

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน และการใช้ประโยชน์ของป่า
ณ ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Valuation of Carbon Stock and Utilization of Non-timber Forest
Products at the Sirinart Rajini Ecosystem Learning Center,
Prachuap Khiri Khan Province

สรวิรัตน์ ศรีบุตร^{1,2}พสุธา สุนทรห้าว^{2*}สาพิศ ดิลกสัมพันธ²Sareerat Sribut^{1,2}Pasuta Sunthornhao^{2*}Sapit Diloksumpun²¹สถาบันปลูกป่าและระบบนิเวศ ปตท. จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹PTT Reforestation and Ecosystem Institute, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 12 มิถุนายน 2563

รับแก้ไข 21 กรกฎาคม 2563

รับลงพิมพ์ 24 กรกฎาคม 2563

ABSTRACT

The study aims to evaluate the carbon stock and utilization of non-timber forest products at the Sirinart Rajini Ecosystem Learning Center, Prachuap Khiri Khan province. The study was based on a forest inventory and the collection of tree growth data of stands by setting up 3 permanent sampling plots of size 20 m x 40 m, covering a high, moderate, and low forest density area. Each plot was divided into 10 m x 10 m sub-plots and tree related data in terms of the diameter at breast height over bark (DBH) larger than or equal to 4.5 cm was collected. This was done in conjunction with an in-depth interviewing of the target population or the households who collected non-timber forest products (NTFPs) in the area.

The results showed that in the Sirinart Rajini Ecosystem Learning Center, there were 6 plant species in 4 genera and 3 families which are *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Xylocarpus moluccensis*, and *Bruguiera cylindrica*. Most plant species were from the Rhizophoraceae family. The average density was 405 trees rai^{-1} , biomass was estimated at 37.58 t rai^{-1} , while the amount of carbon storage was 17.66 t rai^{-1} . The amount of carbon dioxide absorption was 64.76 tCO₂ rai^{-1} with the estimated carbon storage being 8,027 Baht rai^{-1} or 262,884 baht yr^{-1} . The most utilized NTFPs by the local people were sesamid crab, followed by mud crab, black crab, and oyster. The total amount was 297 kg household⁻¹ yr^{-1} with an estimated value of 350,397.57 Baht year⁻¹. Therefore, the total value of carbon storage and forest utilization in 2018 at Sirinart Rajini Ecological Mangrove Forest Learning Center was approximately 613,282 Baht. Through

this study, we concluded some indications of mangrove forest restoration and the results could be used for planning future sustainable development of the area.

Keywords: Carbon storage, Mangrove forest, Sirinart Rajini Ecological Mangrove Forest Learning Center, Forest utilization

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น และศึกษาปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า ณ ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำการศึกษาโดยการสำรวจป่าชายเลนและเก็บข้อมูลการเติบโตของหมู่ไม้ด้วยการวางแผนแปลงตัวอย่างถาวรแปลงขนาด 20x40 เมตร จำนวน 3 แปลง กระจายครอบคลุมพื้นที่ป่าที่มีความหนาแน่นสูง ปานกลาง ต่ำ ในแต่ละแปลงขนาด 20x40 เมตร ถูกแบ่งออกเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร และเก็บข้อมูลไม้ยืนต้นหรือไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น ควบคู่กับการสัมภาษณ์เชิงลึกประชาชนกลุ่มเป้าหมายหรือครัวเรือนที่เก็บหาของป่าในป่าชายเลนทุกครัวเรือน

จากการศึกษาพบชนิดพรรณไม้ยืนต้นทั้งหมด 6 ชนิด จาก 3 วงศ์ 4 สกุล ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และ ถั่วขาว มีความหนาแน่นเฉลี่ย 405 ต้นต่อไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพ 37.58 ต้นต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 17.66 ต้นคาร์บอนต่อไร่ และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 64.76 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ คิดเป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน 8,027 บาทต่อไร่ หรือมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด ประมาณ 262,884 บาทต่อปี และพบว่าของป่าที่ราษฎรมีการใช้ประโยชน์มากที่สุด ได้แก่ ปูแสม รองลงมาคือ ปูทะเล ปูดำ และหอยนางรม รวมปริมาณทั้งหมด 297 กิโลกรัมต่อครัวเรือนกลุ่มเป้าหมายต่อปี คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 350,397.57 บาทต่อปี ดังนั้น มูลค่ารวมของการกักเก็บคาร์บอนและการใช้ประโยชน์ของป่า ณ ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 613,282 บาท การศึกษานี้สามารถสะท้อนคุณค่าบางส่วนของ การฟื้นฟูป่าชายเลนและเป็นข้อมูลสำคัญต่อการวางแผนการพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอน ป่าชายเลน ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี การใช้ประโยชน์ของป่า

