วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 5 (1): 53–64 (2564)

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล)

ประนอม ชุมเรียง[1] นันทิกานต์ ปะดุกา[1] และ ณัฐกาญดา ด้วงอ่อน[2*]

รับต้นฉบับ: 25 มีนาคม 2564 ฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2564 รับลงพิมพ์: 17 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนนับว่าเป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบางและยากที่จะฟื้นฟูหากถูกรบกวน วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการทราบลักษณะโครงสร้าง พลวัต และการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนภายหลังการฟื้นฟูตามธรรมชาติ บริเวณศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) โดยวางแปลงถาวรแบบแถบ ขนาด 20 x 500 เมตร ในปี พ.ศ. 2556 ติดเบอร์และวัดขนาดต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ทำการติดตามและวัดซ้ำทุก ๆ 2 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2556 - 2562

ผลการศึกษา พบพรรณไม้ในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ มีพื้นที่หน้าตัดและความหนาแน่นเท่ากับ 27.35 ตารางเมตรต่อแฮกแตร์ และ 1,016 ต้นต่อแฮกแตร์ ตามลำดับ มีความหลากหลายพรรณพืชค่อนข้างต่ำ (Shannon-Wiener, H/, เท่ากับ 1.39) โดยวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) มีจำนวนชนิดและความหนาแน่นมากที่สุดคือ 7 ชนิด และ 525 ต้นต่อแฮกแตร์ ตามลำดับ พลวัตป่าชายเลนมีความผันแปรตามช่วงเวลาและชนิดไม้ ความหนาแน่นของไม้ป่าชายเลนมีแนวโน้มลดโดยมีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ย (0.13±0.22 และ 5.66 ±0.69 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ) ชนิดไม้ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) มีอัตราการตายมากที่สุด ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลนเฉลี่ยเท่ากับ 278±33.62 ตันต่อแฮกแตร์ และมีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย เท่ากับ 130.73 ±15.83 ตันคาร์บอนต่อแฮกแตร์ โดยชนิดไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด (189.22 ตันต่อแฮกแตร์) แสดงให้เห็นว่า โกงกางใบเล็กมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีศักยภาพสูงในการคัดเลือกมาใช้ปลูกเพื่อฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ รวมถึงเป็นการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนเพื่อช่วยลดผลกระทบและการปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การกักเก็บคาร์บอน การฟื้นฟูป่าชายเลน

[1]ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) กองอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สตูล 91100
[2]ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
***ผู้รับผิดชอบบทความ**: E-mail: nattakarnda.d@ku.th

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 5 (1): 53–64 (2564)

ORIGINAL ARTICLE

Structural and Dynamics of Mangrove Forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun)

Pranom Chumriang [1] Nanthikan Paduka[1] and Nattakarnda Duangon[2]

Received: 25 March 2021 Revised: 14 May 2021 Accepted: 17 May 2021

ABSTRACT

Mangrove forest is the fragile ecosystem and difficult to restore after disturbed. This study aimed to clarify the mangrove forest structure, dynamics and carbon sequestration after natural forest restoration at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun). In 2013, a 1-ha transect permanent plot, 20 m x 500 m, was established. All trees with diameter at breast height over 4.5 cm were tagged, measure, and identified. Tree monitoring was done every 2-year during the 2013 to 2019.

The results showed that tree species in 2019 of total 11 species 6 genera and 4 families were found. The total basal area and density were 27.35 $m^2.ha^{-1}$ and 1,016 individusl.ha^{-1}, respectively. Plant diversity was quite low based on Shannon-Wiener index ($H^{/}$ = 1.39). Family of Rhizophoraceae is the most dominance family which had highest species number and tree density (7 species and 525 individual.ha^{-1}, respectively). Mangrove forest dynamics varied among periods and species. Tree density had decreased trended which related on high average mortality rate than increment rate (0.13±0.22 and 5.66 ±0.69 %.y^{-1}, respectively). The species of *Bruguiera parviflora* had the highest mortality rate. The above-ground biomass and carbon sequestration in mangrove forests were 278±33.62 ton.ha^{-1} and 130.73 ±15.83 tc.ha^{-1}, respectively. The species of *Rhizophora apiculata* had the highest above-ground biomass (189.22 ton.ha^{-1}). Indicating this species had well growth and high efficiency to select for planting in the mangrove restoration program of Thailand. In addition, these strategies can increase carbon storage in the mangrove forest which may support the mitigation and adaptation on climate change in national and international levels.

