

นิพนธ์ต้นฉบับ

การคาดคะเนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกป่าแบบประณีต

ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง

Forecasting the Carbon Sequestration of System of Intensive Forestation
at the Wang Chan Forest Learning Center, Rayong Provinceอารีรัตน์ เชี่ยวสนกุล^{1,2}Areerat Sieosathanakul^{1,2}พสุธา สุนทรห่าว^{1*}Pasuta Sunthornhao^{1*}สคาร ทีจันติก¹Sakhan Teejuntuk¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Reforestation Promotion Office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforpts@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 3 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 21 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The research objective was to determine the tree carbon storage and to generate the forecasting carbon sequestration in the next five years of forest planted by System of Intensive Forestation (SIF) at the Wang Chan Forest Learning Center, Rayong Province. Data collection was done from permanent sample plots of size 40x40 m² base on stratified random sampling method by density of trees namely high, medium and low, with one plot per stratum. The data recorded were the tree species, respective diameters, and the total height of every tree in the permanent sample plots from 2015–2022 annually. The biomass was estimated using allometric equation specified for dry evergreen forests and the carbon sequestered was quantified by following the methodology of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006. The regression equations were used to forecast the carbon dioxide that would be sequestered in the next five years.

We found 64 tree species, 58 genus, and 33 families. The highest tree density was of *Dalbergia cochinchinensis*, with *Pterocarpus macrocarpus* and *Lagerstroemia floribunda* having the next highest densities, of 19.58, 11.13 and 10.54 tree/rai (122.38, 69.56 and 65.88 tree/ha), respectively, with a biomass of 10.21 ton/rai (63.81 ton/ha). The carbon sequestered for 8 years was estimated at 4.80 tonC/rai (30.00 tonC/ha), while the carbon dioxide sequestered was 17.60 tonCO₂/rai (110.00 tonCO₂/ha), with a increment rate of 2.20 tonCO₂/rai/year (13.75 tonCO₂/ha/year). The regression equation forecasted the amount of carbon dioxide sequestered within the next five years (2023–2027) was of the form; carbon dioxide sequestration = $-4.72 + (2.63 * \text{Year})$, $R^2 = 0.93$. Using this equation, the carbon sequestration of 2023–2027 were 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 and 29.47 tonCO₂/rai (118.43, 134.87, 151.31, 167.75 and 184.18 tonCO₂/ha, respectively).

Keywords: Biomass; Carbon sequestration; Forecasting; System of intensive forestation; Wang Chan Forest Learning Center

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของหมูไม้ และการคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีในอีก 5 ปีข้างหน้าของป่าที่ปลูกด้วยเทคนิคการปลูกแบบประณีต ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง โดยทำการเก็บข้อมูลจากการวางแผนตัวอย่างถาวรด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้นภูมิตามความหนาแน่นของหมูไม้ ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 1 แปลง (40x40 ตารางเมตร) รวมทั้งหมด 3 แปลง และเก็บข้อมูลชนิดพรรณไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015–2022 รวมระยะเวลา 8 ปี นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ของป่าดิบแล้ง คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนตามหลักการของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006 และคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีในอีก 5 ปีข้างหน้า ด้วยการสร้างสมการถดถอย

ผลการศึกษา พบชนิดพรรณไม้ในแปลงทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดสามอันดับแรกได้แก่ พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) คิดเป็นร้อยละ 19.58, 11.13 และ 10.54 ต้นต่อไร่ (122.38, 69.56 และ 65.88 ต้นต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพสะสม (8 ปี) เท่ากับ 10.21 ต้นต่อไร่ (63.81 ต้นต่อเฮกตาร์) ปริมาณคาร์บอนสะสม 4.80 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (30.00 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม 17.60 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (110.00 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) คิดเป็นอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 2.20 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี (13.75 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี) ทั้งนี้การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ค.ศ. 2023–2027) ด้วยสมการถดถอย พบความสัมพันธ์ในรูปของสมการเส้นตรง คือ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = $-4.72 + (2.63 \times \text{ปี})$ ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.93 และสามารถคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า ได้เท่ากับ 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 และ 29.47 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (118.43, 134.87, 151.31, 167.75 และ 184.18 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การคาดคะเน การปลูกป่าแบบประณีต ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ไม่ว่าจะเป็นเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีผลกระทบต่อทั้งประชากรมนุษย์ สิ่งมีชีวิต รวมถึงสิ่งไม่มีชีวิต ทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ความแห้งแล้ง อุทกภัย วาตภัย โรคระบาด ที่ปัจจุบันจะยิ่งทวีความรุนแรง และพบเห็นได้บ่อยครั้งมากขึ้น (Climate Center Meteorological Department, 2022.; Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2022) และอีกสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมาจากการที่ทรัพยากรป่าไม้ทั่วโลกลดจำนวนลงอย่างมากและต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2020 พื้นที่ป่าไม้ทั่วโลก เหลืออยู่เพียง 4.06 พันล้านเฮกตาร์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31 ของพื้นดินทั้งหมดของโลก

(Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020) ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้นำมาสู่การประชุม COP26 โดยที่ประชุมได้มีข้อตกลงร่วมกันต่อการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นั่นคือ ข้อตกลงเรื่องความเป็นกลางทางคาร์บอน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ โดยประเทศไทยได้ประกาศเจตนารมณ์ จะเป็นกลางทางคาร์บอน ในปี ค.ศ. 2050 และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2065 การที่จะบรรลุเป้าหมายดังกล่าว นอกจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังต้องเพิ่มในเรื่องของการดูดซับและกักเก็บด้วย

ประเทศไทยมีการส่งเสริมการปลูกต้นไม้หรือการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของประเทศ ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงภาคประชาชนด้วย โดยปัจจุบันภาคส่วนต่าง ๆ ให้ความสนใจในการปลูกต้นไม้เพิ่มพื้นที่สีเขียวมากขึ้น และเช่นเดียวกัน ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ โดยสถาบันปลูกป่าและระบบนิเวศ ปตท. ได้ดำเนินโครงการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ขึ้น

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2014 เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ท้องถิ่น ประจำภาคตะวันออก เป็นแหล่งศึกษาเกี่ยวกับการปลูกป่า ในรูปแบบต่างๆ (PTT Reforestation and Ecosystem Institute, 2015) และการปลูกป่าด้วยวิธีการปลูกป่าแบบประณีต (system of intensive forestation : SIF) ดังนั้น สิ่งที่น่าสนใจ คือ ความสามารถของป่าที่ปลูกด้วยวิธีปลูกป่าแบบประณีต มี ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากน้อย เพียงใด โดยนำมาสู่วัตถุประสงค์งานวิจัย เพื่อศึกษาปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนสะสมของหมูไม้ที่ ปลูกด้วยเทคนิค การปลูกป่าแบบประณีตนี้โดยเริ่มปลูกในปี ค.ศ. 2015 และทำ การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปี ในอีก 5 ปีข้างหน้า เพื่อดูแนวโน้มการเติบโตของหมูไม้และใช้ เป็นแนวทางในการบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ ตั้งอยู่ที่ตำบลปายุบใน อำเภोजันทร จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่สาธิตการปลูกป่าและวิจัยการ พืชป่าหลากหลายรูปแบบ เป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ท้องถิ่น ภาคตะวันออกและพรรณไม้หายากของไทย รวมถึงเป็นแหล่ง ศึกษาเรียนรู้เรื่องการปลูกป่าและระบบนิเวศป่าไม้ มีเนื้อที่ ทั้งหมด 351.35 ไร่ พื้นที่แปลงปลูกป่าคาร์บอนต้นแบบโดยใช้ วิธีการปลูกป่าแบบประณีต มีพื้นที่ 132.90 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.82 ของพื้นที่โครงการทั้งหมด (PTT Reforestation and Ecosystem Institute, 2015) แสดงใน Figure 1

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวางแผนครอบคลุมพื้นที่ โดยแบ่งตามความหนาแน่นของหมูไม้ในพื้นที่ ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยจำแนกตามความหนาแน่นของหมูไม้ ต่อพื้นที่
2. วางแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40 เมตร x 40 เมตร อย่างละ 1 แปลง เก็บรวบรวมข้อมูลชนิดไม้ วัดขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของต้นไม้ที่มีความสูงระดับอก (DBH) หรือ 1.30 เมตร ต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร วัดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากผิวดิน ด้วย Vernier caliper และวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Ht) ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึง ปลายยอดสูงสุดของต้นไม้ ด้วยเครื่องมือวัดความสูง Hasting

height pole ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง พร้อมจดบันทึก ข้อมูลลงในแบบบันทึก (data sheet)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลผลิตในรูปของความหนาแน่น ปริมาณมวล ชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์รายปีของหมูไม้ ดังนี้

