การวิจัยสวนป่าชายเลนด้านป่าไม้

การเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิด ในวัสดุเพาะชำที่ต่างกัน บริเวณเรือนเพาะชำ ศูนย์วิจัยป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

Growth and Survival Rates of Some Mangrove Species in Different Media at the Mangrove Forest Research Center Nursery, Amphoe Muang, Changwat Ranong.

ชาตรี ไฝจิต
สนิท อักษรแก้ว
ลดาวัลย์ พวงจิตร

Chatree Faichit
Sanit Aksornkoae
Ladawan Puangchit

Abstract

Growth and survival rates of some mangrove species in different media were carried out at the Mangrove Forest Research Center Nursery, Muang District, Ranong Province. The main objective of this study is to investigate the growth and survival rates of 7 important mangrove seedling species including *Bruguiera cylindrica, B. gymnorrhiza, Ceriops tagal, Rhizophora mucronata, R. apiculata, Avicennia marina and Xylocarpus granatum* in different media types. Five media types including mangrove forest soil+sand (1:1), mangrove forest soil, shrimp pond sediment+sand (1:1), shrimp pond sediment and pure sand. The total height (ground level to the top), diameter at the root collar, number of nodes and survival rates of seedling of each species were measured every month (1-6 months after planting). The total biomass was collected at the last month (6 months old seedlings). According to the analysis of growth and survival rates of each species growing in different media, the results revealed that the most suitable media for *B. cylindrica* was the mangrove forest soil followed by mangrove forest soil+sand, shrimp pond sediment, shrimp pond sediment+sand and pure sand, respectively. *B. gymnorrhiza* showed the best growth in mangrove forest soil followed by mangrove forest soil+sand, shrimp pond sediment, shrimp pond sediment+sand and pure sand, respectively. Seedlings of *C. tagal* grew well in mangrove forest soil followed by shrimp pond sediment, shrimp pond sediment+sand, mangrove forest soil+sand and pure sand, respectively. The best media for *R. mucronata* were mangrove forest soil and mangrove forest soil+sand followed by shrimp pond sediment+ sand, shrimp pond sediment and pure sand, respectively while *R. apiculata* grew best in shrimp pondsediment followed by mangrove forest soil, mangrove forest soil+sand, shrimp pond sediment+sand and pure sand, respectively. The species of *A. marina* performed best in mangrove forest soil and shrimp pond sediment followed by shrimp pond sediment+sand, mangrove forest soil+sand and pure sand, respectively. Shrimp pond sediment +sand was the best media for *X. granatum* followed by mangrove forest soil, mangrove forest soil+sand, shrimp pond sediment and pure sand, respectively.

Key words: Growht/Survival rate/Media/Mangroves

บทคัดย่อ

การเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดในวัสดุเพาะชำที่ต่างกันได้ดำเนินการศึกษาบริเวณเรือนเพาะชำ ศูนย์วิจัยป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงการเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าไม้ป่าชายเลน ในช่วงอายุ 1-6 เดือน ภายหลังทำการเพาะชำในวัสดุเพาะชำที่ต่างกัน 5 ประเภท คือ ดินเลน+ทราย ดินเลนอย่างเดียว ดินบ่อกุ้ง+ทราย ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว และทรายอย่างเดียว พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ทำการศึกษา 7 ชนิด คือ ไม้ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง โปรงแดง โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และตะบูนขาว ทำการเก็บข้อมูลด้านอัตราการรอดตายการเติบโต ความเพิ่มพูนการเติบโตด้านต่าง ๆ ทุกเดือน (1-6 เดือน) คือ ความสูงทั้งหมด (ระดับผิวดินถึงปลายยอด) ความโต (บริเวณคอราก) และจำนวนข้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเก็บข้อมูลการเติบโตในด้านมวลชีวภาพรวมทั้งหมด นำข้อมูลไปวิเคราะห์ประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะชากล้าไม้แต่ละชนิด จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ไม้ถั่วขาวเหมาะสมที่จะเพาะชำใน ดินเลนอย่างเดียวมากที่สุด รองลงมา คือ ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ทรายอย่างเดียว พังกาหัวสุมดอกแดงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลนอย่างเดียว ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ทรายอย่างเดียว โปรงแดงเหมาะสมที่จะเพาะชำในดินเลนอย่างเดียวมากที่สุด รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ดินเลน+ทราย และทรายอย่างเดียว โกงกางใบใหญ่เหมาะสมที่จะเพาะชำในดินเลนอย่างเดียวและดินเลน+ทรายมากที่สุดรองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว และน้อยที่สุด คือ ทรายอย่างเดียว โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินบ่อกุ้งอย่างเดียว รองลงมา คือ ดินเลนอย่างเดียว ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ทรายอย่างเดียว แสมทะเล เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลนอย่างเดียวและดินบ่อกุ้งอย่างเดียว รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย ส่วนดินเลน+ทรายและทรายอย่างเดียวเหมาะสมน้อยที่สุด สำหรับตะบูนขาว เหมาะสมที่จะเพาะชำในดินบ่อกุ้ง+ทรายมากที่สุด รองลงมา คือดินเลนอย่างเดียว ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว และทรายอย่างเดียวมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

คำหลัก: การเติบโต/อัตราการรอดตาย/วัสดุเพาะชำ/ป่าชายเลน

คำนำ

รัฐได้กำหนดแนวทางการบริหารจัดการป่าชายเลนโดยมีเป้าหมายหลักในการปลูกฟื้นฟูและการอนุรักษ์ให้มีป่าชายเลนของชาติประมาณไม่ต่ำกว่า 1.5 ล้านไร่ ซึ่งขณะนี้มีอยู่เพียงประมาณ 1.04 ล้านไร่ แสดงว่าภายในระยะเวลา 5 ปี (2545-2549) จะต้องปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนขึ้นมาใหม่ ไม่ต่ำกว่า 460,000 ไร่ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่งที่มีความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งให้คงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน จากเหตุผลดังกล่าวจึงเห็นได้ว่ายังมีพื้นที่จำนวนมากที่จำเป็นจะต้องมีการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลน ขั้นตอนที่สำคัญยิ่งนับเป็นหัวใจในการเตรียมการปลูกป่าชายเลน คือ การเตรียมกล้าไม้ให้มีคุณภาพดี และมีปริมาณเพียงพอ ขั้นตอนการผลิตกล้าไม้นั้นต้องอาศัยงบประมาณที่เพียงพอ ความละเอียด เทคนิค และข้อมูลทางวิชาการประกอบการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้กล้าไม้ที่มีคุณภาพดี และเมื่อนำไปปลูกในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งแล้ว กล้าไม้จะต้องมีอัตราการรอดตายสูงที่สุดและมีอัตราการเติบโตเร็วที่สุดภายหลังการปลูก (ลดาวัลย์ พวงจิตร, 2536; สนิท อักษรแก้ว, 2541) การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุเพาะชำเพื่อการผลิตกล้าไม้ป่าชายเลนยังนับว่ามีอยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการผลิตกล้าไม้ของป่าบก ในขณะที่ข้อมูลการศึกษาวิจัยด้านนี้มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนในปัจจุบัน ดังนั้นควรสนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยด้านการผลิตกล้าไม้ทั้งทางด้านเทคนิคการเพาะชำ การเลือกชนิดวัสดุเพาะชำที่มีความเหมาะสมกับการเพาะเมล็ดแต่ละชนิดตลอดจนวิธีการดูแลรักษากล้าไม้

เป็นต้น การศึกษาวิจัยการเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เพาะชำในเรือนเพาะชำโดยใช้วัสดุเพาะชำต่างชนิดกันนับเป็นเรื่องที่จะต้องวิจัยอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีการปรับตัวทั้งทางด้านกายวิภาคสัณฐาน และสรีรวิทยา เพื่อให้สามารถอยู่ได้ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน (วิพักตร์ จินตนา, 2528; เทียมใจ คมกฤส, 2536) ข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างมากเพื่อใช้ประกอบในการเพาะชำกล้าไม้ และการวางแผนการปลูกป่าชายเลนให้เกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทราบถึงการเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแต่ละชนิดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำที่ต่างกัน เพื่อสามารถเลือกวัสดุเพาะชำที่เหมาะสมกับพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแต่ละชนิดและนำความรู้ไปประกอบการพิจารณาต่อการผลิตกล้าไม้ป่าชายเลนให้มีคุณภาพที่ดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฝักและเมล็ดไม้ป่าชายเลน 7 ชนิด ได้แก่ ไม้ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง แสมทะเล และตะบูนขาว เก็บมาจากศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ 1 (ตราด) สำหรับโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง เก็บจากบริเวณศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนองดังรูปที่ 1

โกงกางใบใหญ่

โกงกางใบเล็ก

ถั่วขาว

โปรงแดง

พังกาหัวสุมดอกแดง

แสมทะเล

ตะบูนขาว

รูปที่ 1 เมล็ดและฝักของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 7 ชนิด

วัสดุเพาะชำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ดินเลน+ทราย (1:1) ดินเลนอย่างเดียว ดินบ่อกุ้ง+ทราย (1:1) ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว และทรายอย่างเดียว คุณสมบัติของวัสดุเพาะชำแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีบางประการของวัสดุเพาะชำ*

คุณสมบัติ	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
	ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
Soil texture					
Sand (%)	77	39	69	37	97
Silt (%)	12	28	12	24	2
Clay (%)	11	33	19	39	1
Textural class	Sandy loam	Clay loam	Sandy loam	Clay loam	Sand
pH	5.9	6.4	7.4	7.7	7.4
O.M. (%)	3.5	7.7	1.9	1.9	0.3
N (%)	0.7	1.54	0.38	0.38	0.06
P (ppm)	25	23	390	500	10
K (ppm)	290	500	90	110	60
Ca (ppm)	480	960	680	880	84
Mg (ppm)	570	1,250	430	520	100
Na (ppm)	1,200	1,400	550	160	600
Salinity (ppt)	1	3	Trace	Trace	Trace
SO_4^{2-} (ppm)	687	937	375	187	172
C.E.C.(meq/100g)	5.2	16.2	5.0	9.6	Trace

หมายเหตุ Trace หมายถึง มีจำนวนน้อยมากไม่สามารถวัดค่าได้

* วิเคราะห์คุณสมบัติที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการศึกษา

1. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาทดลองกับพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 7 ชนิด โดยที่แต่ละชนิดเพาะชำในวัสดุเพาะชำ 5 ประเภท ได้แก่ ดินเลนอย่างเดียว ดินเลนผสมทราย (1:1) ดินบ่อกุ้งผสมทราย (1:1) ดินบ่อกุ้งอย่างเดียว และทรายอย่างเดียว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ศึกษาแต่ละชนิดพันธุ์โดยที่ชนิดวัสดุเพาะชำทั้ง 5 ชนิด เป็นสิ่งทดลอง (treatments) โดยมีแต่ละถุงเพาะชำกล้าไม้เป็นหน่วยทดลองแบบหน่วยเดี่ยว เป็นจำนวนซ้ำ เริ่มแรกทำการเพาะชำในแต่ละสิ่งทดลองละ 50 ถุง หรือ 50 ซ้ำ และจะใช้ข้อมูลของกล้าที่รอดตายหรือจำนวนซ้ำที่รอดตายทั้งหมดในแต่ละสิ่งทดลองในเดือนสุดท้ายไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติต่อไป (แต่ละเดือนใช้ข้อมูลจากวิธีการวัดซ้ำกล้าไม้ต้นเดิม)

2. การเตรียมการทดลอง

2.1 การเตรียมวัสดุเพาะชำ โดยนำดินที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ดินบ่อกุ้งชั้นบน ดินเลนชั้นบน และทรายเต็ม ในช่วงระดับความลึก 0-15 ซม. จากผิวดิน นำดินและทรายมาผึ่งลม กำจัดเศษกิ่งไม้ กรวด เปลือกหอย และเศษเพรียงออก ผสมดินเลนกับทราย ดินบ่อกุ้งกับทรายในอัตราส่วน 1:1 นอกนั้นไม่ต้องผสมกัน คือ ใช้เป็นทรายอย่างเดียว ดินเลนอย่างเดียว และดินบ่อกุ้งอย่างเดียว เป็นวัสดุเพาะชำ ภายหลังผสมหรือเตรียมเสร็จ ทำการเก็บตัวอย่างวัสดุเพาะชำแต่ละชนิด เพื่อมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ แล้วบรรจุวัสดุเพาะชำแต่ละชนิดลง

ในถุงเพาะชำ ชนิดละ 350 ถุง สำหรับเพาะกล้าไม้ 7 ชนิด ๆ ละ 50 ถุง แล้วนำไปวางเรียงในแปลงย่อยตามแผนการทดลอง

2.2 การเตรียมฝักและเมล็ดสำหรับเพาะชำ ทำการคัดเลือกฝักและเมล็ดที่แก่จัด ไม่มีร่องรอยโรคและแมลงเข้าทำลาย ชนิดละ 250 เมล็ดหรือฝัก คัดเลือกให้มีขนาดยาวใกล้เคียงกันมากที่สุดในแต่ละชนิดพันธุ์ วัดขนาดความยาว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณที่โตมากที่สุด นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อประกอบการเลือกฝักหรือเมล็ดให้มีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากที่สุด สำหรับเมล็ดตะบูนขาวนำไปแช่น้ำ 3 คืน ก่อนนำเพาะในถุงเพาะชำ ส่วนแสมทะเลซึ่งมีเปลือกผลติดอยู่ก็นำผลใส่กะละมัง รดน้ำให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยพลาสติกไว้ 1 คืน เพื่อให้เปลือกแตกออกตามรอยตะเข็บ ซึ่งจะม้วนเป็นหลอดภายหลังและจะได้เมล็ดออกมา สำหรับการเพาะชำหรือปักชำลงในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำนั้น ในกรณีฝักนั้นจะปักลงลึกหนึ่งในสามส่วนหรือหนึ่งในสี่ส่วนของความยาวฝักตามที่เสนอแนะโดย สนิท อักษร และคณะ (2539) แล้วทำการวัดความสูงจากระดับผิวดินในถุงเพาะชำถึงปลายสุดของทุกชนิด สำหรับเมล็ดตะบูนขาวและแสมทะเล ให้กดด้านที่มีตาลงดินลึกขนาดครึ่งหนึ่งของเมล็ดให้ติดแน่นกับดิน เพื่อป้องกันไม่ให้หลุดลอยเมื่อมีน้ำขึ้นน้ำลง

3. การเก็บข้อมูล

บันทึกข้อมูล เกี่ยวกับจำนวนกล้าไม้ที่รอดตายทุก ๆ เดือน และสาเหตุการตายด้วย เก็บข้อ-มูลการเติบโต ได้แก่ ความสูงทั้งหมด ทำการวัดทุก ๆ เดือน ส่วนความโตบริเวณคอราก เริ่มทำการวัดในเดือนที่สองภายหลังการเพาะชำ เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนต่อกล้าไม้ที่เริ่มพุ่งหน่อในเดือนแรก ทำการวัดความโตบริเวณคอรากกรณีพวกฝัก ส่วนแสมทะเลและตะบูนขาววัดความโตที่ระดับชิดผิวดินและนับจำนวนข้อด้วย โดยในการวัดและนับจะเก็บข้อมูลซ้ำต้นเดิม ตามลำดับของหมายเลข เมื่อกล้าไม้มีอายุ 6 เดือนทำการสุ่มเลือกกล้าไม้มาสิ่งทดลองหรือวัสดุเพาะชำละ 10 ต้น สุ่มเลือกโดยวิธีจับสลากหมายเลขของกล้าที่รอดตาย นำกล้าที่สุ่มเลือกมาล้างดินออกจากราก ลำต้น และใบ นำมาผึ่งลม ทำการชั่งน้ำหนักสด แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่แล้ว นำมาหามวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) รวมทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล ความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และจำนวนข้อในแต่ละเดือน ความเพิ่มพูนความสูง ความเพิ่มพูนจำนวนข้อ มวลชีวภาพรวมทั้งหมด และปริมาณกล้าไม้ที่รอดตายนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Statistical Packages for the Social Science (SPSS) Version 9.05 for Windows วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ของกล้าไม้ในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ถ้าหากว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละปัจจัย โดยวิธี Bonferroni's test ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในกรณีที่จำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลอง หรือในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากการตายของกล้าไม้ หรือการที่เมล็ดตะบูนขาวไม่งอก จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวจะสามารถนำค่าความแตกต่างมาประกอบการจัดชั้นความเหมาะสมของชนิดวัสดุเพาะชำ บนพื้นฐานการเติบโตของกล้าไม้แต่ละชนิดต่อไป

ผลและวิจารณ์ผล

1. การเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าไม้ป่าชายเลนที่ศึกษา

การศึกษาการเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าไม้ป่าชายเลนในวัสดุเพาะชำที่ต่างกันครั้งนี้ ได้ทำการศึกษากับกล้าไม้แต่ละชนิดในวัสดุเพาะชำที่ต่างกัน ได้แก่ ดินเลน+ทราย (1:1) ดินเลน ดินบ่อกุ้ง+ทราย (1:1) ดินบ่อกุ้ง และทราย โดยพันธุ์ไม้แต่ละชนิดดังกล่าวได้แก่ ไม้ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง โปรงแดง โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และตะบูนขาว ซึ่งได้วิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวชี้วัดการเติบโตและความเพิ่มพูนการ

เติบโตด้านต่าง ๆ และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Bonferroni's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แล้วนำไปพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่าง ๆของแต่ละชนิดพันธุ์ไม้รวมถึงการประเมินอัตราการรอดตายประกอบอีกด้วย

ผลการศึกษาการเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าไม้แต่ละชนิดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. ไม้ถั่วขาว

1.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้ถั่วขาวแต่ละเดือน (1-6 เดือน) พบว่ากล้าไม้ถั่วขาวในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำ มีแนวโน้มของความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่ออายุมากขึ้น ความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของกล้าไม้ถั่วขาวอายุ 2 เดือน จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากเดือนแรก ซึ่งเป็นการพัฒนาความสูงอย่างรวดเร็วของกล้าไม้ในระยะแรก (ตารางที่ 2) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลอง ได้นำความสูงทั้งหมดของกล้าไม้ถั่วขาวในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 3) ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (38.90 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (37.56 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (36.74 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตก-ต่างกันทางสถิติ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (32.80 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (25.83 ซม.) และมีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด ปรากฏว่า ดินเลน+ทราย มีค่ามากที่สุด (20.43 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (20.01 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (19.50 ซม.) และดินบ่อกุ้ง+ทราย (16.53 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (11.27 ซม.) และมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน

1.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโต ผลการศึกษาขนาดความโตบริเวณคอรากของกล้าไม้ถั่วขาวแต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น ความโตบริเวณคอรากของไม้ถั่วขาวในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำเพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนความโตบริเวณคอรากของกล้าไม้ถั่วขาวอายุ 6 เดือน ที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำชนิดต่าง ๆ ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า วัสดุเพาะชำที่ต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้ความโตบริเวณคอรากของกล้าไม้ถั่วขาวอายุ 6 เดือน มีความแตกต่างกัน แต่สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอราก ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ นั้น ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอรากเฉลี่ย ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (0.232 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (0.239 ซม.) ซึ่งดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินบ่อกุ้ง (0.221 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินเลน+ทราย สำหรับดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.141 ซม.) และไม่มีความแตกต่างกับทราย (0.153 ซม.)

1.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของกล้าไม้ถั่วขาวในแต่ละเดือน (1-6 เดือน) นั้น พบว่า มีแนวโน้มของจำนวนข้อเพิ่มขึ้นของแต่ละวัสดุเพาะชำ เมื่ออายุกล้าไม้เพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนข้อของกล้าไม้ถั่วขาวอายุ 6 เดือนที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (7.06 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (6.80 ข้อ) ดินเลน+ทราย (6.75 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินบ่อ-กุ้ง+ทราย (6.42 ข้อ) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และดินเลน+ทราย ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (5.58 ข้อ) ซึ่งมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อนั้น เมื่อนำค่าไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (5.16 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (4.94 ข้อ) ดินเลน+ทราย (4.81 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินบ่อกุ้ง+ทราย (4.54 ข้อ) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และดินเลน+ทราย ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (3.71 ข้อ) ซึ่งมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของกล้าไม้ถั่วขาว หลังการเพาะชำ 1-6 เดือน ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน +ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	17.83 ±2.42	19.03±3.86	15.84±4.79	17.37±3.74	15.30±4.57
	2	26.34±2.88	26.88±5.51	22.89±6.26	25.19±4.56	20.35±6.36
	3	26.40±3.41	26.98±6.61	22.95±7.40	25.39±5.81	20.47±7.33
	4	33.47±3.41	33.08±6.61	32.83±7.40	30.81±5.81	24.21±7.33
	5	36.42±4.09	35.51±8.00	31.58±7.88	33.82±6.73	24.61±7.94
	6	37.56±6.54	38.90±7.80	32.80±8.46	36.74±7.04	25.83±8.36
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	20.43±3.51	20.01±8.71	16.53±8.28	19.50±7.84	11.27±6.83
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.125±0.03	0.121±0.03	0.152±0.04	0.133±0.03	0.115±0.03
	3	0.135±0.04	0.139±0.04	0.160±0.03	0.143±0.04	0.123±0.03
	4	0.187±0.04	0.215±0.04	0.166±0.03	0.189±0.04	0.160±0.04
	5	0.237±0.04	0.265±0.04	0.216±0.03	0.239±0.04	0.210±0.04
	6	0.364±0.05	0.383±0.06	0.293±0.04	0.353±0.06	0.265±0.06
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.239±0.06	0.262±0.06	0.141±0.07	0.221±0.06	0.153±0.07
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	1.94±0.24	1.90±0.30	1.88±0.33	1.85±0.37	1.80±0.41
	2	3.31±0.51	3.20±0.73	3.02±0.43	3.15±0.58	2.92±0.74
	3	3.32±0.50	3.22±0.73	3.06±0.61	3.25±0.81	2.92±0.84
	4	6.01±0.50	6.06±0.73	5.52±1.05	4.82±0.81	4.96±0.84
	5	6.27±0.81	6.38±1.02	6.14±0.68	6.17±0.96	5.39±1.05
	6	6.75±0.56	7.06±0.91	6.42±0.99	6.80±1.17	5.58±1.07
ความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	4.81±0.57	5.16±1.04	4.54±0.95	4.95±1.17	3.78±1.16
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	37.59±6.36	51.75±1.89	42.48±2.03	30.94±2.05	38.14±1.27
อัตราการรอดตาย (%)	1	100	100	100	100	100
	2	98	100	100	100	100
	3	98	100	100	100	100
	4	98	100	100	100	98
	5	98	100	100	100	98
	6	96	100	100	98	96

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้ถั่วขาว อายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกันโดย วิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	38.90^{a} (ดินเลน)	20.43^{a} (ดินเลน+ทราย)	0.262^{a} (ดินเลน)	7.06^{a} (ดินเลน)	5.16^{a} (ดินเลน)	51.75^{a} (ดินเลน)
2	37.56^{a} (ดินเลน+ทราย)	20.01^{a} (ดินเลน)	0.239^{ab} (ดินเลน+ทราย)	6.80^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	4.94^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	42.48^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
3	36.74^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	19.50^{a} (ดินบ่อกุ้ง)	0.221^{b} (ดินบ่อกุ้ง)	6.75^{ab} (ดินเลน+ทราย)	4.81^{ab} (ดินเลน+ทราย)	38.14^{c} (ทราย)
4	32.80^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	16.53^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.153^{c} (ทราย)	6.42^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	4.54^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	37.59^{c} (ดินเลน+ทราย)
5	25.83^{c} (ทราย)	11.27^{b} (ทราย)	0.141^{c} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	5.58^{c} (ทราย)	3.71^{c} (ทราย)	30.94^{d} (ดินบ่อกุ้ง)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

1.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของกล้าไม้ถั่วขาวเมื่ออายุ 6 เดือน นั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (51.75 ก./ต้น) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (42.48 ก./ต้น) ทราย (38.14 ก./ต้น) ดินเลน+ทราย (37.59 ก./ต้น) และดินบ่อกุ้งมีค่าน้อยที่สุด (30.94 ก./ต้น)

1.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) ปรากฏว่า กล้าไม้ถั่วขาวมีอัตราการรอดตายที่สูงมาก และแทบไม่มีอัตราการตายเกิดขึ้น เมื่อไม้ถั่วขาวอายุได้ 6 เดือน ปรากฏว่า ดินเลนและดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่าเท่ากับ 100% ดินบ่อกุ้งมีค่าเท่ากับ 98% ส่วนดินเลน+ทรายและทราย 96% จะเห็นได้ว่า กล้าไม้มีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพราะทำการเพาะชำในเรือนเพาะชำแบบถาวร ที่มีแปลงแบบซีเมนต์ มีหลังคาตาข่ายป้องกันการทำลายจากลิงแสม นอกจากนี้ช่วงที่มีการทดลองตรงกับช่วงฤดูฝน หรือมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้น้ำฝนชะล้างความเค็มในถุงวัสดุเพาะชำ และโคลนที่ติดกับใบออก ตลอดจนกล้าไม้สามารถได้รับอาหารจากฝักและวัสดุเพาะชำ จึงทำให้อัตราการรอดตายสูง อย่างไรก็ตาม พบว่ามีอาการของโรคขาดธาตุอาหาร โดยเฉพาะกล้าถั่วขาวที่เพาะในทราย ใบมีสีเหลืองซีดและร่วงในที่สุด ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเติบโตและทำให้ตายในที่สุด นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่น ๆ เช่น การกัดกินกล้าของปูแสม แม่หอบที่ชอบสร้างขุยมูลดินขึ้นคลุมถุงเพาะชำ และฝัก ทำให้กล้าตายในที่สุด

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 เห็นได้ว่า ดินเลนเป็นดินที่มีเนื้อดินประเภท clay loam ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วไม้ถั่วขาวชอบขึ้นในดินประเภทนี้ปะปนกับพวกโกงกาง (Aksornkoae, 1976) บริเวณดินเลนตื้นใกล้ฝั่ง ซึ่งเป็นดิน

เหนียว มีชั้นฮิวมัสและระบายน้ำดี ดินเลน+ทรายเป็นดินที่มีเนื้อดินแบบ sandy loam ซึ่งทำให้การเติบโตต่าง ๆ ใกล้เคียงกับดินเลน สำหรับดินบ่อกุ้ง+ทรายและดินบ่อกุ้งมีเนื้อดินแบบ sandy loam และ clay loam ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าเนื้อดินบ่อกุ้งจะเป็นก้อนแข็งตัวและเหนียวมากในช่วงที่น้ำลง ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจมีผลต่อการเติบโตได้โดยเฉพาะคุณสมบัติดินที่เปลี่ยนไป กล้าไม้ที่เพาะในทรายถึงแม้จะมีการขยายตัวของรากดีกว่าวัสดุเพาะชำอื่น ๆ แต่รากก็มีความสามารถยึดเหนี่ยวกับทรายได้น้อย ทำให้กล้าไม้เอนเอียงในช่วงที่น้ำขึ้นและเวลาที่มีคลื่นแรง อีกทั้งทรายมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารที่มากับน้ำทะเลได้น้อยกว่าวัสดุเพาะชำอื่น ๆ ธาตุอาหารที่มีอยู่น้อยมีโอกาสถูกพัดพาออกไปได้ง่าย สำหรับผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีพบว่าดินเลนเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากที่สุด รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ดินเลนยังมีธาตุอาหารสูง และค่า C.E.C. สูงกว่าวัสดุเพาะชำอื่น ๆ จึงทำให้ไม้ถั่วขาวที่เพาะในดินชนิดนี้มีการเติบโตด้านต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่แล้วดีที่สุด สำหรับดินบ่อกุ้ง+ทราย และดินบ่อกุ้งถึงแม้จะมีความสมบูรณ์ของธาตุอาหารแต่ก็ต้องพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และด้านเคมีด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย กล้าไม้ถั่วขาวที่เพาะในทราย พบว่ามีการเติบโตมีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากทรายมีธาตุอาหารต่ำทำให้แสดงอาการขาดธาตุอาหาร เช่น ใบซีดเหลืองและร่วงง่าย ดังนั้นจากเหตุผลต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้การเติบโตด้านต่าง ๆ ในแต่ละวัสดุเพาะชำแตกต่างกันซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อไป

2. พังกาหัวสุมดอกแดง

2.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดงแต่ละเดือน (1-6 เดือน) ทำให้ทราบถึงพัฒนาการในด้านความสูงของกล้าไม้ที่เพาะในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อกล้าไม้มีอายุมากขึ้น ความสูงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อกล้าไม้มีอายุได้ 2 เดือน (ตารางที่ 4) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลอง ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 5) ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีความสูงมากที่สุด (33.95 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (33.63 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (32.63 ซม.) ดินเลน (32.60 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน และทราย (28.97 ซม.) ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด และมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ทราย (23.97 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (21.17 ซม.) ดินเลน (20.55 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (20.29 ซม.) และดินเลน+ทราย (20.17 ซม.) ตามลำดับ

2.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโต ผลการศึกษาขนาดความโตของพังกาหัวสุมดอกแดงแต่ละเดือน (2-6 เดือน) ขนาดความโตบริเวณคอรากของพังกาหัวสุมดอกแดงในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำ เพิ่มขึ้นเมื่อกล้าไม้อายุมากขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดความโตในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความโตบริเวณคอราก ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ นั้น ปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.478 ซม.) รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.473 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.444 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน (0.401 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.289 ซม.) มีความแตกต่างกันจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ อย่างชัดเจน สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตเมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนของขนาดความโตปรากฏว่าดินเลนมีค่ามากที่สุด (0.222 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.213 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.207 ซม.) ดินเลน+ทราย (0.202 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.160 ซม.) และมีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้งและดินเลน+ทราย

ตารางที่ 4 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดง หลังการเพาะชำ 1-6 เดือน ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	12.52±4.84	12.05±3.64	13.65±5.11	12.79±4.78	10.21±4.81
	2	25.42±5.75	24.51±5.03	24.63±6.94	21.64±8.29	17.37±7.58
	3	28.50±6.00	28.93±4.79	29.24±6.49	29.71±4.58	21.40±10.56
	4	30.38±6.40	31.83±6.02	32.24±7.00	31.19±6.74	22.25±11.70
	5	31.38±6.40	31.93±6.02	32.34±7.00	31.29±6.74	26.29±11.70
	6	33.63±6.36	32.60±5.58	32.63±6.84	33.95±6.69	28.97±10.88
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	20.17±8.40	20.55±6.69	20.29±8.81	21.17±7.70	23.97±13.67
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.276±0.09	0.180±0.09	0.260±0.10	0.237±0.08	0.129±0.07
	3	0.318±0.09	0.241±0.10	0.313±0.11	0.284±0.09	0.129±0.09
	4	0.398±0.09	0.321±0.10	0.393±0.11	0.364±0.09	0.209±0.09
	5	0.401±0.09	0.331±0.10	0.404±0.11	0.407±0.09	0.213±0.09
	6	0.478±0.09	0.401±0.10	0.473±0.11	0.444±0.09	0.289±0.09
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.202±0.02	0.222±0.06	0.213±0.02	0.207±0.05	0.160±0.07
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	1.72±0.84	2.10±0.69	2.11±0.67	2.41±0.82	1.50±0.71
	2	3.44±0.77	3.40±0.70	3.44±0.69	3.76±1.33	2.60±1.17
	3	4.56±0.71	4.81±0.63	4.33±1.04	4.76±0.64	3.60±1.07
	4	6.06±0.71	5.80±0.63	5.33±1.04	5.68±0.65	3.65±1.07
	5	6.26±0.71	5.89±0.63	6.13±1.04	5.86±0.74	3.89±1.07
	6	6.36±0.70	6.07±1.33	6.25±0.84	6.52±1.15	4.60±0.97
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	4.64±1.08	3.97±1.47	4.14±0.96	4.10±1.42	3.10±1.45
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	111.93±5.44	125.04±2.42	98.54±3.17	124.96±3.11	37.33±1.91
อัตราการรอดตาย (%)	1	82	100	98	88	38
	2	76	98	90	86	22
	3	70	92	86	70	22
	4	66	90	86	66	20
	5	60	90	80	62	20
	6	50	84	72	58	20

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดง อายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	33.95^{a} (ดินบ่อกุ้ง)	0.478^{a} (ดินเลน+ทราย)	0.222^{a} (ดินเลน)	6.52^{a} (ดินบ่อกุ้ง)	4.64^{a} (ดินเลน+ทราย)	125.05^{a} (ดินเลน)
2	33.63^{a} (ดินเลน+ทราย)	0.473^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.213^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	6.36^{a} (ดินเลน+ทราย)	4.14^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	124.96^{a} (ดินบ่อกุ้ง)
3	32.63^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.444^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	0.207^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	6.25^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	4.10^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	111.94^{b} (ดินเลน+ทราย)
4	32.60^{a} (ดินเลน)	0.401^{b} (ดินเลน)	0.202^{ab} (ดินเลน+ทราย)	6.07^{a} (ดินเลน)	3.98^{ab} (ดินเลน)	98.54^{c} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
5	28.97^{b} (ทราย)	0.289^{c} (ทราย)	0.160^{b} (ทราย)	4.60^{b} (ทราย)	3.10^{b} (ทราย)	37.33^{d} (ทราย)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของพังกาหัวสุมดอกแดงแต่ละเดือน (1-6 เดือน) นั้น พบว่า มีแนวโน้มของจำนวนข้อเพิ่มขึ้นในแต่ละวัสดุเพาะชำ เมื่ออายุกล้าไม้เพิ่มขึ้น เมื่ออายุ 6 เดือน ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อ ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ นั้น (ตารางที่ 5) ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (6.52 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (6.36 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (6.25 ข้อ) ดินเลน (6.07 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (4.60 ข้อ) ซึ่งแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (4.64 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (4.14 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (4.10 ข้อ) ดินเลน (3.98 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (3.10 ข้อ) ไม่มีความแตกต่างจากดินบ่อกุ้ง+ทราย ดินบ่อกุ้ง และดินเลน

2.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของกล้าพังกาหัวสุมดอกแดง เมื่ออายุ 6 เดือน เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินเลน(125.05 ก./ต้น) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (124.96 ก./ต้น) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (111.94 ก./ต้น) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (98.54 ก./ต้น) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (37.33 ก./ต้น) ซึ่งค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกัน และแตกต่างจากดินเลนและดินบ่อกุ้งอีกด้วย

2.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) ปรากฏว่า กล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดงมีอัตราการรอดตายที่ลดลงเรื่อย ๆ เมื่อพิจารณาถึงอัตราการรอดตายในเดือนสุดท้าย ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (84%) รองลงมาคือดินบ่อกุ้ง+ทราย (72%) ดินบ่อกุ้ง (58%) ดินเลน+ทราย (50%) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (20%) โดยมีสาเหตุของการตายของกล้าไม้ที่เพาะในทรายมีใบที่ซีดและร่วงหล่นง่าย และพบว่ากล้าที่เพาะในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี เช่น ดินบ่อกุ้งมีการเน่าของฝัก นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่น ๆ เช่น การเจาะของหนอนในฝัก การเข้าทำลายฝักของลิงแสมในช่วงแรกซึ่งในกรณีนี้สังเกตพบว่า ผลที่มีลักษณะคล้ายสุ่มสีแดง และฝักบริเวณที่เชื่อมกับผลมีสีแดง ทำให้ลิงแสมเข้าไปทำลาย ถอน และกัดกินฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมากกว่าชนิดพันธุ์อื่น ๆ พบว่าลำต้นที่เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อราทำให้ลำต้นเน่าและหักลง ทำให้กล้าตายในที่สุด

เมื่อพิจารณาการเติบโตในด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดงเห็นได้ว่า เติบโตดีมากที่สุดเมื่อเพาะชำในวัสดุเพาะชำที่เป็นดินบ่อกุ้ง ดินเลน+ทราย และดินเลนและดินบ่อกุ้ง+ทราย ส่วนทรายเติบโตน้อยสุด ดินบ่อกุ้งเป็นดินที่มีความสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหาร และค่า C.E.C. ที่สูงมาก (ตารางที่ 1) พังกาหัวสุมดอกแดงเป็นพันธุ์ไม้ที่ชอบขึ้นในดินเลนแข็งและมีน้ำทะเลท่วมถึงบางครั้ง (สนิท อักษรแก้ว, 2535) ฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมีการพัฒนาขยายความยาวของส่วนรากแรกเกิดในระยะแรกก่อนเพื่อเพิ่มพื้นที่การเกิดรากด้านข้าง ดังนั้นส่วนรากแรกเกิดจึงสามารถแทงทะลุลงในดินเลนที่แข็ง โดยระยะแรกใช้อาหารที่สะสมในฝักก่อน เมื่ออายุมากขึ้นระบบรากมีการพัฒนาอย่างเต็มที่จึงดูดแร่ธาตุและน้ำจากวัสดุเพาะชำ เมื่อปริมาณอาหารในฝักลดลง กล้าไม้ต้องอาศัยธาตุอาหารจากดินวัสดุเพาะชำ ถ้าหากมีธาตุอาหารต่ำมีผลทำให้การเติบโตลดลง ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า กล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดงที่เพาะในทรายมีการเติบโตด้านต่าง ๆ ต่ำกว่าวัสดุเพาะชำชนิดอื่น ๆ และพังกาหัวสุมดอกแดงแสดงอาการทางใบ คือ ใบมีสีเหลืองซีดชัดเจน ซึ่งแสดงถึงอาการขาดธาตุอาหารเมื่อเพาะในทราย

3. โปรงแดง

3.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้โปรงแดงแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้อายุเพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือนซึ่งสิ้นสุดการทดลอง แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 7) ปรากฏว่า ดินเลนมีความสูงมากที่สุด (32.84 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (32.40 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (31.44 ซม.) ดินเลน+ทราย (31.29 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (30.62 ซม.) มีความแตกต่างจากดินเลน สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด พบว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (8.85 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (7.81 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (6.84 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (6.67 ซม.) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (5.10 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทราย

3.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอราก ผลการศึกษาขนาดความโตบริเวณคอรากของกล้าไม้โปรงแดงแต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น มีแนวโน้มขนาดความโตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดความโตในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความโต ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (0.346 ซม.) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากวัสดุเพาะชำชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือ ทราย (0.314 ซม.) ดินเลน+ทราย (0.302 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.297 ซม.) และดินนากุ้ง+ทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.289 ซม.) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโต เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอราก ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (0.193 ซม.) รองลงมา

คือ ดินทราย (0.193 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.189 ซม.) ดินเลน+ทราย (0.186 ซม.) ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินบ่อกุ้งมีค่าน้อยที่สุด (0.178 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทรายและดินเลน+ทราย

3.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของกล้าไม้โปรงแดงแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มของจำนวนข้อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (3.76ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (3.62 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (3.51 ข้อ) ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (3.28 ข้อ) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (3.281 ข้อ) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้ง และดินบ่อกุ้ง+ทรายด้วย สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ (ตารางที่ 6) เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 7) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ (ตารางที่ 7) ปรากฏว่า ดินเลน อย่างเดียวมีค่ามากที่สุด (2.76 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (2.62 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง+ทราย(2.51 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินเลน+ทราย (2.284 ข้อ) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (2.281 ข้อ) และมีความแตกต่างกับดินเลนอย่างชัดเจน

3.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของโปรงแดง เมื่ออายุ 6 เดือนนั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (62.09 ก./ต้น) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (62.04 ก./ต้น) ดินบ่อกุ้ง (61.88 ก./ต้น) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (57.33 ก./ต้น) ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (51.41 ก./ต้น) และมีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทราย

3.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) นั้น ปรากฏว่า กล้าไม้โปรงแดงมีอัตราการรอดตายที่ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เกือบทุกชนิด 100% ยกเว้น ดินบ่อกุ้ง+ทรายมี 98% ซึ่งก็ยังถือว่ามีอัตราการรอดตายที่สูงและคงที่ นั่นคือ ทุกๆ เดือนไม่ค่อยมีการตายของกล้าไม้โปรงแดงก็ว่าได้ ทั้งนี้เพราะโปรงแดงมีฝักที่ยาว มีเปลือกฝักที่เหนียว ทนต่อการทำลายของปูแสม และศัตรูอื่นๆ นอกจากนี้ฝักยังมีอาหารสะสมอยู่ด้วย

เมื่อพิจารณาถึงการเติบโตในด้านต่าง ๆ จะเห็นได้ว่า เมื่อเพาะในดินเลนมีการเติบโตในด้านต่างๆ มากที่สุด ส่วนทรายมีการเติบโตส่วนมากน้อยที่สุด โปรงแดงมักขึ้นเป็นกลุ่มในบริเวณที่ลุ่มริมทะเลเลนไม่ลึกนัก และค่อนข้างแข็ง ดินเลนเป็นดินที่มีธาตุอาหารสูง ส่วนทรายมีความสมบูรณ์ของธาตุอาหาร และความสามารถในการเก็บธาตุอาหารได้ต่ำมาก ทำให้มีการเติบโตด้านต่าง ๆ น้อยกว่าวัสดุเพาะชำชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้จาการสังเกตพบว่ากล้าที่เพาะในดินเลน ดินเลน+ทรายมีการผลิใบคู่แรกที่เร็วกว่าในวัสดุเพาะชำอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะเป็นดินที่มีความสมบูรณ์สูง

ตารางที่ 6 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมด เฉลี่ย และอัตราการรอดตายของกล้าไม้โปรงแดง หลังการเพาะชำ 1-6 เดือนในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	24.82±2.68	24.07±2.56	25.13±2.54	24.78±2.92	25.52±2.56
	2	26.83±2.54	26.62±2.50	27.17±2.69	26.93±3.09	27.01±2.62
	3	26.89±2.05	27.28±2.63	26.86±2.67	26.87±3.13	27.16±2.42
	4	29.19±2.05	29.59±2.60	29.16±2.67	29.18±3.10	29.46±2.42
	5	29.92±2.22	30.86±3.06	30.20±2.81	30.31±3.50	29.62±3.21
	6	31.29±2.09	32.84±3.55	31.44±3.64	32.40±3.80	30.62±3.31
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	6.67±3.12	8.85±4.73	6.84±4.37	7.81±3.16	5.10±2.64
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.116±0.04	0.153±0.04	0.100±0.04	0.119±0.04	0.121±0.04
	3	0.147±0.04	0.179±0.05	0.134±0.04	0.139±0.04	0.154±0.04
	4	0.176±0.04	0.209±0.05	0.164±0.04	0.171±0.04	0.182±0.04
	5	0.207±0.04	0.236±0.06	0.194±0.04	0.196±0.05	0.214±0.04
	6	0.302±0.05	0.346±0.04	0.289±0.05	0.297±0.05	0.314±0.04
ความเพิ่มพูนทางความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.186±0.02	0.193±0.01	0.189±0.03	0.178±0.03	0.193±0.02
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	1.96±0.20	1.98±0.14	1.94±0.24	2.00	2.08±0.27
	3	2.42±0.57	2.70±0.46	2.41±0.61	2.48±0.50	2.42±0.50
	4	2.63±0.63	2.70±0.46	2.45±0.61	2.50±0.50	2.42±0.50
	5	3.66±0.69	3.68±0.51	3.41±0.61	3.44±0.54	2.48±0.50
	6	3.284±0.78	3.76±0.56	3.51±0.62	3.62±0.49	3.281±0.57
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	2.284±0.78	2.76±0.56	2.51±0.62	2.62±0.49	2.281±0.57
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	62.04±1.68	62.09±2.64	57.33±5.59	61.88±6.76	51.48±13.97
อัตราการรอดตาย (%)	1	100	100	98	100	100
	2	100	100	98	100	100
	3	100	100	98	100	100
	4	100	100	98	100	100
	5	100	100	98	100	100
	6	100	100	98	100	100

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้โปรงแดงอายุ 6 เดือนหลังเพาะชำ ในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	32.84^{a} (ดินเลน)	8.85^{a} (ดินเลน)	0.346^{a} (ดินเลน)	0.1932^{a} (ดินเลน)	3.76^{a} (ดินเลน)	2.76^{a} (ดินเลน)	62.09^{a} (ดินเลน)
2	32.40^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	7.81^{a} (ดินบ่อกุ้ง)	0.314^{b} (ทราย)	0.1930^{a} (ทราย)	3.62^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	2.62^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	62.04^{a} (ดินเลน+ทราย)
3	31.44^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	6.84^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.302^{b} (ดินเลน+ทราย)	0.189^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	3.51^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	2.51^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	61.88^{a} (ดินบ่อกุ้ง)
4	31.29^{ab} (ดินเลน+ทราย)	6.67^{b} (ดินเลน+ทราย)	0.297^{b} (ดินบ่อกุ้ง)	0.186^{ab} (ดินเลน+ทราย)	3.284^{b} (ดินเลน+ทราย)	2.284^{b} (ดินเลน+ทราย)	57.33^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
5	30.62^{b} (ทราย)	5.10^{b} (ทราย)	0.289^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.178^{b} (ดินบ่อกุ้ง)	3.281^{b} (ทราย)	2.281^{b} (ทราย)	51.41^{b} (ทราย)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4. โกงกางใบใหญ่

4.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่แต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลองได้วิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 9) ปรากฏว่า ดิน+ทรายมีค่ามากที่สุด (73.07 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (70.75 ซม.) ดินเลน (70.74 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (68.23 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทราย (66.12) มีความแตกต่างจากดินเลน+ทรายอย่างชัดเจน สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมดและ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ ดินเลน (29.56 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (26.76 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (25.71 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (24.83 ซม.) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (23.50 ซม.) ตามลำดับ

4.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโต ผลการศึกษาขนาดความโตกล้าไม้โกงกางใบใหญ่แต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น มีแนวโน้มขนาดความโตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองกล้าไม้มีอายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดความโตในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดความโต ปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.622 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.605 ซม.) ดินเลน (0.589 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ทราย (0.545 ซม.) มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้งซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (0.527 ซม.) สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตนั้น เมื่อนำไปวิเคราะห์

ความแปรปรวน ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนของขนาดความโต (ตารางที่ 9) ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.503 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (0.483 ซม.) ดินทราย (0.466 ซม.) ดินเลน (0.452 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินบ่อกุ้งมีค่าน้อยที่สุด (0.420 ซม.) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับทรายและดินเลน

4.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่แต่ละเดือน (1-6 เดือน) นั้น พบว่า มีแนวโน้มของจำนวนข้อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่ออายุกล้าไม้เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองกล้าไม้มีอายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (4.62 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน (4.44 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (4.30 ข้อ) ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินบ่อกุ้ง+ทราย (4.22 ข้อ) ไม่มีความแตกต่างกับทรายซึ่งมีค่าน้อยสุด (4.18 ข้อ) และดินบ่อกุ้งด้วย สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (3.44 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (3.34 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (3.18 ข้อ) ค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินบ่อกุ้ง+ทราย (3.00 ข้อ) ไม่มีความแตกต่างกับทราย ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (2.88 ข้อ) และดินบ่อกุ้งด้วย

4.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของโกงกางใบใหญ่ เมื่ออายุ 6 เดือน เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (437.84 ก./ต้น) รองลงมาคือ ดินเลน (406.24 ก./ต้น) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (350.784 ก./ต้น) และไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทราย (326.70 ก./ต้น) ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (193.32 ก./ต้น) และมีความแตกต่างกับวัสดุเพาะชำอื่น ๆ

4.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) ปรากฏว่า กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ มีอัตราการรอดตายในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เกือบทุกชนิด 100% ยกเว้นดินเลน ในเดือนสุดท้ายมี 96% อย่างไรก็ตาม ก็ยังนับว่ามีอัตราการรอดตายที่สูงมาก หรือแทบจะไม่มีการตายของกล้าไม้ในช่วงเวลาที่ศึกษา ทั้งนี้อาจด้วยลักษณะเรือนเพาะชำที่ป้องกันศัตรูเข้ามาทำลาย ลักษณะของฝักไม้โกงกางใบใหญ่มีความยาวมาก มีปริมาณอาหารสะสมมาก ฝักมีความเหนียวและสารแทนนินอยู่ จึงทำให้มีอัตราการรอดตายสูง แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังพบว่ากล้าไม้ก็มีร่องรอยการทำลายโดยเฉพาะใบจะมีหนอนและหอยกินใบอยู่ด้วย

เมื่อพิจารณาการเติบโตในด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่แล้ว เห็นได้ว่า ส่วนใหญ่มีการเติบโตดีมากในดินเลน+ทราย และดินเลนซึ่งเป็นดินที่มีธาตุอาหารสูง ส่วนทรายมีอยู่น้อยมาก (ตารางที่ 1) โกงกางใบใหญ่มักขึ้นบริเวณที่มีดินเลนลึก บริเวณด้านนอกสุดจากชายฝั่งปะปนกับโกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ใช้เวลาในระยะแรกพัฒนาระบบรากก่อน ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าใช้เวลานานมากกว่าที่จะผลิใบคู่แรก และลำต้นเหนือคอรากพุ่งขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรก เมื่อรากพัฒนาเต็มที่แล้วสามารถดูดธาตุอาหารและน้ำจากวัสดุเพาะชำได้ ซึ่งในระยะแรกการเติบโตมีผลมาจากธาตุอาหารในดินและอาหารสะสมในฝักด้วย รากโกงกางใบใหญ่สามารถแผ่ขยายได้ดีในดินเลน+ทราย และดินเลน ซึ่งต่างจากดินบ่อกุ้งและดินบ่อกุ้ง+ทราย มักมีการรวมกันเป็นก้อนและแข็งเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้การเติบโตทางรากไม่ดีนัก ทรายถึงแม้รากขยายได้ดี แต่ก็มีธาตุอาหารต่ำและถูกพัดพาออกได้ง่าย ทำให้การเติบโตน้อยกว่าวัสดุเพาะชำอื่น ๆ

ตารางที่ 8 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูน ความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย และอัตราการรอดตาย ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ หลังการเพาะชำ 1-6 เดือน ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	46.31±4.94	41.18±4.24	45.92±5.14	42.52±8.40	43.80±5.82
	2	57.16±7.01	53.41±6.07	55.77±7.18	52.20±9.99	52.52±7.27
	3	64.45±8.70	60.03±7.32	61.68±8.09	58.95±11.06	57.46±8.29
	4	65.07±10.65	62.74±10.07	62.75±8.92	60.24±13.49	58.13±9.34
	5	70.45±9.65	66.99±9.92	68.49±8.68	65.42±12.18	63.82±9.50
	6	73.07±10.65	70.74±10.07	70.75±8.92	68.23±13.49	66.12±9.34
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	26.76±0.06	29.56±11.02	24.83±0.05	25.71±14.32	23.50±0.23
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.139±0.06	0.138±0.05	0.103±0.13	0.323±1.54	0.080±0.04
	3	0.159±0.06	0.158±0.05	0.161±0.08	0.126±0.04	0.099±0.04
	4	0.224±0.07	0.439±0.08	0.455±0.05	0.377±0.09	0.395±0.06
	5	0.542±0.07	0.509±0.08	0.525±0.05	0.435±0.12	0.467±0.07
	6	0.622±0.07	0.589±0.08	0.605±0.05	0.527±0.09	0.545±0.06
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.483±0.05	0.452±0.05	0.503±0.13	0.420±0.09	0.466±0.06
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	1.28±0.43	1.00	1.22±0.42	1.12±0.33	1.30±0.46
	2	1.92±0.34	1.98±0.14	2.00±0.20	1.88±0.32	1.86±0.40
	3	2.62±0.34	2.25±0.32	2.32±0.32	2.24±0.33	2.22±0.40
	4	2.92±0.67	2.94±1.06	2.98±0.80	2.88±0.62	2.86±0.62
	5	3.62±0.67	3.35±0.86	3.22±0.84	3.30±0.68	3.18±0.77
	6	4.62±0.67	4.44±0.58	4.22±0.84	4.30±0.68	4.18±0.72
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	3.34±0.75	3.44±0.58	3.00±0.95	3.18±0.75	2.88±0.66
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	350.78±0.56	406.24±5.83	326.70±7.48	437.84±5.38	193.32±79.33
อัตราการรอดตาย (%)	1	100	100	100	100	100
	2	100	98	100	100	100
	3	100	96	100	100	100
	4	100	96	100	100	100
	5	100	96	100	100	100
	6	100	96	100	100	100

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่อายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	73.07^{a} (ดินเลน+ทราย)	0.622^{a} (ดินเลน+ทราย)	0.503^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	4.62^{a} (ดินเลน+ทราย)	3.44^{a} (ดินเลน)	437.84^{a} (ดินบ่อกุ้ง)
2	70.75^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.605^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.483^{a} (ดินเลน+ทราย)	4.44^{a} (ดินเลน)	3.34^{a} (ดินเลน+ทราย)	406.24^{a} (ดินเลน)
3	70.74^{ab} (ดินเลน)	0.589^{a} (ดินเลน)	0.466^{ab} (ทราย)	4.30^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	3.18^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	350.78^{b} (ดินเลน+ทราย)
4	68.23^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	0.545^{b} (ทราย)	0.452^{ab} (ดินเลน)	4.22^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	3.00^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	326.70^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
5	66.12^{b} (ทราย)	0.527^{b} (ดินบ่อกุ้ง)	0.420^{b} (ดินบ่อกุ้ง)	4.18^{b} (ทราย)	2.88^{b} (ทราย)	193.32^{c} (ทราย)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5. โกงกางใบเล็ก

5.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้โกงกางใบเล็กแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกล้าไม้อายุได้ 2 เดือน มีความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากเดือนแรกอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 10) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมด ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 11) ปรากฏว่า ดินเลนมีความสูงมากที่สุด (53.67 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (51.44 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (50.73 ซม.) ดินเลน+ทราย (50.40 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (41.75 ซม.) ซึ่งมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (24.64 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (23.16 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (20.15 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินเลน+ทราย (18.69 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้งและดินบ่อกุ้ง+ทราย สำหรับทรายมีค่าน้อยที่สุด (13.05 ซม.) และมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำชนิดอื่น ๆ

5.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอราก ผลการศึกษาขนาดความโตบริเวณคอรากของกล้าไม้โกงกางใบเล็กแต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น มีแนวโน้มขนาดความโตเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ซึ่งสิ้นสุดการทดลองได้วิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดความโตบริเวณคอรากในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความโตที่บริเวณคอราก ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.496 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (0.475 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.4747 ซม.)

ตารางที่ 10 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของกล้าไม้โกงกางใบเล็กหลังการเพาะชำ 1-6 เดือน ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	31.71±4.64	29.36±4.99	31.11±4.67	28.21±5.01	29.25±5.20
	2	40.20±7.10	40.56±8.19	40.42±7.31	40.26±6.51	36.23±6.70
	3	44.61±7.14	45.15±9.02	42.39±8.20	42.61±7.35	37.85±9.18
	4	47.91±7.14	48.45±9.02	45.69±8.21	45.90±7.35	41.15±9.18
	5	48.92±7.58	51.14±9.53	47.65±10.28	49.16±7.94	41.68±8.71
	6	50.40±8.07	53.67±11.62	50.73±11.12	51.44±8.83	41.75±9.40
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	18.69±6.62	24.64±10.84	20.15±10.68	23.16±9.88	13.05±7.83
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.135±0.05	0.125±0.06	0.156±0.06	0.133±0.10	0.117±0.05
	3	0.163±0.05	0.155±0.06	0.186±0.06	0.176±0.07	0.147±0.05
	4	0.246±0.05	0.235±0.06	0.266±0.06	0.253±0.06	0.227±0.05
	5	0.408±0.06	0.379±0.10	0.423±0.08	0.407±0.08	0.355±0.09
	6	0.4748±0.06	0.449±0.10	0.496±0.08	0.4747±0.08	0.425±0.09
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.340±0.02	0.329±0.06	0.340±0.05	0.342±0.08	0.308±0.07
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	1.98±0.28	1.98±0.14	1.96±0.20	1.98±0.14	1.96±0.20
	2	2.66±0.52	2.66±0.56	2.67±0.63	2.69±0.51	2.50±0.58
	3	3.34±0.66	3.43±0.69	3.20±0.71	3.20±0.51	2.75±0.79
	4	3.36±0.66	3.45±0.69	3.20±0.61	3.20±0.50	2.75±0.79
	5	3.90±0.73	4.71±1.20	3.84±0.91	4.90±0.59	4.20±0.90
	6	4.86±0.73	4.76±1.20	4.80±0.91	4.94±0.59	4.21±0.90
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	2.88±0.72	2.78±0.89	2.84±0.89	2.96±0.66	2.25±0.82
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6เดือน)	6	183.52±4.14	205.05±5.01	158.88±4.53	297.03±29.81	268.02±16.91
อัตราการรอดตาย (%)	1	100	100	100	100	100
	2	100	100	100	100	100
	3	100	100	100	98	100
	4	100	100	100	98	100
	5	100	100	100	98	98
	6	100	100	98	98	96

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้โกงกางใบเล็กอายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	53.67[a] (ดินเลน)	24.64[a] (ดินเลน)	0.496[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	4.94[a] (ดินบ่อกุ้ง)	2.96[a] (ดินบ่อกุ้ง)	297.03[a] (ดินบ่อกุ้ง)
2	51.44[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	23.16[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	0.4748[ab] (ดินเลน+ทราย)	4.86[ab] (ดินเลน+ทราย)	2.88[ab] (ดินเลน+ทราย)	268.02[b] (ทราย)
3	50.73[ab] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	20.15[ab] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.4747[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	4.80[ab] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	2.84[ab] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	205.05[c] (ดินเลน)
4	50.40[ab] (ดินเลน+ทราย)	18.69[b] (ดินเลน+ทราย)	0.449[ab] (ดินเลน)	4.76[ab] (ดินเลน)	2.78[ab] (ดินเลน)	183.52[d] (ดินเลน+ทราย)
5	41.75[b] (ทราย)	13.05[c] (ทราย)	0.425[b] (ทราย)	4.21[b] (ทราย)	2.25[b] (ทราย)	158.88[c] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ดินเลน (0.449 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.425 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินเลน สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณคอราก เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (0.342 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.340 ซม.) ดินเลน+ทราย (0.339 ซม.) ดินเลน (0.329 ซม.) และทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.308 ซม.) ตามลำดับ

5.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของโกงกางใบเล็กในแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มของจำนวนข้อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (4.94 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (4.86 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (4.80 ข้อ) ดินเลน (4.76 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (4.21 ข้อ) ซึ่งแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่นๆ สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (2.969 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (2.88 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (2.84 ข้อ) ดินเลน (2.78 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (2.25 ข้อ) และมีความแตกต่างจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ

5.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของกล้าไม้โกงกางใบเล็กเมื่ออายุ 6 เดือนนั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 11) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (297.03 ก./ต้น) รองลงมาคือ ทราย (268.02 ก./ต้น) ดินเลน (205.05 ก./ต้น) ดินเลน+ทราย (183.52 ก./ต้น) และดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่าน้อยที่สุด (158.88 ก./ต้น)

5.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษา อัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) ปรากฏว่า กล้าไม้โกงกางใบเล็กมีอัตราการรอดตายที่ในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เกือบทุกชนิดอยู่ในอัตราสูงมาก กล่าวคือ มีอัตราการรอดตายในเดือนสุดท้ายดังนี้ ดินเลน+ทรายและดินเลน (100%) ดินบ่อกุ้ง+ทรายและดินบ่อกุ้ง (98%) และทราย (96%) จึงอาจกล่าวได้ว่า แทบจะไม่มีอัตราการตายเลย ทั้งนี้อาจด้วยเหตุผลต่าง ๆ คือ ลักษณะของเรือนเพาะชำที่เป็นซีเมนต์ป้องกันและลดการทำลายของศัตรู เช่น ปูแสม ฝักโกงกางใบเล็กมีผนังด้านนอกที่เหนียว เปลือกมีสารแทนนิน ฝักมีขนาดความยาว เมื่อปักลงในถุงเพาะชำจึงสามารถแก่งแย่งปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีพได้ดี ฝักมีอาหารสะสมอยู่มาก แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีส่วนน้อยที่ตายอันเนื่องมาจากการทำลายของลิงแสม

เมื่อพิจารณาถึงการเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบเล็กที่เพาะในวัสดุเพาะชำต่างๆ เห็นได้ว่า มีการเติบโตด้านต่าง ๆ ดีมากในดินบ่อกุ้ง ซึ่งมีธาตุอาหารสูง มีปริมาณ clay ค่อนข้างสูง เป็นดินที่ค่อนข้างแข็งโดยเฉพาะเมื่อน้ำลง ซึ่งโกงกางใบเล็กมักชอบขึ้นอยู่บริเวณดินที่ไม่นิ่มจนเกินไป และมีน้ำทะเลท่วมถึงตลอดเวลา ส่วนทรายมีการเติบโตน้อยมาก ทั้งนี้เพราะมีธาตุอาหารต่ำ และเก็บธาตุอาหารได้น้อย ทำให้ไม้โกงกางใบเล็กที่เพาะในทรายเมื่ออายุ 6 เดือน ใบมีสีเหลืองซีด อันส่งผลต่อการเติบโตด้านต่าง ๆ ทำให้มีการเติบโตน้อยกว่า เมื่อเพาะในวัสดุเพาะชำอื่น ๆ

6. แสมทะเล

6.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้แสมทะเลแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 12) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด (ตารางที่ 13) ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (47.16 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง (44.82 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (36.91 ซม.) ดินเลน+ทราย (34.83 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (31.29 ซม.) มีความแตกต่างจากดินเลน สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ ดินบ่อกุ้ง (28.91 ซม.) ทราย (25.29 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย (24.12 ซม.) ดินเลน (23.25 ซม.) และดินเลน (23.19 ซม.) ตามลำดับ

6.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน ผลการศึกษาขนาดความโตบริเวณชิดผิวดินของกล้าไม้แสมทะเลแต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุกล้าไม้เพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือนได้วิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน ปรากฏว่ามีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ปรากฏว่า ดินเลน (0.445 ซม.) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.391 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.372 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ทราย (0.336 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และดินเลน+ทราย ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (0.317 ซม.) สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.263 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (0.261 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.228 ซม.) ทราย (0.205 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับดินเลน+ทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.185 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และทราย

ตารางที่ 12 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูน ความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของแสมทะเล ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	1	11.53±3.87	13.14±3.34	13.49±4.72	13.38±4.82	8.00±5.65
	2	12.23±4.48	18.76±6.99	15.41±5.97	19.11±5.70	15.33±7.40
	3	25.89±6.83	33.33±9.68	25.82±7.97	32.95±7.50	22.27±8.88
	4	41.46±6.89	34.88±9.09	27.82±7.97	34.95±7.50	24.27±8.88
	5	34.30±7.86	47.65±15.49	35.12±12.44	42.59±12.61	28.10±10.53
	6	34.83±7.39	47.16±14.83	36.91±13.49	44.82±11.38	31.29±10.34
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./6 เดือน)	1-6	23.25±9.64	23.19±15.07	24.12±14.15	28.91±14.89	25.29±12.68
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.133±0.03	0.184±0.04	0.129±0.03	0.144±0.02	0.131±0.03
	3	0.143±0.03	0.190±0.03	0.154±0.02	0.158±0.02	0.131±0.03
	4	0.192±0.03	0.220±0.03	0.204±0.02	0.208±0.02	0.181±0.03
	5	0.224±0.03	0.247±0.03	0.235±0.02	0.237±0.02	0.207±0.03
	6	0.317±0.06	0.445±0.06	0.391±0.08	0.372±0.05	0.336±0.02
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.185±0.05	0.261±0.06	0.263±0.08	0.228±0.06	0.205±0.04
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	1	2.60±0.51	2.90±0.32	2.88±0.59	2.76±0.56	2.90±0.57
	2	3.33±0.90	3.80±1.32	4.15±0.88	4.47±0.72	4.00±0.82
	3	5.33±0.82	6.10±1.29	5.62±1.06	6.06±0.83	4.50±1.27
	4	7.33±0.82	8.10±1.29	7.62±1.06	8.06±0.83	6.50±1.27
	5	9.44±0.82	10.10±1.29	9.62±1.06	10.06±0.83	8.40±1.27
	6	11.33±1.23	13.00±2.79	11.77±1.73	11.29±1.36	10.40±2.07
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/6 เดือน)	1-6	8.73±1.49	8.10±2.77	8.89±1.63	8.53±1.41	7.50±2.12
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	7.01±0.88	25.14±1.47	18.35±1.61	34.17±2.25	16.60±1.52
อัตราการรอดตาย (%)	1	70	52	82	74	64
	2	46	30	66	52	52
	3	44	22	62	44	34
	4	40	22	60	44	32
	5	30	20	52	38	22
	6	30	20	52	34	20

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้แสมทะเลอายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	47.16^{a} (ดินเลน)	0.445^{a} (ดินเลน)	0.263^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	13.00^{a} (ดินเลน)	10.10^{a} (ดินเลน)	34.17^{a} (ดินบ่อกุ้ง)
2	44.82^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	0.391^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.261^{a} (ดินเลน)	11.77^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	8.89^{a} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	25.14^{b} (ดินเลน)
3	36.91^{ab} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.372^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	0.228^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	11.33^{ab} (ดินเลน+ทราย)	8.73^{ab} (ดินเลน+ทราย)	18.35^{b} (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
4	34.83^{ab} (ดินเลน+ทราย)	0.336^{b} (ทราย)	0.205^{ab} (ทราย)	11.29^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	8.53^{ab} (ดินบ่อกุ้ง)	16.60^{c} (ทราย)
5	31.29^{b} (ทราย)	0.317^{c} (ดินเลน+ทราย)	0.185^{b} (ดินเลน+ทราย)	10.40^{b} (ทราย)	7.50^{b} (ทราย)	7.01^{d} (ดินเลน+ทราย)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

6.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของกล้าไม้แสมทะเลแต่ละเดือน (1-6 เดือน) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุกล้าไม้เพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลน มีค่ามากที่สุด (13.00 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (11.77 ข้อ) ดินเลน+ทราย (11.33 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (11.29 ข้อ) ซึ่งดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (10.40 ข้อ) มีความแตกต่างกับดินเลน สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเพิ่มพูนจำนวนข้อ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินเลนมีค่ามากที่สุด (10.10 ข้อ) รองลงมาคือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (8.89 ข้อ) ดินเลน+ทราย (8.73 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (8.53ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (7.50 ข้อ) และมีความแตกต่างจากดินเลน

6.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของแสมทะเล (รากใต้ดิน+ใบ+ลำต้น) เมื่ออายุ 6 เดือนนั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้งมีค่ามากที่สุด (34.17 ก./ต้น) รองลงมาคือดินเลน (25.14 ก./ต้น) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทราย (18.35 ก./ต้น) ทราย (16.60 ก./ต้น) และดินเลน+ทรายมีค่าน้อยที่สุด (7.01 ก./ต้น)

6.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (1-6 เดือน) นั้น ปรากฏว่า เมื่อเวลาผ่านไปแสมทะเลมีอัตราการรอดตายลดลงเรื่อย ๆ แม้กระทั่งในเดือนแรก ถึงแม้ว่าในช่วง 2-3 สัปดาห์แรก แสมทะเลรอดตาย 100% แต่เมื่ออายุครบ 1 เดือน มีอัตราการรอดตายที่ลดลง ทั้งนี้เพราะสาเหตุจากการกัดของปูแสม

และหนอนกินใบ เมื่อกล้าไม้อายุครบ 6 เดือน ปรากฏว่า มีอัตราการรอดตายในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เรียงจากมากไปหาน้อย คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย (52%) ดินบ่อกุ้ง (34%) ดินเลน+ทราย (30%) ดินเลนและทราย (20%) ซึ่งถือได้ว่ามีอัตราการรอดตายที่ค่อนข้างต่ำมาก นอกจากสาเหตุของการตายดังกล่าวแล้ว ในดินที่เป็นดินเลนและดินเลน+ทรายมักมีมูลจอมหอบ และมูลดินจากการสร้างของปูที่ทับถมต้นแสมทะเล ซึ่งทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไป เช่น แข็งขึ้น และมีความเป็นกรดสูง จึงทำให้กล้าแสมทะเลตายในที่สุด นอกจากนี้ในทรายมักมีพวกหอยอยู่กัดกินใบแสมทะเล และทรายมีธาตุอาหารต่ำ ซึ่งสังเกตพบว่า ใบมีสีเหลืองซีดเร็วมาก ทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำมากเมื่อพิจารณาถึงการเติบโตของกล้าไม้แสมทะเลที่เพาะในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ

จะเห็นได้ว่า มีการเติบโตส่วนใหญ่ดีมากในดินเลนและดินบ่อกุ้ง ส่วนดินเลน+ทราย และทรายมีการเติบโตน้อยที่สุด ในธรรมชาติแสมทะเลชอบขึ้นในพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ แสมทะเลมีการเติบโตทางความสูงอย่างรวดเร็วในระยะแรก สามารถยึดวัสดุเพาะชำได้ดีในตอนแรกได้รับอาหารจากใบเลี้ยง และเริ่มพัฒนาระบบราก เมื่อใบเลี้ยงหลุดออกดินเลนซึ่งมีธาตุอาหารสูง ย่อมส่งผลทำให้แสมทะเลเติบโตได้ดี ส่วนทรายนั้นมีธาตุอาหารต่ำ นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่า แสมทะเลที่เพาะในทรายมักถูกปูแสมกัดลำต้น หอยและแมลงมักทำลายใบและยอด ซึ่งส่งผลทำให้การเติบโตลดลง

7. ตะบูนขาว

7.1 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางด้านความสูงทั้งหมด ผลการศึกษาความสูงทั้งหมดของกล้าไม้ตะบูนขาวแต่ละเดือน (2-6 เดือน) มีแนวโน้มความสูงทั้งหมดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในช่วงเดือนที่ 3 มีการเพิ่มขึ้นของความสูงทั้งหมดอย่างรวดเร็วจากเดือนที่ 2 (ตารางที่ 14) เมื่อกล้าไม้อายุ 6 ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงทั้งหมดในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมด ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (76.31 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (73.60 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (66.26 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินเลน และดินบ่อกุ้ง (63.01 ซม.) ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (56.32 ซม.) ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากดินเลนและดินบ่อกุ้ง สำหรับความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมดนั้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนของความสูงทั้งหมด ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (63.91 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (49.24 ซม.) ดินบ่อกุ้ง(45.04 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินเลน+ทราย (31.53 ซม.) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และทรายซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (20.10 ซม.)