Key words: above ground biomass, carbon sequestration, mangrove forest restoration

[1] Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun), Office of Mangroves Conservation, Department of Marine and Coastal Resources, Satun 91100

[2] Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

***Corresponding author**: E-mail: nattakarnda.d@ku.th

คำนำ

ป่าชายเลนมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งของป่าเขตร้อน ซึ่งเป็นป่าที่เกิดบริเวณแนวเชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกกับระบบนิเวศทางน้ำ จึงมีลักษณะที่แตกต่างไปจากป่าบกประเภทอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะลักษณะโครงสร้างป่าและระบบนิเวศป่าชายเลน ป่าชายเลนมีการกระจายทั่วไปตามบริเวณที่มีน้ำทะเลท่วมถึงผสมรวมกับน้ำจืดกลายเป็นน้ำกร่อย (Brackish water) มีช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดชัดเจน รวมถึงปัจจัยภูมิประเทศชายฝั่งทะเลที่แตกต่างระหว่างพื้นที่จึงทำให้โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืชป่าชายเลนมีความแตกต่างกัน (Aksornkoae, 1989)

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงช่วยรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม ป้องกันการกัดเซาะพังทลายของดินบริเวณชายฝั่งทะเล ช่วยลดความรุนแรงของลมและความเร็วจากกระแสน้ำ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำที่สำคัญ เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน เนื่องจากไม้ในป่าชายเลนมีอัตราการสังเคราะห์สูงสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Hongxiao *et al*., 2013) นอกจากนี้ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งพลังงาน แหล่งวัตถุดิบไม้ใช้สอยก่อสร้างในครัวเรือน และเป็นแหล่งพืชผักสมุนไพร รวมถึงเป็นแหล่งยังชีพและสร้างรายได้ของประชาชนในพื้นที่ที่ประกอบอาชีพการทำประมงขนาดเล็กและการเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่งอีกด้วย แต่ในปัจจุบันนี้พื้นที่ป่าชายเลนจำนวนมากถูกทำลายจากการบุกรุกเข้าไปลักลอบตัดไม้ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้รับอนุญาต เช่น การสร้างท่าเทียบเรือ การสร้างแหล่งชุมชน การก่อสร้างสาธารณูปโภค และการจัดเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวชายทะเล เป็นต้น การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนส่งผลกระทบต่อปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในปัจจุบันเนื่องจากขาดต้นไม้ช่วยในการยึดดิน และส่งผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตขั้นปฐมภูมิในรูปมวลชีวภาพพืชและกำลังผลิตไม้เพื่อใช้ประโยชน์หรือปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้มีปริมาณลดลง (Rattanakhoch & Phatthumrong, 2016)

สำหรับป่าชายเลนของศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่6 (สตูล) ในอดีต ระหว่างปี พ.ศ. 2529 -2538 เคยเป็นป่าชายเลนที่มีการอนุญาตให้ทำสัมปทาน ทำให้โครงสร้างป่าถูกรบกวนและเสื่อมสภาพลงเป็นอย่างมาก เมื่อยกเลิกสัมปทานป่าไม้ในปีพ.ศ. 2539 แล้วจึงปล่อยให้ฟื้นฟูหรือมีการทดแทนตามธรรมชาติ มีระยะเวลาประมาณเกือบ 20 ปี สังคมพืชมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ดังนั้น การวางแปลงตัวถาวรสำหรับวิจัยนิเวศระยาว (Long-term ecological research) จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อช่วยในการติดตาม (Monitoring) การเปลี่ยนแปลงด้านพลวัตของป่าชายเลน อย่างไรก็ตามการศึกษานิเวศระยะยาวของป่าชายเลนยังมีการศึกษาไม่มากนัก จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องศึกษาพลวัตของป่าชายเลน เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลเชิงปริมาณด้านนิเวศวิทยาป่าชายเลนภายหลังการฟื้นตัวตามธรรมชาติ เนื่องจากเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้สำหรับการฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ ให้กลับมาสู่สภาพเดิมในอนาคต และใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการใช้ทรัพยากรป่าชายเลนทั้งทางตรงและ