1. ความหนาแน่นของพรรณไม้ (density: D) คือ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่ที่ ทำการสำรวจ

$$D = \frac{N}{A}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของชนิดไม้ นั้น ๆ ในพื้นที่สำรวจ (ต้น/ไร่)

N = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดทุกชนิดที่ปรากฏในแปลง ตัวอย่าง (ต้น)

A = พื้นที่สำรวจทั้งหมด (ไร่)

2. มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass: WT) คำนวณได้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ของป่าดิบแล้ง (Tsutsumi *et al.*, 1983) ดังนี้

$$WS = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

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

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

$$WT = WS + WB + WL$$

เมื่อ WS = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณลำต้น (กิโลกรัม)

WB = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณกิ่ง (กิโลกรัม)

WL = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณใบ (กิโลกรัม)

WT = ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

3. ปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (below-ground biomass: Wb) ของหมูไม้ คือ มวลชีวภาพของราก ซึ่งคำนวณ ได้จากปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินคูณด้วยอัตราส่วน น้ำหนักแห้งของรากต่อลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.27 ตามหลัก การของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006) ดังนี้

$$Wb = 0.27 \times WT$$

กำหนดให้ Wb = มวลชีวภาพใต้พื้นดินของหมุ่ไม้ (กิโลกรัม)

WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

4. ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass) (W_{total})

$$W_{total} = WT + Wb$$

5. ปริมาณคาร์บอน และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คำนวณตามหลักการของ IPCC (2006) ดังนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (C) ที่อยู่ในมวลชีวภาพ จากสูตร

$$C = (W_{total}) \times \text{carbon fraction}$$

เมื่อ carbon fraction = 0.47 (IPCC, 2006)

C = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม)

W_{total} = ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดของไม้ (กิโลกรัม)

ทั้งนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพของต้นไม้ดังกล่าว เกิดจากการที่ต้นไม้ได้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากบรรยากาศมาใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจากบรรยากาศ

$$= C \times \frac{44}{12}$$

6. การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีของหมุ่ไม้ด้วยการสร้างสมการถดถอย และพิจารณาความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์ (R^2)

$$Y = a + bx$$

โดยที่ Y = ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

X = ปี

a, b = ค่าคงที่

การปลูกป่าแบบประณีต (system of intensive forestation : SIF)

Sunthornhao (2016) การปลูกและจัดการป่าที่มีการวางแผน และการจัดการอย่างเป็นระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กล้าไม้ที่ปลูกมีอัตราการรอดตายสูง เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง และสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณมาก โดยเริ่มจากการเตรียมกล้าไม้จากการเพาะเมล็ด ใช้กล้าไม้ที่มีความสูง 60–100 เซนติเมตร ปลูกจำนวน 400–500 ต้นต่อไร่ หรือกล้าไม้แต่ละต้นมีระยะห่าง 1.5–2 เมตร ปลูกแบบไร้ทิศทางที่แน่นอน ปลูกเลียนแบบธรรมชาติ พร้อมให้ความสำคัญกับการเตรียมพื้นที่ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แล้วไถกลบก่อนปลูก จำนวน 2 ครั้ง โดยมีวิธีการปลูก คือ

1. ขุดหลุมขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร รองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยอินทรีย์หรือสารเก็บรักษาความชื้น
2. วางกล้าไม้ให้ตั้งฉากโดยผิวดินของกล้าเสมอกับผิวดินปากหลุม
3. กลบดินให้แน่นและยึดกล้าไม้กับหลักไม้เพื่อพยุงระบบราก และป้องกันแรงลมปะทะ
4. หลังจากทำการปลูกแล้ว 1 เดือนทำการสำรวจอัตราการรอดตายของกล้าไม้ โดยต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 พร้อมทั้งทำการปลูกซ่อมแซมแทนต้นที่ตาย
5. การบำรุงดูแลรักษา ได้แก่ การรดน้ำในฤดูแล้ง กำจัดวัชพืช พรวนดินรอบโคนต้นไม้ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุก 4 เดือน ในปีแรก และเมื่อต้นไม้เติบโตขึ้นในช่วงปีที่ 2–5 จะทำการลิดกิ่งเพื่อตกแต่งให้ต้นไม้มีรูปทรงสวยงามตามต้องการ สำหรับการปลูกป่าแบบประณีตมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 44,000 บาทต่อ 3 ไร่

