

ปริมาณคาร์บอนสะสมในพืชป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนา
ทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช

**CARBON STOCKS IN MANGROVE FORESTS AT MANGROVE FORESTS LEARNING
AND DEVELOPMENT CENTER 2, NAKHON SI THAMMARAT**

รินลณี ศรีเหมาะ, วัฒนณรงค์ มากพันธ์*

*Rinlanee Srimoh, Wattananarong Markphan**

สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

*Program in Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat
University.*

*Corresponding author, e-mail: Wattananarong@gmail.com

Received: 15 December 2023; **Revised:** 29 May 2024; **Accepted:** 10 June 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในพืชป่าชายเลน ดำเนินการศึกษาศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช โดยการวางแผนแปลงตัวอย่างขนาด 20 X 50 เมตร จำนวน 6 แปลง เลือกสุ่มเฉพาะแปลงแรก ส่วนแปลงตัวอย่างลำดับถัดไปจะถูกกำหนดให้มีระยะห่างเท่ากันและสม่ำเสมอ สำรวจและระบุชนิดของไม้ยืนต้น นับจำนวน วัดขนาดของไม้ยืนต้นที่มีความสูง 1.30 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก 4.50 เซนติเมตรขึ้นไป วัดความสูงโดยใช้โดยวิธีสมการ Allometric Equations ในการวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า สังคมพืชป่าชายเลนประกอบด้วยพันธุ์ไม้ จำนวน 6 ชนิด 5 วงศ์ ได้แก่ แสมทะเล (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) เป็นไม้เด่น มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blume.) ฝาดดอกขาว (*Lumnitzera racemosa* Willd.) โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 77.67, 76.36, 62.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยต้นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 14.68 ± 4.28 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 8.22 ± 1.93 เมตร พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 มีเนื้อที่ทั้งหมด 18 ไร่ ปริมาณมวลชีวภาพสะสมทั้งหมดเท่ากับ 181,874.15 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 10,104.12 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณคาร์บอนสะสมรวมทั้งหมดเท่ากับ 85.48 ตันหรือเท่ากับ 4.75 ตันต่อไร่

คำสำคัญ: คาร์บอนสะสม; ป่าชายเลน; พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

Abstract

The amount of carbon stored in mangrove forest plants studied at the 2nd Mangrove Forest Resource Development and Learning Center in Nakhon Si Thammarat. A total of 6 sampling plots of 20 x 50 m, Only the

first sample obtained with this technique, then subsequent samples evenly spaced apart. Plant identification, counting, the process is recording the DBH (diameter at breast height), the height as well as for plant species list and plant family list of trees (DBH >4.5 cm and height >1.30 m). then calculated the biomass by using the allometric equation. According to the study's findings, there are 6 species and 5 families of trees in the mangrove plant community. *Avicennia marina* (Forsk) is the dominant tree with the highest value of importance index, followed by *Rhizophora apiculata* Blume, *Lumnitzera racemosa* Willd, with importance index values of 77.67, 76.36 and 62.04 percent, respectively. The large trees are typically 8.22 ± 1.93 m in height and have an average diameter of 14.68 ± 4.28 cm, A total of 18 rai of the mangrove forests around the Center for Learning and Development of Mangrove Forest Resources 2nd have an accumulation of biomass that is equal to 10,104.12 kg per rai, with an overall carbon accumulation of 85.48 tons, or 4.75 tons per rai.

Keywords: Carbon Accumulation; Mangrove Forest; Mangrove Plant Species

บทนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ชนิดหนึ่งซึ่งถูกปล่อยในปริมาณมากสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงและการตัดไม้ทำลายป่า เป็นตัวการสำคัญที่ส่งผลให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ระบบนิเวศป่าไม้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เนื่องจากต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) และนำมาสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) ทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบและส่วนใต้ดิน (Below-Ground Biomass) ซึ่งก็คือ ราก กระบวนการนี้เรียกว่าการสะสมคาร์บอนหรือการกักเก็บ ซึ่งถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้คาร์บอน (C) ถูกตรึงอยู่ในต้นไม้และไม่ถูกปล่อยออกมาจนกว่าจะมีการเผาหรือตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพื้นที่ป่าในธรรมชาติลดน้อยลงเป็นอย่างมาก จากการตัดไม้ทำลายป่าหรือการเผาป่าเพื่อทำการเกษตร ไม่เพียงแต่ทำให้คาร์บอนถูกปล่อยออกมาแต่เป็นการทำลายแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญอีกด้วย เนื่องจากป่าไม้มีบทบาทในการชะลอการเกิดผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกและป่าไม้ยังช่วยในการหมุนเวียนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นไปอย่างสมดุล ป่าไม้มีหลายประเภทและป่าเขตร้อนเป็นป่าประเภทหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นป่าที่มีผลผลิตสูง เช่น ป่าชายเลน ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายและมีการสะสมมวลชีวภาพสูง [1]