7.2 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน ผลการศึกษาขนาดความโตบริเวณชิดผิวดินของกล้าไม้ตะบูนขาวแต่ละเดือน (2-6 เดือน) นั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่ออายุ 6 เดือน ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดความโตบริเวณชิดผิวดินในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน ปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.782 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (0.614 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินบ่อกุ้ง+ทราย (0.567 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.549 ซม.) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับดินเลน ดินบ่อกุ้ง+ทรายและทราย ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (0.487 ซม.) สำหรับความเพิ่มพูนทางขนาดความโตบริเวณชิดผิวดิน เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 15) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดความโตบริเวณชิดผิวดินปรากฏว่า ดินเลน+ทรายมีค่ามากที่สุด (0.485 ซม.) รองลงมาคือ ดินเลน (0.457 ซม.) ดินบ่อกุ้ง+ทราย(0.442 ซม.) ดินบ่อกุ้ง (0.388 ซม.) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (0.313 ซม.) ซึ่งมีความแตกต่างกับดินเลน+ทรายอย่างชัดเจน

7.3 การเติบโตและความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ ผลการศึกษาจำนวนข้อของตะบูนขาวในแต่ละเดือน (2-6 เดือน) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อกล้าไม้มีอายุเพิ่มขึ้น เมื่ออายุ 6 เดือน ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนข้อ ปรากฏว่า

มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (17.80 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน (17.40 ข้อ) ดินเลน+ทราย (16.40 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (16.15 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนทรายมีค่าน้อยที่สุด (14.72 ข้อ) ซึ่งมีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง+ทรายและดินเลน สำหรับความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อนั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนความเพิ่มพูนจำนวนข้อ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อ ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (5.80 ข้อ) รองลงมาคือ ดินเลน (5.50 ข้อ) ดินบ่อกุ้ง (4.23 ข้อ) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนดินเลน+ทราย (2.50 ข้อ) ไม่มีความแตกต่างกับดินบ่อกุ้ง และทราย ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด (1.44 ข้อ)

7.4 การเติบโตทางมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ผลการศึกษามวลชีวภาพรวมทั้งหมดของตะบูนขาว (รากใต้ดิน+ใบ+ลำต้น) เมื่ออายุ 6 เดือนนั้น เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของมวลชีวภาพรวมทั้งหมดที่เพาะชำในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ ปรากฏว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพรวมทั้งหมด ปรากฏว่า ดินบ่อกุ้ง+ทรายมีค่ามากที่สุด (55.38 ก./ต้น) รองลงมาคือ ดินเลน+ทราย (53.46 ก./ต้น) ทราย (46.85 ก./ต้น) ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกัน ดินบ่อกุ้ง (43.91 ก./ต้น) ไม่มีความแตกต่างกับทราย ส่วนดินเลนมีค่าน้อยที่สุด (32.02 ก./ต้น) และมีความแตกต่างกันจากวัสดุเพาะชำอื่น ๆ

7.5 อัตราการรอดตาย ผลการศึกษาอัตราการรอดตายแต่ละเดือน (2-6 เดือน) ปรากฏว่า มีอัตราการรอดตายที่ลดลงเล็กน้อย ในเดือนที่ 2 อัตราการรอดตายมีค่าค่อนข้างต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดทั้งหมดด้วย โดยพบว่า เมล็ดตะบูนขาวมีระยะงันนาน และสภาพแปลงในเรือนเพาะชำ บริเวณที่เพาะชำมีการท่วมแช่ของน้ำตลอด ทำให้เมล็ดเน่าในที่สุด นอกจากนี้เมื่อเมล็ดงอกออกมาในตอนแรกมักพบว่า บริเวณโคนต้นเป็นโรครา ทำให้ต้นเน่าและหักล้มในที่สุด อย่างไรก็ตาม ต้นที่สามารถงอกได้โดยส่วนใหญ่ก็สามารถเติบโตได้ โดยในเดือนสุดท้ายมีอัตราการรอดตายในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ ทราย (36%) ดินบ่อกุ้ง (26%) ดินเลน+ทราย ดินเลน และดินบ่อกุ้ง+ทราย (20%)

เมื่อพิจารณาถึงการเติบโตของกล้าไม้ตะบูนขาวที่เพาะในวัสดุเพาะชำต่าง ๆ เห็นได้ว่า มีการเติบโตโดยส่วนใหญ่ดีมากที่สุดในดินบ่อกุ้ง+ทราย รองลงมาเป็นดินเลน ดินบ่อกุ้ง ดินเลน ส่วนทรายมีการเติบโตน้อยที่สุด ตะบูนขาวชอบขึ้นปะปนกับไม้หลายชนิด บริเวณดินเลนแข็ง ด้านหลังสุดของป่าชายเลน บริเวณน้ำกร่อยและน้ำจืด ในระยะแรก ๆ กล้าไม้มีการเติบโตทางความสูงอย่างรวดเร็ว หลังจากงอกออกมาจากเมล็ด ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในทรายมีอัตราการรอดตายสูง ทั้งนี้มีผลจากเปอร์เซ็นต์การงอกที่มากด้วย เพราะทรายมีการแพร่ของออกซิเจน ซึ่งจำเป็นต่อการงอกได้ดี เมื่อมีการงอกออกมาในระยะแรกได้รับอาหารส่วนใหญ่จากเอนโดสเปิร์มในเมล็ด เมื่อเมล็ดหลุดออกไปและระบบรากพัฒนาแล้ว จำเป็นต้องอาศัยธาตุอาหารจากวัสดุเพาะชำ หากวัสดุเพาะชำมีธาตุอาหารต่ำ อาจส่งผลให้การเติบโตต่ำด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่า ทรายมีปริมาณธาตุอาหารต่ำทำให้การเติบโตของกล้าตะบูนขาว เมื่ออายุ 6 เดือนต่ำไปด้วย แต่วัสดุเพาะชำอื่น ๆ มีความอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้กล้าไม้ตะบูนขาวเติบโตได้ดี

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีการตอบสนองในการเจริญเติบโตในวัสดุเพาะที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดต่อปัจจัยที่พันธุ์ไม้นั้นขึ้นอยู่ โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต (Steenis, 1985; Kunenzler, 1968)

ตารางที่ 14 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย (ระดับผิวดิน) ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวน ข้อเฉลี่ย มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย และอัตราการรอดตายของกล้าไม้ตะบูนขาว หลังการเพาะชำ 2-6 เดือน ในวัสดุเพาะชำต่างกัน

ตัววัด	อายุ (เดือน)	ชนิดวัสดุเพาะชำ				
		ดินเลน+ทราย	ดินเลน	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ดินบ่อกุ้ง	ทราย
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม.)	2	34.73±4.69	24.36±2.64	12.40±6.45	17.96±11.46	36.95±18.32
	3	57.43±9.37	65.90±4.75	51.65±18.35	47.93±13.89	37.56±17.47
	4	58.93±9.37	67.40±4.75	53.42±18.25	45.28±17.94	39.06±17.47
	5	65.10±5.88	59.47±4.90	62.24±9.83	63.80±16.20	48.81±17.21
	6	66.26±8.09	73.60±6.24	76.31±7.79	63.01±5.49	56.32±7.15
ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (ซม./5เดือน)	2-6	31.53±11.94	49.24±22.58	63.91±9.75	45.04±11.22	20.10±19.14
ความโตเฉลี่ย (ระดับคอราก) (ซม.)	2	0.242±0.15	0.157±0.07	0.125±0.03	0.161±0.04	0.174±0.05
	3	0.322±0.15	0.237±0.07	0.205±0.03	0.241±0.04	0.254±0.05
	4	0.332±0.15	0.267±0.07	0.305±0.03	0.248±0.04	0.264±0.05
	5	0.682±0.16	0.514±0.14	0.462±0.09	0.449±0.12	0.387±0.15
	6	0.782±0.16	0.614±0.14	0.567±0.09	0.549±0.12	0.487±0.15
ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย (ซม./5 เดือน)	2-6	0.485±0.17	0.457±0.09	0.442±0.09	0.388±0.10	0.313±0.19
จำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ)	2	13.90±1.78	11.90±2.51	12.00±1.05	11.92±1.61	13.28±1.78
	3	14.40±1.71	13.80±1.62	12.10±1.20	13.00±1.29	13.33±1.50
	4	15.52±1.71	14.80±1.62	15.00±1.41	14.15±1.44	13.39±1.82
	5	16.00±2.07	15.80±1.93	15.80±0.63	14.92±1.63	14.00±1.27
	6	16.40±2.07	17.40±1.58	17.80±0.63	16.15±1.63	14.72±1.27
ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย (ข้อ/5 เดือน)	2-6	2.50±2.12	5.50±3.10	5.80±1.48	4.23±2.01	1.44±1.62
มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย (ก./ต้น/6 เดือน)	6	53.46±5.58	32.02±3.06	55.38±6.31	43.91±4.21	46.85±7.82
อัตราการรอดตาย (%)	2	32	30	26	30	42
	3	30	26	22	30	36
	4	30	22	22	28	36
	5	26	22	20	26	36
	6	20	20	20	26	36

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย ความโตเฉลี่ย ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย จำนวนข้อเฉลี่ย ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย เรียงจากมากไปหาน้อย ของกล้าไม้ตะบูนขาว อายุ 6 เดือนหลังเพาะชำในวัสดุเพาะชำต่างกัน โดยวิธี Bonferroni's test

ลำดับที่	ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย
1	76.31[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	63.91[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.782[a] (ดินเลน+ทราย)	0.485[a] (ดินเลน+ทราย)	17.80[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	5.80[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	55.36[a] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)
2	73.60[ab] (ดินเลน)	49.24[ab] (ดินเลน)	0.614[ab] (ดินเลน)	0.457[ab] (ดินเลน)	17.40[a] (ดินเลน)	5.50[a] (ดินเลน)	53.46[a] (ดินเลน+ทราย)
3	66.26[b] (ดินเลน+ทราย)	45.04[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	0.567[b] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	0.442[ab] (ดินบ่อกุ้ง+ทราย)	16.40[ab] (ดินเลน+ทราย)	4.23[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	46.85[ab] (ทราย)
4	63.01[bc] (ดินบ่อกุ้ง)	31.53[bc] (ดินเลน+ทราย)	0.549[b] (ดินบ่อกุ้ง)	0.388[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	16.15[ab] (ดินบ่อกุ้ง)	2.50[bc] (ดินเลน+ทราย)	43.91[b] (ดินบ่อกุ้ง)
5	56.32[c] (ทราย)	20.10[c] (ทราย)	0.487[b] (ทราย)	0.313[b] (ทราย)	14.72[b] (ทราย)	1.44[c] (ทราย)	32.02[c] (ดินเลน)

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามในแนวตั้งเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. การพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลนที่ศึกษา

การพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลนที่ศึกษาครั้งนี้ ได้พิจารณาใช้เฉพาะการเติบโตของกล้าไม้ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงทั้งหมด ความเพิ่มพูนทางความสูงทั้งหมด ความโต ความเพิ่มพูนทางความโต จำนวนข้อ ความเพิ่มพูนทางจำนวนข้อ และมวลชีวภาพรวมทั้งหมด โดยใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนตัวชี้วัดการเติบโตแต่ละอย่าง แล้วหาคะแนนรวม จัดแบ่งอันดับความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อไป สำหรับการให้คะแนนตัวชี้วัดในแต่ละชนิดวัสดุเพาะชำนั้น พิจารณาจากกลุ่มของตัวชี้วัดการเติบโต ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Bonferroni's test โดยที่กลุ่มเดียวกันจะให้คะแนนเท่ากัน กลุ่มที่มีค่ามากที่สุดจะให้คะแนนมากที่สุด และกลุ่มที่มีค่าน้อยที่สุดจะให้คะแนนน้อยที่สุด แล้วหาผลรวมของคะแนนของทุกตัวชี้วัดในแต่ละวัสดุเพาะชำ วัสดุเพาะชำที่มีคะแนนรวมมากที่สุดมีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมามีความเหมาะปานกลาง และน้อยที่สุด ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาความเหมาะสมของประเภทวัสดุเพาะชำต่อการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลนที่ศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 16 และตารางที่ 17

ตารางที่ 16 การพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลนที่ศึกษาแต่ละชนิด

ชนิดพันธุ์	วัสดุเพาะชำ	คะแนนในรายการต่าง ๆ							คะแนนรวม	อันดับความเหมาะสม
		ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อ	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย		
ถั่วขาว	ดินเลน+ทราย	3 (37.56^{a})	2 (20.43^{a})	NS	2.5 (0.239^{ab})	2.5 (6.75^{ab})	2.5 (4.81^{ab})	2 (37.59^{c})	14.0	ปานกลาง
	ดินเลน	3 (38.90^{a})	2 (20.01^{a})		3 (0.362^{a})	3 (7.06^{a})	3 (5.16^{a})	4 (51.75^{a})	18.0	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	2 (32.80^{b})	2 (16.53^{a})		1 (0.141^{c})	2 (6.42^{b})	2 (4.54^{b})	3 (42.48^{b})	12.0	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	2.5(36.74^{ab})	2 (19.50^{a})		2 (0.221^{b})	2.5 (6.80^{ab})	2.5 (4.94^{ab})	1 (30.94^{d})	12.5	ปานกลาง
	ทราย	1(25.83^{c})	1 (11.27^{b})		1 (0.153^{c})	1 (5.58^{c})	1 (3.71^{c})	2 (38.14^{c})	7.0	น้อยที่สุด
พังกาหัวสุม	ดินเลน+ทราย	2 (33.63^{a})	NS	3 (0.478^{a})	1.5(0.202^{ab})	2 (6.36^{a})	2 (4.64^{a})	3 (111.94^{b})	13.5	มากที่สุด
ดอกแดง	ดินเลน	2 (32.60^{a})		2 (0.401^{b})	2 (0.222^{a})	2 (6.07^{a})	1.5 (3.98^{ab})	4 (125.05^{a})	13.5	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	2 (32.63^{a})		3 (0.473^{a})	2 (0.213^{a})	2 (6.25^{a})	1.5 (4.14^{ab})	2 (98.54^{c})	12.5	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง	2 (33.95^{a})		2.5 (0.444^{ab})	1.5 (0.207^{ab})	2 (6.52^{a})	1.5 (4.10^{ab})	4 (124.96^{a})	13.5	มากที่สุด
	ทราย	1 (28.97^{b})		1 (0.289^{c})	1 (0.160^{b})	1 (4.60^{b})	1 (3.10^{b})	1 (37.33^{d})	5.0	น้อยที่สุด
โปรงแดง	ดินเลน+ทราย	1.5 (31.29^{ab})	1 (6.67^{b})	1 (0.302^{b})	1.5 (0.186^{ab})	1 (3.284^{b})	1 (2.284^{b})	2 (62.04^{a})	9.0	น้อยที่สุด
	ดินเลน	2 (32.84^{a})	2 (8.85^{a})	2 (0.346^{a})	2 (0.1932^{a})	2 (3.76^{ab})	2 (2.76^{a})	2 (62.09^{a})	14.0	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	1.5 (31.44^{ab})	1.5 (6.84^{ab})	1 (0.289^{b})	1.5 (0.189^{ab})	1.5 (3.51^{ab})	1.5 (2.51^{ab})	1.5 (57.33^{ab})	10.0	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	1.5 (32.40^{ab})	2 (7.81^{a})	1 (0.297^{b})	1 (0.178^{b})	1.5 (3.62^{ab})	1.5 (2.62^{ab})	2 (61.88^{a})	10.5	ปานกลาง
	ทราย	1 (30.62^{b})	1 (5.10^{b})	1 (0.314^{b})	2 (0.1930^{a})	1 (3.281^{b})	1 (2.281^{b})	1 (51.41^{b})	8.0	น้อยที่สุด

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	วัสดุเพาะชำ	คะแนนในรายการต่าง ๆ							คะแนนรวม	อันดับความเหมาะสม
		ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อ	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย		
โคงคางใบ-ใหญ่	ดินเลน+ทราย	2 (73.07^{a})	NS	2 (0.622^{a})	2 (0.483^{a})	2 (4.62^{a})	2 (3.34^{a})	2 (350.78^{b})	12.0	มากที่สุด
	ดินเลน	1.5 (70.74^{ab})		2 (0.589^{a})	1.5 (0.452^{ab})	2 (4.44^{a})	2 (3.44^{a})	3 (406.24^{a})	12.0	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	1.5 (70.75^{ab})		2 (0.605^{a})	2 (0.053^{a})	1 (4.22^{b})	1 (3.00^{b})	2 (326.70^{b})	9.5	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	1.5 (68.23^{ab})		1 (0.527^{b})	1 (0.420^{b})	1.5 (4.30^{ab})	1 (3.18^{b})	3 (437.84^{a})	9.0	ปานกลาง
	ทราย	1 (66.12^{b})		1 (0.545^{b})	1.5 (0.466^{b})	1 (4.18^{b})	1 (2.88^{b})	1 (193.32^{c})	6.5	น้อยที่สุด
โคงคางใบ-เล็ก	ดินเลน+ทราย	2 (50.40^{a})	2 (18.69^{b})	2 (0.475^{a})	NS	2 (4.86^{a})	2 (2.88^{a})	2 (183.52^{d})	12.0	ปานกลาง
	ดินเลน	2 (53.67^{a})	3 (24.64^{a})	1.5 (0.449^{ab})		2 (4.76^{a})	2 (2.78^{a})	3 (205.05^{c})	13.5	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	2 (50.73^{a})	2.5 (20.15^{ab})	2 (0.496^{a})		2 (4.80^{a})	2 (2.84^{a})	1 (158.88^{a})	11.5	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	2 (51.44^{a})	2.5 (23.16^{ab})	2 (0.475^{a})		2 (4.94^{a})	2 (2.96^{a})	5 (297.03^{a})	15.5	มากที่สุด
	ทราย	1 (41.75^{b})	1 (13.05^{c})	1 (0.425^{b})		1 (4.21^{b})	1 (2.25^{b})	4 (268.02^{b})	9.0	น้อยที่สุด
แสมทะเล	ดินเลน+ทราย	1.5 (34.83^{ab})	NS	1 (0.317^{b})	1 (0.185^{b})	1.5 (11.33^{ab})	1.5 (8.73^{ab})	1 (7.01^{d})	7.5	น้อยที่สุด
	ดินเลน	2 (47.16^{a})		2 (0.445^{a})	2 (0.261^{a})	2 (13.00^{a})	2 (10.10^{a})	3 (25.14^{b})	13.0	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	1.5 (36.91^{ab})		1 (0.391^{a})	2 (0.263^{a})	1.5 (11.77^{ab})	2 (8.89^{a})	2 (18.35^{c})	11.0	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	1.5 (44.82^{ab})		1 (0.372^{ab})	1.5 (0.228^{ab})	1.5 (11.29^{ab})	1.5 (8.53^{ab})	4 (34.17^{a})	11.5	มากที่สุด
	ทราย	1 (31.29^{b})		1 (0.336^{b})	1.5 (0.205^{ab})	1 (10.40^{b})	1 (7.50^{b})	2 (16.60^{c})	7.5	น้อยที่สุด

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	วัสดุเพาะชำ	คะแนนในรายการต่าง ๆ							คะแนนรวม	อันดับความเหมาะสม
		ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความสูงทั้งหมดเฉลี่ย	ความโตเฉลี่ย	ความเพิ่มพูนความโตเฉลี่ย	จำนวนข้อ	ความเพิ่มพูนจำนวนข้อเฉลี่ย	มวลชีวภาพรวมทั้งหมดเฉลี่ย		
ตะบูนขาว	ดินเลน+ทราย	2 (66.26^{b})	1.5 (31.53^{bc})	2 (0.782^{a})	2 (0.485^{a})	1.5 (16.40^{ab})	1.5 (2.50^{bc})	3 (53.46^{a})	13.5	ปานกลาง
	ดินเลน	2.5 (73.60^{ab})	2.5 (49.24^{ab})	1.5 (0.614^{ab})	1.5 (0.457^{ab})	2 (17.40^{a})	3 (5.50^{a})	1 (32.02^{c})	14.0	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	3 (76.31^{a})	3 (63.91^{a})	1 (0.567^{b})	1.5 (0.442^{ab})	2 (17.80^{a})	3 (5.80^{a})	3 (55.38^{a})	16.5	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง	1.5 (63.01^{bc})	2.5 (45.04^{ab})	1 (0.549^{b})	1.5 (0.388^{ab})	1.5 (16.15^{ab})	2.5 (4.23^{ab})	2 (43.91^{b})	12.5	ปานกลาง
	ทราย	1 (56.32^{c})	1 (20.10^{c})	1 (0.487^{b})	1 (0.313^{b})	1 (14.72^{b})	1 (1.44^{c})	2.5 (46.85^{ab})	8.5	น้อยที่สุด

หมายเหตุ

- ตัวเลขที่อยู่หน้าวงเล็บ หมายถึง คะแนนของแต่ละวัสดุเพาะชำในแต่ละตัวชี้วัดการเติบโต ส่วนตัวเลขและตัวอักษรที่อยู่ภายในวงเล็บ หมายถึงค่าเฉลี่ยของตัวชี้วัดการเติบโต และกลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ตามลำดับ

- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดพันธุ์ในแต่ละรายการ ให้คะแนนเท่ากัน สำหรับตัวอักษรที่แตกต่างกัน ให้คะแนนมีค่าเรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดตามลำดับอักษร ดังนี้ คือ a, b, c, d และ e ส่วน ตัวอักษร ab, bc ให้คะแนนที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนของกลุ่มตัว อักษรนั้น ๆ

- อันดับความเหมาะสมแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาวัสดุเพาะชำที่มีคะแนนรวมที่อยู่ในชั้นสูงที่สุด มีอันดับความเหมาะสมมากที่สุด คะแนนรวมที่อยู่ในชั้นรองลงมา มีอันดับความเหมาะปานกลาง คะแนนรวมที่อยู่ในชั้นต่ำที่สุด มีอันดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

- NS หมายถึง รายการนั้น ๆ ของวัสดุเพาะชำต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 17 สรุปความเหมาะสมของวัสดุเพาะที่ใช้ในการเพาะชำกล้าไม้ป่าชายเลน

ชนิดพันธุ์	วัสดุเพาะชำ	อันดับความเหมาะสม
1. ไม้ถั่วขาว	ดินเลน	มากที่สุด
	ดินเลน+ทราย	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ปานกลาง
	ทราย	น้อยที่สุด
2. พังกาหัวสุมดอกแดง	ดินเลน	มากที่สุด
	ดินเลน+ทราย	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	มากที่สุด
	ทราย	น้อยที่สุด
3. โปรงแดง	ดินเลน	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ปานกลาง
	ดินเลน+ทราย	น้อยที่สุด
	ทราย	น้อยที่สุด
4. โกงกางใบใหญ่	ดินเลน	มากที่สุด
	ดินเลน+ทราย	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	ปานกลาง
	ทราย	น้อยที่สุด
5. โกงกางใบเล็ก	ดินบ่อกุ้ง	มากที่สุด
	ดินเลน	ปานกลาง
	ดินเลน+ทราย	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ปานกลาง
	ทราย	น้อยที่สุด
6. แสมทะเล	ดินเลน	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง	มากที่สุด
	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	ปานกลาง
	ดินเลน+ทราย	น้อยที่สุด
	ทราย	น้อยที่สุด
7. ตะบูนขาว	ดินบ่อกุ้ง+ทราย	มากที่สุด
	ดินเลน	ปานกลาง
	ดินเลน+ทราย	ปานกลาง
	ดินบ่อกุ้ง	ปานกลาง
	ทราย	น้อยที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดในวัสดุเพาะชำที่ต่างกันในบริเวณเรือนเพาะชำของศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง โดยศึกษาพันธุ์ไม้ 7 ชนิด ได้แก่ ไม้ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง

โปรงแดง โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และตะบูนขาว ทำการเพาะชำพันธุ์ไม้แต่ละชนิดพันธุ์ในวัสดุเพาะชำต่างกัน 5 ประเภท ได้แก่ ดินเลน+ทราย (1:1) ดินเลน ดินบ่อกุ้ง+ทราย (1:1) ดินบ่อกุ้ง และทราย เก็บข้อมูลในแต่ละเดือน (1-6 เดือนหลังการเพาะชำ) คือ ข้อมูลด้านความสูงทั้งหมด (ระดับผิวดินถึงปลายยอด) ความโต (บริเวณคอรากกรณีชนิดที่เป็นฝัก และบริเวณผิวดินกรณีแสมทะเลและตะบูนขาว) จำนวนข้อ และมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเมื่อกล้าไม้อายุ 6 เดือน นอกจากนี้ในแต่ละเดือนเก็บข้อมูลด้านอัตราการรอดตายอีกด้วย ทำการวิเคราะห์หาความเพิ่มพูนของการเติบโตด้านต่าง ๆ ดังกล่าว ข้อมูลจากการศึกษาการเติบโตและอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6 เดือน ในวัสดุเพาะชำที่ต่างกัน ใช้ประกอบการพิจารณาอันดับความเหมาะสมของวัสดุเพาะชำต่อการเพาะชำกล้าไม้แต่ละชนิด ซึ่งสรุปได้คือ ไม้ถั่วขาว เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลน รองลงมาซึ่งมีความเหมาะสมปานกลาง คือ ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้ง ดินบ่อกุ้ง+ทราย และเหมาะสมน้อยที่สุด คือ ทราย พังกาหัวสุม ดอกแดง เหมาะสมที่จะเพาะชำมากที่สุดที่จะเพาะชำในวัสดุเพาะชำเกือบทุกชนิด ยกเว้นทรายซึ่งเหมาะสมน้อยที่สุด โปรงแดง เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลน รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ดินเลน+ทรายและทราย โกงกางใบใหญ่ เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลนและดินเลน+ทราย รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย ดินบ่อกุ้ง และน้อยที่สุด คือ ทราย โกงกางใบเล็ก เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินบ่อกุ้ง รองลงมา คือ ดินเลน ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ทราย แสมทะเล เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินเลนและดินบ่อกุ้ง รองลงมา คือ ดินบ่อกุ้ง+ทราย และน้อยที่สุด คือ ดินเลน+ทรายและทราย ตะบูนขาว เหมาะสมมากที่สุดที่จะเพาะชำในดินบ่อกุ้ง+ทราย รองลงมา คือ ดินเลน ดินเลน+ทราย ดินบ่อกุ้ง และน้อยที่สุด คือ ทราย เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

เทียมใจ คมกฤส. 2536. โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน. บริษัทฉลองรัตน์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 151 น.

ลดาวัลย์ พวงจิตร. 2536. เทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพของกล้าไม้. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 น.

วิพักตร์ จินตนา. 2528. การปรับตัวทางสรีระและด้านอื่น ๆ ของพันธุ์พืชในป่าชายเลน, น. 1-9. *ใน* รวมผลงานทางวิชาการ การศึกษาวิจัยด้านป่าชายเลน. ส่วนวิจัยเศรษฐกิจและพัฒนาการจัดการป่าไม้ สำนักวิชาการ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว. 2541. ป่าชายเลน...นิเวศวิทยาและการจัดการ. หจก. คอมพิวแอดเวอร์ไทซิ่งค์, กรุงเทพฯ. 277 น.

สนิท อักษรแก้ว, กอร์ดอน เอส แมกซ์เวลล์, สนใจ ทะวานนท์ และสมชาย พานิชสุโข. 2535. พันธุ์ไม้ป่าชายเลน. บริษัทฉลองรัตน จำกัด, กรุงเทพฯ. 120 น.

สนิท อักษรแก้ว, สนใจ ทะวานนท์ และ ชาตรี มากนวล. 2539. คู่มือการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน. ห้างหุ้นส่วนฟันนี่พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 93 น.

Aksornkoae, S. 1979. Structural of mangrove forest at Amphoe Khlung, Changwat Chantaburi, Thailand. Biotrop Spec. Publ. No. 10: 13-21

Kuenzler, E. J. 1968. Mangrove Swap System. Coastal Ecology System of the United States. Pp. 83-353. In Odum, H. T., B. J. Copeland and E. A. MaMahon (eds.). Chapel Hill, N. C.: Int. Mar. Sci. Univ. of North Corolina.

Steenis, C. G. G. J. Van. 1985. Rhizophoraceae. Fl. Males. 5: 431-93

ผลของความเค็มที่มีต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำพู *Sonneratia caseolaris* Engler และลำแพน *Sonneratia alba* Smith.

Effects of Salinity on Survival and Growth Rates of *Sonneratia caseolaris* Engler and *Sonneratia alba* Smith Seedling

ศิริวรรณ จิระวัฒนะภัณฑ์ Siriwan Jirawattanapun
พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ Pipat Patanaponpaiboon
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Effects of salinity on seedling survival and growth rates of *Sonneratia caseolaris* and *Sonneratia alba* were studied by using different salinity regimes. The seedlings of both species from the seeds of mature fruits were planted in pot filled with sandy in the different salinities of 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 and 35 psu and placed in a greenhouse at the Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University for 6 months. The results revealed that the seeds of two species germinated in different water salinities showed insignificant in regarding to percentage of germination. The range of percentage germination in *S. caseolaris* was 72-86% while the range of percentage germination in *S. alba* was 47-69 %. Survival rates of *S. caseolaris* seedlings decreased with increased water salinity and all seedlings died at salinity of 20, 25, 30 and 35 psu. The survival rates of *S. alba* seedling decreased with decreased water salinity and all seedlings died at salinity of 0 psu. In *S. caseolaris*, the growth including total heights, dry weight and relative growth rates decreased with increased water salinity while the salinity of 10-20 psu was found to be optimal for growth of *S. alba* . The number of stomata of both *Sonneratia* species were different with different water salinities. Sodium and chloride increased with increasing water salinity of both species with heightest content in leaves. In conclusion the water salinities showed the effects on seedling survival and growth rates of *S. caseolaris* and *S. alba* except seed germination.

Key words: Salinity/Growth/Survival rates/Sonneratia spp.

บทคัดย่อ

อิทธิพลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ลำพู (*Sonneratia caseolarlis*) และลำแพน (*Sonneratia alba*) ได้ศึกษาจากนำเมล็ดของผลแก่มาปลูกในกระถางโดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก และเพาะในน้ำที่ความเค็มระดับต่างกันคือ 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 และ 35 psu และเพาะในน้ำจืด เป็นเวลา 6 เดือน ณ เรือนทดลอง ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าความเค็มของน้ำไม่มีผลต่อการงอกของไม้ทั้ง 2 ชนิดในทุกระดับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นลำพูมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ในช่วง 72-86% ส่วนลำแพนมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ในช่วง 47-69% ไม้ทั้ง 2 ชนิดที่เพาะในน้ำเค็มและที่เพาะในน้ำจืดให้ผลการทดลองเหมือนกันคืออัตราการรอดตาย พบว่าลำพูจะมีอัตราการรอดตายลดลง

เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น และยังพบว่าต้นกล้าที่ระดับความเค็ม 20 25 30 และ35 psu จะตายหมด ในขณะที่ลำแพนมีอัตราการรอดตายลดลงเมื่อความเค็มลดลง โดยเฉพาะที่ความเค็ม 0 psu ต้นกล้าจะตายหมด ส่วนการเจริญเติบโต คือ น้ำหนักแห้ง ความสูง และอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ ในต้นลำพูลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลำแพนมีการเจริญเติบโตมากที่สุดในช่วงระดับความเค็มที่เหมาะสม 10-20 psu แต่การเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อระดับความเค็มของน้ำสูงและต่ำกว่าระดับนี้ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพพบว่ามีจำนวนปากใบต่างกันเมื่อความเค็มต่างกัน ทั้งไม้ลำพูและลำแพนการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ทั้งสองชนิดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นและมีการสะสมในใบมากที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำมีผลต่อ การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด แต่จะไม่มีผลต่ออัตราการงอก

คำหลัก: ความเค็ม/การเจริญเติบโต/อัตราการรอดตาย/ลำพู-ลำแพน

คำนำ

ลำพูและลำแพนเป็นพืชชายเลนกลุ่มหนึ่งที่พบว่ามีปริมาณการลดลงอย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีการริเริ่มที่จะปลูกขึ้นทดแทน แต่ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการตั้งตัว การเจริญเติบโตและการอยู่รอดของต้นกล้าไม้ป่าชายเลนตลอดจนเทคนิคในการปลูกนับว่ายังน้อยมาก โดยเฉพาะพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มไม้เบิกนำหรือ Pioneer species (สนิท อักษรแก้ว, 2542) คือกลุ่มของพืชที่สามารถจะบุกเบิกและเจริญเติบโตสร้างแผ่นดินด้วยเนื่องจากสามารถขึ้นได้ง่ายในดินเลนที่งอกใหม่หรือแม้แต่ดินปนทราย ดังนั้นเราจึงพบพืชทั้ง 2 ชนิดขึ้นอยู่ในบริเวณริมน้ำซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการตั้งตัวและการเจริญของกล้าไม้ป่าชายเลนมาก ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางด้านความเค็มของน้ำ การขึ้นลงของน้ำทะเล และปริมาณแสง โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านความเค็มของน้ำ (water salinity) และ ความเค็มของน้ำในดิน (soil water salinity) เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโต การรอดตายและการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพืชป่าชายเลน ทั้งนี้เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิดนี้นั้นสามารถเจริญและทนอยู่ได้ในน้ำที่มีความเค็มของน้ำได้แตกต่างกัน โดยจากการศึกษาของ Santisuk et. al. (1985) พบว่าในสภาพธรรมชาติ ลำพู (*Sonneratia caseolaris*) เจริญขึ้นในน้ำจืดและน้ำกร่อย ส่วนลำแพน (*Sonneratia alba*) เจริญขึ้นในน้ำเค็ม แสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำมีผลต่อการกระจายตัวของพืชทั้ง 2 ชนิด นอกจากนี้ลำพูยังเป็นพืชที่เป็นพันธุ์ไม้เด่นที่พบในป่าชายเลนของจังหวัดสมุทรสงคราม ทั้งนี้จากการศึกษาของฐิตินันท์ ศรีสถิตย์ และคณะ (2545) พบว่าลำพูสามารถขึ้นและเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ ต.คลองโคน อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม เพียงชนิดเดียวแต่มีอัตราการรอดตายต่ำมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านความเค็มของน้ำในบริเวณนี้ที่สูงถึง 19-21 psu เนื่องจากสนใจ ทะวานนท์ (2538) พบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนปกติจะขึ้นอยู่ในลักษณะของการแบ่งเขต (zonation) ตามสภาพความเค็มของน้ำทะเลและความลาดชันของพื้นที่ การปลูกทดแทนในสภาพพื้นที่ต่าง ๆจึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเค็มของน้ำที่มีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลำพูและลำแพน ตั้งแต่งอกจนเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจถึงปัจจัยทางด้านความเค็มที่มีผลต่อการเจริญและการรอดตายของกล้าไม้พืชทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการปลูกและฟื้นฟูสภาพป่าชายเลน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชที่ใช้ในการทดลอง

ผลแก่ของลูกลำพู (*Sonneratia caseolaris*) จากหน่วยปฏิบัติการป่าชายเลนที่ 1 ส่วนการจัดการป่าชายเลนป่าพรุและพื้นที่ชุ่มน้ำ จ.ตราด โดยผลแก่จะนิ่มและมีกลิ่นค่อนข้างแรง ดังรูปที่ 1 ผลแก่ของลำแพน (*Sonneratia alba*) จากศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน จ.จันทบุรี โดยผลแก่จะมีลักษณะของกลีบรองดอกโค้งออก หรือฐานรองดอกหลุดออกจากผล ดังรูปที่ 2 ตามลำดับ

2. เตรียมพื้นที่ในการทดลอง

กระถางพลาสติกขนาด 15x15x10 cm^3 บรรจุทรายเป็นวัสดุปลูก วางในกระบะพลาสติกขนาด 40x60x40 cm^3. จำนวน 6 กระถางต่อกระบะที่บรรจุน้ำที่ความเค็มต่าง ๆให้มีระดับความสูงของน้ำเท่ากับระดับทรายในกระถาง ดังรูปที่3 นำไปวางในเรือนทดลอง ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเรือนทดลองมุงด้วยแผ่นอะคริลิกซึ่งแสงผ่านได้ 98%

3. การปลูกลำพูและลำแพน

นำผลแก่ลำพูและลำแพน ล้างเอาเมล็ด ดังรูปที่ 3 นำเมล็ดไปปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15x15x10 cm^3. จำนวน 50 เมล็ดต่อกระถาง โดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ดังรูปที่ 3 จากนั้นนำกระถางพลาสติกวางลงในกระบะพลาสติกขนาด 40x60x40 cm^3 จำนวน 6 กระถางต่อกระบะ ประกอบด้วยไม้ทั้ง 2 ชนิดจำนวน 3 ซ้ำ ทำการทดลองโดยให้น้ำที่มีระดับความเค็ม 2 แบบคือ

แบบที่ 1 ให้น้ำที่มีระดับความเค็ม 11 ระดับความเข้มข้น คือ 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 และ 35 psu ที่เตรียมจากน้ำนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 120 psu ทำให้เจือจางโดย การผสมกับน้ำประปาให้ได้ความเค็มตามที่ต้องการตลอดการทดลอง โดยแต่ละกระบะให้น้ำเค็มประมาณ 10 ลิตร ชังน้ำไว้ประมาณ 1 สัปดาห์และรักษาระดับน้ำให้คงที่ โดยตรวจวัดความเค็มด้วยเครื่อง Hand Refractometer จากนั้นจึงปล่อยน้ำออกแล้วใส่น้ำเค็ม ลงไปใหม่ ทำซ้ำทุก ๆสัปดาห์จนต้นกล้าเริ่มแตกใบอ่อนคู่แรก

แบบที่ 2 ให้น้ำประปาในการเพาะจนได้เป็นต้นกล้าเริ่มแตกใบอ่อนคู่แรก จึงเปลี่ยนมาให้ความเค็ม 11 ระดับความเข้มข้นคือ 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 และ 35 psu โดย ค่อย ๆ เพิ่ม ความเค็ม 5 psu ทุก 2 วัน จนถึงระดับที่กำหนดเพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนจากการที่พืชได้รับความเค็มมากในทันที โดยแต่ละกระบะให้น้ำเค็มประมาณ 10 ลิตร

ทั้ง 2 แบบการทดลองวางอยู่ในเรือนทดลองที่มุงด้วยแผ่นอะคริลิกที่ให้แสงผ่านได้ 98% โดยในระยะแรกใช้ตาข่ายพรางแสง 70% คลุมไว้ด้วยจนเมื่อต้นกล้าเริ่มแตกใบอ่อนคู่แรก จึงเอาออกและให้สารละลายธาตุอาหาร Hoagland ความเข้มข้น half-strength ปริมาณ 10 ลิตรกับพืชทุก ๆ กระบะ ทำการตรวจความเค็มของน้ำแต่ละกระบะทุกวัน รักษาระดับน้ำให้คงที่และ ระบายน้ำออกจากกระบะทุก ๆ 2 สัปดาห์ทำการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน

4 การศึกษาการงอกและอัตราการรอดตายในสภาวะความเค็มต่าง ๆกัน

4.1 บันทึกอัตราการงอกของลำพูและลำแพน โดยพิจารณาจากการงอกออกมาเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ และนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกเมื่อได้รับอิทธิพลจากความเค็มของน้ำต่าง ๆกันคือ 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 และ 35 psu

4.2 บันทึกอัตราการรอดตายตลอดช่วงของการทดลอง หรือจนกระทั่งอัตราการรอดตายคงที่โดยบันทึกผลของอัตราการรอดตายเป็น 2 ช่วง คือ

4.2..1 ช่วงเพาะเมล็ดจนเป็นต้นกล้าที่มีอายุ 2 เดือน โดยทำการเก็บผลทุกสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

4.2.2 ช่วงเพาะเมล็ดจนเจริญเป็นต้นกล้าที่มีอายุ 6 เดือน โดยทำการเก็บผลทุกเดือนเป็นเวลา 6 เดือน

ทั้ง 2 แบบการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลของความเค็มของน้ำช่วง 0 3 5 7 10 12 15 20 30 และ 35 psu ที่มีต่ออัตราการรอดตายในช่วงที่เริ่มเพาะเมล็ดและช่วงที่เป็นต้นกล้าที่มีใบอ่อนคู่แรกของลำพูและลำแพน

5 การศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโต

5.1 น้ำหนักแห้ง เก็บตัวอย่างพืชเมื่อเริ่มแตกใบอ่อนคู่แรกจำนวน 5 ต้นต่อ 1 กระถาง นำมาแยกส่วนราก ใบ และลำต้น อบแห้งในตู้อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 80°C นาน 48 ชั่วโมงแล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง และเก็บตัวอย่างพืชมาหาน้ำหนักแห้งอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (6 เดือน) ที่ระดับความเค็มต่างกัน จำนวน 11 ระดับความเข้มข้นทั้ง 2 แบบการทดลองนำมาคำนวณหา

- น้ำหนักแห้ง ใบ ลำต้น และราก
- น้ำหนักแห้งรวม

5.2 ความสูง วัดความสูงโดยเริ่มวัดเมื่อพืชเริ่มงอกและแตกใบอ่อนคู่แรกจนสิ้นสุดการทดลองทุก 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน

6. การศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อจำนวน พื้นที่และการร่วงของใบ

โดยทำการนับจำนวนใบและการร่วงของใบตั้งแต่พืชเริ่มงอกและแตกใบอ่อนจนสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน และวัดพื้นที่ใบทุก 1 เดือนเป็นเวลา 6 เดือน

7 การศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการสะสมของ โซเดียมคลอไรด์ และโปแตสเซียมไอออน ที่ราก ใบ และลำต้นของลำพูและลำแพน

7.1 วิเคราะห์ปริมาณ โซเดียม และโปแตสเซียม นำส่วนของพืชคือ ราก ใบ และ ลำต้นที่เก็บเมื่อสิ้นสุดการทดลองมาอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยโกร่ง เมื่อจะวิเคราะห์ธาตุนำตัวอย่างพืชที่บดแล้วมาอบอีกครั้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ตัวอย่างแห้งน้ำหนักประมาณ 100 มิลลิกรัม มาย่อยด้วยกรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริกตามวิธีของ Oweczkin และ Kerven (1980) จากนั้นใช้วิธี atomic absorption spectrophotometry ในการวิเคราะห์หาปริมาณ โซเดียม และ โปแตสเซียม นำน้ำเค็มความเข้มข้นต่าง ๆกัน และน้ำเค็มที่ผสมสารละลายอาหาร มาวิเคราะห์หาปริมาณ โซเดียมและโปแตสเซียมด้วยวิธีเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลการสะสมของปริมาณโซเดียมและโปแตสเซียมในพืช

7.2 วิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ นำตัวอย่างแห้งน้ำหนักประมาณ 50 มิลลิกรัมใส่ในถ้วยกระเบื้อง เติมสารละลายแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตรปริมาตร 1 มิลลิลิตรเพื่อกันการระเหิดของคลอไรด์ เผาตัวอย่างพืชในเตาเผาอุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำเถ้าที่ได้ มาละลายด้วยน้ำกลั่น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และคณะ, 2537) วิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ โดยวิธี Merculic thiocyanate method ทำปฏิกิริยาโดยใช้ Chloride Reagent Set (HACH) วัดผลด้วยเครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีใน Hach DR/2000 Spectrophotometer Procedures Manual (1988) นำน้ำเค็มความเข้มข้นต่าง ๆ และน้ำเค็มที่ผสมสารละลายอาหาร มาวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ด้วยวิธีเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผลการสะสมของปริมาณคลอไรด์ในพืช

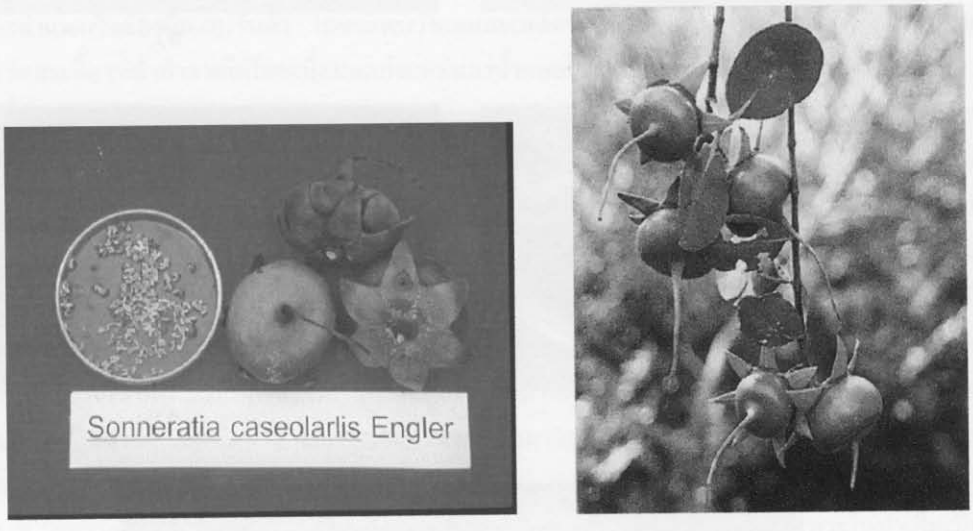
8. ศึกษาทางกายวิภาคของราก ใบ และลำต้นเพื่อดูความแตกต่างเมื่อลำพูและลำแพนที่ได้รับความเค็มต่าง ๆกัน

นำชิ้นส่วนของพืชคือ ราก ใบ และ ลำต้นที่เก็บเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มา Cross section โดยใช้เครื่อง microtome รุ่น Automatic MT-3ให้มีความหนาประมาณ 6-7 ไมครอน นำมาศึกษา ดูความแตกต่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์

รากเปรียบเทียบจากลักษณะของเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) โดยใช้ส่วนของรากที่มีการเจริญขั้นแรกบริเวณห่างจากปลายรากขึ้นมาประมาณ 1 เซนติเมตร

ต้นเปรียบเทียบจากลักษณะของมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยใช้ลำต้นบริเวณที่อยู่ห่างจากปลายยอดลงมาประมาณ 0.5 เซนติเมตร

ใบเปรียบเทียบจากจำนวนของปากใบ (stomata)ต่อพื้นที่ โดยใช้ใบคู่ที่ 3 จากยอด ทำการเก็บภาพพิมพ์ผิวใบด้านบนและด้านล่างโดยใช้ lacquer (ยาทาเล็บ) ป้ายที่ผิวใบ (Noggle และ Fritz, 1977) เมื่อยาทาเล็บแห้งลอกภาพพิมพ์มาเตรียมสไลด์ ตรวจดูกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 20 เท่า บันทึกผลด้วยภาพถ่าย

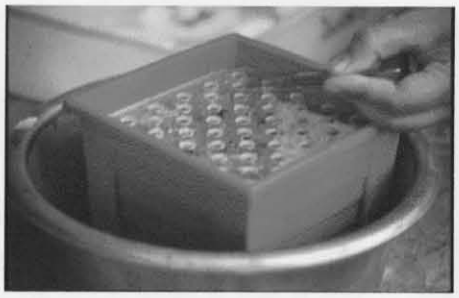


รูปที่ 1 ผลและเมล็ดของลำพู

รูปที่ 2 ผลและเมล็ดของลำแพน

ก)

ข)



ค)

ง)

จ)

รูปที่ 3 ขั้นตอนในการปลูก ก) ล้างเมล็ดลำพู ข) แกะเมล็ดลำแพน ค) เพาะในกระถาง ง)-จ) วางกระถางในกระบะที่มีน้ำความเค็มระดับต่างกัน

ผลและวิจารณ์ผล

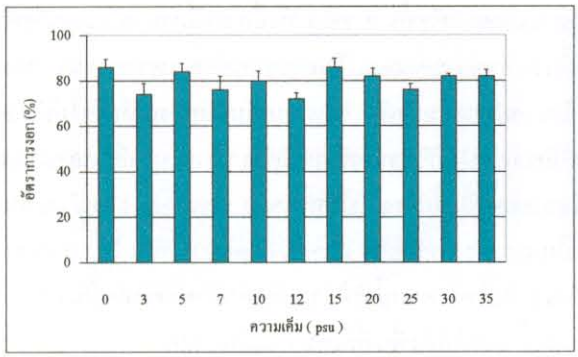
1. อิทธิพลของความเค็มของน้ำที่มีผลต่อการงอกและการรอดตาย

1.1 อัตราการงอก การศึกษาอัตราการงอกของลำพูและลำแพนในระดับความเค็มของน้ำต่าง ๆกัน (รูปที่ 4 และ 5) พบว่าระดับความเค็มของน้ำที่ศึกษา คือที่ระดับความเค็ม 0 3 5 7 10 12 15 20 25 30 และ 35 psu นั้นไม่มีผลต่ออัตราการงอกของพืชทั้ง 2 ชนิดทางสถิติ โดยลำพูมีอัตราการงอกอยู่ในช่วง 72-86% ส่วนลำแพนมีอัตราการงอกอยู่ในช่วง 47-69% ทั้งนี้ในกระบวนการงอกของเมล็ด น้ำเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในกระบวนการงอกของเมล็ดคือ เมื่อเมล็ดได้รับความชื้นจากภายนอกอย่างเพียงพอ เปลือกหุ้มเมล็ดจะอ่อนตัวลง เมล็ดจะดูดน้ำ ทำให้เมล็ดพองตัวและเปลือกหุ้มเมล็ดแตกทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ ซึ่งจะไปกระตุ้นการสร้างเอมไซม์และฮอร์โมนต่าง ๆเพื่อย่อยสลายอาหารที่สะสมในเมล็ด ส่งไปให้เอมบริโอในการแบ่งตัวและเจริญจนเป็นต้นอ่อน (Taiz and Zeiger ,1991)แต่สำหรับในการทดลองครั้งนี้ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของความเค็มที่มีผลต่อการงอกของ

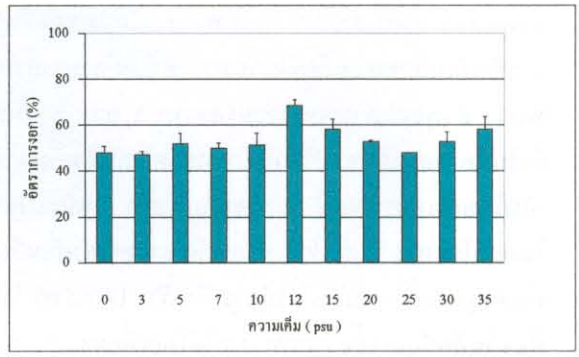
ลำพูและลำแพน พบว่าความเค็มของน้ำไม่มีผลต่ออัตราการงอกของพืชทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของพืชทั้ง 2 ชนิดมีเมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้ต้องการน้ำในขบวนการmetabolism ในการงอกน้อย เพราะจากการทดลองพบว่า ลำพูและลำแพนจะเริ่มงอกราก 3 และ 5 วันหลังจากปลูกตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือยังไม่มีผลหรือยังไม่มีการสะสมของปริมาณเกลือภายในเมล็ดที่มากจนมีผลต่อปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆภายในเมล็ดและการเจริญเติบโตของเอมบริโอได้ ประกอบกับพืชทั้ง 2 ชนิดเป็นพืชชายเลนซึ่งเมล็ดจะไม่งอกคาต้น (vivipary) เหมือนพันธุ์ไม้ในสกุลโกงกาง สกุลโปรง หรือเหมือนพวกแสมที่เมล็ดเป็นแบบกึ่งงอกคาต้น (semivivipary)(เทียมใจ, 2534) ดังนั้นลำพูและลำแพนจึงต้องมีการปรับตัว โดยจะพบว่าผลและเมล็ดจะลอยน้ำได้ และเซลของผลมีแทนนินมาก ช่วยป้องกันสัตว์และเชื้อราเข้าทำลายได้โดยเมื่อผลแก่จะหล่นลงน้ำลอยไปถึงพื้นที่ที่เหมาะสมก็จะงอก

เมื่อพิจารณาอัตราการงอกของลำพูและลำแพนพบว่าลำแพนมีอัตราการงอกที่ต่ำกว่าลำพู ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลำแพนมีสารบางชนิดที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการงอก ทั้งนี้เพราะจากการสังเกตในช่วงที่เพาะจะพบว่า ในพื้นที่รอบ ๆเมล็ดลำแพนที่เพาะนั้นจะมีสีน้ำตาลแดง ซึ่งสารสีน้ำตาลแดงนี้มาจากเมล็ดของลำแพนที่เมื่อแช่อยู่ในน้ำแล้วจะละลายออกมา และสารตัวนี้น่าจะเป็นแทนนิน ทั้งนี้เพราะพืชชายเลนส่วนมากมักมีแทนนินในปริมาณสูง โดยจากการศึกษาของ Glass (1973) พบว่าแทนนินสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนได้ โดยคาดว่าแทนนิน ทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตโดยการต่อต้าน Gibberellic acid ดังนั้นจึงคาดว่าแทนนินมีผลต่อการงอกของลำแพนด้วยเช่นกัน ประกอบกับขั้นตอนในการปลูกที่จะขังน้ำที่ความเค็มต่าง ๆไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์จึงจะเปลี่ยนน้ำใหม่ และน้ำเป็นน้ำนิ่ง ดังนั้นปริมาณแทนนินที่สลายออกมาจากเมล็ดจึงไม่เคลื่อนย้ายไปไหน ส่งผลให้มีผลต่ออัตราการงอกของลำแพนลดลง

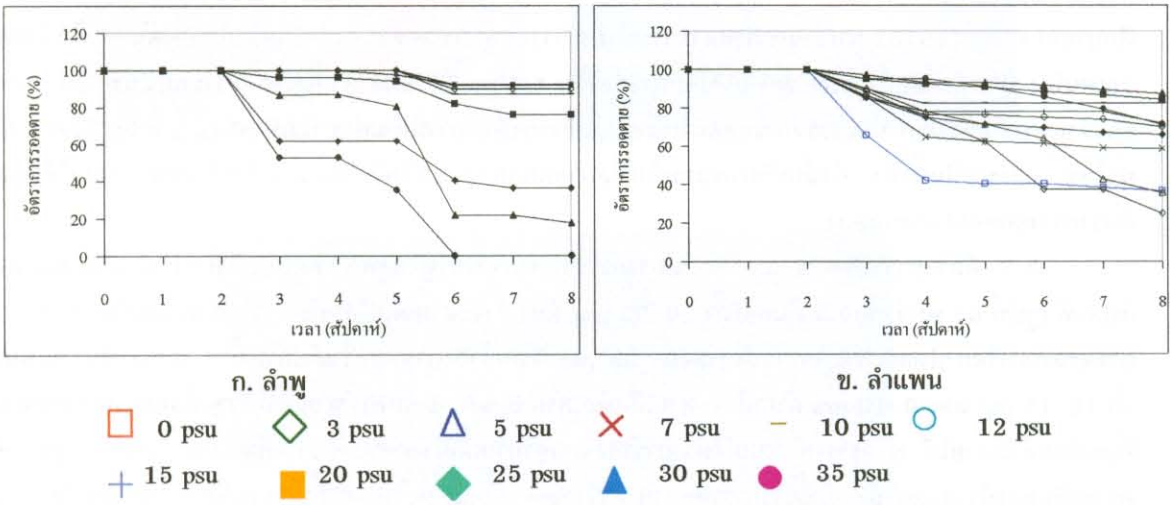
1.2 อัตราการรอดตาย การศึกษาอัตราการรอดตายของลำพูในชุดการทดลองที่เพาะในน้ำเค็มเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (รูปที่ 6) พบว่าที่ความเค็มของน้ำ 20-35 psu ต้นกล้าจะตายเมื่อมีอายุได้ 3 สัปดาห์ จากนั้นอัตราการรอดตายจะลดลงเรื่อย ๆโดยเฉพาะที่ความเค็มของน้ำ 35 psu ต้นกล้าจะตายหมดในสัปดาห์ที่ 6 ในขณะที่ความเค็มของน้ำ 12-15 psu และ 0-10 psu ต้นกล้าจะตายเมื่อมีอายุได้ 5 และ 6 สัปดาห์ตามลำดับจากนั้นอัตราการรอดตายคงที่จนต้นกล้ามีอายุได้ 8 สัปดาห์ โดยมีอัตราการรอดตายสูงมากเมื่อเทียบกับที่ความเค็มของน้ำ 20-35 psu คือที่ความเค็มของน้ำ 0-20 psu มีอัตราการรอดตาย 87.18%- 93.31% ในขณะที่ที่ความเค็มของน้ำ 20-30 psu มีอัตราการรอดตาย 17.39%-36.17% เมื่อต้นกล้าลำพูมีอายุได้ 8 สัปดาห์ ส่วนผลการศึกษาในลำแพนชุดที่เพาะในน้ำเค็มพบว่าทุกระดับความเค็มของน้ำที่ทำการทดลอง จะพบว่าต้นกล้าลำแพนเริ่มตายเมื่อมีอายุได้ 3 สัปดาห์และมีอัตราการรอดตายจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ทั้งนี้จากผลการทดลองจะพบว่าความเค็มของน้ำมีผลต่ออัตราการรอดตายของลำพูและลำแพนตั้งแต่ต้นกล้ามีอายุได้เพียง 3 สัปดาห์ โดยในต้นลำพูจะเห็นอัตราการรอดตายที่ต่างกันในแต่ละความเค็มคือต้นกล้าที่ปลูกอยู่ในความเค็มต่ำ (0-15 psu) จะมีอัตราการรอดตายสูงกว่าต้นกล้าที่ปลูกอยู่ในความเค็มสูง (25-35 psu) อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ลำแพนที่ความเค็มของน้ำ 0-5 psu จะมีอัตราการรอดตายต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้แสดงให้เห็นแนวโน้มผลของความเค็มที่มีต่ออัตราการรอดตายของพืชทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเมื่อได้ทำการศึกษาต่อจนต้นกล้ามีอายุได้ 6 เดือน (รูปที่ 7) พบว่าลำพูจะมีอัตราการรอดตายลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดย ที่ความเค็มของน้ำ 30 psu ต้นกล้าจะมีอัตราการรอดตายเป็นศูนย์ในเดือนที่ 3 และต้นที่ความเค็มของน้ำ 25 และ 20 psu จะตายหมดในเดือนที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ส่วนที่ความเค็มอื่น (0-15 psu) มีอัตราการรอดตายคงที่เมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 5-6 เดือน ในขณะที่อัตราการรอดตายของลำแพนให้ผลการทดลองในทิศทางตรงกันข้ามกับลำพูคือ ลำแพนมีอัตราการรอดตายลดลงเมื่อความเค็มของน้ำลดลงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยอัตราการรอดตายจะลดลงเรื่อย ๆ โดยเฉพาะที่ที่ระดับความเค็มของน้ำ 0 psu จะตายหมดในเดือนที่ 5



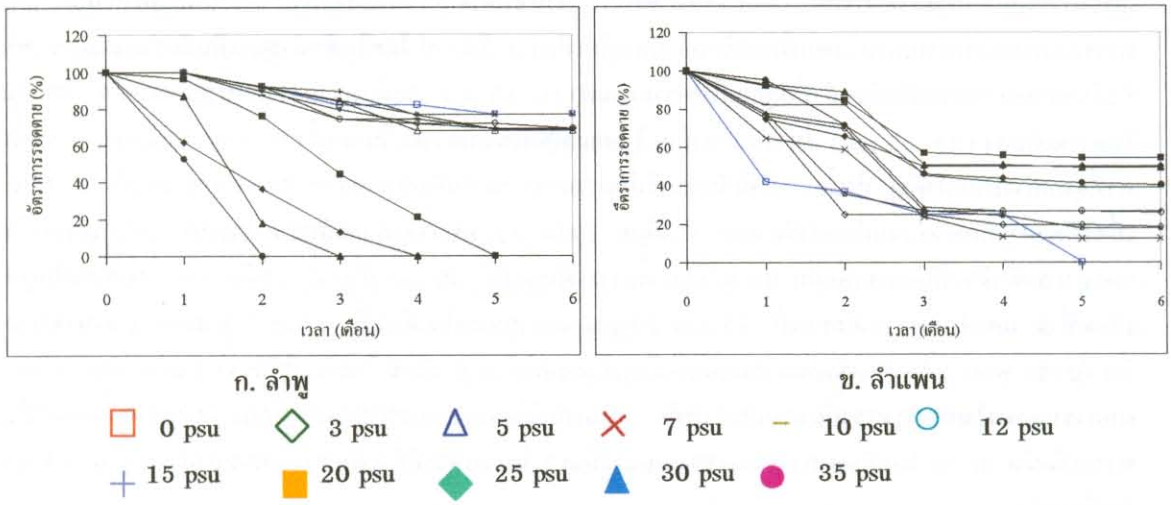
รูปที่ 4 อัตราการงอกของลำพูที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



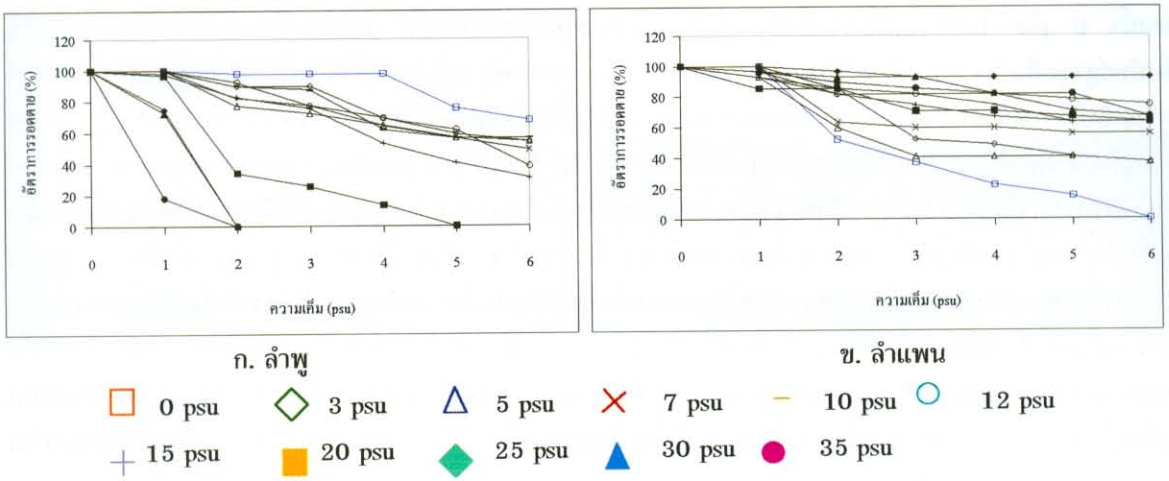
รูปที่ 5 อัตราการงอกของลำแพนที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 6 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายในช่วงเริ่มงอกเป็นเวลา 6 เดือนเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 7 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายในช่วงเริ่มงอกเป็นเวลา 8 สัปดาห์เมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 8 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายของลำพูและลำแพนที่เพาะในน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน เป็นเวลา 6 เดือน

ส่วนในชุดการทดลองที่เพาะในน้ำจืดก่อนย้ายลงปลูก (รูปที่ 8) พบว่า ในต้นกล้าลำพูในช่วงเดือนแรกที่เพาะในน้ำจืดมีอัตราการรอดตาย 100% แต่หลังจากย้ายลงปลูกในกระบะที่มีความเค็มของน้ำต่าง ๆกันพบว่าต้นกล้าที่ย้ายลงที่ความเค็มของน้ำสูง (25-35 psu) จะตายหมดในเดือนที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงความเค็มของน้ำที่ลำพูไม่สามารถปรับตัวและอยู่รอดได้ ดังนั้นเมื่อต้นกล้าที่ได้รับความเค็ม สูงจึงสามารถอยู่รอดได้เพียง 1 เดือนเท่านั้น แม้ว่าจะค่อย ๆปรับเพิ่มความเค็มของน้ำให้แก่พืช ส่วนที่ความเค็มของน้ำ 20 psu จะตายหมดเมื่อย่างเข้าเดือนที่ 5 ส่วนต้นกล้าที่ปลูกในความเค็มของน้ำที่เหลือคือ 0-15 psuจะมีอัตราการรอดตายลดลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่วนชุดการทดลองที่เพาะลำแพนในน้ำจืดก่อนย้ายลงที่ความเค็มของน้ำต่าง ๆก็มีผลของอัตราการรอดตายในแนวทางเดียวกันลำแพนชุดที่ เพาะในน้ำเค็มแต่จะต่างกันคือมีอัตราการรอดตายที่ลดลงช้ากว่าชุดการทดลองที่เพาะในน้ำเค็ม โดยเฉพาะต้นที่ปลูกในที่ระดับความเค็มของน้ำ 0 psu จะตายหมดในเดือนที่ 6 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 2 ชุดจะพบว่าชุดการทดลองที่เพาะในน้ำจืดก่อนย้ายลงในน้ำเค็มนั้น ช่วงระยะเวลาที่เพาะในน้ำเค็มก่อนย้ายประมาณ 1 เดือนนั้น จากสภาพต้นกล้าที่เห็นไม่มีความแตกต่างกับต้นกล้าที่เพาะในน้ำเค็มเมื่อมีอายุได้ 1 เดือน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าความเค็มของน้ำไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายในช่วง1 เดือนแรกเพราะต้นยังเล็กมากจึงยังไม่เห็นความแตกต่าง ประกอบกับเมล็ดที่ใช้ในการเพาะเป็นคนละชุด จึงอาจทำให้คุณภาพของเมล็ดต่างกันส่งผลให้ความสมบูรณ์ของพืชอาจต่างกันเล็กน้อย เพราะอัตราการรอดตายของทั้ง 2 ชุดการทดลองต่างกันเพียง 1 เดือน

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำมีผลต่ออัตราการรอดตายของลำพูและลำแพน คือ ลำพูจะมีอัตราการรอดตายสูงขึ้นตามความเค็มของน้ำที่ลดลง ในขณะที่ลำแพนจะมีอัตราการรอดตายสูงขึ้นตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ball และ pidsley (1995) พบว่าลำพูจะรอดตายอยู่ในช่วง 0-5% ของน้ำทะเลและลำแพนรอดตายอยู่ในช่วง 5-50 %ของน้ำทะเล และจากการศึกษาของ Santisuk et. al. (1985) ตลอดแม่น้ำละอุ่น จ.ระนอง ก็พบว่าลำพู (*Sonneratia caseolaris*) มีการกระจายบริเวณน้ำจืดและน้ำกร่อย ลำแพน (*Sonneratia alba*) มีการกระจายบริเวณน้ำเค็ม แสดงว่าความเค็มของน้ำมีผลต่ออัตราการรอดตายของลำพูในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยจะพบว่าทิศทางของอัตราการรอดตายของลำพูจะสอดคล้องกับการศึกษาในพืชป่าชายเลนชนิดอื่น ๆด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาของ นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และคณะ (2542) ที่ศึกษาต้นกล้าโกงกางใบเล็ก ถั่วขาวและโปรงแดงที่มีอายุ 3 เดือนก็พบว่าอัตราการรอดตายมีค่าลดลง เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น

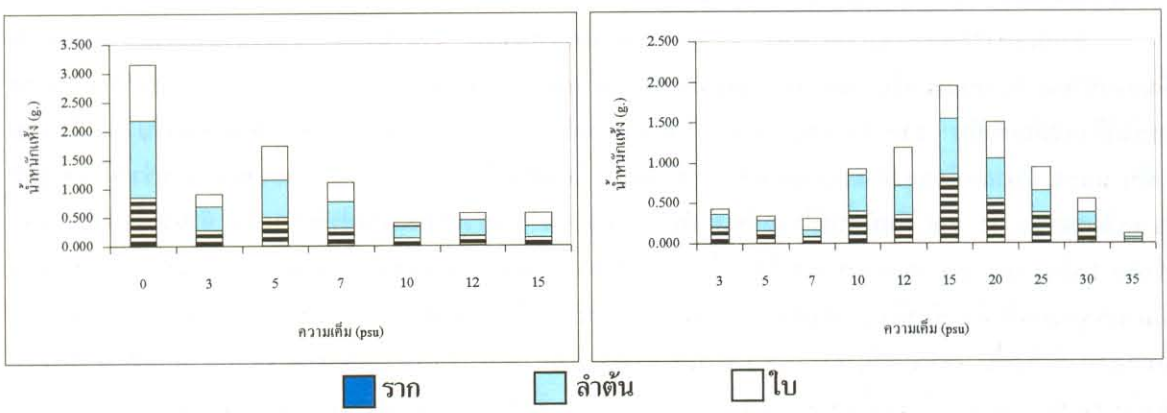
1.3 การเจริญเติบโต การเจริญเติบโตทางด้านความสูง (รูปที่ 9) และน้ำหนักแห้ง (รูปที่ 10) พบว่า ของลำพูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเค็มของน้ำที่ลดลงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ทั้ง 2 ชุดการทดลอง คือที่ความเค็ม

ของน้ำ 0 psu โดยในชุดที่เพาะน้ำเค็มมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงสุดคือ 31.25 ซม. 3.158 g. 47.94 mg/g/d ตามลำดับ และในชุดที่เพาะน้ำจืดก่อนย้ายลงน้ำเค็มมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงสุดคือ 29.17 ซม. 2.356 g. 46.19 mg/g/d ตามลำดับ รองลงมาคือที่ความเค็มของน้ำ 3 5 7 10 12 15 psu ส่วนอัตราส่วนรากต่อต้นของทั้ง 2ชุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นยังมีขนาดเล็กและกระถางที่มีขนาดเล็กเกินในการปลูก เฉลี่ยประมาณ 6-12 ต้น/ กระถาง โดยเฉพาะในช่วงที่มีอายุได้ 6 เดือนที่มีการเจริญสูงที่สุด ทั้งนี้ทั้ง 2 ชุดการทดลองก็สามารถเห็นแนวโน้มผลของความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตของลำพูคือ ช่วงความเค็มของน้ำ 0 psu จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนที่ความเค็มของน้ำ 3-35 psu จะมีการเจริญเติบโตน้อยลงตามความเค็มที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ball และ Pidsley (1995) พบว่าลำพูมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 0-50 % ของน้ำทะเลโดยเฉพาะที่ความเค็มของน้ำ 0-5 %ของน้ำทะเลมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งสูงที่สุด

ส่วนลำแพนที่ความเค็มของน้ำ 10-20 psu ต้นกล้าจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุด ในขณะที่ระดับความเค็มของน้ำที่ต่ำ(0-7 psu) และสูงกว่านี้ (25-35 psu)จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่ำกว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเฉพาะที่ระดับความเค็ม 0 psu และที่ระดับความเค็ม 30-35 psu จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด ในขณะที่ชุดการทดลองที่เพาะในน้ำจืดก่อนย้ายลงน้ำเค็ม จะมีการเจริญทางด้านความสูงสูงสุดที่ความเค็มของน้ำ 10 12 และ20 psu และต่ำสุดที่ความเค็มของน้ำ 35 psu ส่วนน้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์สูงที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 5-25 psu และต่ำสุดที่ความเค็มของน้ำ 3 5 และ 35 psu ส่วนอัตราส่วนรากต่อต้นของทั้ง 2 ชุดการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นยังมีขนาดเล็กและกระถางที่มีขนาดเล็กเกินในการปลูก เฉลี่ยประมาณ 6-12 ต้น/ 255 ซม.^{2} โดยเฉพาะในช่วงที่มีอายุได้ 5-6 เดือนที่มีการเจริญที่สูง ทั้งนี้ทั้ง 2 ชุดการทดลองก็สามารถเห็นแนวโน้มผลของความเค็มของน้ำต่อการเจริญเติบโตของลำแพนคือ ช่วงความเค็มของน้ำ 5-25 psu จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนที่ความเค็มของน้ำ 0 3 30 และ 35 psu จะมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ Downton (1982) ที่ศึกษาในต้นกล้า *Avicenia marina* ที่มีอายุ 11 เดือนจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งสูงที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 25 และ 50% น้ำทะเล รองลงมาคือที่ที่ความเค็มของน้ำ 10 และ 75% น้ำทะเล และต่ำที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 0 และ 100% น้ำทะเล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ball และ Pidsley (1995) พบว่าลำแพนมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 5-50% ของน้ำทะเลในขณะที่ความเค็มของน้ำ 0 และ 100 % ของน้ำทะเลมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด

พิจารณาระหว่างลำพูและลำแพนจะพบว่าความเค็มของน้ำมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตดังสรุปในตารางที่ 1 และ 2 คือลำพูจะมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็มของน้ำต่ำ ส่วนลำแพนจะมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็มของน้ำ 10-20 psu หรือช่วงน้ำกร่อย ซึ่งตรงกับ DeHaan (1931) ที่ได้กล่างถึงความสำคัญของความเค็มของน้ำต่อการกระจายพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนนั้นได้นำมาใช้เป็นปัจจัยหลักในการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ โดยกลุ่มหนึ่งเป็นพวกไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่มีค่าความเค็มของน้ำทะเลระหว่าง 10-30% และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นพวกไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่มีค่าความเค็มของน้ำทะเลระหว่าง 0-10% ประกอบกับจากการศึกษาที่พบว่าในพืชชายเลนบางชนิดจำเป็นต้องอาศัยเกลือจากน้ำทะเลในการเจริญเติบโต โดยจะพบว่าแสมทะเลจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ 10-50% ของน้ำทะเล (Connor, 1969; Clarke and Hannon, 1970; Dowton, 1982; Clough, 1984) และโกงกางเจริญได้ดีที่ 25% ของน้ำทะเล (Clough, 1984)

รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความสูงของลำพูและลำแพนที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกันเมื่อมีอายุ 6 เดือน



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของลำพูและลำแพนที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ตารางที่ 1 สรุปอัตราการงอก อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลำพูที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม	อัตราการงอก (%)		อัตราการรอดตาย (%)			การเจริญเติบโตทางด้านความสูง				การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักแห้ง			
(psu)	70-79%	80-89%	0-61%	61-70%	71-80%	ตาย	ต่ำ	ปานกลาง	มาก	ตาย	ต่ำ	ปานกลาง	มาก
0		82			77				✓				✓
3	74			69					✓			✓	
5		84		68				✓				✓	
7	76				77			✓				✓	
10		80		69			✓				✓		
12	72			69			✓				✓		
15		86		69			✓				✓		
20		82	ตาย			✓				✓			
25	76		ตาย			✓				✓			
30		82	ตาย			✓				✓			
35		82	ตาย			✓				✓			

ตารางที่ 2 สรุปอัตราการงอก อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลำแพนที่ได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	อัตราการงอก (%)			อัตราการรอดตาย (%)					การเจริญเติบโตทางด้านความสูง				การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักแห้ง				
	40-49%	50-59%	60-69%	0-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-55%	ตาย	ต่ำ	ปานกลาง	มาก	ตาย	ต่ำ	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
0	48			ตาย					✓				✓				
3	47				19						✓				✓		
5		52			18						✓				✓		
7		50			12						✓				✓		
10		51					39					✓				✓	
12			69			26						✓					✓
15		58				26						✓					✓
20		23						54				✓					✓
25	48							50			✓					✓	
30		53						49		✓					✓		
35		58					40			✓				✓			

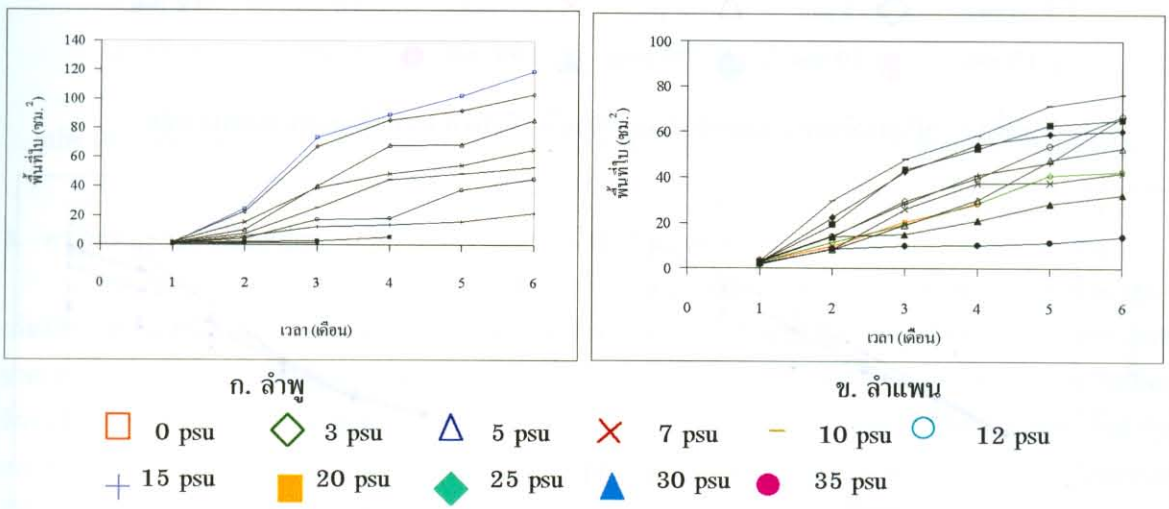
2. ความเค็มของน้ำที่มีผลต่อพื้นที่ใบ จำนวนใบ และการร่วงของใบ

จากผลการทดลองพบว่าลำพูทั้ง 2 ชุดการทดลองมีพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงแปรตามความเค็มของน้ำคือ ในชุดที่เพาะในน้ำเค็มที่ความเค็มของน้ำ 0 psu จะมีพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงมากที่สุด คือพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 118.94 ซม^2 จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 32 ใบ และจำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 25 ใบตามลำดับ และจะมีค่าลดน้อยลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยจะมีพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงน้อยที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 15 psu คือมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 21.67 ซม^2 จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 19ใบ จำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 15ใบตามลำดับ ส่วนชุดที่เพาะในน้ำจืดก่อนย้ายลงน้ำเค็มที่ความเค็มของน้ำ 0 psu จะมีพื้นที่ใบ และจำนวนใบมากที่สุดเช่นกันคือ พื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 85 ซม^2 และจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 23 ใบ และจะลดน้อยลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยจะมีพื้นที่ใบและจำนวนใบน้อยที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 15 psu เช่นกัน คือมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 18 ซม^2 จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 19 ใบ ส่วนจำนวนใบที่ร่วงพบว่าไม่มีความแตกต่างของจำนวนใบที่ร่วงอย่างมีนัยสำคัญ คือมีจำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-18 ใบ