ทางอ้อมให้เกิดความยั่งยืน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าชายเลน และติดตามพลวัตป่าชายเลน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บคาร์บอน เมื่อประเมินจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ภายหลังการทดแทนตามธรรมชาติของป่าชายเลน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) มีพื้นที่ 118,452.21 ไร่ ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลตำมะลัง อำเภอเมือง จังหวัดสตูล ซึ่งอยู่ใต้สุดของประเทศไทยด้านฝั่งมหาสมุทรอินเดีย พื้นมีลักษณะลาดเอียงลงสู่ทะเล มีพื้นที่ราบ ขนานไปกับชายฝั่งทะเลและถัดลงไปเป็นป่าชายเลน (Office of Mangroves Conservation, 2009) สภาพอากาศแบบร้อนชื้น มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน และฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม –ธันวาคม โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.28 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 2,279.7 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีร้อยละ 80

การเก็บข้อมูล

1. ในปี พ.ศ. 2556 ดำเนินการสร้างแปลงตัวอย่างถาวร (Permanent plot) ขนาด 1 แฮคแตร์ (20 m x 500 m) ในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง บริเวณป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลน 6 (สตูล) (Figure 1) จากนั้นทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร รวมทั้งหมด 100 แปลงย่อย

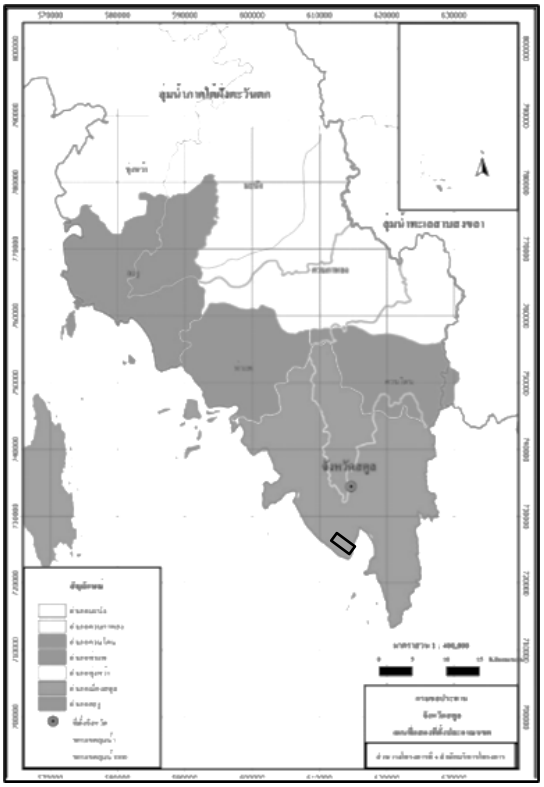

Figure 1 Study area and a permanent plot (▭) of 20 m x 500 m at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

2. สำรวจชนิดไม้ในแปลงถาวร ด้วยการติดเบอร์ต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากผิวดิน หรือระดับความสูง 20 เซนติเมตร เหนือคอรากสำหรับชนิดไม้ที่มีรากค้ำยัน วัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้โดยใช้เสาวัดความสูงซึ่งทำด้วยท่อ PVC ความยาว 6 เมตร และระบุชนิดที่พบทั้งหมดในแปลงสำรวจ รวมถึงทำการเก็บตัวอย่างชนิดไม้ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้เพื่อมาเปรียบเทียบกับชนิดไม้ที่ระบุชนิดแล้วของ หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช

3. ทำการติดตาม (Monitoring) ข้อมูลพรรณไม้ในแปลงถาวรทุก ๆ 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ 2562 ในช่วงต้นฤดูฝน (ระหว่างเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม) โดยบันทึกชนิดที่เพิ่มจำนวนเข้ามาใหม่และต้นเดิมที่ตาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ดัชนีค่าความสำคัญ (Importance value index, IVI) ซึ่งเป็นค่าที่ให้เห็นถึงการแสดงออกของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งในการครอบครองพื้นที่นั้น โดยอ้างอิงการคำนวณตาม Marod & Kutintara (2009) ซึ่ง IVI เป็นค่าที่ได้จากการรวมค่าความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo) เข้าด้วยกัน หรือ IVI= RF + RD + RDo

2. ดัชนีความหลากหลาย (diversity index) โดยใช้สมการ Shannon- Wiener index (H′) (Shannon & Weaver, 1949) คำนวณได้ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} (Pi)\ln(Pi)$$