ป่าชายเลนเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญและมีบทบาทในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศซึ่งเป็นก๊าซหลักของกลุ่มก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน (Global Warming) และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก โดยไม้ในป่าชายเลนมีอัตราการสังเคราะห์แสงและมีปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่สูง จึงช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วยการดูดซับเข้าทางใบแล้วสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช นอกจากนี้ยังมีการย่อยสลายของเศษซากพืชแล้วเก็บสะสมไว้ในดิน [2]

จากรายงานของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program) ในปี ค.ศ. 2020 พบป่าชายเลนประมาณ 147,359 ตารางกิโลเมตรทั่วโลก ซึ่ง 51 เปอร์เซ็นต์ ของป่าชายเลนเกิดขึ้นพบในเอเชียแปซิฟิก 29 เปอร์เซ็นต์ พบในอเมริกา และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบในแอฟริกา และพบว่าอินโดนีเซียมีพื้นที่ป่าชายเลน

ที่ใหญ่ที่สุด คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมดทั่วโลก รองลงมาคือ บราซิล ออสเตรเลีย เม็กซิโก และไนจีเรีย ซึ่งหากรวมกันจะเท่ากับป่าชายเลนเกือบครึ่งหนึ่งของโลก นอกจากนี้เมื่อใช้ข้อมูลของปี ค.ศ. 1996 เป็นฐาน จะเห็นได้ว่าการสูญเสียสุทธิของป่าชายเลนตลอดระยะเวลา 24 ปีที่ผ่านมา เท่ากับ 5,245 ตารางกิโลเมตร (คิดเป็น 3.4 เปอร์เซ็นต์) [3] จากงานวิจัยของโดนาโด และคณะ [1] ที่ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนในป่าชายเลนได้รับการดำเนินการอย่างกว้างขวางในระดับโลก พบว่าป่าชายเลน มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนได้มากกว่าป่าบนบก ถึง 3-5 เท่า นับได้ว่าเป็นหนึ่งในป่าที่อุดมด้วยคาร์บอนมากที่สุดในเขตร้อน โดยมีคาร์บอนเฉลี่ย 1,023 มิลลิกรัม ต่อเฮกตาร์ ดินที่อุดมด้วยสารอินทรีย์มีความลึกตั้งแต่ 0.5 เมตร ถึงมากกว่า 3 เมตร และคิดเป็น 49–98 เปอร์เซ็นต์ ของการกักเก็บคาร์บอนในระบบเหล่านี้

ข้อมูลพื้นที่ป่าชายเลน ได้ดำเนินการแปลภาพถ่ายดาวเทียมในครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2504 เฉพาะพื้นที่ป่า สัมปทาน ต่อมาได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่ป่าชายเลนประเทศไทย โดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ตลอดเรื่อยมา 14 ครั้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 - 2563 ข้อมูลแนวนอนสภาพป่าชายเลนตลอดระยะเวลา 10 ปี ได้อ้างอิงข้อมูลพื้นที่ ป่าชายเลนประเทศไทยที่ได้มีการแปลภาพถ่ายทางอากาศไว้ เมื่อปี พ.ศ. 2552 – 2557 และ พ.ศ. 2560 – 2561 และ พ.ศ. 2563 พบพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทยกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ รวม 24 จังหวัด โดยจังหวัดพังงามีพื้นที่ป่าชายเลนมากที่สุดตลอดระยะเวลา 10 ปี รองลงมาคือ จังหวัด สตูล โดยในปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,525,060.56 ไร่ ปี พ.ศ. 2557 มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,534,584.74 ไร่ ปี พ.ศ. 2560 – 2561 มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,538,185.33 ไร่ และในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,737,019.90 ไร่ ซึ่งพื้นที่ป่าชายเลนประเทศไทยตลอดระยะเวลา 10 ปี พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลล่าสุด ในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก และเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 จำนวน 211,959.34 ไร่ สาเหตุที่พื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เนื่องจากรัฐได้มีมาตรการการป้องกันการบุกรุกทำลายป่า เจ้าหน้าที่มีการ ปฏิบัติงานอย่างเข้มงวด ไม่มีการละเว้นต่อผู้กระทำผิด มีการรณรงค์ สนับสนุนปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากร ป่าไม้ การดำเนินการทวงคืนผืนป่าจากผู้บุกรุกเพื่อนำพื้นที่กลับมาปลูกฟื้นฟู จึงทำให้พื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้น และมีความอุดมสมบูรณ์ ข้อมูลเพิ่มเติมจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงของกรมทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่งร่วมกับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ในปี พ.ศ. 2563 พบว่าปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนคงสภาพทั้งหมดประมาณ 1,737,019.90 ไร่ กระจายอยู่ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ รวม 24 จังหวัด ได้แก่ ตรัง จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส หนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ป่า ชายเลนมากที่สุด คือ จังหวัดพังงา มีพื้นที่ป่าชายเลนคงสภาพจำนวน 288,443.90 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.61 ของพื้นที่ ป่าชายเลนทั้งหมด รองลงมาคือ จังหวัดสตูล มีพื้นที่ป่าชายเลนคงสภาพ 239,576.28 ไร่ [4]

จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็น 1 ใน 24 จังหวัดของประเทศไทยที่มีพื้นที่ป่าชายเลน โดยเนื้อที่โดยรวมประมาณ 80,922.41 ไร่ กระจายอยู่ใน 4 อำเภอ คือ อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอขนอม อำเภوتاคลา อำเภอปากพนัง การสำรวจโครงสร้างป่าพบว่า ต้นโกงกางใบเล็กมีความหนาแน่นเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด 47 ต้นต่อไร่ รองลงมาคือ ตะบูนขาว และโกงกางใบใหญ่ ความหนาแน่น 36 และ 30 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนไม้ที่มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ ต้นลำแพนหิน และหงอนไก่ใบเล็ก 12.50 เมตร รองลงมาคือ ลำพู และแสมดำ 12.03 และ 10.93 เมตร ตามลำดับ [5] โดยพื้นที่ป่าชายเลนปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นป่าชายเลนอีกแหล่งที่มีความสำคัญ

ของภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย ปัจจุบันยังมีความหลากหลายทางธรรมชาติทั้งสังคมพืช สังคมสัตว์และเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนในพื้นที่ดังกล่าว

จากความสำคัญข้างต้นผู้วิจัยและผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริม การเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราชจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในพืชป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริม การเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการให้ความรู้แก่เยาวชนและผู้สนใจเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และการจัดการป่าชายเลนได้อย่างยั่งยืนหรือนำไปประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อลดภาวะโลกร้อน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมในพืชป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **พื้นที่ศึกษา** ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช ตำบลปากนคร อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ทั้งหมด 18 ไร่

2. **การสุ่มตัวอย่าง** ใช้วิธีการสำรวจโดยการสุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ข้อมูลจากแปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนของป่าชายเลนทั้งหมด โดยใช้วิธีการตามแนวของเกษม รัตนศิริ [6] ใช้เทคนิคการสุ่มแบบสุ่มซ้ำเสมอ (Systematic Sampling) มีหลักเกณฑ์ในการทำโดยการสุ่มเฉพาะตัวอย่างแรกเท่านั้น ส่วนตัวอย่างต่อไปจะถูกกำหนดให้มีระยะห่างเท่ากันและสุ่มซ้ำเสมอมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

2.1 ทำการวางแผนฐานแนวสำรวจ (Base Line) 1 แนว ตามความยาวของพื้นที่ป่าชายเลน ครอบคลุมตลอดความยาวของพื้นที่ป่าชายเลน

