1.30 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร จากนั้นทำการแบ่งช่วงชั้นอายุสักออกเป็น 4 ชั้นอายุ คือ 1-10, 11-20, 21-30 และ 31-40 ปี เพื่อการประเมินการกักเก็บคาร์บอนตามชั้นอายุ

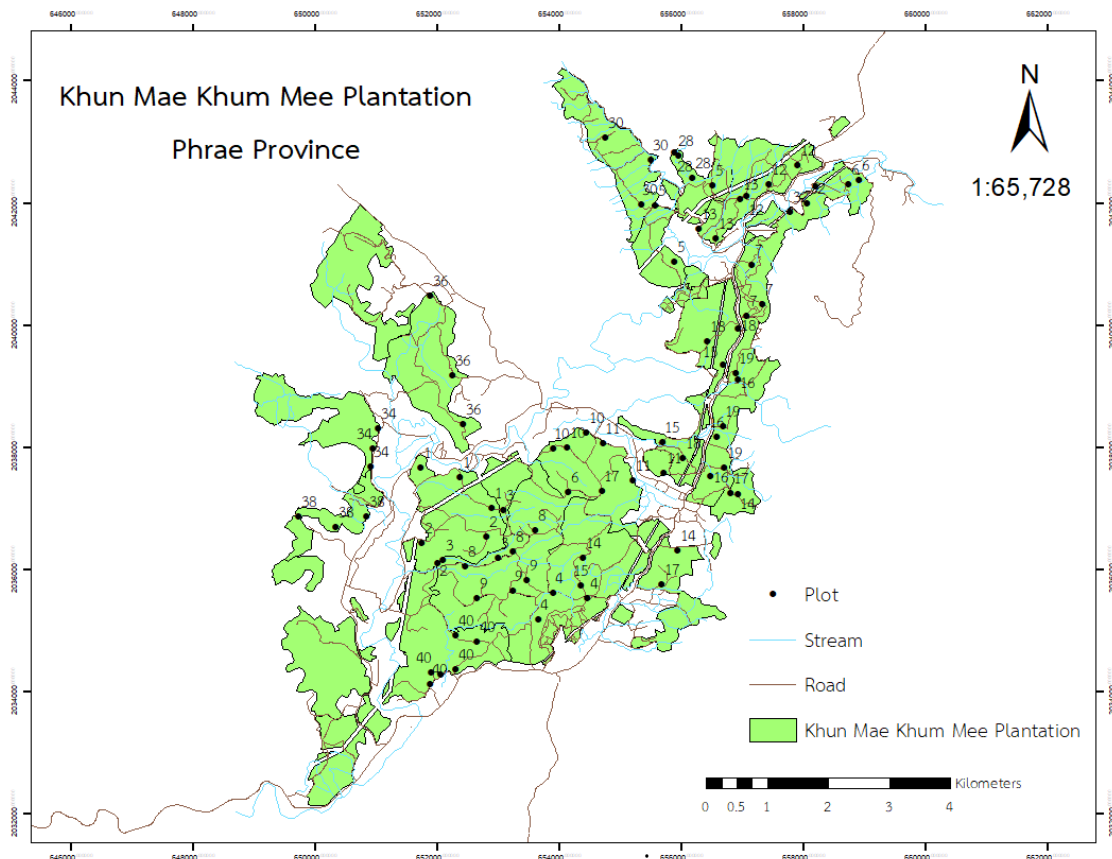


Figure 1 Sample points in study area

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 มวลชีวภาพของไม้สัก (ไม้ใหญ่) อ้างตาม Viribuncha *et al.* (2002) ดังนี้

$$W_T = 0.0358 (D^2H)^{0.9468}$$

โดยที่ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

2.2 มวลชีวภาพของสัก ระดับไม้หนุ่ม (ขนาด DBH < 4.5 เซนติเมตร ความสูง > 1.30 เมตร) อ้างตาม Visaratana and Chernkhunthod (2004) ดังนี้

$$W_S = 0.0702 (D^2H)^{0.8737}$$

$$W_B = 0.0093 (D^2H)^{0.9403}$$

$$W_L = 0.0244 (D^2H)^{1.0517}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

โดยที่ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

2.3 การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน อ้างตาม IPCC (2006) ดังนี้

กักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน = มวลชีวภาพ \times 0.47

2.4 ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อ้างตาม Meepol (2010) ดังนี้