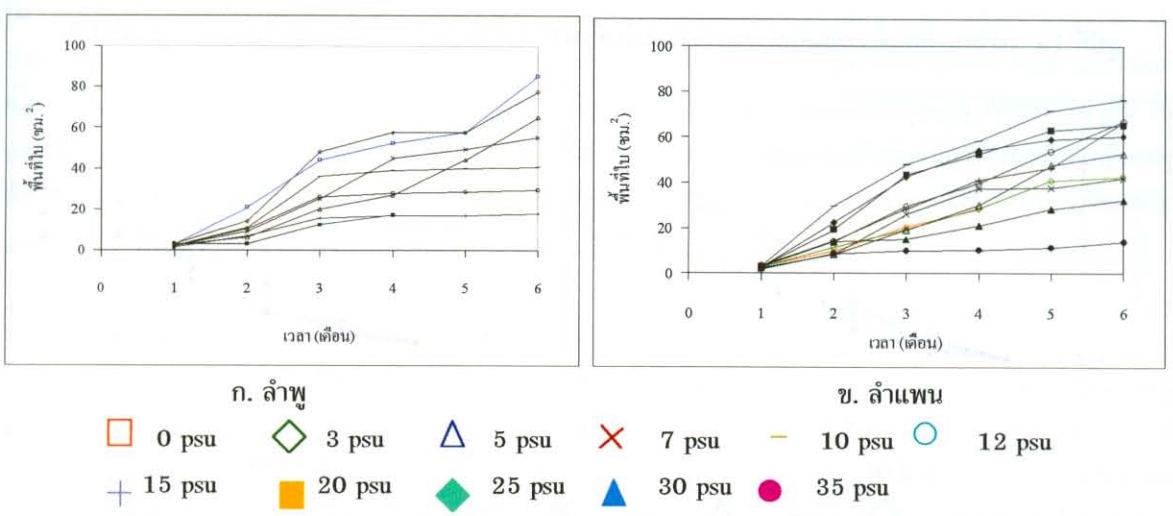
ส่วนลำแพนพบว่าในชุดที่เพาะในน้ำเค็มที่ความเค็มของน้ำ 10-20 psu จะมีพื้นที่ใบมากคือมีพื้นที่ใบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 65.30 -76.29 ซม^2 ส่วนจำนวนใบมากที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 10-12 psu เท่ากับ 25-26 ใบ ส่วนจำนวนใบที่ร่วงพบว่า ที่ความเค็มของน้ำ 10 psu มีจำนวนใบที่ร่วงมากที่สุดคือมีจำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 17 ใบ และจะลดน้อยลงในความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้นและน้อยลง คือพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงน้อยที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 35 psu มีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 13.97 ซม^2 จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 15ใบ และจำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 9 ใบส่วนชุดที่เพาะในน้ำจืดก่อนย้ายลงน้ำเค็มนั้นที่ความเค็มของน้ำ 20 psu จะมีพื้นที่ใบมากที่สุดคือ 84.45 ซม^2 รองลงมาคือที่ความเค็มของน้ำ 7 5 10 12 15 25 psu จะมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 71.42 ซม^2 66.41ซม^2 63.37 ซม^2 58.79 ซม^2 56.31ซม^2 และ 53.06 ซม^2 ตามลำดับ ส่วนจำนวนใบเฉลี่ยและจำนวนใบที่ร่วงมากที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 10 psu เท่ากับ 27 ใบ และ 19 ใบ ตามลำดับ และจะลดน้อยลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้นและน้อยลง คือพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงน้อยที่สุดที่ความเค็มของน้ำ 35 psu มีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 17.76 ซม^2 จำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 16 ใบ และจำนวนใบที่ร่วงเฉลี่ยเท่ากับ 12 ใบ

ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลองของลำพูและลำแพนจะพบว่าค่าพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงเป็นไปในทางเดียวกับการเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ คือลำพูจะมีค่าพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงลดลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่วนลำแพนจะมีค่าพื้นที่ใบ จำนวนใบและจำนวนใบที่ร่วงมากที่ความเค็มของน้ำ 10-20 psu และน้อยที่ความเค็มของน้ำ 30-35 psu ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของพืชโดยปกติที่เมื่อมีความสูงเพิ่มขึ้น จำนวนข้อและจำนวนใบก็เพิ่มขึ้นตาม ส่วนพื้นที่ใบจากการสังเกตุพบว่าขนาดของใบที่ความเค็มของน้ำต่ำใบจะมีขนาดใหญ่กว่าที่ความเค็มสูงโดยเฉพาะเมื่อพืชมีอายุ

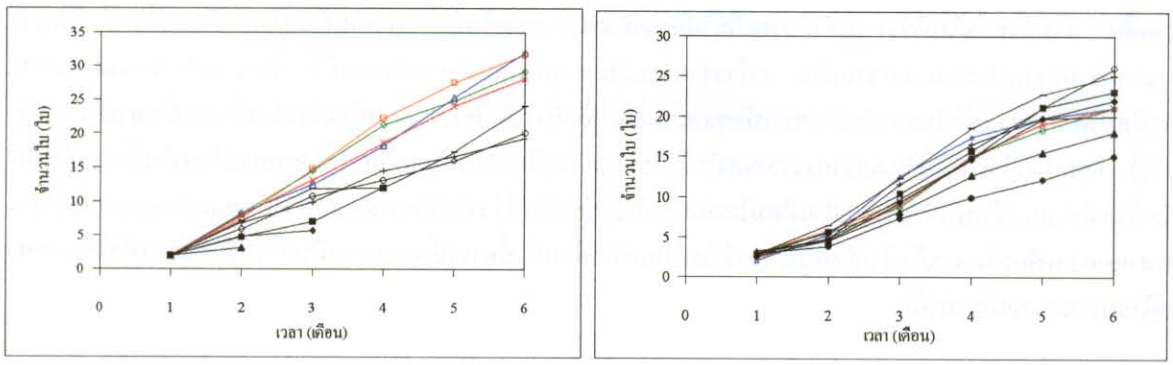
มากขึ้น ส่วนจำนวนใบที่ร่วงพบว่าความเค็มไม่มีผลต่อการร่วงของใบนั้น ตรงกันข้ามกับการศึกษาอื่นๆ ที่พบว่าจำนวนใบที่ร่วงแปรผันตามความเค็ม กล่าวว่าความเค็มของน้ำมีผลต่อการร่วงของใบ คือใบแก่จะมีการสะสมของโซเดียมไอออนสูงแต่โปแตสเซียมไอออนน้อยและจะถูกกำจัดทิ้งไปโดยการร่วง แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Cram et al. (2002) ที่ให้ข้อสังเกตว่าการร่วงของใบไม่ใช่ขบวนการในการกำจัดเกลือ โดยจากการศึกษาในถั่วขาวซึ่งเป็นพืชที่ไม่มีต่อมเกลือพบว่าปริมาณโซเดียมไอออนในใบแก่กับใบที่ร่วงไม่มีความแตกต่างกันและยังพบว่าอัตราการสะสมของโซเดียมไอออนในใบอ่อนมีมากกว่าในใบแก่อีกด้วยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเป็นการปรับตัวของพืชในการทนอยู่ในสภาพความเค็มเท่านั้น



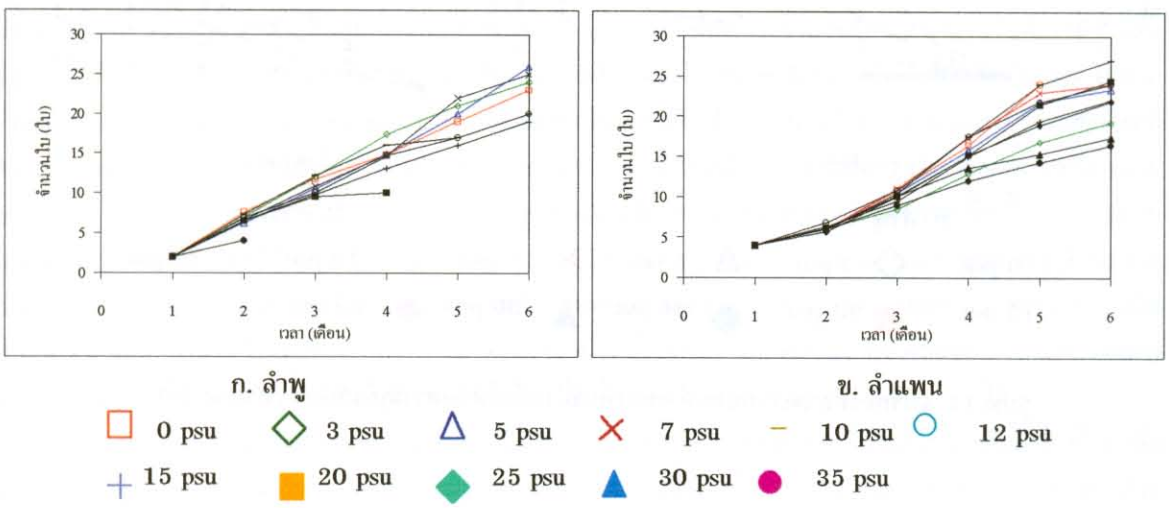
รูปที่ 11 เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ใบเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



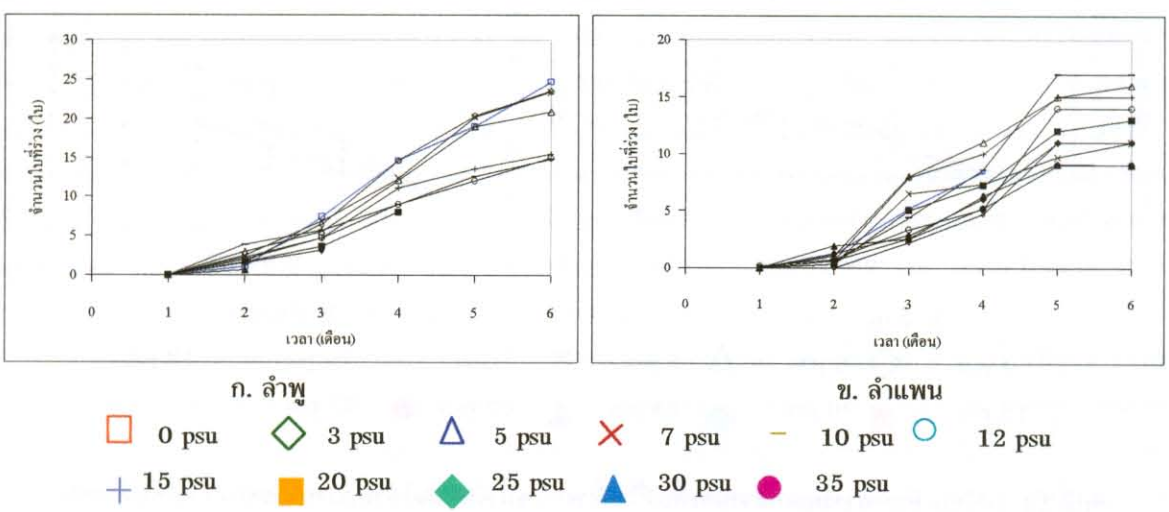
รูปที่ 12 เปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ใบที่เพาะในน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



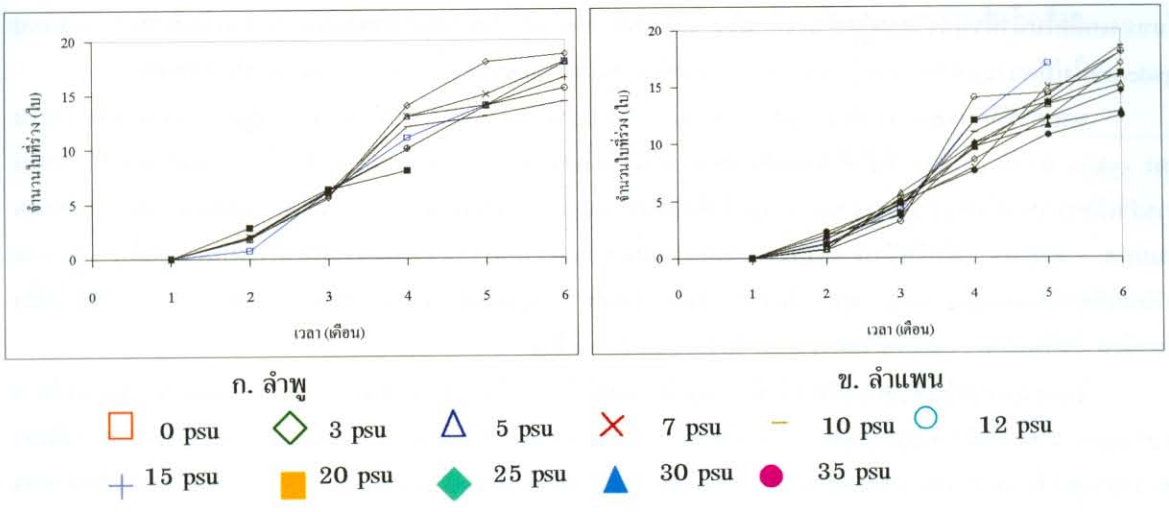
รูปที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนใบเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนใบที่เพาะในน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างของการร่วงของใบเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน



รูปที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างของการร่วงของใบที่เพาะในน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

3. ความเค็มของน้ำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไอออนและการสะสมของเกลือ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 3 ถึง 14) พบว่า ลำพูและลำแพนทั้ง 2 การทดลอง ที่เพาะในทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มมีการสะสมของโซเดียมไอออนและคลอไรด์เพิ่มขึ้นส่วนโปแตสเซียมลดลงตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชชายเลนที่เจริญในน้ำทะเล เกลือที่มีบริเวณรากจะเข้าสู่ภายในต้นพืชโดยการกรองของ permeable membrane แต่ช่องที่จะให้โปแตสเซียมผ่านก็จะให้โซเดียมที่มีปริมาณมากกว่าผ่านไปด้วย ประกอบกับพืชจำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอกเพื่อรักษาสมดุล เพราะเมื่อน้ำภายนอกมีความเค็มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มีค่า osmotic potential มีค่าลดลง สิ่งทางหนึ่งที่พืชสามารถทำได้คือปรับค่า osmotic potential ภายในต้นให้ต่ำกว่าค่า osmotic potential ภายนอก โดยพืชจะสะสมปริมาณโซเดียมและคลอไรด์เพิ่มขึ้น (Clough, 1984; Downton, 1982; Suarez et al., 1998) เพื่อลดค่า osmotic potential ภายในต้น จะพบว่าลำพู มีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์เพิ่มขึ้น จากลำต้น รากและใบ ตามลำดับ ส่วนลำแพน มีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์เพิ่มขึ้น จากราก ลำต้นและใบ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าลำพูและลำแพนมีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในใบมาก ให้ผลทำนองเดียวกับการทดลองของ Joshi et al. 1956 ลำพูจะมีการสะสมเกลือ โดยพบว่าเก็บโซเดียมและคลอไรด์ที่ stem และ pneumatophore bark และใบแก่ Joshi et. Al. (1975) แสดงให้เห็นว่าใบแก่ที่ร่วงนั้น จะมีปริมาณ โซเดียมและคลอไรด์สะสมอยู่ ในขณะเดียวกัน โปแตสเซียมและฟอสฟอรัสจะถูกดึงกลับคืนก่อนที่ใบจะร่วง ในขบวนการร่วงของใบเป็นขบวนการในการทนเกลือของพืช (Munns et al., 1986) และเป็นกลไกหนึ่งในการกำจัดเกลือ (Tomlinson, 1986) ดังนั้นจึงพบว่าพืชจะเก็บสะสมเกลือไว้ที่ใบเพื่อจะกำจัดออกโดยการร่วงของใบต่อไป

4. ความเค็มของน้ำที่มีผลต่อการปรับตัวทางกายวิภาค

จากการศึกษาในรากลำพูและลำแพนพบว่าจำนวนชั้นของ multipal epidermis ของลำพู มี 3 ชั้น และลำแพนมี 2 ชั้นในทุกระดับความเค็มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ในส่วนของโครงสร้างภายในนั้น ในการเจริญขั้นแรก จะมี multipal epidermis โดย multipal epidermisจะทำหน้าที่ช่วยดูดน้ำและแร่ธาตุ และทำหน้ากรองสารละลายและเกลือในน้ำ ก่อนที่จะเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำ เป็นการปรับตัวให้สามารถควบคุมระดับความเข้มข้นของเกลือแบบกีดกันไม่ให้เข้าไป (exclusion)(เทียมใจ, 2532) ดังนั้นที่ความเค็มของน้ำสูงจึงน่าจะมีจำนวนชั้นของ multipal epidermisมากขึ้นตาม เช่นเดียวกับที่พบว่าในรากโกงกางจำนวนชั้นของ multipal epidermis จะเพิ่มขึ้นถ้าความเข้ม

ชั้นของเกลือในน้ำที่รากเจริญอยู่สูงขึ้น(เทียมใจ คมกฤส, 2529) แต่จากการทดลองพบว่าจำนวนชั้นของ multipal epidermisไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละความเค็มทั้งลำพูและลำแพน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชยังมีขนาดเล็ก

จากการศึกษาพบว่าลำต้นจะมีส่วนของ stele เป็นแบบ dictyostele คือมี phloem อยู่ทั้งด้านนอกและด้านในของ xylem การที่ phloem ซึ่งใช้ในการลำเลียงอาหารเกิดขึ้นทางด้านในของ xylem นี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่าง ๆของลำต้นให้ดียิ่งขึ้นเช่นเดียวกับไม้แสมที่มี included phloemช่วย (เทียมใจ คมกฤส, 2529) ดังนั้นจึงน่าจะมีความแตกต่างที่มาจากความเค็มของน้ำแต่จากที่ทำการศึกษาโดยตัด section เปรียบเทียบในส่วนของ stele พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชมีอายุน้อยการปรับตัวยังเกิดขึ้นน้อยจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างของ stele ในทุกระดับความเค็ม

ใบจะมีการปรับตัวแบบเดียวกับพืชทนแล้ง โดยผิวใบจะเป็นมัน มีลักษณะอวบน้ำ เซลล์ผิวด้านนอกมีสารพวก cutin ฉาบอยู่ มีปากใบ (stomata) เกิดขึ้นทั้ง 2 ด้าน และเป็นปากใบแบบ sunken stomata)โดยจากการศึกษาพบว่าลำพูจะมีจำนวนปากใบทางด้านบน(Adaxial)มากกว่าด้านล่าง (Abaial) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประสิทธิ์ ไกรสูงเนิน (2532) พบว่าทางด้านบนมีมากกว่าทางด้านล่างเช่นกัน แต่ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละความเค็มของลำพูจะพบว่าที่ความเค็ม 0 psuจะมีจำนวนปากใบด้านบนต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}มากที่สุด เท่ากับ 220 รองลงมาคือที่ความเค็ม 2 และ15 psu และต่ำสุดที่ความเค็ม 12 psu จะมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}เท่ากับ 115 ในขณะที่จะมีจำนวนปากด้านล่างใบต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}มากที่สุด ที่ความเค็ม 3 6 และ 7 psu โดยมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 มม.^{2} เท่ากับ124 125 และ 127 และต่ำสุดที่ความเค็ม 5 psu จะมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}เท่ากับ 75 ส่วนลำแพนก็พบว่ามีจำนวนปากใบด้านบนมากกว่าด้านล่าง และแตกต่างกันในแต่ละความเค็มของน้ำด้วยเช่นกันคือที่ความเค็ม 10 psu จะมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}มากที่สุดทั้งปากใบด้านล่างและด้านบนเท่ากับ 57.29 และ 75.39 ตามลำดับ และต่ำสุดที่ความเค็ม 12 psu มีจำนวนปากใบด้านล่างต่อพื้นที่ 1 มม.^{2}เท่ากับ 51.59 ส่วนปากใบด้านบนต่ำสุดที่ความเค็ม 25 psu เท่ากับ 27.38

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการสะสมของโซเดียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม	ปริมาณโซเดียม (mol/l)			
(psu)	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-6}
0	0.17 ± 0.04	0	0.35 ± 0.01	3.09 ± 0.07
3	0.32 ± 0.08	0.18 ± 0.01	0.28 ± 0.34	2.81 ± 0.33
5	0.18 ± 0.00	0.36 ± 0.02	0.28 ± 0.02	3.88 ± 0.04
7	0.29 ± 0.02	0.18 ± 0.03	0.22 ± 0.28	4.02 ± 0.15
10	0.44 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.55 ± 0.04	4.89 ± 0.15
12	0.43 ± 0.04	0.25 ± 0.31	0.74 ± 0.07	4.95 ± 0.24
15	0.45 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.59 ± 0.01	4.95 ± 0.24

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการสะสมของโปแตสเซียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม	ปริมาณโปแตสเซียม (mol/l)			
(psu)	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
0	0.30 ± 0.07	0.30 ± 0.05	0.72 ± 0.02	0.00 ± 0.37
3	0.24 ± 0.06	0.21 ± 0.01	0.63 ± 0.16	0.50 ± 0.02
5	0.21 ± 0.00	0.22 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.75 ± 0.03
7	0.17 ± 0.01	0.21 ± 0.09	0.31 ± 0.02	5.26 ± 5.99
10	0.20 ± 0.07	0.32 ± 0.04	0.41 ± 0.03	1.29 ± 0.01
12	0.26 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.44 ± 0.04	1.01 ± 0.03
15	0.20 ± 0.05	0.34 ± 0.05	0.35 ± 0.07	1.41± 0.18

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบการสะสมของคลอไรด์ไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม	ปริมาณคลอไรด์ (mol/l)			
(psu)	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-4}
0	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.03	-0.23 ± 0.03
3	0.33 ± 0.20	0.33 ± 0.20	0.53 ± 0.52	2.70 ± 0.78
5	0.37 ± 0.01	0.34 ± 0.08	0.46 ± 0.24	2.77 ± 0.17
7	0.37 ± 0.17	0.32 ± 0.16	0.35 ± 0.09	3.39 ± 0.32
10	0.25 ± 0.12	0.25 ± 0.12	0.32 ± 0.13	3.31± 0.40
12	0.24 ± 0.25	0.22 ± 0.22	0.29 ± 0.31	4.86± 0.25
15	0.07 ± 0.06	0.07 ± 0.05	0.08 ± 0.05	6.27 ± 0.20

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบการสะสมของโซเดียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม	ปริมาณโซเดียม (mol/l)			
(psu)	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
0	0	0.90 ± 0.07	0.54 ± 0.07	3.09 ± 0.07
3	0.15 ± 0.05	0.81 ± 0.01	0.64 ± 0.03	2.81 ± 0.33
5	0.19 ± 0.00	0.61 ± 0.00	0.76 ± 0.00	3.88 ± 0.04
7	0.13 ± 0.16	0.72 ± 0.00	0.71 ± 0.03	4.02 ± 0.15
10	0.33 ± 0.04	0.86 ± 0.12	0.79 ± 0.21	4.89 ± 0.15
12	0.28 ± 0.03	1.26 ± 0.03	1.07 ± 0.09	4.95 ± 0.24
15	0.14 ± 0.01	1.05 ± 0.16	0.76 ± 0.03	4.95 ± 0.24

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบการสะสมของโปแตสเซียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณโปแตสเซียม (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
0	0.31 ± 0.04	0.71 ± 0.03	0.63 ± 0.08	0.00 ± 0.37
3	0.27 ± 0.09	0.63 ± 0.06	0.57 ± 0.03	0.50 ± 0.02
5	0.22 ± 0.00	0.48 ± 0.00	0.67 ± 0.00	0.75 ± 0.03
7	0.37 ± 0.29	0.57 ± 0.05	0.42 ± 0.02	5.26 ± 5.99
10	0.21 ± 0.06	0.50 ± 0.07	0.47 ± 0.13	1.29 ± 0.01
12	0.34 ± 0.04	0.56 ± 0.01	0.45 ± 0.04	1.01 ± 0.03
15	0.24 ± 0.02	0.61 ± 0.09	0.30 ± 0.01	1.41± 0.18

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบการสะสมของคลอไรด์ไอออนในราก ลำต้น และใบของลำพูเมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณคลอไรด์ (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-4}
0	0.11 ± 0.01	0.27 ± 0.02	0.41 ± 0.05	-0.23 ± 0.03
3	0.40 ± 0.13	0.23 ± 0.00	0.52 ± 0.02	2.70 ± 0.78
5	0.21 ± 0.00	0.17 ± 0.00	0.72 ± 0.00	2.77 ± 0.17
7	0.58 ± 0.45	0.22 ± 0.00	0.76 ± 0.02	3.39 ± 0.32
10	0.28 ± 0.01	0.30 ± 0.03	0.70 ± 0.13	3.31± 0.40
12	0.36 ± 0.04	0.33 ± 0.01	0.71 ± 0.04	4.86± 0.25
15	0.46 ± 0.46	0.33 ± 0.05	0.67 ± 0.01	6.27 ± 0.20

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบการสะสมของโซเดียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพนเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณโซเดียม (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
3	0.29 ± 0.01	0.74 ± 0.04	0.32 ± 0.01	2.81 ± 0.33
5	0.12 ± 0.00	0.31 ± 0.02	0.31 ± 0.04	3.88 ± 0.04
7	0.55 ± 0.00	1.08 ± 0.00	0.66 ± 0.00	4.02 ± 0.15
10	0.14 ± 0.03	0.69 ± 0.01	0.40 ± 0.03	4.89 ± 0.15
12	0.25 ± 0.01	0.33 ± 0.03	0.83 ± 0.08	4.95 ± 0.24
15	0.31 ± 0.00	0.73 ± 0.00	0.72 ± 0.00	4.95 ± 0.24
20	0.18 ± 0.00	0.81 ± 0.05	0.91 ± 0.12	6.47 ± 0.54
25	0.46 ± 0.12	0.83 ± 0.07	1.05 ± 0.01	6.75 ± 0.32
30	0.36 ± 0.01	1.14 ± 0.03	0.94 ± 0.03	4.89 ± 0.15
35	0.29 ± 0.03	0.72 ± 0.13	1.41 ± 0.33	6.16 ± 0.71

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบการสะสมของโปแตสเซียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพนเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณโปแตสเซียม (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
3	0.43 ± 0.01	0.65 ± 0.03	0.19 ± 0.01	0.50 ± 0.02
5	0.30 ± 0.01	0.73 ± 0.04	0.46 ± 0.01	0.75 ± 0.03
7	0.33 ± 0.00	0.63 ± 0.00	0.39 ± 0.00	5.26 ± 5.99
10	0.17 ± 0.04	0.61 ± 0.01	0.31 ± 0.03	1.29 ± 0.01
12	0.37 ± 0.02	0.59 ± 0.06	0.39 ± 0.04	1.01 ± 0.03
15	0.37 ± 0.00	0.65 ± 0.00	0.43 ± 0.00	1.41± 0.18
20	0.22 ± 0.00	0.72 ± 0.05	0.43 ± 0.05	1.80 ± 0.71
25	0.54 ± 0.14	0.49 ± 0.04	0.72 ± 0.01	2.51 ± 0.08
30	0.42 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.55 ± 0.01	2.61 ± 0.07
35	0.34 ± 0.03	0.42 ± 0.08	0.52 ± 0.12	3.79 ± 0.29

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการสะสมของคลอไรด์ไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพนเมื่อได้รับความเค็มของน้ำระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณคลอไรด์ (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-4}
3	0.37 ± 0.01	1.43 ± 0.07	0.40 ± 0.02	2.70 ± 0.78
5	0.28 ± 0.01	1.02 ± 0.06	0.49 ± 0.07	2.77 ± 0.17
7	0.53 ± 0.00	2.01 ± 0.00	0.45 ± 0.00	3.39 ± 0.32
10	0.30 ± 0.08	0.82 ± 0.02	0.57 ± 0.05	3.31± 0.40
12	0.22 ± 0.01	0.69 ± 0.07	0.84 ± 0.09	4.86± 0.25
15	0.27 ± 0.00	0.62 ± 0.00	0.69 ± 0.00	6.27 ± 0.20
20	0.15 ± 0.00	0.60 ± 0.04	1.09 ± 0.14	5.94 ± 0.10
25	0.72 ± 0.19	1.24 ± 0.11	10.1 ± 0.02	6.82± 0.18
30	0.47 ± 0.01	1.62 ± 0.04	1.05 ± 0.03	7.85± 0.14
35	0.38 ± 0.04	0.97 ± 0.19	1.23 ± 0.29	4.99± 0.06

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบการสะสมของโซเดียมไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพน เมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณโซเดียม (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
3	0.86 ± 0.11	1.77 ± 0.16	0.26 ± 0.04	2.81 ± 0.33
5	0.87 ± 0.21	2.34 ± 0.01	0.27 ± 0.05	3.88 ± 0.04
7	0.99 ± 0.06	2.37 ± 0.25	0.48 ± 0.05	4.02 ± 0.15
10	1.24 ± 0.23	2.55 ± 0.15	0.44 ± 0.04	4.89 ± 0.15
12	0.35 ± 0.03	3.24 ± 0.87	0.48 ± 0.27	4.95 ± 0.24
15	1.09 ± 0.04	2.66 ± 0.02	0.65 ± 0.02	4.95 ± 0.24
20	4.25 ± 5.28	13.30 ± 17.44	0.75 ± 0.04	6.47 ± 0.54
25	1.45 ± 0.04	2.96 ± 0.06	0.76 ± 0.80	6.75 ± 0.32
30	0.54 ± 0.03	3.32 ± 0.16	0.50 ± 0.31	4.89 ± 0.15
35	0.53 ± 0.03	2.69 ± 0.07	0.64 ± 0.46	6.16 ± 0.71

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบการสะสมของโปแตสเซียม ไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพน เมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณโปแตสเซียม (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-5}
3	0.25 ± 0.03	0.52 ± 0.05	0.23 ± 0.03	0.50 ± 0.02
5	0.20± 0.05	0.39 ± 0.01	0.24 ± 0.04	0.75 ± 0.03
7	0.20 ± 0.01	0.40 ± 0.04	0.28 ± 0.03	5.26 ± 5.99
10	0.37 ± 0.07	0.43 ± 0.03	0.35 ± 0.03	1.29 ± 0.01
12	0.51 ± 0.04	0.55 ± 0.15	0.21 ± 0.12	1.01 ± 0.03
15	0.27 ± 0.01	0.67 ± 0.00	0.23 ± 0.01	1.41± 0.18
20	0.94 ± 1.17	3.36 ± 1.41	0.33 ± 0.02	1.80 ± 0.71
25	0.43 ± 0.01	0.75 ± 0.02	0.27 ± 0.28	2.51 ± 0.08
30	0.32 ± 0.02	0.49 ± 0.02	0.22 ± 0.14	2.61 ± 0.07
35	0.31 ± 0.02	0.45 ± 0.01	0.15 ± 0.11	3.79 ± 0.29

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบการสะสมของคลอไรด์ไอออนในราก ลำต้น และใบของลำแพน เมื่อเพาะด้วยน้ำจืดก่อนได้รับความเค็มระดับต่างกัน

ความเค็ม (psu)	ปริมาณคลอไรด์ (mol/l)			
	ราก	ลำต้น	ใบ	น้ำเค็มx10^{-4}
3	0.14 ± 0.02	0.41 ± 0.04	0.27 ± 0.04	2.70 ± 0.78
5	0.31± 0.07	0.81 ± 0.03	0.43 ± 0.08	2.77 ± 0.17
7	0.28 ± 0.02	0.06 ± 0.01	0.78 ± 0.05	3.39 ± 0.32
10	0.34 ± 0.06	1.26 ± 0.08	0.32 ± 0.37	3.31± 0.40
12	0.38 ± 0.03	1.61 ± 0.43	0.54 ± 0.30	4.86± 0.25
15	0.37 ± 0.01	0.75 ± 0.00	0.52 ± 0.01	6.27 ± 0.20
20	1.58 ± 1.96	5.29 ± 6.93	0.84 ± 0.04	5.94 ± 0.10
25	0.65 ± 0.02	0	0.74 ± 0.78	6.82± 0.18
30	0.71 ± 0.04	1.59 ± 0.08	0.62 ± 0.38	7.85± 0.14
35	0.79 ± 0.04	0.28 ± 0.01	0.77 ± 0.55	4.99± 0.06

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลของความเค็มที่มีต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำพูและลำแพนสรุปได้ว่า ความเค็มของน้ำไม่มีผลต่อการงอกของลำพูและลำแพนทางสถิติ แต่ที่ความเค็มของน้ำ 12 psuลำแพนมีอัตราการงอกสูงที่สุดคือ 69% ในขณะที่ความเค็มของน้ำ 0-3 และ 25 psu มีอัตราการงอกต่ำสุดคือ 47-48% สำหรับลำพูจะมีอัตราการรอดตายมากที่สุดที่ความเค็ม 0 และ 7 psu และจะมีอัตราการรอดตายลดลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้นและต้นกล้าจะตายหมดที่ความเค็มของน้ำ 20-35 psu ส่วนลำแพนพบว่าต้นกล้าที่ปลูกในช่วงความเค็ม 20-30 psuจะมีอัตราการรอดตายสูงสุด ในขณะที่ความเค็มของน้ำที่ต่ำคือ 0-7 psu จะมีอัตราการรอดตายต่ำโดยเฉพาะที่ ความเค็มของน้ำ 0 psu ต้นกล้าจะตายหมด การเจริญเติบโตลำพูจะมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเค็ม 0 psu และจะมีการเจริญลดลงตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่วนลำแพนพบว่าต้นที่ปลูกในช่วงความเค็ม 10-20 psu จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และจะมีการเจริญลดลงตามความเค็มของน้ำที่น้อยกว่า 10 psu และตามความเค็มของน้ำที่มากกว่า 20 psu ความเค็มของน้ำมีผลต่อการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้า เพื่อเป็นการควบคุมกลไกภายในของพืชให้อยู่ในสภาวะปกติ เช่น การปรับค่า water potentialในพืชให้ลดลงมีค่าใกล้กับค่า osmotic potential ของน้ำภายนอก เพื่อให้สามารถดูดน้ำเข้าไปได้ ดังนั้นจึงพบว่าพืชจะมีการสะสมเกลือปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยลำพูมีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในใบมากที่สุดรองลงมาคือ รากและลำต้น ลำแพนมีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์ในใบและลำต้นมากที่สุดรองลงมาคือ ราก ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ฐิตินันท์ ศรีสถิตย์, สุวลักษณ์ สาธุมนัสพันธุ์ และ จิระศักดิ์ ชูความดี. 2545. อัตราการรอดของกล้าไม้ที่ปลูกในพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ ต.คลองโคน อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ. ครั้งที่ 12 (สิงหาคม): หน้า I1-05.

เทียมใจ คมกฤส. 2529. การปรับตัวทางโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในของไม้ป่าชายเลนบางชนิด. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 สาขาวิทยาศาสตร์. หน้า 17-28. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

เทียมใจ คมกฤส. 2534. การปรับตัวทางโครงสร้างของไม้ลำพูและลำแพน. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ. ครั้งที่ 7 (กรกฎาคม): หน้า VI1-03.

เทียมใจ คมกฤส. 2536. โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน. กรุงเทพฯ: บริษัทฉลองรัตน์ จำกัด.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2537. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช (Soil and Plant Analysis). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์, พิชิต แก้ววงศ์ศรี และ เมธี เอกศิรินิมิตร. 2542. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ชายเลนบางชนิดที่รดด้วยน้ำที่มีความเค็มต่างระดับในเรือนเพาะชำ. การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย.

ประสิทธิ์ ไกรสูงเนิน. 2532. ลักษณะทางกายวิภาคของลำพูและลำแพน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมใจ หะวานนท์. 2538. แนวทางการปลูกป่าชายเลนเพื่อพัฒนาระบบนิเวศชายฝั่ง. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ. ครั้งที่ 9 (กันยายน): หน้า III-03.

สนิท อักษรแก้ว. 2543. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ball, M.C. and Pidsley, S.M. 1995. Growth Response to Salinity in Relation to Distribution of Two Mangrove Species. Functional Ecology. 9: 77-85.

Clarke, L.D. and Hannon, N.J. 1970. The Mangrove Swamp and Marsh Communities of the Sydney District. III. Plant Growth in Relation to Salinity and Waterlogging. Journal of Ecology. 58: 351-369.

Clough, B.F. 1984. Growth and Salt balance of the Mangrove *Avicennia marina* (Forask) Viert. And *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. Australian Journal of Plant Physiology. 417-430.

Connor, D.J. 1969. Growth of grey mangrove (*Avicennia marina*) in nutrient culture. Biotropica. 1: 36-40.

Cram, W.J., Torr, P.G. and Rose, D.A. 2002. Salt allocation during leaf development and leaf fall in mangroves. Springer-verlag.

De Haan, T.H. 1931. Het Enn En Ander over de Tijlatjap Sche Vloed bosschen. Tectona. 24 : 39-76. (English Summary)

Downton, W.J.S. 1982. Growth and Osmotic Relation of Mangroves *Avicennia marina*, as Influenced by Salinity. Australian Journal of Plant Physiology. 9: 519-528.

Glass, A.D.M. 1973. Influnce of phenolic acids upon uptake. Inhibition of phosphate uptake. Plant Physiology. 52:1037-1041.

Hach company. 1988. DR/2000 Spectrophotometer Procedures Manual. 103-105. USA.

Joshi, G.V., Jamale, B.B. and Bhosale, L. 1975. Ione regulation mangroves. In Proceeding of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida. Vol. II. P. 595-607.

Moon, G.J., Clough, B.F., Peterson, C.A. and Allaway, W.G. 1986. Apoplastic and symplastic pathways in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Roots revealed by florescent tracer dyes. Australian Journal of Plant Physiology. 13: 637-648.

Noggle, G.R. and Fritz, G.J. 1977. Introductory to Plant Physiology. Prentice-Hall of India Private, Ltd., New Delhi.

Oweczkin, J. and Kerven, G. 1980. Methods of Analysis for Nitrogen Phosphorus Sulphur and Potassium in Plant Tissue. Department of Agriculture, University of Queensland. P. 12.

Santisuk, T., Patanaponpaiboon, P. and Ubolcholaket, A. 1985. The Ecological Distribution of Sonneratia Tree Species along the La-un Estuary, Ranong Province, Thailand. Unesco Project.

Suarez, N., Sobra, M.A. and Medina, E. 1998. Salinity on the leaf water relations components and ion accumulation patterns in *Avicennia germinans* (L.) L. seedlings. Oecologia. 114: 299-304.

Taiz, L. and Zeiger, E. 1991. Plant Physiology. California: TheBenjamin/Cumming Publishing Company.

Tomlinson, P.B. 1986. The Botany of Mangroves. New York: Cambridge University Press.

เทคนิคการเพาะลำพู เพื่อการปลูกบริเวณทะเลสาบสงขลา

Some Cultural Techniques for Plantation of *Sonneratia caseolaris* at Songkhla Lake

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ Noparat Bamroongrugsa
ไซนีย๊ะ ละมะ Saineya Lama
พิกุล ศัยญะพันธ์ Pikul Saiyapan

Abstract

The experiment was carried out to investigate the germination rates and seedling growth of *Sonneratia caseolaris* when applying with various levels of water salinity. The seeds were germinated in the pots containing soil with water application every few days and then placed in a greenhouse. The result shows that seeds of *S. casedaris* germinated and grew well in fresh or brackish water with the salinity lower than 20 psu. At the salinity of 30 psu, however all seedlings were dead at two months after planting. When two year old seedlings were tested for salinity tolerance by planting roots under the saline water of 0, 5, 10, 20 and 30 psu, they were found close to be dead in the salinity of 20 psu at 50 days. However, when the salinity was changed to freshwater at the beginning of this stage, recovery of these seddlings, ie. producing new buds, was observed. Thus, it is advisable that the consideration the changes in water salinities of Songkhla Lake during the rainy and dry seasons should be made before the mangrove planting operation.

Key words: Cultural techniques/Regeneration/Sonneratia caseolaris

บทคัดย่อ

การงอกและการเจริญเติบโตของกล้าไม้ลำพู เมื่อใช้น้ำรดที่มีระดับความเค็มต่างกัน คือ 0, 5, 10, 20 และ 30 psu และทำการเพาะในกระถางที่มีดินผสมทราย รดน้ำทุก 2-3 วัน พบว่า เมล็ดลำพูงอกได้ดี เมื่อรดด้วยน้ำจืดหรือน้ำกร่อยที่มีความเค็มน้อย ๆ แต่เมื่อรดโดยใช้น้ำที่มีความเค็ม 30 psu การงอกแทบไม่เกิดขึ้นหรือมีน้อยมาก และเมื่อพิจารณาถึงกล้าไม้ที่งอกแล้ว การรดด้วยน้ำที่มีความเค็ม 20 psu และ 30 psu จะทำให้กล้าไม้ตายหมดในเวลาไม่เกิน 2 เดือน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้น้ำที่มีความเค็มเกิน 20 psu เพื่อทำการเพาะเมล็ดลำพู สำหรับการทดลองนำกล้าไม้ลำพูที่มีอายุประมาณ 2 ปี มาเพาะในกระถางดินแล้วปลูกในน้ำเค็มระดับต่าง ๆ จนจมมิดราก คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 psu พบว่าเมื่อปลูกได้ 50 วัน กล้าลำพูทุกต้นที่ปลูกในระดับความเค็มของน้ำไม่เกิน 15 psu มีการเจริญเติบโตปกติ แต่ที่ความเค็ม 20 psu และ 30 psu กล้าไม้จะเหี่ยวหรือตายหมด แต่เมื่อมีการเปลี่ยนเป็นน้ำจืดได้ทันในช่วงเวลาดังกล่าว กล้าไม้เหล่านั้นสามารถฟื้นตัวได้อีก ดังนั้นก่อนนำกล้าไม้ลำพูปลูกบริเวณทะเลสาบสงขลาจะต้องพิจารณาความเค็มน้ำซึ่งผันแปรตามฤดูกาล ด้วยจึงจะประสบสำเร็จ

คำหลัก: เทคนิคการเพาะ/การสืบพันธุ์/ลำพู

คำนำ

ลำพู (*Sonneratia caselaris*) คือไม้ในป่าชายเลนที่มักพบบริเวณน้ำกร่อย ปากอ่าวหรือริมฝั่งแม่น้ำ บ่อยครั้งจะพบลำพูขึ้นอยู่บริเวณริมคลองที่มีน้ำจืดหรือพื้นที่ลุ่มที่เคยมีน้ำทะเลท่วมถึง ในธรรมชาติจะพบกล้าไม้ลำพูขึ้นอยู่บริเวณโคนต้นแม่หรือริมฝั่งที่มีน้ำกร่อยเล็กน้อย ลำพูเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่สูง 8-20 เมตร ไม่ผลัดใบ กิ่งห้อยและย้อยลง ต้นที่อายุน้อยเปลือกเรียบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นเปลือกจะขยายแตกเป็นร่องลึก เป็นสะเก็ด รากหายใจโคนต้นยาว 70 ซม. หรือกว่านั้น ผลมีเนื้อมากและเมล็ดเล็ก ในประเทศเวียตนามใช้ไม้ลำพูเพื่อปลูกฟื้นฟูสภาพนิเวศบริเวณชายฝั่งและใช้ไม้ทำฟืน เช่นเดียวกับประเทศอินเดียได้ปลูกไม้ลำพู เพื่อรักษาชายฝั่งและระบบนิเวศ สำหรับประเทศไทยในระยะที่ผ่านมาแทบไม่ได้ใช้กล้าไม้ลำพูเพื่อปลูกฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายเลนที่ถูกทำลายเลย ในขณะที่หลายพื้นที่เคยมีไม้ลำพูขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น จึงควรให้ความสนใจกับพืชชนิดนี้ อย่างไรก็ตามพบว่าบริเวณพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ของอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช หรือในบริเวณทะเลสาบสงขลา มักพบกล้าลำพูขึ้นเป็นหย่อมๆ หากพื้นที่นั้นมีน้ำจืดไหลบ่าหรือน้ำกร่อยที่มีความเค็มเพียงเล็กน้อย แต่พื้นที่ที่มีความเค็มของน้ำสูง จะแทบไม่พบต้นลำพูเลย จึงมีปัญหาว่าความเค็มของน้ำเท่าใดกล้าลำพูจึงจะงอกและตั้งตัวได้ดี ศิริวรรณ จิระวัฒนะภัณฑ์ และคณะ (2545) ได้ศึกษาอิทธิพลความเค็มของน้ำต่อการงอกของเมล็ดและอัตราการรอดตายของลำพูโดยปลูกในกระถาง และใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก นำไปแช่ในกะบะที่มีความเค็มของน้ำต่างๆ กันคือ 0, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ขังน้ำไว้นาน 1 สัปดาห์แล้วใส่น้ำเค็มใหม่ พบว่าความเค็มของน้ำไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดลำพู แต่จะมีอัตราการรอดตายลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น โดยต้นกล้าที่ระดับความเค็ม 20, 25, 30 และ 35 psu จะตายหมด ส่วนความสูงของลำพูจะลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น จากการทดลองเพาะลำพูในเรือนเพาะชำ Phan Nguyen Hong et al. (1999) รายงานว่าผล น้ำหนัก 1 กก. จะมีจำนวน 10-12 ผล แต่ละผลมีเมล็ด 800-1100 เมล็ด ดังนั้น 1 กก. จะมีเมล็ดประมาณ 25,000-28,000 เมล็ด เขานำผลที่เก็บได้มาแช่น้ำกร่อย 5-7 วัน เมื่อผลนุ่มก็จะบี้แยกเมล็ดออกตากแดดแล้วหว่านในเรือนเพาะชำ หรือปลูกในถุงชำ การงอกของเมล็ดจะเริ่มขึ้นภายในเวลา 5-7 วัน และ 85% ของเมล็ดจะงอกหมดในเวลา 12 วัน การเจริญเติบโตของกล้าไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและความเค็ม หลังจากปลูกได้ 6 เดือนจะมีความสูงของกล้าไม้ 10.45 ซม. และเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.82 ซม. นอกจากนั้นยังพบว่าเมล็ดที่โรยบนทรายและกลบเมล็ดครึ่งเดียวจะมีอัตราการงอก 87% ถ้าฝังลึก 2 มม. จะงอกเพียง 10% แต่ถ้าฝังลึก 5 มม. จะไม่งอกเลย ต่อมาผู้ทดลองได้รดน้ำเค็มแก่กล้าไม้ที่มีอายุเกิน 15 วัน โดยใช้ระดับความเค็มต่างกัน พบว่าที่ระดับความเค็มของน้ำที่ใช้รด 5-10 psu การเจริญเติบโตของกล้าไม้เป็นไปตามปกติ แต่ที่ความเค็ม 20-25 psu จะโตช้าและ กล้าตายเดือนที่สาม แต่ถ้าความเค็ม 30 psu กล้าจะตายใน 1 สัปดาห์ เมื่อเปลี่ยนเป็นน้ำจืดรด พบว่ากล้าไม้เจริญเติบโตดีและสูง 8.10 ซม. ในเวลา 6 เดือน

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาเทคนิคการเพาะกล้าลำพูโดยการรดน้ำหรือปลูกในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน โดยให้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในทะเลสาบสงขลา คือมีน้ำเค็มรุกในฤดูแล้งและน้ำจืดในฤดูที่มีน้ำหลาก เพื่อประโยชน์ทางปฏิบัติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของกล้าลำพู เมื่อรดด้วยน้ำที่ระดับความเค็มต่างกัน

ทำการเก็บผลลำพูสุกที่หล่นบริเวณโคนต้น หากเป็นผลแห้งจะดีมาก เพราะผลจะแตก ข้างในยังมีเมล็ดอยู่มากสามารถนำไปเพาะได้เลย ส่วนผลที่ยังไม่แห้งนั้น ฉีกผลออกเพื่อแยกเมล็ดที่มีหลายร้อยเมล็ดต่อผล ล้างน้ำเอาเมือกออก คัดส่วนของเมล็ดที่ลอยน้ำ แล้วจัดชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุด คือ ชุดที่รดด้วยน้ำจืด (0 psu), รดด้วยน้ำกร่อย (5 psu), รดด้วยน้ำกร่อย (10 psu), รดด้วยน้ำกร่อย (20 psu) และรดด้วยน้ำเค็ม (30 psu) โดยก่อนทำการทดลองคัดเมล็ดลำพูใส่กระถางๆ ละ 30 เมล็ดรวม 25 กระถาง แต่ละกระถางมีดินผสมทราย อัตราส่วน 2:1

แล้ววางในเรือนเพาะชำภาควิชา ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เริ่มทำการรดน้ำที่ ความเค็มระดับต่าง ๆ ทุก 2–3 วัน

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าลำพู เมื่อปลูกในน้ำที่ระดับความเค็มต่างกัน

ได้ปลูกกล้าลำพูที่มีอายุประมาณ 2 ปี ในกระถาง แล้วนำแต่ละกระถางที่มี 1 ต้น ไปแช่ในน้ำที่มีระดับความเค็มต่าง ๆ กัน ในถังน้ำคือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 psu จนจมมิดราก เพื่อทดสอบความสามารถในการทนความเค็มของกล้าลำพู โดยทดสอบที่ความเค็มละ 5 ต้น (5 กระถาง) วางชุดทดลองทั้งหมด (30 กระถาง) ในเรือนเพาะชำ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาการงอกและการเจริญเติบโตของกล้าลำพู เมื่อรดด้วยน้ำที่ระดับความเค็มต่างกัน

พบว่าเมล็ดลำพูงอกได้ดี เมื่อรดด้วยน้ำที่มีความเค็มน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรดด้วยน้ำจืดจะงอกมากที่สุด เมื่อปลูกครบ 2 เดือน (ตารางที่ 1) แต่ถ้ารดด้วยความเค็มสูงถึง 30 psu ซึ่งเป็นความเค็มของน้ำทะเลทั่วไป พบว่ากล้าลำพูแทบไม่งอกเลย ที่น่าสนใจคือ เมื่อรดด้วยน้ำจืด กล้าไม้จะค่อย ๆ ทะยอยงอกจนถึง 2 เดือน (76.7%) แต่เมื่อรดด้วยน้ำกร่อยที่ระดับต่าง ๆ กล้าไม้จะงอกเร็วในช่วง 6 วันแรกเท่านั้น หลังจากนั้นอัตราการงอกมีค่าเท่าเดิมคือเท่ากับตอนอายุ 18 วัน เมื่อศึกษาการมีชีวิตรอดของกล้าไม้ พบว่าการรดด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มสูงขึ้น เช่นที่ 20 psu กล้าจะตายหมดในเวลา 60 วัน แต่ถ้ารดด้วยน้ำที่ความเค็ม 30 psu กล้าไม้จะเริ่มตายเมื่ออายุ 18 วัน และจะตายหมดเมื่ออายุ 36 วัน (ตารางที่ 2) สำหรับความสูงนั้นเมื่อกล้าลำพูรอดแล้ว ความเค็มที่ระดับต่าง ๆ แทบไม่มีผลต่อความสูงของกล้า แต่จะสูงมากขึ้นเมื่ออายุได้ 60 วัน (ตารางที่ 3) ส่วนจำนวนใบก็เช่นกัน ความเค็มของน้ำที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการแตกใบ แต่เมื่อกล้าอายุมากขึ้น จำนวนใบจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะเมื่ออายุได้ 60 วัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 การงอกของเมล็ดลำพูเมื่อรดด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน

อายุ (วัน)	ร้อยละของการงอก				
	รดน้ำจืด (0 psu)	รดน้ำกร่อย (5 psu)	รดน้ำกร่อย (10 psu)	รดน้ำกร่อย (20 psu)	รดน้ำเค็ม (30 psu)
6	19.3 a	17.3 a	8.6 a	6.7 a	0.0
18	50.7 b	58.6 b	44.0 b	29.3 b	2.0 b
36	55.3 c	60.7 b	48.0 b	31.3 b	2.0 b
60	76.7 d	60.7 b	48.0 b	31.3 b	2.0 b

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของลำพูเมื่อรดด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน

อายุ (วัน)	เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอด				
	น้ำจืด (0 psu)	น้ำกร่อย (5 psu)	น้ำกร่อย (10 psu)	น้ำกร่อย (20 psu)	น้ำเค็ม (30 psu)
6	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
18	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	33.34 b
36	100.00 a	100.00 a	100.00 a	85.11 b	0.00 c
60	98.26 a	96.70 a	88.89 a	0.00 c	0.00 c

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ความสูงของต้นกล้าลำพูเมื่อรดด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน

อายุ (วัน)	ความสูงเฉลี่ย (ซม.)				
	น้ำจืด (0 psu)	น้ำกร่อย (5 psu)	น้ำกร่อย (10 psu)	น้ำกร่อย (20 psu)	น้ำเค็ม (30 psu)
6	1.05 a	1.13 a	1.08 a	1.07 a	1.00 a
18	2.56 b	2.58 b	2.56 b	2.58 b	2.56 b
36	3.12 c	3.02 c	3.08 c	2.78 b	0.00 c
60	3.61 d	3.86 d	3.28 d	0.00 c	0.00 c

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 จำนวนใบของต้นกล้าลำพูเมื่อรดด้วยน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน

อายุ (วัน)	ความสูงเฉลี่ย (ซม.)				
	น้ำจืด (0 psu)	น้ำกร่อย (5 psu)	น้ำกร่อย (10 psu)	น้ำกร่อย (20 psu)	น้ำเค็ม (30 psu)
6 a	2.00 a	2.00	2.00 a	2.00 a	2.00 a
18 a	2.00 a	2.00	2.00 a	2.00 a	2.00 a
36 a	2.10 a	2.20	2.30 a	2.40 a	0.00 b
60 b	3.30 b	4.40	3.50 b	0.00 b	0.00 b

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าลำพู เมื่อปลูกในน้ำที่ระดับความเค็มต่างกัน

จากจำนวนต้นกล้า 5 ต้น (กระถาง) ที่ความเค็มแต่ละระดับนั้น พบว่าในระยะแรก (ก่อนเวลา 50 วัน) ใบยังมีลักษณะเขียวสด แต่บางต้นมีเพลี้ยกินใบ ทำให้ใบร่วง จึงใช้ยาฆ่าเพลี้ยฉีดพ่นป้องกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อทดลองครบ 50 วัน ลำพูทุกต้นที่ปลูกในความเค็มไม่เกิน 15 psu มีการเจริญแบบปกติ และมีบางต้นแตกตาใหม่ แต่ที่ความเค็ม 20 psu พบว่ากล้าไม้บางต้นเริ่มตาย และที่เหลือก็ ใบเหี่ยว หรือใบเหลือง และเริ่มร่วง หากทิ้งไว้นานกว่านี้คงตายหมด เมื่อความเค็ม 30 psu กล้าตายเกือบหมด เหลือเพียง 1 ต้นที่เหี่ยวมาก (มีขนาดเส้นรอบวงโคนต้นมากกว่าต้นอื่น) (ตารางที่ 5) แต่เมื่อทำการถ่ายน้ำกล้าที่เริ่มจะตายในชุดทดลองที่ความเค็ม 20 psu และ 30 psu โดยเปลี่ยนเป็นน้ำจืดหมด พบว่ากล้าไม้ที่เหี่ยว (ยังไม่ตาย) สามารถฟื้นตัว และแตกตาใหม่ในเวลา 5-10 วัน

ตารางที่ 5 ผลการทดลองการปลูกกล้าลำพูอายุ 2 ปี ในระดับน้ำจืดมิดราก และระดับความเค็มต่างกัน เมื่อตรวจลักษณะและอาการแต่ละต้น (หลังการปลูก 50 วัน)

ความเค็ม (psu)	เริ่มการทดลอง														
	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3			ต้นที่ 4			ต้นที่ 5		
	จำนวนใบ	เส้นรอบวง (ซม.)	ลักษณะใบ	จำนวนใบ	เส้นรอบวง (ซม.)	ลักษณะใบ	จำนวนใบ	เส้นรอบวง (ซม.)	ลักษณะใบ	จำนวนใบ	เส้นรอบวง (ซม.)	ลักษณะใบ	จำนวนใบ	เส้นรอบวง (ซม.)	ลักษณะใบ
0	43	3.8	สด	26	4.1	สด	33	3.2	แตกตา	53	5.3	แตกตา	78	5.1	แตกตา
5	70	4.7	สด	60	4	สด	61	3.7	แตกตา	99	5.2	แตกตา	89	3.8	แตกตา
10	10	3.1	สด	50	4.3	สด	40	3.5	แตกตา	53	4	แตกตา	35	4.2	แตกตา
15	57	4.9	สด	32	3.6	สด	35	4.9	แตกตา	48	3.5	แตกตา	58	4.8	แตกตา
20	-	2.8	ตาย	10	3.7	เหี่ยว	9	3.7	เหี่ยว	53	5.4	เหี่ยว	12	5	เหี่ยว
30	-	2.2	ตาย	21	4.7	เหี่ยวมาก	-	3.2	ตาย	-	2.5	ตาย	-	2.4	ตาย

สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาถึงน้ำที่ใช้รดเมล็ดพบว่าน้ำจืดทำให้กล้าไม้ลำพูงอกได้ดีที่สุด แต่เมื่อใช้น้ำกร่อยหรือน้ำเค็มอัตราการงอกจะน้อยกว่าน้ำจืด ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากความสามารถในการปรับตัวเพื่อทนสภาพความเค็มของต้นอ่อน (embryo) ภายในเมล็ดมีน้อย แต่เมื่อกล้าไม้อายุมากขึ้นความสามารถในการปรับตัวนี้ก็มีมากขึ้นตามอายุ โดยทั่วไปถ้าน้ำที่ใช้รดมีความเข้มข้นของเกลือสูง หรือมีความเค็มสูง รากพืชหรือต้นอ่อนจะมีการเสียน้ำ เพราะความแตกต่างของ Water potential หรือเกิดจากความเป็นพิษของ NaCl ที่แพร่เข้าไปภายในเซลล์ (Tomlinson, 1986) อย่างไรก็ตามเชื่อว่าพออายุของกล้าถึงระดับหนึ่ง มันอาจพัฒนาความสามารถในการทนทานต่อระดับความเค็มโดยปรับระดับ Water potential ภายในเซลล์ หรือปรับความสามารถเพื่อทนทานต่อความเป็นพิษของเกลือที่เข้าสู่เซลล์ได้ (Waisel, 1992) เพราะเคยมีรายงานว่ารากพืชในป่าชายเลนที่งอกในความเค็มของน้ำทะเลสามารถพัฒนาความดันน้ำภายในเซลล์ของมันเองได้ถึง 25 บาร์ ซึ่งเท่าๆกับน้ำทะเลทำให้รากของมันไม่สูญเสียน้ำ แต่หากความเค็มของน้ำสูงกว่าความสามารถในการปรับตัวของต้นอ่อน น่าจะทำให้กล้านั้นๆ งอกน้อยหรือไม่งอกเลย ทำนองเดียวกันอัตราการมีชีวิตรอดหลังการงอกก็จะน้อยลงเมื่อความเค็มสูงขึ้นเช่นเดียวกับที่รายงานโดย Hong et al. (1999) อนึ่งเมื่อกล้าไม้งอกแล้ว การผันแปรด้วยความเค็มแทบไม่มีผลต่อความสูงและจำนวนใบของกล้าไม้ แต่ลักษณะเช่นนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อกล้าอายุมากขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการทดลองการงอกของเมล็ดไม้ลำพู โดยศิริวรรณ จิระวัฒนะภัณฑ์ และคณะ (2545) โดยพบว่าความเค็มที่ค่า 3-35 psu ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของลำพู แต่อัตราการรอดตายจะลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น อาจจะมีสาเหตุจากการใช้วิธีการทดลองต่างกัน เพราะเขาได้ปลูกในทราย แล้วจึงนำไปแช่ในกะบะที่มีน้ำเค็มระดับต่างๆ แต่การทดลองนี้ใช้น้ำเค็มระดับต่างๆ รดเมล็ด ซึ่งถือว่าน่าจะเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่ายหากทดลองปลูกลำพูในแหล่งน้ำที่มีความเค็มระดับหนึ่งและรดกล้าไม้เหมือนพืชทั่วไป และก็อาจเป็นไปได้ว่าการรดน้ำเช่นนี้น่าจะทำให้เกิดการสะสมของเกลือในดิน ทำให้ความเค็มสูงกว่าการควบคุมน้ำเค็มในกะบะ จึงได้ผลการทดลองที่ต่างกัน อนึ่งเนื่องจากทะเลสาบสงขลามีความผันแปรเรื่องระดับความเค็มของน้ำในแต่ละฤดู ดังนั้นการเพาะกล้าไม้ริมฝั่งทะเลสาบแล้วใช้น้ำทะเลสาบรดแปลงเพาะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย มิฉะนั้นจะเกิดปัญหากล้าไม่งอกหากน้ำที่ใช้รดเค็มเกินไป

ในการทดลองชุดที่ 2 ที่ใช้กล้าไม้อายุประมาณ 2 ปีมาเพาะในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างกัน พบว่าการรอดชีวิตของต้นไม้ยาวนานกว่าการใช้กล้าอ่อน แสดงถึงความสามารถในการทนความเค็มของต้นลำพูที่อายุมากขึ้น แต่ถ้าความเค็มสูงถึง 20 psu และ 30 psu กล้าไม้จะเริ่มเหี่ยวเฉา และอาจตายได้ แต่พอเปลี่ยนน้ำเป็นน้ำจืด กล้าไม้ก็แตกตาใหม่ เจริญงอกงามได้ตามปกติ แสดงว่าความเค็มมีอิทธิพลต่อการปลูกกล้าไม้ลำพู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะเริ่มปลูกโดยการตอนย้ายกล้ามาปลูกในทะเลสาบ จึงควรหลีกเลี่ยงการปลูกกล้าไม้ลำพูในช่วงน้ำทะเลมีความเค็มสูง เช่น หน้าแล้ง แต่พอถึงฤดูฝน มีน้ำจืดลงมา น้ำในทะเลสาบจะเป็นน้ำจืดหรือกร่อยเล็กน้อย โดยเฉพาะกลางฤดูฝน จึงควรปลูกกล้าลำพูในระยะนี้ เมื่อกล้าไม้เจริญเติบโตดี มีการพัฒนาการของราก และรากเกาะยึดดินดีแล้ว เมื่อถึงฤดูแล้งมีน้ำเค็มเข้ามา กล้าได้ที่ปลูกก็สามารถทนทานได้ โดยเฉพาะหากมีความเค็มในช่วงสั้นๆ 2-3 เดือน ซึ่งอาจทำให้ใบหลุดร่วงบ้าง แต่พอมีฝนทำให้ความเค็มในทะเลสาบเปลี่ยน ต้นกล้าลำพูก็จะแตกยอดและเจริญเติบโตใหม่อีก ดังนั้นโครงการปลูกป่ารอบทะเลสาบสงขลาโดยใช้กล้าลำพู ต้องพิจารณาเรื่องนี้อย่างรอบคอบเพื่อความสำเร็จของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

ศิริวรรณ จิระวัฒนะภัณฑ์, พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, สนิท อักษรแก้ว และชนิตา ปาลิยะวุฒิ. 2545 ผลของความเค็มที่มีผลต่อการกระจายตัวของลำพูและลำแพน. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12,สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ณ โรงแรมทวินโลตัส, จ.นครศรีธรรมราช, 28-30 สค. 2545 III-3, หน้า 1-8.

Hong, P.N., D.J. Macintosh and H.C. Dang. 1999. Some Results and Experience of Mangrove Nursery Techniques in Vietnam. Proc. Mid-Term Workshop. Environmental and Socio-Economic Issues and Responses in Management of Rehabilitated Mangroves. A case Study of Thai Binh-Nam Dinh. Thai Binh, Vietnam, May 4th 1999: 72-86.

Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves* : London, Cambridge University. Press. 413 pages.

Waisel, Y. 1972. *Biology of Halophytes.* New York : Academic Press.

การศึกษาผลของแสงต่อการงอกของเมล็ดไม้ฝาดดอกขาว

Effect of Light on Seed Germination of *Lumnitzera racemosa*

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ Noparat Bamroongrugsa
ช่อทิพย์ ปุรินทวรกุล Choathip Purintravaragul
นงลักษณ์ จินดาภรณ์ Nonglak Jindaporn

Abstract

Light effects on seed germination and at the early growth of (*Lumnitzera racemosa*), a species of mangrove forest was carried out in nursery. Two treatments namely : effect of light quality i.e., in the dark, the shade (7.5 μmol/m^2/s) and in the sun (484 μmol/m^2/s) and effect of light quantity under varying flux densities ie. 0, 11.5, 75.5 and 1170.8 μmol/m^2/s were tested. All pots containing soil for seed germination were placed in the shade house. The results showed that seeds in the sun germinated readily at one month after planting and at 63.3% germination rate. In contrast, no germination was observed for seeds placed in the shade and in the full darkness. However, after removing of these non-germinated seeds to the sun, these seeds germinated within 7 days. Also, it was found that light intensity stimulated germination rates as appeared for seed in the shade and for those seeds at the high intensity of 1170.8 μmol/m^2/s. Seedling height at the early growth (75 days) was not observed to be affected by light which might be due to the adequate food reserve in the seeds before effective photosynthesis ocurred.

Key words: Light/Seed germinaiton/Lumnitzera recemosa

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของแสงสว่างต่อการงอกของเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวโดยทำการเพาะเมล็ดในกระถางดินวางในเรือนเพาะชำแล้วทดสอบการงอกในที่มืด ที่ร่ม และกลางแจ้ง รวมทั้งการทดลองโดยให้แสงสว่างในระดับความเข้มแสงต่างกัน 5 ชุด คือที่มืด, ความเข้มแสงที่ 0, 11.5, 75.5 และ 1170.8 μ mol/m^2/s พบว่ากล้าไม้ฝาดที่วางกลางแจ้ง จะเริ่มงอกและงอกได้มากที่สุด (63.3%) ในเวลาประมาณ 1 เดือน แต่เมล็ดที่วางในที่ร่มและในที่มืดจะไม่งอกเลย เมื่อนำเมล็ด เหล่านั้นมาวางกลางแจ้งจะเริ่มงอกภายในเวลา 7 วัน การศึกษาพบว่าแสงสว่างจะเป็นตัวเร่งอัตราการงอกและพบว่ากล้าไม้ฝาดดอกขาวจะมีอัตราการงอกมากที่สุดในบริเวณที่มีความเข้มของแสงสูงสุดคือมีอัตราการงอก 28.8% ที่ความเข้มแสง 1170.8 μ mol/m^2/s ในขณะที่ความเข้มแสงน้อยกว่านี้อัตราการงอกจะลดลงตามลำดับ ด้านความสูงของกล้าพบว่ากล้าไม้ฝาดดอกขาวที่งอกระยะแรก (75 วัน)ในระดับความเข้มแสงไม่เท่ากันจะมีความสูงใกล้เคียงกัน เชื่อว่าแสงสว่างจะมีผลต่อการเจริญของกล้าไม้ในระยะเริ่มงอก แต่มีจะผลต่ออัตราการงอกของกล้า

คำหลัก: แสง/การงอกของเมล็ด/ฝาดดอกขาว

คำนำ

การเจริญเติบโตของพืชในป่าชายเลนมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งทางกายภาพ เคมีภาพ และชีวภาพ ความสมดุลย์ของปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวกำหนดให้พืชแต่ละชนิดขึ้นอยู่ได้ ปัจจัยหลักที่เชื่อว่ามีส่วนสำคัญได้แก่ความถี่ของน้ำท่วมถึง ชนิดของดิน ความเค็ม การระบายน้ำและปฏิสัมพันธ์ของพืชและสัตว์แต่ละชนิด อย่างไรก็ตามยังมีความเห็นที่แตกต่างกันในเรื่องปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดที่เป็นตัวกำหนดการกระจายของพืชพรรณในพื้นที่หนึ่ง Macnae (1968) เชื่อว่าระดับของพื้นที่ ความเค็มและการระบายน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ส่วน Walter และ Steiner (1936) เชื่อว่าการท่วมของน้ำ ธรรมชาติของดิน และความเค็มสำคัญมากที่สุด ในขณะที่ Baltzer (1969) เสนอว่าระดับของ กระแสน้ำและความเค็มน่าจะมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอื่น ในขณะที่ปัจจัยเรื่องแสงยังมีการศึกษากันน้อยโดยเฉพาะในระยะเริ่มงอกของพืชป่าชายเลนหลายชนิด เช่น ไม้ฝาดดอกขาว (*Lummitzera racemosa* Willd.) เมล็ดมักจะงอกได้ดีเมื่อไม่มีร่มไม้บังหรือหลังจากการถางป่าชายเลนใหม่ๆ แต่จะงอกน้อยมากเมื่ออยู่ในทรงพุ่มของต้นแม่ จึงทำให้เชื่อว่าแสงแดดจะมีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดไม้ฝาด ในเรื่องนี้มีผู้ให้ความเห็นว่าร่มเงาก็เป็นปัจจัยสำคัญในการงอกของเมล็ดพืชในป่าชายเลน กล้าไม้หลายพันธุ์ในช่วงแรกของการงอกชอบระดับร่มเงาไม่เหมือนกัน (Macnae, 1968; Wells, 1982; Saenger, 1982) ซึ่งความชอบนี้คงไม่เหมือนกับความต้องการแสงของพืชต้นแม่ ซึ่งความต้องการแสงไม่เท่ากันนี้ ทำให้องค์ประกอบของชนิดพืช ในป่าแห่งนั้นมีไม่เท่ากัน ไม้ฝาดดอกขาวพบมากในบริเวณดินเลนค่อนข้างแข็ง ลำต้นมีขนาดสูงปานกลาง เปลือกขรุขระสีน้ำตาล-แดง หากปลูกชิดจะมีลักษณะเปลาตรง ในบางพื้นที่เช่น ตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ราษฎรบางครอบครัวได้ทำสวนไม้ฝาดดอกขาว เพื่อขายไม้ซึ่งใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ดี ใบของไม้ฝาดดอกขาวขนาดเล็กเป็นช่อและอวบน้ำ ในหลายพื้นที่มีลักษณะ ดินเลนค่อนข้างแข็ง ไม้ฝาดดอกขาวจะมีบทบาทด้านผลผลิต ปฐมภูมิ และด้านระบบนิเวศของพื้นที่เป็นอย่างมาก (นิพิท ศรีสุวรรณ, 2542) ในประเทศเวียตนามได้มีการศึกษาไม้ฝาดดอกขาวที่นำไปฟื้นฟูนากุ้งทิ้งร้าง พบว่ามีอัตราการรอดตาย 60% - 70% โดยพบว่าคุณสมบัติของพื้นที่และการขึ้นลงของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ฝาด (Pham Van Ngot, 2000)

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อทดสอบการงอกของกล้าไม้ฝาดดอกขาวโดยเน้นเรื่องคุณภาพแสง (light quality) และปริมาณแสง (light quantity) ว่ามีผลต่อการงอกของต้นกล้าและการเจริญเติบโตในระยะแรกในลักษณะใด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การทดลองเรื่องคุณภาพแสงต่อการงอกของกล้าไม้ฝาดดอกขาว

เพาะเมล็ด (viviparous seeds) ของไม้ฝาดดอกขาว ในกระถางซึ่งบรรจุดินปนทรายเกือบเต็ม กระถางละ 20 เมล็ด จำนวน 9 กระถาง แล้วแบ่งกระถาง (ชุด) ออกเป็น 3 วิธีการ (Treatment) วิธีการละ 3 กระถางคือ วางกลางแจ้ง (484 μ mol/m^2/s) วางในที่ร่ม (7.5 μ mol/m^2/s) และวางในที่มืด โดยวางกระถางทั้ง 9 ชุด ในจานรองก้นที่ใส่น้ำเต็มเสมอเพื่อให้เมล็ดดูดไปใช้ในการงอก กระถางทั้งหมดวางในเรือนเพาะชำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา หลังจากได้บันทึกผลนาน 15 วัน ปรากฏว่าเมล็ดบางส่วนยังไม่งอก จึงย้ายกลุ่มกระถางที่เมล็ดยังไม่งอก คือในที่มืดมาวางกลางแจ้ง ส่วนกลุ่มที่มีการงอกน้อย (ในที่ร่ม) หลังปลูก 27 วัน ย้ายออกกลางแจ้งให้ถูกแดดเช่นกัน เพื่อบันทึกผลการงอกและความสูงของกล้าที่ทดลอง รวมเวลาทดลอง 6 เดือน

2. การทดลองเรื่องปริมาณของแสงต่อการงอกของกล้าไม้ฝาดดอกขาว

ทำการเพาะเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวในกระถางเหมือนชุดแรก (ข้อ ก.) แต่แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุด ชุดละ 5 กระถาง (ซ้ำ) คือในที่มืดและใช้ตาข่ายพรางแสงชนิด 70% เพื่อควบคุมปริมาณแสงโดยจัดให้มีความเข้มแสง 0, 11.5, 75.5 และ 1170.8 μ mol/m^2/s ตามลำดับ วางกระถางทั้งหมดในเรือนเพาะชำภาควิชาชีววิทยา เหมือนข้อ ก. บันทึกผลอัตราการงอกและความสูงของกล้าไม้เป็นเวลา 75 วัน

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการทดลองเรื่องคุณภาพแสง (light quality)

ไม้ฝาดดอกขาวจะงอกจากเมล็ดได้ (16.6 %) ภายในเวลา 15 วัน ถ้าวางกลางแดดและจะมีอัตราการงอกสูงสุด (63.3%) ในเวลาประมาณ 1 เดือน ในทางตรงข้ามเมล็ดจะไม่งอกเลย หากวางเมล็ดนั้นในที่มืด แต่เมื่อย้ายเมล็ดนั้นจากที่มืดมาวางกลางแจ้ง เมล็ดเหล่านั้นจะงอกภายในเวลา 7 วัน ส่วนเมล็ดที่เพาะในที่ร่มนั้นเมื่อครบ 1 เดือน การงอกยังมีน้อย (8.3 %) แต่หลังจากย้ายออกสู่กลางแจ้งบ้าง เมล็ดเหล่านั้นจะงอกถึง 40 % หลังจากถูกแสงแดดได้นาน 7 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อการทดลองครบ 6 เดือน พบว่า การเพาะเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวกลางแจ้งมีอัตราการงอก 63.3% กล้าสูง 8.3 ซม. ในที่ร่มงอก 53.3% กล้าสูง 10 ซม. ส่วนที่เพาะในที่มืด (แล้วย้ายให้ถูกแดด) งอก 66.6% กล้าสูง 9.3 ซม. (ตารางที่ 1) โดยทุกชุดทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ปลูกในที่ร่มแล้วทยอยย้ายออกกลางแจ้งพบว่าแสงสว่างเป็นตัวเร่งอัตราการงอก

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและอัตราการงอกของไม้ฝาดดอกขาวในสภาพมีแสงและไม่มีแสง

เวลา	กลางแจ้ง (484 μmol/m^2/s)		ที่ร่ม (7.5 μmol/m^2/s)		ที่มืด	
	% การงอก	สูง (ซม.)	% การงอก	สูง (ซม.)	% การงอก	สูง (ซม.)
15 วัน	16.6	1	-	-	-	-
					(ไม่งอกเลย จึงย้ายออกวางกลางแจ้งเพราะเมล็ดอาจเน่าได้)	
22 วัน	48.3	2.5	3.3	1.5	46.6	1
24 วัน	53.3	4	6.6	2	63.3	2
27 วัน	58.3	4.2	8.3	2.1	66.6	2.2
			(มีการงอกน้อยจึงย้ายไปวาง กลางแจ้ง)			
34 วัน	63.3	4.7	40	3.1	66.6	4.1
2 เดือน	63.3	6.0	53.3	5.7	66.6	6.0
6 เดือน	63.3	8.3	53.3	10.0	66.6	9.3

2. ผลการทดลองเรื่องปริมาณของแสง (light quantity)

ในการศึกษาปริมาณของแสงที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดไม้ฝาดดอกขาว พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของไม้ฝาดดอกขาวจะมากที่สุด (28.8%) ที่ความเข้มแสง 1170.8 $\mu mol/m^2/s$ ของชุดทดลอง ($P < 0.01$) และการงอกจะสิ้นสุดในเวลา 20 วัน ดังในตารางที่ 2 ในขณะที่ความเข้มแสงน้อยกว่านี้ อัตราการงอกจะลดลงตามลำดับและจะไม่งอกเลยที่ความเข้มของแสงรำไรเพียง 0 μ $mol/m^2/s$ รวมทั้งชุดที่อยู่ในที่มืด

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดฝาดดอกขาวในสภาพที่ปริมาณของแสงต่างกัน

เวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละชุดการทดลอง			
	ความเข้มแสง 0 $\mu mol/m^2/s$	ความเข้มแสง 11.5 $\mu mol/m^2/s$	ความเข้มแสง 75.5 $\mu mol/m^2/s$	ความเข้มแสง 1170.8 $\mu mol/m^2/s$
15	0.0	2.4	3.2	16.8
20	0.0	2.4	6.4	18.8
25	0.0	2.4	8.0	28.8
30	0.0	0.8	9.6	28.8
35	0.0	0.0	9.6	28.8
40	0.0	0.8	10.4	28.8
45	0.0	0.8	11.2	28.8
50	0.0	0.8	11.2	28.8
55	0.0	0.0	12.0	28.8
60	0.0	0.0	12.8	28.8
65	0.0	0.0	12.8	28.8
70	0.0	0.0	13.6	28.8
75	0.0	0.0	14.4	28.8

สำหรับความสูงของกล้าไม้ (ตารางที่ 3) กล้าไม้ฝาดดอกขาวจะมีความสูงมากที่สุดที่ความเข้มแสงสูงที่สุด คือ 1170.8 $\mu mol/m^2/s$ แต่ความสูงของกล้าจะน้อยลงเมื่อความเข้มแสงลดลง ในขณะที่ความเข้มของแสงน้อย ๆ ที่ 11.5 $\mu mol/m^2/s$ กล้าไม้ฝาดดอกขาวจะตายหมดเมื่ออายุ 55 วัน เท่านั้น

ตารางที่ 3 ความสูง (ซม.) ของต้นกล้าฝาดดอกขาวในสภาพที่มีปริมาณของแสงต่างกัน

เวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละชุดการทดลอง							
	ความเข้มแสง 0 μmol/m²/s		ความเข้มแสง 11.5 μmol/m²/s		ความเข้มแสง 75.5 μmol/m²/s		ความเข้มแสง 1170.8 μmol/m²/s	
	สูง(ซม.)	SD	สูง(ซม.)	SD	สูง(ซม.)	SD	สูง(ซม.)	SD
15	0.00	0.00	3.20	0.27	2.44	0.92	1.24	1.95
20	0.00	0.00	3.50	0.25	2.50	0.95	2.79	0.88
25	0.00	0.00	3.60	0.22	2.80	0.81	3.95	0.71
30	0.00	0.00	3.70	0.00	3.12	1.32	4.24	0.64
35	0.00	0.00	3.40	0.00	3.52	1.18	4.55	0.59
40	0.00	0.00	3.00	0.00	4.11	1.05	4.70	0.53
45	0.00	0.00	3.20	0.00	4.31	1.11	4.84	0.56
50	0.00	0.00	3.30	0.00	4.71	0.92	4.88	0.52
55	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77	1.07	4.93	0.53
60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.78	1.10	4.93	0.53
65	0.00	0.00	0.00	0.00	4.68	1.35	4.93	0.53
70	0.00	0.00	0.00	0.00	4.72	1.29	4.93	0.53
75	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61	1.51	4.93	0.53

อนึ่งชุดกล้าไม้ฝาดดอกขาวที่วางไว้ในที่มืดและที่มีความเข้มแสง 0 μmol/m²/s (แสงสลัวมากโดยใช้ตาข่ายบัง 3 ชั้น) หลังปลูก 30 วัน ไม่ปรากฏว่ามีกล้าไม้งอกเพิ่มเติม จึงย้ายกระถางสู่กลางแจ้ง (ความเข้มแสง 1170.8 μ mol/m²/s) ผลการทดลองดังกล่าว (ตารางที่ 4) พบว่าชุดที่อยู่ในที่มืดและชุดที่ความเข้มแสง 0 μ mol/m²/s ทั้ง 2 ชุด ที่ไม่ได้รับพลังงานแสง (photon) เลย เมื่อย้ายออกจะงอกได้เมื่ออายุครบ 1 เดือน และเมื่อถูกแดดนาน 75 วัน อัตราการงอกจะมีมากถึง 20% (จากตาข่ายพรางแสง) หรือมากกว่านั้น (32.8%) เมื่อย้ายจากที่มืด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การงอก(%)ของต้นกล้าฝาดดอกขาวเมื่อย้ายจากที่มืดสู่ที่มีแสง

เวลา(วัน)	เปอร์เซ็นต์การงอก(%)	
	ความเข้มแสง 0 μmol/m²/s (ตาข่าย 3ชั้น) นำออกวางที่ความเข้มแสง 1170.8 μmol/m²/s	ความเข้มแสง 0 μmol/m²/s (ที่มืด) นำออกวางที่ ความเข้มแสง 1170.8 μmol/m²/s
15	0.0	0.0
20	0.0	0.0
25	0.0	2.4
30	0.8	24
35	0.8	32.8
40	14.4	32.8
45	19.2	32.8
50	20.0	32.8
55	20.0	32.8
60	20.0	32.8
65	20.0	32.8
70	20.0	32.8
75	20.0	32.8

เมื่อพิจารณาถึงความสูงของกล้าที่ย้ายออกรับแสง (ตารางที่ 5) เมื่อครบ 75 วัน พบว่าความสูงใกล้เคียงและไม่แตกต่างทางสถิติ คือประมาณ 5 ซม.