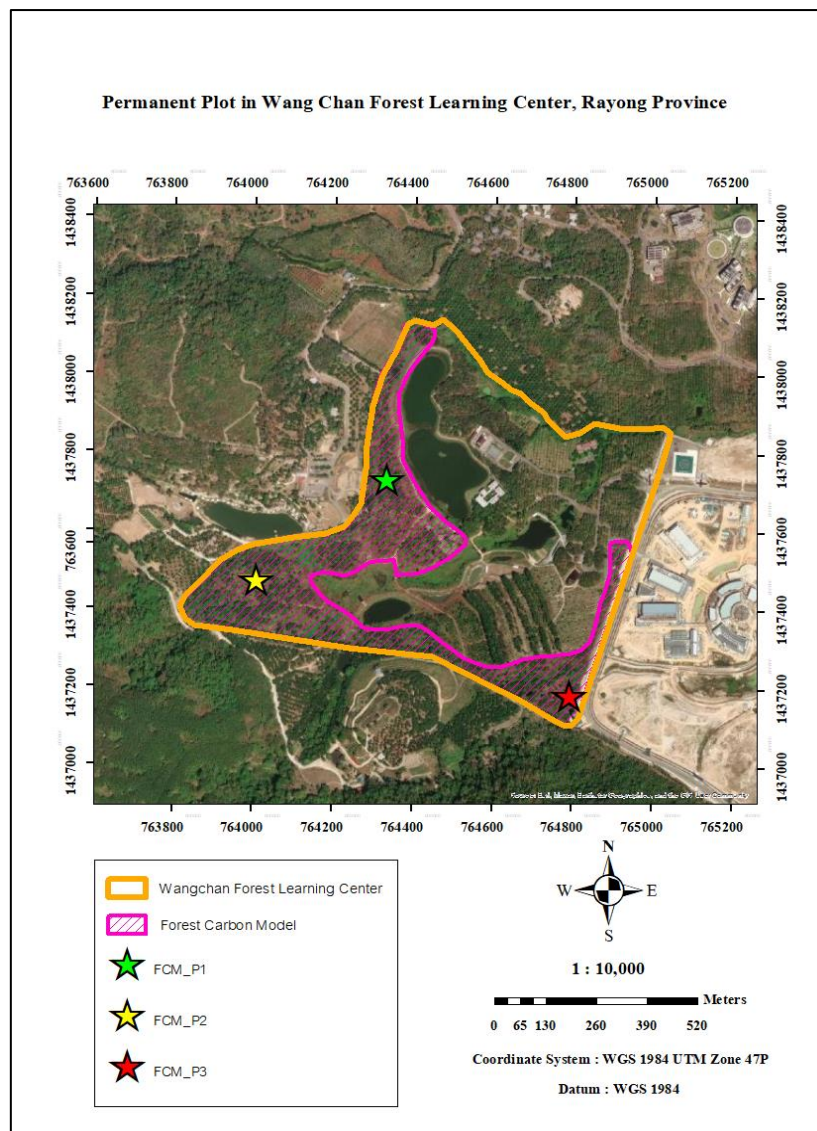


Figure 1 Location of the Forest Carbon Model and the three permanent sample plots.

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดของชนิดพรรณไม้และความหนาแน่น

จากการศึกษา พบว่า มีชนิดพรรณไม้ทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ ชนิดพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด สามอันดับแรก คือ พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) โดยแสดงใน Table 1 และสามารถแยกย่อยได้ ดังนี้

ในปีที่ 1 (ค.ศ. 2015) พบพรรณไม้ในแปลงทั้งหมด 55 ชนิด 437 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ มะค่าโมง (*Azizia xylocarpa*) คิดเป็นร้อยละ 16.17, 9.61 และ 8.31 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 2 (ค.ศ. 2016) พบพรรณไม้ 46 ชนิด 299 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 21.04, 11.58 และ 10.13 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 3 (ค.ศ. 2017) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 327 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 19.85, 11.91 และ 10.08 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 4 (ค.ศ. 2018) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 304 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 20.35, 11.37 และ 10.39 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 5 (ค.ศ. 2019) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 323 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 20.08, 11.32 และ 10.40 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 6 (ค.ศ. 2020) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 322 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.73, 11.26 และ 11.15 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 7 (ค.ศ. 2021) พบพรรณไม้ 49 ชนิด 286 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.67, 11.75 และ 10.47 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

และปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) พบพรรณไม้ 52 ชนิด 279 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.71, 11.94 และ 11.58 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

Table 1 The density of trees and species during the years 1-8 (starting from 2015).

