

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมของสวนป่าสัก

กรณีศึกษา: สวนป่าแม่มาย จังหวัดลำปาง

Assessment of Carbon Emission from Teak Forest Operations:

A Case Study of Mae Mai Forest Plantation, Lampang Province

กัญญ์วรา คล้ายพิกุล¹Kanwara Khlaiphikun¹ชยานี เกตุแก้ว^{1*}Chayanee Ketkaew^{1*}นพรัตน์ คัคคุริวาระ¹Nopparat Kaakkurivaara¹รณกฤต ฤทธิยา²Ronnakrit Rittiya²¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²สวนป่าแม่มาย องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัดลำปาง 52000

Mae Mai plantation, The Forest Industry Organization, Lampang 52000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Chayanee.ke@ku.th

รับต้นฉบับ 29 เมษายน 2566

รับแก้ไข 1 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 9 มิถุนายน 2566

Abstract

The research on carbon emissions from operations in teak plantations is currently limited. The objective of this research was to estimate the quantity of carbon emissions from silvicultural practices and logging operations in the Mae Mai teak plantation area of Lampang province.

The researchers collected data related to activities and quantified the energy consumption and carbon emissions. The amount of greenhouse gases was converted into carbon dioxide equivalent by multiplying with the respective global warming potential of each greenhouse gas type.

This study estimated the carbon emissions from silvicultural activities in the Mae Mai teak plantation, Lampang province over a 30-year rotation period. It was found that the carbon emissions from these activities amounted to 49,478 KgCO₂eq/rai. The activity with the highest carbon emissions during the rotation period was weed control using brush saw, followed by site preparation using bulldozers. The activity with the lowest carbon emissions was organic fertilizing. The first year of rotation cycle had the highest carbon emissions. In terms of logging activities, the total carbon emissions amounted to 3,470 KgCO₂eq/m³. The activity with the highest carbon emissions was skidder extraction emitting 1.619 KgCO₂eq/m³. On the other hand, the activity with the lowest carbon emissions was bucking, emitting 0.153 KgCO₂eq/m³. Therefore, implementing modern technologies in forest management can help reduce carbon emissions. Selecting appropriate machinery based on the terrain and distance should also be considered in order to effectively manage a forest.

Keywords: Carbon emission; Logging operations; Silvicultural practices; Teak plantation

บทคัดย่อ

การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมในสวนป่าสักยังมีไม่มากนักในปัจจุบัน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมทางวนวัฒนวิธีและจากกิจกรรมทำไม้ในพื้นที่สวนป่าแม่มาย จังหวัดลำปาง

โดยทำการเก็บข้อมูลกิจกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากข้อมูลที่ได้รับรวบรวมได้ แปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปคาร์บอนเทียบเท่า โดยการคูณด้วยค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด (emission factor)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมทางวนวัฒนวิธีของสวนป่าแม่มาย จังหวัดลำปาง จากการวิเคราะห์การปลดปล่อยคาร์บอนตลอดรอบตัดฟัน (30 ปี) พบว่ากิจกรรมทางวนวัฒนวิธีที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 49.478 KgCO₂eq/rai ทั้งนี้กิจกรรมที่ปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุดในส่วนของวนวัฒนวิธีตลอดระยะเวลาของรอบตัดฟันไม้สัก คือ การกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องตัดหญ้า รองลงมาคือ การเตรียมพื้นที่โดยรถแทรกเตอร์ดินตะขบ กิจกรรมที่ปลดปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และปีที่ปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุดคือ ปีที่ 1 ในขณะที่กิจกรรมการทำไม้มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนรวมทั้งหมดเท่ากับ 3.470 KgCO₂eq/m³ โดยกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุดคือ การชักลากไม้ด้วยสกีตเตอร์ มีค่าเท่ากับ 1.619 KgCO₂eq/m³ และกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุดคือ การตัดทอน มีค่าเท่ากับ 0.153 KgCO₂eq/m³ ดังนั้นนโยบายสวนป่าจึงควรมีการวางแผนการดำเนินงาน วิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมก่อนการปลูก การพัฒนาและซ่อมแซมดูแลเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ หรือการใช้เครื่องมือที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำทดแทนเครื่องมือเดิม เพื่อเป็นแนวทางในการลดการปลดปล่อยคาร์บอน การบริหารจัดการสวนป่าโดยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน การเลือกใช้เครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และระยะทาง