ตารางที่ 5 ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ของต้นกล้าฝาดดอกขาวเมื่อย้ายจากที่มืดสู่ที่มีแสง

เวลา(วัน)	ความเข้มแสง 0 μmol/m²/s (ตาข่าย 3ชั้น) นำออกวางที่ความเข้มแสง 1170.8 (μmol/m²/s)		ความเข้มแสง 0 μmol/m²/s (ที่มืด) นำออกวางที่ ความเข้มแสง 1170.8 (μmol/m²/s)	
	ความสูง (ซ.ม.)	SD	ความสูง (ซ.ม.)	SD
15	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	1.07	0.49
30	3.80	0.00	1.51	0.59
35	3.80	0.00	2.75	0.70
40	2.89	0.49	3.82	0.73
45	3.74	0.73	4.40	0.66
50	3.97	0.82	4.84	0.60
55	4.62	0.66	4.94	0.53
60	4.74	0.62	4.96	0.53
65	4.76	0.61	4.97	0.51
70	4.90	0.58	4.98	0.52
75	4.93	0.58	4.99	0.52

สรุปและข้อเสนอแนะ

พบว่าการงอกของเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวต้องการแสงสว่างในการงอก โดยเฉพาะหากเมล็ดอยู่ในที่มืดหรือที่ร่มเงา กล้าไม้จะไม่งอกเลย แต่ถ้าถูกแดดจะงอกได้ภายใน 7 วัน ทั้งนี้เมล็ดต้องได้รับน้ำในปริมาณที่มากพอด้วย ในกรณีที่มีแสงเล็กน้อยในที่ร่ม เมล็ดไม้ฝาดจะงอกบ้างแต่ในอัตราที่น้อย จากการทดลองนี้ยังพบอีกว่า ยิ่งความเข้มของแสง (ปริมาณ photon) มากขึ้นเท่าใดเมล็ดไม้ฝาด จะมีอัตราการงอกสูงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ Macnae (1968) ที่ว่าร่มเงาอาจเป็นปัจจัยหนึ่งต่อการงอกของกล้าไม้ป่าชายเลน ในเรื่องบทบาทของแสงต่อการงอกของเมล็ดพืชนี้ ได้มีการบันทึกมานานนับ 100 ปี คือตั้งแต่ปี 1907 โดยมีคนรายงานว่าในจำนวนเมล็ดพืช 964 ชนิด มีถึง 672 ชนิดที่ต้องการแสงในการงอก (Rollin, 1972) นอกจากนั้น Baskin and Baskin (1988) ได้สังเกตพบว่าในจำนวน 142 ชนิดของพืชที่ศึกษามี 107 ชนิด ที่แสงเป็นตัวกระตุ้นการงอกและมี 32 ชนิดที่ไม่ตอบสนองต่อแสงเลย มีเพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่การงอกถูกยับยั้งโดยแสง เมล็ดพืชที่ต้องการแสงสว่างในการงอกมักถูกเรียกว่าพวก photodomant เมล็ดไม้ฝาดดอกขาวก็น่าจะจัดรวมในกลุ่มนี้ มีข้อสัณนิษฐานว่าเมล็ดพืชที่มีสีเขียวเช่นไม้ฝาดดอกขาวต้องการแสงเพื่อใช้สังเคราะห์แสงสร้างแป้งเพื่อเป็นพลังงานในการงอก บางคนบอกว่าแสงไกลแดง (far-red light) มักจะเป็นตัวยับยั้งการงอกโดยเฉพาะเมล็ดที่อยู่ใต้โคนต้นแม่ จะมีแสงไกลแดงลงสู่โคนมากกว่าแสงสีแดง (red light) เพราะแสงสีอื่นใบพืชดูดไปใช้ในการสังเคราะห์แสงจึงเปลี่ยน P_{fr} (far and phytochrome)เป็น P_r (red phytochrome) ทำให้เมล็ดไม่งอก แต่ถ้าเมล็ดได้รับแสงแดด (P_r) มาก มันก็จะกลับไปสู่ P_{fr} อีกและจะกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ อย่างไรก็ตามในเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวนี้พบว่า แม้ในที่ร่มก็อาจงอกได้แต่ค่อนข้างช้า การตอบสนองจึงน่าจะมาจากรูปแบบของ HIR (high irradiance response) คือต้องการพลังงานมากกว่าปกติ (เฉพาะแสงสีแดง) จึงจะงอกได้ดี (Salisbury and Ross, 1992)

สำหรับการงอกของกล้าไม้ที่ย้ายจากที่มืดสนิทและจากชุดที่มีตาข่ายพรางแสง 3 ชั้น โดยที่ทั้ง 2 ชุดมีความเข้มแสง 0 $\mu mol/m^2/s$ แต่อัตราการงอกไม่เท่ากันน่าจะมีปัจจัยของอุณหภูมิมาเกี่ยวข้องด้วย คือ กลุ่มที่พรางแสงตอนเที่ยงวัน อาจมีอุณหภูมิของดินสูงกว่า เชื่อว่าปัจจัยทั้ง 2 ชนิดจะมีผลต่อการงอกด้วยซึ่งจะได้ทำการทดลองต่อไป

ในด้านความสูงของกล้าไม้พบว่าทุกชุดมีความสูงของกล้าใกล้เคียงกัน เชื่อว่าการเจริญเติบโตของกล้าในระยะแรกอาศัยอาหารจากเมล็ดแต่เพียงอย่างเดียวในขณะที่การสังเคราะห์แสงยังเกิดน้อยทำให้กล้าไม้ในระยะนี้มีขนาดไม่ต่างกัน

ความรู้เรื่องการงอกของกล้าไม้ฝาดดอกขาวนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการฟื้นฟูป่าชายเลนโดยเฉพาะไม้ฝาดดอกขาว หากปลูกในระยะชิดกันจะไม่ค่อยแตกกิ่งก้านด้านข้างและจะสูงเปลาตรง เมื่ออายุ 10-15 ปี จะใช้ประโยชน์จากไม้ได้เป็นอย่างดี การเก็บเมล็ดก็สำคัญควรเก็บในที่มืดเพราะหากถูกแดดและมีความชื้น กล้าจะงอกได้ดี บริเวณป่าชายเลนที่ถูกทำลาย ควรต้องปรับพื้นที่ไม่ให้มีวัชพืชบังแสงแล้วหว่านเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวลงในพื้นที่เมื่อมีความชุ่มชื้นพอกล้าไม้น่าจะงอกได้ทันที อนึ่งในเรื่องผลของทั้งอุณหภูมิและแสงต่อการงอกของเมล็ดไม้ฝาดดอกขาวนั้น ควรศึกษาเพิ่มเติมด้วย

เอกสารอ้างอิง

นิพิท ศรีสุวรรณ. 2542. โครงสร้าง ผลผลิตจากการร่วงหล่นของซากพืชและการผุสลายของใบไม้ในป่าไม้ฝาดดอกขาว ทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ; 96 หน้า

Baltzer, F. 1969. Les Formations Vigitales Assocees au delta de la Dumbea. Cah. Orstrom, Ser Geol., 1 (1) , 59-84

Baskin,C.C. and J.M. Baskin. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. American Jounal of Botany 75 : 286-305

MacNae, W. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific Region. Adv. Mar. Biol., 6: 73-269

Pham Van Ngot. 2000. Study on the growth performance of *Lumnitzera recemosa* Willd. planted on abandoned shrimp ponds in Can Gio district, Ho Chi Minh City. Proc. Sci.Workshop on Management and Sustainable Use of Natural Resource and Environment in Coastal Wetlands (eds. Phan Nguyen Hong et al.), MERD/CRES & ACTMANG, 1-3 Nov. 1999, Hanoi - 2000. Vietnam.

Rollin, P. 1972. Phytochrome control of seed germination *In* K. Mitrakos and W. Shroshire, Jr. (eds). Phytochrome. Academic Press, New York. : 229-254.

Saenger, P. 1982. Morphological, Anatomical and Reproductive Adoptations of Australian Mangroves *In* Mangrove Ecosystem in Australia (B.F. Clough *ed*) Australian Institute of Marine Science. 302 pages.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant Physiology, Fifth Edition. Wadsworth Publishing Company, California, USA.

Walter, H. and Steiner, M. 1936. Die Okologie der ost-afrikanischen Mangroven. Z. Bot., 30 : 65-193

Wells, A.G. 1982. Mangrove Vegetation of Northern Australia. *In* Mangrove Ecosystem in Australis (B.F. Clough *ed*) Australian Institute of Marine Science. 302 pages.

พื้นที่ชายฝั่งที่มีศักยภาพปลูกป่าชายเลน

หาดเลนงอกใหม่

นากุ้งร้าง

นากุ้งร้าง

พื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่

พื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม

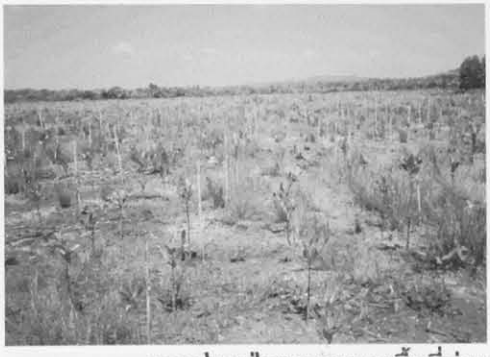
พื้นที่วิกฤตกระแสคลื่นรุนแรง

การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่หลายสภาพบริเวณชายฝั่ง

การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้าง
ที่น้ำทะเลท่วมถึงตลอดทั้งวัน

การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้าง
ที่น้ำทะเลท่วมถึงบางครั้งบางคราว
ในช่วงสัปดาห์

การปลูกป่าชายเลนบริเวณหาดเลน
งอกใหม่



การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่ผ่าน
การทำเหมืองแร่

การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่วิกฤต
น้ำท่วม

การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่วิกฤต
กระแสคลื่นรุนแรง

การเติบโตและการรอดตายของโกงกางใบใหญ่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Growth and Survival of *Rhizophora mucronata* Planted on New Mudflats at Pak Phanang Bay, Nakhon Si Thammarat Province

สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae
วิโรจน์ ธีรธนาธร Viroj Teratanatorn
สงบ พานิชชาติ Sangob Panitchart

Abstract

Rhizophora mucronata can grow very well on the new mudflats. Its diameter at 10 cm above root collar and total height of 4 years old were 4.0 cm and 3.4 m respectively. *Rhizophora mucronata* developed prop-roots at 2 years and produced flowers at 3 years which is rather fast as compared to those planted in other habitats. *Rhizophora mucronata* also showed low mortality only 12 percentage after 2 years of planting. In conclusion, therefore, *Rhizophora mucronata* is the best species to be planted on new mudflats for increasing mangrove forest areas along the coastlines.

Key words: Growth/Survival/Rhizophora mucronata/New mudflat

บทคัดย่อ

โกงกางใบใหญ่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่นับว่าประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดีเนื่องจากโกงกางใบใหญ่สามารถเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอรากได้ถึง 4.0 เซนติเมตร และสูงประมาณ 3.4 เมตร และสามารถพัฒนารากค้ำยันเมื่ออายุเพียง 2 ปี และมีการออกดอกขยายพันธุ์เร็วขึ้นเมื่ออายุ 3 ปี เท่านั้น ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตและพัฒนาที่รวดเร็วและมีอัตรารอดตายสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 2 ปี หลังจากปลูก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม้โกงกางใบใหญ่เหมาะที่จะปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งให้มากขึ้นในอนาคตต่อไป

คำหลัก: การเติบโต/การรอดตาย/โกงกางใบใหญ่/หาดเลนงอกใหม่

คำนำ

การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนอย่างรวดเร็วของประเทศนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสภาพนิเวศป่าชายเลนเองแล้วยังส่งผลกระทบไปสู่ระบบนิเวศชายฝั่งรวมถึงหญ้าทะเล ปะการัง และผลผลิตทางด้านประมงอีกด้วย และในที่สุดจะส่งผลต่อความเป็นอยู่ของชุมชน และเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวม รัฐมีนโยบายที่ชัดเจนคือสงวน ปลูกฟื้นฟู และอนุรักษ์ป่าชายเลนของประเทศเพื่อก่อให้เกิดความสมดุลธรรมชาติชายฝั่งแต่การดำเนินการในกิจกรรมหลายอย่างยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร การปลูกป่าชายเลนขึ้นใหม่เพื่อทดแทนป่าธรรมชาติที่สูญเสียไปนับเป็นกิจกรรมที่รัฐได้เน้นเป็นกรณีพิเศษ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2546) โดยการดำเนินการจะต้องให้มี

ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิด Boonsong (1997) ได้สรุปไว้ว่าการพัฒนาพื้นที่ทำนากุ้งบริเวณชายฝั่งจะต้องให้มีสัดส่วนพอเหมาะกับพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อให้เกิดความสมดุลทั้งปริมาณอาหารและคุณภาพน้ำจะต้องมีสัดส่วนของพื้นที่ป่าชายเลนกับพื้นที่นากุ้งอย่างน้อยในสัดส่วน 5:1 แต่จากสภาพความเป็นจริงตลอดแนวชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยส่วนใหญ่จะมีป่าชายเลนเป็นแนวแคบๆ ประมาณ 100-500 เมตร เท่านั้น (สนิท อักษรแก้ว, 2545) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการจะรองรับของเสียและปรับสิ่งแวดล้อมชายฝั่งให้เกิดความสมดุลได้ อย่างไรก็ตามตลอดชายฝั่งทะเลมีพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนยังมีกว้างขวางทั้งพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม พื้นที่นากุ้งร้าง พื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่ และหาดเลนงอกใหม่ (ธงชัย จารุพพัฒน์ และจิรวรรณ จารุพพัฒน์, 2540) แต่พื้นที่เหล่านี้ยังมีปัญหาหลายประการที่ยังไม่สามารถนำมาปลูกป่าชายเลนได้ และขณะเดียวกันในพื้นที่บางประเภทก็ได้ทำการปลูกป่าชายเลนทั้งประสบผลได้และล้มเหลว เนื่องจากยังขาดความรู้พื้นฐานที่ถูกต้องสมบูรณ์ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544)

พื้นที่หาดเลนงอกใหม่ซึ่งมีอยู่อย่างกว้างขวางตลอดชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะด้านอ่าวไทยและเป็นพื้นที่มักจะไม่ก่อให้เกิดปัญหากับราษฎรในการปลูกป่าชายเลนในสภาวะปัจจุบัน สามารถใช้เป็นพื้นที่สำหรับการปลูกขยายพื้นที่ป่าชายเลนให้ได้สัดส่วนเพียงพอสำหรับเป็นแนวกันชน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่นี้ อดีตที่ผ่านมามีการศึกษาเบื้องต้นโดยมีระยะเวลาศึกษาเพียง 1 ปี เท่านั้น เพื่อเลือกพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่จะปลูกในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ และสรุปได้ว่าไม้ที่เหมาะสมที่สุดได้แก่โกงกางใบใหญ่รองลงมา โกงกางใบเล็กแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะนำผลไปขยายได้อย่างกว้าง (JAM, 1997) ซึ่งจะต้องวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้เป็นที่แน่ใจและจะได้ขยายผลนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลสำเร็จเป็นรูปธรรมต่อไป การศึกษาการเติบโตและการรอดตายของโกงกางใบใหญ่ในครั้งนี้นับเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ดังพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อวันวันที่ 10 พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2534 "ป่าชายเลนมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศของพื้นที่ชายฝั่งทะเลและอ่าวไทย แต่ปัจจุบันป่าชายเลนของประเทศเรากำลังถูกบุกรุกและถูกทำลายลงไปโดยผู้แสวงหาผลประโยชน์ส่วนตนโดยเฉพาะ ต้นโกงกาง เป็นไม้ป่าชายเลนที่แปลกและขยายพันธุ์ค่อนข้างยากเพราะต้องอาศัยระบบน้ำขึ้นน้ำลงในการเติบโตด้วยจึงขอให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องคือกรมป่าไม้ กรมประมง กรมชลประทาน และกรมอุทกศาสตร์ ร่วมกันหาพื้นที่เหมาะสมในการทดลองขยายพันธุ์โกงกางและปลูกสร้างสวนป่าชายเลนต่อไป" การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบการเจริญเติบโตและการรอดตายของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่ในช่วงระยะเวลาติดต่อกัน 4 ปี เพื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์เพื่อประยุกต์ใช้ขยายผลในการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่ในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ให้กว้างขวางมากขึ้นทั้งในพื้นที่อ่าวปากพนังและพื้นที่อื่นตลอดชายฝั่งของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ไม้โกงกางใบใหญ่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่บริเวณตำบลปากพูน จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งบริเวณนี้มีพื้นที่เป็นหาดเลนงอกใหม่กว้างขวางตลอดชายฝั่งมีพื้นที่ประมาณ 60,000 ไร่ หาดเลนงอกใหม่บริเวณนี้เกิดขึ้นจากการตกตะกอนบางส่วนมาจากการทำนากุ้งเมื่อมีการฉีดดินจากบ่อกุ้งหลังจากจับกุ้งแล้วและบางส่วนมากจากการพัดพาตะกอนโดยกระแสคลื่นและกระแสน้ำจากภายในอ่าวเองด้วย ไม้โกงกางใบใหญ่บริเวณนี้ได้ปลูกประมาณเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2541 (รูปที่ 1) โดยปลูกจากฝักและมีระยะห่างระหว่างฝัก 1.5 เมตร x 1.5 เมตร และรูปที่ 2 แสดงโกงกางใบใหญ่บนหาดเลนงอกใหม่อายุ 2 ปี สวนป่าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกขณะนี้มีอายุประมาณ 5 ปี

การศึกษาการเติบโตและการรอดตาย

การศึกษาการเติบโตได้ศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตร เหนือคอราก ความสูงทั้งหมด จำนวนใบ จำนวนกิ่ง จำนวนดอก จำนวนรากค้ำยัน และอัตราการตาย ซึ่งการวัดการเจริญเติบโตได้สุ่มวัดจากไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกจำนวน 100 ต้น และวัดการเติบโตต้นไม้ต้นเดิมอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงอายุ 4 ปี (พ.ศ. 2545) โดยใช้คาลิปเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอราก (ภาพที่ 3) วัดความสูงทั้งหมดจากผิวดินถึงปลายยอดโดยใช้ไม้วัดความสูง (measuring pole) ดังภาพที่ 4 สำหรับจำนวนใบ จำนวนกิ่ง จำนวนราก และจำนวนดอก โดยวิธีการนับ ค่าทั้งหมดนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อต้น ส่วนการรอดตายได้นับและทำเครื่องหมายต้นไม้ในพื้นที่ซึ่งปลูกไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 จำนวน 100 ต้น และนับซ้ำอีกในปีต่อมาจนถึงอายุ 4 ปี ใน ปี พ.ศ. 2545 การวัดการเติบโตและอัตราการรอดตายได้ดำเนินการในเดือนกันยายนของทุกปี

การศึกษาสมบัติของดิน

การศึกษาสมบัติของดินหลังจากปลูกโกงกางใบใหญ่ในบริเวณหาดเลนงอกใหม่ระยะ 4 ปี โดยการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกในเดือนกันยายนของทุกปี และนำมาวิเคราะห์สมบัติของดินทางภาพและเคมีภาพที่สำคัญบางประการของแต่ละปีโดยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ คือ เนื้อดิน (texture) ใช้วิธีของ Smith และ Atkinson (Smith Atkinson, 1975) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้วิธี Redox pH-meter ดิน:น้ำ 1:1 (Chapman, 1965) ค่า salinity ใช้วิธี Water-Soluble ดิน:น้ำ 1:5 (Jackson, 1958) อินทรียวัตถุ (organic matter) ใช้วิธี Walkley และ titration (Walkley และ Black, 1934) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่ใช้ประโยชน์ได้ (available phosphorus) ใช้วิธีสกัดน้ำยา Bray II ปริมาณโปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้โดยใช้น้ำยาแอมโมเนียมอะซิเตทที่เป็นกลาง (Peech, 1945) Ca, Mg ด้วยเครื่อง Atomic Absorption วัดปริมาณ K, Na ด้วยเครื่อง Flame photometer และ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capability, CEC Ammonium Acetate (pH7) เป็นต้น

รูปที่ 1 การปลูกไม้โกงกางใบใหญ่โดยใช้ฝักบริเวณหาดเลนงอกใหม่

รูปที่ 2 โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่อายุ 2 ปี

รูปที่ 3 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยใช้คาลิปเปอร์

รูปที่ 4 การวัดความสูงโดยใช้เครื่องมือวัดความสูง (measuring pole)

ผลและวิจารณ์ผล

การเติบโต

1. เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอราก

เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอรากของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่เมื่ออายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี มีค่า 0.81, 3.52, 3.85 และ 4.07 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนหาดเลนงอกใหม่มีอัตราการเติบโตดีกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างซึ่งมีประมาณ 0.60 เซนติเมตรต่อปี (อรวรรณ พรานไชย, 2546) และไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งเติบโตประมาณ 0.74 เซนติเมตรต่อปี ที่ปลูกบนพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่ (อานุช แก้ววงค์, 2543) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเติบโตของไม้โกงกางใบใหญ่นี้พอจะกล่าวได้ว่าดีกว่าที่ปลูกในพื้นที่สภาพที่ต่างกับบริเวณอื่น

2. ความสูง

ความสูงของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่เมื่ออายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี มีค่าเฉลี่ยประมาณ 46.6, 195.8, 232.2 และ 340.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความสูงมากกว่าไม้โกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนเช่นเดียวกัน เมื่ออายุได้ 2 ปี มีความสูงประมาณ 117.3 และ 75.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความสูงที่แตกต่างกันนี้เนื่องมาจากความตื้นลึกของดินเลนและระดับน้ำทะเลที่ท่วมในพื้นที่ดินเลนที่ปลูก (วสันต์ ศรีสวัสดิ์, 2531)

3. จำนวนใบ กิ่ง และดอก

ปริมาณจำนวนใบและกิ่งของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนพื้นที่ดินเลนงอกใหม่เมื่ออายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี ประมาณ 13, 116, 510 และ 460 ใบต่อต้น และ 3, 13, 22 และ 26 กิ่งต่อต้น แต่จะเริ่มออกดอกเมื่ออายุ 3 และ 4 ปี ซึ่งมีประมาณ 40 และ 60 ดอก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) การแตกกิ่งและออกดอกของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ใช้ระยะเวลาค่อนข้างเร็วกว่าเมื่อปลูกในพื้นที่สภาพอื่นยกเว้นใกล้เคียงกันกับที่ปลูกในพื้นที่สิ่งแวดล้อมค่อนข้างวิกฤตโดยเฉพาะพื้นที่น้ำเสีย ซึ่งจากการสังเกตเมื่อปลูกโกงกางใบใหญ่จะออกดอกและฝักเร็วกว่าปกติมีอายุ 2 ปี เท่านั้น (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2545)

4. จำนวนรากค้ำยัน

รากค้ำยันของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่จะมีการพัฒนาได้เร็วกว่าที่ปลูกในพื้นที่สภาพอื่นคือเริ่มจะมีรากค้ำยันเมื่ออายุประมาณ 2 ปี จำนวน 12 รากต่อต้น และจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 20 และ 29 รากต่อต้น เมื่ออายุ 3 และ 4 ปี ตามลำดับ การที่ไม้โกงกางใบใหญ่พัฒนารากค้ำยันเร็วขึ้นเนื่องจากพื้นที่ดินเลนงอกใหม่มีสภาพดินค่อนข้างอ่อน และความแรงของคลื่นลมและกระแสน้ำค่อนข้างแรง จำเป็นจะต้องมีการพัฒนาระบบรากค้ำยันเร็วขึ้นเพื่อสามารถดำรงชีวิต ทรงลำต้นและเจริญเติบโตต่อไปได้

5. อัตราการรอดตาย

โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่มีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูง กล่าวคือหลังจากปลูกผ่านมาแล้ว 1, 2, 3 และ 4 ปี มีอัตราการรอดตาย 90, 88, 88 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าหลังจากปลูกเป็นเวลา 2 ปี แล้ว ไม้โกงกางใบใหญ่สามารถเจริญเติบโตต่อไปโดยไม่มีต้นตาย ในช่วงปีแรกที่โกงกางใบใหญ่ตายเนื่องมาจากสาเหตุการทำลายของเพรียง แต่เมื่ออายุได้ 2 ปี ต้นโกงกางใบใหญ่สามารถป้องกันและทนต่อการทำลายของเพรียงได้

ตารางที่ 1 การเติบโตและการรอดตายของโกงกางใบใหญ่อายุต่างกันปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่ (ปลูกใน ปี พ.ศ. 2541)

พารามิเตอร์ที่วัด	อายุสวนป่าโกงกางใบใหญ่ (ปี)			
	1 (2542)	2 (2543)	3 (2544)	4 (2545)
เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 ซม. เหนือคอราก, ซม.	0.81	3.52	3.85	4.07
ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย, ซม.	46.6	195.8	232.2	340.4
จำนวนใบ/ต้น	13	116	510	460
จำนวนกิ่ง/ต้น	3	13	22	26
จำนวนดอก/ต้น	0	0	40	60
จำนวนรากค้ำยัน/ต้น	0	12	20	29
อัตราการรอดตาย	90	88	88	88

6. การพัฒนาสมบัติของดิน

สมบัติของดินในหลายพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งได้วิเคราะห์ตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกโกงกางใบใหญ่บนหาดเลนงอกใหม่ หลังจากปลูกมาแล้ว 1, 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ พบว่าดินมีความสมบูรณ์มากขึ้น ตามลำดับ ทั้งปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของการร่วงหล่นและการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ที่ปลูกเช่นเดียวกันกับ ผลที่ได้จากการศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร (Kongamol, 2001) และบริเวณที่อื่น (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ตามลำดับ การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินนี้ จะส่งผลให้ชนิดและปริมาณสัตว์น้ำและสัตว์หน้าดินมีมากขึ้นในที่สุด

ตารางที่ 2 สมบัติของดินในสวนป่าโกงกางใบใหญ่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่อายุต่างกัน (ปลูกในปี พ.ศ. 2541)

สมบัติของดิน	อายุสวนป่าโกงกางใบใหญ่ (ปี)			
	1 (2542)	2 (2543)	3 (2544)	4 (2545)
PH	7.80	8.20	8.00	7.90
Soil particle: Sand	23.00	21.00	21.00	20.00
Silt	18.00	26.00	28.00	28.00
Clay	59.00	53.00	51.00	52.00
Texture	Clay	Clay	Clay	Clay
Organic matter (%)	1.70	1.90	2.80	3.20
Phosphorus, ppm	41.00	85.00	76.00	81.00
Potassium, ppm	1,300.00	660.00	651.00	700.00
Calcium, ppm	1,400.00	2,200.00	1,800.00	1,850.00
Magnesium, ppm	4,250.00	600.00	700.00	800.50
Total-N (%)	0.01	0.02	0.12	0.15
Total-S (%)	0.24	0.43	0.51	0.70
Sodium, ppm	1,900.00	700.00	800.00	920.00
Salinity, ppt	5.00	4.00	4.5	5.00
CEC, meg/100 g	27.00	27.00	29.00	28.00

สรุปและข้อเสนอแนะ

ไม้โกงกางใบใหญ่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่นับว่าประสบผลสำเร็จโดยที่ไม้โกงกางใบใหญ่สามารถเติบโตได้ดีทั้งด้านเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตร เหนือคอราก ประมาณ 4.0 เซนติเมตร ความสูง 3.4 เมตร เมื่ออายุได้ 4 ปี และมีการพัฒนากิ่งและรากค้ำยันได้รวดเร็วเป็นจำนวนมาก ในขณะเดียวกันมีการออกดอกเร็วขึ้นด้วยหลังจากปลูกผ่านมาเพียง 3 ปี เท่านั้น และที่สำคัญที่สุดคือ มีอัตราการรอดตายสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ควรใช้โกงกางใบใหญ่จะประสบผลสำเร็จและควรขยายผลบริเวณอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2546. โครงการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายเลนเทอดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถในโรกาสทรงพระชนมายุ 72 พรรษา และการอนุรักษ์ป่าชายเลนอย่างยั่งยืน (เล่มที่ 1). กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

ธงชัย จารุพพัฒน์ และจิรวรรณ จารุพพัฒน์. 2540. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Lansat_5 (TM) ในการติดตามสภาพความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทย. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. ความสำเร็จในการปลูกป่าชายเลนในสภาพพื้นที่ต่างกัน. เอกสารเสนอในการประชุมการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 9-12 กรกฎาคม 2543 โรงแรมตรังพลาช่า, จังหวัดตรัง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ หน้า I-2

วสันต์ ศรีสวัสดิ์. 2531. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ในที่ดินเลนงอกใหม่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 6 จังหวัดนครศรีธรรมราช วันที่ 29-31 สิงหาคม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว, สามัคคี บุณยะวัฒน์, กานดิษฐ สิงหากัน, ยุพเยาว์ โตศิริ และวีรชน พลรบ. 2545. การศึกษาเบื้องต้นการใช้ป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียบนพื้นที่จำกัดด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีต้นแบบ. โรงแรมรามาการ์เด้นส์ วันที่ 5-6 กันยายน 2545. กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว. 2542. ป่าชายเลน...นิเวศวิทยาและการจัดการ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว. 2545. ป่าชายเลน...ทรัพยากรชายฝั่งที่ควรอนุรักษ์. วารสารราชบัณฑิตยสถาน. ปีที่ 27 ฉบับที่ 3 (ก.ค.-ก.ย.): หน้า 809-817.

อรวรรณ พรานไชย. 2546. การฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อานุช แก้ววงค์. 2543. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนในเหมืองแร่ร้างศูนย์วิจัยป่าชายเลนจังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Boonsong, K. 1997. An Integrated Planning and Management Framwork for the Sustainable Development of Shrimp Farming in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand. Ph. D. Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, Thailand. 273 p.

Chapman, H. D. 1965. Cation exchang capacity. Methods of Soil Analysis. Agro. Mono. 9 (2): 891-900

Jackson, M. L. 1958. Soil Cemical Analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 125 p.

JAM (Japan Association for Mangroves). 1977. Development and Dissemination of Re-afforestation Techniques of Mangrove Forests. International Tropical Timber Organization (ITTO). Yokohama, Japan. 104 p.

Kongamol, S. 2001. Decomposition Rates and Associated Degradation Fungi on Mangrove Leaf Litter of *Rhizophora apiculata* and *Avicennia alba* at Thachine Estuary, Samut Sakhon Province. Ph. D. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 171 p.

Peech, M. 1945. Determination of exchagnable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utiliztion centrifuge and spectrophotometer. Soil. Sci. 59: 25-28.

Smith, R. T. and K. Atkinson. 1975. Techniques in Pedology: A Handbook for Environmental and Resource Studies. Elek Science, London. 213 p.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. Base Properties of Nursery of Soils and the Application of Potash Fertilizers. J. For. 38: 330-332

การฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mangrove Rehabilitation on Abandoned Shrimp Ponds at Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province

อรวรรณ พรานไชย Aorrawan Pranchai
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae
ลดาวัลย์ พวงจิตร Ladawan Puangchit

Abstract

Mangrove rehabilitation is one of the most important efforts in reclaiming abandoned shrimp ponds to mangrove forests. The effort is more faster than allowing the natural succession. Planted mangrove trees will increase organic matter and nutrients into the abandoned shrimp ponds via decomposition of leaf litter. The abandoned shrimp ponds are scattered through out the coastal area covering 23 provinces with the total area of about 400,000 rai of which 30,000 rai can be found Nakhon Si Thammarat Province in particular in Kha-nom District. This investigation was carried out at mangrove rehabilitation area of 20 rai by plantings 4 mangrove species namely *Rhizophora apiculata*, *Avicennia marina*, *Bruguiera cylindrica* and *Ceriops tagal* with spacing 1.5 × 1.5 m in 1995. The main objective of this investigation aimed at the selection of suitable species for reclaiming abandoned shrimp ponds.

The study includes the collection and analyses of growth performance in terms of diameter, total height, biomass and mortality rates of the four planted mangrove species. Natural regeneration of each species was also investigated in terms of growth, density and mortality for information in supporting the selection of suitable species properly. It can be concluded from the results that *Rhizophora apiculata* is the most suitable species followed by *Avicennia marina*. *Ceriops tagal* and *Bruguiera cylindrica* are not suitable species for planting in the abandoned shrimp ponds. This basic knowledge can be applied in developing abandoned shrimp ponds particularly at Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province and elsewhere with similar habitats effectively in the future.

Key words: Mangrove/Rehabilitation/Abandoned shrimp ponds/Nakhon Si Thammarat

บทคัดย่อ

การปลูกป่าชายเลนนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อช่วยเร่งให้พื้นที่นากุ้งร้างสามารถฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์อีกครั้ง เร็วกว่าที่จะปล่อยให้เกิดการทดแทนไปตามธรรมชาติเพราะการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับพื้นที่และสร้างอาหารให้สัตว์น้ำและก่อให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตและปรับปรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นในระบบนิเวศ พื้นที่นากุ้งร้างมีกระจัดกระจายให้เห็นอยู่ทั่วไปแทบทุกจังหวัดประมาณ 400,000 ไร่ ที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลที่มีการทำนากุ้ง โดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งมีพื้นที่นากุ้งร้างประมาณ 30,000 ไร่ การศึกษาวิจัยการฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณ อำเภอขนอม ซึ่งมีพื้นที่

ประมาณ 20 ไร่ โดยมีการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง มีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร × 1.5 เมตร มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 จะทำให้ทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพพื้นที่นากุ้งร้างเพื่อนำไปขยายผลในพื้นที่นากุ้งร้างให้เกิดเป็นรูปธรรมอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

จากการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการเติบโตด้านต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ และอัตราการรอดตาย รวมถึงการศึกษาการเติบโตด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ดังกล่าวได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง ความหนาแน่นของกล้าไม้ และอัตราการรอดตาย ผลการศึกษาสรุปได้ว่าโกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก แสมทะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อยในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง ดังนั้นในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณนี้จึงควรเลือกพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมเรียงตามลำดับคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว

คำหลัก: ป่าชายเลน/การฟื้นฟู/นากุ้งร้าง/นครศรีธรรมราช

คำนำ

ป่าชายเลนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมของมนุษย์หลายรูปแบบด้วยกันอันเป็นผลทำให้พื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาไม่นานนัก รูปแบบหนึ่งคือการเอาพื้นที่ป่าชายเลนมาทำนากุ้ง ซึ่งปัญหานี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ป่าชายเลนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่ธุรกิจส่งออกผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำรุ่งเรือง พื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งมากได้แก่บริเวณก้นอ่าวไทย จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และนครศรีธรรมราช การเลี้ยงกุ้งในระยะแรกผลผลิตที่ได้จากการบุกรุกป่าชายเลนจะให้ผลผลิตสูงเพราะยังมีความอุดมสมบูรณ์อยู่มากแต่เวลาต่อมาเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมโรคระบาด และภัยธรรมชาติส่งผลให้หลายพื้นที่แทบจะเลี้ยงกุ้งไม่ได้ ผู้เลี้ยงกุ้งประสบภาวะขาดทุน ละทิ้งพื้นที่ให้เป็นนากุ้งร้างจำนวนมาก การทำนากุ้งมีผลกระทบโดยตรงต่อป่าชายเลนทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลที่เกิดขึ้นทำให้ความสมดุลของระบบนิเวศป่าชายเลนเสียไปอย่างสิ้นเชิง

ปัญหาที่เกิดขึ้นนอกจากจะค่อนข้างยากที่จะฟื้นคืนความอุดมสมบูรณ์ได้โดยธรรมชาติแล้วยังต้องใช้ระยะเวลานานอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีการฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งร้างขึ้นเพื่อจะได้ป่าชายเลนกลับฟื้นคืนมาเร็วขึ้น ได้มีความพยายามในการหาวิธีการฟื้นฟูนากุ้งเช่น พัฒนาเทคโนโลยีในการเลี้ยงกุ้งเพื่อไม่ให้เกิดของเสียที่จะทำลายสิ่งแวดล้อม อีกแนวทางหนึ่งในการฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งร้างคือการปลูกป่าชายเลนเป็นวิธีการที่ช่วยเร่งให้พื้นที่นากุ้งร้างสามารถฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์เพราะการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับพื้นที่และจะเป็นอาหารให้สัตว์น้ำ ก่อให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศและปรับปรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่อไป

พื้นที่นากุ้งร้างมีกระจายให้เห็นอยู่ทั่วไปแทบทุกจังหวัดที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลที่มีการทำนากุ้งโดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งมีการทำนากุ้งอย่างมาก ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาการฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้มีการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ในปัจจุบันมีอายุได้ 6 ปี โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการเติบโต มวลชีวภาพ การรอดตาย การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ และคุณสมบัติดิน ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ดังกล่าว โดยมีพันธุ์ไม้ 4 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล เพื่อทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมซึ่งสามารถนำมาปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพพื้นที่นากุ้งร้างพร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติของดินบริเวณนากุ้งร้างภายหลังการปลูกป่าชายเลนและนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาในการฟื้นฟูและปรับปรุงพื้นที่นากุ้งร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพในท้องที่จังหวัดนครศรีธรรมราชและพื้นที่นากุ้งร้างที่มีสภาพพื้นที่คล้าย ๆ กันในบริเวณอื่นอีกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในแปลงปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ 20 ไร่ ซึ่งปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด (รูปที่ 1) คือ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล มีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร × 1.5 เมตร ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2538 ที่ผ่านมา ดังนั้นขณะเริ่มทำการศึกษาพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดจึงมีอายุ 6 ปี ทำการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง คือ เดือนเมษายน 2544 (ฤดูแล้ง) เดือนตุลาคม (ฤดูฝน) และเดือนเมษายน (ฤดูแล้ง) โดยทำการวางแปลงตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ชนิดละ 3 แปลง วัดต้นไม้แปลงละ 100 ต้น ในแต่ละแปลงวัดข้อมูลดังนี้

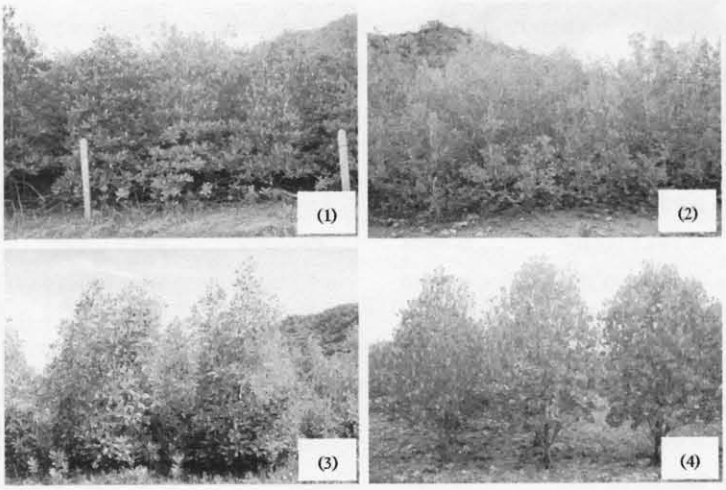
1.1 วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง และอัตราการรอดตาย ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่ออายุ 6 ปี (เดือนเมษายน 2544) 6.5 ปี (เดือนตุลาคม 2544) และ 7 ปี (เดือนเมษายน 2545) โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่คอรากของต้นไม้ 3 ชนิด โดยใช้ คาลิปเปอร์ ได้แก่ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว ส่วนแสมทะเลวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับผิวดิน วัดความสูงจากระดับชิดดินถึงปลายยอดโดยใช้ measuring pole ในแต่ละแปลงวัดต้นไม้จำนวน 100 ต้น หาอัตราการรอดตายโดยนับจำนวนต้นไม้ที่เหลือจากครั้งแรกนำมาคิดเป็นอัตราการรอดตาย โดยติดหมายเลขทุกต้นที่วัดในครั้งแรก

1.2 มวลชีวภาพ เลือกไม้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยกำหนดให้แต่ละชนิดมี 3 ชั้นขนาดคือ เล็ก กลาง และใหญ่ แล้วทำการคัดเลือกไม้ขนาดละ 2 ต้น เพื่อให้ได้ไม้ตัวอย่างที่มีการกระจายของขนาดและเป็นตัวแทนของต้นไม้

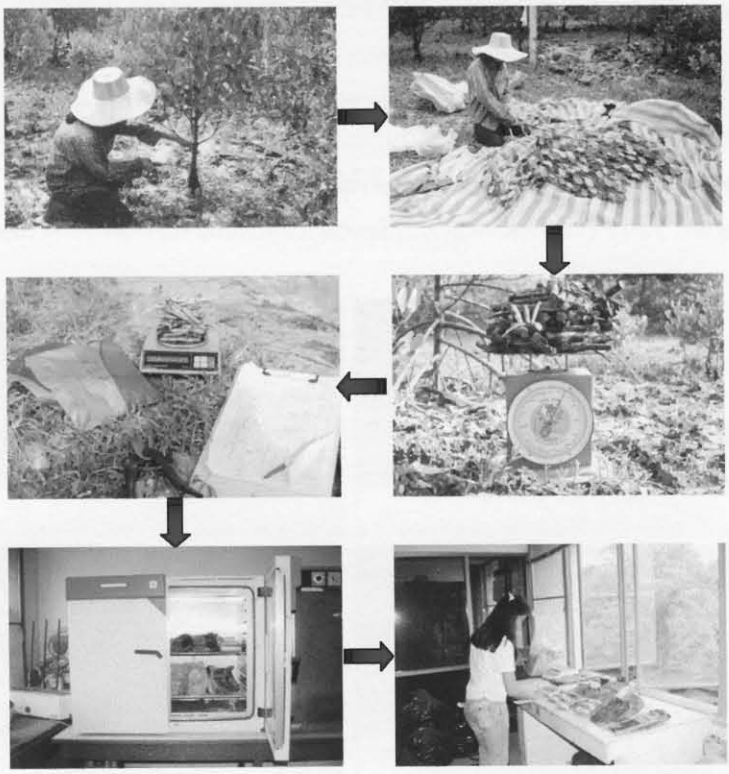
1.2.1 การหามวลชีวภาพเหนือดิน โดยตัดไม้ตัวอย่างที่ได้คัดเลือกไว้ โดยตัดที่ระดับชิดดิน วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่คอราก และวัดความสูง แยกส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และ รากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้แต่ละต้น ทำการตัดทอนไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อน ๆ จากโคนขึ้นไปยาวท่อนละ 1 ม. จนถึงปลายยอด ชั่งน้ำหนักสด ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยชั่งแยกในแต่ละส่วนของแต่ละต้น บันทึกข้อมูล นำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก ที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้ตัวอย่างแต่ละต้นไปอบที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 48 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ ที่อบจนแห้งไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

1.2.2 การหามวลชีวภาพใต้ดิน โดยขุดดินเพื่อนำส่วนของรากใต้ดินขึ้นมาใส่ในตะแกรง นำส่วนของรากพืชที่ได้ไปล้างน้ำด้วยความระมัดระวัง และผึ่งไว้ให้น้ำแห้ง นำไปชั่งหาน้ำหนักสด และบรรจุใส่ถุงกระดาษก่อนนำไปใส่ในตู้อบพรรณไม้เพื่อหาน้ำหนักแห้งต่อไป นำรากที่บรรจุอยู่ในถุงกระดาษไปอบดังวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการตัดต้นไม้เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอายุ 6 ปี เริ่มจากการจัดชั้นขนาดความโตของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดออกเป็น 3 ชั้น คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ แล้วทำการสุ่มต้นไม้ในแต่ละระดับชั้นความโต ชั้นละ 2 ต้น รวมแต่ละชนิดตัดไม้ตัวอย่าง 6 ต้น มีพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด รวมตัดไม้ตัวอย่างทั้งหมด 24 ต้น ตัดต้นไม้ที่ระดับคอราก แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความสูงทั้งหมดของลำต้น และแยกส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ และรากเพื่อชั่งหาน้ำหนักสด จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างพืชในตามส่วนต่าง ๆ เพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 แปลงตัวอย่างที่ทำการศึกษา (1) = แปลงโกงกางใบเล็ก (2) = แปลงแสมทะเล (3) = แปลงถั่วขาว และ (4) = แปลงโปรงแดง



รูปที่ 2 การตัดต้นไม้เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ ของต้นไม้กับมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง โดยมีขั้นตอนดังนี้ (1) ตัดต้นไม้ตัวอย่าง (2) วัดมิติต่าง ๆ และแบ่งส่วนต่างของต้นไม้คือ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก (3) ชั่งน้ำหนักสดในแต่ละส่วน (4) เก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำมาหาน้ำหนักแห้ง (5) นำตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ (6) ชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อใช้ในการคำนวณ

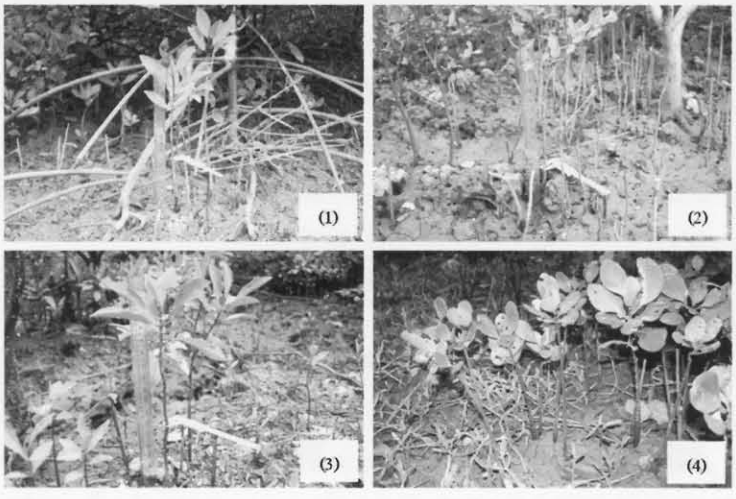
ตารางที่ 1 สมการแอลโลเมตรีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิดไม้	สมการ	r^2	ชนิดไม้	สมการ	r^2
โกงกางใบเล็ก	$Ws = 0.0764 (D^2H)^{0.6936}$	0.7766	ถั่วขาว	$Ws = 0.0515 (D^2H)^{0.6256}$	0.9505
(*Rhizophora*	$Wb = 0.1941 (D^2H)^{0.5208}$	0.8008	(*Bruguiera*	$Wb = 0.0355 (D^2H)^{0.7217}$	0.8659
apiculata)	$Wl = 0.2328 (D^2H)^{0.5143}$	0.8158	*cylindrica*)	$Wl = 0.0679 (D^2H)^{0.5560}$	0.7507
	$Wp = 0.1266 (D^2H)^{0.6670}$	0.7375		$Wr = 0.0841 (D^2H)^{0.6205}$	0.9014
	$Wr = 0.2249 (D^2H)^{0.5027}$	0.8174			
แสมทะเล	$Ws = 0.0999 (D^2H)^{0.6106}$	0.7654	โปรงแดง	$Ws = 0.0356 (D^2H)^{0.7067}$	0.9462
(*Avicennia*	$Wb = 0.0091 (D^2H)^{1.0535}$	0.8149	(*Ceriops*	$Wb = 0.0617 (D^2H)^{0.7161}$	0.9617
marina)	$Wl = 0.0159 (D^2H)^{0.8577}$	0.7254	*tagal*)	$Wl = 0.1728 (D^2H)^{0.5125}$	0.8773
	$Wr = 0.0250 (D^2H)^{0.8538}$	0.9880		$Wr = 0.1309 (D^2H)^{0.6821}$	0.9440

หมายเหตุ D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอราก (ซม.) (แสมทะเลวัดที่ระดับชิดดิน), H = ความสูงของลำต้น (ม.), Ws = มวลชีวภาพของลำต้น (กก./ต้น), Wb = มวลชีวภาพของกิ่ง (กก./ต้น), Wl = มวลชีวภาพของใบ (กก./ต้น), Wp = มวลชีวภาพของรากค้ำยัน (กก./ต้น), Wr = มวลชีวภาพของราก (กก./ต้น)

1.4 การเก็บข้อมูลกล้าไม้ในแปลง

วางแปลงย่อยขนาด 1 ม. × 1 ม. จำนวน 3 แปลงย่อยในแต่ละแปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการรอดตาย และความหนาแน่นของกล้าไม้ (รูปที่ 3) ทำการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง คือ เดือนตุลาคม 2544 และเดือนเมษายน 2545 (ในการศึกษาครั้งนี้เลือกกล้าไม้ที่เป็นกล้าไม้ใหม่มิใช่กล้าไม้ค้างปี)



รูปที่ 3 กล้าไม้ที่ทำการศึกษา (1) = กล้าไม้โกงกางใบเล็ก (2) = กล้าไม้แสมทะเล (3) = กล้าไม้ถั่วขาว และ (4) = กล้าไม้โปรงแดง

1.5 การเก็บข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับผิวดินและที่ระดับใต้ดิน 30 ซม. แล้วนำมาผสมกัน ในแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 3 ตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างดินในแรกที่ทำการเก็บข้อมูลคือเดือนเมษายน 2544

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ดังนี้

2.1 เนื้อดิน (texture) ใช้วิธีของ Smith และ Atkinson (Smith and Atkinson, 1975)

2.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้วิธี Redox pH-meter ดิน:น้ำ 1:1 (Chapman, 1965)

2.3 ค่า Salinity ใช้วิธี Water Soluble ดิน:น้ำ 1:1 (Jackson, 1958)

2.4 อินทรียวัตถุ (organic matter) ใช้วิธี และ Walkley และ Black titration (Walkley and Black, 1934)

2.5 ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่ใช้ประโยชน์ได้ (available phosphorus) ใช้วิธีสกัดน้ำยา Bray II แล้ววัดด้วยเครื่อง spectrophotometer (Alexander and Robertson, 1970)

2.6 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capability, CEC) ใช้วิธี Ammonium Acetate (pH7) (Tisdale and Nelson, 1960)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง การเติบโตด้านความสูง อัตราการเติบโตด้านความสูง อัตราการรอดตาย มวลชีวภาพ ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด เปรียบเทียบการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง การเติบโตด้านความสูง อัตราการเติบโตด้านความสูง อัตราการรอดตาย และความหนาแน่นของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด และเปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการของดิน ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่เพียงใดโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และหากทดสอบแล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0

ผลและวิจารณ์ผล

1. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

1.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

การศึกษาการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างของพันธุ์ไม้ 4 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล อายุ 6 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.54, 6.44, 6.17 และ 5.56 ซม. ตามลำดับ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6.5 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.78, 7.06, 6.66 และ 6.23 ซม. ตามลำดับ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.12, 7.49, 6.89 และ 6.82 ซม. ตามลำดับ และจากการคำนวณการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ครั้งพบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.81, 7.00, 6.57 และ 6.20 ซม. ตามลำดับ โดยที่โกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่าถั่วขาวและโปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเติบโตด้านต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	การเติบโตด้านต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน		
		เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ม.)	อัตราการรอดตาย (%)
6 ปี	โกงกางใบเล็ก	7.54[a]	3.30[a]	100
(เมษายน 2544)	แสมทะเล	6.44[b]	2.98[b]	100
	ถั่วขาว	6.17[bc]	2.00[c]	100
	โปรงแดง	5.56[c]	2.06[c]	100
6.5 ปี	โกงกางใบเล็ก	7.78[a]	3.84[a]	99.33
(ตุลาคม 2544)	แสมทะเล	7.06[b]	3.15[b]	99.33
	ถั่วขาว	6.66[bc]	2.24[c]	100
	โปรงแดง	6.23[c]	2.33[c]	100
7 ปี	โกงกางใบเล็ก	8.12[a]	3.96[a]	99.33
(เมษายน 2545)	แสมทะเล	7.49[b]	3.26[b]	99.33
	ถั่วขาว	6.89[c]	2.48[c]	100
	โปรงแดง	6.82[c]	2.39[c]	100
เฉลี่ย	โกงกางใบเล็ก	7.81[a]	3.70[a]	99.55
	แสมทะเล	7.00[ab]	3.13[b]	99.55
	ถั่วขาว	6.57[b]	2.24[c]	100
	โปรงแดง	6.20[b]	2.26[c]	100

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.2 อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ในช่วงฤดูฝนพบว่าแสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.68, 0.67, 0.50 และ 0.30 ซม./6 เดือน ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้งพบว่าโปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โกงกางใบเล็ก และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.59, 0.44, 0.33 และ 0.23 ซม./6 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 3)จะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปแล้วในฤดูฝนต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตที่มากกว่าฤดูแล้งดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นคือ แสมทะเลในฤดูฝนมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.68 ซม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางในฤดูแล้งซึ่งมีอัตราการเติบโตเท่ากับ 0.44 ซม./6 เดือน ถั่วขาวกับโปรงแดงก็เช่นกัน กล่าวคือในฤดูฝนถั่วขาวมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.50 ซม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.23 ซม./6 เดือน และในฤดูฝนโปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.67 ซม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.59 ซม./6 เดือน เว้นแต่โกงกางใบเล็กซึ่งมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน ในฤดูฝนโกงกางใบเล็กอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.30 ซม./6 เดือน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.33 ซม./6 เดือน แต่ค่าอัตราการเติบโตดังกล่าวก็แตกต่างกันไม่มากนัก คือแตกต่างกันเท่ากับ 0.03 ซม./6 เดือน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พันธุ์ไม้ป่าชายเลนดังกล่าวมีอัตราการเติบโตในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งก็เนื่องจากว่าในฤดูฝนมีปริมาณของน้ำจืดจากบนบกและจากน้ำฝนมีปริมาณมากที่จะลงมาผสมกับน้ำเค็มที่มาจากทะเลเป็นผลทำให้น้ำบริเวณที่เป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างบกกับทะเลซึ่งก็คือบริเวณป่าชายเลนนั้นมีความเค็มของน้ำลดลง ส่งผลดีต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาทำให้ต้นไม้เติบโตได้ดีในฤดูฝน

อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางต่อ 1 ปี พบว่าโปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโกงกางใบเล็กซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.26, 1.11, 0.73 และ 0.64 ซม./ปี โดยที่โปรงแดงกับแสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าถั่วขาวกับโกงกางใบเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางนี้ไปใช้ประกอบในการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้

ตารางที่ 3 อัตราการเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ฤดูกาล (ระยะเวลา)	ชนิด	อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	อัตราการเติบโตด้านความสูง (ม.)
ฤดูฝน	โกงกางใบเล็ก	0.30[b]	0.56[a]
(ต่อ 6 เดือน)	แสมทะเล	0.68[a]	0.20[b]
	ถั่วขาว	0.50[ab]	0.24[b]
	โปรงแดง	0.67[a]	0.27[b]
ฤดูแล้ง	โกงกางใบเล็ก	0.33[b]	0.13
(ต่อ 6 เดือน)	แสมทะเล	0.44[ab]	0.11
	ถั่วขาว	0.23[b]	0.15
	โปรงแดง	0.59[a]	0.15
ต่อ 1 ปี	โกงกางใบเล็ก	0.64[b]	0.69[a]
	แสมทะเล	1.11[a]	0.30[b]
	ถั่วขาว	0.73[b]	0.39[b]
	โปรงแดง	1.26[a]	0.42[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.3 การเติบโตด้านความสูง

การศึกษาการเติบโตด้านความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างของไม้ที่ปลูกทั้ง 4 ชนิดเมื่ออายุ 6 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.30, 2.98, 2.06 และ 2.00 ม. ตามลำดับ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6.5 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.84, 3.15, 2.33 และ 2.24 ม. ตามลำดับ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.96, 3.26, 2.48 และ 2.39 ม. ตามลำดับ และเมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ครั้งพบว่า โกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.70, 3.13, 2.26 และ 2.24 ม. ตามลำดับ โดยที่โกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่าแสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว แต่โปรงแดงและถั่วขาวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

1.4 อัตราการเติบโตด้านความสูง

ในช่วงฤดูฝนพบว่าโกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.56, 0.27, 0.24 และ 0.20 ม./6 เดือน ตามลำดับ ในช่วงฤดูแล้งพบว่าถั่วขาวกับโปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุดเท่ากัน รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.15, 0.15, 0.13 และ 0.11 ม./6 เดือน ตามลำดับ

ดังเช่นที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางนั้น อัตราการเติบโตด้านความสูงมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน และเห็นได้ชัดเจนว่าในฤดูฝนต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตที่มากกว่าฤดูแล้งดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นคือ โกงกางใบเล็กในฤดูฝนมีอัตราการเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 0.56 ม./ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านความสูงในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.13 ม./ 6 เดือน แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดงก็เช่นกัน กล่าวคือ แสมทะเลในฤดูฝนมีอัตราการเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 0.20 ม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านความสูงในฤดูแล้งซึ่งมีอัตราการเติบโตเท่ากับ 0.11 ม./6 เดือน ในฤดูฝนถั่วขาวมีอัตราการเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 0.24 ม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านความสูงในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.15 ม./6 เดือน และในฤดูฝนโปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 0.27 ม./6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเติบโตด้านความสูงในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.15 ม./6 เดือน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พันธุ์ไม้ป่าชายเลนดังกล่าวมีอัตราการเติบโตในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งก็ดังได้กล่าวไปแล้วข้างต้นในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

อัตราการเติบโตด้านความสูงต่อ 1 ปี พบว่าโกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาโปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.69, 0.42, 0.39 และ 0.30 ม./ปี (ตารางที่ 3) โดยที่โกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากกว่า โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านความสูงนี้ไปใช้ประกอบในการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้

ซึ่งค่าดังกล่าวมีความแตกต่างจากการศึกษาของ JAM (1997) เมื่ออายุ 1 ปี พบว่า แสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกว่าขณะศึกษาพันธุ์ไม้มีอายุ 6 ปีแสมทะเลแตกกิ่งต่ำจำนวนมาก ทำให้มีลักษณะเป็นพุ่ม อาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงต้องส่งไปเลี้ยงตามกิ่งก้านสาขา ส่งผลถึงการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงให้น้อยลงกว่าครั้งเมื่ออายุยังน้อยที่กิ่งก้านมีไม่มากทำให้มีอัตราการเติบโตทั้งด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงอย่างรวดเร็ว

1.5 อัตราการรอดตาย

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดหลังจากปลูกมาแล้ว 6 ปี พบว่า มีอัตราการรอดตายเท่ากัน คือ 100 % แต่เมื่ออายุ 6.5 ปี พบว่า ถั่วขาวกับโปรงแดงก็ยังคงมีอัตราการรอดตายเท่าเดิมคือ 100 % ส่วนโกงกางใบเล็กกับแสมทะเลมีอัตราการรอดตายลดลงเท่ากันคือ 99.33% เช่นเดียวกับเมื่อพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี และจากการคำนวณอัตราการรอดตายเฉลี่ยพบว่า ถั่วขาวกับโปรงแดงซึ่งมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากันมีค่ามากกว่าโกงกางใบเล็กกับแสมทะเลซึ่งมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100% และ 99.55% ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอัตราการรอดตายดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยที่อัตราการรอดตายแตกต่างจาก JAM (1997) คือเมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างอายุ 1 ปี โกงกางใบเล็กมีอัตราการรอดตายสูงสุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 96 90 87 และ 81 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากว่าพันธุ์ไม้ที่ศึกษามีอายุ 6 ปี สามารถตั้งตัวให้รอดพ้นอันตรายจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่จะทำให้ต้นไม้ตาย อัตราการรอดตายจึงไม่แตกต่างกันเหมือนกับตอนที่อายุยังน้อยซึ่งง่ายต่อการได้รับอันตราย

1.6 มวลชีวภาพ

มวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ซึ่งได้จากการประมาณจากสมการแอลโลมี. (ตารางที่ 3) ของส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ รากค้ำยัน (โกงกางใบเล็ก) ราก ที่อายุ 6, 6.5 และ 7 ปี จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.54, 4.79, 2.43 และ 1.86 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.55, 2.78, 2.17 และ 1.35 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของใบมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.02, 3.46, 2.54 และ 1.97 ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันเท่ากับ 8.50 กก./ต้น โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.60,

4.61, 3.27 และ 2.89 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35.22, 13.08, 11.00 และ 10.42 กก./ต้น ตามลำดับ

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6.5 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.70, 5.50, 2.86 และ 2.36 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.71, 3.55, 2.62 และ 1.71 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของใบมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.93, 4.12, 2.94 และ 2.41ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันเท่ากับ 9.94 กก./ต้น โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.43, 5.68, 3.58 และ 3.52 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.40, 15.91, 13.20 และ 12.27 กก./ต้น ตามลำดับ

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.33, 6.09, 3.12 และ 2.79 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.88, 4.20, 2.89 และ 1.98 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของใบมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.43, 4.78, 3.17 และ 2.72 ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันเท่ากับ 10.73 กก./ต้น โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.88, 6.75, 4.18 และ 3.99 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.25, 18.76, 14.78 และ 13.36 กก./ต้น ตามลำดับ

จากการคำนวณค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ครั้งพบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.52, 5.46, 2.80 และ 2.34 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่า 7.28, 3.51, 2.56 และ 1.68 กก./ต้น ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของใบเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.79, 4.12, 2.88 และ 2.37 ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันเฉลี่ยเท่ากับ 9.72 กก./ต้น โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.30, 5.68, 3.77 และ 3.47 กก./ต้น ตามลำดับ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเอามวลชีวภาพรวมเฉลี่ยมาใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้างกล่าวคือ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 39.62 15.92 12.99 และ 12.02 กก./ต้น ตามลำดับ โดยที่โกงกางใบเล็กมีค่ามวลชีวภาพรวมเฉลี่ยมากกว่าโปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ซึ่งเมื่อมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแต่ละชนิดที่ปลูกร่วงหล่นก็จะย่อยสลายกลายเป็นอินทรียวัตถุให้แก่ดินและจะเป็นอาหารให้แก่สัตว์น้ำก่อให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศต่อไป

ตารางที่ 4 มวลชีวภาพต่อต้นของส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	มวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน (กก./ต้น)					
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ราก	รวม
6 ปี	โกงกางใบเล็ก	6.54[a]	6.55[a]	7.02[a]	8.50	6.60[a]	35.22[a]
(เมษายน 2544)	แสมทะเล	4.79[b]	1.35[c]	1.97[c]	-	2.89[c]	11.00[b]
	ถั่วขาว	2.43[c]	2.17[b]	2.54[c]	-	3.27[c]	10.42[b]
	โปรงแดง	1.86[c]	2.78[b]	3.46[b]	-	4.61[b]	13.08[b]
6.5 ปี	โกงกางใบเล็ก	7.70[a]	7.41[a]	7.93[a]	9.94	7.43[a]	40.40[a]
(ตุลาคม 2544)	แสมทะเล	5.50[b]	1.71[d]	2.41[c]	-	3.52[c]	13.20[b]
	ถั่วขาว	2.86[c]	2.62[c]	2.94[c]	-	3.85[c]	12.27[b]
	โปรงแดง	2.36[c]	3.55[b]	4.12[b]	-	5.68[b]	15.91[b]
7 ปี	โกงกางใบเล็ก	8.33[a]	7.88[a]	8.43[a]	10.73	7.88[a]	43.25[a]
(เมษายน 2545)	แสมทะเล	6.09[b]	1.98[d]	2.72[c]	-	3.99[c]	14.78[c]
	ถั่วขาว	3.12[c]	2.89[c]	3.17[c]	-	4.18[c]	13.36[c]
	โปรงแดง	2.79[c]	4.20[c]	4.78[b]	-	6.75[b]	18.76[b]
เฉลี่ย	โกงกางใบเล็ก	7.52[a]	7.28[a]	7.79[a]	9.72	7.30[a]	39.62[a]
	แสมทะเล	5.46[b]	1.68[c]	2.37[c]	-	3.47[c]	12.99[b]
	ถั่วขาว	2.80[c]	2.56[bc]	2.88[c]	-	3.77[c]	12.02[b]
	โปรงแดง	2.34[c]	3.51[b]	4.12[b]	-	5.68[b]	15.92[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.9 ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพ

ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างอันได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ รากค้ำยัน (เฉพาะโกงกางใบเล็ก) ราก และความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวม แยกตามช่วงฤดูกาลคือ ในช่วงฤดูฝน (ต่อ 6 เดือน) ฤดูแล้ง (ต่อ 6 เดือน) และต่อ 1 ปี จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในช่วงฤดูฝนพบว่า โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.17, 0.78, 0.51 และ 0.43 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86, 0.77, 0.45 และ 0.36 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.91, 0.67, 0.44 และ 0.40 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากค้ำยันเท่ากับ 1.41 กก./ต้น/6 เดือน โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และ ถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.16, 0.84, 0.64 และ 0.58 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.23, 3.11, 2.23 และ 1.81 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ

ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในช่วงฤดูแล้งพบว่า โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.63, 0.53, 0.43 และ 0.25 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ส่วนแสมทะเลกับถั่วขาวมีค่าเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.65, 0.47, 0.27 และ 0.27 กก./ต้น/6

เดือน ตามลำดับ โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.54, 0.50, 0.32 และ 0.23 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากค้ำยันเท่ากับ 0.79 กก./ต้น/6 เดือน โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็กกับแสมทะเลซึ่งมีค่าเท่ากัน และ ถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.97, 0.46, 0.46 และ 0.33 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.85, 2.58, 1.59 และ 1.08 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ

ดังเช่นที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง ซึ่งในหัวข้อนี้คือเรื่องของความเพิ่มพูนมวลชีวภาพก็เช่นเดียวกันโดยจะเห็นได้ว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดมีความเพิ่มพูนในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง (ตารางที่ 5) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมโดยจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นคือ โกงกางใบเล็กในฤดูฝนมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 5.23 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.85 กก./ต้น/ 6 เดือน แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดงก็เช่นกัน กล่าวคือ แสมทะเลในฤดูฝนความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 2.23 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีความเพิ่มพูนเท่ากับ 1.59 กก./ต้น/ 6 เดือน ในฤดูฝนถั่วขาวมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 1.87 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.08 กก./ต้น/ 6 เดือน และในฤดูฝนโปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 3.11 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.58กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พันธุ์ไม้ป่าชายเลนดังกล่าวมีอัตราการเติบโตในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งก็ดังได้กล่าวไปแล้วข้างต้นในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง

โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.80, 1.32, 0.93 และ 0.68 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพกิ่งมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.42, 1.33, 0.72 และ 0.63 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.41, 1.21, 0.76 และ 0.63 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 2.25 กก./ต้น/ปี โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.13, 1.29, 1.11 และ 0.91 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ เพื่อนำเอาความเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อ 1 ปี ไปใช้ประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ในตอนท้าย พบว่าโกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.08, 5.69, 3.81 และ 2.94 กก./ต้น/ปี ตามลำดับ โดยที่โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากกว่า โปรงแดง โปรงแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพมากกว่า แสมทะเล และแสมทะเลมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพมากกว่าถั่วขาวอย่างมีนัยสำคัญทาง (ตารางที่ 5) ซึ่งค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ JAM (1997) เมื่ออายุ 1 ปี กล่าวคือ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพมากที่สุดเช่นกัน