คาร์บอนไดออกไซด์ = การกักเก็บคาร์บอน \times 44/12

2.5 ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน อ้างตาม Sukwong (2016) ดังนี้

ปริมาณออกซิเจน = การกักเก็บคาร์บอน \times 32/12

2.6 การจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่

นำเข้าข้อมูลพิกัดตำแหน่งของแปลงทดลองจำนวน 81 แปลง โดยใช้เครื่องสำรวจพิกัดดาวเทียม (GPS) พร้อมข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหามวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน และแผนที่ขอบเขตการศึกษา นำมาประยุกต์กับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) โดยการวิเคราะห์แบบ Natural Breaks (Jenks) ในโปรแกรม ArcGis 10.6 (Mamah, 2013) โดยแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น 5 ระดับ คือ 1) พื้นที่ที่มีการกระจายน้อยที่สุด 2) พื้นที่ที่มีการกระจายน้อย 3) พื้นที่ที่มีการกระจายปานกลาง 4) พื้นที่ที่มีการกระจายมาก และ 5) พื้นที่ที่มีการกระจายมากที่สุด ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์

1. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก

มวลชีวภาพรวมของไม้สักทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 32,153.38 ตัน/เฮกตาร์ พบมวลชีวภาพมากที่สุดในช่วงอายุ 31-40 ปี มีค่าเท่ากับ 14,856.73 ตัน/เฮกตาร์ เนื่องจากเป็นช่วงอายุที่ต้นไม้มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดจึงทำให้มีปริมาณมวล

ชีวภาพมากที่สุด รองลงมาได้แก่ช่วงอายุ 11-12 ปี และ 1-10 ปี ตามลำดับ มวลชีวภาพที่พบน้อยที่สุดคือช่วงอายุ 21-30 ปี (Table 1) เนื่องจากไม้สักในช่วงชั้นอายุนี้ถูกตัดตามระบบการตัดสางขยายระยะ (Thinning system) เป็นจำนวนมากเพื่อเปิดโอกาสให้ไม้สักที่เหลืออยู่มีการเติบโตด้านขนาดเพิ่มขึ้นรวมถึงมีการนำไม้สักที่ตัดเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เมื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอน พบว่าการกักเก็บคาร์บอนรวมของไม้สักทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยไม้สักช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด (6,982.66 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) รองลงมาได้แก่ช่วงอายุ 11-12, 1-10 และ

21-30 ปี ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละชั้นอายุ

ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ One-Way Anova พบว่ามวลชีวภาพไม้สักในแต่ละช่วงชั้นอายุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยมวลชีวภาพเฉลี่ยมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 31-40 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 825.37 ตัน และการกักเก็บคาร์บอนของแต่ละช่วงชั้น ในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 31-40 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 387.93 ตันคาร์บอน (Table 2)

Table 1 Biomass and carbon stock of Teak in Khun Mae Khum Mee plantation.

Teak aged class	Biomass (ton/ha)	Carbon stock (ton CO ₂ /ha)
1-10	2,614.32	1,228.73
11-20	12,635.01	5,938.45
21-30	2,047.33	962.24
31-40	14,856.73	6,982.66
total	32,153.38	15,112.09

Table 2 Statistical test (One-Way ANOVA) on biomass and carbon stock of Teak.

Teak aged class	Average biomass (ton)	Average carbon stock (ton CO ₂)
1-10	97.57	45.86
11-20	467.96	219.94
21-30	341.22	160.37
31-40	825.37	387.93
P-Value	0.000 ***	0.000 ***

Note: Significant *** $p < 0.001$

การกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก พื้นที่สวนป่าแม่คำมีนั้นพบว่ามีความมีความแปรผันตามปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละช่วงชั้นอายุ สอดคล้องกับรายงาน

การศึกษาในสวนป่าสักของ สวนป่าเกริงกระเวีย จังหวัดกาญจนบุรี (Phupasuk, 2010) สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (Thongfak, 2012) และ