เมื่อ H′ = ค่าดัชนีความหลากหลาย

P_i = สัดส่วนของจำนวนชนิดที่ i (n_i) ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (N) เมื่อ i = 1, 2, 3,…,s

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในพื้นที่

3. อัตราการเพิ่มจำนวน (Recruitment rate) และอัตราการตาย (Mortality rate) ตามสูตร Sherman *et al*. (2012) ดังนี้

$$\text{Mortality rate} = \frac{100\ x\ (ln(N_0) - ln\ (N_s))}{t}$$

$$\text{Recruitment rate} = \frac{100\ x\ (ln(N_t) - ln\ (N_s))}{t}$$

เมื่อ N_0 = จำนวนต้นไม้เมื่อเริ่มทำการศึกษา (t_0)

N_s = จำนวนต้นไม้ที่รอดตามในช่วงเวลาที่ทำการติดตาม (t)

N_t = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดเมื่อเวลาติดตาม (t)

t = ช่วงเวลาในการติดตาม

นำอัตราการเพิ่มจำนวนและอัตราการตายของไม้แต่ละชนิด มาสร้างกราฟเพื่อพิจารณาการตั้งตัวของชนิดไม้ในป่าชายหาดที่มีการทดแทนตามธรรมชาติ นช่วงระยะเวลา 6 ปี

4. ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ใช้การคำนวณตามสมการ Allometric ของ Komiyama *et al*. (1987) ดังนี้

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

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

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

$$W_T = W_s + W_b + W_l$$

เมื่อ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

5. ปริมาณคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีการแปรผันระหว่างชนิดพรรณไม่มากนัก ซึ่ง IPCC (2006) กำหนดให้ค่า Default value ของปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ

มีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง สามารถหาปริมาณคาร์บอนได้ดังนี้

$$C = W_T (0.47)$$

เมื่อ C = ปริมาณคาร์บอน (ตันคาร์บอน)

W_T = มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)

ผลการศึกษา

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้

ผลการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) ในปี พ.ศ. 2562 พบจำนวนต้นไม้ทั้งหมด 1,016 ต้น และมีพื้นที่หน้าตัดต้นไม้ 27.35 ตารางเมตรต่อแฮกแตร์ จำแนกได้ 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ โดยวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) มีจำนวนชนิดมากที่สุดถึง 7 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) มีจำนวน 2 ชนิด วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และวงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) มีวงศ์ละ 1 ชนิดเท่ากัน (Figure 2) ขณะที่ความหนาแน่นของต้นไม้นั้นยังคงพบว่าวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) มีความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 843 ต้นต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และวงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) มีค่าเท่ากับ 142, 22 และ 9 ต้นต่อแฮกแตร์ ตามลำดับ (Figure 3) พรรณไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญ (IVI) พบว่า โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) เป็นชนิดที่มีดัชนีค่าความสำคัญ สูงที่สุด (146.17 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) มีดัชนีค่าความสำคัญอยู่ระหว่าง 35-45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ มีค่าดัชนีความสำคัญน้อยกว่าร้อยละ 25 ด้านความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนในภาพรวมมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener เท่ากับ 1.39 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ พรรณไม้ที่พบภายหลังการทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ศึกษานี้ถือได้ว่าเป็นชนิดไม้ป่าชายเลนที่แท้จริงทั้งหมด (True mangrove) สอดคล้องกับรายงานของ Bunyavejchevin & Buasalee (2011) อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนที่พบมีค่าน้อยกว่าความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนที่มีการรายงานในประเทศไทยเป็นอย่างมาก (Office of Mangroves Conservation. 2008) อาจเนื่องจากเป็นป่าชายเลนที่อยู่ระหว่างการทดแทนในระยะเวลาไม่มาก (ประมาณ 25 ปี) ประกอบกับปัจจัยแวดล้อมอาจไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของชนิดไม้อื่น ๆ จึงทำให้พบความหลากหลายค่อนข้างน้อย ขณะที่ลักษณะทางด้านจำนวนชนิดและความหนาแน่นของวงศ์เด่นส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ในวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) สอดคล้องกับ รายงานของ Prathip & Jintana (2013) ที่ได้ทำการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนบ้านสามช่องใต้ จังหวัดพังงา