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นทรัพยากรที่สร้างประโยชน์ให้แก่มนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นแนวกำบังคลื่นลมชายฝั่ง อีกทั้งยังเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำช่วยในการสืบต่อและดำรงเผ่าพันธุ์ของสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี (Boonyavetchewin and Buasalee, 2011) ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ป่าชายเลนเป็นจำนวนมาก เช่น การทำสัมปทานป่าไม้ มีการเข้าไปครอบครองพื้นที่และเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปทำนาเกลือ เป็นต้น ล้วนสร้างผลกระทบโดยตรงต่อป่าชายเลนทั้งทางกายภาพ

เคมี และชีวภาพ (Aksornkoae, 1999) ซึ่งมีการจัดการอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ถือเป็นการทำลายระบบนิเวศป่าชายเลนบริเวณกว้างและเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน ทำให้อุณหภูมิและระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างยิ่ง (Food and Agriculture Organization [FAO], 2008) การปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนจึงเป็นแนวทางที่สำคัญเพื่อคืนความอุดมสมบูรณ์ให้กับระบบนิเวศของศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็น

อีกหนึ่งโครงการที่เกิดจากความร่วมมือขององค์กรภาครัฐและเอกชน ในการฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนที่เสื่อมโทรม โดยพืชที่นำมาปลูกฟื้นฟู ได้แก่ แสม โปร่งแดง ถั่วขาว โกกงใบเล็ก และโกกงใบใหญ่ เพื่อเพิ่มการดูดซับคาร์บอนโดยการเพิ่มพื้นที่ป่าและการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ป่าชายเลน ดังนั้น การศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในไม้ยืนต้นและการใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่าของชุมชนภายในพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จึงเป็นวิธีที่สามารถบอกถึงประสิทธิภาพของป่าชายเลนที่ถูกฟื้นฟูในการช่วยกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศและประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากการปลูกป่าฟื้นฟูอย่างเป็นรูปธรรม ทำให้บุคคลทั่วไปเห็นถึงคุณค่าประโยชน์ของป่าชายเลนหลังได้รับการฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพธรรมชาติดังเดิมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อยู่ในพื้นที่แปลงปลูกป่าโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในวโรกาสทรงครองราชย์ปีที่ 50 โดยดำเนินการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนตั้งแต่ปี 2540 ปัจจุบันอายุไม้มีอายุ 24 ปี

การวางแผน

วางแผนตัวอย่างถาวรแบบสุ่ม จำนวน 3 แปลง ขนาดแปลงละ 20x40 เมตร กระจายในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ สูง ปานกลาง ต่ำ จากนั้นทำการแบ่งแปลงขนาด 20x40 เมตร เป็นแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลไม้ยืนต้นทุกต้นที่ปรากฏในแต่ละแปลงย่อย โดยกำหนดให้ไม้ยืนต้น คือ ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

1.1 คำนวณความหนาแน่น

ความหนาแน่น (density) คือ จำนวนต้นไม้มทั้งหมดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (Marod and Kutintara, 2009) ดังสมการที่ 1

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดที่พบในแปลง}}{\text{จำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ทำการสำรวจ}} \quad (1)$$

1.2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (aboveground biomass) คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตริก (allometric equations) ตามการศึกษาของ Komiyama *et al.* (1987) ดัง Table 1 จากนั้นนำค่าปริมาณมวลชีวภาพของ ลำต้น กิ่ง และ ใบ มาคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

Table 1 Allometric equations used to estimate the above ground biomass of mangrove plants.

