

ความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลน ในประเทศไทย

ECOLOGICAL EQUILIBRIUM AND PRODUCTIVITY OF MANGROVE FORESTS IN THAILAND

สนธิ	อักษรแก้ว ^๑	Sanit	Aksornkoae ¹
จิตต์	คงแสงไชย ^๒	Jitt	Kongsangchai ²
วิพัทธ์	จินตนา ^๒	Vipak	Jintana ²

ABSTRACT

Ecological equilibrium and productivity of mangrove forest were carried out at Hadsai Khao mangrove forest in Ranong Province by establishing the permanent study plots. Various characteristics of mangroves were investigated including forest structure, growth rate of mangrove trees, natural regeneration and growth of seedlings, biomass of forest above ground (stems, branches, leaves and proproots) and underground (roots), amount of nutrients especially nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium produced by mangrove forest via litter fall. The results of this investigation can be summarized that the mangrove forest at Hadsai Khao in Ranong Province is composed of many vaieties of species and the common species are *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Bruguiera cylindrica*, *B. parviflora*, *Ceriops sp.* and *Xylocarpus granatum*. The occurrance of these species varied from the area at the bank of the river to inland site as defined to species zonation. The study indicates that *Sonneratia* community occupies an area at the bank of river followed by the communities of *Rhizophora*, and *Bruguiera-Ceriops*. *Xylocarpus* community covers an area at the

๑/ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๒/ กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

inland site. Stem density and basal area of each species zonation or each community were different from each others ranging from 500-8,900 trees/rai with basal area ranging from 19-200 m²/rai. The growth rates in diameters of mangrove tree species with diameter exceeding 4 cm varied from species to species with the values of about 0.1-0.7 cm/yr. Natural regeneration is quite abundant with the density of about 32,000 seedlings/rai. The height-growth of mangrove seedlings is about 30-54 cm/yr and diameter-growth above root-collar is between 0.6-1.8 cm/yr. The survival rates of mangrove seedlings are approximately 70-100%. The total above ground biomass including stems, branches, leaves and prop-roots of different species zonation is about 3-21 t dry wt./rai and the total underground biomass is high as 70 t dry wt./rai. The litter fall is about 1.4 t dry wt./yr with the litter decompose of 0.59 t dry wt./yr or about 41% of the total litter production. The total nutrient gained by mangrove forest via litter fall including nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium is about 49.0 g/rai/yr.

บทคัดย่อ

การศึกษาความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลนในประเทศไทย ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในบริเวณป่าชายเลน ตำบลหาดทรายขาว จังหวัดระนอง โดยทำเป็นแปลงตัวอย่างถาวร และเก็บข้อมูลหลายด้านรวมถึงลักษณะโครงสร้างของป่า อัตราการเจริญเติบโตของไม้ขนาดใหญ่ และการเจริญเติบโตของลูกไม้ ผลชีวภาพของป่าทั้งเหนือดินและใต้ดิน ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ ตลอดจนปริมาณธาตุอาหารที่ผลิตได้จากป่าชายเลนโดยเฉพาะจากปริมาณเศษไม้ใบไม้ ผลของการศึกษาวิจัยพอสรุปได้ว่า ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลนประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด และที่สำคัญคือ ลำแพน โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ฉิวขาว ถั่วดำ โปรง และตะบูนขาว ซึ่งมีการขึ้นอยู่เป็นกลุ่ม หรือเขต กล่าวคือเขตป่าด้านนอกติดริมน้ำจะเป็นพวกลำแพน ถัดเข้าไปเป็นพวกโกงกาง พวกถั่ว-โปรง และตะบูนเป็นกลุ่มไม้ขึ้นอยู่ด้านในสุดของป่า ความหนาแน่นของไม้ในป่า จะแตกต่างกันไปตามกลุ่มของไม้มีประมาณ ๕๐๐-๘,๙๐๐ ต้นต่อไร่ และมีพื้นที่หน้าตัดประมาณ ๑๙-๒๐๐ ตารางเมตรต่อไร่ อัตราการเจริญเติบโตหรือความเพิ่มพูนทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของไม้ขนาดใหญ่เหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ไม้ มีค่าระหว่าง ๐.๑-๐.๗ เซนติเมตรต่อปี การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของลูกไม้ค่อนข้างสมบูรณ์ มีความหนาแน่นประมาณ ๓๒,๐๐๐ ต้นต่อไร่ ซึ่งส่วนใหญ่ประมาณ ๔๑ เปอร์เซ็นต์ เป็นลูกไม้โกงกางใบเล็ก อัตราการเจริญเติบโตของลูกไม้แตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ไม้ คือ อัตราการเจริญเติบโตทางความสูงระหว่าง ๓๐-๕๔ เซนติเมตรต่อปี และอัตราการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอรากประมาณ ๐.๖-๑.๘ เซนติเมตรต่อปี และอัตราการรอดตายของลูกไม้ทุกชนิดประมาณ

๗๕-๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ สำหรับมวลชีวภาพของป่าชายเลนในเขตต่างๆ ของพรตไม้ ซึ่งรวมถึงน้ำหนักลำต้น ใบ กิ่งและรากไม้ในส่วนเหนือพื้นดินมีทั้งหมดประมาณ ๓-๒๑ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ แต่จากการศึกษาน้ำหนักราก ได้วัดขึ้นอย่างเดียวน้ำหนักถึง ๗๐ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ สำหรับปริมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ มีประมาณ ๑.๔ ตันต่อไร่ต่อปี และมีการสลายตัวประมาณ ๐.๕๕ ตันต่อไร่ต่อปี หรือ ๔๑ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเศษไม้ ใบไม้ที่ร่วงหล่นทั้งหมด ปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ที่ผลิตได้ในป่าชายเลนจากการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ทั้งหมดประมาณ ๔๕.๐ กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

บทนำ

ป่าชายเลน (mangrove forest) เป็นกลุ่มของสังคมพืชที่ขึ้นตามพื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ อ่าว ทะเลสาบ และลำคลองที่มีน้ำทะเลท่วมถึง ป่าชนิดนี้ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หายากชนิด และพันธุ์ไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ ไม้โกงกาง ไม้ถั่ว ไม้ตะบูน ไม้แสม เป็นต้น นอกจากนี้ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งที่รวมของสัตว์น้ำนานาชนิด และสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ กุ้งแชบ๊วย กุ้งกุลาดำ ปลานวลจันทร์ ปลากระบอก และหอยนางรม เป็นต้น

ป่าชายเลนให้ประโยชน์อย่างมหาศาลทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม ในด้านประโยชน์โดยตรงนั้น ไม้จากป่าชายเลนโดยเฉพาะไม้โกงกาง นำมาทำเป็นถ่านซึ่งมีคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้ทั่วๆไปในปีหนึ่งสามารถผลิตถ่านจากป่าชายเลนได้ประมาณสี่แสนลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นเงินประมาณ ๕๐๐ กว่าล้านบาท และนอกจากนี้ชาวบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล

หรือใกล้ป่าชายเลนยังได้อาศัยไม้จากป่าชายเลนมาเป็นเชื้อเพลิง และสร้างบ้านเรือนอีกด้วย ในด้านประมง ป่าชายเลนเป็นแหล่งขยายพันธุ์ และที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจหลายชนิด และเป็นแหล่งผลิตอาหารพวกอินทรีย์สาร สำหรับสัตว์น้ำที่อาศัยในป่าชายเลน และสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงชายฝั่งอีกหลายชนิดอีกด้วย การจับสัตว์น้ำและการเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่ง สามารถทำรายได้ให้แก่ประเทศในปีหนึ่งๆหลายพันล้านบาท และชาวบ้านเป็นจำนวนมากยังได้อาศัยป่าชายเลนเพื่อจับสัตว์น้ำ เพื่อการบริโภคในแต่ละวันอีกด้วย นอกจากนี้ป่าชายเลนยังมีบทบาทสำคัญในการป้องกันดินพังทะลายบริเวณชายฝั่ง ป้องกันลมพายุ ตลอดจนช่วยกั้นกรองมลพิษ ซึ่งปลดปล่อยมาจากพื้นที่บนบกที่จะลงไปสู่แหล่งน้ำบริเวณชายฝั่งอีกด้วย

ถึงแม้ ป่าชายเลน จะมีความสำคัญต่อชีวิตของประชากรและเศรษฐกิจของประเทศ

รวมทั้งบทบาทต่าง ๆ ในทางด้านนิเวศวิทยา ทั้งที่ได้อธิบายมาแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากมีความกดดันจากการเพิ่มของจำนวนประชากรอย่างมากในพื้นที่ชายฝั่งทะเล ความต้องการที่อยู่อาศัย พื้นที่ทำการเกษตร พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่อุตสาหกรรม การสร้างท่าเทียบเรือ การสร้างถนน และอื่นๆเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนถูกนำมาใช้ในกิจกรรมเหล่านี้ และทำให้พื้นที่ลดลงมาเป็นลำดับจากอดีตที่ผ่านมา และมีอัตราการทำลายสูงจนเป็นที่น่าห่วง จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศ จากอดีตในปี พ.ศ. ๒๕๐๔ มีประมาณ ๒,๒๙๙,๓๗๕ ไร่ แต่ปรากฏในปี ๒๕๑๘ จากภาพถ่ายดาวเทียม

มีป่าชายเลนเหลืออยู่ประมาณ ๑,๙๕๔,๓๗๕ ไร่ และจากการสำรวจจากภาพถ่ายดาวเทียม เช่นเดียวกันในปี ๒๕๒๒ ปรากฏว่ามีป่าชายเลนเหลือประมาณ ๑,๗๙๕,๖๗๕ ไร่ และจากข้อมูลล่าสุดในปี ๒๕๒๘ มีป่าชายเลนของประเทศเหลืออยู่เพียง ๑,๖๗๙,๓๓๕ ไร่ เท่านั้น เนื้อที่ป่าชายเลนและอัตราการลดลง ของพื้นที่ป่าชายเลนที่ผ่านมา ในอดีต แสดงรายละเอียดไว้ใน Table 1 และ 2 ตามลำดับ