สวนป่าไม้สัก จังหวัดพะเยา (Chumpukul, 2012) แต่เนื่องจากสวนป่าขุนแม่คำมีเป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจซึ่งมีการตัดขายระยะในช่วงไม้สักอายุ 21-30 ปี ทำให้มีปริมาณต้นไม้สักลดน้อยลงซึ่งมีผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพลดลงและรวมถึงการกักเก็บคาร์บอนด้วยเช่นกัน ผลการศึกษานี้สนับสนุนการศึกษาของ Kunching (2016) คือปริมาณการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับมวลชีวภาพของต้นไม้และมีความแปรผันตามชนิด ขนาดความโตของลำต้น ที่ได้ทำการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวท่า อำเภอจุน จังหวัดพะเยา แสดงให้เห็นว่า การจัดการสวนป่าไม้สักสามารถลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ด้วยการกักเก็บคาร์บอนในรูปแบบมวลชีวภาพ (Pinyarat, 2021) แทนที่จะปลดปล่อยไปในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ หรือ กล่าวว่าสวนป่าไม้สักสามารถช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ (Boonyanuphap & Kongmeesup, 2017) ซึ่งการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มทั่วโลกในปัจจุบันนั้นเป็นผลสืบเนื่องจากการลดลงของการสูญเสียพื้นที่ป่า นโยบายการฟื้นฟูป่าและรวมถึงและการปลูกวนเกษตรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถชดเชยของการปล่อยคาร์บอนได้ประมาณ 15% (FAO, 2006) นอกจากนี้ จำนวนต้นไม้ที่เพิ่มขึ้น พื้นที่เพาะปลูกที่มีการจัดการที่ดีสามารถช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปรับปรุงสภาพภูมิอากาศ ปกป้องระบบดินและน้ำ ตลอดจนเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ (Bennet, 2008)

2. ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก

การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้สัก พบว่า การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม มีค่าเท่ากับ 55,411 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยในช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด (25,603.10 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) รองลงมาได้แก่ช่วงชั้นอายุ 11-12 ปี และ 1-10 ปี ตามลำดับ (Table 3) และช่วงชั้นอายุ 21-30 ปี มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบน้อยที่สุด (Table 3)

ขณะที่การปลดปล่อยออกซิเจนของไม้สัก พบว่าการปลดปล่อยออกซิเจนรวม มีค่าเท่ากับ 40,298.91 ตันออกซิเจน/เฮกตาร์ ในช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี มีปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจนมากที่สุด (18,620.43 ตันออกซิเจน/เฮกตาร์) รองลงมาได้แก่ช่วงชั้นอายุ 11-12 และ 1-10 ปี ตามลำดับ โดยช่วงชั้นอายุ 21-30 ปี มีการปลดปล่อยออกซิเจนที่พบน้อยที่สุด (Table 3)

ผลการศึกษาสนับสนุนการศึกษาของ Commercial Wood Innovation Office (2010) ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณการปลดปล่อยออกซิเจน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่สวนป่า องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พบว่าในช่วงปี พ.ศ.2533, พ.ศ.2543 และ พ.ศ.2552 ไม้สักมีพื้นที่ทั้งหมด 61,767.04 เฮกตาร์, 65,817.92 เฮกตาร์ และ 99,239.77 เฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งพบปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 19,178,666 ตันคาร์บอน, 26,656,258 ตันคาร์บอน

และ 40,192,108 ตันคาร์บอน ตามลำดับ เห็นได้ว่าในแต่ละช่วงชั้นอายุมีการกักเก็บที่ต่างกัน เพราะมีการตัดฟันไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะช่วงชั้นอายุ 21-30 ปี และยังมีบางพื้นที่ที่ปล่อยให้ไว้ในพื้นที่ให้คงเป็นแม่ไม้ คือช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ One-Way Anova พบว่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละช่วงชั้นอายุในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี (1,422.39 ตันคาร์บอน) และการปลดปล่อยออกซิเจนของแต่ละช่วงชั้นอายุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยการปลดปล่อยออกซิเจนเฉลี่ยมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงชั้นอายุ 31-40 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,034.47 ตันออกซิเจน (Table 4)

Table 3 Carbon dioxide absorption and emission oxygen of Teak in Khun Mae Khum Mee plantation.

Teak aged class	Carbon dioxide absorption (ton CO ₂ /ha)	Emission oxygen (ton O ₂ /ha)
1-10	4,505.35	3,276.61
11-20	21,774.33	15,835.87
21-30	3,528.23	2,565.98
31-40	25,603.10	18,620.43
total	55,411.00	40,298.91

Table 4 Statistical test of carbon dioxide absorption and emission Oxygen in Teak plantation.