Species	Equation
<i>Rhizophora</i> sp.	$Ws = 0.05466 (D^2H)^{0.9450}$
	$Wb = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$
	$WL = 0.06780 (D^2H)^{0.5806}$
Other species	$Ws = 0.04490 (D^2H)^{0.9549}$
	$Wb = 0.02412 (D^2H)^{0.8649}$
	$WL = 0.09422 (D^2H)^{0.5439}$

$$\text{และ } W_A = W_s + W_b + W_L \quad (2)$$

เมื่อ W_A คือ ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

W_s คือ ปริมาณมวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)

W_b คือ ปริมาณมวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L คือ ปริมาณมวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

1.3 มวลชีวภาพใต้พื้นดิน (belowground biomass) คำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพใต้ดินจากอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยใช้สูตรของ IPCC (2006) ดังสมการที่ 3

$$W_B = 0.4715 \times W_A \quad (3)$$

เมื่อ W_B คือ มวลชีวภาพใต้ดิน (กิโลกรัม)

W_A คือ ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

ดังนั้น มวลชีวภาพทั้งหมด หาได้จากสมการที่ 4

$$W_{\text{Total}} = W_A + W_B \quad (4)$$

เมื่อ W_{Total} คือ มวลชีวภาพทั้งหมด (กิโลกรัม)

W_A คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

W_B คือ มวลชีวภาพใต้พื้นดิน (กิโลกรัม)

1.4 คำนวณปริมาณคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ

ปริมาณคาร์บอน (carbon content) ที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และ ราก มีการแปรผันระหว่างส่วนของต้นไม้และระหว่างชนิดของพรรณไม้ โดย IPCC (2006) ได้ศึกษาและกำหนดให้ค่าคงที่ของสัดส่วนคาร์บอน (carbon fraction) ของปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพของป่าชายเลนในประเทศไทยมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง โดยนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในไม้ยืนต้นแต่ละชนิด ดังสมการที่ 5

ดังนั้นการหาปริมาณคาร์บอนใช้สูตร

$$C = W_{\text{Total}} \times \text{Carbon fraction} \quad (5)$$

เมื่อ C คือ ปริมาณคาร์บอน (กิโลกรัม)

W_{Total} คือ ปริมาณมวลชีวภาพ (กิโลกรัม)

Carbon fraction = 0.47 (IPCC, 2006)

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เพื่อใช้ในการสร้างมวลชีวภาพ ตามสมการของ IPCC (2006) ดังสมการที่ 6

$$CO_2 = (44/12) \times C \quad (6)$$

เมื่อ CO_2 คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจากบรรยากาศ (กิโลกรัม)

C คือ ปริมาณธาตุคาร์บอนที่ถูกกักเก็บอยู่ในต้นไม้ (กิโลกรัม)

44/12 คือ น้ำหนักของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.5 การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน
การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับราคาซื้อขายคาร์บอนตามกลไกตลาดภาคสมัครใจตามมาตรฐานต่างประเทศ (voluntary emission reduction program: VER) โดยมาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในตลาดภาคสมัครใจ คือ verified carbon standard (VCS) ได้กำหนดราคาคาร์บอนเฉลี่ยปี 2560 โดยภาพรวมที่กล่าวถึงสภาพภูมิอากาศ ชุมชนและความหลากหลายทางชีวภาพ เท่ากับ 3.9 US\$/tCO₂e (Hamrick and Gallant, 2017) และกำหนดค่าธรรมเนียมการรับรองปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.1 US\$/tCO₂e (Thailand Greenhouse Gas management Organization (Public Organization) [TGO], 2014) โดยอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทไทย เท่ากับ 31.7804 บาท/ดอลลาร์สหรัฐ (Bank of Thailand, 2020) ดังนั้น สามารถคำนวณหามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนบริเวณศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ดังสมการที่ 7

$$VC = CO_2 \times P \quad (7)$$

เมื่อ VC คือ มูลค่าการกักเก็บคาร์บอน (บาท)

CO_2 คือ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO₂)

P คือ ราคาซื้อขายคาร์บอน ในหน่วยบาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

2. การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า

ใช้วิธีการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายหลักหรือราษฎรที่เก็บหาของป่าทุกครัวเรือน โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกควบคู่กับแบบสัมภาษณ์ เพื่อเก็บข้อมูลการปริมาณการใช้ประโยชน์ของป่า (non-timber forest products, [NTFPs]) และราคาของป่าแต่ละชนิด วิเคราะห์ปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า (NTFPs) ตามสมการที่ 8 และสมการที่ 9 (Sunthornhao *et al.*, 2015)