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ประมาณ ๑,๖๗๙,๓๓๕ ไร่ ซึ่งอยู่กระจายตามชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย และด้านทะเลอันดามัน โดยจำแนกเป็นรายภาค

Table 1. Degradation of mangrove forests in Thailand, 1961-1985

Year	Mangrove forest, rai	Degraded area		Degraded rate rai/yr
		rai	%	
1961 ¹	2,299,375	345,000	15.0	24,643
1975 ²	1,954,375	158,700	8.1	39,675
1979 ³	1,795,675	116,340	6.5	19,390
1985 ⁴	1,679,335			
1961-1985		620,040	27.0	24,802

ที่มา : 1/ - 3/ บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์, ๒๕๒๕

4/ กองจัดการที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ กรมป่าไม้, ๒๕๒๓ และทัศนีย์ จันทา-ดิษฐ์ และวิภาดา อภินันท์ ๒๕๒๘

Table 2. Conversion of mangrove forests for various human purposes

Human purposes	Area, rai			%
	1/ Before 1980	2/ Between 1980-85	Total	
Shrimp farms	162,725	74,737	237,459	38.3
Tin mines	5,787	28,279	34,006	5.5
Other	296,188	13,327	282,515	45.6
— Agriculture	↑ no data ↓	4,386		
— Resettlement		3,125		
— Harbour		2,684		
— Road and electric lines		1,467		
— Industrial sites		1,135		
— Canal dredging		530		
Salt ponds	66,000		66,000	10.6
Total	503,700	116,340	620,040	100

ที่มา : 1/ บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์, ๒๕๒๕

2/ กองจัดการที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ, กรมป่าไม้, ๒๕๒๓ และ ทศนิยม จันทาคัย และ วิภาดา อภินันท์, ๒๕๒๘

ได้ทั้งนี้ คือ ถิ่นตะวันออก รวมจังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด มีพื้นที่ ป่าชายเลนทั้งหมดประมาณ ๒๕๓,๗๐๘ ไร่ หรือ ๑๕% ของพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด ทางด้านภาคกลางหรือทางกันอ่าวไทย รวม จังหวัดต่างๆ คือ ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และ

ประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ป่าชายเลนประมาณ ๒๐๘,๖๑๕ ไร่ หรือ ๑๒% ของพื้นที่ป่า ชายเลนทั้งประเทศ และภาคใต้ของประ- เทศไทยซึ่งมีป่าชายเลนมากที่สุดประมาณ ๑,๒๑๗,๐๑๒ ไร่ หรือ ๗๓% ของพื้นที่ ป่าชายเลนทั้งหมดโดยขึ้นอยู่กับจังหวัดต่างๆ คือ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช

สงขลา บัตตานี ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่
ตรัง และสตูล เป็นต้น สภาพป่าชายเลน
โดยทั่วไป พบว่าป่าชายเลนทางภาคใต้ของ
ประเทศ โดยเฉพาะทางฝั่งทะเลอันดามันมี
สภาพค่อนข้างอุดมสมบูรณ์มากที่สุด ประ-
กอบด้วยไม้ขนาดใหญ่ ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออก
ของอ่าวไทย และภาคกลางบริเวณแก่ง
อ่าวไทยมีสภาพค่อนข้างเสื่อมโทรม ประกอบ
ด้วยไม้ขนาดเล็ก และได้ถูกรบกวนจาก
ประชากรเพื่อเปลี่ยนสภาพป่าชายเลนเป็น
นาเกลือ และแหล่งอุตสาหกรรม
ทางภาคตะวันออก ป่าชายเลนประกอบด้วย
ต้นไม้ขนาดเล็ก ป่าชายเลนถูกบุกรุกอย่าง
มากเพื่อเปลี่ยนมาเป็นนาเกลือ จึงเห็นได้ใน
จังหวัดจันทบุรี เป็นต้น

การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนจากสาเหตุเนื่องจากการบกรุก และการเปลี่ยนแปลงป่าชายเลนเพื่อกิจการอื่น ๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้น นับวันจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การที่รัฐยังไม่มีนโยบายการใช้พื้นที่ป่าชายเลนอย่างเหมาะสม ประกอบกับประชาชนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในธรรมชาติของป่าชายเลน และมองเห็นคุณค่าของป่าชนิดนี้น้อยมาก จึงเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดการทำลายป่าชายเลนมากขึ้น นอกจากนี้ ผลงานวิจัยเกี่ยวกับทางนิเวศวิทยาของป่าชายเลน เท่าที่ได้ทำแล้ว (Aksornkoac,

1985) ก็ยังมีไม่เพียงพอในการที่จะแสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการทำลายป่าชายเลนได้อย่างชัดเจน และการศึกษาส่วนใหญ่มักจะกระจุกกระจายไปตามพื้นที่ป่าชายเลนหลายแห่งจนไม่สามารถนำผลการวิจัยมาผสมผสานกันได้

การศึกษาเกี่ยวกับความสมมูลทางนิเวศวิทยา และกำลังผลิตของป่าชายเลนในครั้ง^๕นี้ได้ศึกษาหลาย ๆ ด้านใน^๕พื้นที่ป่าชายเลนที่กำหนดเพื่อจะให้เห็นถึงลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศป่าชายเลน เป็นต้นว่า ลักษณะโครงสร้างของป่า การเจริญเติบโต การหมุนเวียนของธาตุอาหาร เป็นต้น การศึกษาวิจัยในลักษณะที่คล้ายๆ กันนี้ ส่วนใหญ่ได้ศึกษาบริเวณป่าชายเลนทางภาคตะวันออก โดยเฉพาะบริเวณป่าชายเลนแถบจังหวัดจันทบุรี (Aksornkoae, 1975 ; ประโชติ ชุ่น^๕อน. ๒๕๒๑, Aksornkoae and khemnark, 1984) และข้อมูลที่ได้ก็แตกต่างกันไปจากผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษาในครั้ง^๕นี้คือ บริเวณป่าชายเลนใน^๕ด้านทะเลอันดามัน โดยเฉพาะที่จังหวัดระนอง ^๕ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองแห่งมีความแตกต่างกันในหลาย ๆ ด้าน เป็นต้นว่า ชนิดพรรณไม้ ลักษณะโครงสร้างของป่า สภาพสิ่งแวดล้อม และลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งรายละเอียดของผลการวิจัยจะได้กล่าวต่อไป

การศึกษาวิจัยความสมดุลทางนิเวศ-วิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลนในครั้งนี้มีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ เพื่อศึกษาอัตรากำลังผลิตของป่าชายเลนในด้านการเจริญเติบโต ทางด้านขนาด มวลชีวภาพ และการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ ตลอดจนลักษณะทางชีพลักษณะของพันธุ์ไม้สำคัญของป่าชายเลน และเพื่อทราบถึงความสมดุลทางนิเวศวิทยาของป่าชายเลนจากการผลิต และการหมุนเวียนธาตุอาหารที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ

ผลการวิจัยที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาปรับปรุงการจัดการทรัพยากรป่าชายเลนให้เกิดผลผลิตสูงสุดและต่อเนื่อง (sustained yield) โดยปราศจากการทำลายระบบนิเวศป่าชายเลน และในขณะเดียวกันก็จะได้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาป่าชายเลนไปสู่ประชาชน และ กรม กองต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดความเข้าใจเพื่อผลในทางอนุรักษ์ทรัพยากรชนิดนี้ต่อไปในอนาคตอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

๑. ลักษณะพื้นที่ทำการศึกษา

๑.๑ ที่ตั้ง ได้เลือกพื้นที่บริเวณหมู่บ้านหาดทรายขาว อำเภอเมือง จังหวัดระนองเป็นที่ศึกษาวิจัย ป่าชายเลนบริเวณนี้อยู่ด้านฝั่งทะเลตะวันตกของแหลมมลายู ติดต่อกับทะเลอันดามัน ระหว่างเส้นรุ้ง (latitude) ที่ ๙° ๔๘' ถึง ๙° ๕๕' เหนือ และเส้นแวง (longitude) ที่ ๙๘° ๓๑' ถึง ๙๘° ๓๙' ตะวันออก ป่าชายเลนบริเวณนี้คลุมเนื้อที่ประมาณ ๗,๓,๘๗๔ ไร่ และมีสภาพป่าค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนบริเวณอื่น ๆ ของประเทศ

๑.๒ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนอง ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมต่าง ๆ ในระบบนิเวศป่าชายเลนบริเวณนี้ สภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีประมาณ ๒๘ องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนประมาณ ๔,๓๐๐ มิลลิเมตรต่อปี และมีจำนวนฝนตกรายปีประมาณ ๒๐๔ วัน และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีประมาณ ๘๓%

๒. วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล

๒.๑ ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของป่าได้วางแผนการวางขนาด 50×260 เมตร จากริมฝั่งน้ำลึกเข้าไปด้านในของป่าเพื่อศึกษาเก็บข้อมูลของชนิดพันธุ์ไม้ ความหนาแน่น และสภาพการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้

๒.๒ อัตราการเติบโตของไม้ป่าชายเลน การศึกษาได้แบ่งตามขนาดความโตของไม้เป็น ๒ ประเภทคือ— :

๒.๒.๑ ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๔ เซนติเมตร เนื้อคอราก สำหรับไม้โกงกางและที่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (dbh) สำหรับไม้ชนิดอื่นๆ โดยใช้เครื่องมือเดนโตรมิเตอร์ (dendrometer) โดยตรวจวัดในระยะประมาณ ๑-๓ เดือน การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไม้ขนาดใหญ่ได้ดำเนินการในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 50×260 เมตร ดังกล่าวข้างต้น