Year	Density (tree/rai)	Number of species	Top three species (density)		
1 (2015)	437	55	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (16.17)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (9.61)	<i>Azelia xylocarpa</i> (8.31)
2 (2016)	299	46	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (21.04)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.58)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.13)
3 (2017)	327	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.85)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.91)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.08)
4 (2018)	304	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (20.35)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.37)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.39)
5 (2019)	323	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (20.08)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.32)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.40)
6 (2020)	322	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.73)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.26)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.15)
7 (2021)	286	49	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.67)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.75)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (10.47)
8 (2022)	279	52	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.71)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.94)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.58)

ปริมาณมวลชีวภาพ

จากการศึกษา พบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม ณ ปี ค.ศ. 2022 (อายุ 8 ปี) เท่ากับ 10.21 ต้นต่อไร่ โดยปริมาณมวลชีวภาพสะสมเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยพบว่าปีที่ 1-7 มี

ปริมาณมวลชีวภาพสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 0.11, 0.51, 1.26, 2.41, 3.90, 5.40, และ 9.18 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ แสดงใน Table 2 ทั้งนี้ ชนิดพรรณไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพ (กิโลกรัมต่อต้น) สูงสุดสามอันดับแรกในแต่ละปีได้แสดงไว้พร้อมด้วย

Table 2 The observed species and related biomass during the years 1-8 (starting from 2015).

Year	Average biomass (ton/rai)	Biomass of species (Kg/tree)			Increase (ton/rai/ year)
1 (2015)	0.11	<i>Ficus carica</i> (2.53)	<i>Pterocymbium javanicum</i> (2.26)	<i>Streblus asper</i> (1.68)	-
2 (2016)	0.51	<i>Pterocymbium javanicum</i> (9.72)	<i>Ficus carica</i> (4.63)	<i>Streblus asper</i> (4.28)	0.40
3 (2017)	1.26	<i>Homalium tomentosum</i> (12.64)	<i>Ficus carica</i> (12.15)	<i>Streblus asper</i> (10.94)	0.75
4 (2018)	2.41	<i>Albizia lebbeck</i> (59.57)	<i>Eugenia cumini</i> (15.34)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (14.95)	1.15
5 (2019)	3.90	<i>Albizia lebbeck</i> (79.17)	<i>Cassia siamea</i> (27.72)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (27.47)	1.49
6 (2020)	5.40	<i>Albizia lebbeck</i> (127.65)	<i>Homalium tomentosum</i> (56.44)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (44.55)	1.50
7 (2021)	9.18	<i>Albizia lebbeck</i> (213.51)	<i>Eugenia cumini</i> (142.10)	<i>Homalium tomentosum</i> (83.11)	3.78
8 (2022)	10.21	<i>Albizia lebbeck</i> (260.37)	<i>Homalium tomentosum</i> (162.21)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (94.15)	1.03

Remark: A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษา พบว่า ปีที่ 1 (ค.ศ. 2015) มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 0.05 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ มะเดื่อ (*Ficus carica*) รองลงมาได้แก่ ปออีเก้ง (*Pterocymbium javanicum*) และ ช่อย (*Streblus asper*)

ปีที่ 2 (ค.ศ. 2016) มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 0.24 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 0.70 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ ปออีเก้ง รองลงมาได้แก่ มะเดื่อ และ ช่อย

ปีที่ 3 (ค.ศ. 2017) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 0.59 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 2.16 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.28 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ ขานาง (*Homalium tomentosum*) รองลงมาได้แก่ มะเดื่อ และ ช่อย

ปีที่ 4 (ค.ศ. 2018) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 1.13 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.98 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ (*Albizia lebbeck*) รองลงมาได้แก่ หว้า (*Eugenia cumini*) และ อะราง (*Peltophorum dasyrachis*)

ปีที่ 5 (ค.ศ. 2019) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 1.83 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 2.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ ชีเหล็ก (*Cassia siamea*) และ อะราง

ปีที่ 6 (ค.ศ. 2020) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 2.54 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 9.31 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 2.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ ขานาง และ อะราง

ปีที่ 7 (ค.ศ. 2021) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 4.31 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 15.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 6.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ หว้า และ ขานาง

ปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 17.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ หว้า และ อะราง โดยแสดงใน Table 3

Table 3 The Density of trees, biomass, and carbon dioxide sequestration during years 1-8.