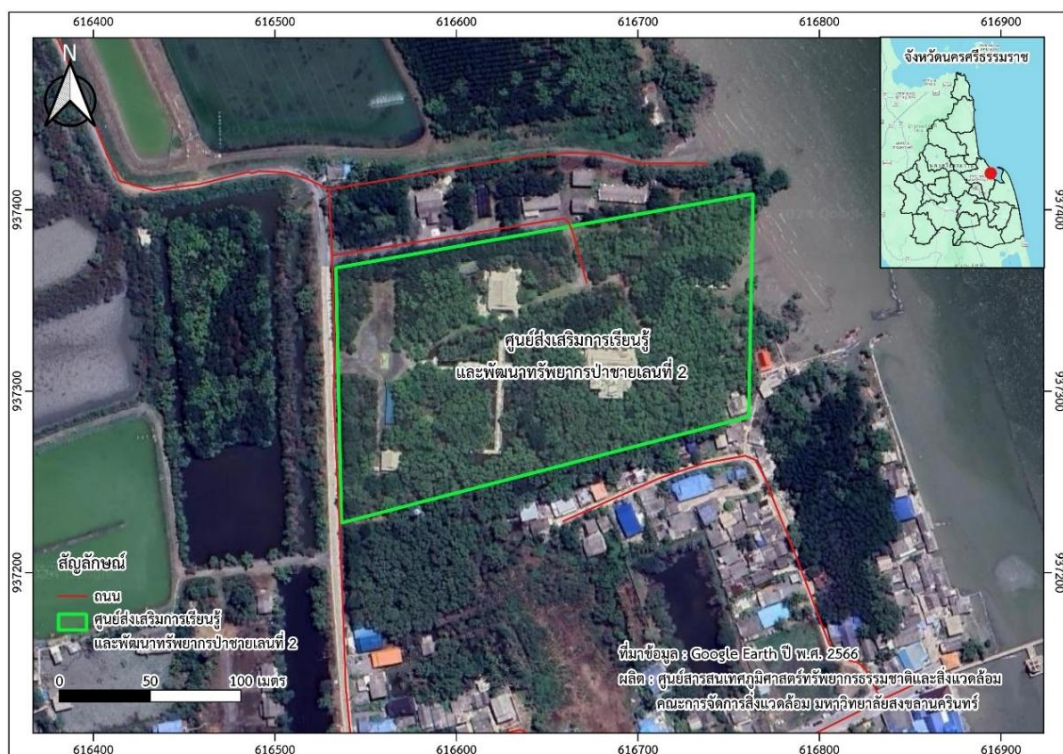
2.2 วางเส้นแนวสำรวจ (Sub-Base Line) ตั้งฉากกับเส้น Base Line โดยแต่ละเส้นสำรวจมีระยะห่างกัน 50 เมตร จำนวน 3 เส้น เส้นแรกสุดอ้างอิงกับขอบถนนศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช แต่ละ Sub-Base Line วางแปลงตัวอย่างขนาด 20 X 50 เมตร

3. การกำหนดการเก็บข้อมูล

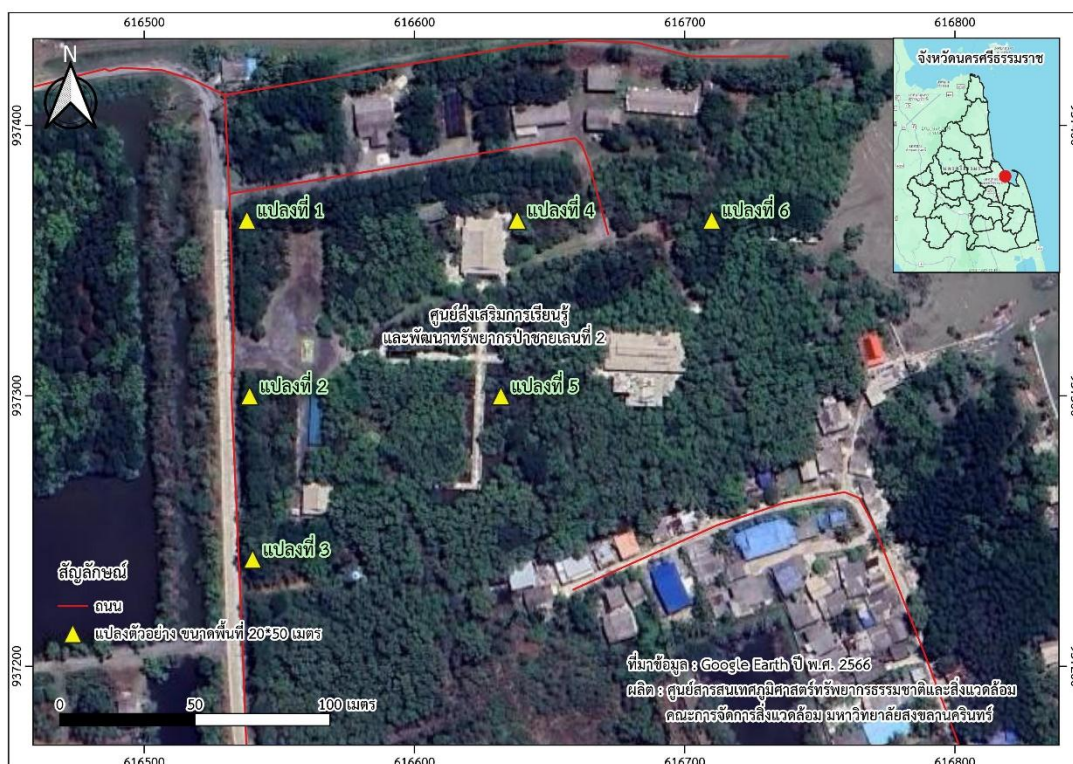
3.1 การวางแผน พื้นที่ที่วางแผนครอบคลุมพื้นที่ที่มีสภาพเป็นป่าชายเลน จำนวน 18 ไร่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 20 X 50 เมตร การวางแผนทั้งหมด 6 แปลง รวมพื้นที่ทั้งหมดในการวางแผน 3.75 ไร่