ปริมาณการใช้ประโยชน์ของป่า

$$Q_i = F_i \times M_i \times NF_i \quad (8)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณการเก็บหาของป่า (กิโลกรัม/ครัวเรือนกลุ่มเป้าหมาย/ปี)
 F คือ ความถี่ในการเก็บหาของป่า (ครั้ง/เดือน)
 M คือ จำนวนเดือนที่เก็บหาของป่าแต่ละชนิดในรอบปี
 NF คือ ปริมาณของป่าเก็บหาได้ (กิโลกรัม/ครั้ง)
 i คือ ชนิดของป่า มีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3...n

มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า

$$V = \sum_{i=1} (Q_i \times P_i \times KI_i \times C_i) \quad (9)$$

เมื่อ V คือ มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า (บาท/ปี)
 Q คือ ปริมาณการเก็บหาของป่า (กิโลกรัม/ครัวเรือนกลุ่มเป้าหมาย/ปี)
 P คือ ราคาในท้องถิ่นของของป่าแต่ละชนิด (บาท/หน่วย)
 KI คือ จำนวนครัวเรือนกลุ่มเป้าหมาย (ครัวเรือนต่อหมู่บ้าน)
 C คือ จำนวนหมู่บ้านที่เข้ามาเก็บหาของป่าต่อปี
 i คือ ชนิดของป่า มีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3...n

ผลและวิจารณ์

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น

1. ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น

จากการศึกษาพบชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 6 ชนิด 3 วงศ์ 4 สกุล โดยชนิดไม้ที่พบมากที่สุด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blume.) โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) แสมขาว (*Avicennia alba* Blume.) แสมทะเล (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis* (Lam.)) และถั่วขาว (*Bruguiera cylindrical* (L.) Blume.) มีความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ยืนต้น เท่ากับ 405 ต้นต่อไร่ โดยโกงกางใบเล็กมีความหนาแน่นมากที่สุด เท่ากับ 300 ต้นต่อไร่ รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีค่าเท่ากับ 79, 23, 1, 1 และ 1 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ โดยพืชที่พบเป็นพืชที่ได้รับเลือกให้นำมาปลูกฟื้นฟูในโครงการปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่แปลงปลูกป่าโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ

กล่าวได้ว่า โกงกางใบเล็ก มีความเหมาะสม และสามารถเติบโตกับสภาพปัจจัยแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่มีการฟื้นฟู ให้กลับคืนสู่สภาพธรรมชาติ ทำให้ดินมีความอ่อนตัวลง (Aksornkoae *et al.*, 2009) ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเติบโตของโกงกางใบเล็ก (Department of Marine and Coastal Resources, 2013) จึงมีจำนวนและความหนาแน่นค่อนข้างสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Phanchai *et al.* (2007) กล่าวว่า โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมากที่สุดในการปลูกฟื้นฟูในพื้นที่ที่เคยเป็นนาทุ่งร้างมาก่อน สำหรับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พบว่า แสมขาว มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล โกงกางใบเล็ก ตะบูนดำ และถั่วขาว ซึ่งมีค่า 13.36, 11.22, 8.66, 7.95, 5.67 และ 4.30 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยสาเหตุที่ แสมขาว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

เพียงอกมากกว่าชนิดอื่นๆ อาจเนื่องมาจากมีอัตราการรอดตายต่ำ ส่งผลให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง จึงเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด ทำให้ต้นไม้สามารถเติบโตได้ดีกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Phasatan (2001) ที่ได้ทำการศึกษาในสวนป่าไม้สะเดาอายุ 13-15 ปี ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน 8 ระดับ ในสถานที่ทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี โดยพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกด้วยความหนาแน่นที่ลดลง

2. ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในไม้ยืนต้น

2.1 ปริมาณมวลชีวภาพ

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย 37.58 ตันต่อไร่ โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 25.54 ตันต่อไร่ มวลชีวภาพใต้พื้นดินเท่ากับ 12.04 ตันต่อไร่ และแบ่งเป็นมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ เท่ากับ 19.45, 4.45 และ 1.63 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และพบว่าชนิดไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก เท่ากับ 21.77 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีค่าเท่ากับ 11.39, 4.35, 0.05, 0.01 และ 0.00 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นได้ว่า การเติบโตและปริมาณมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น องค์ประกอบของสังคมพืช ความหนาแน่นของหมู่ไม้ อายุ ลักษณะภูมิอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น (Diloksumpun, 2007)

นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี มีค่ามากกว่าการศึกษาของ Sriladda and Puangchit (2007) ที่ทำการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าชายเลนบริเวณอำเภอบางพลี จังหวัดนครศรีธรรมราช อายุ 25 ปี ซึ่งพบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 149 ตันต่อเฮกตาร์ หรือคิดเป็น 23.84 ตันต่อไร่ และยิ่งมากกว่ามวลชีวภาพของป่าชายเลนบริเวณจังหวัดพังงา ซึ่ง Phongsuksawat (2002) ได้ทำการศึกษามวลชีวภาพของป่าชายเลนในสวนศึกษาธรรมชาติวิทยาป่าชายเลนจังหวัดพังงา พบว่า มีมวลชีวภาพเฉลี่ย 108 ตันต่อเฮกตาร์ หรือคิดเป็น 17.28 ตันต่อไร่ เทกระถางหมักดินทิ้งไว้เลย ต่อไร่

2.2 การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (carbon contents) เท่ากับ 17.66 ตันคาร์บอนต่อไร่ เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิด พบว่า โกงกางใบเล็ก มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด เท่ากับ 10.23 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว เท่ากับ 5.35, 2.05, 0.03, 0.01 และ 0.00 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้แต่ละชนิด มีสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพ กล่าวคือ ถ้าชนิดไม้มีมวลชีวภาพมากก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากด้วยเช่นกัน

Table 2 Above and below ground biomass of each tree species in the mangrove forest at the Sirinart Rajini Mangrove Learning Center during the year 2018.

Species	Biomass (t ra ⁻¹)					
	Stem	Branch	Leaf	Above ground biomass	Below ground biomass	Total biomass
<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.	11.17	2.56	1.06	14.792	6.97	21.77
<i>Rhizophora mucronata</i>	5.97	1.33	0.43	7.74	3.65	11.39
<i>Avicennia alba</i> Blume.	2.27	0.55	0.14	2.96	1.40	4.35
<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.	0.03	0.01	0.00	0.04	0.02	0.06
<i>Xylocarpus moluccensis</i> (Lam.)	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
<i>Bruguiera cylindrical</i> (L.) Blume.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	19.45	4.45	1.63	25.54	12.04	37.58

นอกจากนี้ยังพบว่า ป่าชายเลนในศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 64.76 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบว่า โกงกางใบเล็ก มีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เท่ากับ 37.51 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีค่าเท่ากับ 19.62 7.50 0.094 0.026 และ 0.009 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3) จะเห็นได้ว่า สังคมพืชที่มีพรรณไม้สกุล โกงกางเป็นองค์ประกอบหลัก มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าสังคมพืชที่มีพรรณไม้อื่นๆ เนื่องจากมีผลผลิตหรือมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่า และความ

แตกต่างของมวลชีวภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสังคมพืช ได้แก่ ชนิดของพรรณไม้เด่น และความหนาแน่นของพรรณไม้ ตลอดจนสภาพพื้นที่ (Diloksumpun, 2007)

3. มูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนบริเวณศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ตามมาตรฐาน VCS มีมูลค่าเท่ากับ 8,027 บาทต่อไร่ โดยชนิดพันธุ์ที่มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ โกงกางใบเล็ก มีมูลค่าการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 4,649 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีมูลค่าการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 2,432, 930, 12, 3 และ 1 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Carbon content and carbon dioxide sequestration in the mangrove forest at the Sirinart Rajini Mangrove Learning Center during the year 2018.

Species	Total biomass (t rai^{-1})	Carbon content (tC rai^{-1})	Carbon dioxide sequestration (tCO ₂ e rai^{-1})	Value (Baht rai^{-1})
<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.	21.77	10.23	37.51	4,649.15
<i>Rhizophora mucronata</i> .	11.39	5.35	19.62	2,431.81
<i>Avicennia alba</i> Blume.	4.35	2.03	7.50	929.75
<i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh.	0.06	0.03	0.09	11.68
<i>Xylocarpus moluccensis</i> (Lam.)	0.02	0.01	0.03	3.22
<i>Bruguiera cylindrical</i> (L.) Blume.	0.01	0.00	0.01	1.09
Total	37.58	17.66	64.76	8,026.69

การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า

จากการศึกษาปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าของชายเลน ณ พื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี พบว่า มีราษฎรจากหมู่บ้านปากน้ำปราณเพียงหมู่บ้านเดียวที่เข้ามาเก็บหาของป่า โดยมีปริมาณการเก็บหาสัตว์น้ำ เท่ากับ 297 กิโลกรัมต่อครัวเรือนกลุ่มเป้าหมายต่อปี และปริมาณการเก็บหาไม้พืชน เท่ากับ 8 ลูกบาศก์เมตรต่อครัวเรือนกลุ่มเป้าหมายต่อปี เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิด พบว่า ปูแสม มีปริมาณการเก็บหามากที่สุด เท่ากับ 63 กิโลกรัมต่อครัวเรือนต่อปี รองลงมาได้แก่ กุ้งขาว ปูทะเล หอยนางรม ปลากระบอก ปูดำ หอยจู้แจง ปลาแก้มทอง หอยทะเล เปรียง และ กุ้งตักแตน เท่ากับ 61.50, 42 34, 30 18, 18 15, 8 6 และ 1.5 กิโลกรัมต่อครัวเรือนต่อปี ตามลำดับ มีมูลค่าการใช้ประโยชน์ของหมู่บ้านรวมทั้งหมด 350,397.57 บาทต่อปี หรือกล่าวได้ว่า การใช้ประโยชน์ของป่าในชายเลนแห่งนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50,056.79 บาทต่อครัวเรือนกลุ่มเป้าหมายต่อปี แต่ถ้าพิจารณาเฉลี่ยรวมกับครัวเรือนทั้งหมดในหมู่บ้านปากน้ำปราณมีมูลค่าประมาณ 2,654.53 บาทต่อครัวเรือนต่อปี (350,397.57 ต่อจำนวนครัวเรือนทั้งหมดในหมู่บ้านปากน้ำปราณซึ่งมีอยู่ 132 ครัวเรือน) ทั้งนี้มูลค่าโดยรวมของการใช้ประโยชน์ของป่าขึ้นอยู่กับปริมาณการเก็บหา จำนวนครัวเรือนที่เก็บหาของป่าเป็นอาชีพ และราคาของของป่า และยัง

พบว่า การเก็บหาของป่าในชุมชนส่วนใหญ่เก็บหาเพื่อการขายถึง ร้อยละ 51.89 และเก็บไว้บริโภคภายในครัวเรือนเพียงร้อยละ 48.11 หรือคิดเป็นมูลค่า 231,322.65 และ 119,074.91 ตามลำดับ

นอกจากนั้นยังพบว่า มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Rakjarern *et al.* (2017) ที่ทำการศึกษากการพึ่งพิงทรัพยากรป่าชายเลนบริเวณเขตกันชน พื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง ที่มีการใช้ประโยชน์ทางตรงจากการจับสัตว์น้ำของประชาชนในพื้นที่ คิดเป็นมูลค่า 11,864,000 บาทต่อปี เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ของป่าชายเลนบริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร ที่มีมูลค่ารวมการใช้ประโยชน์โดยตรงจากการจับสัตว์น้ำ เก็บของป่าและผลิตภัณฑ์จากไม้ มีมูลค่ารวม 33,402,608 บาทต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี เปิดเป็นศูนย์ศึกษาเรียนรู้ธรรมชาติ ให้ประชาชนสามารถเข้ามาเยี่ยมชม ประกอบกับการจัดกิจกรรมในรูปแบบแหล่งเรียนรู้ มีการบริหารจัดการพื้นที่และทำข้อตกลงร่วมกับชุมชนให้สามารถเข้ามาเก็บหาสัตว์น้ำได้ตามโซนและช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้มีปริมาณการเก็บหาของป่าหรือการใช้ประโยชน์โดยตรงจากการจับสัตว์น้ำได้อย่างจำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่กล่าวมาข้างต้น

Table 4 Total value of both carbon stock and NTFPs utilization in the mangrove forest at Sirinart Rajini Mangrove Learning Center during the year 2018.