Teak aged class	Average Carbon dioxide absorption (ton CO ₂)	Average Emission Oxygen (ton O ₂)
1-10	168.15	122.29
11-20	806.46	586.51
21-30	588.04	457.66
31-40	1,422.39	1,034.47
P-Value	0.000 ***	0.000 ***

Note: Significant *** $p < 0.001$

3. การจำแนกระดับศักยภาพของพื้นที่ต่อการกระจายของไม้สัก

จากการศึกษาการกระจายของมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณการปลดปล่อย

ออกซิเจนของไม้สักพบมากที่สุดอยู่ในระดับปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 924.94 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.67 รองลงมาได้แก่ระดับน้อย น้อยที่สุด มาก และมากที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 914.55, 680.81, 680.81 และ 83.10 เฮกตาร์ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 29.34,

21.84, 16.48 และ 2.67 ตามลำดับ (Table 5 and Figure 2) พบว่า ไม้สักขนาดใหญ่มีจำนวนลดลง เนื่องจากสวนป่าได้มีการทำไม้ ด้วยวิธีการตัดสายขยายระยะแบบ Selection thinning (Khun Mae Khum Mee Plantation, 2021) จึงทำให้ปริมาณไม้สักที่มีมวลชีวภาพระหว่าง 15.84 - 24.41 ตันในพื้นที่ที่มีการกระจายมากที่สุด

4. มูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สัก

จากการศึกษามูลค่าคาร์บอนเครดิตของไม้สักในพื้นที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเครดิตให้กับประเทศยุโรป พบว่ามูลค่าการซื้อขายมากที่สุดคือ

752,279.83 ดอลลาร์สหรัฐ เนื่องจากประเทศยุโรปให้ราคาคาร์บอนเครดิตมากถึง 49.78 ดอลลาร์สหรัฐ/ตัน (The World Bank, 2022) รองลงมาได้แก่ สหราชอาณาจักร แอฟริกาใต้ สิงคโปร์ ญี่ปุ่น และไทย มีค่าเท่ากับ 374,779.82, 138,275.62, 56,065.85, 39,442.55 และ 15,565.45 ดอลลาร์สหรัฐ ตามลำดับ (Table 6) ซึ่งในปัจจุบันแต่ละพื้นที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนรุนแรงขึ้น ผู้คนจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการกักเก็บคาร์บอนมากขึ้น ดังนั้น ตลาดคาร์บอนเครดิตจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะมีส่วนช่วยลดปัญหาที่เกิดจากสภาวะโลกร้อนได้

Table 5 Classification of the potential level of the area of biomass, carbon stock (C), Carbon dioxide absorption (CO₂) and Emission oxygen (O₂) by Natural Breaks (Jenks) analysis.

Density level	Area (ha)	%	Biomass (ton)	C (ton)	CO ₂ (ton)	O ₂ (ton)
Lowest	680.81	21.84	0.01-8.05	0.00-3.78	0.01-13.87	0.01-10.09
Low	914.55	29.34	8.06-15.83	3.79-7.44	13.88-27.27	10.09-19.84
Moderate	924.94	29.67	15.84-24.41	7.54-11.47	27.28-42.06	19.85-30.59
High	513.83	16.48	24.42-39.16	11.48-18.40	42.07-67.48	30.60-49.08
Very high	83.10	2.67	39.17-68.39	18.41-32.14	67.49-117.86	49.09-85.72

Table 6 Monetary value of Teak plantation for carbon credit in some countries.

Age	Monetary value of carbon for each area (US\$)					
	Thailand*	Singapore**	Japan**	South Africa**	European**	United Kingdom **
1-10	1,265.59	4,558.59	3,206.99	11,242.89	61,166.21	30,472.52
11-20	6,116.61	22,031.66	15,499.36	54,336.84	295,616.17	147,273.63
21-30	991.11	3,569.93	2,511.46	8,804.53	47,900.51	23,863.65
31-40	7,192.14	25,905.68	18,224.75	63,891.36	347,596.93	173,170.03
total	15,565.45	56,065.85	39,442.55	138,275.62	752,279.83	374,779.82

* Thailand Greenhouse Gas Management Organization: TGO (2022)