3.2 การเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่าง แปลงขนาด 20 X 50 เมตร เก็บข้อมูลไม้ยืนต้น คือ การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) ไม้ที่สูงกว่า 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับไม้พุ่มสกุลโกงกางหรือไม้ที่มีรากค้ำจุน ให้วัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร เหนือคอรากหรือเหนือกลุ่มรากที่อยู่บนสุดทำการจำแนกชนิด และนับจำนวนต้น

3.3 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล วางแปลงสุ่มตัวอย่าง ทำการวัดขนาดเส้นรอบวงโดยใช้สายวัด วัดความสูงโดยใช้ไคลโนมิเตอร์และติดป้ายต้นไม้ เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จแล้วนำข้อมูลที่ไปวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการวางแผนตัวอย่างพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(ก) วางแปลงตัวอย่าง (ข) วัดเส้นรอบวงที่ระดับ 130 เซนติเมตร

(ค) ตัดป้ายต้นไม้ที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร (ง) เก็บข้อมูลและจดบันทึกข้อมูล

หมายเหตุ : กรณีการวัดเส้นรอบวงต้นโกงกางจะวัดบริเวณเหนือรากขึ้นไป 30 เซนติเมตร

ภาพที่ 3 การเก็บตัวอย่างในพื้นที่แปลงศึกษา

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง โดยคำนวณจาก Allometric Equations ตามการศึกษาของ Komiyama [7] สมการที่ 1

Species

Equation

$$W_s = 0.05466 (D^2H)^{0.9450}$$

$$W_b = 0.01579 (D^2H)^{0.9124}$$

$$W_l = 0.06780 (D^2H)^{0.5806}$$

Another species

$$W_s = 0.04490 (D^2H)^{0.9549}$$

$$W_b = 0.02412 (D^2H)^{0.8649}$$

$$W_l = 0.09422 (D^2H)^{0.5439}$$

$$W_A = W_s + W_b + W_l \quad (1)$$

W_A = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above ground biomass) (กิโลกรัม)

W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (stem biomass) (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง (branch biomass) (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพของใบ (leaf biomass) (กิโลกรัม)

4.2 การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน คำนวณโดยใช้สูตรของ IPCC [6] ดังสมการที่ 2

$$W_B = W_A (0.4715) \quad (2)$$

$$W_B = \text{มวลชีวภาพใต้ดิน (Below Ground Biomass) (กิโลกรัม)}$$

4.3 การคำนวณมวลชีวภาพทั้งหมด หาได้จากสมการดังนี้

$$W_T = W_A + W_B \quad (3)$$

$$W_T = \text{มวลชีวภาพทั้งหมด (กิโลกรัม)}$$

4.4 ปริมาณคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ

ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และ ราก โดย IPCC [7] ได้กำหนดค่า Default Value ของปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 0.47 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น การหาปริมาณคาร์บอน ใช้สูตร IPCC [8]

$$C = W (0.47) \quad (4)$$

$$C = \text{ปริมาณคาร์บอน (ตันคาร์บอน)}$$

$$W = \text{มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)}$$

4.4 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ ความเด่นสัมพัทธ์ และค่าดัชนีความสำคัญ [9]

$$\text{ความหนาแน่น (ตัน/แปลง)} = \frac{\text{จำนวนต้นไม้ชนิดนั้นในแปลงทุกแปลง}}{\text{จำนวนแปลง}} \quad (5)$$

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ค่าความหนาแน่นต้นไม้ชนิดนั้น}}{\text{ค่าความหนาแน่นรวมของต้นไม้ทุกชนิด}} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{ความถี่ (\%)} = \frac{\text{จำนวนแปลงที่พบต้นไม้ชนิดนั้น}}{\text{จำนวนแปลงทั้งหมด}} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ค่าความถี่ของต้นไม้ชนิดนั้น}}{\text{ค่าความถี่ของไม้ทั้งหมด}} \times 100 \quad (8)$$

$$\text{ความเด่นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของต้นไม้ชนิดนั้น}}{\text{พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยรวมของต้นไม้ทุกชนิด}} \times 100 \quad (9)$$

$$\text{ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) (\%)} = \text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์} + \text{ความถี่สัมพัทธ์} + \text{ความเด่นสัมพัทธ์} \quad (10)$$