Type of utilization value	Utilization of forest	Value (Baht yr ⁻¹)
NTFPs utilization	direct	350,398
carbon stock	indirect	262,884
Total		613,282

จากการศึกษา พบว่า มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและการใช้ประโยชน์ของป่าในพื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ฯ สามารถสร้างประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบพื้นที่ได้เป็นอย่างดี โดยสามารถสร้างประโยชน์ทางตรงในรูปแบบมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 350,398 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 57 และสร้างประโยชน์ทางอ้อมในรูปแบบมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นคิดเป็นมูลค่า 262,884 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 43 หรือคิดเป็นมูลค่าทั้งหมด 613,282 บาทต่อปี (Table 4)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ยังมีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Rakjareen *et al.* (2017) ที่ทำการศึกษามูลค่าป่าชายเลนด้านการใช้ประโยชน์และการกักเก็บคาร์บอนในเขตกันชน พื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง โดยมีมูลค่ารวมทั้งทางตรงและทางอ้อมเท่ากับ 365,360,775 บาท และน้อยกว่า Jitchob (2008) ที่ได้ศึกษามูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าชายเลน จังหวัดระนอง โดยมีมูลค่าการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม มีมูลค่าสุทธิเท่ากับ 182,423,029.13 บาทต่อปี เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ของป่าชายเลนบริเวณอ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร มีมูลค่ารวมการใช้ประโยชน์ 72,425,285 บาทต่อปี และยังน้อยกว่า Detkhobut (2008) และ Phosing (2007) ที่ได้ศึกษาคุณค่าทางเศรษฐกิจของป่าชายเลนในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าเลนดอนสัก จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีมูลค่าการใช้ประโยชน์โดยรวมเท่ากับ 182,438,214

บาทต่อปี ประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ทางตรง 44,246,260 บาทต่อปี และคุณค่าการใช้ประโยชน์ทางอ้อม เท่ากับ 138,191,954 บาทต่อปี อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี มีมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าทั้งทางตรงและทางอ้อม 613,282 บาทต่อปี มูลค่าดังกล่าวถือเป็นมูลค่าขั้นต่ำ ยังไม่รวมมูลค่าการบริการของระบบนิเวศอื่นๆ เช่น มูลค่าการบริการถิ่นที่อยู่อาศัยเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ แหล่งความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นแหล่งนันทนาการ เป็นต้น

สรุป

การศึกษากการประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี พบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพ 37.58 ตันต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 17.66 ตันคาร์บอนต่อไร่ และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 64.76 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ คิดเป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย เท่ากับ 8,027 บาทต่อไร่ หรือมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 262,884 บาทต่อปี และมีปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่ามากที่สุด ได้แก่ ปูแสม รองลงมาคือ ปูทะเล ปูดำ และหอยนางรม เป็นต้น รวมปริมาณทั้งหมด 297 กิโลกรัมต่อครัวเรือนกลุ่มเป้าหมายต่อปี คิดเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์รวมทั้งหมด เท่ากับ 350,397.57 บาทต่อปี ดังนั้น มูลค่ารวมทั้งทางการกักเก็บคาร์บอนและการใช้ประโยชน์ของป่าของศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี เท่ากับ 613,282 บาทต่อปี กล่าวได้ว่า พื้นที่ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่า

ชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีพอสมควร เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนแห่งอื่นซึ่งสะท้อนถึงความสำเร็จในการดำเนินโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ ที่ช่วยสร้างสมดุลธรรมชาติ วัฒนธรรม วิถีชีวิต ของคนภายในชุมชนให้อยู่ร่วมกันได้อย่างยั่งยืน และเพื่อการบริหารจัดการพื้นที่ศูนย์เรียนรู้ให้เกิดความยั่งยืนต่อไป ควรนำหลักทวนวัฒนวิธีมาปฏิบัติ เช่น การตัดขยายระยะ (thinning) หรือการลิดกิ่ง (pruning) และทำการศึกษาวิจัยในเรื่องการปฏิบัติทางวนวัฒน (silvicultural practices) ว่าวิธีใดมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับพื้นที่ป่าชายเลนอายุ 24 ปี และควรทดลองปฏิบัติเป็นแปลงเล็กๆ ก่อนเมื่อได้ผลเป็นที่ประจักษ์จึงขยายผลไปสู่แปลงใหญ่ ทั้งนี้ควรมีการวิจัยเรื่องการใช้ประโยชน์ไม้ที่ได้จากการตัดขยายระยะควบคู่กันไปด้วย เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์จากไม้ การใช้ไม้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่สะอาด การผลิตของที่ระลึกจากไม้ป่าชายเลน และควรมีการส่งเสริมให้เกิดการสร้างมูลค่าจากการแปรรูปผลผลิตจากป่า ให้มีความเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยว ช่วยส่งเสริมให้เกิดอาชีพ ผ่านกิจกรรมของศูนย์เรียนรู้ฯ เป็นต้น