๒.๒.๒ ลูกไม้ (seedling) ซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดความสูงทั้งหมดต่ำกว่า ๑.๓๐ เมตร โดยศึกษาในแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 1×4 เมตร และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความหนาแน่น ความสูง ความโต และศึกษาทางซีฟลักซ์ โดยเฉพาะการแตกใบและร่วงหล่นของใบ อัตราการรอด

ตายและจำนวนลูกไม้ใหม่ที่เกิดขึ้นในแปลง โดยเก็บข้อมูลเหล่านี้ทุก ๆ เดือน

๒.๓ มวลชีวภาพของป่าชายเลน ได้สุ่มตัวอย่างต้นไม้ซึ่งมีขนาดต่างๆ กัน คือ ไม้โกงกาง ไม้ลำแพน และพวกไม้ถั่ว จำนวนชนิดละ ๑๕ ต้น ๑๐ ต้น และ ๑๑ ต้น ในบริเวณป่าชายเลนใกล้แปลงตัวอย่างถาวรตามลำดับ โดยแต่ละชนิดซึ่งหาหน้าหนักลำต้น กิ่ง ใบ และราก (เหนือและใต้พื้นดิน) แล้วนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางกับน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในรูปสมการ allometric equation เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักส่วนต่างๆ ของไม้แต่ละชนิดที่อยู่ในแปลงที่ใช้ศึกษา สำหรับมวลชีวภาพของป่าชายเลนใต้พื้นดิน (ราก) อย่างละเอียดตามขนาดของราก ได้ศึกษาโดยการขุดดินภายใต้ป่าชายเลนเป็นแนวยาวประมาณ ๕๐ เมตร กว้างประมาณ ๑ เมตร และลึกประมาณ ๑ เมตร และเก็บรวบรวมปริมาณราก โดยแยกตามขนาดต่างๆ พร้อมกันนี้ได้เก็บตัวอย่างลำต้น ใบ กิ่ง และรากทั้งเหนือ และใต้ผิวดินเพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้ง และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักแห้ง (dry weight) จากน้ำหนักสด (fresh weight) ต่อไป

๒.๔ ปริมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ (litter fall) และอัตราการสลาย

ตัว การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ (litter) ได้ศึกษาโดยใช้ตะแกรงขนาด ๑ x ๑ เมตร ทำด้วยกรอบไม้ และตาข่ายไนล่อน และวางไว้ในแปลงตัวอย่างจำนวน ๑๒ ตะแกรง โดยให้ตะแกรงสูงจากระดับน้ำทะเลชั้นสูงสุด เพื่อป้องกันมิให้น้ำทะเลพัดพาเอาเศษไม้ใบไม้ออกจากตะแกรงได้ สำหรับการศึกษการผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ ก็ใช้ตะแกรงขนาด ๑ x ๑ เมตร ทำด้วยไม้และบุไว้ด้วยตาข่าย แล้วนำเศษไม้ใบไม้ที่ซังหาน้ำหนักไว้แล้วใส่ไว้ในตะแกรง แล้วปิดด้วยตาข่ายอีกครั้งหนึ่ง จำนวน ๓๖ ตะแกรง แล้วนำไปวางไว้ใต้พุ่มไม้โดยผูกตะแกรงกับหลักให้แน่นเพื่อป้องกันการพัฒนาของกระแสน้ำ ปริมาณของเศษไม้ใบไม้ที่ตกในตะแกรง และปริมาณของเศษไม้ที่เหลืออยู่ในตะแกรงที่ศึกษาการสลายตัวจะเก็บทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่น และที่สลายตัวแต่ละเดือน นอกจากนั้นสมตัวอย่างเศษไม้ใบไม้เพื่อไปอบหาน้ำหนักแห้งอีกด้วย

๒.๕ ผลผลิตธาตุอาหารที่ได้จากป่าชายเลน ศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างเศษไม้ใบไม้ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาธาตุอาหารเหล่านี้จากปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นทั้งหมด

๓. การวิเคราะห์ข้อมูล

๓.๑ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างของป่า (ข้อ ๒.๑) นำมาวิเคราะห์หาความหนาแน่นของไม้ (stem density) และพื้นที่หน้าตัด (basal area) ต่อหน่วยพื้นที่ซึ่งพื้นที่หน้าตัดหาได้โดยใช้สูตรคือ:-

พื้นที่หน้าตัด (basal area) = πr^2
(เมื่อ r = รัศมี) และหาเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ (species zonation) จากการพิจารณาค่า importance value ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของ relative density relative frequency และ relative dominance เมื่อ:-

$$\text{relative density} = \frac{\text{No. of individuals of species A}}{\text{Total of individuals of all species}} \times 100$$

$$\text{relative frequency} = \frac{\text{Frequency of species A}}{\text{Sum of frequency values of all species}} \times 100$$

$$\text{relative dominance} = \frac{\text{Basal area of species A}}{\text{Total basal area of all species}} \times 100$$

๓.๒ ข้อมูลจากการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยใช้เครื่องมือเคนโทรมิเตอร์สำหรับไม้ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๔ เซนติเมตร (ข้อ ๒.๑.๑) นำมาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (increment) ของไม้แต่ละชนิด และข้อมูลจากข้อ ๒.๑.๒ นำมาคำนวณหาความหนาแน่น (จำนวนต้น/ไร่) อัตราการเจริญเติบโตแต่ละเดือน อัตราการแตกกิ่งและร่วงหล่นของใบ อัตราการรอดตาย และปริมาณลูกไม้ที่เกิดขึ้นใหม่ (จำนวนต้น/ไร่/ปี) ตามลำดับ

๓.๓ ข้อมูลจากการศึกษาน้ำหนักมวลชีวภาพ จากข้อ ๒.๓ จะนำมาคำนวณหาน้ำหนักมวลชีวภาพของป่าชายเลนทั้งหมด และน้ำหนักมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ รากเหนือพื้นดิน และรากใต้ดินในรูปของน้ำหนักแห้งต่อไร่ สำหรับน้ำหนักรากใต้ผิวดิน จะคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งต่อไร่ สำหรับน้ำหนักรากใต้ผิวดิน จะคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งต่อไร่ตามขนาดต่าง ๆ ของรากอีกด้วย

๓.๔ ข้อมูลเกี่ยวกับการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ และการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ จากข้อ ๒.๔ จะนำมาคำนวณหาอัตราการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ แต่ละเดือน และผลผลิตทั้งหมดต่อปี พร้อมทั้งคำนวณหาอัตราการสลายตัวของเศษ ไม้ใบไม้แต่ละเดือน และตลอดทั้งปีในรูปของน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อปี

๓.๕ ข้อมูลที่ได้จากข้อ ๒.๕ จะนำมาวิเคราะห์หาผลผลิตของธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมจากป่าชายเลนทั้งหมด จากการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ต่อไร่ต่อปี

๓.๖ จากข้อมูลทั้งหมด นำมาวิเคราะห์และพิจารณาว่าควรจะใช้ประโยชน์ปรับปรุงและพัฒนาป่าชายเลนในถิ่นไหนอย่างไร เพื่อให้เกิดความสมดุลในระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลนในอนาคตต่อไป

ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาวิจัยความสมดุลทางนิเวศวิทยา และกำลังผลิตของป่าชายเลนในท้องที่อำเภอเมือง จังหวัดระนอง โดยมีการศึกษาวิจัยในถิ่นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน อัตราการเจริญ

เติบโตของไม้ขนาดใหญ่ การเจริญเติบโตของไม้ขนาดเล็ก หรือลูกไม้ และสถานภาพของการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ น้ำหนักมวลชีวภาพ การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้และการสลายตัว ตลอดจนปริมาณธาตุอาหารที่

ผลิตได้จากป่าชายเลนระหว่างเดือน กรกฎาคม ค.ศ. ๒๕๒๔-๒๕๒๖ พอสรุปผล การศึกษาวิจัยได้ดังนี้ :-

๑. ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน

๑.๑ ชนิดของพันธุ์ไม้ (spices composition)

ป่าชายเลนบริเวณนี้ประกอบด้วยชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญคือ ไม้ลำแพน (*Sonneratia alba*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ถั่วดำ (*B. parviflora*) โปรง (*Ceriops tagal*) และ ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*)

๑.๒ เขตของพันธุ์ไม้ species zonation)

การขึ้นอยู่กับของพรรณไม้ป่าชายเลนในบริเวณนี้ จะขึ้นอยู่กับเขต (Zonation) ทั้งนี้เพราะ ได้รับอิทธิพลจากลักษณะของดิน ความเค็มของน้ำทะเล การขึ้นลงของน้ำทะเล (Aksornkoae et al. 1978) และลักษณะพิเศษประจำตัวของพันธุ์ไม้ แต่ละชนิด (Kuenzler, 1968) จากการศึกษาพบว่า บริเวณด้านนอกติดกับฝั่งน้ำจะเป็นกลุ่มของ ไม้ลำแพน ถัดเข้าไปจะเป็นกลุ่มของไม้โกงกางตามด้วยกลุ่มของไม้ถั่ว-ไม้โปรง ส่วน ด้านในสุดของป่า จะเป็นกลุ่มของไม้ตะบูน

การขึ้นอยู่กับเป็นกลุ่มหรือเขตของไม้ป่าชายเลนนี้จะแตกต่างจากพื้นที่หนึ่งไปพื้นที่หนึ่งเนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันดังกล่าไปแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการศึกษาดังนี้ เขตของพรรณไม้ที่พบในจังหวัดระนองด้านฝั่งทะเลอันดามัน จะแตกต่างไปจากเขตของพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่กับด้านฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย โดยเฉพาะที่จังหวัดจันทบุรี ซึ่งศึกษาโดย Aksornkoae (1975) และพบว่าไม้โกงกางจะขึ้นอยู่กับหนาแน่น บริเวณใกล้ฝั่งลำคลองหรือทะเล ถัดไปจะเป็นกลุ่มไม้แสม-ประสัก ตามด้วยกลุ่มไม้ตะบูน กลุ่มไม้ผาค-โปรง และด้านในสุดจะเป็นกลุ่มไม้เสม็ด เป็นต้น