ผลการวิจัย

1. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 มีไม้ยืนต้นที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษามีจำนวน 6 ชนิด 5 วงศ์ เป็นไม้ใหญ่ ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blume.) ฝาดดอกขาว (*Lumnitzera racemosa* Willd.) แสมทะเล (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) จิกทะเล (*Barringtonia asiatica* (L.) Kurz) โพทะเล (*Thespesia populnea* (L.) Sol. ex Corrêa) ชนิดไม้ที่พบมากที่สุด คือ แสมทะเล และชนิดไม้ที่พบน้อยที่สุด คือ จิกทะเล

1.1 ชนิดพันธุ์ไม้ในพื้นที่ศึกษา พบ 6 ชนิด 5 วงศ์ (ดังตารางที่ 1) ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ฝาดดอกขาว จิกทะเล โพทะเล แสมทะเล และโกงกางใบใหญ่ พันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด คือ แสมและพันธุ์ไม้ที่พบน้อยที่สุด คือ จิกทะเล ตามลำดับ



(ก) โกงกางใบเล็ก (ข) ฝาดดอกขาว (ค) จิกทะเล (ง) โพทะเล (จ) แสมทะเล (ฉ) โกงกางใบใหญ่

ภาพที่ 4 พันธุ์ไม้ที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 1 ชนิดพืชทั้งหมดในพื้นที่ป่าชายเลนที่ศึกษา

Scientific name	Family	Genus
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i>
<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.	Rhizophor	<i>Rhizophora</i>
<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	Combretaceae	<i>Lumnitzera</i>
<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	Acanthaceae	<i>Avicennia</i>
<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz	Lecythidaceae	<i>Barringtonia</i>
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. ex Corrêa	Malvaceae	<i>Thespesia</i>

ตารางที่ 2 จำนวนต้นไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ในแปลงศึกษา

Plot	Number of trees (trees)	Average Diameter (cm)	Average altitude (m)
1	78	13.35±3.16	10.63±2.87
2	37	15.41±5.76	9.41±2.62
3	47	15.90±4.48	7.76±1.48
4	27	13.09±3.29	5.54±0.96
5	49	13.54±3.75	7.91±1.81
6	48	16.80±5.23	8.06±1.81
Total/Average	286	14.68±4.28	8.22±1.93

1.2 จำนวนต้นไม้ทั้ง 6 แปลง ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 มีจำนวนต้นไม้ของแต่ละแปลงดังนี้ แปลงที่ 1 จำนวน 78 ต้น แปลงที่ 2 จำนวน 37 ต้น แปลงที่ 3 จำนวน 47 ต้น แปลงที่ 4 จำนวน 27 ต้น แปลงที่ 5 จำนวน 49 ต้น แปลงที่ 6 จำนวน 48 ต้น รวมทั้งหมด 286 ต้น หรือ 76.26 ต้นต่อไร่

1.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของไม้ใหญ่ในแปลงที่ศึกษา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 14.68±4.28 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 8.22±1.93 เมตร

1.4 ค่าดัชนี ค่าดัชนีความสำคัญคำนวณจากผลรวมของความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์และความเด่นสัมพัทธ์ซึ่งชนิดพันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง แสดงว่าไม้นั้นเป็นไม้เด่น ค่าดัชนีความสำคัญของไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือพบว่ามีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ฝาดดอกขาว โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 77.76, 76.36, 62.04 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน

Scientific name	relative density (%)	relative frequency (%)	relative dominance (%)	Importance Index (%)
<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	36.71	21.05	20.00	77.76
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	35.31	21.05	20.00	76.36
<i>Lumnitzera racemosa</i> Willd.	15.73	26.31	20.00	62.04
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. ex Corrêa	3.14	10.52	20.00	33.66
<i>Rhizophora apiculata</i> Blume.	7.34	15.79	10.00	33.13
<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz	1.74	5.26	10.00	17.00
Total	100	100	100	

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าดัชนีความสำคัญคำนวณจากผลรวมของความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ซึ่งชนิดพันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง แสดงว่าไม้นั้นเป็นไม้เด่น ค่าดัชนีความสำคัญของไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือพบว่ามีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ฝาดดอกขาว โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 77.76, 76.36, 62.04 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

2. ปริมาณมวลชีวภาพสะสม

2.1 ปริมาณมวลชีวภาพสะสมจากแปลงตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 6 แปลง ภายในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 37,890.45