ตารางที่ 5 ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อต้นของส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ระยะเวลา (ฤดูกาล)	ชนิด	ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน (กก./ต้น)					
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ราก	รวม
เม.ย. 44-ต.ค. 44	โกงกางใบเล็ก	1.17[a]	0.86[a]	0.91[a]	1.41	0.84[b]	5.23[a]
(ฤดูฝน,	แสมทะเล	0.78[b]	0.36[b]	0.44[c]	-	0.64[b]	2.23[bc]
กก./6 เดือน)	ถั่วขาว	0.43[c]	0.45[b]	0.40[c]	-	0.58[b]	1.87[c]
	โปรงแดง	0.51[c]	0.77[a]	0.67[b]	-	1.16[a]	3.11[b]
ต.ค. 44-เม.ย. 45	โกงกางใบเล็ก	0.63[a]	0.47[a]	0.50[a]	0.79	0.46[b]	2.85[a]
(ฤดูแล้ง,	แสมทะเล	0.53[ab]	0.27[b]	0.32[b]	-	0.46[b]	1.59[b]
กก./6 เดือน)	ถั่วขาว	0.25[c]	0.27[b]	0.23[b]	-	0.33[b]	1.08[b]
	โปรงแดง	0.43[bc]	0.65[a]	0.54[a]	-	0.97[a]	2.58[a]
เม.ย. 44-เม.ย. 45	โกงกางใบเล็ก	1.80[a]	1.33[a]	1.41[a]	2.25	1.29[b]	8.08[a]
(1 ปี, กก./ปี)	แสมทะเล	1.32[b]	0.63[b]	0.76[c]	-	1.11[c]	3.81[c]
	ถั่วขาว	0.68[d]	0.72[b]	0.63[d]	-	0.91[d]	2.94[d]
	โปรงแดง	0.93[c]	1.42[a]	1.21[b]	-	2.13[a]	5.69[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2 การเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

จากการศึกษาพบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างทั้ง 4 ชนิดมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติเกิดขึ้นจึงได้ทำการศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างทั้ง 4 ชนิด การศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างทำการศึกษาเมื่อเดือน ต.ค. 2544 และ เม.ย. 2545 โดยได้ทำการศึกษาการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการเติบโตด้านความสูง อัตราการรอดตาย และความหนาแน่นของกล้าไม้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.62, 0.57, 0.50 และ 0.40 ซม. ตามลำดับ และทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน คือในเดือน เมษายน 2545 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86, 0.66, 0.60 และ 0.43 ซม. ตามลำดับ จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้งสองครั้ง พบว่าแสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.74, 0.62, 0.55 และ 0.42 ซม. ตามลำดับ โดยที่แสมทะเลมีค่าการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า โปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมาพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ตารางที่ 6 การเติบโตด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด

เวลา	ชนิด	การเติบโตด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลน			
		เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ม.)	อัตราการรอดตาย (%)	ความหนาแน่น (ต้น/ตร.ม.)
ต.ค.	โกงกางใบเล็ก	0.57	51.85^{ab}	100	4.00^{c}
2544	แสมทะเล	0.62	55.33^{a}	100	5.67^{c}
	ถั่วขาว	0.50	35.41^{ab}	100	34.89^{a}
	โปรงแดง	0.40	29.86^{b}	100	12.45^{b}
เม.ย.	โกงกางใบเล็ก	0.66^{ab}	55.26^{ab}	97.25	3.89^{c}
2545	แสมทะเล	0.86^{a}	65.56^{a}	100	5.67^{c}
	ถั่วขาว	0.60^{ab}	39.17^{b}	99.37	34.67^{a}
	โปรงแดง	0.43^{b}	31.30^{b}	99.04	12.33^{b}
เฉลี่ย	โกงกางใบเล็ก	0.62^{ab}	53.56^{a}	98.63	3.95^{d}
	แสมทะเล	0.74^{a}	60.45^{a}	100	5.67^{c}
	ถั่วขาว	0.55^{ab}	37.29^{b}	99.69	34.78^{a}
	โปรงแดง	0.42^{b}	30.58^{b}	99.52	12.39^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.2 อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

กล้าไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.23, 0.10, 0.09 และ 0.04 ซม./ 6 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยที่กล้าไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตมากกว่า ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้นี้ไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ตารางที่ 7 อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูงของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด

ชนิด	อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม./6 เดือน)	อัตราการเติบโตด้านความสูง (ซม./6 เดือน)
โกงกางใบเล็ก	0.09^{b}	3.40^{ab}
แสมทะเล	0.23^{a}	10.22^{a}
ถั่วขาว	0.10^{b}	3.76^{ab}
โปรงแดง	0.04^{b}	1.44^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.3 ความสูง

การเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 55.33, 51.85, 35.41 และ 29.86 ซม. ตามลำดับ และทำการศึกษาอีกครั้ง

หนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน คือในเดือน เมษายน 2545 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65.56, 55.26, 39.17 และ 31.30 ซม. ตามลำดับ จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้งสองครั้ง พบว่าแสมทะเลมีการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.45, 53.56, 37.29 และ 30.58 ซม. ตามลำดับ โดยแสมทะเลและโกงกางใบเล็ก มีค่ามากกว่าถั่วขาวและโปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมาพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง

2.4 อัตราการเติบโตด้านความสูง

กล้าไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.22, 3.76, 3.4 และ 1.44 ซม./6 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยที่กล้าไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากกว่าโปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้นี้ไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ JAM (1997) กล่าวคือ เมื่ออายุยังน้อยแสมทะเลจะมีอัตราการเติบโตทั้งทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงดีที่สุด

2.5 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดมีอัตราการรอดตายเท่ากันคือ 100 % และทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน คือในเดือน เมษายน 2545 พบว่า แสมทะเลมีอัตราการรอดตายมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โปรงแดง และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100%, 99.37%, 99.04% และ 97.25% ตามลำดับ ส่วนอัตราการรอดตายเฉลี่ยของแสมทะเลมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โปรงแดง และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 99.62 99.52 และ 98.63 % ซึ่งค่าดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

2.6 ความหนาแน่นของกล้าไม้

ความหนาแน่นของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.89, 12.45, 5.67 และ 4.00 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ และทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน คือในเดือน เมษายน 2545 พบว่า ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.67, 12.33, 5.67 และ 3.89 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ และจากการคำนวณค่าเฉลี่ยพบว่ากล้าไม้ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.78, 12.39, 5.67 3.95 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ โดยที่กล้าไม้ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากกว่า โปรงแดง โปรงแดงมีความหนาแน่นมากกว่า แสมทะเล แสมทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าโกงกางใบเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งนำเอาความหนาแน่นของกล้าไม้ไปพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน

3. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างพิจารณาจากการเติบโตซึ่งได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางคอราก (ซม.) อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางคอราก (ซม./ปี) ความสูง (ม.) อัตราการเติบโตด้านความสูง (ม./ปี) ดัชนีพื้นที่ผิวใบ มวลชีวภาพรวม (กก./ต้น) ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพ (กก./ต้น/ปี) การเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนซึ่งได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.) อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม./6 เดือน) ความสูง อัตราการเติบโตด้านความสูง (ซม./6 เดือน) ความหนาแน่น (ต้น/ตร.ม.) โดยใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนการเติบโตแต่ละอย่าง หา

คะแนนรวม แล้วจัดความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน การให้คะแนนพิจารณาจากกลุ่มของการเติบโต ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยที่กลุ่มเดียวกันจะให้คะแนนเท่ากัน กลุ่มที่มีค่ามากที่สุดจะให้คะแนนมากที่สุดซึ่งเท่ากับ 4 คะแนน และกลุ่มที่มีค่าน้อยที่สุดจะให้คะแนนน้อยที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 คะแนน แล้วหาผลรวมของคะแนนของทุกตัวชี้วัดในแต่ชนิด ชนิดที่มีคะแนนรวมมากที่สุดจะมีความเหมาะสมมาก รองลงมามีความเหมาะปานกลาง และน้อย ตามลำดับ

จากการให้คะแนนในรายการต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง และกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างพบว่า โกงกางใบเล็กมีคะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ส่วนโปรงแดงและถั่วขาวมีคะแนนเท่ากัน ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 37 31.67 18 และ 18 คะแนน ตามลำดับ และนำคะแนนมาจัดอันดับความเหมาะสมเป็น 3 อันดับคือ โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก แสมทะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อยในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้าง (ตารางที่ 8) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวมีความแตกต่างจากการศึกษาของ JAM (1997) ที่กล่าวว่า แสมทะเลมีความเหมาะสมที่สุดในการปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างนี้ ทั้งนี้เนื่องจากกว่า JAM พิจารณาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการรอดตาย ความเพิ่มพูนของจำนวนใบ จำนวนกิ่ง มวลชีวภาพเหนือดิน และใต้ดิน เมื่อพันธุ์ไม้ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างอายุ 1 ปี แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีการพิจารณาเพิ่มจากลักษณะดังที่ได้กล่าวมาแล้วเมื่อพันธุ์ไม้ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างอายุ 6 ปี

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุป

1.1 การเติบโตของพันธุ์ไม้

1.1.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ พบว่าโกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด (7.81 ซม.) รองลงมาคือ แสมทะเล (7.00 ซม.) ถั่วขาว (6.57 ซม.) และโปรงแดง (6.20 ซม.) ตามลำดับ โปรงแดงมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด (1.26 ซม./ปี) รองลงมาคือ แสมทะเล (1.11 ซม./ปี) ถั่วขาว (0.73 ซม./ปี) และโกงกางใบเล็ก (0.64 ซม./ปี) ตามลำดับ

1.1.2 การเติบโตด้านความสูงของพันธุ์ไม้ พบว่าโกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด (3.70 ม.) รองลงมาคือ แสมทะเล (3.13 ม.) โปรงแดง (2.26 ม.) และถั่วขาว (2.24 ม.) ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด (0.69 ม./ปี) รองลงมาคือ โปรงแดง (0.42 ม./ปี) ถั่วขาว (0.39 ม./ปี) และแสมทะเล (0.30 ม./ปี) ตามลำดับ

1.1.3 มวลชีวภาพ พบว่าโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยมากที่สุด (39.62 กก./ต้น) รองลงมาคือ โปรงแดง (15.92 กก./ต้น) แสมทะเล (12.99 กก./ต้น) และถั่วขาว (12.02 กก./ต้น) ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากที่สุด (8.08 กก./ต้น/ปี) รองลงมาคือ โปรงแดง (5.69 กก./ต้น/ปี) แสมทะเล (3.81 กก./ต้น/ปี) และถั่วขาว (2.94 กก./ต้น/ปี) ตามลำดับ

1.2 การเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ

1.2.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง พบว่ากล้าไม้แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด (0.74 ซม.) รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก (0.62 ซม.) ถั่วขาว (0.55 ซม.) และโปรงแดง (0.42 ซม.) ตามลำดับ กล้าไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด (0.23 ซม./6 เดือน) รองลงมาคือ ถั่วขาว (0.10 ซม./6 เดือน) โกงกางใบเล็ก (0.09 ซม./6 เดือน) และโปรงแดง (0.04 ซม./6 เดือน) ตามลำดับ

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	คะแนนในรายการต่างๆ ของพันธุ์ไม้ในแปลง						คะแนนในรายการต่างๆ ของกล้าไม้ในแปลง					คะแนนรวม	อันดับความเหมาะสม
	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (ซม.)	อัตราการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม./ปี)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)	อัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง (ม./ปี)	มวลชีวภาพรวมเฉลี่ย (กก./ต้น)	ความหนาแน่นมวลชีวภาพรวม (กก./ต้น/ปี)	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (ซม.)	อัตราการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม./6 เดือน)	ความสูงเฉลี่ย (ซม.)	อัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง (ซม./6 เดือน)	ความหนาแน่น (ต้น/พื้นที่ 1 ม.)		
โกงกางใบเล็ก	4 (7.81^{a})	1 (0.64^{b})	4 (3.70^{a})	4 (0.69^{a})	4 (39.62^{a})	4 (8.08^{a})	3 (0.62^{ab})	1 (0.09^{b})	4 (53.56^{a})	3 (3.40^{ab})	1 (3.95^{b})	33	มาก
แสมทะเล	3 (7.00^{ab})	4 (1.11^{a})	2.67 (3.13^{b})	1 (0.30^{b})	1 (12.99^{b})	2 (3.81^{b})	4 (0.74^{a})	4 (0.23^{a})	4 (60.45^{a})	4 (10.22^{a})	2 (5.67^{b})	31.67	ปานกลาง
ถั่วขาว	1 (6.57^{b})	1 (0.73^{b})	1 (2.24^{a})	1 (0.39^{b})	1 (12.02^{b})	1 (2.94^{b})	3 (0.55^{ab})	1 (0.10^{b})	1 (37.29^{b})	3 (3.76^{ab})	4 (34.78^{a})	18	น้อย
โปรงแดง	1 (6.20^{b})	4 (1.26^{a})	1 (2.26^{a})	1 (0.42^{b})	1 (15.92^{b})	3 (5.69^{b})	1 (0.42^{b})	1 (0.04^{b})	1 (30.58^{b})	1 (1.44^{b})	3 (12.39^{b})	18	น้อย

หมายเหตุ – ตัวเลขที่อยู่ด้านบนวงเล็บ หมายถึง คะแนนของแต่ละชนิดในแต่ละรายการการเจริญเติบโต ส่วนตัวเลขและตัวอักษรที่อยู่ภายในวงเล็บ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโต และกลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ตามลำดับ

– ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดพันธุ์ในแต่ละรายการให้คะแนนเท่ากัน สำหรับตัวอักษรที่แตกต่างกันให้คะแนนมีค่าเรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ตามลำดับอักษรดังนี้คือ a, b, c และ d ส่วนตัวอักษร ab ให้คะแนนที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนของกลุ่มตัวอักษรนั้น ๆ

– อันดับความเหมาะสมแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากพันธุ์ไม้ที่มีคะแนนรวมสูงที่สุดมีอันดับความเหมาะสมมาก คะแนนรวมที่อยู่ในชั้นรองลงมามีอันดับความเหมาะสมปานกลาง และคะแนนรวมที่ต่ำสุดถือมีอันดับความเหมาะสมน้อย

1.2.2 การเติบโตด้านความสูง พบว่าแสมทะเลมีการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด (60.45 ซม.) รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก (53.56 ซม.) ถั่วขาว (37.29 ซม.) และโปรงแดง (30.58 ซม.) ตามลำดับ แสมทะเล (10.22 ซม./6 เดือน) มีอัตราการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว (3.76 ซม./6 เดือน) โกงกางใบเล็ก (3.40 ซม./6 เดือน) และโปรงแดง (1.44 ซม./6 เดือน) ตามลำดับ

1.2.3 ความหนาแน่นของกล้าไม้ พบว่ากล้าไม้ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด (34.78 ต้น/ตร.ม.) รองลงมาคือ โปรงแดง (12.39 ต้น/ตร.ม.) แสมทะเล (5.67 ต้น/ตร.ม.) และโกงกางใบเล็ก (3.95 ต้น/ตร.ม.)

จากการศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น นำมาให้คะแนนการเติบโตแต่ละรายการจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test หาคะแนนรวม แล้วจัดความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนได้ว่า โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก แสมทะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อย ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นากุ้งร้างเก่าที่ถูกทิ้งร้างมาหลายปี มีสภาพพื้นที่เป็นดินเลนแข็ง อยู่ห่างจากทะเล และจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 6 ปี โกงกางใบเล็กจะมีความเหมาะสมมากที่สุดในการปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างลักษณะเช่นนี้ซึ่งจะแตกต่างการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตที่กล่าวว่า แสมทะเลมีความเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นในการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างประเภทนี้จึงควรเลือกพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมเรียงตามลำดับคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรแนะนำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูป่าชายเลนไม่ว่าจะเป็น หน่วยงานราชการ เกษตรกรเจ้าของนากุ้ง นิสิตนักศึกษา และบุคคลอื่น ๆ เลือกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งร้างเรียงตามลำดับดังนี้คือ (1) โกงกางใบเล็ก (2) แสมทะเล (3) โปรงแดง และ ถั่วขาว

2.2 จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้วโกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านต่าง ๆ ดีกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่นอย่างมากแต่น่าเสียดายที่กล้าไม้โกงกางใบเล็กสามารถสืบพันธุ์ตามธรรมชาติได้น้อยที่สุด เนื่องจากแปลงโกงกางใบเล็กมีความเข้มแสงสัมพัทธ์น้อยที่สุดซึ่งส่งผลให้มีกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงควรทำการตัดสางขยายระยะไม้โกงกางใบเล็กเพื่อจะเป็นการช่วยให้แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านลงถึงพื้นป่าซึ่งจะทำให้กล้าไม้โกงกางใบเล็กการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Alexander, T. G. and J. A. Robertson. 1970. Ascorbic acid as a reductant for inorganic phosphorus determination in change and Jackson fractionation procedure. Soil Sci. 110 (5) : 361-362.

Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. Methods of soil analysis. Agron. Monogr. 9 (2) : 891-900.

Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jwesey. 125 p.

JAM. 1997. Final Report of the ITTO Project on Development and Dissemination of Re-afforestation Techniques of Mangrove Forest. [PD 11-92 Rev. 1(F)]. Publication of the Japan Association for Mangroves, Tokyo, Japan. 104 p.

Smith, R. T. and K. Atkinson. 1975. Techniques in Pedology : A Handbook for Environmental and Resources Studies. Elek Science, London.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1960. Soil fertility and Fertilizer. 2nd ed. The Macmillan Co., New York.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. Base Properties of Nursery Soils and the Application of Potash Fertilizers. J. For. 38 : 330-332 .

การสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

Carbon Accumulation of Mangrove Species Planted on Abandoned Shrimp Ponds in Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province

ฐานันท์ ประทุมมินทร์ Thananun Pratummin
พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ Pipat Patanaponpaiboon
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Growth including total height, diameter at root collar, biomass, carbon accumulation and carbon dioxide absorbtion were studied among the 4 mangrove species with 7 years old namely *Rhizophora apiculata*, *Avicenia marina*, *Bruguiera cylindrica* and *Ceriops tagal* planting on abandoned shrimp farm at Kanhom District, Nakhon Si Thammarat Province. Three hundred plants of each species were sampled for the growth measurement. Results showed that the highest average total height was found in *R. apiculata* (3.96 m) followed *by A. marina* (3.27 m), *C. tagal* (2.43 m) and *B. cylindrica* (2.39 m), respectively. The highest average of diameter at root collar was found in *R. apiculata* (8.12 cm) followed by *A. marina* (7.50 cm.), *B. cylindrica* (6.90 cm) and *C. tagal* (6.25 cm), respectively. The highest total biomass was found in *R. apiculata* (128.5 tonnes/ha) followed by *A. marina* (34.89 tonnes/ha) and *C. tagal* (32.81 tonnes/ha) and while *B. cylindrica* (27.44 tonnes/ha) had lowest total biomass. The carbon dioxide absorbtion was measured by LCA 3 with Parkinson Leaf Chamber in November (wet season) and March (dry season). The carbon accumulation was measured by CHNO analyzer. The highest carbon dioxide absorbtion was found in *A. marina* with the value of 6.49 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ in wet season , 4.42 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ in dry season. The highest carbon accumulation was found in *R. apiculata* (49.88 tonnes carbon/ha) followed by *C. tagal* (15.38 tonnes carbon /ha) *A. marina* (14.18 tonnes carbon/ha) and *B. cylindrica* (14.00 tonnes carbon /ha), respectively.

Key words: Carbon accumulation/Abandoned Shrimp pond/Mangroves/ Nakhon Si Thammarat

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก ความสูง มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในพื้นที่อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยศึกษาพันธุ์ไม้ 4 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และ โปรงแดง (*Ceriops tagal*) ซึ่งมีอายุ 7 ปี หลังจากศึกษาการเติบโต โดยการสุ่มวัดไม้ชนิดละ 300 ต้น พบว่า ความสูงเฉลี่ยของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (3.96 เมตร) รองลงมาคือ แสมทะเล (3.27 เมตร) โปรงแดง (2.43 เมตร) และถั่วขาว (2.39 เมตร) ตามลำดับ สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก

พบว่าโกงกางใบเล็ก (8.12 เซนติเมตร) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (7.50 เซนติเมตร) ถั่วขาว (6.90 เซนติเมตร) และ โปรงแดง (6.28 เซนติเมตร) ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพรวม พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด (20.56 ตัน/ไร่) รองลงมาคือ แสมทะเล (5.58 ตัน/ไร่) โปรงแดง (5.25 ตัน/ไร่) และ ถั่วขาว (4.39 ตัน/ไร่) ตามลำดับ การศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้เครื่อง LCA 3 ร่วมกับ Parkinson Leaf Chamber โดยศึกษา 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (มีนาคม) และฤดูฝน (พฤศจิกายน) และศึกษาการสะสมคาร์บอนโดยใช้เครื่อง CHNO analyzer วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน จากการศึกษาพบว่าแสมทะเล มีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุดทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง (6.49 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูฝนและ 4.42 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูแล้ง) และการสะสมคาร์บอน ของโกงกางใบเล็ก (7.98 ตันคาร์บอนต่อไร่) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง (2.46 ตันคาร์บอนต่อไร่) แสมทะเล (2.27 ตันคาร์บอนต่อไร่) และถั่วขาว (2.24 ตันคาร์บอนต่อไร่) ตามลำดับ

คำหลัก: การสะสมคาร์บอน/นากุ้งร้าง/ป่าชายเลน/นครศรีธรรมราช

คำนำ

สภาพภูมิกาศของโลกในระยะ 10 ปีที่ผ่านมาได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดและได้รับความสนใจอย่างยิ่งคือ สภาวะที่โลกร้อนขึ้นทุก ๆปี ซึ่งเป็นสภาวะที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (green - house effect) กล่าวคือ โลกเป็นเสมือนเรือนเพาะชำที่มีก๊าซต่าง ๆเป็นเสมือนกระจกที่ล้อมรอบเรือนเพาะชำไว้ ซึ่งกลุ่มก๊าซจะยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้แต่ไม่ยอมให้ความร้อนในเรือนเพาะชำระบายออกสู่บรรยากาศ จึงทำให้เรือนเพาะชำอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่สำคัญก๊าซหนึ่งในการทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และเป็นก๊าซที่พืชดูดซับเพื่อไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนสภาพให้เป็นมวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า การสะสมคาร์บอนหรือการกักเก็บคาร์บอน ถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (นฐปัทม์ จิตพิทักษ์, 2541) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขและป้องกันการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศบนโลกนี้คือการรักษาและการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เพราะป่าไม้มีบทบาทในการชะลอการเกิดผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกและป่าไม้ยังช่วยให้การหมุนเวียนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นไปอย่างสมดุล ป่าไม้มีหลายประเภทและป่าเขตร้อนเป็นป่าประเภทหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นป่าที่มีผลผลิตสูงโดยเฉพาะป่าชายเลน (วนบุษป์ เสือดี, 2543) ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญและจัดว่าเป็นป่าที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับป่าประเภทอื่น ๆ

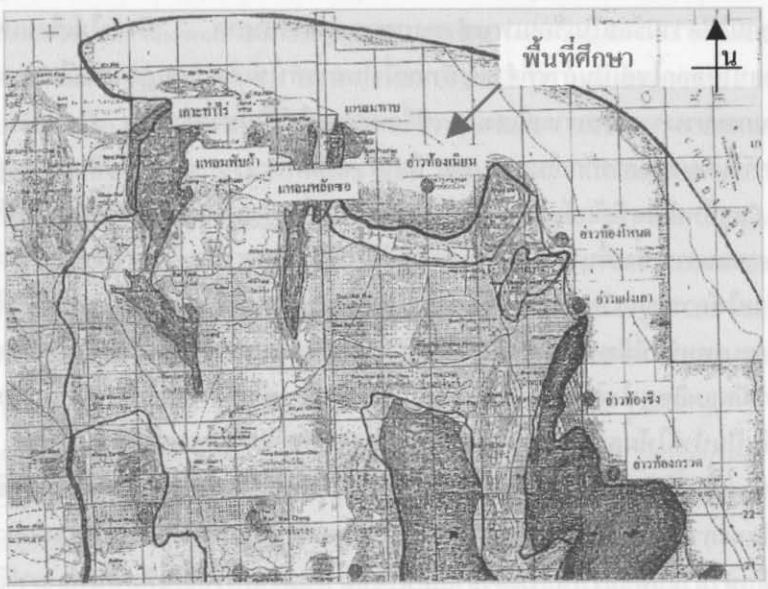
ในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในพื้นที่นากุ้งร้างและสามารถนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการศึกษาหาชนิดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงสภาพพื้นที่นากุ้งร้างให้กลับเป็นพื้นที่ป่าชายเลนที่สมบูรณ์ตามธรรมชาติและยังช่วยในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอนอย่างมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้สนับสนุนความสำคัญของป่าชายเลนในการช่วยบรรเทาและช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1 ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.1 ที่ตั้ง พื้นที่ที่ทำการศึกษา อยู่ในแปลงปลูกไม้ป่าชายเลน ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช (ดังรูปที่ 1, 2 และ 3) โดยพื้นที่นี้ได้ถูกปล่อยให้เป็นนากุ้งร้างประมาณ 10 ปี พื้นที่มีค่าเฉลี่ยพิสัยน้ำขึ้นและน้ำลงเท่ากับ 1-1.5 เมตร และ อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 17.7 องศาเซลเซียส และสูงสุดในเดือนกรกฎาคม 36 องศาเซลเซียส และโครงการ International Tropical Timber Organization (ITTO) ได้เริ่มทำการปลูกฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2538 โดยมีพันธุ์ไม้ที่ปลูก 4 ชนิด คือโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) และถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ซึ่งพันธุ์แต่ละชนิดปลูกในพื้นที่ 5 ไร่ โดยปลูกระยะห่างระหว่างต้น 1.5 x1.5 เมตร

1.2 ลักษณะของดิน แปลงทดลองปลูกไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง พบว่าลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนปนทรายและร่วนปนเหนียว อินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับ 8-14 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดด่างมีค่าเท่ากับ 5.9 – 7.0 ความเค็มของดินมีค่า 30-39 ppt โดยในดินระดับ 30-50 เซนติเมตรมีค่าความเค็มมากกว่าดินระดับ0-30 เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่า 0.40- 0.69 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ ฟอสฟอรัสในดินมีค่า 10-17 ppm



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาขณะที่พันธุ์ไม้ที่ปลูกมีอายุ 1 ปี

โกงกางใบเล็ก

แสมทะเล

ถั่วขาว

โปรงแดง

รูปที่ 3 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาขณะที่พันธุ์ไม้อายุ 7 ปี

1.3 ลักษณะทางภูมิอากาศ

1) อุณหภูมิ ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช สถิติในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 27.1 องศาเซลเซียส พบว่าเดือนเมษายนและพฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 28.3 องศาเซลเซียส และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 25.7 องศาเซลเซียส ในรอบปี พ.ศ. 2544 อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 27.2 องศา

เซลเซียส พบว่าเดือนเมษายนและธันวาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 33.9 องศาเซลเซียสและเดือนพฤศจิกายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 22.4 องศาเซลเซียส

2) ปริมาณน้ำฝน สถิติในช่วง10 ปีที่ผ่านมาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี มีค่า 2,566.8 มิลลิเมตรโดยช่วงที่มีฝนตกชุกคือระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม และเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 590.7 มิลลิเมตรและเดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดคือ 104.9 มิลลิเมตร ในรอบปี พ.ศ. 2544 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีวัดได้ 2,533.0 มิลลิเมตร พบปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือน พฤศจิกายนวัดได้ 635.9 มิลลิเมตรและปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือน กุมภาพันธ์วัดได้ 16.7 มิลลิเมตร

3) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ สถิติในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมาปริมาณ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยปีมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82 โดยเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด ร้อยละ 87 ส่วนเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ ร้อยละ 79 ในรอบปี พ.ศ. 2544 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยปีมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82 โดยเดือนมกราคม ตุลาคมพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 96 ส่วนเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ ร้อยละ 55

2 การเก็บข้อมูล

2.1 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโกงกางใบเล็ก ถั่วขาวและโปรงแดงที่ระดับคอรากและแสมทะเลที่ระดับชิดดิน โดยใช้ Caliper (รูปที่ 4) สุ่มวัดชนิดละ 300 ต้น โดยติดหมายเลขทำการวัดครั้งที่หนึ่งในเดือน เมษายน 2544 ครั้งที่สองในเดือนพฤศจิกายน 2544 และครั้งที่สามในเดือนมีนาคม 2545 ตามลำดับ

2.2 การวัดความสูง วัดความสูงของต้นไม้จากระดับชิดดินถึงระดับปลายยอดของต้นไม้ทั้ง 4 ชนิด วัดโดยใช้ measuring pole (รูปที่ 5) โดยสุ่มวัดชนิดละ 300 ต้น เดิมที่วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำการวัดครั้งที่หนึ่งในเดือนเมษายน 2544 ครั้งที่สองในเดือนพฤศจิกายน 2544 และครั้งที่สามในเดือนมีนาคม 2545 ตามลำดับ

2.3 การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพ

2.3.1.มวลชีวภาพเหนือดินมวลชีวภาพเหนือดินคำนวณจากสมการแอลโลเมตรีโดยดำเนินเป็นขั้นตอนดังนี้

1) เลือกไม้ตัวอย่างเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยกำหนดให้แต่ละชนิดมี 3 ชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ให้คลอบคลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ทั้งหมด 300 ต้น เพื่อ เป็นตัวแทนของต้นไม้ทั้งหมดอย่างเหมาะสม

2) ตัดไม้ตัวอย่างที่ได้คัดเลือกไว้สำหรับไม้แต่ละชนิดโดยตัดที่ระดับชิดดิน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงทั้งหมดของต้นไม้ตัวอย่างที่ตัดลง

3) แยกส่วนของลำต้น กิ่งใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้แต่ละต้น ทำการตัดทอนลำต้นไม้ตัวอย่างท่อนละ 1 เมตร จากโคนถึงปลายยอด

4) ชั่งน้ำหนักสดของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยทำการชั่งแยกในแต่ละท่อนของแต่ละต้น

5) สุ่มเก็บตัวอย่างของส่วนต่าง ๆของไม้แต่ละท่อน บันทึกน้ำหนักสดเพื่อนำไปหาค่าอัตราส่วนระว่างน้ำหนักแห้งและสด

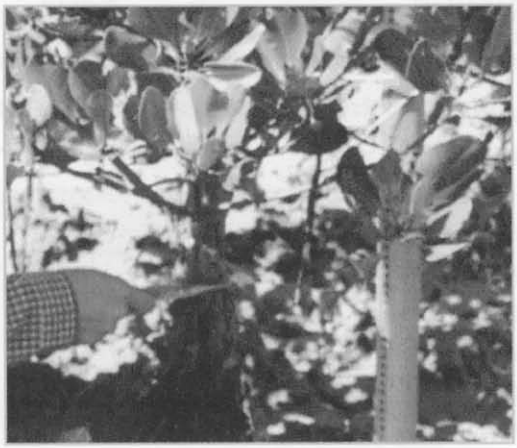
6) นำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง และใบ รากที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้ตัวอย่างแต่ละต้นจากข้อ 5 ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งของตัวอย่างจะคงที่ จากนั้นนำค่าน้ำหนักแห้งที่ได้ไปคำนวณหา อัตราส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆของพืชทั้งต้น และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาสมการแอลโลเมตรี (ตารางที่ 1) เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของพืชทั้ง 300 ต้น

2.3.2. มวลชีวภาพใต้ดิน

1) เก็บรากโดยเก็บจากต้นที่ทำมวลชีวภาพเหนือดิน

2) แยกตัวอย่างรากออกจากดิน

3) การหามวลชีวภาพของราก โดยการชั่งน้ำหนักสดที่แยกแล้วมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักสด(fresh weight) และการหาน้ำหนักแห้งของราก นำรากแต่ละต้นไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำค่าน้ำหนักแห้งที่ได้ไปคำนวณหา อัตราส่วนน้ำหนักสดและแห้ง และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของราก และนำไปคำนวณหาสมการแอลโลเมตรี (ตารางที่ 1) เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของพืชทั้ง 300 ต้น



รูปที่ 4 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

รูปที่ 5 การวัดความสูง

ตารางที่ 1 สมการประมาณมวลชีวภาพของของส่วนลำต้น (Ws) กิ่ง (Wb) ใบ (wl) รากค้ำยัน (Wpr) และราก (Wr) ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	สมการประมาณมวลชีวภาพ	R^2
โกงกางใบเล็ก	$W_S = 0.148 (D^2H)^{0.5659}$	0.9657
	$W_B = 0.0938(D^2H)^{0.6248}$	0.9816
	$W_L = 0.243(D^2H)^{0.04305}$	0.8986
	$W_{PR} = 0.699(D^2H)^{0.4171}$	0.9679
	$W_R = 0.197(D^2H)^{0.49.56}$	0.7173
	$W_T = 1.297(D^2H)^{0.4904}$	0.9915
แสมทะเล	$W_S = 0.238(D^2H)^{0.3836}$	0.9132
	$W_B = 0.137(D^2H)^{0.4316}$	0.7016
	$W_L = 0.160(D^2H)^{0.4230}$	0.7666
	$W_R = 0.078 (D^2H)^{0.6252}$	0.8776
	$W_T = 0.549(D^2H)^{0.4794}$	0.9217
ถั่วขาว	$W_S = 0.031.35(D^2H)^{0.7763}$	0.9720
	$W_B = 0.063(D^2H)^{0.7479}$	0.9701
	$W_L = 0.093(D^2H)^{0.4563}$	0.9221
	$W_R = 0.112(D^2H)^{0.5534}$	0.8575
	$W_T = 0.309(D^2H)^{0.5948}$	0.9900
โปรงแดง	$W_S = 0.029(D^2H)^{0.7324}$	0.9657
	$W_B = 0.068(D^2H)^{0.7479}$	0.9701
	$W_L = 0.199(D^2H)^{0.4680}$	0.9548
	$W_R = 0.107 (D^2H)^{0.7242}$	0.9662
	$W_T = 0.369(D^2H)^{0.6018}$	0.9807

2.4 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บชนิดละ 9 จุดโดยแต่ละจุดทำการเก็บที่ความลึก 2 ระดับ คือระดับ 0-30 เซนติเมตร และ 30-50 เซนติเมตร โดยใช้ soil core (รูปที่ 6) รวมตัวอย่างทั้งหมด 18 ตัวอย่างต่อชนิดพืช ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสมบัติบางประการของดินในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 6 การเก็บตัวอย่างดิน

2.5 เก็บข้อมูลอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เก็บข้อมูลอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบของพันธุ์ไม้ตัวอย่างแต่ละชนิด ทำการเก็บข้อมูลอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง LCA-3 (Leaf Chamber Analysis System) ดังรูปที่ 7 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดอัตราการสังเคราะห์แสงแบบระบบเปิด โดยใช้ร่วมกับ Parkinson Leaf Chamber ดังรูปที่ 8 ขนาด 6.25 ตารางเซนติเมตร ที่สามารถบันทึกค่าต่างๆ ด้วย data logger เช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการไหลผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเข้าสู่ใบ โดยเลือกวัดจากใบที่ได้รับแสงมากที่สุด ประมาณตำแหน่งใบคู่ที่ 2-3 ของกิ่ง โดยใช้ chamber หนีบใบที่เลือกไว้ ทำการวัดอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้น (ประมาณ 6.00 น) จนกระทั่งประมาณ 15.00 น. กำหนดให้เครื่องบันทึกข้อมูลทุกๆ ชั่วโมง บันทึกข้อมูลอัตราการสังเคราะห์แสง พร้อมกับข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมได้แก่ ปริมาณแสง อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รอบปากใบการเก็บตัวอย่างข้อมูลอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำการเก็บ 2 ฤดู คือฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งจะพิจารณาจาก อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ของอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วง 10 ปี และ พ.ศ. 2534-2544 และในช่วงรอบปี 2544 เดือนที่ทำการศึกษาคือ

เดือน มีนาคม เป็นตัวแทนช่วงฤดูแล้ง
เดือน พฤศจิกายน เป็นตัวแทนช่วงฤดูฝน

รูปที่ 7 เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ LCA 3

รูปที่ 8 เครื่องวัดอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ Parkinson leaf Chamber

3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การหาค่าเฉลี่ยเติบโตทางด้านความสูง

$H = \Sigma H/n$

H = ความสูงของต้นไม้แต่ละชนิด

ΣH = ผลรวมความสูงของไม้แต่ละชนิด

n = จำนวนต้นแต่ละชนิด

3.2 การหาค่าเฉลี่ยทางด้านการเจริญเติบทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ของไม้ที่ปลูกในแปลง

$D = \Sigma D/n$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้แต่ละชนิด

ΣD = ผลรวมเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้แต่ละชนิด

n = จำนวนต้นแต่ละชนิด

3.3 การประมาณหามวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด

สามารถประมาณได้ด้วยสมการแอลโลเมตรี (allometric relationship) จากตารางที่ 1

$$W_T = a(D^2H)^b$$

เมื่อ W_T คือ น้ำหนักแห้งของพืชทั้งหมด (กิโลกรัมกรัม)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงของต้น (เซนติเมตร)

a และ b คือ ค่าคงที่

3.4 การวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน

นำดินตัวอย่างที่เก็บจากภาคสนามมาผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม (air dry) แล้วทุบให้ละเอียดนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไป วิเคราะห์เนื้อดิน pH ความเค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิธีวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน

สมบัติที่วิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter อัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:1
เนื้อดิน	Hydrometer method
ความเค็ม	Reflecto-Salinometer
อินทรียวัตถุ	Walkley and Black method
ไนโตรเจน	Micro kjeldahl method
ฟอสฟอรัส	น้ำยาสกัด Bray No.2

3.5 การวิเคราะห์อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1) อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย

2) อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด โดยการคำนวณโดยใช้สมการของ Clough (1998)

3.6. การวิเคราะห์คาร์บอน

นำตัวอย่างพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยนำทุกส่วนของพืชมาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 105 องศา 2 ชั่วโมง แล้ว รอให้เย็น แล้วนำไปวิเคราะห์หาคาร์บอน โดยใช้เครื่อง CHNO analyzer ซึ่งจะได้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอน และนำเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนไปคำนวณหาการสะสมคาร์บอนต่อต้น โดยใช้เปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนคำนวณร่วมกับมวลชีวภาพต่อต้น จะได้เป็นการสะสมคาร์บอนต่อต้น และใช้ความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่ คำนวณเป็นการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ต่อไป

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้ simple linear regression และ multiple linear regression และหาค่า R^2 (squared multiple) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ซึ่งพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ได้แก่

1) การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง

2) การเติบโตทางด้านความสูง

3) การเติบโตทางด้านมวลชีวภาพ

4) อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5) การสะสมคาร์บอน

5) การสะสมคาร์บอน

3.8 การหาค่าอัตราการเติบโต ของพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษาแต่ละชนิด

โดยทำการหาอัตราการเติบโตของต้นไม้ 1 ปี (มีนาคม 2544 -มีนาคม 2545)

$$\text{อัตราการเติบโต} = \frac{W2 - W1}{t2 - t1}$$

W1 คือ การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ เดือนมีนาคม 2544

W 2 คือ การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ เดือนมีนาคม 2545

t1 คือ เวลาที่ทำการศึกษา มีนาคม 2544

t2 คือ เวลาที่ทำการศึกษา มีนาคม 2545

t2- t1 = 1 ปี

ผลและวิจารณ์ผล

1 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก

จากที่ศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง ขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี เดือนมีนาคม 2545 (ตารางที่ 3) พบว่า โกงกางใบเล็ก (8.12 เซนติเมตร) มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (7.50 เซนติเมตร) ถั่วขาว (6.90 เซนติเมตร) และโปรงแดง (6.28 เซนติเมตร) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของสนิท อักษรแก้ว และคณะ (2530) ซึ่งศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนธรรมชาติจังหวัดระนองพบว่าถั่วขาวขนาดเฉลี่ย 6.20 เซนติเมตร โกงกางใบเล็กมีขนาด 5.90 เซนติเมตร โปรงแดงมีขนาด 5.40 เซนติเมตร ตามลำดับ และจะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของจิตต์ คงแสงไชย และคณะ (2534) ในสวนป่าธรรมชาติ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าโกงกางใบเล็กอายุ 6-7 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.28 -5.46 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างมีการเติบโตดีกว่า ผลการศึกษาในทำนองเดียวกันคือโกงกางใบเล็กที่ปลูกในนากุ้งร้างมีการเติบโตมากกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกในป่าธรรมชาติ (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2530) แต่ไม่แตกต่างกันมากทั้งนี้เนื่องจากไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นตามธรรมชาติและลักษณะของดินในนากุ้ง พบว่ามีความใกล้เคียงกันมากกับดินในธรรมชาติ คือเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีสารอาหารมาก ทำให้การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ปลูกบนนากุ้งร้างบริเวณนี้มีแนวโน้มคล้ายกับพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ขึ้นตามธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ป่าชายเลนที่ปลูกที่สวนรุกชาติป่าชายเลนจังหวัดระนอง ที่มีอายุ 7-8 ปี โดยชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์ (2536) พบว่าโกงกางใบเล็ก (6.04 เซนติเมตร) และถั่วขาว (4.64 เซนติเมตร) ที่มีอายุใกล้เคียงกันได้ผลสอดคล้องกับที่ได้ทำการศึกษาโกงกางใบเล็กและถั่วขาวที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง กล่าวคือโกงกางใบเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าถั่วขาว แต่จะเห็นว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโกงกางใบเล็กและถั่วขาวมีขนาดเล็กกว่าที่ปลูกในสวนรุกชาติทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ เมื่อนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่เหมืองแร่ร้างจากการศึกษาของโสภณ หะวานนท์ และคณะ (2538) พบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 5-6 ปี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.98-2.28 เซนติเมตร จะเห็นว่าโกงกางที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างมีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางดีกว่าคือ 6.94 เซนติเมตรเนื่องจากสภาพพื้นที่เหมืองแร่นั้นมีสภาพสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลายมากกว่านากุ้งร้าง

2 การเติบโตทางความสูง

การศึกษาการเติบโตทางความสูงของไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง ขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี เดือนมีนาคม 2545 (ตารางที่ 4) พบว่า โกงกางใบเล็ก (3.96 เมตร) มีการเติบโตทางความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (3.27 เมตร) โปรงแดง (2.43 เมตร) และ ถั่วขาว (2.39 เมตร) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิช (2536) ที่ทำการศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่สวนรุกชาติป่าชายเลน จังหวัดระนอง ที่มีอายุ 7-8 ปี พบว่าการเติบโตทางด้านความสูงของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงกว่าถั่วขาวโดยโกงกางใบเล็กมีความสูง 6.03 เมตร และ ถั่วขาว 5.98 เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบกับการศึกษาในครั้งที่สามนี้พบว่า โกงกางใบเล็ก 3.96 เมตรและถั่วขาว 2.39 เมตรจะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่ามากทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากนากุ้งร้างเป็นสภาพเปิดโล่งต้นไม้ได้รับแสงเต็มที่จึงมีการเติบโตทางเรือนพุ่มมากกว่าความสูงแต่เมื่อเปรียบเทียบโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่ทำเหมืองแร่โดยโสภณ หะวานนท์ และคณะ (2538) พบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 10-11 ปี การเติบโตทางความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 1.53-1.98 เมตร จะเห็นว่าการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนนากุ้งร้างมีมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ การทำเหมืองแร่มีการทำลายหน้าดินมากกว่านากุ้งร้างและดินมีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่านากุ้งด้วย เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของโกงกางใบเล็กที่ปลูกในป่าธรรมชาติที่มีอายุ 7 ปีที่ปลูกในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาของ Aksornkoae et al. (1989) พบว่าโกงกางใบเล็กมีความสูง 8.70 เมตร จะเห็นว่าความสูงของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่ากว่าที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่กุ้งเป็นพื้นที่เปิดโล่งทำให้พันธุ์ไม้ที่ปลูกได้รับแสงเต็มที่และมีการเติบโตทางเรือนพุ่มมากกว่าทางความสูงและยังประกอบกับสภาพดินในพื้นที่นากุ้งร้างถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมีความเหมาะสมน้อยกว่าในป่าธรรมชาติ โดยเฉพาะธาตุอาหารบางชนิดที่จำเป็นในการเติบโตมีปริมาณน้อยกว่าป่าชายเลนธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่ที่เคยเป็นป่าชายเลนธรรมชาติในประเทศเวียตนามพบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 4 ปีมีการเติบโตทางความสูงดีกว่าที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างคือจะมีความสูงประมาณ 3.32 เมตร (Hong, 1996) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสภาพพื้นที่ที่ปลูกในที่ที่เคยเป็นป่าชายเลนมาก่อนมีความเหมาะสม คือสภาพดินเป็นสภาพดินป่าชายเลนเดิมที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติที่ขึ้นอยู่ มีความแตกต่างของความเค็มของน้ำ การขึ้นลงของน้ำทะเล แร่ธาตุในดินและสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ตารางที่ 3 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	เวลาที่เก็บข้อมูลการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (เซนติเมตร)		
	ครั้งที่ 1 มี.ค. 2544	ครั้งที่ 2 พ.ย. 2544	ครั้งที่ 3 มี.ค. 2545
โกงกางใบเล็ก	7.55 ± 1.88 (A)	7.79 ± 1.98 (A)	8.12 ± 2.00 (A)
แสมทะเล	6.45 ± 1.83 (B)	7.06 ± 1.98 (B)	7.50 ± 2.06 (B)
ถั่วขาว	6.17 ± 1.74 (C)	6.65 ± 1.82 (C)	6.90 ± 1.93 (C)
โปรงแดง	5.57 ± 1.25 (D)	6.05 ± 1.25 (D)	6.28± 1.26 (D)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

ตารางที่ 4 การเติบโตทางความสูงไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	เวลาที่เก็บข้อมูลการเติบโตทางความสูง (เมตร)		
	ครั้งที่ 1 มี.ค. 2544	ครั้งที่ 2 พ.ย. 2544	ครั้งที่ 3 มี.ค. 2545
โกงกางใบเล็ก	3.30 ±0.76 (A)	3.96 ± 0.76 (A)	3.96 ± 0.70 (A)
แสมทะเล	2.90±0.52 (B)	3.15 ± 0.62 (B)	3.27 ± 0.57 (B)
ถั่วขาว	2.00 ± 0.50 (C)	2.24 ± 0.58 (C)	2.39 ± 0.59 (C)
โปรงแดง	2.06 ±0.40 (C)	2.30± 0.41 (C)	2.43 ± 0.40 (C)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

3. อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก

การศึกษาอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในระยะเวลา 1 ปี (ตารางที่ 5) พบว่า แสมทะเล (0.84 เซนติเมตรต่อปี) มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว (0.73 เซนติเมตรต่อปี) โปรงแดง (0.71 เซนติเมตรต่อปี) และโกงกางใบเล็ก (0.58 เซนติเมตรต่อปี) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนที่ปลูกตามป่าธรรมชาติ จังหวัดระนอง จากการศึกษาโดยสนิท อักษรแก้ว และคณะ (2530) พบว่าโกงกางใบเล็ก (0.44 เซนติเมตรต่อปี) ถั่วขาว (0.18เซนติเมตรต่อปี) และ โปรงแดง (0.10 เซนติเมตรต่อปี) มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าพันธุ์ไม้ที่ปลูกในพื้นที่นากุ้งร้าง ทั้งนี้เนื่องจากพันธุ์ไม้ในป่าธรรมชาติส่วนใหญ่มีการเติบโตเต็มที่แล้วและต้นไม้ในป่าธรรมชาติได้รับแสงน้อยกว่าต้นไม้ที่ปลูกในนากุ้งร้างที่เป็นพื้นที่โล่งแจ้งจึงทำให้อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า

4. อัตราการเติบโตทางความสูง

การศึกษาอัตราการเติบโตทางด้านความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในระยะเวลา 1 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตทางความสูงมากที่สุด (0.67 เมตรต่อปี) รองลงมาคือแสมทะเล (0.37 เมตรต่อปี) ถั่วขาว (0.38 เมตรต่อปี) และโปรงแดง (0.37 เมตรต่อปี) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่เหมืองแร่ร้าง จากการศึกษาของทนุวงศ์ แสงเทียน และคณะ(2536) ที่ศึกษาการเติบโตของโกงกางใบเล็กในเหมืองแร่ร้าง จ.ระนอง อายุ 3 ปี 6 เดือน พบว่าอัตราการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็ก (0.71 เมตรต่อปี) ในเหมืองแร่ร้างมีค่ามากกว่าอัตราการเจริญทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง ทั้งนี้เกิดจากสภาพของพื้นที่และลักษณะของดินที่ดินในเหมืองแร่ร้างดินมีลักษณะอ่อนกว่าดินในพื้นที่นากุ้งร้าง ทำให้โกงกางใบเล็กที่ชอบเติบโตในดินที่อ่อน เติบโตได้ดีกว่า

ตารางที่ 5 อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากและความสูงต่อต้นเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	อัตราการเพิ่มพูน	
	เส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (เซนติเมตร/ปี)	ความสูง (เมตร/ปี)
โกงกางใบเล็ก	0.58 ±0.97 (A)	0.67 ±0.56 (A)
แสมทะเล	1.05 ±1.0 4 (B)	0.37 ±0.32 (B)
ถั่วขาว	0.73 ±0.70 (A)	0.38 ±0.36 (B)
โปรงแดง	0.71 ±0.30 (A)	0.37 ±0.18 (B)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

5. การเติบโตทางมวลชีวภาพ

5.1 มวลชีวภาพของรากต่อต้น มวลชีวภาพของรากต่อต้นของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากต่อต้นมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาวตามลำดับ ซึ่งในครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าโกงกางใบเล็ก มีมวลชีวภาพรากต่อต้น คือ 3.14 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น โปรงแดง 3.02 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น แสมทะเล 2.07 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น และถั่วขาว 1.57 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น ตามลำดับ

การเติบโตที่รวดเร็วของระบบรากมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในป่าชายเลนเพราะถ้าการเติบโตของรากดีทำให้พืชสามารถดึงแร่ธาตุได้มากทำให้มีผลของการเติบโตสูง

5.2 มวลชีวภาพของลำต้นต่อต้น มวลชีวภาพของลำต้นต่อต้นของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษามวลชีวภาพของลำต้นต่อต้นทั้งครั้งที่สามพบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลลำต้นต่อต้นมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง และในครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพลำต้นต่อต้นของโกงกางใบเล็ก คือ 3.52 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น แสมทะเล 1.75 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น ถั่วขาว 1.32 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น และโปรงแดง 0.85 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ JAM (1997) ที่ศึกษาพันธุ์ไม้ชนิดเดียวกันพื้นที่เดียวกัน แต่ต่างกันที่อายุ คือศึกษาเมื่ออายุ 1 ปี พบว่าแสมทะเลมีมวลชีวภาพของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือโกงกางใบเล็ก ถั่วขาวและโปรงแดงตามลำดับ

มวลชีวภาพของลำต้นจะมีความเกี่ยวข้องขนาดความโตของลำต้นและขนาดความสูงของต้นไม้ คือต้นไม้ที่มีขนาดความโตของลำต้นและความสูงมากจะทำให้มวลชีวภาพของลำต้นมีมากด้วย (พูลศรี เมืองสง, 2541) เมื่อพิจารณาความสูงความโตพบว่าโกงกางใบเล็กมีมากที่สุดรองลงมาคือ แสมทะเลถั่วขาว และโปรงแดงตามลำดับ นอกจากนี้ยังประกอบลักษณะเฉพาะตัวของพันธุ์ไม้และสิ่งแวดล้อมคือสิ่งแวดล้อมทั่วไปในพื้นที่นากุ้งร้างมีความเหมาะสมกับโกงกางใบเล็กและแสมทะเลมากกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น แสมทะเลเป็นไม้เบิกนำชนิดหนึ่งซึ่งชอบแสงมาก และในพื้นที่นากุ้งร้างเป็นที่เปิดโล่งจึงเหมาะต่อการเติบโตของแสมทะเล การศึกษามวลชีวภาพของลำต้นในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่ามวลชีวภาพลำต้นของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่าถั่วขาวและโปรงแดง การศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของวนบุษป์ เสือดี (2543) ที่ทำการศึกษามวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลนปลูกบางชนิดที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มวลชีวภาพลำต้นต่อต้นของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพลำต้นต่อต้นของโปรงแดง

5.3 มวลชีวภาพของกิ่งต่อต้น มวลชีวภาพของกิ่งต่อต้นของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษามวลชีวภาพของกิ่งต่อต้นทั้งสามครั้งพบว่ามวลชีวภาพกิ่งต่อต้นของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพกิ่งต่อต้นของโกงกางใบเล็กคือ 3.12 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้นถั่วขาว 2.31 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น แสมทะเล 1.30 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น และ โปรงแดง 0.83 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่า ถั่วขาวมีจำนวนกิ่งหลักมากกว่า และโปรงแดงตามลำดับ การศึกษาของ JAM (1997) พบว่ามวลชีวภาพกิ่งต่อต้นของ โกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่า ถั่วขาว และโปรงแดง ตามลำดับ แม้ว่าลักษณะของแสมทะเลจะเป็นไม้ที่แตกทรงพุ่มกว่าถั่วขาวแต่มวลชีวภาพกิ่งต่อต้นน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้ที่แตกต่างกัน (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์, 2536)

5.4 มวลชีวภาพของใบต่อต้น มวลชีวภาพของใบต่อต้นของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากมวลชีวภาพของใบต่อต้นทั้งสามครั้งที่ศึกษาพบในโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาวตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สามขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพใบต่อต้นของโกงกางใบเล็ก 2.68 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น โปรงแดง 1.69 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น แสมทะเล 1.45 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น และ ถั่วขาว 0.81 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น เมื่อเปรียบกับการศึกษาของ JAM(1997) ที่ศึกษาในพื้นที่เดียวกันพบว่า โกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีมวลชีวภาพใบมากที่สุดรองลงมาคือ ถั่วขาว และ โปรงแดงตามลำดับ จะเห็นว่าผลที่ศึกษาไม่สอดคล้องกันทั้งหมดเนื่องจากการศึกษาครั้งเป็นการใช้สมการแบบเดียวอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย Kira และ Shidei (1967) ได้สรุปว่าการนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับใดระดับหนึ่งมาใช้เพื่อการประมาณหามวลชีวภาพทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ แต่การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่าโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพใบมากที่สุด รองลงมาคือโปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ

5.5 มวลชีวภาพรวม มวลชีวภาพรวมต่อต้นของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราชจากการศึกษามวลชีวภาพรวม พบว่ามวลชีวภาพรวมต่อต้นของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สามขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545) พบว่า มวลชีวภาพรวมต่อต้นของโกงกางใบเล็ก 20.68 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น แสมทะเล 6.70 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น โปรงแดง 5.86 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น และ ถั่วขาว 5.30 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ JAM (1997) ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีค่ามากกว่า ถั่วขาวและโปรงแดง แต่ต่างกันที่ในการศึกษาครั้งมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันรวมอยู่ด้วยทำให้มวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่าแสมทะเลมาก แต่การศึกษาของ JAM (1997) นั้นโกงกางใบเล็กไม่ค่อยมีรากค้ำยันทำให้มวลชีวภาพเหนือดินของโกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีค่าใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับการศึกษาของพูลศรี เมืองสง (2541) ที่โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพมากกว่า ถั่วขาว และโปรงแดง และการศึกษาของวนบุษป์ เสือดี (2543) ที่พบว่ามวลชีวภาพรวมของ โกงกางใบเล็ก มีค่ามากกว่า โปรงแดง

5.6 มวลชีวภาพต่อพื้นที่ การศึกษาพบว่ามวลชีวภาพรวมต่อพื้นในขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 6 และ 7 ปี (ตารางที่ 6 และ 7) พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมต่อพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาวตามลำดับ โดยในครั้งที่สามพบว่ามวลชีวภาพรวมต่อพื้นที่ของโกงกางใบเล็ก 20.56 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ แสมทะเล 5.58 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ โปรงแดง 5.25 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่และถั่วขาว 4.39ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง โดยโสภณ ทะวานนท์ และ คณะ (2538) ได้ศึกษาการเติบโตและมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็ก ในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่ จังหวัดระนอง โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรี เพื่อประมาณผลผลิตมวลชีวภาพ พบว่าไม้โกงกางใบเล็กเมื่ออายุ 5 ปี และ 6

ปี มีผลผลิตมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 1.38 และ 2.3 ตันต่อไร่ จะเห็นว่ามวลชีวภาพรวมเหนือดินของโกงกางใบเล็ก (17.34 ตันต่อไร่) ในพื้นที่นากุ้งร้างมีมวลชีวภาพเหนือดินมากกว่าทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่มีสภาพเปลี่ยนแปลงมากกว่าพื้นที่ที่ผ่านการทำนากุ้ง ซึ่งในพื้นที่นากุ้งร้างหน้าดินส่วนใหญ่ยังอยู่ในสภาพเดิมและดินยังคงมีธาตุอาหารเพียงพอที่จะใช้ในการเติบโตของพืช (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544) ไพศาล ธนะเพิ่มพูน (2532) พบว่าผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โกงกางใบเล็กที่อายุ 5-20 ปี มีค่าผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นมากที่สุดรองลงมาได้แก่ ส่วนของรากค้ำยัน กิ่ง และใบ ตามลำดับ สำหรับผลผลิตมวลชีวภาพรวมหรือส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดพบว่าที่อายุ 5 และ 6 ปี เท่ากับ 1.36 และ 2.25 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมวลชีวภาพรวมของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งที่ศึกษาในครั้งนี้ มีค่ามากกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกในสวนป่าปลูก ป่ากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

เมื่อนำผลการศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบกับการศึกษาของวิโรจน์ ธีรธนาธร (2531) ในโกงกางใบเล็กในบริเวณเหมืองแร่ร้าง จังหวัดพังงา ที่พบว่ามวลชีวภาพรวม 12 ตันต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากนากุ้งร้างเป็นพื้นที่เปิดโล่งทำให้ต้นไม้ได้รับแสงได้มากทำให้การเติบโตมากกว่า การศึกษาครั้งนี้พบว่ามวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของราก (รากค้ำยันและรากใต้ดิน)และใบมากกว่าไม้ชนิดอื่น ซึ่งการเติบโตของรากมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะตลอดชีวิตของต้นไม้ต้นใดต้นหนึ่งจะได้รับสิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตจากรากและใบโดยผ่านทางเดินอาหาร โดยรากเป็นส่วนที่นำแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินมาใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเติบโตและรากต้องอาศัยใบเพื่อให้ได้รับน้ำและแร่ธาตุ (พงษ์ศักดิ์ สหุนาฬุ, 2538)

ตารางที่ 6 มวลชีวภาพ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) เมื่อมีอายุ 6 ปี (มีนาคม 2544)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	2.72 ± 0.80 (a)	6.35 ± 1.60	2.97 ± 0.99 (a)	2.58 ± 0.95 (a)	2.37 ± 0.61 (a)	17.39 ± 5.09 (a)
แสมทะเล	1.33 ± 0.59 (b)	-	1.24 ± 0.32 (b)	0.90 ± 0.26 (b)	1.01 ± 0.29 (b)	4.57 ± 1.50 (b)
ถั่วขาว	1.13 ± 0.46 (c)	-	0.87 ± 0..51 (c)	1.54 ± 0.87 (c)	0.61 ± 0.20 (c)	3.57 ± 1.66 (c)
โปรงแดง	2.03 ± 0.85 (d)	-	0.57 ± 0.24 (d)	0.55 ± 0.22 (d)	1.26 ± 0.35 (d)	4.13 ± 1.45 (bc)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

ตารางที่ 7 มวลชีวภาพ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) เมื่อมีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	3.22 ± 0.92 (a)	7.31 ± 1.81	3..60 ± 1.16 (a)	3.20 ± 1.12 (a)	2.74±0.70 (a)	20.56 ± 5.82 (a)
แสมทะเล	1.73 ± 0.68 (b)	-	1.46 ±0.35 (b)	1.08±0.29 (b)	1.21±0.32 (b)	5.58 ± 1.68 (b)
ถั่วขาว	1.40 ± 0.56 (c)	-	1.07±0.63 (c)	1.88±1.05 (c)	0.68±0.23 (c)	4.39 ± 1.93 (c)
โปรงแดง	2.70 ± 1.00 (d)	-	0.76±0.29 (d)	0.75 ±0.27 (d)	1.52±0.37 (d)	5.25 ± 1.64 (bc)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

5.7 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ การศึกษาอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในระยะเวลา 1 ปี จากอายุ 6 ปี เป็นอายุ 7 ปี พบว่าอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของโกงกางใบเล็ก มีค่ามากที่สุดคือ 3.08 ตันต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือโปรงแดง 1.12 ตันต่อไร่ต่อปี แสมทะเล 1.01 ตันต่อไร่ต่อปี และ ถั่วขาว 1.00 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบกับการศึกษาของ โสภณ ทะวานนท์และคณะ (2538) ซึ่งได้ประมาณค่าผลผลิตมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กอายุ 5- 6 ปี บริเวณพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่ จังหวัดระนอง โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรี พบว่าอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ 0.87 ตันต่อไร่ต่อปี การศึกษาผลผลิตสวนป่าไม้โกงกางใบเล็กอายุ 5-6 ปี ที่จังหวัดปัตตานีพบว่าอัตราการเพิ่มพูน 1.43 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างมีการเพิ่มพูนทางมวลชีวภาพสูงซึ่งสอดคลองกับ นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2534) พบว่าการปลูกป่าชายเลนที่บริเวณอ่าวปัตตานี เมื่อมีการถ่ายเทน้ำจากนากุ้งสู่แปลงป่าชายเลนเป็นครั้งคราวทำให้กล้าไม้เติบโตงอกงามกว่าที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ

6. การสะสมคาร์บอน

6.1 การสะสมคาร์บอนต่อต้น การสะสมคาร์บอนรวมต่อต้นของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาแสมทะเล โปรงแดง และ ถั่วขาว ตามลำดับ ขณะพันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี (ตารางที่8) พบว่าการสะสมคาร์บอนรวมต่อต้นของโกงกางใบเล็ก 7.80 กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น โปรงแดง 2.74 กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น แสมทะเล 2.72 กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น และถั่วขาว 2.50 กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น จะเห็นว่าอัตราการสะสมคาร์บอนขึ้นกับเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนและมวลชีวภาพ ถ้ามีมวลชีวภาพมาก ก็จะทำให้มีการสะสมคาร์บอนสูงด้วย อย่างเช่น โกงกางใบเล็กมีเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนน้อยกว่าโปรงแดง แต่มีมวลชีวภาพรวมต่อต้นมากกว่าจึงทำให้การสะสมคาร์บอนรวมต่อต้นสูงกว่าโปรงแดง

6.2 การสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ การสะสมคาร์บอนรวมต่อพื้นที่ (ตารางที่ 9) ของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมา โปรงแดง แสมทะเล และ ถั่วขาว ตามลำดับ ขณะพันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545) พบว่าการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ของโกงกางใบเล็กคือ 7.98 ตันคาร์บอนต่อไร่ โปรงแดง 2.46 ตันคาร์บอนต่อไร่ แสมทะเล 2.27 ตันคาร์บอนต่อไร่ และถั่วขาว 2.24 ตันคาร์บอนต่อไร่ จากพื้นที่นากุ้งร้างที่ใช้ปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 5 ไร่ จะเห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 39.99 ตันคาร์บอนต่อ5ไร่ โปรงแดง 12.30 ตัน

คาร์บอนต่อ5ไร่ แสมทะเล 11.35 ตันคาร์บอนต่อ5ไร่ และถั่วขาว 11.20 ตันคาร์บอนต่อ 5 ไร่ ซึ่งรวมทุกชนิดจะได้การสะสมคาร์บอนทั้งหมด 74.84 ตันคาร์บอนต่อ20ไร่ และถ้าปลูกโกงกางใบเล็กชนิดเดียว 20 ไร่ จะพบว่าการสะสมคาร์บอนเท่ากับ 159.6 ตันคาร์บอนต่อ20ไร่

ซึ่ง ในปี พ.ศ. 2529 มีพื้นที่นากุ้ง 689,120 ไร่ และจากการสำรวจครั้งสุดท้ายปี พ.ศ. 2539 พบว่ามีพื้นที่นากุ้งทิ้งสิ้นประมาณ 418,736 ไร่ (ธงชัย จารุพพัฒน์และจิรวรรณ จารุพพัฒน์, 2540) ซึ่งจะเห็นว่าพื้นนากุ้งได้ลดลง แสดงว่าพื้นที่ลดลงนี้ ผู้ประกอบการได้เลิกกิจการทำนากุ้งไป ทำให้เป็นพื้นที่นากุ้งได้กลายเป็นนากุ้งร้าง ประมาณ ไร่ 270,384 ไร่ ดังนั้นถ้าเราทำการปลูกฟื้นฟูนากุ้งร้างด้วยพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดจะมีพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนถึง 1,011,776 ตันคาร์บอนของพื้นที่นากุ้งร้างทั้งหมด แต่เราปลูกเฉพาะโกงกางใบเล็ก การสะสมคาร์บอนประเมินได้เท่ากับ 2,157,664 ตันคาร์บอนของพื้นที่นากุ้งร้างทั้งหมด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่นากุ้งร้างเราต้องคำนึงถึงขอบเขต (Zonation) การขึ้นของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนด้วย

6.3 อัตราการสะสมคาร์บอน การศึกษาอัตราการสะสมคาร์บอน ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างในระยะเวลา 1 ปี จากอายุ 6 ปี ถึง 7 ปี (ตารางที่ 10) พบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการสะสมคาร์บอนมากที่สุด 1.23 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือ โปรงแดง 0.87 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ถั่วขาว 0.52 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี และแสมทะเล 0.40 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งอัตราการสะสมคาร์บอนในโกงกางใบเล็กมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าชายเลนในจังหวัดสตูล ที่ศึกษาโดย Aksornkoae et al. (1989) พบว่าอัตราการสะสมคาร์บอนในจังหวัดสตูลคือ 1.37 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนปฐมภูมิที่อินโดนีเซีย ซึ่งจากการศึกษาของ Komiyama (2002) พบว่าป่าชายเลนในอินโดนีเซียมีอัตราการสะสมคาร์บอน 25.34 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปีซึ่งมากกว่าป่าชายเลนที่ปลูกในนากุ้งร้างทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและอินโดนีเซียต่างกันทำให้การเติบโตและการสะสมคาร์บอนต่างกันและขึ้นกับความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ด้วย

ตารางที่ 8 การสะสมคาร์บอนต่อต้นของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง (กิโลกรัมคาร์บอนต่อต้น) ขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	1.10 ± 0.31 (a)	2.86 ± 0.71	1.55 ± 0.50 (a)	1.25 ± 0.44 (a)	1.04 ± 0.26 (a)	7.8 0 ± 2.22 (a)
แสมทะเล	0.83 ± 0.33 (b)	-	0.77 ± 0.19 (b)	0.56 ± 0.15 (b)	0.56 ± 0.15 (b)	2.72 ± 0.82 (b)
ถั่วขาว	0.55 ± 0.22 (c)	-	0.61 ± 0.35 (c)	1.02 ± 0.56 (c)	0.32 ± 0.11 (c)	2.50 ± 1.24 (c)
โปรงแดง	1.21 ± 0.45 (d)	-	0.39 ± 0.15 (d)	0.38 ± 0.14 (d)	0.76 ± 0.19 (d)	2.74 ± 0.93. (b)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

ตารางที่ 9 การสะสมคาร์บอน ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง (ตันคาร์บอนต่อไร่) เมื่อมีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	1.33 ± 0.32 (a)	2.93 ± 0.72	1.59± 0.51 (a)	1.28 ± 0.45 (a)	1.07±0.27 (a)	7.98 ± 2.27 (a)
แสมทะเล	0.69 ± 0.27 (b)	-	0.64±0.16 (b)	0.46 ±0.13 (b)	0.47±0.13 (b)	2.27 ± 0.68 (b)
ถั่วขาว	0.49 ± 0.20 (c)	-	0.55±0.31 (c)	0.91±0.50 (c)	0.29±0.10 (c)	2.24 ± 1.11 (b)
โปรงแดง	1.08± 0.40 (d)	-	0.35±0.13 (d)	0.34 ±0.13 (d)	0.68±0.17 (d)	2.46 ± 0.83 (b)

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันแนวตั้งของแต่ละชนิดแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการทดสอบโดยใช้ DUNCAN'S NEW MULTIPLE RANGE TEST

7.1 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในฤดูฝนของพันธุ์ไม้ทั้งสี่ชนิดมีค่ามากกว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในฤดูแล้ง โดยอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งฤดูของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าแสมทะเลมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่ากับ 6.49 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูฝน และ 4.42 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูแล้งรองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก 3.78 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูฝน และ 3.16 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูแล้ง ถั่วขาว 3.73 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูฝนและ 2.47 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูแล้ง และโปรงแดง 2.63 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูฝนและ 1.60 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในฤดูแล้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ลดาวัลย์ พวงจิตร และคณะ (2541) ที่กล่าวว่าความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ของพรรณไม้ป่าชายเลน มีความแตกต่างกันและความสามารถนี้จะมีความผันแปรแตกต่างกันในช่วงวัน ในแต่ละฤดูกาลและแต่ละท้องที่ และพบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า ถั่วขาวและโปรงแดง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาในครั้งนี้กับการศึกษาในเรือนทดลอง พบว่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของโกงกางใบเล็ก คือ 3.16- 3.78 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างมีค่าต่ำกว่าของโกงกางใบเล็กที่ปลูกในเรือนทดลอง คือ 4.63 μ mol $m^{-2}s^{-1}$ (พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และคณะ, 2540) ทั้งนี้เนื่องจากในเรือนทดลองมีการให้แร่ธาตุสม่ำเสมอและครบตามที่พืชต้องการมากกว่าในนากุ้งร้างที่สภาพดินเปลี่ยนแปลงไป

จากการศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของแสมทะเลในออสเตรเลียโดย Attiwill and Clough (1980) พบว่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 10.2 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ป่าชายเลนยังขึ้นกับฤดูกาลซึ่งจะเห็นว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในฤดูฝนมีมากกว่าฤดูแล้งซึ่งสอดคล้องกับ Aksornkoae et. al. (1991) ซึ่งศึกษาในไม้ป่าชายเลนที่จังหวัดระนองพบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 17.3 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเท่ากับ 10.8 μmol $m^{-2}s^{-1}$

ตารางที่ 10 อัตราการเพิ่มพูนคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง (ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	0.17±0.15	0.39±0.36	0.28±0.23	0.24±0.20	0.15±0.13	1.23±1.07
	(a)		(a)	(a)	(a)	(a)
แสมทะเล	0.16±0.16		0.09±0.10	0.08±0.08	0.08±0.08	0.40±0.39
	(a)		(b)	(b)	(b)	(b)
ถั่วขาว	0.10±0.08		0.14±0.13	0.23±0.21	0.05±0.04	0.52±0.46
	(b)		(c)	(c)	(c)	(c)
โปรงแดง	0.27±0.11		0.09±0.04	0.09±0.04	0.43±0.07	0.87±0.25
	(c)		(b)	(b)	(d)	(d)

ตารางที่ 11 อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยและสูงสุดต่อวันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ชนิด	อัตราการดูดซับ CO_2 เฉลี่ย (μMOL $M^{-2}s^{-1}$)		อัตราการดูดซับ CO_2 สูงสุด (μMOL $M^{-2}s^{-1}$)		อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียล)	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
โกงกางใบเล็ก	3.78 ±2.87(A)	3.16 ±1.73(A)	9	5.9	32	33
แสมทะเล	6.49 ±5.13(B)	4.42 ±2.67(B)	12.7	9.5	32	33
ถั่วขาว	3.73 ±2.63(C)	2.47 ±1.34(C)	8	5.2	32.2	33
โปรงแดง	2.63 ±1.11(D)	1.60 ±0.86(D)	4.1	2.8	32	33

7.2 อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด การศึกษาพบว่าแสมทะเลมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน คือ 12.7 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูฝน) และ 9.5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูแล้ง) รองลงมาคือโกงกางใบเล็ก 9 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูฝน) และ 5.9 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูแล้ง) และ ถั่วขาว 8 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูฝน) และ 5.2 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูแล้ง) และโปรงแดง 4.1 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูฝน) และ 2.8 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ฤดูแล้ง) เมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของแสมทะเลในออสเตรเลียโดย Attiwill and Clough (1980) พบว่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 10.2 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งมีค่าระหว่างที่ศึกษาครั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่ Attwill และ Clough ศึกษาเป็นช่วงระหว่างฤดูแล้งและฝน และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของพิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และคณะ (2540) พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของโกงกางใบล็กในเรือนทดลองคือ 9.47 μmol $m^{-2}s^{-1}$