๑.๓ ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของไม้ (stem density and basal area)

ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดของไม้บริเวณป่าชายเลนหาดทรายขาว จังหวัดระนอง พบว่าความหนาแน่นของไม้ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกโตเกิน ๔ เซนติเมตร มีความแตกต่างกันในเขตการขึ้นอยู่กับพันธุ์ไม้ กล่าวคือ บริเวณป่าชายเลนที่มีไม้ลำแพนเป็นไม้เด่น มีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ ๕๐๐ ต้นต่อไร่ กลุ่มไม้โกงกางมีความหนาแน่น ประมาณ ๘,๘๓๘ ต้นต่อไร่ กลุ่มถั่ว-โปรง มีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ ๕,๘๘๘ ต้นต่อไร่ และกลุ่ม

ไม้ตะบูนมีความหนาแน่นประมาณ ๑,๕๘๐ ตันต่อไร่ ความหนาแน่นของไม้โดยเฉลี่ยทั้งหมดของป่าชายเลนบริเวณนี้ ประมาณ ๔,๒๐๒ ตันต่อไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของไม้ในพื้นที่ดังกล่าว น้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ในป่าชายเลนที่อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช และที่อำเภอขุขันธ์ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ ๑๕,๒๖๘ ตันต่อไร่ (Electric Generating Authority of Thailand, 1985) และ ๑๐,๔๐๐ ตันต่อไร่ (Aksornkoae, 1975) ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนบริเวณจังหวัดระนอง มีขนาดโตกว่าต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนในบริเวณทั้งสองพื้นที่ดังกล่าว สำหรับการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของป่าชายเลน บริเวณหาดทรายขาวพบว่าก่อนช่วงฤดูผสมพันธุ์ คือมีความหนาแน่นของลูกไม้ ประมาณ ๓๒,๐๐๐ ตันต่อไร่

พื้นที่หน้าตัดของไม้ในแปลงทดลองศึกษาวิจัยพบว่าพื้นที่หน้าตัดของไม้ จะแตกต่างกันไปตามขนาดของไม้ที่ขึ้นอยู่ กล่าวคือในกลุ่มไม้ลำแพนมีประมาณ ๑๔๓ ตารางเมตรต่อไร่ พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มไม้โกงกางมีประมาณ ๒๐๕.๗ ตารางเมตรต่อไร่ กลุ่มไม้แก้ว-โปรงมีประมาณ ๘๓.๔ ตารางเมตรต่อไร่ และกลุ่มไม้ตะบูน ซึ่งมีพื้นที่หน้า

ตัดน้อยที่สุด ประมาณ ๑๘.๗ ตารางเมตรต่อไร่ ตามลำดับ

๒. อัตราการเจริญเติบโตของป่าไม้ชายเลน

การศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเจริญเติบโตของไม้ ได้แบ่งออกเป็น ๒ ประเภทตามขนาดความโตของไม้คือ ประเภทที่ ๑ เป็นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๔ เซนติเมตร เห็นออกอรากสำหรับไม้โกงกางและที่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (๑.๓๐ เมตร) เห็นพินดิน สำหรับไม้ชนิดอื่น และประเภทที่ ๒ คือลูกไม้ (seedling) ซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดความสูงทั้งหมดต่ำกว่า ๑.๓๐ เมตร จากการศึกษาวิจัยอัตราการเจริญเติบโตของไม้ทั้งสองประเภท สรุปได้ดังนี้ :-

๒.๑ อัตราการเจริญเติบโตของไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๔ เซนติเมตร เห็นออกอรากสำหรับไม้โกงกาง ที่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกสำหรับไม้ชนิดอื่น ผลจากการศึกษา อัตราการเจริญเติบโตสรุปใน Table 3

อัตราการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ชนิดต่างๆ ของป่าชายเลนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ และสภาพพื้นที่ที่ต้นไม้ขึ้นอยู่ จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไม้ชนิดต่างๆ Table 3 พอสรุปได้คือ อัตราการเจริญเติบโตของไม้

Table 3. Number of tree samples, average diameter, and diameter increment of different mangrove tree species

Species	Number	Diameter Ave. range, cm	diameter cm	Diameter increment cm/yr
โกงกางใบเล็ก (<i>R. apiculata</i>)	271	4.0-19.7	5.9	0.44
โกงกางใบใหญ่ (<i>R. mucronata</i>)	61	4.0-11.7	6.6	0.56
ถั่วขาว (<i>B. cylindrica</i>)	12	4.3- 9.1	6.2	0.18
ถั่วดำ (<i>B. parviflora</i>)	3	4.9- 9.3	6.4	0.20
โปรง (<i>C. tagal</i>)	14	4.1- 8.3	5.4	0.10
ลำแพน (<i>S. alba</i>)	2	30.8-37.5	34.1	0.55
ตะบูน (<i>X. granatum</i>)	73	4.3-47.5	10.8	0.63

ตะบูนสูงที่สุดคือ ๐.๖๓ เซนติเมตรต่อปี
ไม้โกงกางใบใหญ่ และไม้ลำแพนมีอัตราการ
เจริญเติบโตใกล้เคียงกันคือประมาณ ๐.๕๖
และ ๐.๕๕ เซนติเมตรต่อปี สำหรับไม้โกง
กางใบเล็ก มีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ
๐.๔๔ เซนติเมตรต่อปี ส่วนไม้ถั่วดำ ถั่ว
ขาว และโปรง มีอัตราการเจริญเติบโตทาง
ด้านเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำคือ ประมาณ ๐.๒๐,
๐.๑๘ และ ๐.๑๐ เซนติเมตรต่อปี ตาม
ลำดับ

การที่ต้นไม้ชนิดต่าง ๆ มีอัตราการ
เจริญเติบโตต่างกันนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับ
ลักษณะประจำตัวของต้นไม้แต่ละชนิดแล้ว
น้ำทะเลก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่

ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของไม้เหล่านี้แตกต่างกัน ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตได้ดี
จะเห็นว่า เป็นพวกที่ขึ้นอยู่ใกล้ริมฝั่งแม่น้ำ
และมีการท่วมถึง ของน้ำทะเล อยู่เป็นประจำ
เช่นพวก ลำแพน โกงกางใบใหญ่ และ
โกงกางใบเล็ก ส่วนพวกที่ขึ้นอยู่ห่างจากชาย
ฝั่งเข้าไปด้านในของป่า เช่นพวก ไม้ถั่วขาว
ถั่วดำ และโปรง จะได้รับอิทธิพลจากน้ำ
ทะเลท่วมถึงน้อย จึงทำให้การเจริญเติบโต
ค่อนข้างต่ำ ยกเว้นไม้ตะบูนซึ่งขึ้นอยู่ด้านใน
สุดของป่าแต่มีอัตราการเจริญเติบโตดี ทั้งนี้
อาจจะเป็นเพราะว่าไม้ชนิดนี้มีความต้องการ
ปริมาณน้ำน้อย และเป็นสภาพที่เหมาะสม
เพื่อการเจริญเติบโตของไม้ชนิดนี้

๒.๒ อัตราการเจริญเติบโตของลูกไม้ (seedlings) การขึ้นอยู่ของลูกไม้ของป่าชายเลนบริเวณนี้ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ คือ มีความหนาแน่นประมาณ ๒๐ ต้นต่อตารางเมตร หรือ ๓๒,๐๐๐ ต้นต่อไร่ ส่วนใหญ่จะเป็นลูกไม้โกงกางใบเล็ก คือประมาณ ๘๑ เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือจะเป็นลูกไม้โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว ถั่วดำ โปรง และตะบูน เป็นต้น

ผลจากการศึกษา เกี่ยวกับอัตราการเจริญเติบโตทางต้นความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางและอัตราการรอดตายของไม้ชนิดต่างๆ พบว่า ลูกไม้โกงกางใบเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตทางต้นความสูงประมาณ ๓๑ เซนติเมตรต่อปี โกงกางใบใหญ่ประมาณ ๔๐ เซนติเมตรต่อปี ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตทางต้นความสูงของไม้ทั้งสองชนิดนี้ใกล้เคียงกับการเจริญเติบโตที่ศึกษา บริเวณป่าชายเลน จังหวัดจันทบุรี คือ โกงกางใบเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตทางต้นความสูงประมาณ ๔๔ เซนติเมตรต่อปี และโกงกางใบใหญ่ประมาณ ๓๘ เซนติเมตรต่อปี (Aksornkoae, 1981) สำหรับลูกไม้ ถั่วขาว ถั่วดำ โปรง และตะบูน มีอัตราการเจริญเติบโตทางต้นความสูงประมาณ ๕๔ ๔๗ ๓๗ และ ๔๐ เซนติเมตรต่อปีตามลำดับ ส่วนอัตราการเจริญเติบโต ทางต้น เส้นผ่าศูนย์กลาง