คำสำคัญ: การปลดปล่อยคาร์บอน การทำไม้ วนวัฒนวิธี สวนป่าสัก

คำนำ

ประเทศไทยมีการตั้งเป้าหมายเพิ่มพื้นที่ป่า เพื่อรองรับอุตสาหกรรมที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตได้มีการสนับสนุนปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ เพื่อให้มีไม้สำหรับใช้สอยอย่างเพียงพอ การปลูกสร้างสวนป่ายังช่วยลดปริมาณคาร์บอนในชั้นบรรยากาศได้อีกด้วย เนื่องจากต้นไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจการปล่อยคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวในป่าและการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ เพื่อระบุโอกาสในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสภาพอากาศ (Tangmitcharoen, 2020)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นความท้าทายระดับโลกที่สำคัญ และการลดการปลดปล่อยคาร์บอนเป็นกลยุทธ์หลักในการบรรเทาผลกระทบ ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรคาร์บอนของโลก โดยป่าไม้ทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งกำเนิดและแหล่งกักเก็บคาร์บอน อย่างไรก็ตาม

การเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากป่าสามารถปลดปล่อยคาร์บอนในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการขนส่งและการแปรรูปโดยสัก (*Teak*, *Tectona grandis*) เป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีการนิยมนำมาอย่างแพร่หลายทั้งในภาครัฐและเอกชน ทั้งนี้การปลูกสร้างสวนป่าสักตลอดรอบตัดฟัน 30 ปี นั้นจำเป็นที่จะต้องมีการดูแลรักษาเพื่อให้ได้ไม้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีกระบวนการตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ปลูก การคัดเลือก การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช โดยปกติแล้วทางสวนป่าภายใต้การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตลำปางมีการทำไม้จำนวน 3 ครั้ง คือ การตัดขายระยะเมื่ออายุ 15 ปี 20 ปี และตัดฟันรอบสุดท้ายเมื่ออายุ 30 ปี (Forest Industry Organization, 2018) ซึ่งกระบวนการทำไม้ประกอบด้วย การล้มไม้และลิดกิ่ง การชักลาก การตัดทอน การชักลากรวมกอง และการขนส่ง จะสังเกตได้ว่าทุกกระบวนการมีการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ทั้งนี้ประเทศไทยยัง

ไม่มีการศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมวนวัฒนวิธีและกรรมทำไม้มาก่อน โดยสวนป่าแม่มาลัยเป็นสวนป่าสักที่มีการดำเนินงานครบถ้วนตามเงื่อนไขที่ต้องการศึกษาและเหมาะสมกับปัจจัยข้อจำกัดทางด้านเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ด้วยเหตุนี้การศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมวนวัฒนวิธีและกรรมทำไม้สัก จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมวนวัฒนวิธีและกระบวนการทำไม้ในแต่ละขั้นตอน เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนในสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่มีการจัดการภายใต้รูปแบบเดียวกันให้น้อยลงต่อไป

วิธีการ

การเก็บข้อมูล

กิจกรรมทางวนวัฒนวิธี สํารวจข้อมูลปริมาณการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงและปุ๋ยชนิดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ (เดือนมิถุนายนถึงตุลาคม พ.ศ.2565) พร้อมบันทึกปริมาณการทำงานทั้งหมด (ไร่) ประกอบด้วย การเตรียมพื้นที่ (site preparation) ด้วยรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ การกำจัดวัชพืชด้วยเครื่องตัดหญ้า (weeding) การใส่ปุ๋ย ทั้งนี้ปุ๋ยมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ (organic fertilizing) ปุ๋ยสูตร 46-0-0 (fertilizing 46-0-0) และปุ๋ยสูตร 15-15-15 (fertilizing 15-15-15) การตัดสางขยายระยะด้วยการใช้เลื่อยโซ่ยนต์ (thinning) เพื่อนำไปสู่

ขั้นตอนการวิเคราะห์อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่) และอัตราการใช้ปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)