คำนิยาม

ขอขอบคุณศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สถาบันปลูกป่าและระบบนิเวศ ปตท. ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกงานการศึกษาวิจัยครั้งนี้บรรลุปเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

REFERENCES

- Aksornkoae, S. 1999. **Mangroves Ecology and Management**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- _____, L. Puangchit, C. Sriladda, S. Havanon, V. Theerathanakul, S. Siriboon, B. Bangkaew, C. Milindankura, N. Paphavasit, A. Piumsomboon, I. Sivaipram, V. Gunbua, A. Oumnuch, S. Wong-Chinnawit, S. Sukprasert, P. Punnaruck, N. Mongkhon-Saengsuree, K. Wongkumhaeng, B. Sabuytua, W. Kwaipun, P. Chu-Liang, C. Songroop, Sr. Massirikul and C. Kaewborisut. 2009. **Pranburi Mangrove Forest**. 2nd ed. PTT, Bangkok. (in Thai)
- Bank of Thailand. 2020. **Foreign Exchange Rate as of 28 February 2020**. Available Source: https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/FinancialMarkets/ExchangeRate/ExchangeRate_TH_PDF/ER_PDF_28022563.PDF, February 28, 2020.
- Boonyavetchewin, S and R. Buasalee. 2011. **Mangrove Forest: Ecology and Vegetation**. Rabbit in the Moon Foundation, Bangkok. (in Thai)
- Department of Marine and Coastal Resources. 2013. **The Knowledge of Mangrove Handbook**. 6th ed. Ployjean media Inc., Bangkok. (in Thai)
- Detkhobut, J. 2008. **Use Value of Mangrove Forest Thungka-sawi Bay, Chumphon Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Diloksumpun, S. 2007. Carbon sequestration of forests and global warming. **Journal of Soil and Water Conservation** 22: 40-49.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. 2008. **The State of Food and Agriculture**. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division, FAO, Rome.
- Hamrick, K. and M. Gallant. 2017. **Unlocking Potential: State of the Voluntary Carbon Markets 2017**. Washington, D.C.

- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forestland**. National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- Jitchob, L. 2008. **Value of Mangrove Forest Utilization Ranong Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Komiyama, A., K. Ogino, S. Aksornkoe and S. Sabhasri. 1987. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. I. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. **Journal of Tropical Ecology** 3: 97-108.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Printing, Bangkok. (in Thai)
- Phasatan, J. 2001. **Nutrient Alternative: Use Value of Mangrove Forest Thungka-Sawi Bay Chumphon Province Density**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Phanchai, O., S. Aksornkoe and L. Puangchit. 2007. Mangrove rehabilitation on abandoned shrimp ponds at Amphoe Kha-nom, Nakhon Si Thammarat province, pp. 95-103. *In Proceedings of National Mangrove Ecosystem Conference, Mangrove Forest, "Sufficiency Economy Foundation of Coastal Community"*. 12-14 September 2007. Holiday Inn Resort Regent Beach Cha-Am, Phetchaburi. (in Thai)
- Phongsuksawat, P. 2002. **Determination of Tree Biomass in the Mangrove Habitat Study Area, Changwat Phangnga**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Phosing, S. 2007. **Economic Valuation of Mangrove Forest in Donsuk National Mangrove Conservation Zone, Surat Thani Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Rakjareern, S., P. Sunthornhao, W. Krisanapant and W. Meepol. 2017. Use value of mangrove forest and carbon stock in buffer zone of Ranong Biosphere Reserve. **Thai Journal of Forestry** 36(1): 58-67.
- Siriladda, C. and L. Puangchit. 2007. Carbon sequestration of mangrove plantations at Pak Phanang, Nakhon Si Thammarat province, pp. 379-389. *In Proceedings of National Mangrove Ecosystem Conference, Mangrove Forest, "Sufficiency Economy Foundation of Coastal Community"*. 12-14 September 2007. Holiday Inn Resort Regent Beach Cha-Am, Phetchaburi. (in Thai)
- Sunthornhao, P., C. Phutavanich and R. RakNa. 2015. **Evaluation of Community Forest Management Under the Forest Conservation and Love Community Project Operated by Ratchaburi Electricity Generating Holding Public Company Limited and the Royal Forest Department Phase 2 in 2015**. Forest Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas management Organization (Public Organization) [TGO]. 2014. **Standard of Verified Carbon Standard: VCS**. P2 Design & Print Company Limited, Bangkok.