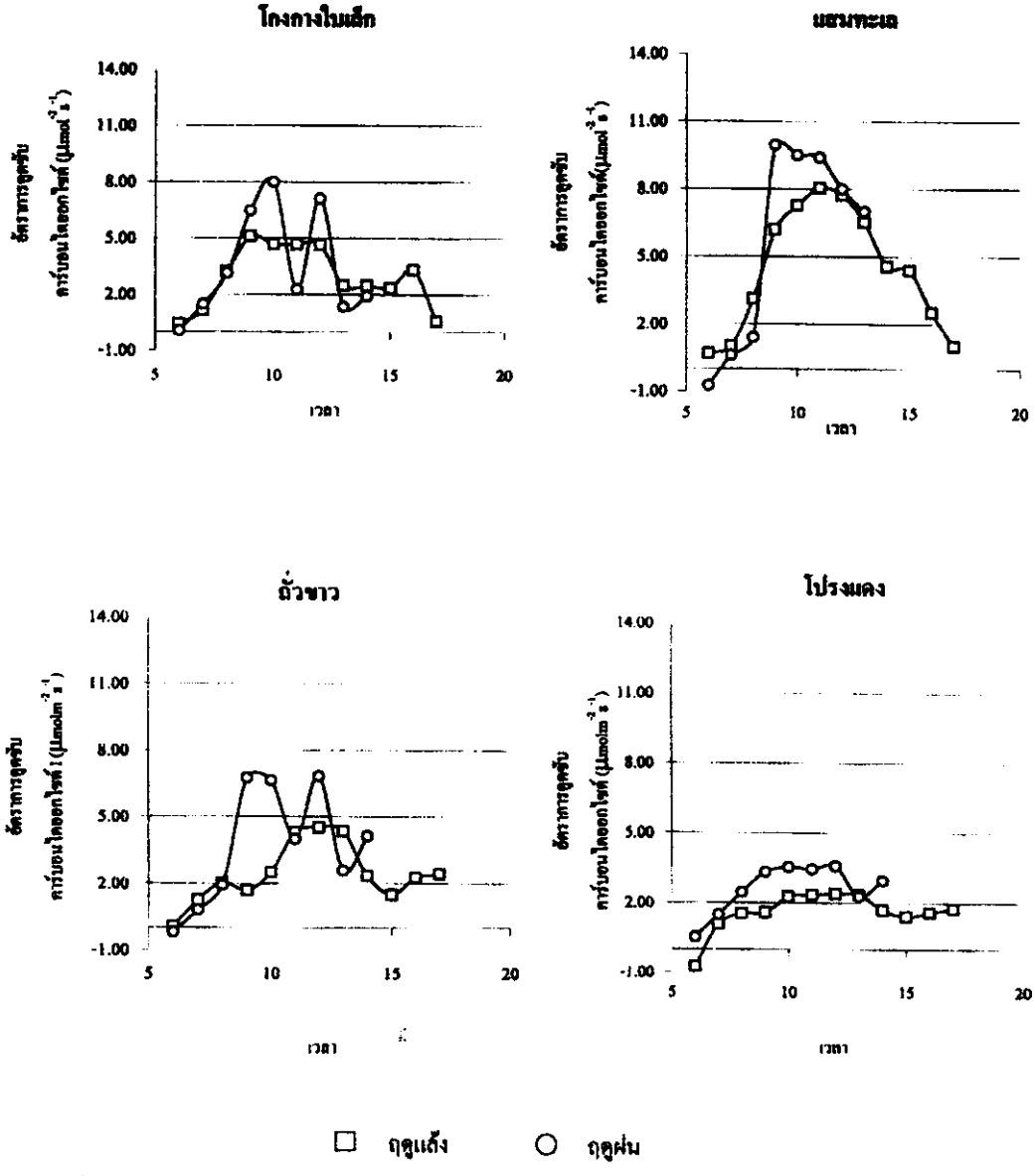
7.3 ความผันแปรของอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวัน การศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด (รูปที่ 10) พบว่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด มีรูปแบบแตกต่างกัน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดสูงในช่วงเช้า (9.30-10.30 นาฬิกา) และลดลงในช่วงตอนบ่าย จากการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับลดาวัลย์ พวงจิตรและคณะ (2540) ที่พบว่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงในช่วงเช้าและจะลดในช่วงบ่าย และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Andrews et al. (1984) ที่ศึกษาใน *R. stylosa* ในประเทศออสเตรเลียที่อัตราการดูดซับจะสูงในช่วงเช้ามากมากกว่าช่วงบ่าย

7.4 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสง จุดอิ่มตัวของแสงของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีจุดอิ่มตัวของแสงแตกต่างกัน (รูปที่ 11 และ 12) โดยพบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง จุดอิ่มตัวของแสงของแสมทะเลมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือโกงกางใบเล็กและโปรงแดงตามลำดับ โดยทั่วไปจุดอิ่มตัวของแสงในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันโดยทั่วไปจะพบว่าความเข้มแสงอิ่มตัวของพืช C_3 มีค่าน้อยกว่าพืช C_4 ในพืช C_3ด้วยกันพืชที่ชอบแสงมากจะมีจุดอิ่มตัวของแสงสูงกว่าพืชที่ชอบร่ม ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสมทะเลเป็นพืชชอบแสงและเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำจะเห็นว่ามีจุดอิ่มตัวของแสงมากกว่าโปรงแดงซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ชอบร่ม และนอกจากนี้ Bjorkman (unpublished) พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ป่าชายเลนอาจถูกยับยั้งได้ถ้าได้รับแสงแดดจัดโดยตรง โดยเฉพาะในสภาวะที่ความเค็มสูง

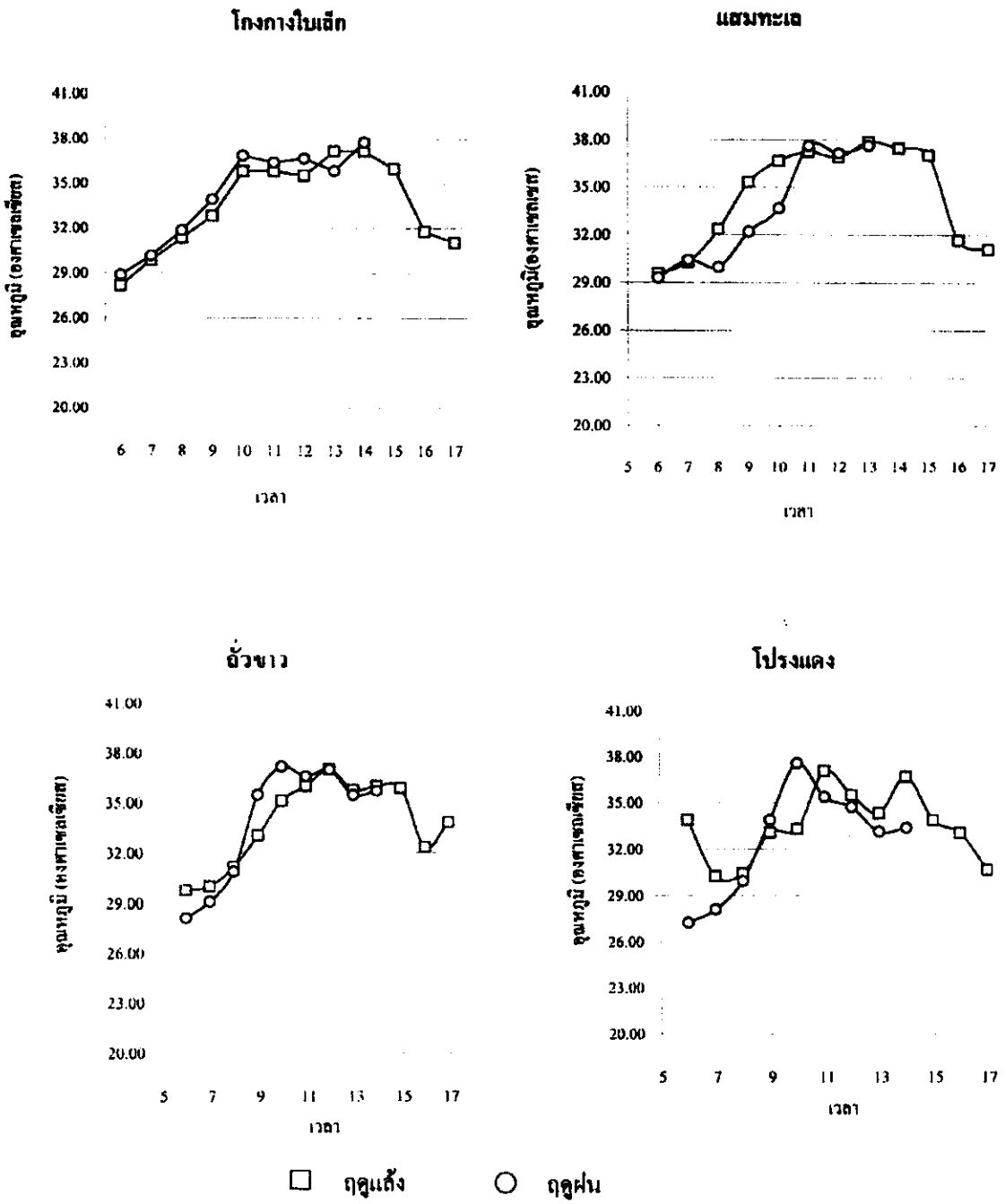
7.5 การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับอุณหภูมิ อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (รูปที่ 10) โดยจะเห็นว่าการตอบสนองของอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออุณหภูมิของพันธุ์ไม้ทั้งสี่ชนิด มีการตอบสนองของการดูดซับคาร์บอนได้ออกไซด์ต่ออุณภูมิในฤดูฝนและฤดูแล้งคล้ายกันคือในช่วงเช้าเมื่ออุณภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นแต่ในช่วงบ่ายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง สอดคล้องกับ ลดาวัลย์ พวงจิตร และคณะ (2541) ที่ศึกษาการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้ป่าชายเลนในท้องที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรีในฤดูแล้งที่พบว่าอัตราการสังเคราะห์หรืออัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงเมื่ออุณภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ทั้งสี่ชนิดอยู่ในช่วง 32-33 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับ ของ Moore et al. (1973) ที่พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส

7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอัตราการดูดซับคาร์บอนได้ออกไซด์กับมวลชีวภาพ

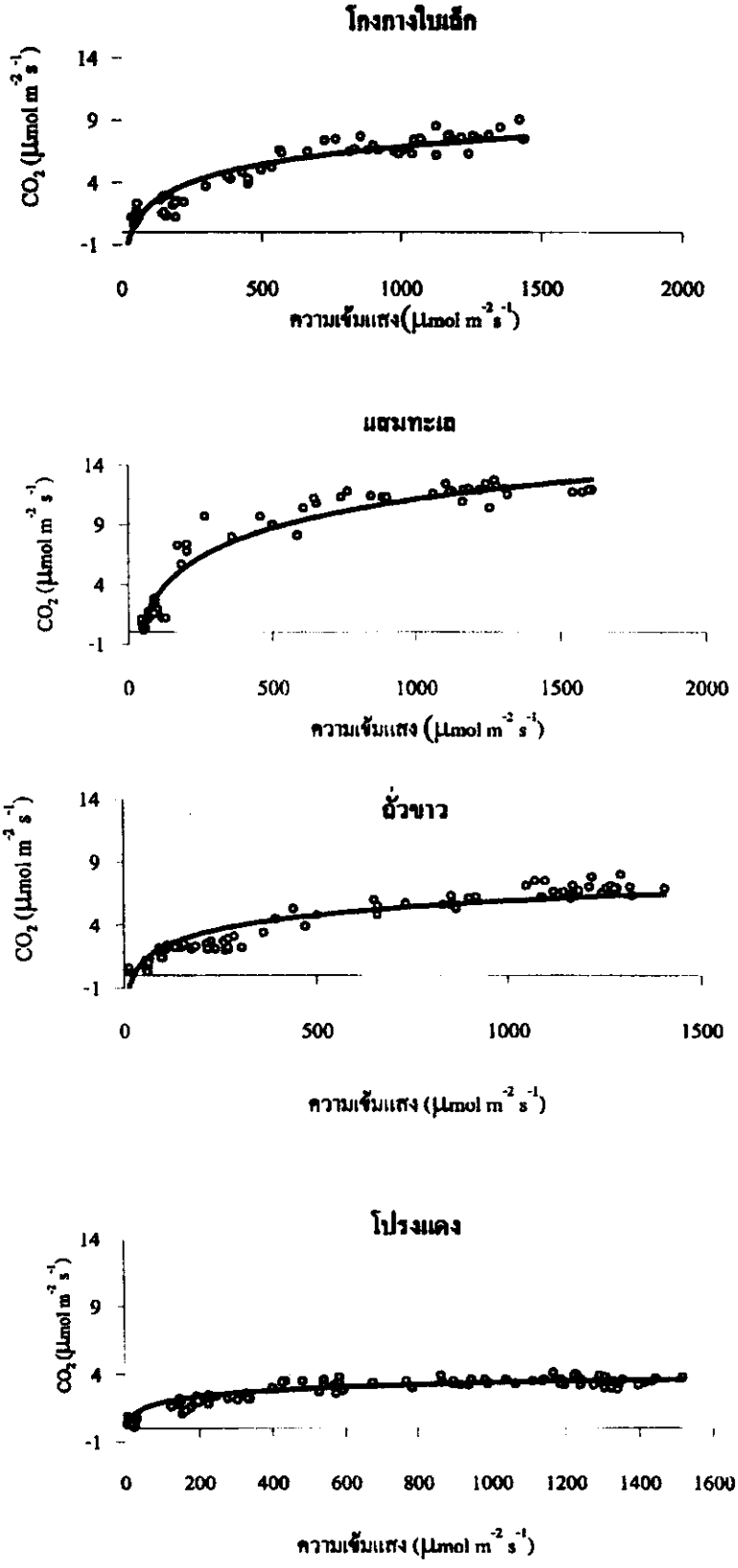
การเพิ่มพูนมวลชีวภาพมีทิศทางไปทางเดียวกับอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (รูปที่ 13) กล่าวคือ แสมทะเลและโกงกางใบเล็กมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าถั่วขาวและโปรงแดง พบว่ามวลชีวภาพมีมากกว่าด้วย ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ ลดาวัลย์ พวงจิตร และ คณะ (2541) ที่พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงมีแนวโน้มทิศทางเดียวกับการเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และสอดคล้องกับวนบุษป์ เสือดี (2543) ที่ว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลน คือไม้ที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงจะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงด้วย Ledig and Perry (1969) ที่ได้สรุปว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงหรืออัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์นั้นกับการเติบโตนั้นมีความสัมพันธ์โดยไม่มีทิศทางที่แน่นอน



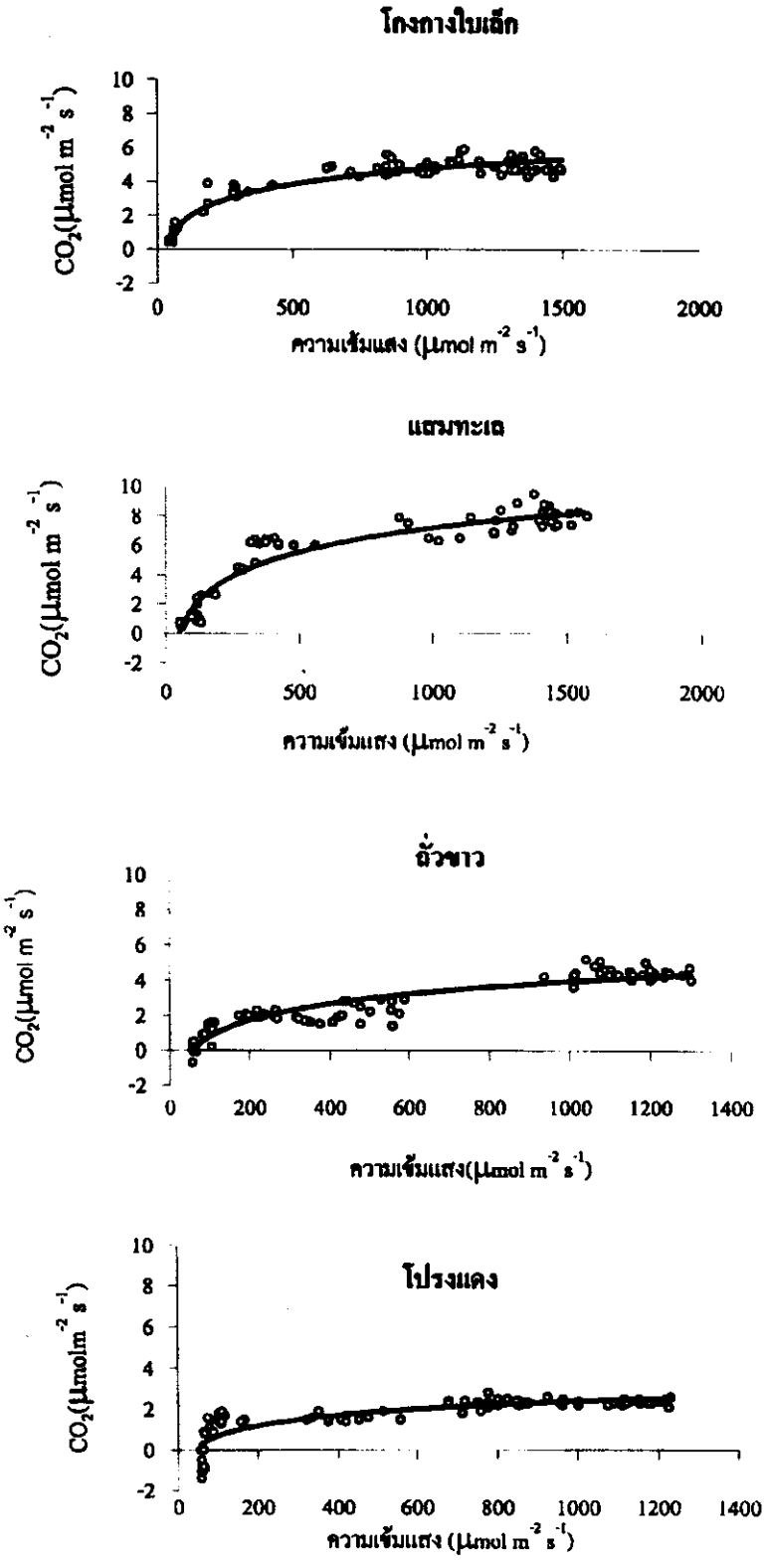
รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงวันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช



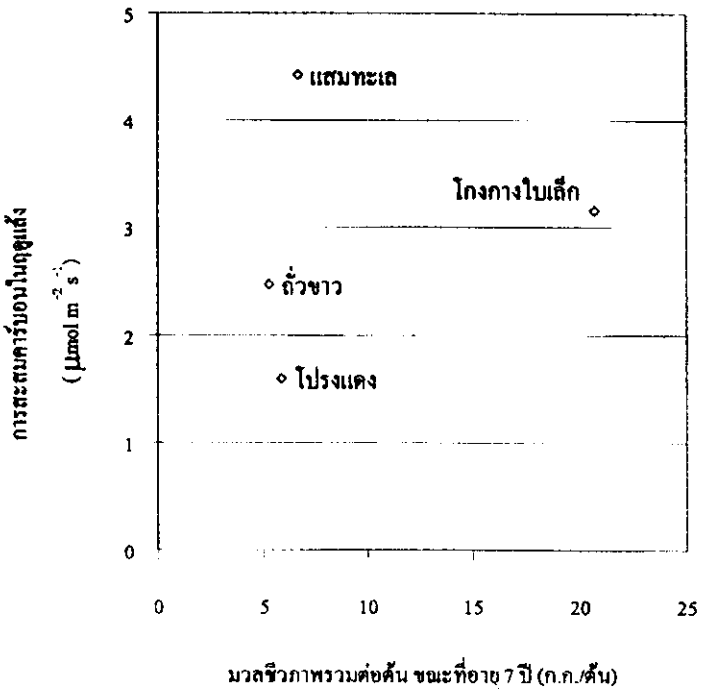
รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงวันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสงในฤดูฝน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสงในฤดูแล้ง



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$) ในฤดูแล้ง (มีนาคม 2545) กับมวลชีวภาพรวมต่อต้น (กิโลกรัมต่อต้น) ขณะที่อายุ 7 ปี ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

8. ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน

สมบัติของดินบนแปลงทดลองปลูกไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง พบว่าลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนปนทรายและร่วนปนเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับดินที่ปลูกป่าชายในนากุ้งร้าง จังหวัดระนอง (พูลศรี เมืองสง, 2541) ซึ่งพบว่าเนื้อดินในแปลงที่ปลูกป่าชายเลนมีลักษณะเป็นดินร่วนถึงร่วนปนเหนียว อินทรีย์วัตถุ คือ 8-14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ความเป็นกรดด่าง คือ 5.9 - 7.0 ซึ่งเป็นกรดน้อยถึงกลางซึ่งเป็นลักษณะของความเป็นกรด-ด่างของดินในเขตแปลงโกงกางและแสมทะเลคือ 6.2-6.6 (Hesse, 1961) ความเค็มคือ 30-39 psu โดยในดินระดับ 30-50 เซนติเมตรมีค่าความเค็มมากกว่าดินระดับ0-30 เซนติเมตร ฟอสฟอรัส คือ 10-17 ppm ซึ่งมีค่าน้อยกว่าดินในแปลงนากุ้งร้าง จังหวัดระนอง (พูลศรี เมืองสง, 2541) ทั้งนี้เนื่องจากที่ศึกษาในครั้งนี้พันธุ์ไม้มีอายุมากกว่าทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสมีน้อยกว่า เพราะว่าสภาพนากุ้งร้างจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมมาก แต่เมื่อมีการปลูกพืชพืชจะดึงฟอสฟอรัสมาใช้ในการเติบโตทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลงด้วย ไนโตรเจนทั้งหมดคือ 0.40-0.69 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับป่าชายเลนธรรมชาติในดินเขตไม้โกงกาง 0.44 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าดินในเขตหาดเลนคือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ (Hesse, 1961)

9. ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน

ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในแต่ละแปลงของโกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว แสดงรายละเอียด ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สมบัติกายภาพและเคมีบางประการของดิน ของพันธุ์ไม้ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

สมบัติของดิน	ระดับความลึก	โกงกางใบเล็ก	แสมทะเล	โปรงแดง	ถั่วขาว
% อนุภาคดินเหนียว	0-30 ซม.	35.0	29.0	32.5	24.5
	30-50 ซม.	32.0	23.0	28.0	22.5
% อนุภาคดินแป้ง	0-30 ซม.	26.0	27.0	24.5	39.0
	30-50 ซม.	29.0	33.0	33.0	40.0
% อนุภาคดินทราย	0-30 ซม.	39.0	44.0	52.5	35.5
	30-50 ซม.	39.0	44.0	44.0	37.5
ลักษณะเนื้อดิน	0-30 ซม.	CLAY LOAM	LOAM	SANDY LOAM	LOAM
	30-50 ซม.	CLAY LOAM	LOAM	SANDY LOAM	LOAM
OC	0-30 ซม.	6.27	5.92	4.68	4.83
(เปอร์เซ็นต์)	30-50 ซม.	8.01	6.1	5.13	5.36
อินทรียวัตถุ	0-30 ซม.	10.79	10.90	10.06	8.3
(เปอร์เซ็นต์)	30-50 ซม.	13.76	10.48	8.82	9
กรด-ด่าง	0-30 ซม.	6.44	6.84	6.98	7.04
	30-50 ซม.	5.92	6.52	6.82	6.52
ความเค็ม	0-30 ซม.	30.0	30.2	30.7	30.6
(PSU)	30-50 ซม.	36.9	36.2	37.1	39.0
ฟอสฟอรัส	0-30 ซม.	12.0	11.0	11.0	15.0
(PPM)	30-50 ซม.	13.0	10.0	17.0	17.0
ไนโตรเจน	0-30 ซม.	0.54	0.51	0.4	0.42
(เปอร์เซ็นต์)	30-50 ซม.	0.69	0.52	0.44	0.45

10 ศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

ผลการศึกษาการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง โดยการให้คะแนน (ตารางที่ 13) คือ พันธุ์ไม้ที่เติบโตดีที่สุดให้ 4 คะแนน ส่วนไม้ที่การเติบโตรองลงมาคือ 3 และ 2 ตามลำดับ ส่วนที่เติบโตต่ำที่สุดให้ 1 คะแนน ซึ่งในการให้คะแนนจะใช้ผลทางสถิติด้วยคือ เมื่อมีไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คะแนนจะเท่ากัน

ตารางที่ 13 ศักยภาพของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด

ประเภท	โกงกางใบเล็ก	แสมทะเล	ถั่วขาว	โปรงแดง
อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ซม./ปี)	3	4	3	3
อัตราการเติบโตทางความสูงเฉลี่ย (ม./ปี)	4	3	3	3
อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวม (ตันน้ำหนักแห้ง/ไร่/ปี)	4	3	3	3
อัตราการสะสมคาร์บอน (ตันคาร์บอน/ไร่/ปี)	4	1	2	3
การดูดซับคาร์บอน ไดออกไซด์ เฉลี่ย(μMOL M^{-2} S^{-1})	3	4	2	1
รวม	18	15	13	13

หมายเหตุ

คะแนน 4 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตดีที่สุด

คะแนน 3 และ 2 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตรองลงมา

คะแนน 1 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตน้อยที่สุด

11. ศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในนากุ้งร้าง

เมื่อพิจารณาที่ฐานคะแนนที่ได้จากการรวมคะแนนจากการเติบโตลักษณะต่าง ๆของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่า พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างคือ โกงกางใบเล็กและแสมทะเล ส่วนถั่วขาวและ โปรงแดง มีความเหมาะสมน้อยในการนำมาปลูกเพื่อฟื้นฟูนากุ้งร้างในอำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งสอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่ทำการศึกษาศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในนากุ้งร้าง จังหวัดระนองพบว่าโกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมากกว่าถั่วขาว โปรงแดงตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่า การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็ก (8.12 เซนติเมตร) มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (7.50เซนติเมตร) ถั่วขาว (6.90 เซนติเมตร) และโปรงแดง (6.28 เซนติเมตร) ตามลำดับ จากการศึกษาอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากพบว่า แสมทะเล (0.84 เซนติเมตรต่อปี) มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว (0.73 เซนติเมตรต่อปี) โปรงแดง (0.71 เซนติเมตรต่อปี) และ โกงกางใบเล็ก (0.58 เซนติเมตรต่อปี) ตามลำดับ สำหรับการเติบโตทางความสูง ในขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็ก (3.96 เมตร) มีการเติบโตทางความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (3.27 เมตร) โปรงแดง (2.43 เมตร) และถั่วขาว (2.39 เมตร) ตามลำดับ จากการศึกษาอัตราการเติบโตทางความสูงในระยะเวลา 1 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตทางความสูงมากที่สุด (0.67 เมตรต่อปี) รองลงมาคือ แสมทะเล (0.37 เมตรต่อปี) ถั่วขาว (0.38 เมตรต่อปี) และโปรงแดง (0.37 เมตรต่อปี) ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพรวมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี ในโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (20.56 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) รองลงมาคือ แสมทะเล (5.58 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) โปรงแดง (5.25 ตันน้ำหนัก

แห้งต่อไร่) และถั่วขาว (4.39 ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) ตามลำดับ จากการศึกษาอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวม พบว่าของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (3.08 ตันต่อไร่ต่อปี) รองลงมาคือ โปรงแดง (1.12 ตันต่อไร่ต่อปี) แสมทะเล 1.01 (ตันต่อไร่ต่อปี) และถั่วขาว (1.00 ตันต่อไร่ต่อปี) ตามลำดับ การสะสมคาร์บอนรวมต่อพื้นที่ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (7.98 ตันคาร์บอนต่อไร่) รองลงมาคือ โปรงแดง (2.46 ตันคาร์บอนต่อไร่) แสมทะเล (2.27 ตันคาร์บอนต่อไร่) และถั่วขาว (2.24 ตันคาร์บอนต่อไร่) ตามลำดับ ซึ่ง ในปี พ.ศ. 2529 มีพื้นที่นากุ้ง 689, 120 ไร่ และจากการสำรวจครั้งสุดท้ายปี พ.ศ. 2539 พบว่ามีพื้นที่นากุ้งทั้งสิ้นประมาณ 418, 736 ไร่ (ธงชัย จารุพพัฒน์ และ จิรวรรณ จารุพพัฒน์, 2540) ซึ่งจะเห็นว่าสามารถประมาณพื้นที่นากุ้งร้างได้ 270, 384 ไร่ ดังนั้นถ้าเราทำการปลูกฟื้นฟูนากุ้งร้างด้วยพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดจะมีพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนถึง 1,011,776 ตันคาร์บอนของพื้นที่นากุ้งร้างทั้งหมด แต่ถ้าปลูกเฉพาะโกงกางใบเล็ก 2,157,664 ตันคาร์บอนของพื้นที่นากุ้งร้างทั้งหมด สำหรับการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ในขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าแสมทะเลมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (6.49 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูฝน, 4.42 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ฤดูแล้ง) มากที่สุดรองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก (3.78 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูฝน, 3.16 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูแล้ง) ถั่วขาว (3.73 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูฝน, 2.47 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูแล้ง) และโปรงแดง (2.63 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูฝน, 1.6 μmol $m^{-2}s^{-1}$ฤดูแล้ง) ตามลำดับ ส่วนศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปลูกฟื้นฟูพื้นที่นากุ้งร้าง คือ โกงกางใบเล็ก และ แสมทะเล รองลงมาคือ ถั่วขาวและโปรงแดง

เอกสารอ้างอิง

จิตต์ คงแสงไชย, โสภณ หะวานนท์ และไพศาล ธนะเพิ่มพูน. 2534. ผลผลิตของสวนป่าชายเลนในประเทศไทย. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 7, 22-25 กรฎาคม 2534, ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง. หน้า VI-3. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ชัยสิทธ์ ตระกูลศิริพานิชย์. 2536. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดในท้องที่ อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทนุวงศ์ แสงเทียน, เนาวรัตน์ นตโนภาส และ รานี ปรีดาเวศน์. 2536. เปอร์เซ็นต์การรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบเล็กที่ปลูกด้วยความหนาแน่นสูงในพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 8 "การจัดการทรัพยากรป่าชายเลนแบบยั่งยืน" ระหว่างวันที่ 24-28 สิงหาคม 2536 ณ โรงแรมวังใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. น VI-2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ธงชัย จารุพพัฒน์และ จิรวรรณ จารุพพัฒน์. 2540. การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landset-5 (TM) ติดตามสภาพความเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน" : บทเรียนในรอบ 20 ปี: 25-28 สิงหาคม 2540. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

นฐปัทม์ จิตพิทักษ์. 2541. มาตรการป้องกันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก. วารสารสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 2. ฉบับที่ 11. ตุลาคม - ธันวาคม. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2534. การปลูกป่าชายเลนบนหาดเลนใหม่ของอ่าวปัตตานี. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 7, 22-25 กรฎาคม 2534, ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. ความสำเร็จการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่สภาพต่างกัน. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 11, 9-12 กรฎาคม 2544, ณ โรงแรมตรังพลาซ่า จังหวัดตรัง. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ. 2538. ผลผลิตและการหมุนของธาตุอาหารในระบบป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 651 หน้า.

พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, ศศิธร พ่วงปาน และเจนจิรา แก้วรัตน์. 2540. ประสิทธิภาพของโกงกางใบเล็กในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสร้างผลผลิตมวลชีวภาพ. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน" : บทเรียนในรอบ 20 ปี : 25-28 สิงหาคม 2540. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

พูลศรี เมืองสง. 2541. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล ธนะเพิ่มพูน. 2532. ผลผลิตของสวนป่าไม้โกงกางใบเล็ก จังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลดาวัลย์ พวงจิตร, สนิท อักษรแก้ว และวัลยา คงผล. 2540. การสังเคราะห์แสงและการตอบสนองต่อปัจจัยแสงของพรรณไม้ป่าชายเลนบางชนิด. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน" : บทเรียนในรอบ 20 ปี : 25-28 สิงหาคม 2540. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

วิโรจน์ ธีรธนาธร. 2531. การเติบโตและการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในพื้นที่หลังจากการทำเหมืองแร่ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2540. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อโครงสร้างและการเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สนิท อักษรแก้ว, จิตต์ คงแสงไชย และวิพักตร์ จินตนา. 2530. ความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลนในประเทศไทย. ว ารสารวนศาสตร์. ปีที่ 6 (2) : 160-187

Aksornkoae, S., S. Panichsuko, W. Srisawatt, S.Panichchat, V. Ag-uru, N. Jintana, V. Jintana, J. Krachaivong and B. Kooha. 1989. Inventory and Monitoring on Mangrove in Thailand. Final Report, Submitted to The Office of the National Environment Board, Bangkok.

Aksornkoae, S., W.Arirob, K.G. Boto, H.T. Chan, B.F. Clough, W.K. Hardjowigeno, S. Havanond, V. Jintana, C. Khemnark, J. Kongsangchai, S. Limpiyaprapant, S. Muksombat, J.E. Ong, A.B. Samarnkoon and K. Suppibul. 1991. Soil and Forest Study, pp.35-81. *In*: Final Report of the Intergrated Multidisciplinary Survey and Research Program of Ranong Mangrove Ecosystem. UNDP/UNESCO Reg. Pro. Res. And Its Appli. Manag. Of the Mangr. Of Asia and Pacific (RAS/86/120) Bangkok Thailand.

Attiwill, P.M. and B.F. Clough. 1980. Carbon Dioxide and Water Vapour Exchange in the White Mangrove. Photosynthetica 14 (1) : 40-47.

Hesse, P.R. 1961. Some Differences between the soil of *Rhizophora* and *Avicennia* Mangrove Swamps in Sierra Leone. Plant and Soil.14 (4) : 335-346.

Hong P.N. 1996. Restoration of Mangrove Ecosystem. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan.

JAM. 1997. Final report of the ITTO Project on Development and Dissemination of Re- afforestation Techniques of Mangrove Forest. (PD11-92 Rev. 1(F)). Publication of the Japan Association for Mangrove, Tokyo, Japan.

Kira, T. and T. Shidei. 1976. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17:70-87.

Komiyama A. 2002. Carbon balance in the dynamivs of mangrove ecosystem. เอกสารประกอบการสัมมนา 26 -27 สิงหาคม 2545 ณ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 6 หน้า.

Ledig, F.T. and T.O. Perry. 1969. Net assimilation rate and growth in loblolly pine seedlings. For. Sci. 15 : 431-438.

ดัชนีพื้นที่เรือนยอดของสวนป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง บริเวณอำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

Leaf Area Index of Mangrove Plantation on Abandoned Shrimp Ponds, Kha-nom District, Nakhon Si Thammarat Province

อรวรรณ พรานไชย
สนิท อักษรแก้ว
ลดาวัลย์ พวงจิตร

Aorrawan Pranchai
Sanit Aksornkoae
Ladawan Puangchit

Abstract

Leaf area index of four mangrove species planting on abandoned shrimp ponds, namely, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia marina*, *Bruguiera cylindrica* and *Ceriops tagal* were investigated. It was found that, *R. apiculata* has highest leaf area index with value of 1.5584. The leaf area index *C. tagal*, *B. cylindrica* and *A. marina* area 1.2912, 1.2453 and 1.1570 respectively. Leaf area index of four species varried from seasons which are high in rainy season (October) than in summer season (April). *R. apiculata* grew best due to high values of leaf area index in both season. *R. apiculata* can prolong its growth thoughout the year. The leaf area index increased when the ages of the tree increased. In relation to relative light intensity, *A. marina* showed the highest value followed by *C. tagal*, *B. cylindrica* and *R. apiculata*. Leaf area index is one of the indicator can be used to estimate the growth rate of mangrove trees and the age of mangrove plantation for thinning operation.

Key words: Leaf area index/Mangroves/Abandoned shrimp pond/Nakhon Si Thammarat

บทคัดย่อ

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของพันธุ์ไม้ที่ปลูก โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5584, 1.2912, 1.2453 และ 1.1570 ตามลำดับ ค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดจะต่างกันตามฤดูกาล พันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่จะมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดในฤดูฝน (ตุลาคม) มากกว่าในฤดูแล้ง (เมษายน) โกงกางใบเล็กมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากที่สุดในทั้งสองฤดูกาลซึ่งแสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถเติบโตได้ดี ส่วนปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ส่องผ่านเรือนยอดพบว่าแสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.4170, 50.0037, 47.1793 และ 40.9246 ตามลำดับ พื้นที่เรือนยอดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดได้ในระดับหนึ่งและสามารถนำมากำหนดอายุของสวนป่าชายเลนในการตัดสางขยายระยะได้

คำหลัก: ดัชนีพื้นที่เรือนยอด/ป่าชายเลน/นากุ้งร้าง/นครศรีธรรมราช

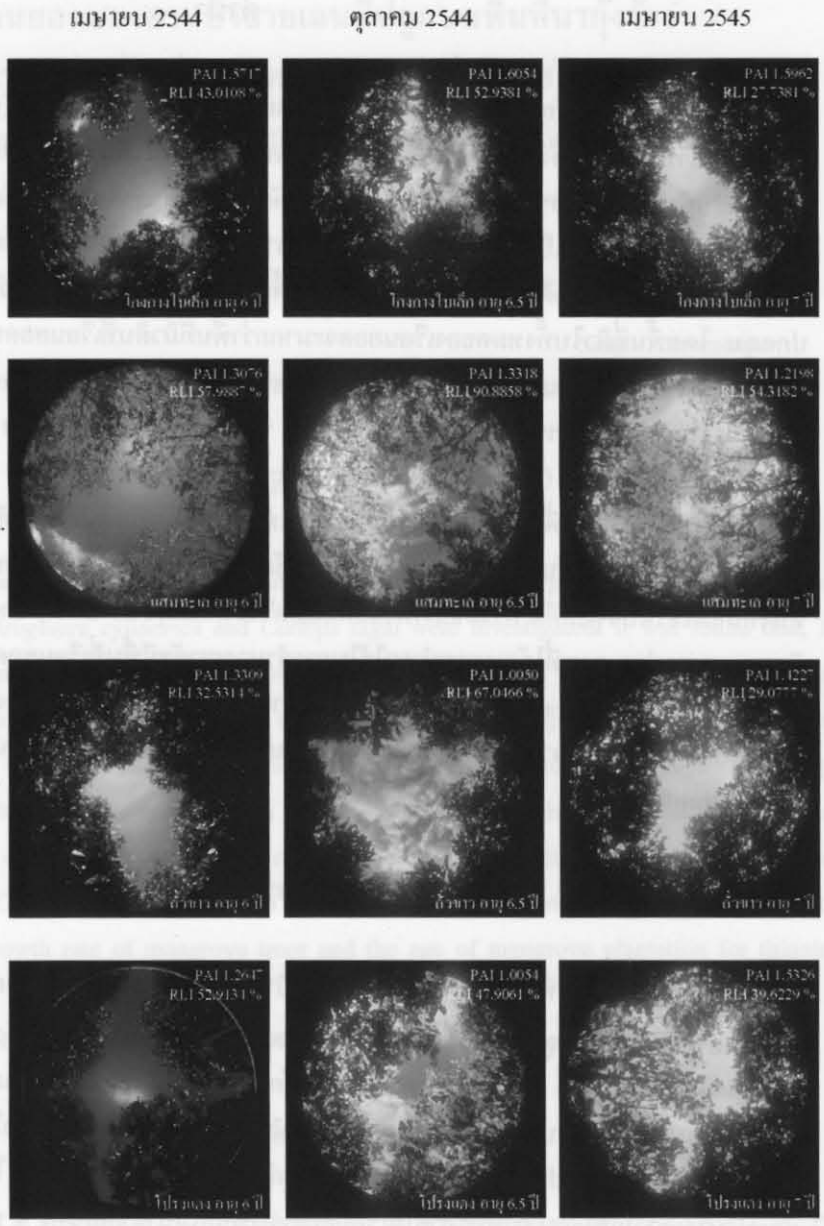
คำนำ

ใบเป็นส่วนสำคัญของต้นไม้มีบทบาทหลักในด้านผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ของป่าโดยใบไม้ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี และต้นไม้นำไปใช้ในการสร้างอาหารให้มีการเติบโตและสามารถสืบพันธุ์ต่อไป (อรุณี ภู่สุดแสวง, 2545) ดังนั้นดัชนีพื้นที่เรือนยอดหรือดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index, LAI) ของสังคมพืชจึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการให้ผลผลิตของป่า และกระบวนการในการผลิตของป่า (พงษ์ศักดิ์ สหุนาหุ, 2538) ดัชนีพื้นที่ผิวใบคืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ดินที่เรือนยอดปกคลุม โดยพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของเรือนยอดจะมากกว่าพื้นที่ผิวดินที่เรือนยอดปกคลุมเพราะการซ้อนทับและการทำมุมของใบ ค่าของดัชนีพื้นที่ใบจะแตกต่างกันไปตามชนิดไม้และสภาพพื้นที่ (Oliver and Larson, 1996) ดัชนีพื้นที่ผิวใบมีความสำคัญในการประมาณกระบวนการต่าง ๆ ที่สำคัญของระบบนิเวศ รวมทั้งการหมุนเวียนของก๊าซ การคายน้ำ การรองรับน้ำฝน (rainfall interception) และการสะสมของซากพืช

การวัดค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบโดยทางตรงอาจใช้วิธีการตัดไม้ในแปลงและทำการวัดซึ่งเป็นงานที่หนัก และเป็นการทำลายต้นไม้ สำหรับวิธีที่ประหยัดและไม่ต้องใช้แรงงานมาก ทำได้โดยการประมาณพื้นที่ผิวใบซึ่งมีหลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ การถ่ายภาพในลักษณะครึ่งวงกลม (180 องศา) จากพื้นดินขึ้นไปหาเรือนยอดด้วยเลนส์พิเศษแบบตาปลา ภาพที่ได้สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ได้อีกด้วย (Ishizuka and Kanazawa, 1991) ในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของสวนป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างซึ่งยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสวนป่าชายเลน ดังจะได้แสดงผลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว อายุ 6–7 ปี ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง โดยมีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร × 1.5 เมตร โดยการใช้ภาพถ่ายการปกคลุมเรือนยอด (รูปที่ 1) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายรูปแบบสะท้อนเลนส์เดี่ยว (single-lens reflect) ขนาด 35 มม. ร่วมกับเลนส์ตาปลา (fish-eye lens) เพื่อนำมาคำนวณหาดัชนีพื้นที่ผิวใบโดยใช้โปรแกรม FEW 5.2 b ของ Moriyoshi Ishizuka แปลงละ 3 รูป โดยหมายจุดที่ทำการถ่ายรูปในครั้งแรก ในการประเมินค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดและปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ภายใต้เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างอายุ 6 ปี, 6.5 ปี และ 7 ปี



รูปที่ 1 ภาพถ่ายเรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดในเดือนเมษายน 2544 เดือนตุลาคม 2544 และเดือนเมษายน 2545 ในแปลงปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด อายุ 6–7 ปี ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง โดยมีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร × 1.5 เมตร โดยการใช้ภาพถ่ายการปกคลุมเรือนยอด (รูปที่ 1) ในการประเมินค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดและปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ภายใต้เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างอายุ 6 ปี, 6.5 ปี และ 7 ปี การศึกษาปรากฏผลดังนี้

เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5215, 1.1942, 1.1781 และ 1.0653 ตามลำดับ เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 6.5 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5769, 1.2087, 1.1118 และ 1.0691 ตามลำดับ เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5767, 1.4867, 1.4300 และ 1.3367 ตามลำดับ และจากการคำนวณดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้ง 3 ครั้งพบว่า โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5584, 1.2912, 1.2453 และ 1.1570 ตามลำดับ โดยที่โกงกางใบเล็กมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากกว่าถั่วขาว และแสมทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

หากพิจารณาค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดจากความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลจะพบว่าฤดูฝนซึ่งก็คือในเดือนตุลาคม 2544 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนจะมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากกว่าในฤดูแล้งซึ่งก็คือในเดือนเมษายน 2544 ตัวอย่างเช่นในฤดูฝนโกงกางใบเล็กมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5769 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5215 หรือ ในฤดูฝนแสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0691 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0653 หรือในฤดูฝนโปรงแดงมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.2087 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1781 เป็นต้น แต่ก็มีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดหนึ่งที่มิได้เป็นไปตามนั้น ซึ่งก็คือถั่วขาวที่มีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดในฤดูแล้งมากกว่าในฤดูฝน โดยในฤดูแล้งถั่วขาวมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1942 ในขณะที่ในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 1.1118 และจากการที่โกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดสูงมากที่สุดในทั้งสองฤดูกาล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถเติบโตได้ดีทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนจึงทำให้อธิบายได้ว่าทำไมโกงกางใบเล็กถึงมีการเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น

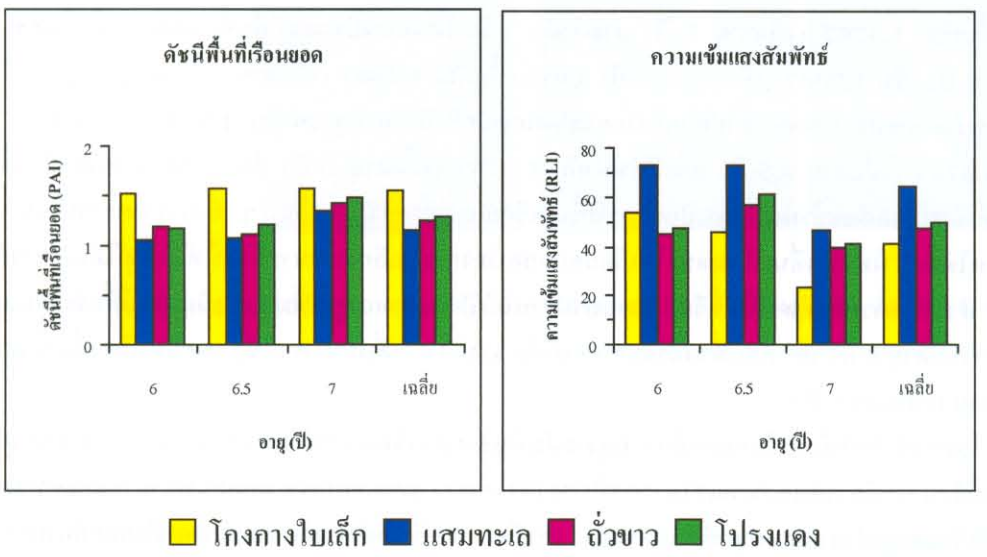
หากพิจารณาค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดจากการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นก็จะพบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดก็เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น แสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเพิ่มขึ้นจาก 1.0653 (เมื่ออายุ 6 ปี) เป็น 1.0691 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และเพิ่มขึ้นเป็น 1.3367 (เมื่ออายุ 7 ปี) ตามลำดับ หรือ โปรงแดงมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเพิ่มขึ้นจาก 1.1781 (เมื่ออายุ 6 ปี) เป็น 1.2087 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และเพิ่มขึ้นเป็น 1.4867 (เมื่ออายุ 7 ปี) ตามลำดับ ส่วนโกงกางใบเล็กนั้นพบว่าค่าดัชนีพื้นเรือนยอดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.5215 (เมื่ออายุ 6 ปี) มีค่าเท่ากับ 1.5769 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และมีค่าเท่ากับ 1.5767 (เมื่ออายุ 7 ปี) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดค่อนข้างคงที่และเป็นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดที่สูงกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่งเกิดจากการที่โกงกางใบเล็กมีการเติบโตได้ดีกว่าไม้ชนิดอื่นเป็นผลทำให้เรือนยอดของโกงกางใบเล็กแน่นมากจึงทำให้ค่าที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนถั่วขาวมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดแปรปรวนไม่เป็นไปตามอายุที่เพิ่มขึ้นคือมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1942 (เมื่ออายุ 6 ปี) มีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1118 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.4300 (เมื่ออายุ 7 ปี)

โดยปกติดัชนีพื้นที่เรือนยอดมักจะมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์แสง ดังนั้นโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างนี้จึงน่าจะมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าโปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล แต่ดัชนีพื้นที่เรือนยอดนี้แตกต่างจากดัชนีพื้นที่เรือนยอดป่าชายเลนปลูกที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งโปรงแดงและโกงกางใบเล็กมีค่าเท่ากับ 1.35 และ 0.92 ตามลำดับ(วนบุษป์ เสือดี, 2543)

ตารางที่ 1 ดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	ดัชนีพื้นที่เรือนยอด	ความเข้มแสงสัมพัทธ์ (%)
6 ปี (เมษายน 2544)	โกงกางใบเล็ก	1.5215[a]	53.6576[b]
	แสมทะเล	1.0653[c]	73.2578[a]
	ถั่วขาว	1.1942[b]	44.6817[b]
	โปรงแดง	1.1781[b]	47.5438[b]
6.5 ปี (ตุลาคม 2544)	โกงกางใบเล็ก	1.5769[a]	45.4663[c]
	แสมทะเล	1.0691[b]	73.3733[a]
	ถั่วขาว	1.1118[b]	56.9794[bc]
	โปรงแดง	1.2087[b]	61.1305[ab]
7 ปี (เมษายน 2545)	โกงกางใบเล็ก	1.5767[a]	23.6500[b]
	แสมทะเล	1.3367[c]	46.6200[a]
	ถั่วขาว	1.4300[b]	39.8767[ab]
	โปรงแดง	1.4867[b]	41.3367[ab]
เฉลี่ย	โกงกางใบเล็ก	1.5584[a]	40.9246
	แสมทะเล	1.1570[b]	64.4170
	ถั่วขาว	1.2453[b]	47.1793
	โปรงแดง	1.2912[ab]	50.0037

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2 ดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้า อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. ความเข้มแสงสัมพัทธ์

แสงที่ส่องจากดวงอาทิตย์ส่องมายังพืชหรือต้นไม้นั้นบางส่วนจะถูกรองรับโดยผิวใบ (intercept) และบางส่วนจะส่องผ่านมาตามช่องว่างระหว่างใบ (passes) ปริมาณแสงที่ส่องลงมายังพื้นป่า (light transmission) จะลดลงเมื่อจำนวนต้นไม้ต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น คือเมื่อเรือนยอดเข้ามาชิดกันแสงจะผ่านได้น้อยลง การส่องผ่านของแสงเกี่ยวข้องโดยตรงกับความหนาแน่นของหมู่ไม้ การวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดโดยทั่วไปมักจะใช้วิธีวัดโดยทางอ้อม ซึ่งสามารถวัดได้หลายวิธี ได้แก่ การประเมินค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ ระยะห่างระหว่างต้นไม้ จำนวนต้นไม้ต่อพื้นที่ เรือนยอดที่ปกคลุม และพื้นที่หน้าตัด (Reifsynder and Lull, 1965) ซึ่งผลจากการศึกษาจำนวนมากได้บ่งชี้ว่า ดัชนีพื้นที่ผิวใบเป็นตัวชี้วัดที่ดีที่สุดของการส่องผ่านของแสง การลดจำนวนของต้นไม้ที่เกิดจากการตายเนื่องจากการถูกบดบังมีผลทำให้การส่องผ่านของแสงเพิ่มมากขึ้น (Kozlowski *et al.*, 1991)

Spurr and Barnes (1980) พบว่าปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดจะถูกจำกัดเพราะการบดบังระหว่างใบของต้นไม้ที่อยู่ใกล้เคียงกันและจากการบดบังของใบภายในต้นไม้เป็นผลให้ความเข้มของแสงแตกต่างกันในแต่ละส่วนของเรือนยอด นอกจากนั้นปริมาณของแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดของป่าแต่ละประเภทจะแตกต่างกันโดยป่าผลัดใบที่มีใบน้อยจะมีปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ ในป่าสนที่มีอายุเท่ากันมีปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในป่าดิบเขตร้อนนั้นมีปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ (relative light intensity, RLI) กับพื้นที่ใบไม้ตามระดับต่าง ๆ ของเรือนยอด ซึ่งในรูปของการสะสมจะมีความสัมพันธ์กันตามกฎของ Beer-Lambert's Law (Monsi and Saeki, 1953) ดังนี้

$$I(z) = I^{\circ} \exp(-K F_{(z)})$$
$$RLI = I/I^{\circ}$$

โดย I คือ ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับต่าง ๆ (z) ของเรือนยอดหมู่ไม้
I° คือ ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับผิวบนของเรือนยอด
K คือ สัมประสิทธิ์การส่องทะลุผ่านของแสง (light extinction coefficient)
$F_{(z)}$ คือ ค่าสะสมของใบตามระดับความลึกของเรือนยอด (leaf area density) เมื่อ z เป็นระดับความลึกของเรือนยอด

จากสมการดังกล่าวความเข้มของแสงที่ส่องมายังเรือนยอดของต้นไม้จะมีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ผิวใบ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดจะลดลงในแต่ละระดับเรือนยอดเนื่องจากพื้นที่ผิวใบที่เพิ่มมากขึ้น โดยความเข้มแสงที่ระดับล่างของเรือนยอดจะมีค่าน้อยกว่าความเข้มแสงที่เรือนยอดด้านบน โดยทั่วไปต้นไม้ที่ปลูกชิดกันจะมีค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบสูงกว่าต้นไม้ที่ปลูกห่างกัน แต่ปริมาณใบมากไม่ได้แสดงว่าการสังเคราะห์แสงจะมากเสมอไปเนื่องจากมีใบที่ถูกบดบังทำให้ไม่ได้รับแสงเต็มที่ ปริมาณพื้นที่ผิวใบที่เหมาะสมของพรรณไม้จะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงสูงสุดเรียกว่า leaf area optimum ดังนั้น การที่จะให้มีการสังเคราะห์แสงสูงสุดจำเป็นต้องลดค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม การลดดัชนีพื้นที่ผิวใบทำได้โดยการตัดสางขยายระยะ หรือการลิดกิ่ง (พงษ์ศักดิ์ สหุนาหุ, 2538)

ความเข้มแสงสัมพัทธ์ที่ส่องผ่านเรือนยอดมีความสำคัญต่อพรรณพืชชั้นล่างของหมู่ไม้และยังมีความสำคัญต่อผลผลิตของต้นไม้เนื่องจากเรือนยอดที่แน่นทึบมีผลทำให้ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดลดลง โดยปกติแล้วใบไม้ที่ได้รับแสงเต็มที่จะมีการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าใบไม้ที่อยู่ในร่ม ดังนั้นต้นไม้ที่มีพื้นที่ผิวใบมากแต่ใบไม่ได้รับแสงเต็มที่เช่น ใบที่อยู่บริเวณด้านล่างหรือด้านในของเรือนยอดจำนวนมาก ใบเหล่านี้มักจะมีการสังเคราะห์แสงน้อย

และใช้พลังงานในการหายใจมากมีผลทำให้การเติบโตของต้นไม้ช้าลง จึงจำเป็นต้องกำจัดกิ่งที่อยู่ด้านล่างหรือกิ่งที่ไม่ได้รับแสงเหล่านี้ออกบ้าง ซึ่งวิธีการลิดกิ่งเป็นวิธีการทางวนวัฒน์ที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการสวนป่า นอกจากการลิดกิ่งแล้ว การตัดสางขยายระยะก็เป็นวิธีการจัดการให้ต้นไม้มีผลผลิตที่มีคุณภาพโดยการเปิดช่องว่างเพื่อให้มีโอกาสได้รับแสงแดดเต็มที่ทั้งเรือนยอด

จากการศึกษาปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ที่ส่องผ่านเรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างทั้ง 4 ชนิดที่อายุ 6 ปี, 6.5 ปี และ 7 ปี พบว่า เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอายุ 6 ปี พบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.2578, 53.6567, 47.5438 และ 44.6817 ตามลำดับ เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอายุ 6.5 ปี พบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.3733, 61.1305, 56.9794 และ 45.4663 ตามลำดับ เมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอายุ 7 ปี พบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 46.6200, 41.3367, 39.8767 และ 23.6500 ตามลำดับ และจากการคำนวณความเข้มแสงสัมพัทธ์เฉลี่ยพบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.4170, 50.0037, 47.1793 และ 40.9246 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง บริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของพันธุ์ไม้ที่ปลูกโดย โกงกางใบเล็กมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.5584, 1.2912, 1.2453 และ 1.1570 ตามลำดับ พบว่าในแต่ละฤดูกาลพันธุ์ไม้ป่าชายเลนก็จะมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดต่างกันด้วยโดยฤดูฝนซึ่งก็คือในเดือนตุลาคม 2544 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่จะมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากกว่าในฤดูแล้งซึ่งก็คือในเดือนเมษายน 2544 กล่าวคือในฤดูฝนโกงกางใบเล็กมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5769 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5215 ในฤดูฝนแสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0691 และในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0653 ส่วนในฤดูฝนโปรงแดงมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.2087 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1781 เป็นต้น จะเห็นได้ว่าโกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดสูงมากที่สุดในทั้งสองฤดูกาลซึ่งแสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถเติบโตได้ดีทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนจึงทำให้อธิบายได้ว่าทำไมโกงกางใบเล็กถึงมีการเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น

เมื่อพิจารณาจากอายุของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เพิ่มขึ้นพบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดก็เพิ่มขึ้น แสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเพิ่มขึ้นจาก 1.0653 (เมื่ออายุ 6 ปี) เป็น 1.0691 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และเพิ่มขึ้นเป็น 1.3367 (เมื่ออายุ 7 ปี) ตามลำดับ โปรงแดงมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเพิ่มขึ้นจาก 1.1781 (เมื่ออายุ 6 ปี) เป็น 1.2087 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และเพิ่มขึ้นเป็น 1.4867 (เมื่ออายุ 7 ปี) ตามลำดับ ส่วนโกงกางใบเล็กนั้นพบว่าค่าดัชนีพื้นเรือนยอดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.5215 (เมื่ออายุ 6 ปี) มีค่าเท่ากับ 1.5769 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และมีค่าเท่ากับ 1.5767 (เมื่ออายุ 7 ปี) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดค่อนข้างคงที่และเป็นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดที่สูงกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่งเกิดจากการที่โกงกางใบเล็กมีการเติบโตได้ดีกว่าไม้ชนิดอื่นเป็นผลทำให้เรือนยอดของโกงกางใบเล็กแน่นมากจึงทำให้ค่าที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยปกติดัชนีพื้นที่เรือนยอดมักจะมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์แสง ดังนั้นโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้างนี้จึงน่าจะมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าโปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ส่วนปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ส่องผ่านเรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้ง

ร้างทั้ง 4 ชนิดพบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.4170, 50.0037, 47.1793 และ 40.9246 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาวิจัยพอสรุปได้ว่าการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นากุ้งร้างบนพื้นฐานการศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ควรจะมีการตัดสางขยายระยะเมื่ออายุ 7 ปี ส่วนระดับการตัดสางขยายระยะควรจะได้ดำเนินการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 651 น.

วนบุษป์ เสือดี. 2543. อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์และมวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลนปลูกบางชนิดที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี ภู่สุดแสวง. 2545. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีระและโครงสร้างเรือนยอดของไม้ตีนเป็ดที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ishizuka, M., and Y. Kanazawa. 1991. Development of the software FishEye (BKK), pp. 1-15. *In* M. Ishizuka, eds. Development of the Software for Silviculture Research. Research and Training in Re-afforestation Project in Thailand, Royal Forest Department, Thailand.

Monsi, M. and T. Saeki. 1953. Urer den Lichtfaktor in den Pflanzenge sell-schaften und seine Bedeutung fur die Stoffprodktion. Jap. J. Bot. 14: 22-52.

Oliver, C. D. and B. C. Larson. 1996. Forest Stand Dynamic. The Permissions Deparment John Wiley and Sons, Inc, USA. Cited D. J. Watson. 1947. Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crop I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Ann. Bot. 11: 41-76.

Reifsynder, W.E. and H.W. Lull. 1965. Radiant Energy in Relation to Forests. USDA Forest Service Technical Bulletin. No. 12. 96 p.

Spurr, S.H., and B.V. Barnes. 1980. Forest Ecology. Wiley, New York.

การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

Growth and Survival Rate of Mangrove Tree Species Planting on the Abandoned Mining Area at Mangrove Forest Research Center, Ranong Province

อานุช แก้ววงค์ Anut Kaewwong
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Growth and survival rate of mangrove tree species planting on the abandoned mining area at Mangrove Forest Research Center, Ranong Province was conducted by using 3 plots difference in altitude (1.7, 2.3 and 2.9 m.MSL respectively) and water depth. In each plot (size 40x11 m.) have 8 subplots, which the size 5x11 m., 7 plots for planting 7 species by randomized which spacing 1.5x1.5 m. and one is allocated as control plot. Cumulative trees growth and growth rate in term of height and dbh., survival rate, and number of leaf, water and soil properties were also studied. The results showed that in the 1st plot (1.7 m.MSL) were recorded only 3 species alive; *Sonneratia alba* with the maximum growth and growth rate in dbh, *Avicennia marina* with the maximum growth and growth rate in height and survival rate and *A. alba* with the maximum number of leaf. In the 2nd plot (2.3 m.MSL), it was found 5 species alive; *Rhizophora mucronata* with the maximum growth in dbh, growth and growth rate in height, *A. marina* with the maximum number of leaf and survival rate and *Ceriops tagal* with the maximum growth rate in dbh. In the 3rd plot (2.9 m.MSL) all species are alive, *R. mucronata* with the maximum growth in dbh. and height, in height and survival rate, *S. alba* with the maximum number of leaf and *Bruguiera cylindrica* with the maximum growth rate in height. Therefore, the results revealed that the most suitable plant for the rehabilitation of the abandoned mining area were A. *marina* and *A. alba*. *R. mucronata*, *S. alba* and *C. tagal* ranked in term of other suitable species. But *B. cylindrica* and *R. apiculata* were not suitable. However the soil and water properties changed slightly after 1 year planting.

Key words: Growth/Survival rate/Abandoned mining area/Mangroves

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้างได้ดำเนินการศึกษาที่ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง โดยวางแปลงทดลองจำนวน 3 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 40x11 เมตร โดยแปลงที่ 1 มีระดับความสูงเฉลี่ย 1.7 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึกมากกว่า 2 เมตร แปลงที่ 2 ระดับความสูงเฉลี่ย 2.3 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึกประมาณ 1-2 เมตร และแปลงที่ 3 ระดับความสูงเฉลี่ย 2.9 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึกน้อยกว่า 1 เมตร ในแต่ละแปลงแบ่งเป็น 8 แปลงย่อย ขนาด 5x11 ตารางเมตร ทำการสุ่มปลูกกล้าไม้ 7 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมขาว แสมทะเล โปรงแดง ถั่วขาว และลำพูทะเล มีระยะปลูก 1.5x1.5 เมตร และอีกแปลงเป็นแปลงควบคุม (ไม่

ปลูก) ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราการรอดตาย และจำนวนใบ รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินและน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาด้วย ผลการศึกษาสรุปได้ว่า แปลงที่ 1 มีไม้รอดตาย 3 ชนิด โดยลำพูทะเล มีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดีที่สุด ในขณะที่แสมทะเลมีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงและอัตราการอดตายสูงที่สุด ส่วนจำนวนใบเฉลี่ยพบว่า แสมขาว มีจำนวนใบเฉลี่ยดีที่สุด ในแปลงที่ 2 มีไม้รอดตาย 5 ชนิด โดยโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุด ขณะที่แสมทะเลมีจำนวนใบเฉลี่ยและอัตราการรอดตายสูงที่สุด ส่วนโปรงแดงมีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด ส่วนในแปลงที่ 3 ไม้ทุกชนิดรอดตายโดยพบว่าโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย การเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยและอัตราการรอดตายสูงที่สุด ขณะที่ลำพูทะเลมีจำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนถั่วขาวมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาศักยภาพโดยรวมของไม้ที่สามารถปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง พบว่า แสมทะเล และแสมขาว เป็นไม้ที่มีความเหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง บริเวณศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนองมากที่สุด สำหรับไม้ที่มีความเหมาะสมรองลงมา คือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล และโปรงแดง ส่วนถั่วขาวและโกงกางใบเล็กไม่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง และผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินภายหลังการปลูกกล้าไม้ในระยะเวลา 1 ปี พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก

คำหลัก: การเจริญเติบโต/อัตราการรอดตาย/เหมืองแร่ร้าง/ป่าชายเลน

คำนำ

พื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทยมีประมาณ 1,227,675 ไร่ ในปี พ.ศ. 2529 แต่ในปี พ.ศ. 2539 เหลือพื้นที่เพียง 1,047,390 ไร่ ในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2529-2539) พบว่าป่าชายเลนมีพื้นที่ลดลงถึง 180,285 ไร่ (เฉลี่ยปีละ 18,029 ไร่) ซึ่งการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนนี้มีสาเหตุจากการทำกิจกรรมหลายประเภทในพื้นที่ดังกล่าว เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ นากุ้ง บ่อปลา และสัตว์น้ำอื่น ๆ การทำนาเกลือ การเกษตร การขยายเขตชุมชน ตลอดจนการพัฒนาด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ กิจกรรมที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การทำเหมืองแร่ ซึ่งมีการทำอย่างแพร่หลายทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต รวมพื้นที่ประมาณ 5,876 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดระนอง (4,229 ไร่) ผลจากการทำเหมืองแร่ก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ เช่น ปัญหาการพังทลายของดิน การทำลายป่าชายเลนโดยตรงจากการขุดแร่ น้ำล้างแร่ที่ปล่อยออกจากเหมืองแร่สู่ป่าชายเลนหรือพื้นที่ชายฝั่งซึ่งมีปริมาณของสารตะกั่วสูงมากจนเป็นอันตรายต่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนรวมทั้งส่งผลถึงการเจริญเติบโตของต้นไม้และสัตว์น้ำในบริเวณนั้น น้ำบริเวณชายฝั่งขุ่นข้นจากตะกอนทราย นอกจากนี้ตะกอนที่ทับถมอยู่ทำให้เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศป่าชายเลนอย่างรุนแรงและยาวนานซึ่งลักษณะดินในพื้นที่ภายหลังการทำเหมืองแร่นั้น เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินทราย และดินร่วนปนทรายแป้ง ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากปล่อยให้พื้นที่นั้นมีการทดแทนตามธรรมชาติแล้วต้องใช้เวลานาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงและพัฒนาพื้นที่หลังจากผ่านการทำเหมืองแร่ให้มีสภาพดีขึ้น ซึ่งการทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อหาชนิดพันธุ์ที่สามารถปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้างนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่จะปรับปรุงและฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้างให้มีสภาพเป็นป่าชายเลนเร็วขึ้น รวมทั้งเป็นการปรับปรุงระบบนิเวศป่าชายเลนให้มีสภาพดีขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการรอดตายของไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้างพร้อมกับศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำบางประการในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งก่อนและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน และสุดท้ายเพื่อทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการนำมาปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้างทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการปลูกและฟื้นฟูจัดการป่าชายเลนในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่พื้นที่อื่น ๆ ให้ประสบผลสำเร็จต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้กล้าไม้ 7 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล แสมขาว โปรงแดง ถั่วขาว และ ลำพูทะเล

2. วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลน

2.1 การศึกษาด้านป่าไม้ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยวางแปลงทดลองขนาด 40x11 เมตร จำนวน 3 แปลง แตกต่างกันทางระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ (ภาพที่ 1) โดยแปลงที่ 1 มีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเล 1.7 เมตร มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึกมากกว่า 2 เมตร เมื่อน้ำทะเลขึ้นสูงสุด แปลงที่ 2 มี ความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเล 2.3 เมตร มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึก 1-2 เมตร แปลงที่ 3 มีความสูงเฉลี่ยจากระดับ น้ำทะเล 2.9 เมตร มีน้ำทะเลท่วมแปลงลึกน้อยกว่า 1 เมตร ในแต่ละแปลงแบ่งเป็น 7 แปลงย่อย ขนาด 5x11 เมตร ทำการสุ่มปลูกกล้าไม้ 7 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล แสมขาว โปรงแดง ถั่วขาว และลำพูทะเล โดยใช้ระยะปลูก 1.5x1.5 เมตร (แปลงละ 21 ต้น) ทำการวัดข้อมูลเมื่อเริ่มปลูก (กุมภาพันธ์ 2542) และเมื่ออายุ 1 ปี (กุมภาพันธ์ 2543) ดังนี้

1) วัดการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยใช้คาลิปเปอร์ บริเวณเหนือคอรากของโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว และวัดบริเวณชิดผิวดินของแสมทะเล แสมขาว และลำพูทะเล

2) วัดการเจริญเติบโตด้านความสูงโดยใช้ measuring pole วัดความสูงของต้นไม้จากระดับชิดดินถึงปลายยอดของไม้ทั้ง 7 ชนิด

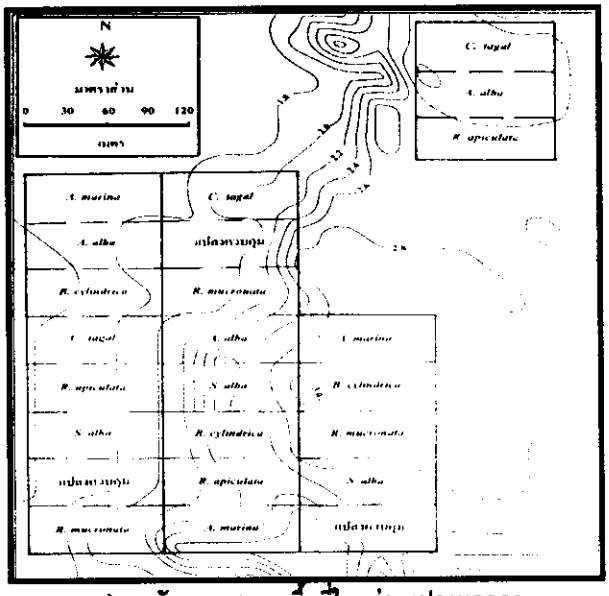
3) นับจำนวนใบและรากของกล้าไม้เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

4) เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบทั้งทางเส้นผ่าศูนย์กลางและด้านความสูงของไม้ชนิดต่าง ๆ ที่เหลืออยู่ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA)

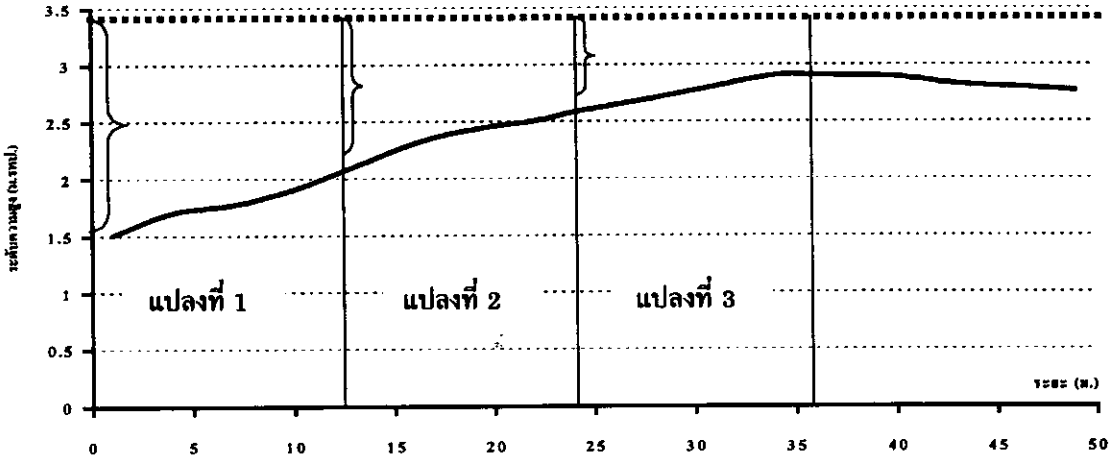
2.2 การศึกษาด้านคุณภาพน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อเป็นตัวแทนในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน โดยเก็บช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนพฤศจิกายนเพื่อเป็นตัวแทนในช่วงฤดูแล้ง เดือนพฤษภาคมและเดือนสิงหาคมเพื่อเป็นตัวแทนในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งได้ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำขึ้น จำนวน 2 จุดและช่วงน้ำลง จำนวน 1 จุด โดยในช่วงน้ำขึ้นทำการเก็บบริเวณแปลงทดลอง และบริเวณคลองหงาว โดยในบริเวณแปลงทดลองทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ บริเวณขอบแปลงทดลองทั้งสองด้าน โดยมีระยะห่างระหว่างจุด ประมาณ 30 เมตร ซึ่งในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำเก็บที่ระดับกึ่งกลางของความลึก (mid depth) สำหรับการเก็บตัวอย่างในบริเวณคลองหงาวทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 ตัวอย่างเช่นกัน คือ บริเวณคลองหงาวก่อนผ่านเข้าแปลงและหลังผ่านแปลงทดลอง โดยมีระยะห่างระหว่างจุด ประมาณ 200 เมตร สำหรับในช่วงน้ำลง เก็บตัวอย่างน้ำเฉพาะในคลองหงาว โดยเก็บตัวอย่าง ณ จุดเดิม จำนวน 2 ตัวอย่างเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ได้ศึกษาคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ ค่าความเค็ม (salinity) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน (nitrate-N) และไนไตรท-ไนโตรเจน (nitrite-N) ฟอสเฟต (Phosphate)

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของดิน ทำการศึกษาคุณสมบัติของดิน 2 ครั้ง คือ ก่อนปลูกและหลังปลูกกล้าไม้ 1 ปี เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินบางประการ โดยทำการเก็บตัวอย่างดินแปลงละ 2 ตัวอย่าง (แยกเป็นดินในแปลงทดลอง และแปลงควบคุม แปลงละ 1 ตัวอย่าง) โดยเก็บตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร (ดินบน) ซึ่งในแต่ละ ตัวอย่างทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 หลุม กระจายทั่วแปลง แล้วนำดินตัวอย่างมารวมกัน (composite sample) บรรจุใส่ถุงพลาสติก ตัวอย่างละประมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งก่อนที่จะนำส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ทั้งนี้จะศึกษาคุณสมบัติบางประการ ได้แก่ เนื้อดิน (texture) ค่าความเป็นกรดเป็น

ด่าง (pH) Salinity อินทรียวัตถุ (organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่ใช้ประโยชน์ได้ (available phosphorus) ปริมาณซัลเฟต (SO_4) ปริมาณโปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ โซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capability, CEC)



ก) ระดับความสูงของพื้นที่ในแต่ละแปลงทดลอง



ข) ระดับความลึกของน้ำทะเลที่ท่วมแปลงทดลอง

รูปที่ 1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา บริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาด้านป่าไม้

การศึกษาชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 1 ซึ่งแยกอธิบายการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละแปลง และเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ระหว่างแปลง ดังนี้