กิจกรรมปลูกสร้างสวนป่าไม้สักเริ่มจากการเตรียมพื้นที่ปลูก สำหรับสวนป่าแม่มาลัย มีการใช้รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบในการเตรียมพื้นที่ หลังจากนั้นทำการปลูก (planting) โดยการใช้แรงงานคน ขุดหลุมและรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้แรงงานคน การกำจัดวัชพืช ในการกำจัดวัชพืช พื้นที่แปลงปลูกไม้สักได้มีการใช้เครื่องตัดหญ้าตัดหญ้าทั่วพื้นที่ เป็นเวลา 3 ปี การใส่ปุ๋ยบำรุงต้นสัก (fertilizing) องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (อป.บ.) ได้มีการกำหนดให้ใช้ปุ๋ย 3 สูตรด้วยกันคือ ปุ๋ยอินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 และปุ๋ยสูตร 15-15-15 การกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนถาง ในช่วงปีที่ 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 20 และปีที่ 26 ปีละ 1 ครั้ง ในด้านงานป้องกันไฟป่า จะปฏิบัติงานในเดือนตุลาคมถึงเมษายน งานป้องกันการลักลอบไม้ มีการตรวจตราทุกวัน ทั้งกลางวันและกลางคืน โดยขอบเขตการวิจัยคือ รวบรวมข้อมูลและคำนวณค่าการปลดปล่อยคาร์บอนเฉพาะกิจกรรมทางวนวัฒนวิธีที่มีเครื่องจักรกลเข้ามาเกี่ยวข้องเท่านั้น ไม่หมายถึง การถางหญ้าด้วยแรงงานคน และไม่ได้ครอบคลุมกิจกรรมอื่น เช่น การลาดตระเวน เพื่อป้องกันรักษาป่า เป็นการใช้อรรถยานยนต์ส่วนตัวของคนงานจึงไม่ได้พิจารณาในตอนแรกเป็นผลให้เกิดข้อจำกัดจากการศึกษาครั้งนี้ ในส่วนการตัดขยายระยะและตัดฟันรอบสุดท้ายนำไปพิจารณาในกรรมทำไม้ ดัง Table 1

Table 1 Timeline of various activities related to planting in forest plantations.

	Site preparation	planting	Weeding	Organic fertilizing	Fertilizing 46-0-0	Fertilizing 15-15-15	Firebreak*	*patrolling	Thinning/ harvesting
year 0	/	/		/			/	/	
year 1			/ (x 3) 		/		/	/	
year 2			/ (x 3) 			/	/	/	
year 3			/ (x 2) 			/	/	/	
year 4							/	/	
year 5-8			/ (x 4) 				/	/	
year 9							/	/	
year 10		/					/	/	
year 11							/	/	
year 12-13			/ (x 2) 				/	/	
year 14							/	/	
year 15		/					/	/	/
year 16		/					/	/	
year 17-19							/	/	
Year 20		/					/	/	/
year 21-25							/	/	
year 26		/					/	/	
year 27-29							/	/	
year 30							/	/	/

Remark : *out of the scope of this study.

กิจกรรมการทํานํ้า สํารวจข้อมูลการทํานํ้าแปลงปี พ.ศ. 2521 รอบตัดฟันสุดท้ายโดยเป็นการทํานํ้าทั้งแปลง ของสวนป่าแม่มาลัย ซึ่งมีขั้นตอนการทํานํ้าครบทุก กระบวนการที่ต้องการศึกษา พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงในบางพื้นที่ และบางพื้นที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึง จากการสำรวจเบื้องต้นไม้สักมีเส้นรอบวงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

70.75 เซนติเมตรและความยาวที่เป็นสินค้าได้เฉลี่ยของต้น สักเท่ากับ 9.49 เมตร ซึ่งขั้นตอนการทํานํ้าประกอบด้วย การลํ้าไม้ ทําลํ้าไม้สักในพื้นที่โดยเว้นแนวพื้นที่ริมนํ้า และป่าอนุรักษ์ ซึ่งรูปแบบการทํานํ้าสักเป็นแบบ Tree length method ประกอบด้วยการตัดโค่น ลิดกิ่งและตัด ปลายยอดทิ้งเอาไว้ที่บริเวณคอ เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรค

ต่อการชักลาก จากนั้นชักลากไม้ด้วยรถสเกิดเดอร์ ขนส่งไม้ระยะสั้นด้วยรถจหนั่ง 6 ล้อ เป็นการนำไม้ออกจากแปลงไปยังหมอนไม้ ที่บริเวณหมอนไม้มีการหมายวัด ตัดทอน และตีตรา โดยทำการหมายวัดความโตและความยาวของไม้สักโดยมีการลบความหนาเปลือกร้อยละ 10 ของความโตเส้นรอบวง เมื่อตัดทอนเสร็จแล้วจึงทำการตีตราไม้ จากนั้นรวมกองโดยรถแทรกเตอร์ล้อยาง มีการคัดขนาดเพื่อแยกกองตามขนาดความโตเส้นรอบวงและความยาวของไม้สัก

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรกลในแต่ละกิจกรรมย่อยของการทำไม้ ซึ่งการทำไม้แต่ละขั้นตอนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแตกต่าง

ไปตามลักษณะของพื้นที่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำไม้จำนวน เครื่องจักรกลที่ใช้ในการทำไม้หรือวิธีการทำไม้ โดยทำการเก็บข้อมูลเส้นรอบวงและความยาวของไม้สักในแต่ละกิจกรรมทำไม้ เพื่อนำมาคำนวณปริมาตร และสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำมันของแต่ละเครื่องจักรกลให้อยู่ในรูปหน่วย ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากข้อมูลที่ได้ โดยผู้วิจัยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2022) ดัง Table 2

Table 2 Emission factors related to various plantation activities.

List	Emission Factor
Diesel	2.700
Gasoline	2.180
Organic fertilizer	0.1097
Fertilizer 46-0-0	3.3036
Fertilizer 15-15-15	1.5083

Source: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (2022).

$$CO_2\text{Emission} = \text{activity data} \times \text{emission factor} \quad (1)$$

เมื่อ Activity Data คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอน

Emission Factor คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity Data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยคาร์บอน

ข้อมูลอัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงและปุ๋ยที่บันทึกได้ นำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามสมการ (1) ให้อยู่ในรูปคาร์บอนเทียบเท่า โดยปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมวนวัฒนวิธีมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน

จากกิจกรรมทำไม้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2022)

ในการเก็บข้อมูลกิจกรรมทางวนวัฒนวิธีในแต่ละขั้นตอนโดยได้รวบรวมแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมในส่วนของการเตรียมพื้นที่ (site preparation) ได้มีการเก็บข้อมูลพื้นที่แปลงปลูกปี พ.ศ. 2521 การกำจัดวัชพืชได้มีการเก็บข้อมูลพื้นที่แปลงปลูกปี พ.ศ. 2520 ตัดฟันปี พ.ศ. 2564 และแปลงปลูกปี พ.ศ. 2520 ตัดฟันปี พ.ศ. 2565 และขั้นตอนการใส่ปุ๋ยได้ทำการคำนวณทั้งสวนป่า โดยมีพื้นที่แสดงดัง Table 3

Table 3 The studied areas under each silvicultural practice.

Activities	Area (rai)
Site preparation	779.52
Weeding	565.35
Organic fertilizing	14,009.50
Fertilizing 46-0-0	14,009.50
Fertilizing 15-15-15	14,009.50

ในการเก็บข้อมูลการปลดปล่อยคาร์บอนกิจกรรม
ทำไม่ได้ทำการศึกษา 5 กิจกรรมย่อย ได้แก่ การล้มไม้ด้วย
เลื่อยยนต์ การชักลากด้วยสกีเตอร์ การตัดทอนด้วย
เลื่อยยนต์ การรวมกองด้วยแทรกเตอร์และการขนส่งระยะ
สั้นด้วยรถจอบหนึ่ง โดยปริมาตรไม้ที่ทำงานได้ในแต่ละ
กิจกรรมแสดงดัง Table 4

Table 4 The volume of timber recorded in each logging operation.

Activities	Equipment	Volume (m ³)
Felling	Chainsaw	100.080
Extraction	Skidder	100.080
Bucking	Chainsaw	100.030
Stacking	Tractor	100.030
Transport	Self-loading truck	33.560

ผลและวิจารณ์

กิจกรรมทางวนวัฒนวิธี

การปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก มีกิจกรรมดังนี้
การสำรวจรังวัดพื้นที่ เป็นการสำรวจเบื้องต้น ก่อนเตรียม
พื้นที่ แล้วสำรวจรังวัดพื้นที่ เพื่อนำไปจัดทำแผนที่หลังปลูก
เสร็จ การเตรียมพื้นที่ปลูก สำหรับสวนป่าแม่มาย มีการใช้
รถแทรกเตอร์ดินตะขาบในการเตรียมพื้นที่ หลังจากนั้น
หมายแนวปลูก ปักหลักหมายแนวปลูก ระยะ 4 เมตร x 4
เมตร ขุดหลุมและรองก้นหลุม ด้วยปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้
แรงงานคน