เหนือคอรากสำหรับไม้โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว ถั่วดำ และ โปรง ประมาณ ๑.๕ ๑.๘ ๑.๒ ๑.๐ และ ๑.๔ เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ ส่วนลูกไม้ตะบูน มีอัตราการเจริญเติบโตทางต้นเส้นผ่าศูนย์กลางที่ ๑๐ เซนติเมตร เหนือผิวดินประมาณ ๐.๖ เซนติเมตรต่อปี สำหรับอัตราการรอดตายของลูกไม้แต่ละชนิดพบว่า ลูกไม้โกงกางใบเล็ก รอดตาย ประมาณ ๘๐ เปอร์เซ็นต์ ลูกไม้ถั่วขาว และถั่วดำประมาณ ๗๙ และ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนลูกไม้โกงกางใบใหญ่ โปรง และตะบูน รอดตาย ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าในปีหนึ่งจะมีลูกไม้ใหม่ขึ้นอยู่ในแปลงศึกษา โดยเฉลี่ยประมาณ ๑๔ ต้น คือเป็นลูกไม้โกงกางใบเล็ก ประมาณ ๑๐-๑๒ ต้น โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว ถั่วดำ และโปรงน้อยกว่าประมาณ ๑-๒ ต้นเท่านั้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วลูกไม้ที่พบใหม่ในแปลงศึกษา โดยประมาณ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ เป็นลูกไม้โกงกางใบเล็ก การร่วงหล่นของใบของไม้บางชนิด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว และตะบูนดำ โดยสุ่มจากลูกไม้จำนวน ๑๗ ต้น ของแต่ละชนิด ซึ่งมีขนาดความสูงระหว่าง ๑-๒ เมตรและมีเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอราก สำหรับไม้โกงกาง และที่โคนต้นชุดดินสำหรับไม้อื่น ๆ

ระหว่าง ๐.๕-๓.๕ เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า การแตกใบใหม่และการร่วงหล่นของใบจะเกิดขึ้นตลอดปี แต่อัตราการแตกใบใหม่ และร่วงหล่นของใบจะแตกต่างกันไปแต่ละเดือน ซึ่งสภาพสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ระยะการแตกใบสูงสุดและการร่วงของใบมากที่สุดจะแตกต่างกันทั้งชนิด และระยะเวลา กล่าวคือ การร่วงหล่นและการออกใบใหม่จะเกิดขึ้นตลอดปี แต่อัตราการร่วงของใบสูงสุดแต่ละเดือนนั้นจะต่างกันคือ ไม้โกงกางทั้งใบใหญ่และใบเล็ก จะมีการร่วงของใบสูงสุดในเดือนธันวาคม ซึ่งผิดกับไม้ถั่ว (*Bruguiera* spp) และพวกตะบัน (*Xylocarpus moluccensis*) ซึ่งในชนิดแรกจะมีการร่วงของใบสูงสุดในเดือน กันยายน-ตุลาคม ส่วนไม้ชนิดหลัง ใบจะร่วงมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ส่วนการออกใบใหม่จะเหมือนกันทุกชนิดคือ มีมากที่สุดในเดือนก่อน หรือเดือนเดียวกันกับที่ใบร่วงสูงสุด

๓. มวลชีวภาพของป่าชายเลน

มวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลน ได้ศึกษามวลชีวภาพทั้งหมดรวมถึงมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ ดอกผล และราก (ทั้งเหนือและใต้ดิน) และยังสามารถศึกษาถึงมวลชีวภาพของรากใต้ดินอย่างละเอียดตามขนาดต่างๆ อีกด้วย ผลของการศึกษาสรุปได้ดังนี้ :-

๓.๑ มวลชีวภาพทั้งหมด มวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันไปตามเขตของกลุ่มพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ กล่าวคือ ในเขตของไม้ลำแพน จะมีมวลชีวภาพประมาณ ๑๒๘.๘ ตัน น้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์ หรือ ๒๐.๖ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ บริเวณเขตไม้โกงกางหรือมวลชีวภาพประมาณ ๗๑๐.๙ ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์ หรือ ๑๑๓.๗ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ ในเขตไม้ถั่วมีมวลชีวภาพประมาณ ๒๔๓.๖ ตัน น้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์ หรือ ๓๘.๙ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ และมวลชีวภาพในเขตไม้ตะบูนมีประมาณ ๒๐.๓ ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์ หรือ ๓.๓ ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ ตามลำดับจากการศึกษามวลชีวภาพของ ไม้ป่าชายเลนบริเวณนี้ จะพบว่ากลุ่มไม้โกงกางมีมวลชีวภาพสูงที่สุดเนื่องจากไม้โกงกางบริเวณนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ รายละเอียดของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของส่วนต่าง ๆ ของไม้ แสดงไว้ใน

Table 4

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า มวลชีวภาพของป่าชายเลนในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งเป็นกลุ่มไม้โกงกางขึ้นอยู่ ให้มวลชีวภาพทั้งหมดสูงมากถึง ๗๑๐.๙ ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮกแตร์ หรือเฉพาะมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน อย่างเดียว ประมาณ

Table 4. Biomass of different components of various zonation of mangrove communities

Vegetation zone	Biomass t, dry wt./ha					
	Stem	Branch	Leaf	Fruit & Flower	Root	Total
เขตไม้ลำแพน (<i>Sonneratia</i>)	94.3	19.3	2.4	0.13	12.6	128.8
เขตไม้โกงกาง (<i>Rhizophora</i>)	401.8	82.4	11.5	0.79	214.5	710.9
เขตไม้ถั่ว (<i>Bruguiera</i>)	140.0	29.1	4.8	0.27	69.5	243.6
เขตไม้ตะบูน (<i>Xylocarpus</i>)	11.2	2.6	0.8	0.02	5.6	20.3

๔๕๖.๔ ต้นต่อน้ำหนักแห้งต่อเฮกเตอร์ ซึ่ง
มีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีว-
ภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลนส่วนอื่นๆ
ของโลก เช่น ป่าชายเลนในปานามา มี
มวลชีวภาพประมาณ ๒๗๙.๒ ต้นน้ำหนัก
แห้งต่อเฮกเตอร์ (Golley al, 1975) และใน
ฟลอริดา มวลชีวภาพของป่าชายเลนประมาณ
๑๒๙.๖ - ๑๗๓.๙ ต้นน้ำหนักแห้งต่อเฮก-
เตอร์เท่านั้น (Lugo and Snedaker, 1974)

๓.๒ มวลชีวภาพของรากใต้ดินตาม
ขนาดความโต

การศึกษามวลชีวภาพของรากใต้ดิน
ขนาดความโต ซึ่งแบ่งขนาดของรากออกเป็น
๘ ชั้นขนาดคือ ๐-๒ ๒-๕ ๕-๑๐
๑๐-๒๐ ๒๐-๓๐ ๓๐-๔๐ ๔๐-๕๐
และมากกว่า ๕๐ มิลลิเมตร โดยชุดเป็นแนว

ยาว ๑๕.๐ เมตร ในป่าชายเลน และจาก
ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักแห้งของรากตาม
ขนาดต่างๆ ดังกล่าวแล้ว แสดงไว้ใน
Table 5 และมีรายละเอียดดังนี้คือ รากที่
มีขนาด ๐-๒ มิลลิเมตร มีน้ำหนักประมาณ
๒๒๐.๕ ต้นต่อเฮกเตอร์ หรือ ๓๕.๓ ต้น
ต่อไร่ รากที่มีขนาดระหว่าง ๒-๕ มิลลิเมตร
มีน้ำหนักประมาณ ๔.๓ ต้นต่อเฮกเตอร์ หรือ
๐.๗ ต้นต่อไร่ รากขนาดระหว่าง ๕-๑๐
มิลลิเมตร มีน้ำหนักประมาณ ๑๐.๔ ต้น
ต่อเฮกเตอร์ หรือ ๑.๗ ต้นต่อไร่ และราก
ที่มีขนาด ๑๐-๒๐ ๒๐-๓๐ ๓๐-๔๐
๔๐-๕๐ และมากกว่า ๕๐ มิลลิเมตร มี
น้ำหนักประมาณ ๒๖.๐ ต้นต่อเฮกเตอร์
(๔.๒ ต้นต่อไร่) ๔๓.๔ ต้นต่อเฮกเตอร์
(๖.๙ ต้นต่อไร่) ๓๓.๓ ต้นต่อเฮกเตอร์

Table 5. Underground root biomass in different size classes of mangrove forest

Diameter class mm	Biomass, t dry wt./area	
	Hectare	Rai
0-2	220.5	35.3
2-5	4.3	0.7
5-10	10.4	1.7
10-20	26.0	4.2
20-30	43.4	6.9
30-40	33.3	5.3
40-50	19.6	3.1
> 50	79.9	12.8
Total	437.4	70.0

(๕.๓ ตันต่อไร่) ๑๙.๖ ตันต่อเฮกแตร์ (๓.๑ ตันต่อไร่) และ ๗๙.๙ ตันต่อเฮกแตร์ หรือ ๑๒.๘ ตันต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณน้ำหนักรากใต้ดินตามขนาดต่างๆ นี้ ซึ่งมีอยู่ในป่าชายเลนรวมทั้งสิ้นประมาณ ๔๓๗.๔ ตันต่อเฮกแตร์ หรือประมาณ ๗๐.๐ ตันต่อไร่ มวลชีวภาพของรากใต้ดินจะพบว่า ส่วนใหญ่ประมาณ ๕๐% จะเป็นรากที่มีขนาด ๐-๒ มิลลิเมตร ซึ่งมีผลใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Tabuchi et al. (1983) ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพของรากที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า ๒ มิลลิเมตร) มีถึง ๗๒.๓% ของน้ำหนักของรากทั้งหมดในป่าชายเลน อำเภอกะเปอร์ จังหวัดระนอง

สำหรับการกระจายของปริมาณรากไปตามแนวนอน (horizon) ของพื้นดินพบว่า รากขนาดใหญ่จะกระจายอยู่เฉพาะใกล้ต้นไม้ใหญ่ ส่วนรากขนาดเล็กจะกระจายอยู่ตลอดพื้นป่า ส่วนการกระจายของรากตามความลึกของดิน จะพบว่ารากที่มีขนาดใหญ่มากกว่า ๕๐ มิลลิเมตร จะอยู่บริเวณใต้ผิวดิน รากที่มีขนาดประมาณ ๒๐-๕๐ มิลลิเมตร ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในช่วง ๑๐-๘๐ เซนติเมตร ลึกจากผิวดิน รากที่มีขนาดเล็กกว่า ๒๐ มิลลิเมตร จะกระจายอยู่ทั่วไปทุกความลึกจากผิวดิน การกระจายของขนาดของราก ตามความลึกของดินพอจะกล่าวได้ว่า ความลึกของดินมากขึ้น จะพบว่ามีรากที่มีขนาดเล็กปริมาณมากขึ้น