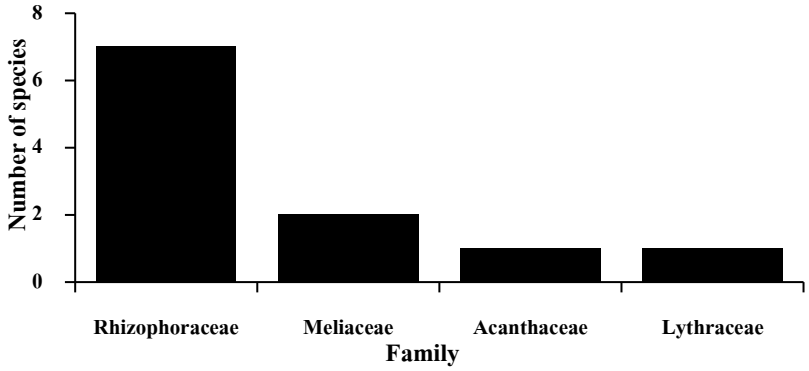

Figure 2 Number of plant species in each family of mangrove forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

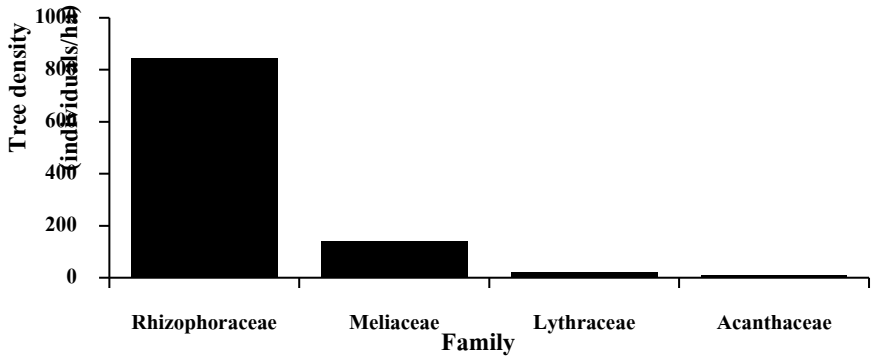

Figure 3 Tree density in each family of mangrove forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

2. พลวัตป่าชายเลน

พบว่าพื้นที่หน้าตัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มเข้ามาใหม่มากกว่าการสูญเสียพื้นที่หน้าตัด โดยเฉพาะในช่วง 4 ปีแรกที่การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดประมาณ 2 เท่าของการสูญเสีย แต่ในช่วง 4 ปีหลัง (ค.ศ. 2013 – 2017 หรือ พ.ศ. 2556 - 2563) พื้นที่หน้าตัดเริ่มลดลงเล็กน้อย (27.87 และ 27.35 ตารางเมตรต่อแฮกแตร์) เมื่อพิจารณาในภาพรวมช่วงระยะเวลา 6 ปี มีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 27.06 ± 0.29 ตารางเมตรต่อแฮกแตร์ (Table 1) ขณะที่ความหนาแน่นต้นไม้มีแนวโน้มลดลงทุกช่วงเวลาที่ทำการติดตาม สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านอัตราการตาย (Mortality rate) ที่มีค่าสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวน (Recruitment rate) ประมาณ 5- 6 เท่าตัว ในทุกช่วงเวลา (Table 1) โดยอัตราการตายและอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ยในช่วง 6 ปี เท่ากับ 5.66±0.69 และ 0.13±0.22 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงด้านความหลากชนิดนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มจำนวนและอัตราการตายของชนิดไม้ในสังคมพืชป่าชายเลนฟื้นฟู พบว่ามีความแปรผันตามช่วงเวลาและชนิดไม้ โดยถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) เป็นชนิดไม้ที่มีอัตราการตายสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 50.48 เปอร์เซ็นต์ต่อปี รองลงมา คือ แสมดำ (*Avicennia officinalis*) และตะบูนขาว

(*Xylocarpus granatum*) มีค่าเท่ากับ 21.65 และ 18.31 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ (Figure 4 A) ส่วนชนิดไม้ที่มีอัตราการตายน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora muconata*) ลำพูทะเล (*Sonneratia alba*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โปรงแดง (*Ceriops tagol*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) (Figure 4 B)

Table 1 The mangrove forest dynamics during 2013 - 2019 at mangrove forest Resources Research Center 6 (Satun): mean ± standard deviation.