การกำจัดวัชพืช ในการกำจัดวัชพืชพื้นที่แปลงปลูก
ไม้สักได้มีการใช้เครื่องตัดหญ้าตายหญ้าทั่วพื้นที่ ใน 3 ปี
แรก โดยปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ได้มีการตายหญ้าทั่วพื้นที่ปีละ
3 ครั้ง และปีที่ 3 ได้มีการตายหญ้าทั่วพื้นที่ 2 ครั้ง รวมเป็น
ทั้งหมด 8 ครั้ง การกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนถาง
ในช่วงปีที่ 5–6 2 ครั้ง ปีที่ 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 20
และปีที่ 26 ปีละ 1 ครั้ง

การใส่ปุ๋ยบำรุงต้นสัก องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ได้
มีการกำหนดให้ใส่ปุ๋ย 2 สูตรด้วยกันคือ ปุ๋ยยูเรีย สูตร
46-0-0 ใช้ในปีที่ 1 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลุมละ 0.015
กิโลกรัม ครั้งที่ 2 หลุมละ 0.030 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตร
15-15-15 ใช้ในปีที่ 2 จำนวน 1 ครั้ง หลุมละ 0.050
กิโลกรัม ในปีที่ 3 จำนวน 1 ครั้ง หลุมละ 0.080 กิโลกรัม
การตัดขยายระยะ ครั้งที่ 1 ในปีที่ 15 และครั้งที่ 2 ในปีที่
20 โดยใช้เลื่อยยนต์ในการล้มไม้ ในด้านงานป้องกันไฟป่ามี
การปฏิบัติงานในเดือนตุลาคมถึงเมษายน งานป้องกันการ
ลักลอบไม้ มีการตรวจตราทุกวัน ทั้งกลางวันและกลางคืน
ซึ่งกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอน ได้แก่ การ
เตรียมพื้นที่ ซึ่งมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์
การกำจัดวัชพืช มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องตัดหญ้า
และการใส่ปุ๋ย ส่วนกิจกรรมอื่นไม่สามารถนำมาคำนวณหา
ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนได้ เนื่องจากเป็นการใช้
แรงงานคนทั้งสิ้น

เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยคาร์บอนของแต่ละปีพบว่า ในปีที่ 1 มีการปลดปล่อยคาร์บอนรวมมากที่สุดเท่ากับ 27.892 kgCO₂eq/rai คิดเป็นร้อยละ 56.38 ของการปลดปล่อยทั้งหมด ปีที่ 2 มีการปลดปล่อยคาร์บอนรวมเท่ากับ 10.65 kgCO₂eq/rai คิดเป็นร้อยละ 21.52 ของการปลดปล่อยทั้งหมด และปีที่ 3-4 มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนรวมเท่ากับ 10.936 kgCO₂eq/rai คิด

เป็นร้อยละ 22.10 ของการปลดปล่อยทั้งหมด ในหนึ่งรอบตัดฟันมีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีการทำกิจกรรมที่ต่างกัน ปีที่ 1 มีการปลดปล่อยคาร์บอนสูงสุด มีการทำกิจกรรมการเตรียมพื้นที่โดยใช้รถแทรกเตอร์ การกำจัดวัชพืชโดยใช้เครื่องตัดหญ้า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 (Table 5)

Table 5 Greenhouse gas emission from Silvicultural practices during various years of plantation.

Year	Activity	Greenhouse gas emission (KgCO ₂ eq/rai)	Percentage
1	Site preparation, weeding, organic fertilizer, fertilizing 46-0-0	27.892	56.4
2	Weeding, fertilizer 15-15-15	10.650	21.5
3-4	Weeding, fertilizer 15-15-15	10.936	22.1
5-30	-	-	0.0
Total		49.478	100.0

Remark: From the 5th-30th year, there was no mechanical use or activities that resulted in carbon emissions.
An area 1 rai = 0.16 ha.