๔. การร่วงหล่นและการผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ (litter fall and its decomposition)

๔.๑ การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ (litter fall)

ปริมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ของป่าชายเลนบริเวณนี้ โดยเฉลี่ยประมาณ ๘๙๒.๖ กรัม น้ำหนักแห้ง/ม^๒ /ปี หรือ ๑.๔ ตัน/ไร่/ปี หรือประมาณ ๘.๗๕ ตัน/เฮกแตร์/ปี ปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่น

ทั้งหมดนี้จะมีอัตราการร่วงหล่นแต่ละฤดูกาลต่างกัน ดังแสดงใน Table 6 กล่าวคือ อัตราการร่วงหล่นมีมากในฤดูฝนคือ ระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึง ตุลาคม ซึ่งมีประมาณ ๕๔๔.๕ กรัม/ม^๒ มากกว่าในฤดูแล้งระหว่างเดือน พฤศจิกายน ถึง เมษายน ซึ่งมีประมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ประมาณ ๓๔๔.๑ กรัม/ม^๒ เท่านั้น ฉะนั้นจะเห็นว่า การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ในป่าชายเลน อุณหภูมิสูงไม่ใช่ว่าจะสำคัญ แต่

Table 6. Litter fall and decomposition rates of mangrove forest

Month	Litter Production g/m ²	Litter decomposition	
		g/m ²	%
January	55.94	41.11	73.49
February	44.26	29.13	65.82
March	75.98	44.38	58.41
April	60.41	11.74	19.43
May	70.93	12.65	17.83
June	112.47	17.23	15.32
July	98.12	19.46	19.83
August	111.24	25.71	23.11
September	81.99	38.03	46.38
October	69.81	41.00	58.72
November	55.71	42.30	75.93
December	55.77	46.12	82.27
Total	892.64	368.86	41.32

จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนอาจจะเป็นปัจจัยทำให้การร่วงหล่นของใบมากขึ้น ซึ่งทั้งนี้อาจจะเกี่ยวกับทำให้ความเค็มของน้ำต่ำลง และอีกประการหนึ่ง การที่มีการร่วงหล่นของใบไม้เศษไม้มากในฤดูฝน อาจจะเกี่ยวกับความเร็วลม กล่าวคือ ลมที่พัดในช่วงนี้ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จากทะเลอันดามัน ซึ่งมีความเร็วค่อนข้างสูง คือประมาณ ๓๕-๔๕ น็อตต่อชั่วโมง ในขณะที่ในฤดูร้อนป่าชายเลนบริเวณนี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีความเร็วค่อนข้างต่ำคือ ประมาณ ๒๕-๓๐ น็อตต่อชั่วโมงเท่านั้น Sarigabutr et al. (1982) จึงทำให้การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ในฤดูนี้น้อยกว่าในฤดูฝน

ปริมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ที่พบบริเวณป่าชายเลน จังหวัดระนองซึ่งมีปริมาณถึง ๘๙๖.๖ กรัม/ม^๒ /ปี ประมาณ ๘.๗๕ ตัน/เฮกเตอร์/ปี นั้นนับว่ามีค่าใกล้เคียง เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนในประเทศใกล้เคียง โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย ซึ่ง Khoon et al. (1984) พบว่าป่าชายเลนที่มีอายุตั้งแต่ ๕-๒๕ ปี ให้เศษไม้ใบไม้เฉลี่ยประมาณ ๗.๐-๑๑.๔ ตัน/เฮกเตอร์/ปี แต่จะมีปริมาณสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา คือ มีปริมาณเศษไม้ใบไม้ร่วงหล่น

เพียง ๕.๕ ตัน/เฮกเตอร์/ปี เท่านั้น (Lugo and Snedaker, 1974) แต่อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ได้จากป่าชายเลนในประเทศแล้ว ป่าชายเลนหาดทรายขาว จังหวัดระนอง ให้ปริมาณน้อยกว่าป่าชายเลนที่จังหวัดจันทบุรีเล็กน้อย โดยที่จังหวัดจันทบุรี มีปริมาณร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ประมาณ ๙.๓ ตัน/เฮกเตอร์/ปี หรือประมาณ ๑.๕ ตัน/ไร่/ปี (Aksornkoe and Chemnark, 1984)

๔.๒ การผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ (litter decomposition)

การผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ของป่าชายเลน บริเวณศึกษาวิจัยพบว่ามีประมาณ ๓๖๘.๘ กรัม/ม^๒ /ปี หรือ ๐.๕๙ ตัน/ไร่/ปี หรือ ๓.๖๘ ตัน/เฮกเตอร์/ปี หรือประมาณ ๔๒% ของปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นทั้งหมด (Table 9) การสลายตัวของเศษไม้ใบไม้จะแตกต่างกันไปตามระยะเวลาของการเริ่มต้นสลายตัว จากการศึกษาคั้งนี้เริ่มในเดือนกันยายน จะเห็นได้ว่าจากเดือนกันยายน การผุสลายตัวมีอัตราสูงจนถึงเดือนมีนาคม และจะค่อยลดลงในระยะเวลาต่อไป และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่าใบโกงกาง จะสลายตัวประมาณ ๕๐% ของใบที่ร่วงหล่นทั้งหมด จะใช้เวลาประมาณ ๔๐ วัน สำหรับป่า

ชายเลนที่เกาะภูเก็ต (Boonruang, (1984) และประมาณ ๔๕ วัน สำหรับป่าชายเลนในฟลอริดา (Heald, 1971) และนอกจากนี้ฤดูกาลก็น่าจะมีอิทธิพลต่อการผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้เหมือนกัน เพราะจากผลการศึกษาค้นพบว่า ส่วนใหญ่การสลายตัวของเศษไม้ใบไม้จะมีอัตราสูงในฤดูแล้งมากกว่าในฤดูฝน การผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง และที่สำคัญได้แก่ ความสมบูรณ์ของสัตว์น้ำขนาดใหญ่ เช่น ปู และขนาดเล็ก เช่น จุลินทรีย์ในดิน และปัจจัยทางกายภาพได้แก่ การขึ้นลงของน้ำทะเล ความแรงของคลื่นและกระแสน้ำ ตลอดจนปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ เป็นต้น (Odum, 1971; Lugo and Snedaker, 1974) แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่มีข้อมูลรายละเอียดในปัจจัยต่างๆ ดังกล่าว จึงไม่สามารถจะแสดงให้เห็นเด่นชัดถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมต่างๆ กับการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ในบริเวณนี้ได้ สำหรับอัตราการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้พบว่าในบริเวณป่าชายเลน จังหวัดจันทบุรี มีประมาณ ๕๕% ของปริมาณเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นทั้งหมด ส่วนป่าชายเลนในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา ซึ่งศึกษาโดย Lugo และ Snedaker (1974) มีประมาณ ๕๒% ของเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นทั้งหมด

๕. ปริมาณธาตุอาหารที่ผลิตได้จากเศษไม้ใบไม้ป่าชายเลน (amount of nutrients returned via litter fall in mangroves)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเศษไม้ใบไม้พบว่า มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ประมาณ ๐.๖๖๐% ๐.๐๕๒% ๐.๕๘๗% ๑.๒๗๕% ๐.๒๗๕% และ ๐.๖๒๕% ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับธาตุอาหารในเศษไม้ใบไม้ในป่าชายเลนของมาเลเซีย ซึ่ง khoon et al. (1984) ได้ศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม มีประมาณ ๐.๕๓% ๐.๑๑% ๐.๒๘% ๐.๑๓% ๐.๔๐% และ ๐.๕๑% ตามลำดับ และจากค่าเหล่านี้สามารถคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารที่ผลิตได้ในป่าชายเลนจากการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ได้ผลดังแสดงใน Table 7

ปริมาณธาตุอาหารที่ผลิตได้จากเศษไม้ใบไม้ในป่าชายเลน บริเวณจังหวัดระนอง ทั้งหมดประมาณ ๓๐๖.๙๙ กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี มีมากกว่าที่ผลิตได้จากป่าชายเลนจังหวัดจันทบุรี (๒๖๗.๖ กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี) และบริเวณป่าชายเลนในมาเลเซียซึ่งมีทั้งหมดประมาณ ๒๔๒.๑ กิโลกรัม/เฮก-

Table 7. Nutrients gained from litter fall in different mangrove forests

Nutrients	Nutrient returned via litter fall in mangroves kg/ha/yr		
	Ranong	Chantaburi ^{1/}	Malaysia ^{2/}
Nitrogen	55.88	69.00	46.60
Phosphorus	4.63	9.30	4.70
Potassium	52.36	57.80	25.60
Calcium	113.81	53.20	99.30
Magnesium	24.50	27.00	34.10
Sodium	55.81	51.30	31.80
Total	306.99	267.60	242.10

ที่มา : ^{1/} Aksornkoae and Khemnark, 1984

^{2/} Khoon et al. 1984

แตร/ปี ทั้งนี้เนื่องจากป่าชายเลนจังหวัดระนองมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าป่าชายเลนทั้งสองแห่ง แกลเชื่อมโยงนั้ว่าเป็นธาตุอาหารที่ผลิตได้สูงสุดในป่าชายเลนรองลงมา ก็เป็นธาตุอาหารไนโตรเจน โปแตสเซียม โซเดียม และแมกเนเซียม ตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหาร ที่ผลิตได้จากเศษไม้ใบไม้ที่น้อยที่สุดในป่าชายเลน อย่างไรก็ตามธาตุอาหารที่ผลิตได้จากป่าชายเลนมีมากกว่าป่าบก คือ ป่าดิบเขาซึ่งศึกษาโดย บุญปลูก นาประกอบ และ เกษม จันทรแก้ว (๒๕๒๐) ซึ่งป่าชนิดนี้ให้ธาตุอาหารจากเศษไม้ใบไม้ ทั้งหมดประมาณ ๑๔๕.๑

กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี เท่านั้น โดยประกอบด้วยปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แกลเชื่อมโยงนั้ แมกเนเซียม และโซเดียม ประมาณ ๕๔.๐ ๒.๓ ๒๒.๐ ๔๕.๕ ๑๑.๐ และ ๑.๘ กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี ตามลำดับ

๖. ความสมดุลในระบบนิเวศน์ป่าชายเลน (ecological equilibrium in mangroves)

ป่าชายเลนในบริเวณที่ทำการศึกษามีเมื่อพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างหลายประการพบว่า มีความอุดมสมบูรณ์ ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด มีลูกไม้ขึ้นอยู่ก่อนข้างหนาแน่น การทดแทนของลูกไม้มีเพียง

พอ และลูกไม้มีการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้มีตลอดปี และปริมาณค่อนข้างสูง และผลิธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้เองและสัตว์นาทางขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่อย่างเพียงพอ ฉะนั้นจากการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวเหล่านี้ พอจะกล่าวได้ว่าป่าชายเลนบริเวณนี้ค่อนข้างมีความสมดุลในตัว

มันเอง แต่อย่างไรก็ยังมีข้อมูลที่จำเป็นอีกหลายอย่างที่จะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เช่น การเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร (nutrient export) ออกจากป่า ปริมาณธาตุอาหารที่ถูกกักไว้ในดินและที่ถูกนำไปใช้โดยสัตว์น้ำ ตลอดจนปริมาณสัตว์น้ำ ซึ่งจะเข้าใจถึงความสมดุลของระบบนิเวศน์ของป่าชายเลนอย่างชัดเจน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาความสมดุลทางนิเวศวิทยา และกำลังของป่าชายเลนในประเทศไทย ได้ดำเนินการวิจัย และเก็บข้อมูลในบริเวณป่าชายเลน ตำบลหาดทรายขาว จังหวัดระนอง โดยทำเป็นแปลงตัวอย่างถาวรและเก็บข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้คือ ลักษณะโครงสร้างของป่า อัตราการเจริญเติบโตของไม้ขนาดใหญ่ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกโตกว่า ๔ เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโตของลูกไม้ (seedling) น้ำหนักมวลชีวภาพ (biomass) ของป่าทั้งในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น ใบ กิ่ง และรากอากาศ) และส่วนรากที่อยู่ใต้ผิวดิน การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ (litter fall) และการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ (litter decomposition) พร้อมทั้งวิเคราะห์หาธาตุอาหาร ที่ผลิตได้จากป่า

ชายเลน สำหรับผลของการศึกษาสรุปได้ดังนี้ :-

๑. ลักษณะโครงสร้างของป่า ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่สำคัญคือ ไม้ลำแพน (*Sonneratia alba*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ถั่วดำ (*B. parviflora*) โปรง (*Ceriops* sp.) และตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) และพันธุ์เหล่านี้ จะขึ้นอยู่เป็นเขต (zonation) กล่าวคือ ตำแหน่งที่ตึกฝั่งน้ำจะเป็นกลุ่มของไม้ลำแพน ถัดเข้าไปจะเป็นกลุ่มของไม้โกงกาง ตามด้วยกลุ่มของไม้ถั่วและไม้โปรง ส่วนตำแหน่งในสุดของป่า จะเป็นกลุ่มของไม้ตะบูน ความหนาแน่นของไม้ซึ่งมีขนาดโต (เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเกิน ๔ เซนติเมตร) คือ กลุ่มไม้ลำแพน จะมีความหนาแน่นเฉลี่ย

ประมาณ ๘๐ ต้นต่อเฮกแตร์ (๕๐๐ ต้นต่อไร่) และมีพื้นที่หน้าตัด (basal area) เฉลี่ยประมาณ ๒๒.๕๐ ตารางเมตร ต่อเฮกแตร์ (๑๔๓ ตารางเมตรต่อไร่) กลุ่มไม้โกงกางมีความหนาแน่น เฉลี่ยประมาณ ๑๗๔๑๔ ต้นต่อเฮกแตร์ (๘,๘๓๘ ต้นต่อไร่) และมีพื้นที่หน้าตัด ๓๒.๙๒ ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ (๒๐๕.๗ ตารางเมตรต่อไร่) กลุ่มไม้ถั่วและไม้โปรง จะมีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ ๙๒๔ ต้นต่อเฮกแตร์ (๕,๘๘๘ ต้นต่อไร่) และมีพื้นที่หน้าตัดประมาณ ๑๓.๓๕ ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ (๘๓.๔๔ ตารางเมตรต่อไร่) และกลุ่มไม้ตะบูนมีความหนาแน่น ๒๕๓ ต้น ต่อเฮกแตร์ (๑,๕๘๐ ต้นต่อไร่) และมีพื้นที่หน้าตัดประมาณ ๒.๙๙ ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ (๑๘.๖๙ ตารางเมตรต่อไร่) ตามลำดับ

๒. อัตราการเจริญเติบโตทางก้าน เส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า ๔ เซนติเมตร เหลือคอรากสำหรับไม้โกงกาง และที่เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (dbh) สำหรับไม้ชนิดอื่นๆ พบว่าไม้โกงกางใบเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ ๐.๔๔ เซนติเมตรต่อปี ไม้โกงกางใบใหญ่ประมาณ ๐.๕๖ เซนติเมตร ไม้ถั่วดำและถั่วขาวมีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๐.๑๐

เซนติเมตรต่อปี ส่วนไม้ลำแพนและตะบูน-ขาวมีอัตราการเจริญเติบโตทางก้านเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๐.๕๕ และ ๐.๖๓ เซนติเมตรต่อปีตามลำดับ สำหรับการสืบพันธุ์ โดยธรรมชาติของลูกไม้ (seedlings) ในป่าชายเลนบริเวณนี้ มีความหนาแน่นประมาณ ๒๐ ต้นต่อตารางเมตร หรือ ๓๒,๐๐๐ ต้นต่อไร่ จากจำนวนทั้งหมดนี้เป็นลูกโกงกางใบเล็กประมาณ ๘๑ เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นลูกไม้พวกโกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว ถั่วดำ โปรง และตะบูน การเจริญเติบโตของลูกไม้พบว่าลูกไม้โกงกางใบเล็กมีการเจริญเติบโตทางก้านความสูง เฉลี่ยประมาณ ๓๑ เซนติเมตรต่อปี และเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอรากประมาณ ๑.๕ เซนติเมตรต่อปี โกงกางใบใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตทางก้านความสูงประมาณ ๔๐ เซนติเมตรต่อปี และเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอรากประมาณ ๑.๘ เซนติเมตรต่อปี ถั่วขาวและถั่วดำมีอัตราการเจริญเติบโตทางก้านความสูง ประมาณ ๕๔ และ ๔๗ เซนติเมตรต่อปี และเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอรากประมาณ ๑.๒ และ ๑.๐ เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ สำหรับไม้โปรงมีอัตราการเจริญเติบโตทางก้านความสูงเฉลี่ยประมาณ ๓๗ เซนติเมตรต่อปี และทางก้านเส้นผ่าศูนย์กลางเหนือคอรากประมาณ ๑.๔ เซนติเมตรต่อปี ส่วนไม้ตะบูนมีอัตราการ

เจริญเติบโตทางก้านความสูง ประมาณ ๔๐ เซ็นติเมตรต่อปี และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ ๑๐ เซ็นติเมตร เนื้อไม้มีสีน้ำตาลประมาณ ๐.๖ เซ็นติเมตรต่อปี สำหรับอัตราการรอดตายของลูกไม้แต่ละชนิดพบว่า ไม้โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และถั่วดำ มีอัตราการรอดตายประมาณ ๘๐ ๗๕ และ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนลูกไม้โกงกางใบใหญ่ ไม้โปรง และตะบูน มีอัตราการรอดตาย ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในแต่ละปีจะมีลูกไม้เกิดขึ้นใหม่ และประมาณ ๗๐ เปอร์เซ็นต์ เป็นลูกไม้โกงกางใบเล็ก

๓. น้ำหนักมวลชีวภาพของป่าชายเลนน้ำหนักแห้งจะแตกต่างกันไปตามเขตพันธุ์ไม้ (species zonation) และจากการศึกษาพบว่าน้ำหนักมวลชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วย ลำต้น ใบ กิ่ง และรากลำจุน และรากใต้ดินในเขตของไม้ลำแพน มีประมาณ ๑๒๘.๘ ตันต่อเฮกแตร์ (๒๐.๖ ตันต่อไร่) บริเวณเขตไม้โกงกางประมาณ ๗๑๐.๕ ตันต่อเฮกแตร์ (๑๑๓.๗ ตันต่อไร่) เขตไม้ถั่วประมาณ ๒๔๓.๖ ตันต่อเฮกแตร์ (๓๘.๙ ตันต่อไร่) และเขตไม้ตะบูนประมาณ ๒๐.๓ ตันต่อเฮกแตร์ (๓.๓ ตันต่อไร่) จากการศึกษามวลชีวภาพจะเห็นได้ว่าในเขตไม้โกงกางจะมีมวลชีวภาพสูงที่สุด นอกจากนี้ยังมีการศึกษามวลชีวภาพของรากใต้ดิน อย่างละ