1. แปลงที่ 1

1.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง

เมื่อทำการวัดครั้งแรกในเดือนกุมภาพันธ์ 2542 พบว่า โกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.74 เซนติเมตร เมื่อทำการวัดครั้งสุดท้าย (กุมภาพันธ์ 2543) พบว่า ชนิดไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้เหลือเพียง 3 ชนิด คือ ลำพูทะเล ซึ่งมีการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 0.77 เซนติเมตร รองลงมาคือ แสมขาวและแสมทะเล ส่วนไม้ชนิดอื่น ๆ ตายหมด ส่วนกล้าไม้ที่รอดตาย เมื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วง 1 ปี พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของไม้ทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พบว่าลำพูทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 0.29 เซนติเมตร รองลงมาคือ แสมขาว และแสมทะเล (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรัตน์ (2540) ที่พบว่า แสมขาวและแสมทะเล มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแสมขาวและแสมทะเลเป็นไม้ที่สามารถกระจายตัวได้ดีในพื้นที่ต่าง ๆ ถึงแม้ธาตุอาหารไม่สมบูรณ์ หรือมีสภาวะแวดล้อมไม่ค่อยเหมาะสม (Macnae, 1968) ดังนั้น แม้ว่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทั้งสองพื้นที่จะมีความแตกต่างกันบ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะดิน แต่แสมทะเลและแสมขาวก็สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

1.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง

เมื่อเริ่มปลูก พบว่า โกงกางใบใหญ่ มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด คือ 83.90 เซนติเมตร เมื่อกล้าไม้อายุครบ 1 ปี พบว่าแสมทะเลมีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ 58.17 เซนติเมตร รองลงมาคือ แสมขาวและลำพูทะเล เมื่อศึกษาถึงอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงในช่วง 1 ปี พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 20.18 เซนติเมตร รองลงมาคือ แสมขาวและลำพูทะเล เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของพิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรัตน์ (2540) พบว่า แสมทะเลและแสมขาวในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยกว่า ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าแสมทะเลและแสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโต 77.42 และ 42.95 เซนติเมตร/ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ศึกษามีน้ำทะเลท่วมแปลงเป็นประจำ ซึ่งโดยปกติแล้วแสมทะเลและแสมขาวชอบพื้นที่บริเวณที่มีน้ำขึ้นลงปกติมีน้ำทะเลท่วมเป็นครั้งคราว (Ibrahim และ Admad-Shah, 1989) ดังนั้น จึงทำให้แสมทะเลและแสมขาวในพื้นที่ศึกษามีการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยกว่า

1.3 จำนวนใบ

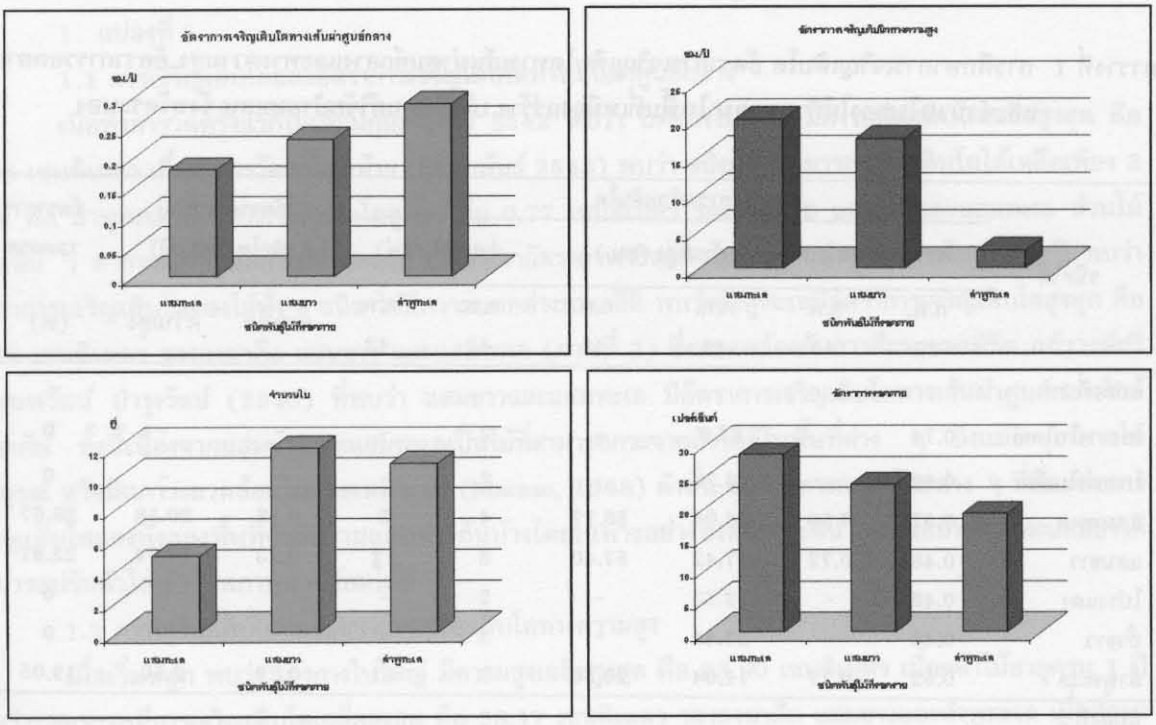
เมื่อเริ่มปลูก พบว่า กล้าไม้ลำพูทะเลมีจำนวนใบสูงสุดเฉลี่ย 8 คู่ รองลงมา คือ แสมทะเล (4 คู่) แสมขาว และถั่วขาว (3 คู่) และโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง (2 คู่) เมื่ออายุครบ 1 ปี พบว่า แสมขาว มีการแตกใบเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีจำนวนใบ 12 คู่ รองลงมา คือ ลำพูทะเลและแสมทะเล (11 และ 5 คู่)

1.4 อัตราการรอดตาย

จากการศึกษา พบว่ามีกล้าไม้รอดตายเพียง 3 ชนิดและแต่ละชนิดมีอัตราการรอดตายต่ำมาก โดยแสมทะเลมีอัตราการรอดตายสูงสุดเพียงร้อยละ 28.57 รองลงมาคือ แสมขาว และลำพูทะเล โดยมีอัตราการรอดตายร้อยละ 23.81 และ 19.05 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางและทางความสูง อัตราการรอดตาย และจำนวนใบของไม้ป่าชายเลน ในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง บริเวณศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

ชนิดไม้	การเจริญเติบโต						อัตราการเจริญเติบโต (ซม./ปี)		อัตราการรอดตาย
	ความโต (ซม.)		ความสูง (ซม.)		จำนวนใบ (คู่)				
	ก.พ. 42	ก.พ. 43	ก.พ. 42	ก.พ. 43	ก.พ. 42	ก.พ. 43	ความโต	ความสูง	(%)
แปลงที่ 1									
โกงกางใบใหญ่	0.74	-	83.9	-	2	-	-	-	0
โกงกางใบเล็ก	0.62	-	48.72	-	2	-	-	-	0
แสมทะเล	0.37	0.56	36.04	58.17	4	5	0.18	20.18	28.57
แสมขาว	0.48	0.72	37.42	57.40	3	12	0.23	17.54	23.81
โปรงแดง	0.48	-	32.23	-	2	-	-	-	0
ถั่วขาว	0.45	-	27.41	-	3	-	-	-	0
ลำพูทะเล	0.52	0.77	11.04	20.50	8	11	0.29	2.50	19.05
แปลงที่ 2									
โกงกางใบใหญ่	0.70	1.04	87.48	130.33	2	7	0.32	36.30	57.14
โกงกางใบเล็ก	0.63	-	57.94	-	2	-	-	-	0
แสมทะเล	0.41	0.64	39.52	55.60	4	12	0.23	16.04	90.48
แสมขาว	0.46	0.72	38.60	43.41	3	6	0.25	3.96	80.95
โปรงแดง	0.45	0.76	30.93	50.20	3	3	0.34	16.60	9.52
ถั่วขาว	0.38	-	29.36	-	3	-	-	-	0
ลำพูทะเล	0.50	0.82	15.32	17.78	6	6	0.32	3.23	85.71
แปลงที่ 3									
โกงกางใบใหญ่	0.72	1.25	86.68	112.95	3	7	0.52	25.11	95.24
โกงกางใบเล็ก	0.60	0.84	52.95	74.83	2	4	0.24	22.73	85.71
แสมทะเล	0.35	0.60	32.86	52.78	3	14	0.25	19.08	85.71
แสมขาว	0.43	0.68	38.42	53.42	3	6	0.23	15.98	90.48
โปรงแดง	0.44	0.67	28.09	47.14	3	5	0.20	17.48	66.67
ถั่วขาว	0.40	0.64	28.98	55.43	4	4	0.24	25.57	33.33
ลำพูทะเล	0.47	0.83	9.99	17.82	4	17	0.36	5.80	61.90



รูปที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง จำนวนใบ และอัตราการรอดตาย ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 1

2. แปลงที่ 2

2.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง

เมื่อเริ่มปลูกพบว่าโกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.70 เซนติเมตร เมื่อกล้าไม้อายุครบ 1 ปี พบว่า เหลือไม้ 5 ชนิด โดยโกงกางใบเล็กและถั่วขาวตายหมดทั้งแปลง พบว่า โกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.04 เซนติเมตร เมื่อนำต้นไม้ที่รอดตายมาคิดอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 1 ปี พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของไม้ทั้ง 5 ชนิด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พบว่า โปรงแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด คือ 0.34 เซนติเมตร รองลงมาคือ ลำพูทะเล และโกงกางใบใหญ่ คือ 0.32 เซนติเมตร แสมขาว และแสมทะเล (0.25 และ 0.23 เซนติเมตร) (ภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ จากการศึกษาของไพศาล ธนะเพิ่มพูล (2538) พบว่า โกงกางใบใหญ่และโปรงแดง ในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่า โดยพบว่า โกงกางใบใหญ่และโปรงแดง มีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.19 และ 0.18 เซนติเมตร/ปี ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นไม้ที่ปลูกในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติได้รับความเข้มของแสงน้อยกว่าในพื้นที่เหมืองแร่ร้างซึ่งเป็น ที่โล่ง ซึ่ง Clarke และ Hannon (1971) กล่าวไว้ว่าลูกไม้ในป่าชายเลนที่ขึ้นอยู่ภายใต้ร่มเงาและได้รับแสงเพียงเล็กน้อยจะมีการเจริญเติบโตลดลง ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ จึงมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า ผลการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของพิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรัตน์ (2540) ซึ่งพบว่า แสมทะเลและแสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน

2.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง

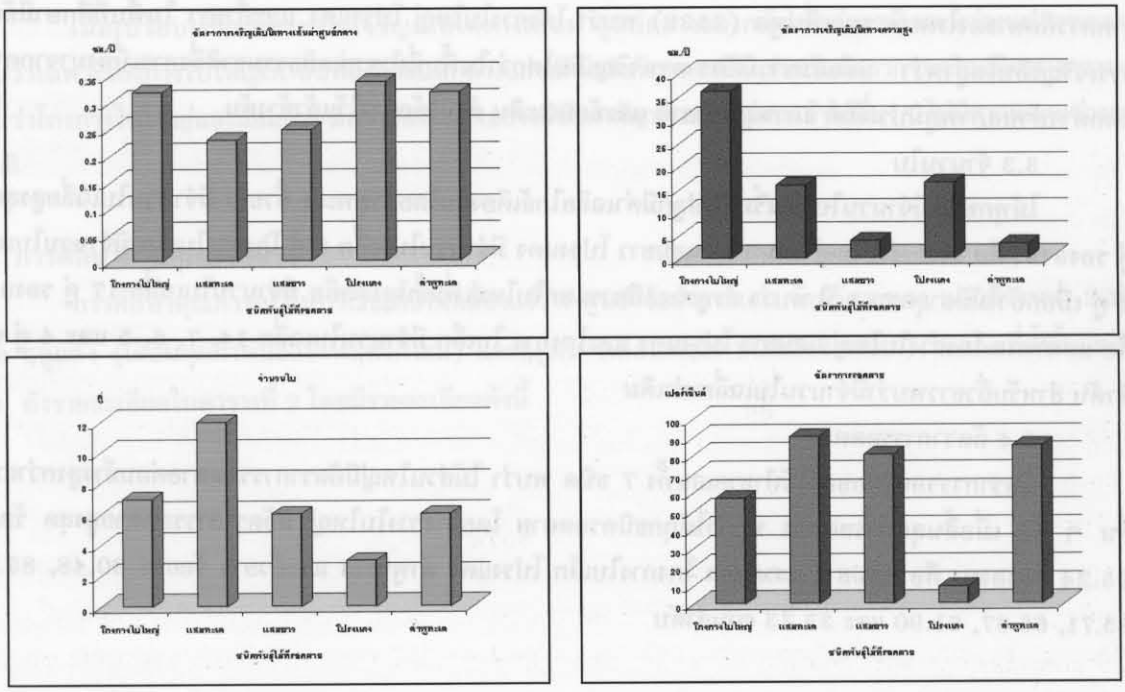
การศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูงเมื่อเริ่มปลูกและเมื่อกล้าไม้อายุครบ 1 ปี พบว่าไม้ทั้ง 5 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 87.48 และ 130.33 เซนติเมตร เมื่อนำต้นไม้ที่รอดตายมาคิดอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 1 ปี พบว่าโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงสุด 36.30 เซนติเมตร รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล แสมขาว และลำพูทะเล ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของโกงกางใบใหญ่ โปรงแดง และแสมขาว ในพื้นที่ศึกษากับที่ปลูกในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติจากการศึกษาของไพศาล ธนะเพิ่มพูล (2538) ซึ่งไม้ทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง 11.67, 7.21 และ 81.03 เซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าโกงกางใบใหญ่และโปรงแดงในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า แต่แสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างด้านสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศและลักษณะดิน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.3 จำนวนใบ

เมื่อเริ่มปลูกพบว่ากล้าไม้ลำพูทะเล มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด 6 คู่ รองลงมา คือ แสมทะเล (4 คู่) แสมขาว โปรงแดง ถั่วขาว (3 คู่) โกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก (2 คู่) เมื่อพันธุ์ไม้มีอายุครบ 1 ปี พบว่า แสมทะเล มีการแตกใบเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีจำนวนใบเฉลี่ย 12 คู่ รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ (7 คู่) แสมขาว (6 คู่) สำหรับลำพูทะเลและโปรงแดง พบว่า มีจำนวนใบเฉลี่ยเท่าเดิม

2.4 อัตราการรอดตาย

พบว่า มีไม้รอดตาย 5 ชนิด โดยแสมทะเลมีอัตราการรอดตายสูงสุด คือ ร้อยละ 90.48 รองลงมาคือ ลำพูทะเล แสมขาว โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดง ร้อยละ 85.71, 80.95, 57.14 และ 9.52 ตามลำดับ



รูปที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง จำนวนใบ และอัตราการรอดตาย ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 2

3. แปลงที่ 3

3.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง

เมื่อเริ่มปลูกพบว่าโกงกางใบใหญ่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.72 เซนติเมตร เมื่อกล้าไม้อายุ 1 ปี โกงกางใบใหญ่มีขนาดความโต 1.25 เซนติเมตรหรือมีอัตราการเติบโต 0.52 เซนติเมตร/ปี รองลงมา คือ ลำพูทะเล แสมทะเล โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว แสมขาว และโปรงแดง (ภาพที่ 4) ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนองที่ศึกษาโดย สนิท อักษรแก้ว และคณะ (2530) ซึ่งพบว่า โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางคือ 0.56, 0.44, 0.18 และ 0.10 เซนติเมตร/ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าโกงกางใบใหญ่ และโกงกางใบเล็ก ในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ มีอัตราการเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่าในพื้นที่ศึกษา สำหรับถั่วขาวและโปรงแดงในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของดินในป่าชายเลนธรรมชาติมีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าซึ่งเหมาะสมกับโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็กที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเลนค่อนข้างลึก สำหรับโปรงแดงและถั่วขาวเป็นไม้ที่ขึ้นได้ดีในพื้นที่ที่เป็นดินเลนค่อนข้างแข็ง พบว่าในป่าชายเลนธรรมชาติโปรงแดงมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะประจำตัวของโปรงแดงซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดเล็กอยู่แล้ว

3.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง

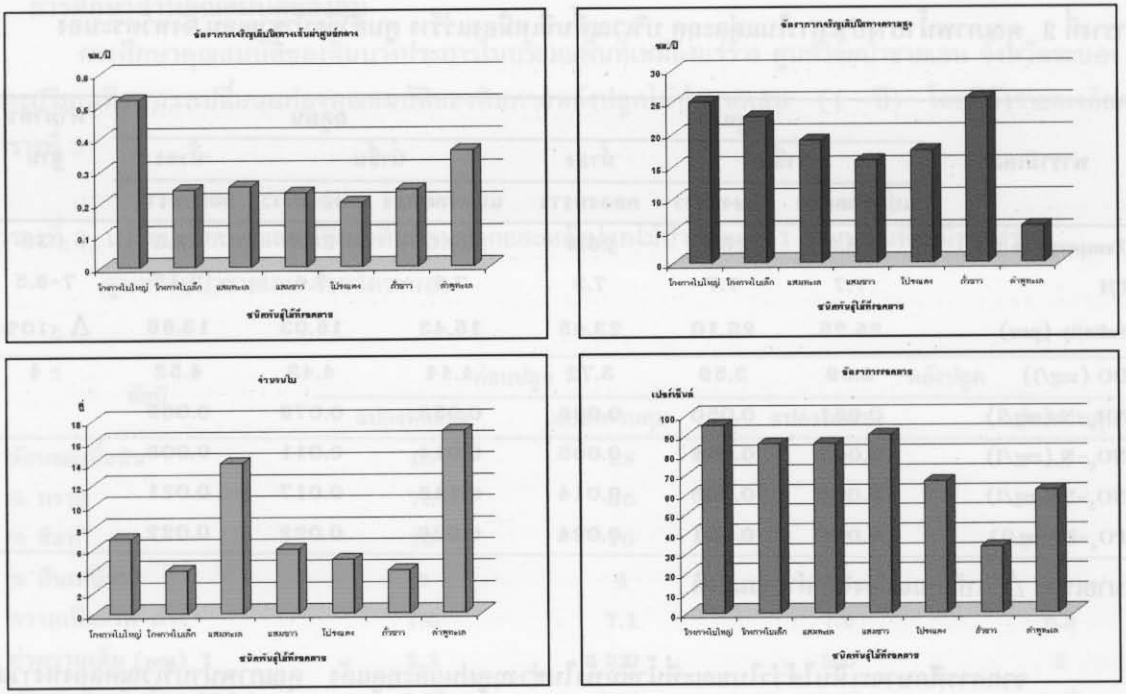
เมื่อเริ่มปลูกพบว่าโกงกางใบใหญ่ มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 86.68 เซนติเมตร เมื่ออายุครบ 1 ปี วัดความสูงได้ 112.95 เซนติเมตร จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าถั่วขาวมีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงสูงสุด 25.57 เซนติเมตร/ปี รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง แสมขาว และลำพูทะเล ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของโกงกางใบใหญ่ โปรงแดง ถั่วขาวและแสมขาว ในพื้นที่ศึกษากับที่ปลูกในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติจากการศึกษาของไพศาล ธนะเพิ่มพูล (2538) พบว่า โกงกางใบใหญ่ โปรงแดง และถั่วขาว ในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า แต่แสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโตกว่าในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างด้านสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และลักษณะดิน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

3.3 จำนวนใบ

ไม้ทุกชนิดมีจำนวนใบเมื่อเริ่มต้นปลูกมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันโดยลำพูทะเล ถั่วขาว มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด 4 คู่ รองลงมา คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล แสมขาว โปรงแดง มีจำนวนใบเฉลี่ย 3 คู่ โกงกางใบเล็ก มีจำนวนใบเฉลี่ย 2 คู่ เมื่อกล้าไม้มีอายุครบ 1 ปี พบว่า ลำพูทะเลมีการแตกใบใหม่เพิ่มขึ้นสูงสุดคือ มีจำนวนใบเฉลี่ย 17 คู่ รองลงมา คือ แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ แสมขาว โปรงแดง และโกงกาง ใบเล็ก มีจำนวนใบเฉลี่ย 14, 7, 6, 5 และ 4 คู่ ตามลำดับ สำหรับถั่วขาวพบว่ามีจำนวนใบเฉลี่ยเท่าเดิม

3.4 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนทั้ง 7 ชนิด พบว่า ไม้ส่วนใหญ่มีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูงกว่าแปลงอื่น ๆ คือ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไม้ทุกชนิดรอดตาย โดยโกงกางใบใหญ่ มีอัตราการรอดตายสูงสุด ร้อยละ 95.24 รองลงมา คือ แสมขาว แสมทะเล โกงกางใบเล็ก โปรงแดง ลำพูทะเล และถั่วขาว ร้อยละ 90.48, 85.71, 85.71, 66.67, 61.90 และ 33.33 ตามลำดับ



รูปที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง จำนวนใบ และอัตราการรอดตาย ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 3

4. เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของไม้แต่ละชนิดระหว่างแปลงทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้แต่ละชนิดระหว่างแปลงทดลอง พบว่าเฉพาะโกงกางใบใหญ่เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราการเจริญเติบทางความสูง พบว่าโกงกางใบใหญ่และแสมขาว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกล้าไม้อื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. การศึกษาด้านคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง แยกพิจารณา 2 ช่วง คือ ฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์และพฤศจิกายน) และฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมและสิงหาคม) ในขณะที่น้ำขึ้นและน้ำลง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบางประการในแต่ละฤดู บริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

พารามิเตอร์	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ค่ามาตรฐาน
	น้ำขึ้น		น้ำลง	น้ำขึ้น		น้ำลง	
	แปลงทดลอง	คลองหงาว	คลองหงาว	แปลงทดลอง	คลองหงาว	คลองหงาว	
Temperature (°C)	28.8	28.2	28.9	29.0	28.9	29.5	≤ 33
PH	7.7	7.7	7.3	7.6	7.6	7.43	7-8.5
Salinity (psu)	25.25	25.10	23.45	15.43	15.03	13.88	Δ ≤10%
DO (mg/l)	3.59	3.59	3.72	4.44	4.43	4.52	≥ 4
NH_3-N (mg/l)	0.051	0.050	0.086	0.053	0.079	0.069	
NO_2-N (mg/l)	0.005	0.004	0.005	0.014	0.011	0.008	
NO_3-N (mg/l)	0.001	0.006	0.014	0.148	0.017	0.021	
PO_4-P (mg/l)	0.021	0.021	0.024	0.028	0.022	0.022	

หมายเหตุ Δ เปลี่ยนแปลงจากค่าธรรมชาติ

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าในขณะที่น้ำขึ้นทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง คุณภาพน้ำบริเวณคลองหงาวและบริเวณแปลงทดลองทุกค่าดัชนีมีความแตกต่างกันน้อยมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างกันไม่มากนัก และยังพบว่าในช่วงที่น้ำขึ้นปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีปริมาณสูงกว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tanaka และ Choo (2000) ที่กล่าวไว้ว่าในช่วงน้ำขึ้นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมมากกว่า 50 % เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำในช่วงน้ำขึ้น-น้ำลงพบว่าเมื่อน้ำขึ้นจะมีค่าความเค็มสูงกว่าเวลาน้ำลง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน โดยพบว่าช่วงน้ำลงปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tanaka และ Choo (2000) โดยพบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนเตรต-ไนโตรเจน และปริมาณซิลิเกตจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มลดลง แสดงให้เห็นว่าน้ำจืดเป็นแหล่งที่มาของปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ และส่วนหนึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในป่าชายเลนเอง เช่น กระบวนการ nitrification และ denitrification เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงฤดูพบว่าในช่วงฤดูแล้งมีความเค็ม (salinity) สูงกว่าช่วงฤดูฝนมาก ส่วน pH สูงกว่าในช่วงฤดูฝนเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำฝนต่ำ ส่งผลให้ปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงสู่แม่น้ำลดลงจึงทำให้น้ำเค็มไหลเข้ามาได้ไกลขึ้น ความเค็มจึงเพิ่มสูงขึ้น ส่วน pH ที่สูงกว่าในช่วงฤดูฝนอาจเนื่องมาจาก ช่วงเวลาในการท่วมและปริมาณน้ำลดลง ซึ่งเมื่อมีน้ำท่วมขังจะส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรียสาร ทำให้น้ำมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น pH จึงลดลง ส่วนในช่วงฤดูฝนค่าที่ทำการวัดส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น น้ำจืดจึงไหลลงสู่แม่น้ำสูงขึ้น ซึ่งธาตุอาหารส่วนใหญ่จะมากับกระแสน้ำและการผสมระหว่างมวลน้ำ จึงส่งผลให้ธาตุอาหารต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Thong et al. (1993) อ้างโดย Tanaka และ Choo (2000) กล่าวไว้ว่า การกระจายและพฤติกรรมของธาตุอาหารต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามการขึ้นลงของน้ำและฤดูกาล โดยส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณสูงกว่าในฤดูแล้งดังเช่นการศึกษาบริเวณคลองหงาว โดย Itthipatachai et al. (1991) พบว่าความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรต มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีปริมาณน้ำจืดเข้ามา โดยความเข้มข้นของไนไตรทและไนเตรตสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงฤดูแล้ง

3. การศึกษาด้านคุณสมบัติของดิน

การศึกษาคุณสมบัติของดินบางประการในบริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินภายหลังปลูกไม้ป่าชายเลน (1 ปี) โดยมีดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน 1 ปี บนพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

ดัชนี	ก่อนปลูก		หลังปลูก	
	แปลงทดลอง	แปลงควบคุม	แปลงทดลอง	แปลงควบคุม
ลักษณะเนื้อดิน	LS	LS	LS	LS
% ทราย	78	86	80	84
% ซิลท์	13	10	10	10
% ดินเหนียว	9	4	10	6
ความเป็นกรด-ด่าง	7.0	7.1	7.0	6.9
ค่าความเค็ม (psu)	2.3	2.0	2.0	2
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	1.5^{L}	1.0L	1.3^{L}	1.1^{L}
ปริมาณฟอสฟอรัส (ppm)	20^{H}	13.3^{M}	18.7^{H}	12.7^{M}
ปริมาณโพแทสเซียม (ppm)	240^{VH}	223.3^{VH}	153.3^{VH}	136^{VH}
ปริมาณแคลเซียม (ppm)	320^{M}	253.3^{L}	229.3^{L}	141.0^{L}
ปริมาณแมกนีเซียม (ppm)	413.3^{H}	353.3^{H}	303.3^{H}	270^{H}
ปริมาณโซเดียม (ppm)	933.3	783.3	1000	966.7
ปริมาณซัลเฟต (%)	0.2	0.1	0.2	0.1
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/100g.)	1.9	3.2	6.7	4.7

หมายเหตุ LS = loamy sand ^{VH} = very high ^{H} = high
^{M} = medium ^{L} = low ^{VL} = very low

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน (1 ปี) ในแปลงทดลอง พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของดินในแปลงทดลองมีลักษณะเหมือนเดิม คือ เป็นดินทรายร่วน (loamy sand) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความเค็ม, ปริมาณอินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงมีปริมาณอยู่ในอัตราที่เท่าเดิม ยกเว้นปริมาณแคลเซียมที่ลดลงมาก โดยลดจากอัตราปานกลาง (320 ppm) เหลืออัตราต่ำ (229.3 ppm) สำหรับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนดินในแปลงควบคุม พบว่า มีการเปลี่ยนในลักษณะเดียวกันกับดินในแปลงทดลอง คือ ทุกดัชนีมีแนวโน้มลดลงแต่ยังคงมีปริมาณอยู่ในอัตราที่เท่าเดิม

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างแปลงทดลองและแปลงควบคุมเมื่อปลูกไม้ 1 ปี พบว่าทั้งสองแปลงมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันคือความอุดมสมบูรณ์มีแนวโน้มลดลงในอัตราที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของน้ำทะเลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินเป็นอย่างมากและอาจกล่าวได้ว่าพืชมีการนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตน้อยมาก เนื่องจากกล้าไม้ที่ปลูกมีอายุเพียง 1 ปีเท่านั้น ระบบรากยังไม่แผ่กว้างทำให้การหาอาหารอยู่ในบริเวณแคบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

1.1 ด้านป่าไม้

1) แปลงที่ 1 มีไม้รอดตาย 3 ชนิด คือ ลำพูทะเล แสมขาว และแสมทะเล โดยลำพูทะเลมีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด แสมทะเล มีการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตทางความสูงและอัตราการรอดตายสูงที่สุด แสมขาว มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเหมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลงมากกว่า 2 เมตร

2) แปลงที่ 2 มีไม้รอดตาย 5 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล โปรงแดง แสมขาว และแสมทะเล โดยโกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง และมีการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงที่สุด แสมทะเล มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด โปรงแดง มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่า แสมทะเล ลำพูทะเล และแสมขาว มีอัตราการรอดตายสูง ร้อยละ 90.48, 85.71 และ 80.79 ตามลำดับ สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเหมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลง 1-2 เมตร เมื่อน้ำขึ้นสูงสุด คือ โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล

3) แปลงที่ 3 ไม้ทุกชนิดสามารถเติบโตได้ในแปลงนี้ โดยโกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด และมีการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด ลำพูทะเล มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด ถั่วขาว มีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงสูงที่สุด สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่า ไม้เกือบทุกชนิดมีอัตราการรอดตายสูงยกเว้นถั่วขาวที่มีอัตราการรอดตายเพียงร้อยละ 33.33 สรุปได้ว่า พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเหมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลงน้อยกว่า 1 เมตร เมื่อน้ำขึ้นสูงสุด คือ โกงกางใบใหญ่

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าแสมทะเลและแสมขาวเป็นไม้ที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล และโปรงแดง สำหรับโกงกางใบเล็ก และถั่วขาวไม่เหมาะสมที่จะนำมาปลูก

1.2 ด้านคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาพบว่าทุกดัชนีที่ตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล คือ มีค่าอุณหภูมิน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในช่วง 28.2-29.5 องศาเซลเซียส, 7.4-7.7, 13.88-25.25 psu และ 3.59-4.52 mg/l ตามลำดับ สำหรับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล และการขึ้นลงของน้ำทะเลโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซึ่งมีการเปลี่ยนรูปอยู่ตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างการทดลองคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการปลูกไม้ป่าชายเลน ในช่วง 1 ปี ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบริเวณนั้นแต่อย่างใด

1.3 ด้านคุณสมบัติของดิน

การศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน (1 ปี) พบว่าทั้งในแปลงทดลองและแปลงควบคุม มีลักษณะทางกายภาพของดินเหมือนเดิม คือเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) สำหรับลักษณะทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดินมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ยังมีปริมาณอยู่ในอัตราที่เท่าเดิม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การปลูกไม้ป่าชายเลน ในช่วง 1 ปี ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินแต่อย่างใด

2. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลนจังหวัดระนอง มีข้อเสนอแนะดังนี้

2.1 ข้อเสนอแนะ การดำเนินการการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่

1) ควรมีการปรับพื้นที่ให้มีระดับความสูงของพื้นที่ที่น้ำทะเลท่วมแปลงได้ อยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 2 เมตร เมื่อน้ำทะเลขึ้นสูงสุด ก่อนที่จะปลูกกล้าไม้ เพื่อให้กล้าไม้สามารถเจริญเติบโตและมีอัตราการรอดตายที่สูง

2) การเลือกชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่ ควรพิจารณาถึงลักษณะของพื้นที่และองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างประกอบกัน โดยเฉพาะระยะเวลาการท่วมของน้ำ

3) การฟื้นฟูเหมืองแร่ร้างให้เป็นป่าธรรมชาติควรปลูกพันธุ์ไม้คละกันไป ทั้งโกงกางใบใหญ่ แสมทะเล แสมขาว ลำพูทะเล และโปรงแดง เพราะไม้ทั้ง 5 ชนิด มีความเหมาะสมในการฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้างให้กลับสู่สภาพธรรมชาติ เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง โดยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ จะเป็นตัวการที่ช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งพืชและสัตว์ที่จะตามมาทำให้พื้นที่เหมืองแร่ร้างมีสภาพเหมือนกับในป่าธรรมชาติได้เร็วขึ้น

4) จากผลการศึกษาพบว่าเพรียงหินเป็นศัตรูพืชที่ทำลายกล้าไม้ที่สำคัญ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายของเพรียงหินควรเลือกช่วงเวลาการปลูก กล่าวคือ ควรปลูกกล้าไม้ในช่วงฤดูฝน (ความเค็มของน้ำต่ำ) ซึ่งอาจจะป้องกันเพรียงหินบางชนิดที่ไม่ชอบความเค็มต่ำมากได้

5) ในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ต้องมีการดูแลกล้าไม้ที่ปลูก มีการตรวจสอบอัตราการรอดตายเพื่อที่จะปลูกซ่อมหรือในการปลูกควรเลือกชนิดพืชที่มีความทนทานสูงมาปลูกก่อน เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการไม่ว่าจะเป็นลักษณะของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ระยะเวลาการท่วมของน้ำ แมลงศัตรูป่าไม้ และกระแสคลื่นและลมซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่ปลูกและเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก

6) ควรมีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ราษฎรในท้องที่และพื้นที่ใกล้เคียงเห็นให้ถึงประโยชน์และความสำคัญของพื้นที่ป่าชายเลนมากขึ้นรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมเพื่อจะได้มีส่วนร่วมในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง

2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

1) ควรเก็บข้อมูลตามที่ได้ศึกษาครั้งนี้ต่อไปจนกระทั่งกล้าไม้ที่ปลูกสามารถรอดตายและมีสภาพเหมือนกับป่าชายเลนธรรมชาติ

2) ในการศึกษาทำการทดลองครั้งนี้ทำการปลูกพืชเพียง 7 ชนิด และใช้ระยะเวลาในการวิจัยเพียง 1 ปี เพื่อจะได้ผลสมบูรณ์มากขึ้นควรศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายเพิ่มเติมต่อไป และควรมีการทดลองปลูกพืชชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ตาตุ่มทะเล พังกาหัวสุมดอกแดง เพื่อเลือกชนิดไม้ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

3) ควรมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินและน้ำภายหลังที่ทำการปลูกต้นไม้เพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้างต่อไป ทั้งนี้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในแต่ละปีและระยะเวลาที่จะฟื้นตัวให้มีสภาพเหมือนกับป่าชายเลนธรรมชาติ

4) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศป่าปลูกภายหลังระยะเวลาผ่านไปในด้านต่าง ๆ เช่น พืช สัตว์ ดิน น้ำ และ อื่น ๆ รวมทั้งศึกษาประโยชน์อื่น ๆ ที่ได้จากป่าทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อชี้ให้เห็นความสำคัญและประโยชน์ของป่าชายเลน รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแนวทางการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายฝั่ง ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินการเพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ป่าชายเลนประสบผลสำเร็จได้ง่ายและเร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

พิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2540. การศึกษาการเติบโตของต้นแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลนงอกใหม่ของอ่าวปัตตานี. น. II-4. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 10 "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน :- บทเรียนในรอบ 20 ปี", 25-28 สิงหาคม 2540, โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ไพศาล ธนะเพิ่มพูล. 2538. การเพาะชำกล้าไม้และการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน. น. V-01. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 "การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า", 6-9 กันยายน 2538, โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จ.ภูเก็ต. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สนิท อักษรแก้ว, จิตต์ คงแสงไชย และวิพักตร์ จินตนา. 2530. ความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลนในประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 6(2) : 160-187.

Clarke, L.D. and N.J. Hannon. 1971. The Mangrove Swamp and Salt March Communities of the Sydney Distric. IV. The Significance of Species Interaction.J. Ecol. 59: 535-53.

Ibrahim, H. and A. Ahmad. Shah. 1989. Variation and Zonation Avicenia spp. At Sementa, Klana, Malaysia in "Mangrove Management : Its Ecological and Economic Consideration" BIOTROP Spcial Publication. No. 37., SEAMEO-BIOTROP, Bogor, Indonesia, pp 301-312.

Macnae, W. 1968. A General Account of The Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forest in the Indo-West Pacific Region Advance. Mar. Birl. 6 : 73-270.

Tanaka, K. and P. Choo. 2000. Influences of nutrient outwelling from the mangrove swamp on the distribution of Phytoplankton in the Matang mangrove estuary, Malaysia, pp. 71-82. In. International Workshop on Brachirt Water Mangrove Ecosystem. 29 Feb.-1 March, 2000. Tsukuba, JIRCAS.

Thong, K. L., A. Sasekumar and N. Marshall. 1993. Nitrogen concentrations in a mangrove creek with a large tidal range, Peninsular Malaysia. Hydrobiologia 254 : 125-132.

การเจริญเติบโตและการรอดตายของกล้าโกงกางใบใหญ่เมื่อปลูกในอ่าว ที่มีรั้วกั้นคลื่นลมบริเวณทะเลสาบสงขลา

Growth and Survival Rates of *Rhizophora mucronata* in the Bay under Fencing Condition at Songkhla Lake

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ Noparat Bamroongrugsa

Abstract

Planting *Rhizophora mucronata* in the bay with fencing was investigated. Propagules and bag seedlings were planted in the Songkhla Lake in March 2000 during the influences of runoffs fresh water. The results showed that survival rates remained high at 8 months after planting but decreased thereafter. Among these, seedlings from propagules with fencing had survival rates of 99% and 70% if without fencing while bag seedlings had 97% with fencing and only 3% if without fencing. At 10 months after planting, all seedlings were submerged in heavy flooding lasted more than 10 days which might caused adverse effect to the plants. Thus, the survival rates of plants grown from propagules at 14 months after planting were decreased to 45% and only 4% for those grown from bag seedlings. As the height and leaf numbers increased with time, the survival rates at 34 months for seedlings grown from propagules with fencing were 40% and 35% without fencing respectively. These survived plants, however, were found only in the shallow water or near the shoreline. As for bag seedlings, most plants were dead in both with and without fencing conditions suggesting that other environmental conditions had stronger effect on plants than fencing. In addition, for successful mangrove restoration of the Songkhla Lake, using propagules for planting in the shallow water is recommended.

Key words: Growth/Survival rate/Rhizophora mucronata/Bay/Fencing condition/Songkhla lake

บทคัดย่อ

การทดลองปลูกโกงกางใบใหญ่ โดยปลูกจากฝักและกล้าที่เพาะในถุงชำ ในอ่าวโดยทำรั้วกั้น ป้องกันคลื่นลมและเรือประมงขนาดเล็กบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก และปลูกในเดือนมีนาคม 2543 ขณะที่น้ำในอ่าวยังเป็นน้ำจืด พบว่าหลังจากปลูกได้ 8 เดือน กล้าไม้ที่ปลูกจากฝักมีอัตราการรอดตายสูง ทั้งที่อยู่ในรั้ว (99%) และนอกรั้ว (70%) ในขณะที่กล้าถุงที่ปลูกในรั้วมีอัตรารอดตายสูงเช่นกัน (97%) แต่กล้าถุงที่ปลูกนอกรั้วตายเกือบหมด เหลือเพียง 3% เมื่อวัดอัตราการเจริญเติบโตในระยะ 14 เดือน หลังเกิดสภาวะน้ำท่วมในทะเลสาบครั้งใหญ่ ทำให้กล้าไม้จมน้ำที่ขุ่นข้นนานเกิน 10 วัน พบว่าการรอดตายจะลดลงทั้งกลุ่มที่ปลูกจากฝัก (ประมาณ 45%) และกล้าถุงซึ่งรอดตายประมาณ 4% เท่านั้น และเมื่ออายุกล้าได้ 34 เดือน กล้าจากฝักจะมีชีวิตรอดคือกลุ่มในรั้ว (40%) และนอกรั้ว (35%) โดยกล้าที่รอยดตายนี้มีเฉพาะกลุ่มที่ปลูกในน้ำตื้นชายฝั่งเท่านั้น ส่วนกล้าจากถุงทั้งในรั้วและนอกรั้วตายเกือบหมด สำหรับกล้าที่รอดตายนั้นมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามปกติ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการกั้นรั้วแทบไม่มีผลต่อการปลูกโกงกางใบใหญ่ในทะเลสาบสงขลาเลย การตายของกล้ามีสาเหตุจากปัจจัยของน้ำเป็นสำคัญ

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลา การใช้ฝักโกงกางใบใหญ่ปลูกบริเวณน้ำตื้นชายฝั่งมีความเหมาะสมกว่าการใช้กล้าถุง

คำหลัก: การเจริญเติบโต/การรอดตาย/โกงกางใบใหญ่/รั้ว/คลื่น/ทะเลสาบสงขลา

คำนำ

การปลูกป่าชายเลนเป็นการจัดการที่ต้องอาศัยเทคนิคโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการปลูกป่าในสภาพพื้นที่ที่สิ่งแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเจริญเติบโตตามธรรมชาติของกล้าไม้ชนิดนั้น โดยทั่วไปภูมิประเทศที่จะเกิดป่าชายเลนได้ดี จะเป็นบริเวณที่มีดินเลนหรือเลนปนทรายตามชายฝั่งที่มีน้ำทะเลท่วมถึงอยู่เสมอ หรือบริเวณท้องอ่าวที่ไม่มีคลื่นลมแรง จากการทดลองปลูกป่าชายเลนในหลายพื้นที่ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศปรากฏว่าได้มีรายงานความสำเร็จแตกต่างกันไป จาก 0-100 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุหลักที่ทำให้การปลูกป่าชายเลนล้มเหลวในหลายพื้นที่ได้แก่ ความรุนแรงของคลื่นลมบริเวณพื้นที่ปลูกเพราะรากจะถูกทำลายและเกิดการทับถมของตะกอน (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2543) อย่างไรก็ตามสาเหตุอื่นที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จในการปลูกได้แก่ เทคนิคการเลือกพื้นที่ ส่วนของพืชที่ใช้ปลูก วิธีปลูก ฤดูกาล พันธุ์พืช การทับถมของตะกอน ปริมาณขยะในทะเล ศัตรูพืช การขึ้นลงของน้ำ คุณภาพของน้ำและความเค็มของน้ำ ตลอดจนการรบกวนของเรือประมงเป็นต้น

พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนแต่ละชนิดมีความสามารถในการปรับตัวเพื่อทนทานต่อแรงลมและคลื่นแตกต่างกัน พวกที่ไม่ทนต่อแรงกระแทกเหล่านี้มักได้แก่พืชที่ไม่รากยึดแบบ cable roots หรือมีระบบรากไม่แข็งแรง (Thom et al., 1975) ดังนั้นจึงพบป่าชายเลนได้บริเวณท้องอ่าวที่ไม่ค่อยมีคลื่นลมรุนแรงมีรายงานว่าไม้โกงกาง *(Rhizophora* sp) มักได้รับผลกระทบรุนแรงจากแรงลมจนเกิดความเสียหายได้ (Chapman, 1976) นอกจากนี้แนวปะการัง Great Barrier Reef ใน Australia พบว่ามีบทบาทมากในการลดความรุนแรงของคลื่นลมสู่ชายฝั่งจึงมีส่วนช่วยทำให้มีป่าชายเลนขึ้นได้ตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ Australia (Oliver, 1982)

ปัจจุบันนี้ป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลาได้ถูกทำลายลงเป็นอย่างมากและส่งผลกระทบต่อการลดลงของทรัพยากรประมงและคุณภาพของสิ่งแวดล้อมชายฝั่งและต่อชีวิตของชุมชนบริเวณรอบทะเลสาบ ไม้โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronota* Poir) เป็นไม้ที่พบประปรายบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เป็นไม้ที่มีขนาดใหญ่สูง 30-40 เมตร มีรากค้ำจุนทำหน้าที่พยุงลำต้น บางครั้งพบว่ามีรากอากาศที่งอกจากกิ่งอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก โกงกางใบใหญ่ขึ้นได้ดีบริเวณที่มีดินเลนอ่อนและลึกริมชายฝั่ง (สำนักวิชาการป่าไม้, 2542) แม้ในทะเลสาบซึ่งมีน้ำท่วมขังเกือบตลอดปีก็พบไม้โกงกางขึ้นอยู่ได้ ได้มีหลายหน่วยงานพยายามฟื้นฟูป่าชายเลนรอบทะเลสาบสงขลาขึ้นมาใหม่ ซึ่งบางโครงการก็ประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ เช่น ชุมชนบริเวณบ้านหัวเขา อำเภอสิงหนคร ได้ร่วมกับองค์กรต่าง ๆ ปลูกโกงกางใบใหญ่บริเวณริมฝั่งและหาดเลน ทั้งนี้บริเวณดังกล่าวคลื่นลมไม่รุนแรงในฤดูมรสุมเพราะถูกกำบังโดยแหลมสมิหลาและเมืองสงขลา จึงมีโอกาสรอดตายมากกว่า 50%

สำหรับชีกตะวันตกของทะเลสาบสงขลาที่ได้รับคลื่นลมค่อนข้างรุนแรงจากอ่าวไทยในฤดูมรสุมเช่นบริเวณอำเภอควนเนียง การตั้งตัว (establishment) ของกล้าไม้ชายเลนเป็นไปอย่างยากลำบาก จึงได้ทำการทดลองโดยทำแนวรั้วไม้ไผ่กั้นพื้นที่ป้องกันคลื่นลมรุนแรงตลอดจนการกระแทกทำลายจากเรือประมงในบริเวณอ่าวที่จะปลูกเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกล้าโกงกางใบใหญ่ที่ใช้ปลูก หากประสบผลสำเร็จจะได้นำความรู้หรือเทคนิคเรื่องนี้ไปใช้ในการฟื้นฟูป่าชายเลนรอบทะเลสาบสงขลาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะของพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอ่าวทึงหน้าโรงเรียนวัดท่าม่วง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา บริเวณริมฝั่งมีไม้ลำพู โกงกางใบเล็ก สมอทะเล ตาตุ่มและแสมทะเลขึ้นประปรายทั่วไป แต่ในอ่าวซึ่งเป็นดินเลนปนทรายมีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 1 เมตร ในฤดูฝนและอาจแห้ง 2-3 วัน ในฤดูร้อน ไม่ปรากฏพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดใดเจริญเติบโตได้เลย จึงทำการกั้นรั้วไม้ไผ่กันคลื่นลมขนาดความสูง 3.5 เมตร ยาว 520 เมตร กั้นพื้นที่ 70 ไร่ ในอ่าวดังกล่าวในฤดูมรสุม (พฤศจิกายน- ธันวาคม) ซึ่งเป็นฤดูฝนมีอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย 26.83 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ 80.22% ความเร็วของลมตะวันออก 6.3-8.9 น๊อต ความเค็มของน้ำมีค่า 0-4 psu ค่า pH ของดินบริเวณริมฝั่งมีค่าเฉลี่ย 4.9 อินทรีย์สาร 5.9% ไนโตรเจน 0.14% และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.52% ในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 ที่เริ่มโครงการได้ทำการวิเคราะห์น้ำในอ่าวปรากฏผล ดังนี้ pH = 6.9, ค่านำไฟฟ้า = 17 ds/m, ความขุ่น = 65 ppm, ออกซิเจนละลายน้ำ = 7.5 ml/l, อุณหภูมิน้ำ 35 องศา, ค่าความเค็ม 1 psu และความลึกของน้ำเฉลี่ย 66.2 ซม. อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำทั่วไปในพื้นที่มีค่า 0-25 psu ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และค่า pH ของดินมีค่า 3.6-4.2 ซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย มีดินเหนียวปนไม่เกิน 10% ที่ผิวดินมีความสมบูรณ์ต่ำ แต่ที่ความลึก 20-40 ซม. ดินมีความสมบูรณ์ค่อนข้างสูง

2. วิธีปลูก

ใช้กล้าจากถุงชำ และใช้ฝักปลูกในลักษณะลาดเอียงจากชายฝั่งประมาณ 200 เมตร และบริเวณริมฝั่ง ความลึกของน้ำในฤดูร้อนเฉลี่ย 15 ซม. และฤดูฝนเฉลี่ย 70 ซม. กล้าถุงที่ใช้มีความสูงประมาณ 75 ซม. มีจำนวนใบ 7 ใบ เส้นรอบวงรอบโคนต้น 6 ซม. ส่วนฝักที่ใช้ปลูกมีความสูง 54.5 ซม. และใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร ส่วนหนึ่งของฝักที่ใช้ปลูกชายฝั่งทั้งนอกรั้วและในรั้ว ปลูกแบบชิดกันระยะห่างแต่ละฝักประมาณ 30 ซม.

ผลและวิจารณ์ผล

เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตและการรอดตายของกล้าไม้ที่ใช้ฝักปลูก (ตารางที่ 1) พบว่าในระยะ 8 เดือนแรกกล้าไม้รอดตายในอัตราสูงคือในรั้วเท่ากับ 99% และนอกรั้วเท่ากับ 70% ทั้งนี้สภาพที่น้ำในทะเลสาบยังมีความเค็มน้อย น่าจะมีส่วนทำให้กล้าไม้ยังมีชีวิตรอดมาก แต่หลังจากกระทบกับความเค็มในฤดูแล้งที่มีค่ามากกว่า 20 psu และพวกที่ปลูกในน้ำ รากและลำต้นจมน้ำนานกว่ากล้าไม้ที่เจริญตามธรรมชาติที่มีความถี่ของน้ำขึ้นลงตามปกติ กล้าไม้ที่จมน้ำดังกล่าวคงไม่สามารถปรับตัวได้ อัตราการรอดตายจึงลดลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม พบว่ากล้าไม้ที่เหลือรอดมักเป็นกลุ่มที่ปลูกริมฝั่งเท่านั้น แต่บริเวณน้ำลึกจะตายหมดในเวลาต่อมา ผลการทดลองเรื่องนี้ยืนยันว่าไม้โกงกางต้องการสภาพน้ำขึ้นลงเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าการแช่ขังของน้ำเหมือนการทดลองครั้งนี้ อย่างไรก็ตามกลุ่มที่รอดตายมีการเจริญเติบโตปกติคือเมื่ออายุ 34 เดือน ความสูงและจำนวนใบมากกว่าตอนอายุ 8 เดือนเกือบ 2 เท่า อนึ่ง Robinowitz (1975, 1978) ได้ศึกษาการกระจายพันธุ์ของฝัก (propagules) ในพืชป่าชายเลน 6 ชนิด ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีฝักขนาดใหญ่ เช่นโกงกางและฝักขนาดเล็กเช่นแสม พบว่าการกระจายพันธุ์ของฝักโกงกางที่มีฝักหนักกว่าไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากกระแสน้ำและคลื่นลมเหมือนฝักแสม ฝักที่หนักกว่าสามารถงอกและเจริญเติบโตได้แม้แช่อยู่ในน้ำคืองอกได้ทั้งน้ำลึกและน้ำตื้น แต่การตายในปีแรกมักมีสาเหตุจากวัสดุลอยน้ำที่ทำลายกล้ามากกว่า เช่นพบว่าใน *Rhizophora stylosa* หลังการงอก 1 ปีจะมีกล้ารอดตาย 72% ส่วนแสมที่มีฝักขนาดเล็ก กระแสน้ำจะพัดพาสู่ฝั่งได้ลึกกว่าฝักที่มีน้ำหนักมากกว่าและจะงอกในบริเวณน้ำตื้นหรือ

ปริ่มน้ำเท่านั้น ดังนั้นการแบ่งเขตพรรณไม้ (zonation) ในป่าชายเลนน่าจะมีสาเหตุมาจากความสามารถของฝักที่กระแสน้ำและคลื่นพัดพาได้ไกล้หรือไกลกว่ากัน มิได้มาจากความเหมาะสมของพื้นที่ต่อความจำเป็นทางสรีรวิทยา (physiological preference) ของพืชเท่านั้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกล้าโกงกางที่ปลูกจากฝักทั้งบริเวณที่มีรั้วกั้นและไม่มีรั้วกั้นบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

วิธีปลูก (ใช้ฝัก)	ลักษณะของกล้า	อายุกล้า (เดือน)				Significent levels
		8	14	22	34	
ปลูกในรั้ว	ความสูง (ซม.)	78.6	81.4	108.2	117.2	**
	จำนวนใบ	7.0	7.2	7.4	17.0	*
	อัตรารอดตาย(ร้อยละ)	99.0	50.0	45.0	4.0	**
ปลูกนอกรั้ว	ความสูง (ซม.)	83.8	110.8	113.0	121.4	**
	จำนวนใบ	9.8	12.4	15.6	22	*
	อัตรารอดตาย(ร้อยละ)	70	40	35	35	**

* significant level at p< 0.05

** significant level at p< 0.01

อนึ่งในเดือนพฤศจิกายน 2543 ได้เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ โดยท่วมยอดกล้ามากกว่า 10 วัน ตลอดจนน้ำในทะเลสาบก็ขุ่นข้น จึงน่าจะทำให้กล้าไม้ที่ปลูกในน้ำตายมากหลังจากปลูกได้ 14 เดือน ในขณะที่พวกที่อยู่ชายฝั่งจมน้ำนานน้อยกว่า 5 วัน จึงพบว่ามีชีวิตรอดมากกว่า

สำหรับกล้าไม้ที่ปลูกจากถุงชำหลักจากปลูกได้ 8 เดือน พบพวกที่อยู่ในรั้วมีคลื่นลมกระทบน้อย มีอัตรารอดตาย ถึง 97% ในขณะที่พวกที่ปลูกนอกรั้วมีอัตรารอดตายเพียง 3% แต่เมื่ออายุกล้าได้ 14 เดือน พวกที่อยู่ในรั้ว จะตายมากเหลืออัตรารอดตายเพียง 5% ใกล้เคียงกับพวกที่อยู่นอกรั้ว (ตารางที่ 2) แต่เมื่อครบ 34 เดือน ทั้ง 2 กลุ่มตายเกือบหมด แสดงว่าการใช้กล้าถุงปลูกในน้ำทั้งที่มีรั้วกั้นคลื่นและไม่มีรั้วไม่มีผลต่างกัน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกล้าโกงกางที่ปลูกจากกล้าถุงในบริเวณที่มีรั้วกั้นและไม่มีรั้วกั้นบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

วิธีปลูก (กล้าถุง)	ลักษณะของกล้า	อายุกล้า (เดือน)				Significent levels
		8	14	22	34	
ปลูกในรั้ว	ความสูง (ซม.)	108.0	119.6	124.7	116.0	*
	จำนวนใบ	9.0	7.4	7.6	8.0	ns
	อัตรารอดตาย(ร้อยละ)	97.0	5.0	5.0	1.5	**
ปลูกนอกรั้ว	ความสูง (ซม.)	87.8	92.6	0	0	ns
	จำนวนใบ	6.4	7.4	0	0	ns
	อัตรารอดตาย(ร้อยละ)	3.0	3.0	0	0	*

* significant level at p< 0.05

** significant level at p< 0.01

ns = non sigificant

สรุปและข้อเสนอแนะ

การที่มีน้ำท่วมขังยาวนานไม่เหมาะสำหรับกล้าไม้โกงกาง การใช้ฝักปลูกจะเหมาะกับพื้นที่ชายฝั่งหรือบริเวณน้ำตื้นเท่านั้น การมีชีวิตรอดของกล้าที่ปลูกจากฝักจะมีเปอร์เซนต์ที่สูงกว่าการปลูกจากกล้าถุงทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการปรับตัว (physiological adaptations) ของกล้าโกงกางเองด้วย การใช้กล้าถุงที่มีรากพัฒนาแล้วอาจเกิดอาการช๊อค (physiological shock) เมื่อกระทบกับความเค็มของน้ำที่สูงขึ้น ในขณะที่การปลูกจากฝักกล้าไม้จะค่อยๆ ปรับตัวโดยงอกรากออกมาเรื่อยๆตามความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามฝักที่เจริญได้ดีพบบริเวณชายฝั่งน้ำตื้นเท่านั้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้กล้าถุงไม้โกงกางปลูกในหลายพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมและราคาก็สูงกว่าการใช้ฝักปลูกอีกด้วย สำหรับการปลูกกล้าโกงกางจากถุงโดยการทำรั้วเพื่อลดความรุนแรงกระแสคลื่นในบริเวณทะเลสาบสงขลาจะสามารถช่วยได้ดีในระยะแรกเท่านั้นคือประมาณ 1 ปี แต่ต่อมาอัตราการรอดตายทั้งกล้าในรั้วและนอกรั้วมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือตายเกือบหมด จึงเชื่อว่าการตายหรือรอดตายของกล้าโกงกางจะมาจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นมากกว่า เช่นกรณีการท่วมใหญ่ของน้ำหลังไม้โกงกางใบใหญ่ปลูก 8 เดือนจนกล้าไม้และใบทั้งหมดจมใต้น้ำนานประมาณ 10 วัน และการที่ใบเปื้อนโคลนอาจลดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงแต่ขณะที่กล้าไม้ลำพูที่ปลูกข้างเคียงมีอัตรารอดตายสูงมาก ดังนั้นการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่จากถุง จึงไม่เหมาะกับพื้นที่น้ำท่วมมากหรือพื้นที่น้ำขังส่วนกล้าจากฝักควรปลูกบริเวณพื้นที่ชายฝั่งเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ 2543. ความสำเร็จของการปลูกป่าชายเลนในสภาพพื้นที่ต่างกัน, การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 11, สำนักงานคณะกรรมการวิจัย-แห่งชาติ, 9-11 กค. 2543, โรงแรมตรังพลาซ่า จ.ตรัง หน้า I-2 (I-13)

สำนักงานป่าไม้เขตสงขลา. 2542. พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทย. กรมป่าไม้ 156 หน้า

Chapman, V.J. 1976. Coastal Vegetation, 2nd ed., Pergamon, Oxford, pp.217-33

Oliver, J. 1982. The Geographic and Environmental Aspects of Mangrove Communities : Climate in "Mangrove Ecosystem in Australia". B.F. Clough (ed.) Australian Institute of Marine Science, Colorcraft Ltd, Hong Kong. (pp.19-30)

Rabionowitz, D., 1975. Planting experiments in mangrove swamps of Panama. In G.E. Walsh, S.G. Snedaker and H.J. Teas (eds.), *Proccedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves*. Instiute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, Vol. I, pp. 385-93.

Rabinowitz, D., 1978. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropical* 10, 47-57.

Thom,B.G.,L.D. Wright and J.M. Coleman, 1975. Mangrove ecology and deltaic-estuarine Geomorphology; Cambridge Gulf-Ord River, Western Australia. *Journal of Ecology* 63, 203-32.

การเจริญเติบโตของกล้าลำพูเมื่อปลูกในน้ำที่มีระดับความลึกต่างกัน บริเวณทะเลสาบสงขลา

Growth of *Sonneration caseolaris* (L.) Engl. after Planting at Different Water Depths of Songkhla Lake

นพรัตน์ บำรุงรักษ์ Noparat Bamroongrugsa
ชอทิพย์ ปุรินทวกุล Choathip Purintravaragul

Abstract

The experiment was carried out to investigate the seedling growth of *Sonneratia caseolaris* (L.) Engl. planted in Songkhla Lake at different in water depths. To avoid plant submergence in water during flooding in the rainy season, the root balled seedlings of 144 cm tall were selected for planting. Since the water salinity of the lake varied with the seasons, planting operation was made during the rainy season. In order to observe the effect of water depths, the planting rows were arranged seaward and perpendicularly to the shoreline in various in water depths from 0-60 cm. It was observed that the intrusion of seawater into the planting site during the dry season stunted seedling growth and caused broken branches and stem tips. This disadvantage was remedied when the lake water changed to fresh or brackish water. The results showed that seedlings grown in deeper water levels produced greater root (pneumatophore) development such as root length, root numbers as well as the distances from the main stem. As the result, it was possible that such better root characters in deep water brought about greater numbers in plant height, branch numbers stem diameters as well as the survival rates. The results from this experiment will provide an efficial tool for mangrove restoration programme in the Songkha Lake.

Key words: Growth/Water depth/Sonneratia caseolaris

บทคัดย่อ

การทดลองปลูกกล้าไม้ลำพู *(S. casealaris)* โดยการขุดขอนกล้าไม้ที่มีความสูงประมาณ 144 ซม. ปลูกในพื้นที่ทดลองบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ที่มีน้ำจืดท่วมขังตามแนวลาดชันจากฝั่งสู่ทะเล ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0 ถึง 60 ซม. บริเวณนี้ได้รับอิทธิพลประจำปีจากน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เมื่อเริ่มปลูกปรากฏว่ากล้าไม้เจริญเติบโตดี แต่เมื่อมีน้ำเค็มรุกเข้ามาในฤดูแล้ง ใบจะร่วง กิ่งและยอดหัก และจะแตกใหม่ได้อีกในฤดูฝนที่มีน้ำจืดเข้ามา สำหรับกล้าไม้ที่ปลูกในบริเวณที่มีน้ำลึกกว่ารากของกล้าไม้กลุ่มนี้จมน้ำตลอดเวลาแม้ในฤดูน้ำลดจะมีพัฒนาการของรากในด้านความยาว จำนวนรากและระยะห่างของรากจากโคนต้นมากกว่ากลุ่มที่อยู่ในที่ตื้นหรือริมฝั่งเนื่องจากการพัฒนาการของระบบรากที่ดีกว่า ทำให้กล้าไม้กลุ่มนี้มีความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งต่อต้น เส้นรอบวงโคนต้น และอัตรารอดตายของกล้าไม้ที่อยู่ในน้ำที่ลึกมากกว่ากลุ่มที่อยู่ตื้นกว่าหรือปลูกอยู่บนบกแนวริมฝั่ง ดังนั้นการปลูกกล้าลำพูบริเวณชายฝั่งและปลูกกล้าในน้ำที่ไม่ลึกเกิน 60 ซม. บริเวณทะเลสาบสงขลาสามารถกระทำได้หากเลือกกล้าไม้ที่มีความสูงพอเหมาะและปลูกในฤดูกาลที่มีน้ำจืดท่วมพื้นที่ปลูก

คำหลัก: การเจริญเติบโต/ระดับความลึกน้ำ/ลำพู

คำนำ

การเจริญเติบโตของพืชในป่าชายเลนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดรวมทั้งระดับของความเค็ม โครงสร้างของดิน และระดับของน้ำท่วมขัง (Tomlinson, 1986) จากการทดลองปลูกกล้าโกงกางใบใหญ่ในสภาพที่น้ำท่วมขังตลอดเวลาบริเวณทะเลสาบสงขลา (ให้ยอดกล้าโผล่เหนือน้ำ) พบว่าในระยะแรก (8 เดือน) ทั้งกล้าที่ขุดย้ายมาปลูกและกล้าจากฝัก มีอัตราการรอดตายเกือบ 100% แต่ระยะต่อมาใบจะเหลืองแตกใบใหม่น้อยมากจนตายเกือบหมดในระเวลา 28 เดือน ทั้งนี้อาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณ O_2 ที่พืชนี้ไม่สามารถดูดไปใช้ได้เพียงพอเนื่องจากภาวะน้ำท่วมราก (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และคณะ, 2545) ส่วนการทดลองเรื่องระดับของน้ำท่วมขังในโกงกางใบเล็กและแสมทะเลที่ระดับน้ำท่วมขัง สูงกว่าผิวดิน 10 ซม. และ 20 ซม. ในพื้นที่นากุ้งร้าง พบว่าพืชทั้ง 2 ชนิดเจริญเติบโตได้ดีและมีอัตราการรอดตาย 100% (เมธี เอกศิรินิมิตร และคณะ 2545) สำหรับ ลำพู (*Sonneratia casealaris*) ซึ่งโดยทั่วไปจัดเป็นพืชเบิกนำในบริเวณดินเลนงอกใหม่ปากแม่น้ำที่มีน้ำจืดหรือน้ำกร่อยเล็กน้อย เป็นพืชที่ทนสภาพน้ำท่วมขังได้ดี มีคนรายงานว่ามักพบลำพูในบริเวณพื้นที่น้ำท่วมขังวันละ 1-2 ครั้งทุกวันและอย่างน้อยเดือนละ 20 วัน จึงพบลำพูเจริญเติบโตในบริเวณล่างสุดของเขตน้ำขึ้นลง (Chapman, 1976) การที่ลำพูสามารถพัฒนารากหายใจ (pneumatophore) ได้มาก และรากอาจสูงถึง 3 เมตร จึงเป็นความสามารถในการปรับตัวในสภาพน้ำท่วมขังได้ดีกว่าพืชป่าชายเลนชนิดอื่น

ในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาทั้งระบบมักจะพบลำพูได้ทั่วไปเช่นบริเวณทะเลสาบตอนนอกหรือทะเลสาบสงขลาจะพบลำพูเป็นหย่อมๆ ในขณะที่บริเวณตำบลคูขุด อำเภอสทิงพระมีป่าลำพูเป็นบริเวณกว้างรวมทั้งบริเวณชายฝั่งทะเลหลวงพบลำพูขึ้นเป็นแถบหรือเป็นหย่อมกระจัดกระจายจนถึงลำป่า จังหวัดพัทลุงและอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา นอกจากนี้บริเวณอำเภอปากพยูน จังหวัดพัทลุงก็พบลำพูได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่ง (สำนักงานป่าไม้เขตสงขลา, 2535) ทะเลสาบสงขลามีความแตกต่างจากทะเลน้ำจืดทั่วไปเพราะมีทางเปิดออกสู่ทะเลจึงทำให้น้ำในทะเลสาบมีคุณสมบัติเป็นน้ำเค็ม น้ำกร่อย และน้ำจืด สำหรับทะเลสาบตอนนอกที่มีส่วนเชื่อมต่อกับทะเลจึงได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากทะเลอ่าวไทย ความเค็มของน้ำผันแปรตั้งแต่ 0-34 psu ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และความลึกของน้ำจะมากในฤดูฝนมีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 182.15 ตร.กม. ส่วนทะเลสาบตอนกลางและทะเลหลวงมีความยาวประมาณ 45 กม. และกว้างสูงสุด 20 กม. ตอนล่างของทะเลสาบส่วนนี้เป็นน้ำกร่อย ความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 0-22 psu ส่วนตอนบนน้ำกร่อยเล็กน้อยแต่ช่วงเวลาน้ำจืดนานมีค่าความเค็ม 0-4 psu ส่วนทะเลน้อยอยู่ในจังหวัดพัทลุง มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 27.16 ตร.กม. อยู่ห่างจากปากทะเลสาบ 75 กม. จึงแทบไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลเลย (Songkla Lake Basin Planning Study, 1985)

ในปัจจุบันสภาพของทะเลสาบสงขลาทรุดโทรมลงมากเนื่องจากประสบปัญหาหลายประการเช่นเกิดมลภาวะของน้ำ มีปริมาณน้ำจืดไหลลงทะเลสาบน้อยลงตลอดจนการตื้นเขินของทะเลสาบ ป่าชายเลนที่มีอยู่ก็ถูกทำลาย ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของฟาร์มเลี้ยงกุ้งรอบทะเลสาบก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ จึงมีความจำเป็นต้องรีบ ป้องกันและอนุรักษ์ตลอดจนการปรับปรุงอย่างถูกวิธีและจริงจัง ป่าชายเลนซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์น้ำตลอดจนเป็นแหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อนบริเวณทะเลสาบสงขลาถูกโค่นทำลายและเปลี่ยนสภาพไปอย่างมาก จากข้อมูลดาวเทียม "Lansat TM" ในปี พ.ศ.2534 พบว่าป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลาทั้งระบบมีประมาณ 56.20 ตร.กม. แต่ขณะนี้พบว่าป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบมีเป็นหย่อมเล็กๆ และคาดว่าไม่เกิน 16 ตร.กม. เนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลสาบสงขลาเคยมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอยู่ทั่วไป การฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งด้วยการปลูกป่าชายเลนต้องคำนึงถึงพันธุ์พืชที่เหมาะสม เนื่องจากไม้ลำพูสามารถพบได้ทั่วไปในบริเวณทะเลสาบสงขลาจึงใช้พืชชนิดนี้เพื่อการฟื้นฟูชายฝั่งทะเลสาบ

เนื่องจากความผันแปรด้านอุทกวิทยาของทะเลสาบสงขลามีมากเช่นระดับความเค็มของน้ำ ความลึกของน้ำผันแปรตามฤดูกาลตลอดจนระยะเวลาการท่วมขังของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่ามาจากต้นน้ำอีกด้วย การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่ดังกล่าวต้องอาศัยความรู้และแนวทางปฏิบัติที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกล้าลำพู เมื่อปลูกในน้ำที่มีระดับความลึกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของทะเลสาบสงขลา ในอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา ซึ่งได้รับคลื่นลมโดยตรงและรุนแรงในฤดูมรสุมทำให้การงอกและการตั้งตัวของกล้าไม้ป่าชายเลนเป็นไปค่อนข้างลำบาก ส่วนบนฝั่งเป็นที่ลุ่มมีน้ำท่วมถึงเป็นครั้งคราวพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนธรรมชาติได้แก่ ไม้ลำพู แคทะเล โกงกางใบเล็ก สมอทะเล ตาตุ่มทะเลและแสมทะเลขึ้นอยู่ประปรายทั่วไป แต่ในอ่าวที่เป็นพื้นที่ทดลองไม่ต่ำกว่า 500 ไร่ เป็นดินเลนปนทรายมีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 1 เมตรในฤดูฝนและอาจแห้งระยะสั้น ๆ ในฤดูร้อน ไม่ปรากฏว่ามีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดใดเจริญเติบโตได้เลย จึงทำการกั้นรั้วไม้ไผ่กันคลื่นลมขนาดความสูง 3.5 เมตร ยาว 520 เมตร กั้นพื้นที่ 70 ไร่ โดยทั่วไปความเค็มของน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ซึ่งเป็นที่ศึกษาของโครงการนี้มีความเค็มเฉลี่ยระหว่าง 4.0-32.0 psu ในฤดูร้อน (Kuwabara and Yamanaka, 1995) แต่อาจผันแปรในบางปีตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ จากการวัดค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในฤดูมรสุม (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2542) มีอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย 26.8°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80.2% ความเร็วของลมตะวันออก 6.3-8.9 น๊อต ความเค็มของน้ำมีค่า 0-4 psu ส่วนดินบริเวณชายฝั่งมีค่า pH 4.9 อินทรีย์สาร 5.9% ไนโตรเจน 0.14% และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.5% ในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 ที่เริ่มโครงการได้ดำเนินการวิเคราะห์น้ำในอ่าว ปรากฏผลดังนี้ pH=6.9, ค่าการนำไฟฟ้า = 17 ds/m, ความขุ่น 65 ppm, ออกซิเจนละลายน้ำ = 7.5 ml/l. อุณหภูมิน้ำ 35°C, ค่าความเค็ม 1 psu และความลึกของน้ำเฉลี่ย 66.2 ซม.