Year	Number of species	Number of genus	Number of family	Density (tree/rai)	DBH (cm)	Ht (m)	Wtotal (ton/rai)	C (tonC/rai)	Co ₂ Seq (tonCO ₂ /rai)	Increase (tonCO ₂ /rai)
2015	55	42	26	437	1.15	0.78	0.11	0.05	0.18	-
2016	46	37	22	299	2.32	1.34	0.51	0.24	0.88	0.70
2017	47	38	24	327	3.63	2.06	1.26	0.59	2.16	1.28
2018	47	38	24	304	5.22	3.05	2.41	1.13	4.14	1.98
2019	47	38	24	323	5.57	3.67	3.90	1.83	6.71	2.57
2020	47	37	24	322	6.49	4.42	5.40	2.54	9.31	2.60
2021	49	39	25	286	8.47	5.90	9.18	4.31	15.80	6.49
2022	52	42	26	279	7.46	6.44	10.21	4.80	17.60	1.80
Average										2.20

จากการศึกษาพบว่ามีการกักเก็บคาร์บอนของป่าที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบประณีต ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง มีค่าการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย ณ ปี ค.ศ. 2022 (ไม่อายุ 8 ปี) เท่ากับ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ Pomleesangsuwan *et al.* (2021) ทำการศึกษาการประมาณปริมาณไม้และมวลชีวภาพของแปลงมะค่าโมง ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม้มะค่าโมง อายุ 8 ปี ความหนาแน่นหนุไม้ 144 ต้นต่อไร่ มีมวลชีวภาพ 4,174 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 1,935 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ

7.09 ตันต่อไร่ Duangklang *et al.* (2020) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงศึกษาการฟื้นฟูป่าระบบนิเวศป่าเขาภูหลวง จังหวัดนครราชสีมา จากปี พ.ศ. 2552 – 2558 (ระยะเวลา 7 ปี) โดยมีค่าการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.18 ตันคาร์บอนต่อไร่ และ Kietvuttinon *et al.* (2016) ทำการศึกษาการประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 2,649 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 2.65 ตันคาร์บอนต่อไร่

แต่ใกล้เคียงกับ Nongnuang *et al.* (2016) ที่ได้ศึกษาการประมาณปริมาณไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยวนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณไม้ได้เปลือกเท่ากับ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มวลชีวภาพเท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเท่ากับ 4,006 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 4.01 ตันคาร์บอนต่อไร่ แต่อย่างน้อยกว่า Kongkid and Ratcharoen (2016) ทำการศึกษาการประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยวนวิจัยสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษาพบว่า สวนป่าไม้กระถินณรงค์มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 103 ต้นต่อไร่ มีผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 8,024 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 8.02 ตันคาร์บอนต่อไร่

นอกจากนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับรายงานผลการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิม-

พระเกียรติ 1 ล้านไร่ของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งดำเนินการปลูกและบำรุงป่าทั่วประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 จนถึงปี ค.ศ. 2017 (อายุ 23 ปี) โดยทำการปลูกป่าหลากชนิด ซึ่งป่าแต่ละชนิด มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Sunthornhao (2018) พบว่า ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่างกัน เนื่องมาจากอายุไม้ที่ต่างกัน ทำให้ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าปลูกแบบประณีตมีปริมาณที่น้อยกว่าแปลงปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ หากพิจารณาจากข้อมูลเพิ่มเติมรายปี จะเห็นได้ว่าป่าปลูกแบบประณีตมีร้อยละความเพิ่มพูนต่อปีเท่ากับ 27.50 ซึ่งสูงกว่าป่าปลูกชนิดอื่นๆ โดยแสดงใน Table 4 ดังนั้น คาดคะเนได้ว่าหากต้นไม้มีอายุเท่ากันป่าปลูกแบบประณีตน่าจะมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าในอนาคต เนื่องจากค่าความเพิ่มพูนรายปีของป่าปลูกแบบประณีตมีค่าสูงกว่า แต่ทั้งนี้ต้องมีการติดตามประเมินผลต่อไปในอนาคต

Table 4 Relative carbon dioxide sequestration estimated for various planted forest types and tree ages in Thailand.