เยียดโดยแบ่งรากตามขนาดต่าง ๆ คือ รากขนาด ๐-๒ ๒-๕ ๕-๑๐ ๑๐-๒๐ ๒๐-๓๐ ๓๐-๔๐ ๔๐-๕๐ และมากกว่า ๕๐ มิลลิเมตร และจากการศึกษาพบว่าน้ำหนักแห้งของรากตามขนาดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วมีลำดับดังนี้คือ ๒๒๐.๕ ตันต่อเฮกแตร์ (๓๕.๓ ตันต่อไร่) ๔.๓ ตันต่อเฮกแตร์ (๐.๗ ตันต่อไร่) ๑๐.๔ ตันต่อเฮกแตร์ (๑.๗ ตันต่อไร่) ๒๖.๐ ตันต่อเฮกแตร์ (๔.๒ ตันต่อไร่) ๔๓.๔ ตันต่อเฮกแตร์ (๖.๙ ตันต่อไร่) ๓๓.๓ ตันต่อเฮกแตร์ (๕.๓ ตันต่อไร่) ๑๙.๖ ตันต่อเฮกแตร์ (๓.๑ ตันต่อไร่) และ ๗๙.๙ ตันต่อเฮกแตร์ (๑๒.๘ ตันต่อไร่) ซึ่งประมาณได้ว่ารากใต้ดินมีมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งทั้งหมดประมาณ ๔๓๗.๔ ตันต่อเฮกแตร์ หรือ ๖๙.๙ ตันต่อไร่

๔. การร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ (litter fall) ในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนที่ศึกษาพบว่า มีประมาณ ๘.๗๕ ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ ๑.๔ ตันต่อไร่ต่อปี และมีการสลายตัวประมาณ ๓.๖๙ ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรืออัตราการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ประมาณ ๔๑ เปอร์เซ็นต์

๕. ผลผลิตด้านธาตุอาหารที่ได้จากป่าชายเลนเศษไม้ใบไม้ บริเวณที่ทำการศึกษาโดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจน ฟอส-

ฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม พบว่าป่าชายเลนสามารถผลิตธาตุอาหารเหล่านี้ได้อย่างมากมาย กล่าวคือ ปริมาณไนโตรเจน ประมาณ ๕๘.๘๘ กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (๔.๔๒ กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ฟอสฟอรัส ๔.๖๓ กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (๐.๗๔ กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) โปแตสเซียมประมาณ ๕๒.๓๘ กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี (๘.๓๘ กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ที่ป่าชายเลนผลิตได้จากเศษไม้ใบไม้คือประมาณ ๑๑๓.๘๑ ๒๔.๕๐ และ ๕๕.๘๑ กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือ ๑๘.๒๑ ๓.๗๒ และ ๘.๙๓ กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีตามลำดับ

๖. การศึกษาค้นคว้านี้จะชี้ให้เห็นว่าป่าชายเลน ประกอบด้วยพันธุ์ไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง ให้ผลผลิตมวลชีวภาพอย่างมาก และมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติได้ดี นอกจากนี้ป่าชายเลนสามารถผลิตธาตุอาหารจากเศษไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่น สำหรับเพื่อเจริญเติบโตของไม้ในป่าชายเลน และสัตว์ต่างๆ ในระบบนิเวศน์ของมันเอง และบางส่วนจะถูกนำไปสู่แหล่งน้ำใกล้เคียงโดยกระแสน้ำและลม และเป็นอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในน้ำอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ความรู้จากการศึกษาวิจัยความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลน มีข้อเสนอแนะที่สำคัญดังนี้ :-

๑. ป่าชายเลนนับเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด มีผลผลิตค่อนข้างสูง และมีการสืบพันธุ์ค่อนข้างดี และที่สำคัญไปกว่านี้ ป่าชายเลนสามารถผลิตธาตุอาหาร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้เอง และเพื่อการเจริญเติบโต ของสัตว์น้ำนานาชนิด ที่อาศัยในป่าชายเลน และพื้นที่ใกล้เคียงอีกด้วย ดังนั้นควรจะได้ตระหนักถึงความสำคัญและมีการอนุรักษ์ป่าชายเลน เพื่อประโยชน์ดังกล่าวให้มากขึ้น และควรจำกัดการใช้พื้นที่ป่าชายเลน เพื่อกิจการต่างๆ นอกเหนือจากการทำไม้ และให้มีการกำหนดมาตรการในการใช้พื้นที่ป่าชายเลน ในกิจการดังกล่าวให้ชัดเจน และให้มีปฏิบัติโดยเคร่งครัดเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อระบบนิเวศน์ป่าชายเลน

๒. ระบบนิเวศน์ป่าชายเลนค่อนข้างสลับซับซ้อน ความสมดุลของระบบนิเวศน์ค่อนข้างยากที่จะอธิบายให้ชัดเจน เนื่องจากต้องอาศัย ความรู้ จากหลายด้าน ประกอบกัน ความรู้ในหลายด้าน เกี่ยวกับระบบนิเวศน์ป่า

ชายเลนยังมีไม่เพียงพอ และจะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม และการวิจัยที่สำคัญที่จะต้องดำเนินการต่อไป คือ การเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารจากป่าชายเลน ไปสู่ระบบนิเวศน์ใกล้เคียงหรือไปสู่ปากอ่าวที่จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์น้ำบริเวณนั้น การผุสลายตัวของรากไต้ดิน กิจกรรมและชนิดของสัตว์ใหญ่และ

สัตว์เล็ก (จุลินทรีย์) ที่ช่วยในการผุสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ และรากไต้ดิน ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดิน ตลอดจนความสัมพันธ์ของป่าชายเลน กับสัตว์น้ำ ที่อาศัยในป่าชายเลน และพื้นที่ใกล้เคียงเป็นต้น ซึ่งการวิจัยเหล่านี้ต้องใช้เวลา และงบประมาณที่เพียงพอ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และได้รับความช่วยเหลือร่วมมือในการเก็บข้อมูลหลายท่านจากกรมป่าไม้ โดยเฉพาะ คุณเพ็ญ ธรรมโชติ คุณนริศ ธรรมโชติ

คุณโสภณ หะวานนท์ และคุณประจิม สุกสีเหลือง คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและบุคคลทั้งกล่าวข้างต้นอย่างสูงที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

กองจัดการที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ, กรมป่าไม้. ๒๕๒๓. ข้อมูลการใช้พื้นที่ป่าชายเลนเพื่อกิจกรรมต่างๆ กรมป่าไม้. บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์. ๒๕๒๕. การศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม. รายงานการวิจัยกองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้. บุญปลุก นาประกอบ และเกษม จักรแก้ว. ๒๕๒๐. ปริมาณธาตุอาหารในระบบ

นิเวศน์ป่าดิบเขาตอปปู เชียงใหม่. การวิจัยห้วยคอกม้า เล่มที่ ๓๐ คณะวนศาสตร์. ประโชติ ชุ่นอ. ๒๕๒๑. การกระจายการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกไม้ป่าชายเลน ณ ท้องที่อำเภอคลอง จังหวัดจันทบุรี กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ทัศนีย์ จันทาทิพย์ และ วิภาดา อภินันท์.
๒๕๑๘. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาในพื้นที่ป่าชายเลน. เอกสารเสนอในการสัมมนาาระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลนครั้งที่ ๕. ๒๖-๒๗ กรกฎาคม ๒๕๒๘ ภูเก็ต.
- Aksornkoae, S. 1975. Structure, regeneration and productivity of mangroves in Thailand. Ph.D. Thesis, Michigan State Univ.
- Aksornkoae, S., G. Wattayakorn and W. Kaitpraneet. 1980. Physical and chemical properties of soils and water in mangrove forest at Amphoe Khlung, Changwat Chantaburi, Thailand. Final Report. Div. of Mar. Sci., Unesco.
- Aksornkoae, S. 1981. Distribution, growth and survival of seedlings of mangrove forest in Thailand. Biotrop Spec. Publ. No. 3.
- Aksornkoae, S. and C. Khemnir. 1984. Nutrient cycling in mangrove forest of Thailand. Proceeding of the Asian Symposium on Mangrove Environment : Research and Management. 25-29 August, 1982, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Aksornkoae, S. 1985. Mangroves of Thailand : Status and Management. Fac. of Forestry, Kasetsart Univ.
- Boonruang, P. 1984. The rate of degradation of mangrove leaves, *Rhizophora apiculata* and *Avicennia marina* at Phuket Island, Western Peninsular of Thailand, Proceeding of the Asian Symposium on Mangrove Environment: Research and Management. 25-29 August, 1982. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Electric Generating Authority of Thailand. 1985. Report on Environmental and ecological investigation of Khanom-Suratthani and Khanom - Kakorn Si Thammarat Transmission Line Project. Bangkok.
- Galley, F.B., J.T. McGinnis, R.G. Clements, G.I. Child and M.J. Denver. 1975. Mineral cycling in Tropical moist forest ecosystem. Univ. of Georgia Press, Athens.

- Heald, E.J. 1971. The production of organic detritus in a south Florida estuary. Univ. Miami Sea Grant Tech. Bull. No. 6.
- Khoo, G.W., O.J. Eong and W.C. Hoong. 1984. Productivity of mangrove trees and its significance in a mangrove ecosystem in Malaysia. Proceeding of the Asian Symposium on Mangrove Environment: Research and Management. 25-29 August, 1982, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Kuenzler, E.J. 1968. Mangrove swamp systems. Coastal ecological system of the United states. Eds. H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahon, 353-83. Chapel Hill, N.C. : Int. Mar. Sci., Univ.
- Lugo, A.E. and S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. Ann. Rev. Ecol. and Syst., No. 5.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Sarigabutr, D., M. Thummanond, J. Iempairote and S. Baimoung. 1982. Climate in southern Thailand. Proceedings of NRCT-JSPS Rattanakosin Bicentennial Joint Seminar on Science and Mangrove Resources. 2-6 August, 1982, Phuket, Thailand.
- Tabuchi, R., K. Ogino, S. Sabhasri, and S. Aksornkoae. 1983. Fine root amount of mangrove forest - a preliminary survey. Ind. J. Pl. Sci. 1 : 31-41.