พิจารณาการปลดปล่อยคาร์บอนของรายกิจกรรม (Table 6) พบว่าการเตรียมพื้นที่ปลูก มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์ดินตะขาบ (น้ำมันดีเซล) โดยเฉลี่ย 4.350 ลิตรต่อไร่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน 11.756 kgCO₂eq/rai การกำจัดวัชพืช พบว่ามีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องตัดหญ้า (น้ำมันเบนซิน) โดยเฉลี่ย 8 ลิตรต่อไร่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน 17.440 kgCO₂eq/rai การใส่ปุ๋ยปลูกและบำรุง พบว่ามีการใช้ปุ๋ย

ด้วยกันทั้งหมด 3 ชนิด คือ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 และปุ๋ยสูตร 15-15-15 โดยปุ๋ยอินทรีย์มีการใช้โดยเฉลี่ย 13.620 กิโลกรัมต่อไร่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน 1.495 kgCO₂eq/rai ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 มีการใช้โดยเฉลี่ย 2.450 กิโลกรัมต่อไร่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน 8.102 kgCO₂eq/rai และปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 มีการใช้โดยเฉลี่ย 7.080 กิโลกรัมต่อไร่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน 10.686 kgCO₂eq/rai

Table 6 Greenhouse gas emission factors related to various teak forest operations per activity.

Activity	Area (rai)	Consumption	Consumption /rai	Greenhouse gas emission (kgCO ₂ eq/rai)	Percentage
Site preparation	779.519	3394.000 litre	4.350	11.756	23.76
Weeding	565.345	4522.760 litre	8.000	17.440	35.25
Organic fertilizer	14,009.49	190866.500 Kg	13.620	1.495	3.02
Fertilizer 46-0-0	14,009.49	34355.970 Kg	2.450	8.102	16.37
Fertilizer 15-15-15	14,009.49	99250.580 Kg	7.080	10.686	21.60
Total	43,373.334			49.478	

Remark: An area 1 rai = 0.16 ha.

เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนของแต่ละกิจกรรม พบว่า การเตรียมพื้นที่ มีการปลดปล่อยคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 23.76 ของการปลดปล่อยทั้งหมด การกำจัดวัชพืช มีการปลดปล่อยคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 35.25 ของการปลดปล่อยทั้งหมด การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ มีการปลดปล่อยคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 3.02 ของการปลดปล่อยทั้งหมด การใส่ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 มีการปลดปล่อยคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 16.37 ของการปลดปล่อยทั้งหมด และการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 มีการปลดปล่อยคาร์บอน คิดเป็นร้อยละ 21.60 ของการปลดปล่อยทั้งหมด

การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมวนวัฒนวิธี โดยชนิดของปุ๋ยที่เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุดคือปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 รองลงมาคือปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 และปุ๋ยที่เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุดคือ ปุ๋ยอินทรีย์ โดยปุ๋ยอินทรีย์มีค่า Emission factor หรือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยคาร์บอนน้อยกว่าปุ๋ยอีก 2 ชนิดมาก ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของ Jenssen and Kongshaug (2003) ที่พบว่า ปุ๋ยที่มีค่าไนโตรเจนมาก จะส่งผลให้มีการปล่อยคาร์บอนมาก แตกต่างจากปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก ที่นอกจากมีราคาไม่สูง ยังมีผลดีอีกอย่างคือ มีการปลดปล่อยคาร์บอนออกมาต่ำมาก การใช้ปุ๋ยในปริมาณมากส่งผลมีวัชพืชที่เพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้มีการกำจัดวัชพืชที่บ่อยครั้งขึ้น ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนที่มากตามมา เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการ

ทางวนวัฒนวิธี มีด้วยกัน 2 แนวทาง คือ แนวทางลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและแนวทางลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้ปุ๋ย โดยแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถทำได้โดยการซ่อมแซมดูแลเครื่องจักรให้เหมาะสมอยู่เสมอ การใช้เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะเครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง และแนวทางเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้ปุ๋ย สามารถทำได้โดยการวิจัยปุ๋ยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาคุณภาพดินในแต่ละพื้นที่เพื่อพิจารณาความต้องการปุ๋ยในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันไป เพื่อควบคุมการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ให้เหมาะสมตามความจำเป็น ไม่มากไม่น้อยเกินไป หรือในบางพื้นที่ที่แร่ธาตุในดินเพียงพอแล้วไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมี หากลดการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ลดการปลดปล่อยคาร์บอนได้อีกด้วย