กิโลกรัมหรือ 37.89 ตัน คิดเป็น 10.10 ตันต่อไร่ โดยแปลงตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 10,314.03 กิโลกรัม หรือ 10.31 ตัน แปลงตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 6,391.24 กิโลกรัม หรือ 6.39 ตัน แปลงตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 6,460.69 กิโลกรัม หรือ 6.46 ตัน แปลงตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 1,748.77 กิโลกรัม หรือ 1.74 ตัน แปลงตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 5,105.89 กิโลกรัม หรือ 5.10 ตัน และแปลงตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม 7,869.82 กิโลกรัม หรือ 7.86 ตัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนสะสม

Plots	Accumulation of biomass (Kg)	Accumulation of biomass (tons)	Carbon accumulation (Kg)	Carbon accumulation (tons)
1	10,314.03	10.31	4,847.59	4.85
2	6,391.24	6.39	3,003.88	3.00
3	6,460.69	6.46	3,036.53	3.04
4	1,748.77	1.75	821.92	0.82
5	5,105.89	5.11	2,399.77	2.40
6	7,869.82	7.87	3,698.82	3.70
Total	37,890.45	37.89	17,808.51	17.81

2.2 ปริมาณคาร์บอนสะสมจากแปลงตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 6 แปลง ภายในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช มีปริมาณคาร์บอนสะสม 17,808.51 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 17.81 ตันคาร์บอน โดยแปลงตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 4,847.59 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 4.85 ตันคาร์บอน แปลงตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 3,003.88 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 3.00 ตันคาร์บอน แปลงตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 3,036.53 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 3.04 ตันคาร์บอน แปลงตัวอย่างที่ 4 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 821.92 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 0.82 ตันคาร์บอน แปลงตัวอย่างที่ 5 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 2,399.77 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 2.40 ตันคาร์บอน และแปลงตัวอย่างที่ 6 มีปริมาณคาร์บอนสะสม 3,698.82 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 3.70 ตันคาร์บอน (ดังตารางที่ 4)

3. ปริมาณมวลชีวภาพสะสมรวมและจำนวนปริมาณคาร์บอนสะสมรวม

ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 นครศรีธรรมราช มีเนื้อที่ป่าชายเลนทั้งหมด 18 ไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพสะสมในพื้นที่ทั้งหมดของเท่ากับ 181,874.15 กิโลกรัมหรือ 10,104.12 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณคาร์บอนสะสมในพื้นที่ เท่ากับ 85,480.85 กิโลกรัมคาร์บอนหรือ 4.75 ตันคาร์บอนต่อไร่

ตารางที่ 5 ปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนสะสม

Accumulation of biomass (tons per rai)	Carbon accumulation (tons per rai)
10.10	4.75

สรุปและอภิปรายผล

ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลนในพื้นที่มีพันธุ์ไม้ จำนวน 6 ชนิด 5 วงศ์ เป็นไม้ใหญ่ ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก ฝาดดอกขาว แสมทะเล จิกทะเล โพธิ์ทะเล พันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด คือ แสมทะเล และพันธุ์ไม้ที่พบน้อยที่สุด คือ จิกทะเล ค่าดัชนีความสำคัญของไม้ยืนต้นในพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดรองลงมา ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ ฝาดดอกขาว โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 77.67, 76.36, 62.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sribut et al. [10] ได้ประเมินความสามารถการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น และศึกษาปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า ณ ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 6 ชนิด 3 วงศ์ 4 สกุล โดยชนิดไม้ที่พบมากที่สุดมีลักษณะคล้ายคลึงกับวิจัยนี้ ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ยืนต้น เท่ากับ 405 ต้นต่อไร่ โดยโกงกางใบเล็กมีค่าความหนาแน่นมากที่สุด เท่ากับ 300 ต้นต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว แสมทะเล ตะบูนดำ และถั่วขาว มีค่าเท่ากับ 79, 23, 1, 1 และ 1 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งพืชพรรณที่พบจะคล้ายคลึงกับผลการวิจัยของ Tomkham [11] ที่ศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนและประเภทพืชชายเลนที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชายเลน บริเวณป่าชายเลนคลองโคก โดยทำการเก็บตัวอย่าง ใบพืชในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 พบว่า มีพรรณไม้จำนวน 4 วงศ์ 5 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว ลำพู และตะบูนขาว โดยทำการเก็บตัวอย่าง ใบพืชในเดือนมิถุนายน 2560 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ลำพู มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงสุด เท่ากับร้อยละ 40.51 ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และแสมขาว มีปริมาณคาร์บอนสะสม เท่ากับร้อยละ 39.26, 39.09 และ 39.08 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนสะสมน้อยที่สุด คือ ตะบูนขาว เท่ากับร้อยละ 36.58 ของน้ำหนักแห้ง ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ลำพู มีปริมาณคาร์บอนสะสมสูงสุด เท่ากับร้อยละ 40.52 น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ ตะบูนขาว และแสมขาว เท่ากับร้อยละ 39.63, 37.75 และ 36.32 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนสะสมน้อยที่สุด คือ โกงกางใบเล็ก เท่ากับร้อยละ 36.07 ของน้ำหนักแห้ง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของไม้ยืนต้นในพื้นที่ พบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ย 14.68 เซนติเมตรและ 8.22 เมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้ใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Meepol [12] ได้ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ย 10.13 เซนติเมตร และ 12.05 เมตร ตามลำดับ

ปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดในพื้นที่ 18 ไร่ เท่ากับ 4.75 ตันคาร์บอนต่อไร่หรือเท่ากับ 4,748.94 กิโลกรัมต่อไร่และมีปริมาณมวลชีวภาพสะสมทั้งหมด 10.10 ตันต่อไร่หรือเท่ากับ 10,104.12 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Rakjarern et al. [13] ที่พบว่า มวลชีวภาพในเขตกันชน พื้นที่สงวน ชีวมณฑลระนอง รวมทั้งหมด 25 ตันต่อไร่ จำแนกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 16.99 ตันต่อไร่ และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน 8.01 ตัน/ไร่ โดยต้นโกงกางใบเล็ก มีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด คือ 21.06 ตันต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 9.90 ตันต่อไร่ และการดูดซับ คาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศ 36.30 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ซึ่งมีน้อยกว่าผลการวิจัยของ Sribut et al. [10] ที่พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 37.58 ตันต่อไร่ โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 25.54 ตันต่อไร่มวลชีวภาพใต้พื้นดินเท่ากับ 12.04 ตันต่อไร่ เนื่องจากศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีองค์ประกอบของสังคมพืช ความหนาแน่นของหมู่ไม้ที่สูงมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

- 1.1 ควรมีการเก็บข้อมูลบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่าง
- 1.2 ควรมีการมีการปลูกไม้ป่าชายเลนหลากหลายชนิดเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้ชนิดไม้ในพื้นที่ศึกษาเพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในพืชป่าชายเลน ควรมีการเว้นระยะสัก 1-2 ปี ก่อนจะดำเนินการศึกษาครั้งต่อไปจึงจะเกิดปริมาณคาร์บอนสะสมเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นไม้ต้องอาศัยระยะเวลาในการเก็บกักคาร์บอน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., and Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293-297.
- [2] Department of Marine and Coastal Resources. (2013). *The Knowledge of mangrove*. Handbook (6th ed.). Bangkok: Ployjean Media. Inc. (in Thai).
- [3] United Nations Environment Programme. (2023). *Decades of mangrove forest change: What does it mean for nature, people and the climate?* UNEP, Nairobi.
- [4] Department of Marine and Coastal Resources. (2020). *Mangrove forest*. https://km.dmcg.go.th/c_11/d_19697 (in Thai).
- [5] Department of Marine and Coastal Resources. (2018). *Mangrove forest area in Nakhon Si Thammarat Province*. <https://www.dmcg.go.th/detailAll/24220/nws/141> (in Thai).
- [6] Rattanasiri, K. (2007). *Manual of management of mangrove forest protection area and aquatic conservation*. Bangkok: Mangrove Forest Resource Development Station 5 (Chonuri). Department of Marine and Coastal Resources. (in Thai).
- [7] Komiyama, A., and Ogino, K. (1987). Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. 1. estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. *Journal of Tropical Ecology*, 3, 97-108.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2008). *2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories- A primer*. In S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (Eds). pp. 1-20. Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa: Japan.
- [9] Kutintara, U. (1999). *Ecology fundamental basics in forestry*. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok (Thailand).
- [10] Sribut, S., Sunthornhao, P., and Diloksumpun, S. (2020). Valuation of carbon stock and utilization of non-timber forest products at the sirinart rajini ecosystem learning center. *Thai Journal of Forestry*, 39(2), 41-51. (in Thai).

- [11] Tomkham, N. (2018). *Mangrove plant community and carbon sequestration: A case study of klong kone, muang district, samut songkram province* [Unpublished master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai).
- [12] Meepol, W. (2010). Carbon sequestration of mangrove forests at ranong biosphere reserve. *Journal of Forest Management*, 4(7), 33-47. (in Thai).
- [13] Rakjareem, S., Sunthornhao, P., Suanpaka, W., and Meepol, W. (2017). Use value of mangrove forest and carbon stock in buffer zone of ranong biosphere reserve. *Thai Journal of Forestry*, 36(1), 58-67. (in Thai).