	2556	**2558**	**2560**	**2562**	**2556-2562**
BA($m^2.ha^{-1}$)	25.44	27.56	27.87	27.35	27.06 ± 0.29
Loss($m^2.ha^{-1}$)	2.05	1.79	2.45		5.72
Gain ($m^2.ha^{-1}$)	4.18	2.09	1.94		7.64
Density ($ind.ha^{-1}$)	1416	1278	1155	1016	
Recruitment ($\%.yr^{-1}$)	0.39	0.00	0.00		0.13±0.22
Mortality ($\%.yr^{-1}$)	5.52	5.06	6.41		5.66±0.69
Species number	11	11	11	11	
Biomass ($ton.ha^{-1}$)	239.81	263.55	317.02	292.21	

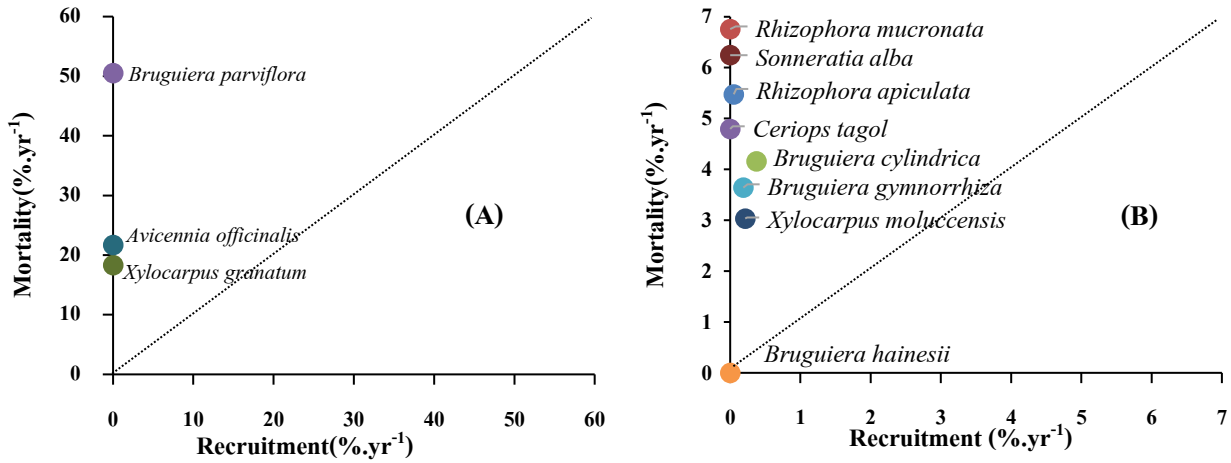

Figure 4 The relationships between recruitment and mortality rate during the 6-year period (2013-2019) which divided into two classes; above 15 % (A) and below 15 % (B), respectively.

การที่พบชนิดไม้ถั่วดำ ถั่วขาวและตะบูนดำ มีอัตราการตายสูงมากนั้นอาจเนื่องจากในระยะแรกพื้นที่เปิดโล่งและอิทธิพลการท่วมถึงของน้ำทะเลค่อนข้างน้อย ชนิดไม้ทั้งสามชนิดนี้เป็นพืชที่

ขึ้นอยู่ในบริเวณดินเลนแข็ง และระดับค่อนข้างสูง มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นบางครั้งคราวจึงเข้ามาตั้งตัวและมีความหนาแน่นสูงมากในช่วงแรกของการทดแทน ส่งผลต่อการแก่งแย่งอาหารหรือมีปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของชนิดไม้โดยเฉพาะอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงที่เกิดบ่อยครั้งมากขึ้น (Office of Mangroves Conservation, 2009) จนทำให้เกิดการตายสูงมากระหว่าง 15 -50 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

3. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอน

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลนทดแทนตามธรรมชาติ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 4 ปีแรกและลดลงในช่วงเวลาต่อมา (Table 2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 278.14± 33.62 ตันต่อแฮกแตร์ สอดคล้องกับการเพิ่มมวลชีวภาพของชนิดไม้ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 189.22 ตันต่อแฮกแตร์ รองลงมาคือ ลำพูทะเล (*Sonneratia alba*) ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) แสมดำ (*Avicennia officinalis*) พังกา-ถั่วขาว (*Bruguiera hainesii*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) และโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ตามลำดับ