**The World Bank (2022)

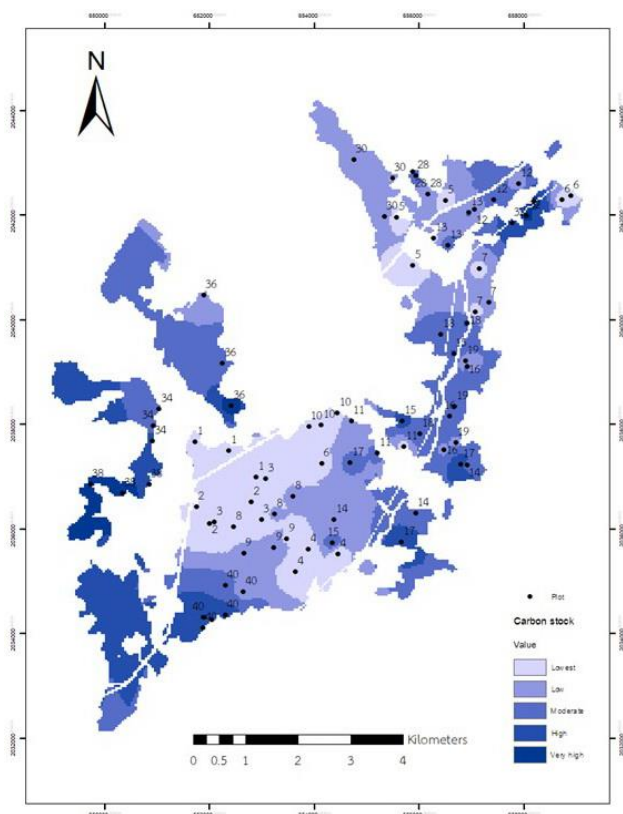


Figure 2 The distribution density for biomass, carbon stock, dioxide absorption and emission oxygen of the study area.

สรุป

สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ มีมวลชีวภาพของไม้สัก ทั้งหมด 32,153.38 ตัน/เฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 15,112.09 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการปลดปล่อยออกซิเจน เท่ากับ 55,411.00 และ 40,298.91 ตันออกซิเจน/เฮกตาร์ ตามลำดับ การจำแนกระดับศักยภาพพื้นที่ของการกระจายไม้สักพบว่าอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อทำการหามูลค่าคาร์บอนเครดิตในแต่ละพื้นที่ พบว่าหากขายด้วยราคาในพื้นที่ยุโรป มีมูลค่ามากที่สุดคือ 752,279.83 ดอลลาร์สหรัฐ

สวนป่าไม้เศรษฐกิจถือว่าทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในการลดผลกระทบ

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นการอนุรักษ์และลดความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า หรือส่งเสริมการปลูกป่าจะทำให้มีพื้นที่แหล่งกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันการจัดการสวนป่าถือว่าเป็นการเก็บคาร์บอนที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากมีการใช้ไม้ตามรอบตัดฟัน ทำให้มีการปลดปล่อยออกซิเจนในพื้นที่ และมีปลูกทดแทนต่อเนื่องเพื่อทดแทนการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ที่มีการตัดฟันออกไปซึ่งก่อให้เกิดการจัดการการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาข้างต้นสามารถนำไปใช้ในการแนะนำกำหนดหน่วยงานและประชาชน หรือผู้ที่สนใจ เพื่อให้หน่วยงานและประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่บริเวณสวนป่าขุนแม่คำมี หันมาช่วยกันปลูกต้นไม้เพิ่ม เพื่อที่จะเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนให้มากขึ้น หรือลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การวิจัยเพื่อการประเมินสุขภาพของต้นไม้สักควรมีการศึกษาเชิงลึกในอนาคตเพื่อให้สามารถบูรณาการศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและการใช้ประโยชน์ไม้สักที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนนักศึกษาเรียนดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.): ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ที่อำนวยความสะดวก