Comparative carbon dioxide sequestration						
No.	Planted forest type	Province	Age (year)	Carbon storage	CO ₂ Sequestration	
				(tCO ₂ /rai)	(tCO ₂ /rai/year)	(% per year)
1	System of Intensive Forestation (SIF)	Rayong	8	17.60	2.20	27.50
2	Mangrove forest	Krabi	23	77.75	3.38	14.70
3	Hill evergreen forest	Mae Hong Son	23	76.26	3.32	14.42
4	Tropical rain forest	Chumphon	23	74.52	3.24	14.09
5	Mangrove forest	Prachuap Khiri Khan	23	65.74	2.86	12.43
6	Hill evergreen forest	Loei	23	49.34	2.15	9.33
7	Dry evergreen forest	Nakhon Ratchasima	23	43.33	1.88	8.19
8	Mixed deciduous forest	Nakhon Sawan	23	43.30	1.88	8.19
9	Dry evergreen forest	Udon Thani	23	41.37	1.80	7.82
10	Tropical rain forest	Chachoengsao	23	39.20	1.70	7.41
11	Deciduous dipterocarp forest	Chiang Rai	23	33.61	1.46	6.35
12	Mixed deciduous forest	Rayong	23	29.58	1.29	5.59
13	Fresh-water swamp forest	Nakhon Si Thammarat	23	24.16	1.05	4.57
14	Deciduous dipterocarp forest	Maha Sarakham	23	21.11	0.92	3.99

Source: Sunthornhao (2018).

การคาดคะเนอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปี

จากการคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า โดยใช้สมการถดถอย โดยกำหนดให้ Y = ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) และ X = ปี พบความสัมพันธ์ดังสมการ

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$= -4.72 + (2.63 \times \text{ปี})$$

เมื่อพิจารณาว่า R^2 พบว่า อยู่ในระดับสูงที่ 0.93 อนุมานได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของ Y (ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของ X (ปี)

ร้อยละ 93 ส่วนที่เหลือขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ และสามารถคำนวณค่าปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปี โดยมีรายละเอียดรายปี ดังนี้ แสดงใน Figure 2

ปีที่ 9 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 18.95 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 10 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 21.58 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 11 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 24.21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 12 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 26.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 13 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 29.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