ปริมาณมวลเหนือพื้นดินในป่าชายเลนทดแทนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 มีปริมาณสูงกว่ารายงานการศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนอื่น ๆ ของประเทศไทย ที่พบมีค่าอยู่ระหว่าง 113.70 และ 108 ตันต่อแฮกแตร์ (Pattanasing, 2012; Phongsuksawat, 2002) แสดงให้เห็นว่า การเติบโตของพรรณพืชป่าชายเลนทดแทนในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้มีการเติบโตที่ดีมาก โดยเฉพาะโกงกางใบเล็กและแสมดำซึ่งเป็นพรรณไม้เด่นในช่วงระยะการทดแทนพืชป่าชายเลน ดังนั้นการคัดเลือกชนิดไม้โกงกางใบเล็กและลำพูทะเลเพื่อการฟื้นฟูป่าชายเลนอาจช่วยทำให้การฟื้นสภาพสิ่งแวดล้อมและการคืนกลับสู่สภาพป่าชายเลนดั้งเดิมเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนของไม้ป่าชายเลนมีความสอดคล้องกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 130.73 ± 15.83 ตันคาร์บอนต่อแฮกแตร์ เมื่อพิจารณาการกักเก็บคาร์บอนในระดับชนิดไม้ พบว่าโกงกางใบเล็ก มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด 88.93 ตันคาร์บอนต่อแฮกแตร์ รองลงมาคือ ลำพูทะเล ตะบูนดำ ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง แสมดำ ถั่วขาว โปรงแดง ตะบูนขาว ถั่วดำ และโกงกางใบใหญ่ ตามลำดับ (Table 3) การกักเก็บคาร์บอนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับพลวัตป่าชายเลน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดและองค์ประกอบของพรรณไม้ จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของ Nueangjamnong *et al*. (2015) ในป่าชายเลนอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พบว่ามีค่าน้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับป่าธรรมชาติอื่น ๆ จากรายงานของ Diloksomphan (2007) พบว่าป่าเกือบทุกประเภทมีการกักเก็บคาร์บอนน้อยกว่าป่าชายเลนที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

Table 2 Above ground biomass of mangrove tree species during 2013 – 2019 at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

Species	Above ground biomass (ton.ha^{-1})			
	2013	**2015**	**2017**	**2019**
Rhizophora apiculata	136.41	157.42	174.46	189.22
Sonneratia alba	34.91	37.42	75.03	41.99
Xylocarpus moluccensis	18.49	19.33	21.03	21.04
Bruguiera cylindrica	16.32	18.53	19.58	19.98
Bruguiera gymnorrhiza	12.75	14.08	14.97	14.58
Avicennia officinalis	6.57	5.89	5.54	3.98
Bruguiera hainesii	0.28	0.34	0.43	0.46
Xylocarpus granatum	0.28	0.32	0.37	0.27
Ceriops tagal	0.27	0.23	0.25	0.26
Bruguiera parviflora	13.41	9.81	5.13	0.23
Rhizophora mucronata	0.13	0.17	0.23	0.22
Total	**239.81**	**263.55**	**317.02**	**292.21**

Table 3 Carbon sequestration of mangrove tree species during 2013 – 2019 at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

Species	Carbon sequestration (tonC.ha^{-1})			
	2013	**2015**	**2017**	**2019**
Rhizophora apiculata	64.11	73.99	81.99	88.93
Sonneratia alba	16.41	17.59	35.26	19.73
Xylocarpus moluccensis	8.69	9.09	9.88	9.89
Bruguiera cylindrica	7.67	8.71	9.20	9.39
Bruguiera gymnorrhiza	5.99	6.62	7.04	6.85
Avicennia officinalis	3.09	2.77	2.60	1.87
Bruguiera hainesii	0.13	0.16	0.20	0.22
Xylocarpus granatum	0.12	0.11	0.12	0.13
Ceriops tagal	0.13	0.15	0.17	0.12
Bruguiera parviflora	6.30	4.61	2.41	0.11
Rhizophora mucronata	0.06	0.08	0.11	0.10
Total	**112.71**	**123.87**	**149.00**	**137.34**

แสดงให้เห็นว่า ป่าชายเลนถือได้ว่าเป็นป่าที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้ดีมาก ดังนั้น หากมีการฟื้นฟูป่าชายเลนได้เพิ่มมากขึ้นก็เป็นการเพิ่มการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ จากบรรยากาศทำให้สามารถลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (Nueangjamnong *et al*., 2015)