ความสะดวกในการเก็บข้อมูลการวิจัย และขอขอบ
พระเพื่อน ๆ รวมทั้งคณาจารย์มหาวิทยาลัยแม่โจ้-
แพร่ เฉลิมพระเกียรติทุกท่านที่ให้ความสนับสนุน
งานวิจัยตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- Bennett, A. J. 2008. **Sustainable Land Use: Interdependence between Forestry and Agriculture**. National Digital Library of India. Available source: <http://www.metla.fi/iufro/iufro95abs/key3.htm>, (Accessed: November 2, 2021).
- Boonyanuphap, J. & I. Kongmeesup. 2017. Carbon Stock of Teak Plantation in Subtropical Region of Lower Northern Thailand. Naresuan University **Journal: Science and Technology (NUJST)** 24: 64-71.
- Chayaporn, P., N. Sasaki, M. Venkatappa & I. Abe. 2021. Assessment of the overall carbon storage in a teak plantation in Kanchanaburi province, Thailand—Implications for carbon-based incentives. **Cleaner Environmental Systems** 2: 100023.
- Chumpukul C. 2012. **Carbon sequestration assessment of teak plantation in Phayao Province**. M. S. Thesis. University of Phayao, Phayao. (in Thai)
- Commercial Wood Innovation Office. 2010. **Report on the greenhouse gas accounting project in the forest plantation area, the Forest Industry Organization**. Industry Organization, Bangkok. (in Thai)
- FAO. 2006. Forests and Climate. **Newsroom: Focus on the issues**. Available source: <https://www.fao.org/forestry/news/48755/en> (Accessed: November 14, 2021).
- Forest Industry Organization. 2016. **History of forest industry organization. Forest Industry Organization**. Available source: <http://www.fio.co.th>, November 2, 2021. (in Thai)
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change, Japan.
- _____. 2021. **The Physical Science Basis**. International Panel on Climate Change, England.
- Khun Mae Khum Mee Plantation. 2021. **History of Khun Mae Khum Mee Plantation. Khun Mae Khum Mee Plantation**. Available source: <http://www.northfio.com/web/information/kmee61.pdf> (Accessed: November 2, 2021). (in Thai)
- Kunching, C., N. Fongmani, P. Prapat, S. Pinmongkholgul, K. Kussalanupab & B. Jaipinta. 2016. Carbon storage in woody plants biomass at Huai Khao Kam sub district community forest, Chun district, Phayao. pp. 89-95. **In Proceedings of The 3rd National Meeting on Biological and Cultural Diversity: Living in Harmony**. The Impress Nan Hotel, Nan Province, 15-17 June 2016. (in Thai)
- Mamah, I. 2013. Application of Geographic Information System in Groundwater Resources Development. **Princess of Naradhiwas University Journal** 5(1): 124-138. (in Thai)
- Meepol, W. 2010. Carbon sequestration of mangrove forests at Ranong Biosphere Reserve. **Journal of Forest Management** 4 (7): 33-47. (in Thai)

- Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2016. **Annual Report 2016**. ONEP Available source: <https://www.onep.go.th/ebook/annualreport/annualreport2016.pdf>, November 2, 2021. (in Thai)
- Phupasuk N. 2010. **Assessment of aboveground Carbon Sequestration of Teak Plantation: Study of Kroeng Kra Wia Plantation, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2013. **Thai teak knowledge**. Available source: <http://forprod.forest.go.th/forprod/KM/PDF/teak.pdf>, November 3, 2021. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2020. **Project for preparing information on the condition of forest areas 2020**. Available source: <https://shorturl.asia/VpseF>, November 3, 2021. (in Thai)
- Sukwong S. 2016. **Measuring the carbon sequestration of trees in the landscape Node Na Lay**. Green Globe Institute. Available source: <https://www.greenglobeinstitute.com/Upload/CarbonCreditReference/Carbon%20Measurement%20Training.pdf>, November 3, 2021. (in Thai)
- TGO. 2022. **Volume and turnover of Carbon Credits from T-VER Project**. TGO. Available source: <http://carbonmarket.tgo.or.th>, November 14, 2021. (in Thai)
- The World Bank. 2022. **Carbon Pricing Dashboard**. The World Bank. Available source: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>, November 14, 2021. (in Thai)
- Thongfak C. 2012. **Biomass and Carbon Storage of Teak (*Tectona grandis* Linn. f) at Thongphaphum Plantation, Kanchanaburi Province**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Timilsina N., L. C. Staudhammer, J. Escobedo, F. J. Escobedo & A. Lawrence. 2014. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. **Landscape and Urban Planning** 127: 18–27
- Viriyabuncha, C., P. Chittachumnonk, C. Sutthisrisin, S. Samran & K. Peawsa-ad. 2002. Adjusting equation to estimate the above-ground biomass of Teak plantation in Thailand. pp. 239-26. **In Proceedings of the 7th Silvicultural Seminar**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 12-14 December 2001. (in Thai)
- Visaratana, T. & C. Chernkhuntod. **Floristic composition and aboveground trees biomass in dry evergreen forest**. pp. 1-31. In Conference on forestry and climate change: Forests and climate change. Bangkok, 16-17 August 2004. (in Thai)