กิจกรรมการทำไม้

จากการสำรวจวัดเส้นรอบวง ความยาว และปริมาตรของไม้สักในพื้นที่ศึกษาพบว่า ในการเก็บข้อมูลความยาวไม้สักที่ทาสีเป็นสินค้าได้มีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 17.00 เมตร เส้นรอบวงใหญ่ที่สุดเท่ากับ 115.00 เซนติเมตร และปริมาตรมากที่สุดเท่ากับ 1.40 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น นอกจากนี้ยังแสดงค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ยเส้นรอบวง ความยาว และปริมาตรของไม้สักแสดงดัง (Table 7)

Table 7 The quantitative data of tree characteristics in the teak plantation.

	Min	Max	Average	S.D.
Girth (cm)	35.00	115.00	70.75	13.653
Height (m)	5.25	17.00	9.49	2.058
Volume (m ³)	0.10	1.40	0.42	0.239

Table 8 พบว่ากิจกรรมทำไม้ในแต่ละกิจกรรมมีการปลดปล่อยคาร์บอนที่แตกต่างกัน โดยกิจกรรมที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุด คือ การชักลากด้วยรถสกีเตอร์ มีค่าเท่ากับ 1.619 kgCO₂eq/m³ รองลงมาคือ

การขนส่งระยะสั้นด้วยรถจอบหน้าง มีค่าเท่ากับ 0.805 kgCO₂eq/m³ และอันดับสาม คือ การชักลากรวมกองด้วยรถแทรกเตอร์ มีค่าเท่ากับ 0.675 kgCO₂eq/m³ ตามลำดับ

Table 8 Carbon emissions from logging operations.

Activity	Equipment	List	Consumption	Produced	Greenhouse gas	Percentage
				timber (m ³)	emission (KgCO ₂ eq/m ³)	
Felling	Chainsaw	Gasoline	10 litre	100.080	0.218	6.28
Extraction	Skidder	Diesel	60 litre	100.080	1.619	46.66
Bucking	Chainsaw	Gasoline	7 litre	100.030	0.153	4.41
Stacking	Tractor	Diesel	25 litre	100.030	0.675	19.45
Transport	Self-loading truck	Diesel	30 litre	33.560	0.805	23.20
Total					3.470	100.00

เมื่อพิจารณารายการเครื่องมือเครื่องจักร พบว่า การปลดปล่อยคาร์บอนจากสกิดเดอร์ จอหนั่ง และ รถแทรกเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 46.67, 23.20 และ 19.45 ของการปลดปล่อยคาร์บอนทั้งหมด ตามลำดับ รวมทั้ง 3 กิจกรรมนี้มีการปลดปล่อยคาร์บอนมากถึงร้อยละ 89.32 ของการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมทำไม้ทั้งหมด โดยเลื่อยยนต์มีการปลดปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 10.69

จากการศึกษาการปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรม ทำไม้พบว่า กิจกรรมที่มีการปลดปล่อยคาร์บอนมากที่สุด คือ การชักลากด้วยสกิดเดอร์ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณ การปล่อยคาร์บอนคือ ขนาดของกระบอกสูบ ขนาดของ แรงม้า และระยะทางในการชักลาก หากขนาดของ กระบอกสูบและขนาดของแรงม้าเยอะส่งผลให้ปริมาณการ ปลดปล่อยคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับการ ปลดปล่อยคาร์บอนของเลื่อยโซยนต์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของ เครื่องจักรกลและมีขนาดกระบอกสูบและขนาดแรงม้าต่ำ ส่งผลให้การปลดปล่อยคาร์บอนจากกิจกรรมที่มีการใช้ เลื่อยโซยนต์มีการปลดปล่อยคาร์บอนต่ำกว่า ดังนั้น ก่อนล้มไม้และชักลากไม้จำเป็นต้องมีการวางแผนการทำไม้ ก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณการปลดปล่อย คาร์บอนจากกระบวนการต่าง ๆ ในการทำไม้ หากมีการ วางแผนจัดการทำไม้ที่มีประสิทธิภาพคาร์บอนที่เหลืออยู่ใน เนื้อไม้ก็จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ Brown *et al.* (2011) ยังได้เสนอแนะให้ก่อนการทำไม้ควรมีการวางแผนและ