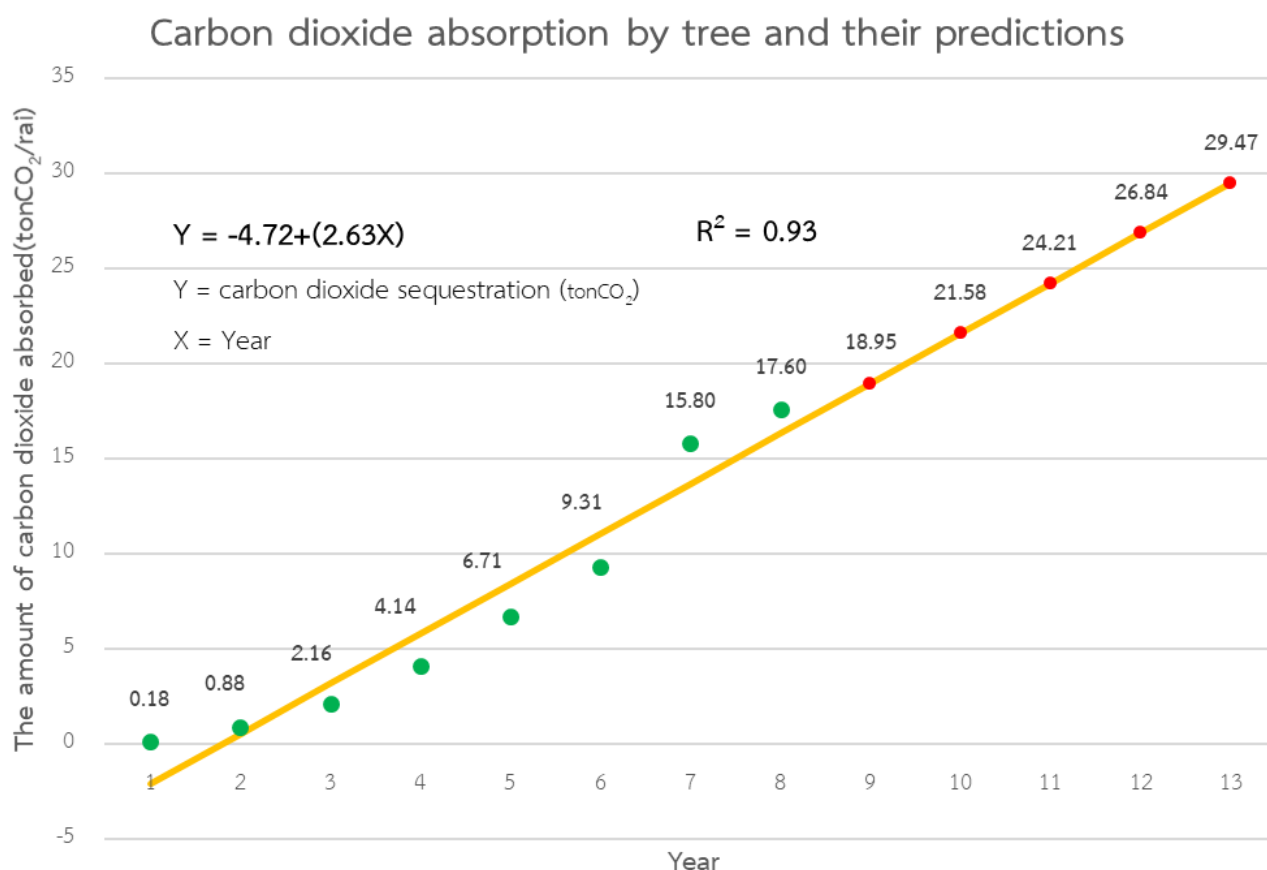


Figure 2 The carbon stocks of trees aged 1-8 years and projections for another 5 years.

Remarks: Red is the predicted value and green is the measured value

A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

สรุป

จากการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกป่าแบบประณีต ตั้งแต่ปีที่ 1–8 ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง พบว่า มีจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบปริมาณมวลชีวภาพสะสม ณ ปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) เท่ากับ 10.21 ตันต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนเท่ากับ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 17.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.20 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และสามารถคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้าได้เท่ากับ 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 และ 29.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ

การปลูกป่าแบบประณีตแม้จะมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง แต่ก็มีความค่าใช้จ่ายที่สูงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น การปลูกป่าแบบประณีตจึงเป็นทางเลือกรูปแบบหนึ่งในการปลูกป่าเพื่อประโยชน์ทางคาร์บอนเครดิต สำหรับในอนาคตต้องมีการนำข้อมูลที่ได้จริงมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการคาดคะเน เพื่อดูว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

REFERENCES

- Climate Center Meteorological Department. 2022. **Climate Change**. <http://www.climate.tmd.go.th/content/article/9>, 3 November 2022.
- Duangklang, K., Teejuntuk, S., Maelim, S. 2020. Changing and carbon sequestration of plant community in forest restoration sampling plot at Pakhao-Phuluang, Nakhon Ratchasima province. In **The 19th KRU National Graduate Research Conference**. 9 March 2018. Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. **Global Forest Resources Assessment 2020**. <https://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf>, 12 September 2022.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Kietvuttinon, B., Kannak, P., Pornleesangsuwan, A. 2016. Aboveground biomass and carbon storage estimation of 6-year-old *Eucalyptus camaldulensis* plantation. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Kongkid, A., Ratcharoen, W. 2016. Evaluation of aboveground biomass and carbon storage of 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. at Surat Thani Silvicultural Research Station. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Nongnuang, S., Pornleesangsuwan, A., Wattanasuksakul, S., Chattecha, P., Khambai, W. 2016. Estimating the stem volume, biomass, and carbon storage of 6-year-old teak plantation in Chiang Mai province. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Pornleesangsuwan, A., Nongnuang, S., Wattanasuksakul, S., Kannak, P. 2021. Estimation of stem volume and biomass of 8 years old *Azadirachta indica* in plantation. In: **Proceedings of the Forest Annual Conference 2021: The 84th Anniversary of Thai Forestry**. 28-30 April 2021. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- PTT Reforestation and Ecosystem Institute 2015. **Wangchan Forest Learning Center**. <https://learningcenter.pttreforestation.com/center/2>, 10 September 2022.

- Sunthornhao, P. 2016. Forest carbon model. In Sunthornhao, P. (Ed.) **Eight Decades of Forestry, Science of Life**. Forest Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Siam alphabet printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sunthornhao, P. 2018. Potential assessment of 1 million rai reforestation project beyond knowledge development of PTT reforestation and ecosystem institute, phase I, year 2017. **Executive Summary Report**. Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2022. **Knowledge of Greenhouse Gases**, <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th>, 3 November 2022.
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Prachaiyo, B. 1983. Forest: burning and regeneration. In Kyuma, K., Pairintra, C. (Eds). **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics**. A report of a cooperative research between Thai Japanese Universities.
-