สรุป

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายลนที่ 6 มีพรรณไม้ทั้งหมด 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ มีความหนาแน่นรวมและพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 1,016 ต้นต่อเฮกแตร์ และ27.35 ตารางเมตรต่อแฮกแตร์ ตามลำดับ โดยวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) เป็นวงศ์ที่มีชนิดและความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุด ชนิดไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีความหนาแน่นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กมีการสืบต่อพันธุ์ที่ดีเมื่อเทียบกับชนิดไม้ป่าชายเลนอื่น ๆ ในพื้นที่

2. พลวัตป่าชายเลน

พลวัตป่าชายเลนมีความผันแปรไปตามช่วงเวลาและชนิดพืช ความหนาแน่นของต้นไม้ในป่าชายเลนมีแนนวโน้มลดลง เนื่องจากอัตราการตายเฉลี่ย ตลอดช่วงเวลาการศึกษามีค่าสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ย อย่างไรก็ตามก็มีความผันผวนระหว่างค่าดังกล่าวโดยเฉพาะในช่วง 2 ปีแรก ชนิดไม้ที่มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) แสดงให้เห็นว่าถั่วดำมีการสืบต่อพันธุ์ที่ไม่ดีนักในพื้นที่ ขณะที่ชนิดไม้ที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*)

3. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนแปรผันไปตามช่วงเวลาและแตกต่างกันในแต่ละชนิด โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) เป็นชนิดที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด

โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) มีการแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่ค่อยเหมาะสม เนื่องจากอัตราการตายสูงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ในพื้นที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และตลอดระยะเวลา 6 ปี อัตราการเพิ่มจำนวนเข้ามาในพื้นที่น้อยมาก อาจเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการสืบต่อพันธุ์และการตั้งตัวของกล้าไม้ ดังนั้น ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมที่จำกัดในพื้นที่ร่วมด้วย เพื่อหาแนวทางจัดการและฟื้นฟูที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

Aksornkoae, S. 1989. **Mangroves: Ecology and management.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Bunyavejchevin, S & R. Buasalee. 2011. **Mangroves: Ecology and plant.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Diloksomphan, S. 2007. Forest carbon sequestration and global warming. **Thai Journal of Soil and Water Conservation** 22 (3): 40-49. (in Thai)

Hongxiao, L., R. Hai, H. Dafeng, W. Wenqing, L. Baowen & C. Qingxian. 2013. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. **Journal of Environmental Management.** 133: 86-93

IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** International Panel on Climate Change. IGES, Japan.

Komiyama, A., K. Ogino, S. Aksornkoae & 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. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok, Thailand: department of Forest Biology. Faculty of Forestry, Kasetsart University, (in Thai)

Nueangjamnong, P., K. Nakapakorn & S. Kanchanasuntorn. 2015. Estimation of above ground carbon stock of mangrove species using worldview-2 imagery at Mueang district, Chonburi province, Thailand. pp. 137-145. *In* **Proceedings and national research of the 2th of "Create and develop to advance into the ASEAN community**. Nakhon Ratchasima College, Nakhon Ratchasima Province. (in Thai)

Office of Mangroves Conservation. 2008. **Biodiversity in mangrove forests in the Gulf of Thailand and the lower Andaman.** Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok. (in Thai)

Office of Mangroves Conservation. 2009. **Mangrove plants in Thailand.** Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok. (in Thai)

Pattanasing, N. 2012. **Biomass Production, Litterfall and Litter Decomposition Prednai Community Mangrove Forest of Trat Province.** M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Prathip. N. T. & V. Jintana. 2013. Wood utilization and productivity of mangrove forest at Sam Chong Tai village, Phang-nga province. **Journal of Forest Management (Thailand)** 7 (14): 1-11. (in Thai)

Phongsuksawat, P. 2002. **Determination of Tree Biomass in the Mangrove Habitat Study Area, Changwat Phangnga.** M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Rattanakhoch, T. & S. Phatthumrong. 2016. Community structure and current status of mangrove at Tambon Rattaphum in Songkhla, Province. *In* **Proceedings of the 6th National and International Graduate Study Conference.** 11-12 July, 2016. The Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)

Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication.** University of Illinois Press; Illinois, USA.

Sherman, R. E., T. J Fahey, P. H. Martin & J. J. Battles. 2012. Patterns of growth, recruitment, mortality and biomass across an altitudinal gradient in a neotropical montane forest, Dominican Republic. **Journal of Tropical Ecology** 28 (5): 483-95