สร้างถนนที่มีความกว้างและความยาวที่เหมาะสม มีถนน หลักระยะสั้นแค่เส้นเดียว ลดการเพิ่มปริมาณของเส้นทางชัก ลากและมีการจัดการหาตำแหน่งของจุดหมอนไม้ที่ เหมาะสมกับปริมาณผลผลิต และควรเป็นพื้นที่เปิดโล่ง นอกจากนี้ควรเลือกใช้เครื่องจักรกลที่มีอัตราการใช้น้ำมัน เชื้อเพลิงน้อยลงหรือเลือกใช้เครื่องจักรที่มีขนาดเครื่องยนต์ เล็กกลงให้เหมาะสมกับปริมาณผลผลิต

สรุป

วิธีการในการประเมินการปลดปล่อยคาร์บอน เป็นวิธีการที่เหมาะสมประยุกต์ใช้ได้ง่าย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาและความเหมาะสมในการเก็บข้อมูลในแต่ละ กิจกรรม เช่น กิจกรรมทางวนวัฒนวิธีมีการคำนวณใน รูปแบบกิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่าต่อไร่ และกิจกรรมการ ทำไม้มีการคำนวณในรูปแบบกิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่าต่อ ลูกบาศก์เมตร โดยในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จำเป็นต้อง ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น ชนิดของเครื่องจักร ขนาดเครื่องยนต์ ขนาดกระบอกสูบ ขนาดแรงม้า ระยะทาง เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า กิจกรรมสวนป่ามีการปลดปล่อย คาร์บอนในทุกกิจกรรม โดยปริมาณการปลดปล่อย คาร์บอนในแต่ละกิจกรรมมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับประเภทของกิจกรรม อุปกรณ์เครื่องจักรกล ปริมาณพลังงานเชื้อเพลิง เป็นต้น โดยสามารถปรับเปลี่ยน ขนาดเครื่องจักรให้เหมาะสมกับปริมาณผลผลิตเพื่อช่วยให้ ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนลดน้อยลง

นอกจากนี้เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายแผนยุทธศาสตร์นี้ไปสู่เป้าหมาย Carbon neutrality และ Net zero GHG emissions โดยประเทศไทยได้ตั้งเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2050) และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ. 2608 (ค.ศ. 2065) จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเพื่อนำไปสู่ยุคที่ใช้กับกิจกรรมสวนป่าให้สอดคล้องกับนโยบายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยสามารถวางแผนการจัดการสวนป่าให้มีการปลดปล่อยคาร์บอนต่ำที่สุดตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การปลูก การดูแล ตลอดจนการทำไม้ตลอดรอบตัดฟัน โดยก่อนการทำไม้ควรมีการวางแผนและสร้างถนนที่มีความกว้างและความยาวที่เหมาะสม มีถนนหลักเพียงแค่ว่าเดียว ลดการเพิ่มปริมาณของเส้นทางซีกลากและมีการจัดการหาตำแหน่งของจุดหมอนไม้ที่เหมาะสมกับปริมาณผลผลิต และควรเป็นพื้นที่เปิดโล่ง นอกจากนี้ควรเลือกใช้เครื่องจักรกลที่มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงหรือเลือกใช้เครื่องจักรที่มีขนาดเครื่องยนต์เล็กลงให้เหมาะสมกับปริมาณผลผลิต อาจมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่หรือนวัตกรรมที่สามารถช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนให้ลดลงต่อไป

REFERENCES

- Brown, S., Casarim, F., Grimland, S., Pearson, T. 2011. Carbon Impacts from Selective Logging of Forests in Berau, East Kalimantan, Indonesia. https://winrock.org/wp-content/uploads/2016/03/Winrock_FINAL_logging_report_TNC_06-9-2011.pdf, 10 February 2022
- Forest Industry Organization. 2018. **Sustainable Forest Management**. <http://www.northfio.com/web/information/maesaroy61.pdf>, 24 September 2022 (in Thai)
- Jenssen, K.T., Kongshaug, G. 2003. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. IFS (The International Fertiliser Society) Proceedings No:509. IFS, York, UK.
- Tangmitcharoen, S. 2020. **Economic Forest Plantation**. <https://shorturl.asia/cak4m>, 24 April 2022 (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization. 2022. **Carbon Emissions**. http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_af09c20f4f.pdf, 6 March 2022 (in Thai)