2. วิธีปลูก

ขุดกล้าลำพูจากโคนต้นแม่ที่มีอายุมากกว่า 1 ปี มีความสูงเฉลี่ยถึงยอด 144.5 ซม. มีจำนวนกิ่งประมาณ 18.5 กิ่ง และเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ย 2.6 ซม. ใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร ในการเลือกกล้าไม้มาปลูกนั้นต้องเลือกกล้าไม้ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำในทะเลสาบเมื่อน้ำขึ้นสูงสุด ใช้ไม้แทงดินเลนแล้วกวนให้เป็นหลุมขนาดที่วางรากลำพูลงได้ เมื่อวางรากลำพูในหลุมแล้วกลบดินเลนรอบโคนต้นอัดให้รากแน่นแล้วใช้ไม้หลักปักรัดต้นด้วยเชือกฟางป้องกันการโยกคลอน ดำเนินการปลูกในเดือนมีนาคม 2543 ซึ่งเป็นช่วงน้ำจืด หลังจากปลูกได้ 10 วัน พบว่าใบอ่อนและกิ่งอ่อนจะร่วงและหักลง แต่ตาใหม่มักจะแตกออกอีกหลังจากนั้นประมาณ 1 เดือน ปลูกเป็นแถวตั้งฉากกับชายฝั่ง และความลึกของน้ำจะมากตามแนวลาดชัน คือตั้งแต่แนวชายฝั่งจนถึงความลึกของน้ำประมาณ 60 ซม. (ในเดือนมีนาคม, หลังฤดูฝน)

3. การเก็บข้อมูล

ได้เก็บข้อมูลของกล้าลำพูโดยวัดจำนวนราก ความยาวราก ระยะห่างของรากจากโคนต้น ความสูงของต้น จำนวนกิ่ง เส้นรอบวงโคนต้นและอัตรารอดตายที่ระดับความลึกของน้ำต่าง ๆกัน(ห่างจากฝั่ง)คือบริเวณชายฝั่ง (ริมน้ำ) น้ำลึก 10-20 ซม. น้ำลึก 20-40 ซม. และน้ำลึก 40-60 ซม. หลังจากปลูกนาน 8 เดือน 14 เดือน 28 เดือน และ 33 เดือน ตามลำดับ สำหรับการวัดในระยะหลังนี้ (28 เดือน) ต้นลำพูมีรากมากและชนกันจึงวัดเฉพาะความยาวรากที่สูงสุด ความสูงของต้น จำนวนกิ่ง เส้นรอบวงโคนต้นและอัตราการตายที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเนื่องจากในพื้นที่ดังกล่าว หลังปลูกได้ระยะหนึ่งเกิดเหตุการณ์อุทกภัยในเดือนพฤศจิกายน 2543 โกงกางใบใหญ่จมน้ำขุ่นข้นหลายวันจนตายเกือบหมด ส่วนลำพูเหลือรอดมากจึงปลูกซ่อมกล้าที่ตายด้วยลำพูที่ย้ายมาจากบริเวณอื่น

เนื่องจากในการย้ายกล้าไม้ลำพูมาปลูกซ่อมนั้นได้สังเกตเห็นว่าหากย้ายในฤดูฝนน้ำในทะเลสาบจืดหรือกร่อยเล็กน้อยกล้าลำพูจะติดและงอกงามดี แต่หากย้ายมาปลูกในช่วงที่มีความเค็มสูงมากกว่า 20 psu เป็นเวลานานเป็นเดือน กล้าลำพูมักจะตายหมดแต่หากน้ำจืดหรือความเค็มลดลงมากกล้าลำพูอาจฟื้นได้อีก

ผลและวิจารณ์ผล

จากตารางที่ 1 พบว่ากล้าลำพูที่ขึ้นบริเวณริมฝั่งน้ำ (บนบก) มีความสมบูรณ์มากกว่าที่ปลูกในน้ำ แต่โอกาสรอดตายของกลุ่มที่อยู่ในน้ำมีมากกว่า ($p<0.05$) ส่วนความแตกต่างที่เห็นชัดเจนของลำพูที่ปลูกริมฝั่งน้ำกับที่ปลูกในน้ำคือกลุ่มที่ปลูกในน้ำจะมีจำนวนราก ความยาวรากและการกระจายของรากห่างจากโคนต้นมากกว่ากลุ่มที่ปลูกริมฝั่งน้ำหรือบนบก ($p< 0.01$) แสดงถึงความสามารถในการปรับตัวของส่วนรากลำพูเมื่อปลูกในน้ำ เมื่อพิจารณาถึงการปลูกในระดับความลึกต่างกันไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะทางรูปร่างและโครงสร้างของกล้าลำพู ส่วนความสูงและจำนวนกิ่งของลำพูหลังปลูกได้ 8 เดือน ไม่แตกต่างจากตอนขุดย้ายและเริ่มปลูก

ตารางที่ 1 ลักษณะของกล้าลำพู เมื่อย้ายลงปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (หลังปลูก 8 เดือน)

ลักษณะที่ศึกษา	บนบก (ริมน้ำ)	ระดับน้ำลึก 10-20 ซม.	ระดับน้ำลึก 20-40 ซม.	ระดับน้ำลึก 40-60 ซม.	Significant levels
ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)(ml/l)	-	2.06	3.76	4.50	*
จำนวนราก	6.0	9.5	4.4	7.2	**
ความยาวราก (ซม.)	17.0	28.8	20.4	24.6	**
ความห่างของรากจากโคนต้น(ซม.)	46	50	68	66	**
ความสูงของต้น (ซม.)	131	134	138	140	ns
จำนวนกิ่ง/ต้น	19.6	13.0	9.4	9.8	ns
เส้นรอบวงโคนต้น (ซม.)	11.0	9.7	9.2	9.7	*
อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	70	90	75	85	*

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ns = nonsignificant

หลังจากปลูกได้ 14 เดือน พบว่าลำพูที่ปลูกในน้ำลึกกว่า จะมีการพัฒนาการทางรากมากกว่าที่ปลูกริมฝั่ง (ตารางที่ 2) และเห็นได้ชัดทุกลักษณะที่ศึกษา ไม่ว่าจำนวนราก ความยาวรากและความห่างของรากจากโคนต้น กล่าวคือ ทั้งความยาวรากและความห่างของรากจากโคนต้นแม่ในน้ำลึก 40-60 ซม. จะมีค่ามากกว่าลำพูที่ปลูกริมฝั่งประมาณ 3 เท่า สำหรับอัตราการตายนั้นพบว่าในบริเวณน้ำลึกลำพูจะตายน้อยกว่าลำพูที่ปลูกริมฝั่ง

ตารางที่ 2 ลักษณะของกล้าลำพูเมื่อย้ายลงปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (หลังปลูก 14 เดือน)

ลักษณะที่ศึกษา	บนบก (ริมน้ำ)	ระดับน้ำลึก 10-20 ซม.	ระดับน้ำลึก 20-40 ซม.	ระดับน้ำลึก 40-60 ซม.	Significant levels
จำนวนราก	11.0	15.2	17.2	16.8	**
ความยาวราก (ซม.)	23.4	45.6	47.8	56.6	**
ความห่างของรากจากโคนต้น(ซม.)	53.0	97.0	174.0	151.2	**
ความสูงของต้น (ซม.)	91.4	170.6	168.4	198.0	**
จำนวนกิ่ง/ต้น	6.8	9.2	11.1	11.8	ns
เส้นรอบวงโคนต้น (ซม.)	10.5	8.9	9.8	12	*
อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	55	90	75	84.5	*

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ns = nonsignificant

ในการศึกษาเมื่อลำพูมีอายุ 28 เดือนหลังปลูก (ตารางที่ 3) พบว่ากล้าลำพูดังกล่าวมีจำนวนรากออกมามากในน้ำและรากส่วนหนึ่งของแต่ละต้นเกยกันอยู่ ทำให้ไม่สามารถนับจำนวนรากได้ แต่เมื่อวัดความสูงของต้นปรากฏว่าต้นที่อยู่ในน้ำมีความสูงน้อยกว่าอายุ 14 เดือน อย่างไรก็ตามความสูงของยอดที่ลดลงจะถูกชดเชยโดยจำนวนกิ่งที่มีมากขึ้น และเส้นรอบวงโคนต้นที่ขยายใหญ่กว่าเดิม ส่วนความยาวรากที่วัดเมื่อน้ำลงเปรียบเทียบกับ 14 เดือน (ตารางที่ 2) มีความยาวรากเพิ่มขึ้นหลายเท่าเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของกล้าลำพูที่ความลึกของน้ำต่างกัน พบว่าต้นลำพูที่ปลูกในน้ำลึกจะมีความสูงของต้นมากกว่าที่ตื้นทุกระดับเช่นเดียวกับความยาวราก ส่วนจำนวนกิ่งและเส้นรอบวง โคนต้นก็เช่นกันพบว่าในสภาพน้ำลึก 40-60 ซม. นี้มีค่าสูงกว่าในน้ำตื้น สำหรับอัตราการตายนั้นเมื่อต้นกล้ามีขนาดหนึ่งแล้ว (เส้นรอบวงโคนต้นประมาณ 10 ซม.) จะไม่มีอัตราการตายเพิ่มเพราะพบว่าที่ลำต้นขนาดนี้จะสามารถทนทานความเค็มของน้ำได้โดยไม่ตาย

ตารางที่ 3 ลักษณะของกล้าลำพู เมื่อย้ายลงปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (หลังปลูก 28 เดือน)

ลักษณะที่ศึกษา	บนบก (ริมน้ำ)	ระดับน้ำลึก 10-20 ซม.	ระดับน้ำลึก 20-40 ซม.	ระดับน้ำลึก 40-60 ซม.	Significant levels
ความยาวราก (ซม.)	37.6	29.8	46.2	75.8	**
ความสูงของต้น (ซม.)	138.2	155.5	162.3	173.8	*
จำนวนกิ่ง/ต้น	18.8	12.0	15.0	30.4	*
เส้นรอบวงโคนต้น (ซม.)	12.7	13.4	15.3	17.9	*
อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	55	90	75	84.5	**

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

เมื่อมีการวัดการเจริญอีก 5 เดือนต่อมา คือหลังปลูกลำพูได้ 33 เดือน (ตารางที่ 4) พบว่าทั้งความสูง จำนวนกิ่ง และเส้นรอบวงมีขนาดมากขึ้น และกลุ่มที่อยู่ในระดับน้ำลึกกว่าจะมีการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่อยู่บริเวณน้ำตื้น อย่างไรก็ตามความสูงของรากหายใจจะผันแปรตามความลึกคือยิ่งระดับน้ำลึกมาก รากเหล่านี้ก็จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก

ตารางที่ 4 ลักษณะของกล้าลำพู เมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (หลังปลูก 33 เดือน)

ลักษณะที่ศึกษา	บนบก (ริมน้ำ)	ระดับน้ำลึก 10-20 ซม.	ระดับน้ำลึก 20-40 ซม.	ระดับน้ำลึก 40-60 ซม.	Significant levels
ความยาวรากหายใจ (ซม.)	30.4	31.2	37.4	72.0	**
ความสูงของต้น (ซม.)	138.3	159.4	166.2	179.8	*
จำนวนกิ่ง/ต้น	20.8	13.6	26.8	37.8	*
เส้นรอบวง (โคนต้น)	13.5	12.8	16.9	22.3	*
อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	55	90	75	84.5	**

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ในการปลูกกล้าลำพูบริเวณทะเลสาบสงขลาที่ความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลพบว่าความเค็มมีผลต่อความสูงของกล้าลำพู คือในช่วงที่มีน้ำจืด ลำพูจะแตกกิ่ง แตกใบและความสูงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีน้ำเค็มท่วมขัง การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ปลายยอดอาจหัก แต่เมื่อน้ำกร่อยหรือน้ำจืดเข้ามาต้นกล้าก็จะเริ่มเจริญเติบโตใหม่ได้อีก ดังนั้นค่าความสูง จำนวนกิ่งที่วัดได้ในแต่ละระยะจึงมีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเค็มของน้ำขึ้นสูงถึง 20 psu ลำพูจะเหี่ยวและกิ่งหัก (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และคณะ 2545) เมื่อพิจารณาการเจริญของรากพบว่าหลังปลูก 14 เดือน ลำพูที่ปลูกในน้ำลึกจะมีการพัฒนาดีกว่ากลุ่มที่ปลูกริมฝั่งทั้งจำนวนราก ความยาวราก และการกระจายของรากห่างจากโคนต้น จึงส่งผลให้กล้าไม้ที่ปลูกในน้ำระดับลึก มีการเจริญด้านลำต้นดีกว่าพวกที่อยู่ริมฝั่ง มีข้อมูลที่สนับสนุนเรื่องนี้คือในพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำ พบว่าก๊าซเอธิลีน (ethylene gas) จะกระตุ้นการยืดตัว (elongation) ของเซลล์ ลำต้นที่อยู่ใต้น้ำ (Jackson 1985) ทำให้ใบและลำต้นบางส่วนสามารถลอยเหนือน้ำเพื่อหายใจ และสังเคราะห์แสงได้ ในทำนองเดียวกันจากการทดลองนี้ รากลำพูที่อยู่ใต้น้ำจะยืดยาวออกอย่างรวดเร็ว เพื่อที่จะโผล่พ้นน้ำรับออกซิเจนก็คงจะเกิดจากการกระตุ้นของเอธิลีนที่สะสมภายในเซลล์ของราก ดังนั้นความลึกของน้ำจึงทำให้รากลำพูยาวกว่ากลุ่มที่ปลูกชายฝั่ง นอกจากนั้นอาจเป็นไปได้ว่ากล้าไม้ที่ปลูกในระดับน้ำลึกกว่าคือที่ 20-60 ซม. จะมีน้ำท่วมขังรากตลอดปีในขณะที่พวกที่ปลูกริมฝั่งและระดับน้ำลึก 10-20 ซม.ในฤดูแล้งทั้งรากและต้นมักอยู่บนดินเพราะระดับน้ำในทะเลสาบลดลงจึงทำให้พวกที่น้ำท่วมขังตลอดมีพัฒนาการของรากได้มากกว่าและดีกว่า จึงพบว่ารากลำพูมีความยาวรากไม่มากตามอายุ แต่ผันแปรตามระดับน้ำท่วมขังมากกว่า

ที่น่าสังเกตคือในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2543 หลังจากปลูกกล้าไม้ได้ 8 เดือน เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่บริเวณอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาและพื้นที่ทดลอง ทำให้กล้าไม้ทั้งหมดจมมิดน้ำนานกว่า 10 วัน แต่แทบไม่ทำให้กล้าไม้เสียหายเลย แสดงว่าลำพูมีความทนทานต่อสภาพน้ำขัง และทนต่อสภาพน้ำท่วมยอดเป็นเวลานานได้ดีจึงเหมาะที่จะปลูกในพื้นที่เช่นทะเลสาบสงขลา สำหรับรากหายใจ (pneumatophore) ของลำพูนี้ Nakamura (2000) กล่าวว่าลักษณะรูปร่างของรากหายใจ ถูกควบคุมโดยลักษณะของดินและความลึกของน้ำ ดังนั้นรูปร่างและการกระจายตัวของรากหายใจของลำพูอาจเป็นตัวบ่งชี้ลักษณะทางสภาพนิเวศของพื้นที่ที่ลำพูเจริญอยู่ด้วยการศึกษาครั้งนี้ อาจสรุปได้ว่าลำพูสามารถปรับตัว (plasticity) ให้ทนกับสภาวะน้ำท่วมขังโดยการยืดของลำต้นและเพิ่มความยาวของรากหายใจเพื่อโผล่พ้นน้ำรับออกซิเจนให้เร็วที่สุดเมื่อระดับน้ำสูงได้เป็นอย่างดี เมื่อมีการพัฒนาการของรากดีกลุ่มที่ปลูกในน้ำลึกกว่าจึงพบว่าในระยะหลังๆ มีความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งต่อต้น เส้นรอบวงโคนต้นและอัตราการรอดตายมากกว่าพวกที่ปลูกริมฝั่งหรือในน้ำตื้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การปลูกลำพูในน้ำท่วมขังตลอดเวลาของบริเวณทะเลสาบสงขลาสามารถดำเนินการได้ โดยใช้กล้าไม้ที่มีความสูงประมาณ 1 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการท่วมขังของน้ำในฤดูฝนที่มีน้ำหลาก การปลูกควรดำเนินการในช่วงที่มีน้ำจืดหรือน้ำกร่อยมีความเค็มไม่เกิน 20 psu แต่ในฤดูแล้งที่น้ำเค็มท่วมขังบริเวณพื้นที่ปลูก มักจะทำให้การเจริญเติบโตชะงัก มีกิ่ง หรือยอดหัก แต่จะแตกใหม่ได้อีกเมื่อมีน้ำจืดเข้ามาในฤดูฝน กล้าลำพูที่ปลูกในน้ำแช่ขังตลอดเวลาจะมีการพัฒนาการของรากเช่นจำนวนราก ความยาวราก ดีกว่าที่ปลูกในที่ดิน จึงส่งผลให้กล้าไม้ที่ปลูกในน้ำลึกกว่า (ไม่เกิน 60 ซม.) มีการเจริญเติบโตดีกว่าในที่ดินหรือริมฝั่ง ดังนั้นเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลาที่มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นครั้งคราว การเลือกกล้าไม้ลำพูที่มีอายุและความสูงมากกว่า 1 เมตร และปลูกในฤดูที่น้ำจืดหรือกร่อยเล็กน้อย จึงจะประสบผลสำเร็จสูง

เอกสารอ้างอิง

นพรัตน์ บำรุงรักษ์, สนิท อักษรแก้ว, สนใจ ทะวานนท์, Shigeru Kato, ชากรี รอดไฝ และวิฑูรย์ ศิรศานติพงศ์. 2545. การฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลา. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลตัส จ.นครศรีธรรมราช หน้า III-10 (1-9)

เมธี เอกศิรินิมิตร, นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และสนิท อักษรแก้ว 2545. ผลของระดับการท่วมของน้ำต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะของรากอากาศของโกงกางใบเล็ก. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลตัส จ.นครศรีธรรมราช หน้า III-4 (1-10)

สำนักงานป่าไม้เขตสงขลา. 2535. รายงานประจำปี 2535. กรมป่าไม้

Chapman, V.J. 1976. *Mangrove Vegetation*, J.Cramer, FL-94900 VADUZ, 447 pages

Jackson, M.B. 1985. Ethylene and the response of plants to soil waterlogging and submergence. *Annual Review of Plant Physiology* 36 : 145-174.

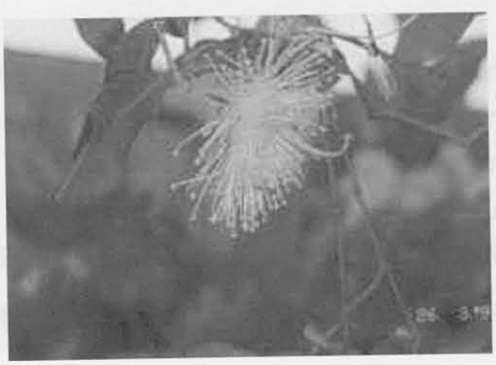
Kuwabara R. and K. Yamanaka 1995. Water Qualities and Hydrographic Structure in Thale Sap Songkhla. The Coastal Environment and Ecosystem in Southeast Asia :Studies on the Lake Songkhla Lagoon System, Thailand, (edited by Ren Kuwabara), Faculty of Bio-Industry, Tokyo University of Agriculture, Japan

Nakamura, T. 2000. Some Ecological Problems on the *Sonneratia* and *Avicennia* Pneumatophores. Proceedings of the International Workshop. Asia-Pacific Cooperation on Research for Conservation of Mangroves. 26-30March, 2000, Okinawa, Japan. pp 117-128

Songkla Lake Basin Planning Study 1985; National Economic and Social Development Board, National Environment Board of Thailand.

Tomlinson, P.B. 1986. The Botany of Mangroves : London : Combridge University Press. 413 pages

การวิจัยพืชอาหารและสมุนไพร



ผักพื้นบ้านในป่าชายเลน

Vegetables From The Mangrove Areas

นันทวัน บุณยะประภัศร Nuntavan Bunyapraphatsara
วิมล ศรีสุข Vimol Srisukh
อรัญญา จุติวิบูลย์สุข Aranya Jutiviboonsuk
ประพิณศรา สอนเล็ก Prapinsara Sornlek
วิไลวรรณ ทองใบน้อย Wilaiwan Thongbainoi
วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล Wongsatit Chuakul
Harry H.S. Fong Harry H.S. Fong
John M. Pezzuto John M. Pezzuto
Jerry Kosmeder Jerry Kosmeder
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Survey of the mangrove areas in Nakhon Si Thammarat and Trang provinces found 33 species of edible plants. The nutritional and medical values of all plants could not evaluated due to the seasonal availability and unpleasant taste of the plants. Therefore only 20 samples of 19 plants were analyzed for their nutritional values: the water content, crude protein, crude fat, dietary fiber, ash, carbohydrate contents, along with the calcium content. Among these edible plants, *Rhizophora mucronata* Poir contained the highest dietary fiber and calcium contents; several other plants were rich in dietary fiber and calcium as well. The analysis of β-carotene in young shoots of some vegetables was also performed and found the highest content in *Suaeda maritima* (3350 μg/100g). The medical values of the plants were based on the antioxidant, lipid peroxidation and cancer chemoprevention. The pods of *Bruguiera gynmorrhiza* (L.) Savigny showed strong quinone reductase inhibition. Further studies on isolation of active components are being carried out.

Key words: Vegeables/Mangroves

บทคัดย่อ

การสำรวจผักพื้นบ้านในป่าชายเลนโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ พบพืชที่รับประทานได้ 33 ชนิด ในจำนวนนี้เก็บตัวอย่างได้ 20 ตัวอย่าง 19 ชนิด เนื่องจากบางชนิดไม่ใช่ฤดูกาล และบางชนิดไม่นิยมรับประทาน ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยการหาปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน เส้นใย อาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และแคลเซียม ในจำนวนพืชผักเหล่านี้ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir) มีปริมาณเส้นใยอาหารและแคลเซียมสูงที่สุด ในขณะที่พืชอื่นมีปริมาณเส้นใยอาหารและแคลเซียมสูงเช่นกัน พืชที่ใช้ยอดเป็นอาหารส่งไปตรวจ β-carotene พบว่าใบชะครามมีสูงสุดคือ 3350 μg/ 100 กรัม การศึกษาในด้านประโยชน์ทางการแพทย์ ทำการ

ทดลองโดยตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant, การศึกษา lipid peroxidation และฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง พืชที่ให้ผลคือ พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny) ซึ่งอยู่ในระหว่างการศึกษาเพื่อแยกหาสารออกฤทธิ์

คำหลัก: ผักพื้นบ้าน/ป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศน์วิทยา ผู้ที่อยู่ในป่าชายเลนได้อาศัยประโยชน์ในเรื่องอาหาร ทั้งปลา ปู หอย และผักพื้นบ้านสามารถหาได้ง่าย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาคุณค่าทางอาหารและยาของผักพื้นบ้านในป่าชายเลน ในปัจจุบันผักที่หาง่ายในตลาดสดมักจะปนเปื้อนด้วยยาฆ่าแมลงซึ่งใช้เป็นจำนวนมากในการเพาะปลูกผักเหล่านี้ ประชาชนทั่วไปจึงพยายามหลีกเลี่ยงผักเหล่านี้ โดยการเก็บผักพื้นบ้านจากธรรมชาติหรือปลูกผักเองในบริเวณบ้าน การศึกษาครั้งนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหาร และทางยาของผักพื้นบ้านในป่าชายเลน เพื่อที่จะได้ข้อมูลสำหรับแนะนำประชาชนที่ได้รับประทานให้เห็นคุณค่าผักเหล่านี้ และส่งเสริมการรับประทานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างพืช

ตัวอย่างพืชเก็บจากป่าชายเลน ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร ตัวอย่างที่เก็บได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกส่งไปตรวจคุณค่าทางอาหารซึ่งต้องใช้ตัวอย่างสด อีกส่วนนำมาทำให้แห้งที่ 45°C และบด เพื่อนำไปตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันการเกิด lipid peroxide และตรวจฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งโดยใช้วิธี Quinone reductase

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

2.1. การวิเคราะห์แบบ Proximate การวิเคราะห์ใช้วิธีของ Official Method Analysis of AOAC International พิมพ์ครั้งที่ 16 (Cunnit, 1995) ตัวอย่างสดใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำ จากนั้นนำตัวอย่างทำให้แห้งที่ 105°C เป็นเวลา 3 ช.ม. บดและเก็บในขวดปิดสนิท ในตู้เย็น เพื่อวิเคราะห์

2.2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในตัวอย่าง นำตัวอย่าง 3-5 กรัมมาทำให้แห้งที่ 105°C เป็นเวลา 3 ช.ม. นำตัวอย่างที่แห้งไปชั่ง คำนวณปริมาณน้ำโดยคิดเป็น % ของน้ำหนักตัวอย่างสด

2.3. การวิเคราะห์โปรตีน การวิเคราะห์โปรตีนใช้วิธี Kjeldahl โดยใช้ Buchi Digestion Unit (B-435) และเครื่องกลั่น (B-323) บริษัท Buchi ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ นำตัวอย่างแห้ง (0.2 กรัม) มาย่อยด้วยกรดซัลฟิวริคเข้มข้น (20 ซีซี) โดยใช้ selenium และ copper sulfate (3 กรัม) ย่อยประมาณครึ่งชั่วโมง จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส เติม 32% sodium hydroxide (60 ซีซี) และนำไปกลั่น 3 นาที เก็บ distillate ใน flask ซึ่งบรรจุ 2% boric acid 60 ซีซี นำไป titrate ด้วย 0.1 N H_2SO_4 โดยมี methylene blue และ methyl red เป็น indicators จนได้ end point สีม่วง คำนวณโปรตีนโดยคิดเป็น % น้ำหนักสด

2.4. การวิเคราะห์ไขมัน นำตัวอย่างแห้ง (1 กรัม) มาสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ (25 ซีซี) โดยใช้เครื่อง Goldfisch apparatus (Labconco, U.S.A) เป็นเวลา 3-4 ช.ม. นำสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ไประเหยแห้งที่ 105° C ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณไขมันเป็น %ของน้ำหนักสด

2.5. การวิเคราะห์เส้นใยการวิเคราะห์ Insoluble dietary fiber ด้วยวิธีของ AOAC official method 991-42 (Cunnit, 1995) โดยใช้ amyloglucosidase (conc.) 0.1 ซีซี แทนการใช้ normal strength enzyme 0.3 ซีซี

ส่วน soluble dietary fiber วิเคราะห์โดยใช้ AOAC official method 1995 (993.19) โดยปรับปรุงเล็กน้อยเช่นเดียวกับวิธีหา insoluble dietary fiber การคำนวณหา total dietary fiber ได้จากผลรวมของ insoluble และ soluble dietary fiber

2.6. การวิเคราะห์หาเถ้า นำตัวอย่างมา 1 กรัม มา ignite โดยใช้ muffle furnase ที่ 525°C จนได้เถ้าขาว นำไปชั่งและคำนวณโดยคิด %ของน้ำหนักสด

2.7. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต การคำนวณคาร์โบไฮเดรตคำนวณจากน้ำหนัก น้ำ โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้าของน้ำหนัก 100%

2.8. การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมโดยใช้วิธี AOAC official method 944.03 (Cunnit,1995)

2.9. การวิเคราะห์หาปริมาณ β-carotene เนื่องจาก β-carotene ในผักจะอยู่ที่ใบเป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษานี้จึงส่งแต่ผักที่ใช้ยอดไปตรวจที่ IQA-Norwest lab, กรุงเทพฯ

3. การทดสอบฤทธิ์ทางชีววิทยา

3.1. การจับอนุมูลอิสระ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทำโดยวิธี DPPH radical scavenging model (Hatano et al., 1988; Duh and Yen, 1997; Ancerewiz et al., 1998) ดูรายละเอียดในเรื่องการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน

3.2. การตรวจฤทธิ์ยับยั้ง lipid peroxidation ใช้วิธีของ Kammasud, 2001 ดูรายละเอียดในเรื่องการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน

3.3. การวิเคราะห์ quinone reductase induction (Prochaska and Santamaria 1988; Prochaska et al, 1992) ดูรายละเอียดในเรื่องการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน

ผลและวิจารณ์ผล

คุณค่าทางอาหาร

การหาค่า proximate assay และปริมาณแคลเซียมในผัก แสดงในตารางที่ 1 และปริมาณ β-carotene ในยอดผัก แสดงในตารางที่ 2

ปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นของผักในป่าชายเลนอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง เช่นเดียวกับผักอื่น ๆ ที่ขายในท้องตลาด โดยความชื้นอยู่ในช่วง 46.63% - 83.55% w/w

ปริมาณโปรตีน ผักส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีนต่ำโดยมีโปรตีนต่ำกว่า 4% w/w มีเพียง 2 ตัวอย่างคือ ถอบแถบน้ำ และยอดปรงทะเล ที่มีโปรตีนสูง คือ 4.30% และ 4.40%

ปริมาณไขมัน ผักส่วนใหญ่มีปริมาณไขมันต่ำ โดยต่ำกว่า 0.50% w/w ยกเว้นลูกเหงือกปลาหมอ และหมันที่มีปริมาณไขมันสูงคือ 1.56% และ 2.90 % w/w ตามลำดับ

ปริมาณเถ้า ผักส่วนใหญ่ปริมาณเถ้าน้อยกว่า 4% w/w มีเพียง 2 ตัวอย่างคือ ชะครามใบเขียวและใบแดง มี 5.25% และ 5.49% ตามลำดับ เนื่องจากมีเกลือสูง เพราะมีรสเค็ม ก่อนรับประทานต้องลวกน้ำร้อนก่อน

ปริมาณเส้นใย ผักจากป่าชายเลนมีปริมาณเส้นใยสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผักที่ขายทั่วไป โดยมีเส้นใย 4-78%-29.25% w/w ผักที่ให้เส้นใยสูงคือ ฝักถั่วดำ (22.53% w/w) ฝักโปรงขาว (24.26% w/w) ฝักโปรงแดง (24.30% w/w) และโกงกางใบใหญ่ฝักอ่อนและฝักแก่ (27.46% และ 29.25% w/w) ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาไทย (Thai FDA 1995) กำหนดปริมาณเส้นใยในที่ผู้มีอายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป ต้องได้รับ 25 กรัม/วัน จะเห็นว่าพืชผักชายเลนข้างต้นจะสามารถให้ได้ในขณะที่ผักในท้องตลาดยกเว้นย่านาง ให้เส้นใยเพียง 9.7

กรัม/100 กรัม (Nutrition Division, 1987) นอกจากนี้เส้นใยในพืชผักจากป่าชายเลนเหล่านี้ยังเป็นชนิดไม่ละลายน้ำ จึงมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยมีประโยชน์ต่อการเพิ่มกากอาหาร ทำให้ขับถ่ายง่าย (Madar, 1990) ทำให้อุจจาระเจือจาง ทำให้ลดปฏิกิริยาของสารก่อมะเร็งที่อาจมีอยู่ในอุจจาระต่อผนังลำไส้ (Roberton, 1991) เป็นต้น อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยสูงจะมีประโยชน์ต่อผู้ที่เป็นเบาหวาน (Wolever, 1990) ผักที่ศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (เส้นใย 19.69% w/w และ คาร์โบไฮเดรต 22.15% w/w) ฝักโปรงแดง (24.30% w/w และ 16.17% w/w) ฝักโปรงขาว (24.26%, 19.01% w/w) ฝักพังกาหัวสุมดอกแดง (17.93%, 19.66% w/w) ถั่วดำ (22.53%, 22.14% w/w) และโกงกางใบใหญ่ฝักอ่อน และฝักแก่ (25.25%, 16.19% w/w และ 27.46%, 22.29% w/w)

ปริมาณแคลเซียม พืชผักในป่าชายเลนมีแคลเซียมสูงถึงสูงมาก (490 - 3880 มก/100 กรัม) ผักที่มีปริมาณแคลเซียมมากกว่า 2000 มก/100 กรัม ได้แก่ ฝักพังกาหัวสุมดอกแดง (2250 มก/100 กรัม) ลูกหมัน (2060 มก/100 กรัม) ชะครามใบเขียว (2250 มก/100 กรัม) ปรงทะเล (2560 มก/100 กรัม) โกงกางใบใหญ่ฝักอ่อน และฝักแก่ (2980 มก/100 กรัม และ 3880 มก/100 กรัม) ฝักโปรงแดง (3000 มก/100 กรัม) ฝักโปรงขาว (3130 มก/100 กรัม) ฝักโกงกางใบเล็ก (3200 มก/100 กรัม) จะเห็นได้ว่าพืชผักในป่าชายเลนไม่เพียงแต่เป็นอาหารที่ให้เส้นใยที่ดี ยังเป็นอาหารที่ให้แคลเซียมสูงอีกด้วย เมื่อพิจารณาปริมาณแคลเซียมที่ควรได้รับแต่ละวัน คือ 800 มก/วัน (Nutrition Division, 1987) จึงต้องรับประทานฝักโกงกางใบเล็กเพียง 20 กรัม และยอดจากเพียง 165 กรัม ซึ่งดีกว่าอาหารที่เป็นที่ยอมรับว่ามีแคลเซียมสูงคือ Anchovy (905 มก/100 กรัม) และใบยอ (841 มก/100 กรัม) (Nutrition Division, 1992) จะเห็นว่าพืชผักชายเลนมีคุณค่าสูง

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

การตรวจฤทธิ์จับอนุมูลอิสระของตัวอย่างทั้ง 20 ชนิด 7 ตัวอย่างมีฤทธิ์แรง มี EC_{50}<10 μg/ml. ตัวอย่างที่มีฤทธิ์แรงที่สุดคือ ฝักอ่อนของโกงกางใบใหญ่ โดย EC_{50} = 3.83 μg/ml ส่วนฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ลูกลำพูมีฤทธิ์แรงที่สุด มี EC_{50} = 0.083 μg/ml. ส่วนฤทธิ์เหนี่ยวนำ quinone reductase พบว่าฝักพังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์แรงที่สุด CD = 2.5 μg/ml. (ดูตารางที่ 3)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เป็นที่ยอมรับกันว่าผักที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงมีการศึกษาหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชอาหารมาก เนื่องจากการเกิด oxidation เป็นกระบวนที่เกี่ยวข้องกับการชราภาพและการเกิดมะเร็ง (Jacob, 1995) การเกิดการอุดตันของหลอดเลือดเป็นอาการหนึ่งที่สัมพันธ์กับเกิด oxidation (Ross, 1993; Parthasarathy, 1992) การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าพืชผักในป่าชายเลนมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น ใบฝาดขาว ฝักโปรงแดง ฝักโปรงขาว ฝักถั่วดำ โกงกางใบใหญ่ฝักอ่อนและฝักแก่ และผลลำพู โดยมีค่า EC_{50} 5.87, 6.67, 6.33, 5.0, 3.83, 4.33, 4.17 ตามลำดับ และยังมีฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide โดยมี EC_{50} 0.199, 2.6, 2.6, 0.375, 0.3, 1.125, 0.083 ตามลำดับ จึงน่าจะส่งเสริมให้รับประทานพืชผักเหล่านี้ อย่างไรก็ตามพืชผักเหล่านี้บางชนิด มีรสชาดไม่นิยมรับประทาน

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งโดยวิธีเหนี่ยวนำให้เกิด quinone reductase พบว่ามีเพียงพังกาหัวสุมดอกแดงที่ให้ฤทธิ์ดีคือ CD 2.9 μg/ml จึงนำไปสกัดแยกหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ antioxidant ตรวจสอบสารสกัดและส่วนสกัดจนได้สารออกฤทธิ์ต่อไป

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าพืชผักในป่าชายเลนมีประโยชน์ทั้งในด้านคุณค่าทางอาหารและยา

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของผักพื้นบ้านในป่าชายเลน

ตัวอย่าง	Water (% w/w)	Crude Protein (N x 6.25) (% w/w)	Crude Fat (% w/w)	Total Ash (% w/w)	Dietary fiber (% w/w)			Carbohydrate (by difference)	Calcium
					Insoluble	Soluble	Total	Total	(mg/100g)
ฝาดขาว (ใบ) *Lumnitizera racemosa* Willd.	81.83 ± 1.03	1.81 ± 0	0.11 ± 0.01	2.76 ± 0.15	7.82±0.28	1.56±0.33	9.38±0.04	4.11	720±0
ฝาดขาว (ดอก) *Lumnitizera racemosa* Willd.	86.16 ± 4.86	1.28 ± 0.02	0.07±0	1.39 ± 0.10	8.05 ± 0.69	0.86 ± 0.11	8.91±0.80	2.19	1170±10
เหงือกปลาหมอน้ำเงิน (ผล) *Acauthus illicifolius* L.	80.21 ± 0.59	3.08 ± 0	1.56 ± 0.02	1.09 ± 0.16	7.13 ± 0.01	0.64 ± 0.01	7.77±0.02	6.29	1330±10
หวายลิง (ยอด) *Flagellaria indica* L.	82.56 ± 0.54	3.64 ± 0.03	0.15 ± 0	1.39 ± 0.21	9.08±0.40	0.43 ± 0	9.51±0.40	2.75	860±0
หมัน (ผล) *Cordia cochinchinensis* Pierre	70.01 ± 0.28	3.94 ± 0.08	2.90 ± 0.03	2.28±0.62	12.24±0.62	3.72±0.13	15.96±1.55	4.91	2060±0
โกงกางใบเล็ก (ฝัก) *Rhizophora epiculata* Bl.	54.40 ± 0.52	2.27 ± 0.13	0.14 ± 0	1.35 ± 0.18	17.66 ± 0.42	2.03 ± 0.27	19.69±0.69	22.15	3200±0
โปรงแดง (ฝัก) *Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.	55.12 ± 0.33	1.55 ± 0	0.40 ± 0.08	1.91±0.54	22.10 ± 0.01	2.21 ± 0.16	24.30±0.16	16.72	3000±0
โปรงขาว (ฝัก) *Ceriops decandra* (Griff.) Ding Hou	52.51 ± 0.18	2.0 ± 0	0.35 ± 0.07	1.82 ± 0.13	21.68 ± 0.18	2.58 ± 0.03	24.26±0.16	19.06	3130±0
พังกาหัวสุมดอกแดง (ฝัก) *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny	59.18 ± 1.02	1.93 ± 0	0.05 ± 0.01	1.25 ± 0.01	14.80 ± 0.02	3.13 ± 0.06	17.93±0.04	19.66	2050±0
ถั่วดำ (ฝัก) *Bruguiera parviflora* (Roxb.)Wight & Am.ex.Griff.	51.75 ± 0.43	2.08 ± 0	0.12 ± 0.02	1.38 ± 0.03	20.64 ± 0.12	1.89 ± 0.10	22.53±0.22	22.14	1490±0

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	Water (% w/w)	Crude Protein (N x 6.25) (% w/w)	Crude Fat (% w/w)	Total Ash (% w/w)	Dietary fiber (% w/w)			Carbohydrate (by difference)	Calcium
					Insoluble	Soluble	Total	Total	(mg/100g)
โกงกางใบใหญ่ (ฝักอ่อน)									
Rhizophora mucronata Poir.	51.41 ± 2.14	1.78 ± 0	0.04 ± 0.01	1.33 ± 1.10	24.13±0.96	5.12±1.36	29.25±0.40	16.19	2980±0
โกงกางใบใหญ่ (ฝักแก่)									
Rhizophora mucronata Poir.	46.63 ± 0.77	1.96 ± 0	0.41±0.07	1.25 ± 0.08	26.93±0.42	0.53±0.02	27.46±0.40	22.29	3880±0
ลำแพน (ลูก)									
Sonneratia ovata Back.	80.76 ± 0.34	1.33 ± 0	0.33 ± 0.04	1.25 ± 0.09	10.39 ± 0.06	1.09 ± 0.07	11.48±0.13	4.85	1100±0
จาก (ช่อดอก)									
Nypa fruticans Wurmb.	88.55 ± 0.46	1.43 ± 0.01	0.03 ± 0	1.71 ± 0.36	5.18 ± 0.01	0.48 ± 0.04	5.66±0.04	2.62	490±0
ลำพู (ผล)									
Sonnerratia caseolaris (L.) Engl.	73.55 ± 0.24	2.41 ± 0.02	0.31 ± 0.01	2.02 ± 0.14	14.67 ± 0.42	1.87 ± 0.11	16.54±0.30	5.17	790±0
ชะคราม (ใบเขียว)									
Suaeda maritima (L.) Dum.	83.10±1.29	3.51±0	0.16±0.06	5.25±0.06	4.48±0.13	1.43±0.19	5.91±0.06	2.07	2250±0.01
ชะคราม (ใบแดง)									
Suaeda maritima (L.) Dum.	86.70±0.02	0.76±0.04	0.10±0.01	5.49±0.05	3.23±0.07	1.55±0.35	4.78±0.28	2.17	10000±0.01
ปรงทะเล (ยอด)									
Acrostichum aureum L.	82.94±1.22	4.40±0.12	0.11±0.01	1.71±0.05	5.49±0.21	Trace	5.49±0.21	5.35	2560±0
เป้งทะเล (ยอด)									
Phoenic paludosa Roxb.	81.15±1.12	3.07±3.03	0.06±0	3.21±0.01	4.26±0.05	3.29±0.13	7.55±0.08	4.96	520±0
ถอบแถบน้ำ (ยอด)									
Derris trifoliata Lour.	66.69±2.09	7.36±0.01	0.36±0.11	2.30±0.01	12.38±0.22	2.72±0.69	15.10±0.47	8.19	1890±0

ตารางที่ 2 β-carotene ในผักที่เก็บจากป่าชายเลน

พืช	ชื่อพฤกษศาสตร์	β-carotene
ชะคราม (ใบเขียว)	Suada maritima Dunn.	3350
ชะคราม (ใบแดง)	Suada maritima Dunn.	427
หวายลิง	Flogellaria indica L.	338
ผักเบี้ยทะเล	Trianthema clecaudxa L.	580
ถอบแถบ	Derris trifoliata Lour.	110
ปรงทะเล	Acrostichema aureum L.	489

ตารางที่ 3 ฤทธิ์ Antioxidant, lipid peroxidation and quinone reductase inhibition ของผักในป่าชายเลน

Sample	Antioxidant (EC_{50})	Lipid peroxidation inhibition (IC_{50})	Quinone reductase	
	μg/ml	μg/ml	CDμg/ml	IC_{50}μg/ml
ฝาดขาว (ใบ)				
Lumnitizera racemosa Willd.	5.87	0.199	>10	>20
ฝาดขาว (ผล)				
Lumnitizera racemosa Willd.	11.33	3.8	>20	>20
เหงือกปลาหมอน้ำเงิน (ผล)				
Acauthus illicifolius L.	79.67	38.4	>10	>20
หวายลิง (ยอด)				
Flagellaria indica L.	384.0	Weak activity	9.9	>20
หมัน (ผล)				
Cordia cochinchinensis Pierre	93.67	54.4	>10	>20
โกงกางใบเล็ก (ฝัก)				
Rhizophora epiculata Bl.	36.80	3.850	>20	>20
โปรงแดง (ฝัก)				
Ceriops tagal (Perr.) C.B. Rob.	6.67	2.6	>10	>20
โปรงขาว (ฝัก)				
Ceriops decandra (Griff.) Ding Hou	6.33	2.6	>10	>20
พังกาหัวสุมดอกแดง (ฝัก)				
Bruguiera gymnorrhiza (L.) Savigny	11.67	4.425	2.9	>20
ถั่วดำ (ฝัก)				
Bruguiera parviflora (Roxb.)Wight & Arn.ex.Griff.	5.0	0.375	>10	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Sample	Antioxidant (EC_{50})	Lipid peroxidation inhibition (IC_{50})	Quinone reductase	
	μg/ml	μg/ml	CDμg/ml	IC_{50}μg/ml
โกงกางใบใหญ่ (ฝักอ่อน)				
Rhizophora mucronata Poir.	3.83	0.3	>10	>20
โกงกางใบใหญ่ (ฝักแก่)				
Rhizophora mucronata Poir.	4.33	1.125	>10	>20
ถั่วขาว (ฝัก)				
Bruguiera Cylindrica (L.) Blum	47.0	2.3	>10	>20
ช่อดอกจาก (โคน)				
Nypa fruticans Wurmb.	53.33	0.950	>10	>20
ลำพู (ผล)				
Sonnerratia caseolaris (L.) Engl.	4.17	0.083	>10	>20
ชะคราม (ใบแดง)				
Suaeda maritima (L.) Dum.	121.33	28.95	>20	>20
ปรงทะเล (ยอด)				
Acrostichum aureum L.	103.00	28.1	>10	>20
เป้งทะเล (ยอด)				
Phoenic paludosa Roxb.	36.83	16.9	8.8	>20
ถอบแถบน้ำ (ยอด)				
Derris trifoliata Lour.	113.33	11.250	>10	>20
ผักเบี้ย (ยอด)				
Trianthema decandra L.	77.78	8.9	9.2	>20

สรุปและข้อเสนอแนะ

การสำรวจผักพื้นบ้านในป่าชายเลนพบว่ามีผักพื้นบ้าน 33 ชนิด แต่นำมาทดสอบคุณค่าทางอาหารและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้เพียง 19 ชนิด เท่านั้น การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่ามีผักพื้นบ้านบางชนิด เช่น ฝักถั่วดำ ฝักโปรงขาว ฝักโปรงแดง ฝักโกงกางใบเล็ก มีเส้นใยสูง ซึ่งจะช่วยในการขับถ่ายเพราะสามารถเพิ่มกากได้ และอาจช่วยในผู้ที่เป็นเบาหวาน ในการลดการดูดซึมของน้ำตาล นอกจากนี้ยังช่วยในผู้ที่มีไขมันในเลือดสูง เพราะลดการดูดซึมของไขมันอีกด้วย จึงควรส่งเสริมให้มีการรับประทานผักเหล่านี้มากขึ้น ผักบางชนิดมีแคลเซียมสูงเช่น ฝักพังกา หัวสุมดอกแดงปรงทะเล และชะครามใบเขียว เป็นต้น ทั้งชะครามยังมี β-carotene สูงด้วยถึง 3350 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงควรมีการให้ความรู้และส่งเสริมให้มีการรับประทานมากขึ้น โดยต้มราดกะทิรับประทานกับน้ำพริก หรือใช้ทำแกงกับปู เพราะจะได้ประโยชน์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

Ancerewiz, J, E. Miglliavacca, P.A. Carrupt, B. Testa, et al. 1988. Structure-property relationships of rimetazidine derivatives and model compunds as potential antioxidants. Free Radical Biology & Medicine. 25(1):113-120.

Cunif P. 1995. (*ed.*) Official Methods of Analysis of AOAC International. Vol II. 16th ed. Alington: AOAC International.

Duh, D.P., G.C. Yen. 1997. Antioxidantve activity of three herbal water extract. Food Chemistry. 60 (4):639-45.

Hatono, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root; their relative astringency and radical scavenging effects. Chem Pharm Bull. 36:2090-7.

Jacob RA. 1995. The intergrated antioxidant system. Nutri Res. 15:755-66.

Kammasud, N. Synthesis of manganese complexes of curcunim and related compounds as superoxide dismutase mimics. A master thesis, Pharmaceutical Chemistry and Phytochemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 2001.

Madar, Z., Odes HS. 1990. Dietary fiber in metabolic diseases. *In* : R. Paoletti, (*ed.*) Dietary fibre research. Karger.

Nutrition Division, Department of Health. 1987. Thai food composition table in 100 grams of edible portion. Nutrition Division, Department of Health, Bangkok.

Nutrition Division, Department of Health. 1992. Ministry of Public Health. Nutrition values of Thai foods. Nutrition Division, Department of Health, Ministry of Public Health, Bangkok.

Parthasarathy, S., S.H. Raubin. 1992. Role of oxidized low density lipoprotein in atherogenesis. Prog Lipis Res. 31: 127-43.

Prochaska, H.J., A.B. Santamaria. 1988. Direct measurement of NAD(P)H : quinone reductase form cells cultured in micortiter wells: a screening assay for anticarninogenic enzyme inducers. Analytical Biochemistry 169:320-6.

Prochaska, H.J., A.B. Santamaria, P. Talay. 1992. Rapid detection of induces of enzymes that protect against carcinogens. Proc Natl Acad Sci. 89:2394-8.

Roberton A.M., L.R. Ferguson, H.J. Hollands, P.J. Harris. 1991. Adsorption of a hydrophobic mutagen to dietary fiber preparations. Mutat Res. 262:195-202.

Ross, R. 1993. The pathogenesis of ateroscleosis: a perspective for 1990s. Nature. 362-801-9.

Thai Food and Drug Administration. 1995. Thai recommended daily intakes-Thai RDI. Food and Drug Administration, Bangkok.

Wolever, T.M.S. 1990. Dietary fiber in the management of diabetes. *In* : D. Krithchevsky, C. Bonfield, J.W. Anderson, (*eds.*). Dietary fiber. Chemistry, Physiology, and Health effects. Plenum Press, New York.

พืชสมุนไพรและพืชอาหารในป่าชายเลน

Medicinal and Food Plants in the Mangrove Areas .

นันทวัน บุณยะประภัศร Nuntavan Bunyapraphatsara
สิริมา สอนเล็ก Sirima Sornlek
วรพรรณ เกื้อกูลเกียร์ติ Worapun Kuakulkiat
วิโรจน์ ธีรธนาธร Viroj Therathanathorn
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Mangrove areas are economically and ecologically important. The survey of mangrove plants at Nakhon Si Thammarat and Trang provinces found 62 species. Among these plants 44 species are medicinal plants and 32 species are edible. The use of medicinal plants declines due to the accessibility of health facillities and drug stores. However, the villagers may gain the benefit from the plants which are commercially demanded. The strong support of the government on proper use of medicinal plants may lead to self-reliance on drug supplies.

Key words: Medicinal plant/Food plant/Mangroves

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา การสำรวจพืชป่าชายเลนที่จังหวัดนครศรีธรรมราชและตรัง พบว่ามีพืช 62 ชนิด 44 ชนิดเป็นพืชสมุนไพร และอีก 32 ชนิดเป็นพืชรับประทานได้ การใช้สมุนไพรในเขตที่สำรวจลดน้อยลงเรื่อยๆ เนื่องจากมีสถานพยาบาลของรัฐและร้านขายยา อย่างไรก็ตามสมุนไพรก็ยังอาจมีประโยชน์ในเรื่องเป็นพืชเศรษฐกิจ การสนับสนุนจากภาครัฐในการส่งเสริมให้ใช้สมุนไพรอย่างถูกต้อง จะส่งผลต่อการสร้างการพึ่งตนเองของประชาชนในเรื่องยา

คำหลัก: พืชสมุนไพร/พืชอาหาร/ป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา พืชที่อยู่ในป่าชายเลนมีค่าทางการค้า ได้แก่ ไม้โกงกาง ไม้แสม ใช้ทำถ่าน จากใช้มุงหลังคา ไม้บางชนิดใช้ปลูกบ้าน (FAO; 1985) นอกจากใช้ประโยชน์เชิงการค้าแล้วผู้ที่อยู่อาศัยในป่าชายเลนยังได้ใช้เป็นอาหารและยา ในการสำรวจครั้งนี้เป็นการรวบรวมพืชสมุนไพรและพืชอาหารเพื่อนำมาศึกษาหาคุณค่าทางอาหารและโภชนาการต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการสำรวจสภาพการใช้สมุนไพรในพื้นที่ป่าชายเลนในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดตรัง

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ที่ทำการศึกษา

1. ตำบลปากนคร อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. บ้านแหลมมะขาม ตำบลแม่เขาแก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
3. บ้านทุ่งตาแชะ จังหวัดตรัง
4. อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง

วิธีการสำรวจ

ไปเยี่ยมหมู่บ้านดังกล่าวข้างต้น เพื่อดูสภาวะการดูแลสุขภาพในชุมชน และสัมภาษณ์เรื่องพืชที่กินได้และใช้เป็นยา สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่อนามัย ผู้นำชุมชน ประชุมกลุ่มแม่บ้าน อาสาสมัคร เจ้าหน้าที่ป่าไม้

ผลและวิจารณ์ผล

1. สภาวะการดูแลสุขภาพ

จากการศึกษาพื้นที่ ต. ปากนคร อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช พบว่าสภาวะเศรษฐกิจของผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้ป่าชายเลนค่อนข้างดี มีรายได้จากการประมง จึงสามารถหาซื้อยามารักษาตนเอง นอกจากนี้มีสถานีอนามัยอยู่ไม่ห่างจากชุมชน สามารถเข้าไปยังตัวจังหวัดได้อย่างสะดวก จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สถานีอนามัยพบว่ามีการใช้สมุนไพรน้อยลง สมุนไพรที่ใช้เป็นสมุนไพรที่มีการส่งเสริมโดยกระทรวงสาธารณสุข เช่น ขมิ้นชัน ฟ้าทะลายโจร ยาหอมจันทลีลา ชุมเห็ดเทศ เป็นต้น

ส่วนบริเวณบ้านแหลมมะขาม ต. แม่เขาแก้ว อ. สิเกา จ. ตรัง เป็นหมู่บ้านที่มีการรวมตัวของกลุ่มแม่บ้านเพื่อสานเสื่อจากเตย และทำกระเป๋า เมื่อสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้าน พบว่ามีแต่ผู้สูงอายุเท่านั้นที่ยังใช้อยู่ ส่วนผู้ที่อยู่ในช่วงไม่เกิน 30 ปี ไม่รู้จักและไม่ได้ใช้ หมู่บ้านไม่ไกลจากตัวอำเภอมากนัก ชาวบ้านจึงอาศัยร้านขายยาในเมือง

หมู่บ้านตาแชะ จ.ตรัง เป็นหมู่บ้านที่มีการรวมตัวของผู้รักป่าชายเลน มีการจัดทำเป็นสวนสมุนไพรในป่าชายเลนเพื่อการศึกษา มีพืชทั้งป่าชายเลนและป่าชายหาด โดยมีอาสาสมัครเป็นผู้นำชม ผู้นำชมยังเป็นสมาชิกของกลุ่มแม่บ้าน ซึ่งมีการรวมกลุ่มทำกิจกรรมโดยทำปลาแห้ง และปลาเค็มขาย ทางกลุ่มไม่ได้รับการสนับสนุนจากสามีเพราะเห็นว่าไม่ค่อยได้ประโยชน์ทำให้สมาชิกกลุ่มลดลง จากการพูดคุยพบว่ากลุ่มแม่บ้านสนใจอยากทำผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร สำหรับการใช้นั้นแทบไม่มีการใช้พืชในป่าชายเลน มีการใช้ตามโครงการสมุนไพรในการสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข ส่วนใหญ่รักษาตนเองโดยพึ่งร้านยาและอาจไปรับการรักษาที่สถานีอนามัยและโรงพยาบาล

ส่วนที่ย่านตาขาว จังหวัดตรัง กำนันเป็นผู้พาชมและนัดกลุ่มแม่บ้านมาร่วมให้สัมภาษณ์ด้วย กำนันสนใจอย่างมากที่จะให้มีการนำสมุนไพรกลับมาใช้อีก แต่เนื่องจากมีความรู้หลงเหลืออยู่ไม่มากแล้ว เช่น ใช้แสมขาวรักษาพิษจากถูกเหงี่ยงปลาแทง จึงอยากให้มีการอบรมการใช้และเตรียมผลิตภัณฑ์สมุนไพร กลุ่มแม่บ้านที่มาร่วมสนทนาเห็นด้วยและสนใจโดยเฉพาะเรื่องผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้ผลิตจำหน่ายเป็นการเสริมรายได้

2. การสำรวจพืชสมุนไพรและพืชกินได้

จากการสำรวจและสัมภาษณ์รวมรวบรายชื่อสมุนไพรได้ 44 ชนิด (ตารางที่ 1) มีการใช้อยู่ไม่มาก มี 25 ชนิด ที่มีผู้รู้สรรพคุณ ได้แก่ เหงือกปลาหมอ ปรงทะเล แสมขาว สำมะงา จาก เป็นต้น ส่วนพืชที่รับประทานได้มี 31 ชนิด (ตารางที่ 2) จากนั้นสืบค้นข้อมูลการใช้ทางยาจากตำรายาไทย

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
1	เหงือกปลาหมอดอกขาว *Acanthus ebracteatus* Vahl	ราก, เมล็ด	รักษาโรคผิวหนัง, ฝี, แผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สัมภาษณ์)
		ใบ	รักษาแผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522)
2.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง *Acanthus ilicifolius* L.	ราก, เมล็ด, ใบ	เหมือนเหงือกปลาหมอดอกขาว
3.	เหงือกปลาหมอเครือ *Acanthus volubilis* Wall.	ราก, เมล็ด, ใบ	เหมือนเหงือกปลาหมอดอกขาว
4.	ปรงทะเล *Acrostichum aureum* L.	เหง้า	รักษาแผล, รักษาพิษของตาตุ่มทะเล (สัมภาษณ์)
5.	ใบพาย / แสม *Aegialitis rotundifolia* Roxb.	ยอดอ่อน	ขับประจำเดือน (สัมภาษณ์)
6.	รามใหญ่ *Ardisia elliptica* Thunb.	ราก	แก้พิษงู (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522;โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2523; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สายสนม กิตติขจร, 2526) , แก้ท้องเสีย, รักษากามโรค (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522)
		ใบ	รักษาตับ (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สายสนม กิตติขจร, 2526; ชุนโยธาพิทักษ์, 2516; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2505; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519) แก้ท้องเสีย (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522)
		ผล, เปลือกต้น	แก้ไข้ (ชุนโยธาพิทักษ์, 2516), แก้ท้องเสีย (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
7.	มะนาวผี *Atalantia monophylla* Correa	ผล	รักษาโรคผิวหนัง (มูลนิธิหยาดฝน, 2524), รักษาหวัด (สัมภาษณ์)
8.	แสมขาว *Avicennia alba* Blume	ทั้งต้น	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		เปลือกต้น	รักษาแผล (มูลนิธิหยาดฝน, 2524; สัมภาษณ์)
		ใบ	แก้พิษจากปลา (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
9.	แสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.	แก่น	แก้กระษัย, ขับประจำเดือน (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์, 2523; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ชุนโยธาพิทักษ์, 2516; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519; ชลอ อุทกภาชน์, 2524; มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		เมล็ด	รักษาฝี (สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
10.	แสมดำ *Avicennia officinalis* L.	กิ่ง	แก้พิษ, รักษาแผล (สัมภาษณ์)
11.	จิกทะเล *Barringtonia asiatica* (L.) Kurz.	เมล็ด	ขับลม (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		ราก	รักษาพิษงู (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		ผล	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
12.	ถั่วขาว *Bruguiera cylindrica* Blume	ราก	แก้ท้องเสีย, รักษาแผล (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
		เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย, แก้อาเจียน (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), แก้บิด (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522)
13.	ถั่วดำ *Bruguiera parviflora* Wight & Arn. ex Griff.	เมล็ด	บำรุงกำลัง, บำรุงไขข้อ (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; เสรี อาจเสรี, 2522)
14.	สารถีทะเล *Calophyllum inophyllum* L.	ราก, ใบ,	เป็นยาเบื่อปลา (สุ่ม วรกิจไพศาล, 2460; เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ)
		เปลือก, ดอก	บำรุงหัวใจ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
15.	เถาตรุษ *Calycopteris floribunda* Lamk.	ใบและยอด	รักษาพิษแมลงกัดต่อย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
16.	ตีนเป็ดทราย *Cerbera manghas* L.	ราก	ขับเสมหะ (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
17.	ตีนเป็ดทะเล *Cerbera odollam* Gaertn.	ราก	ขับเสมหะ (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522;โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; ชุนโยธาพิทักษ์, 2516; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; ชลอ อุทกภาชน์, 2524)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
		เปลือกต้น	แก้ไข้, เป็นยาระบาย (ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; สายสนม กิตติขจร, 2526; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
		ใบ	แก้ไข้ (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522;สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521), รักษากลากและเกลื้อน (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; ชะลอ อุทกภาชน์, 2524) ยาถ่าย (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522;สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
		ผล	รักษาริดสีดวงทวาร (สัมภาษณ์)
		ดอก	แก้ริดสีดวงทวาร (สัมภาษณ์)
		เมล็ด	เบื่อปลา (สัมภาษณ์)
18.	โปรงขาว *Ceriops decandra* Ding Hou	เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย (มูลนิธิหยาดฝน, 2524), รักษาแผล (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
19.	โปรงแดง *Cerips tagal* (Perr.) C.B. Robinson.	เปลือกต้น	ฝาดสมาน (มูลนิธิหยาดฝน, 2524)
20.	สำมะงา *Clerodendrum inerme* (L.) Gaertn.	ใบ	รักษาโรคผิวหนัง (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522; โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521)
		ยอดอ่อน	ขับปัสสาวะ (สัมภาษณ์)
21.	สักขี *Dalbergia candenatensis* (Dennst.) Prain	แก่น	บำรุงเลือด, ขับเสมหะ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)
22.	หยีน้ำ / หยีทะเล *Derris indica* (Lamk.) Bennet	เปลือกต้น	ช่วยย่อย (สัมภาษณ์)
23.	หางไหล *Derris scandens* Benth.	ส่วนที่อยู่เหนือดิน	ขับน้ำคาวปลา (สัมภาษณ์)
24.	ถอบแถบน้ำ *Derris trifoliata* Lour.	ราก	ยาระบาย (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519), แก้ปวด (เสรี อาจเสรี, 2524)
25.	แคทะเล *Dolichandrone spathacea* Schum.	ราก, ดอก	แก้ไข้ (สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
26.	ตาตุ่มทะเล *Excoecaria agallocha* L.	ราก	แก้อักเสบ, แก้ไข้, แก้คัน (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522; สายสนม กิตติขจร, 2526)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
		ต้น, แก่น	แก้ไข้, ขับลม (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522)
		ยาง	ขับพยาธิ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช. พงษ์ภมร, 2525; ชุนโยธาพิทักษ์, 2516; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ)
27.	หงอนไก่ทะเล *Heritiera littoralis* Dryand.	ราก	ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ, ขับน้ำคาวปลา (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
28.	ปอทะเล *Hibiscus tiliaceus* L.	ราก	แก้ไข้, ขับปัสสาวะ, ยาถ่าย (พะยอม ตันติวัฒน์, 2521)
29.	นมเมีย *Hoya lacunosa* Bl.	ยาง	รักษาหูด (สัมภาษณ์)
30.	เสม็ดขาว *Melaleuca cajuputa* Powell.	ใบ	ช่วยย่อย (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), ขับลม (เสรี อาจเสรี, 2524)
31.	โคลงเคลงขน *Melastoma villosum* Lodd.	ใบ	รักษาแผล (สัมภาษณ์)
32.	จาก *Nypa fruticans* Wurmb.	ราก, ใบ	แก้ท้องเสีย (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
		นมจาก	แก้ไข้, แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)
33.	เป้งทะเล *Phoenix paludosa* Roxb.	ราก	แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)
34.	ขลู่ *Pluchea indica* Less.	ใบ, ต้น	ขับปัสสาวะ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สายสนม กิตติขจร, 2526; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
35.	หัวว่าว / หัวเครายุ่ง Pyrrosia adnascens *(G. Forst.) Ching*	ราก	รักษาฝี, แก้อักเสบ (สัมภาษณ์)
36.	โกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* Blume	เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย, รักษาแผลเรื้อรัง (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
37.	โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Poir.	เปลือกต้น	ฝาดสมาน (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519), แก้ท้องเสีย (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519)

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชสมุนไพรในป่าชายเลน (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อไทย/ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	สรรพคุณ
38.	สมอทะเล *Sapium indicum* Willd.	ราก	ทำให้ประจำเดือนเป็นปกติ (สัมภาษณ์)
		เปลือกต้น, ใบ	ยาถ่าย, ขับลม (สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
		ผล	ยาถ่าย (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
		เมล็ด	ขับพยาธิ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; ปรีชา ช.พงษ์ภมร, 2525; สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ, 2521; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2521)
39.	รักทะเล *Scaevola taccada* (Gaertner.) Roxb.	หัว	รักษาโรคผิวหนัง (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523), ขับเสมหะ, แก้หอบหืด (สัมภาษณ์)
		ผล	ทำให้ประจำเดือนมาปกติ (สัมภาษณ์)
40.	ผักเบี้ยทะเล *Sesuvium portulacastrum* L.	ยอดอ่อน	ขับปัสสาวะ (สัมภาษณ์)
41.	ลำพูทะเล *Sonneratia alba* J. Smith	ราก, ผล	แก้ท้องเสีย, ฝาดสมาน (สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523)
42.	ลำพู *Sonneratia caseolaria* (L.) Engl	ราก	แก้ไข้ (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524)
		เปลือกต้น	รักษาโรคผิวหนัง แผลเปื่อย (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; สมาคมแพทย์แผนโบราณวัดมหาธาตุ, 2523; เสรี อาจเสรี, 2522) แก้ท้องเสีย (เชาวน์ กสิพันธุ์, 2522; เสรี อาจเสรี, 2522)
43.	ลำเท็ง *Stenochlaena palustris* (Burm.f.) Bedd.	ยอดอ่อน	รักษาอาการตับอักเสบ (สัมภาษณ์)
44.	ตะบูนขาว *Xylocarpus granatum* Koen.	เมล็ด, เปลือกต้น	แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์) รักษาแผล, แก้บิด, แก้ท้องเสีย (สัมภาษณ์)

ตารางที่ 2 รายชื่อพืชผักในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้
1.	เหงือกปลาหมอดอกขาว	*Acanthus ebracteatus* Vahl	ผล
2.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	*Acanthus ilicifolius* L.	ผล
3.	ปรงทะเล	*Acrostichum aureum* L.	ยอดอ่อน
4.	ปรงหนู	*Acrostichum speciosum* Willd.	ยอดอ่อน
5.	รามใหญ่	*Ardisia elliptica* Thunb.	ผล
6.	น้ำนอง	*Brownlowia tersa* (L.) Kosterm.	ผล
7.	ถั่วขาว	*Bruguiera cylindrica* Bl.	ฝัก
8.	พังกาหัวสุมดอกแดง	*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny	ดอก
9.	ถั่วดำ	*Bruguiera parviflora* Wight & Am.ex Griff.	ฝัก
10.	พังกาหัวสุมดอกขาว	*Bruguiera sexangular* Poir.	ดอก
11.	ตีนเป็ดทะเล	*Cerbera odollam* Gaertner	ผล
12.	โปรงขาว	*Ceriops decandra* Ding Hou	หัวใต้ดิน (ทำแป้งทำขนม)
13.	มังคะ	*Cynometra iripa* Kostel.	ยอดอ่อน
14.	หยีน้ำ / หยีทะเล	*Derris indica* (Lamk.) Bennet	ยอดอ่อน
15.	ถอบแถบน้ำ	*Derris trifoliata* Lour.	ยอดอ่อน, ดอก
16.	มะพลับ	*Diospyros areolata* King & Gamble	ผล
17.	หวายลิง	*Flagellaria indica* L.	ยอดอ่อน
18.	เสม็ดขาว	*Melaleuca cajuputi* Powell	ผลสุก
19.	โคลงเคลงขน	*Melastoma villosum* Lodd.	ผลสุก
20.	จาก	*Nypa fruticans* Wurmb.	ช่อดอก, ผล
21.	เป้งทะเล	*Phoenix paludosa* Roxb.	ยอดอ่อน
22.	โกงกางใบเล็ก	*Rhizophora apiculata* Bl..	ยอดอ่อน
23.	โกงกางใบใหญ่	*Rhizophora mucronata* Poir.	ยอดอ่อน
24.	สมอทะเล	*Sapium indicum* Willid.	ผลอ่อน (ดองเกลือ)
25.	ลำพูทะเล	*Sonneratia alba* J. Smith	ยอดอ่อน
26.	ลำพู	*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.	ดอก, ผลอ่อน
27.	ลำแพนหิน	*Sonneratia griffithii* Kurz	ยอดอ่อน
28.	ลำแพน	*Sonneratia ovata* Back	ยอดอ่อน
29.	ลำเท็ง	*Stenochlaena palustris* (Brum.f.) Bedd.	ยอดอ่อน, ดอก
30.	ชะคราม	*Suaeda maritima* Dum.	ยอดอ่อน
31.	ตะบูนขาว	*Xylocarpus granatum* Koen.	เมล็ดใน

จากการศึกษาแสดงว่าในป่าชายเลนอุดมไปด้วยพืชสมุนไพรและพืชอาหาร การสำรวจครั้งนี้ได้พบพืช 62 ชนิด ซึ่งต่างจากที่เคยมีผู้รายงานไว้ 72 ชนิด (สนิท อักษรแก้ว, 2535) และ 51 ชนิด (จิระศักดิ์ ชูความดี และคณะ, 2542) ถึงแม้ว่าการใช้สมุนไพรจะลดลงเนื่องจากในบริเวณใกล้ๆ มีสถานีอนามัย และร้านขายยา ซึ่งผู้ที่อยู่ในบริเวณป่าชายเลนสามารถไปรับการรักษาและหาซื้อยาได้ง่าย พืชสมุนไพรที่สามารถปลูกได้ในบริเวณป่าชายเลน บางชนิดอาจนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และพัฒนาการเพาะปลูกเพื่อเสริมรายได้เช่น เถาวัลย์เปรียง ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ยาแคปซูลใช้แก้ปวดหลังและมีการศึกษาวิจัยโดยสถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จึงควรมีการศึกษาวิธีการปลูก พืชอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีศักยภาพในการปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบคือ ผักบุ้งทะเล ซึ่งใช้รักษาพิษแมงกะพรุน (Pongprayoon et al., 1990; Wasuwat et al., 1970; Pongprayoon et al., 1991) มีการศึกษาวิจัยจนถึงขั้นพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว แต่เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบจึงยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่าย นอกจากนี้ขลู่เป็นพืชที่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ขับปัสสาวะ (Nilvises et al., 1989) มีโอกาสจะนำมาพัฒนาเป็นยาขับปัสสาวะ

ชุมชนมีความสนใจที่จะส่งเสริมการใช้สมุนไพรในชุมชนแต่ยังขาดข้อมูล หากรัฐบาลให้การสนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรอย่างถูกต้อง จะทำให้มีการใช้สมุนไพรอย่างกว้างขวางขึ้น ในหมู่บ้านมีการรวมกลุ่มแม่บ้านเพื่อทำกิจกรรมกันอยู่แล้ว หากรัฐจะใช้กลไกนี้ในการส่งเสริมให้มีการใช้สมุนไพรและเพาะปลูกพืชที่มีศักยภาพ อาจจะเป็นแนวทางในการเสริมรายได้ให้ประชาชนในท้องถิ่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การสำรวจพืชสมุนไพรและพืชอาหารในป่าชายเลนพบพืชสมุนไพร 44 ชนิด และผักพื้นบ้าน 32 ชนิด และเมื่อสำรวจสภาพแวดล้อม พบว่าประชาชนในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนยังมีการใช้สมุนไพรแต่ปริมาณน้อยลง เนื่องจากมีสถานพยาบาลของรัฐและร้านขายยาอยู่ไม่ไกลนัก แต่เมื่อได้พบปะผู้นำชุมชน และกลุ่มแม่บ้าน แสดงความสนใจที่จะให้มีการฟื้นฟูการใช้และทำผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรออกจำหน่าย มีพืชสมุนไพรบางชนิด เช่น ขลู่ มีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาการเพาะปลูกเป็นการเสริมรายได้ แต่ต้องมีการประสานกับภาคการผลิต และมีการอบรมกลุ่มแม่บ้านในเรื่องการเพาะปลูกและการใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เกียรติ เอี่ยมสกุลรัตน์. 2523. ตำราในหนังสืออนุสรณ์ ขวัญตระกูล ฉ่ำเฉียวกุล. โรงพิมพ์ศรีอนันต์, กรุงเทพฯ.

ขุนโยธาพิทักษ์ (แท่น ประทีปะจิตต์). 2516. ตำราแพทย์แผนโบราณวิชาหมอนวดโยคะศาสตร์และตำราเภสัชกรรม. สำนักพิมพ์บรรณศิลป์, กรุงเทพฯ.

จิระศักดิ์ ชูความดี, นายชาตรี มากนวล, ดร. ดวงใจ สุขเฉลิม และคณะ. 2542. พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนในประเทศไทย กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ชะลอ อุทกภาชน์. 2524. หลักการใช้ยาสมุนไพรรักษาโรคต่างๆ. สำนักพิมพ์แพร่พิทยา, กรุงเทพฯ.

เชาวน์ กสิพันธุ์. 2522. ตำราเภสัชศึกษา. สมาคมแพทย์เภสัชกรรมไทยโบราณ, กรุงเทพฯ.

ปรีชา ช. พงษ์ภมร. 2525. ตำรายาแพทย์แผนโบราณ. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์อำนวยสาสน์, กรุงเทพฯ.

พะยอม ตันติวัฒน์. 2521. สมุนไพร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัฒน์ สุจำนงค์. 2522. ตำรายาไทย-จีน (ยากลางบ้าน ยาสมุนไพร ยาแผนโบราณ). สำนักพิมพ์แพร่วิทยา, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิหยาดฝน. 2524. การใช้สมุนไพรจากป่าชายเลน. กรีนกรุ๊ป, จังหวัดตรัง.

โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2524. ตำราประมวลหลักเภสัช, กรุงเทพฯ.

โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ. วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2505. ตำรายาศิลาจารึกในวัดพระเชตุวิมลมังคลาราม. สุพจน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เวชศาสตร์ฉบับหลวง (ฉบับคัดลายมือ), กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว, กอร์ดอน เอส แมกซ์เวลล์, สมใจ หะวานนท์, สมชาย พานิชสุโน. 2535. พันธุ์ไม้ในป่าชายเลน. บริษัทฉลองรัตน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

สมาคมพ่อค้ายากรุงเทพฯ. 2521. ตำราหลักวิชาแพทย์แผนโบราณ สาขาเภสัชกรรม. ห้างหุ้นส่วนจำกัด คุณทินอักษรกิจ, กรุงเทพฯ.

สมาคมแพทย์แผนโบราณ วัดมหาธาตุฯ. 2523. ตำราเภสัชกรรมไทย แผนโบราณ. โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, กรุงเทพฯ.

สมาคมโรงเรียนแพทย์แผนโบราณ สำนักวัดพระเชตุพลวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2521. ประมวลสรรพคุณยาไทย (ภาคหนึ่ง และภาค 2) ว่าด้วยพฤกษศาสตร์, วัตถุธาตุ และสัตว์วัตถุนานาชนิด. ไพศาลศิลป์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สายสนม กิตติขจร. 2526. ตำราสรรพคุณสมุนไพรยาไทยแผนโบราณ โรงพิมพ์อักษรไทย, กรุงเทพฯ.

สุ่ม วรกิจไพศาล. 2460. เวชศาสตร์วัฒนธนา ตำราแพทย์แบบเก่า (เล่ม 1 ถึงเล่ม 5). โรงพิมพ์พิศาลบรรณนิติ, กรุงเทพฯ.

เสงี่ยม พงษ์บุญรอด. 2519. ไม้เทศเมืองไทย. เกษมบรรณกิจ, กรุงเทพฯ.

เสรี อาจเสรี. 2524. ยาสมุนไพร. สำนักพิมพ์พิทยาคาร, กรุงเทพฯ.

เสรี อาจเสรี. 2542. ตำรายาแผนโบราณไทยประจำบ้าน. สำนักพิมพ์พิทยาคาร, กรุงเทพฯ.

FAO. 1985. Mangrove management in Thailand, Malaysia and Indonesia. FAO environment paper 4. Rome: FAO, Rome.

Pongprayoon, U., L. Bohlin, P. Balckstrom, U. Jacobson, M. Lindstrom. 1990. Anti-inflammatory acitivty of *Ipomea pes-caprae*. Planta Med 1990;56:661.

Pongprayoon, V., L. Bohlin, S. Wasuwat. 1991. Neutralization of toxic effect of different crude jelly-fish venums by an extract of *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br. J Ethnopharmacol 35;35-9.

Nilvises, N., V. Vamnojinda, B. Vanvurakul, P. Pidech. 1989. Diurectic effect of *Pluchea indica*. Thai J Pharmacol 11:1-8.

Wasuwat S. 1970. Extract of *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae) antagonistic to histamine and jelly fish poison. Nature (London) 1970;225(5234):758.

การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน

Pharmacological Studies of Plants in the Mangrove Areas

นันทวัน บุณยะประภัศร
อรัญญา จุติวิบูลย์สุข
ประพิณศรา สอนเล็ก
วิโรจน์ ธีรธนาธร
สนิท อักษรแก้ว
Harry H. S. Fong
John M. Pezzuto
Jerry Kosmeder

Nuntavan Bunyapraphatsara
Aranya Jutiviboonsuk
Prapinsara Sornlek
Viroj Teratanatorn
Sanit Aksornkoae
Harry H. S. Fong
John M. Pezzuto
Jerry Kosmeder

Abstract

Mangrove areas are rich in medicinal and edible plants. Biological screening of the plants in this study may lead to drug and product development. The biological tests includes antioxidation, antilipid peroxidation and cancer chemoprevention. Fifty seven samples of 32 species were tested. Calyces of *Sonneratia caseolaris* exhibited the strong antioxidant activity followed by stamens of *Sonneratia caseolaris*, calyces of *S. alba*, *Cynometra ramiflora* seeds, *Xylocarpus rumphii* fruit peel and branches. Some edible pods including *Bruguiera parviflora*, *Ceriops decandra*, *C. tagal*, *Rhizophora mucronata* etc., were also active. Some of these pods also exhibited antilipid peroxidation such as *Bruguiera parviflora* and *Rhizophora mucronata*. Besides, *Cynometra ramiflora* (seeds), *Lumnitizera racemosa* (leaves), *Nypa fruticans* (inflorescences) and *Sonneratia caseolaris*, exhibited strong antilipid peroxidation. Plants possessed cancer chemoprevention activities were *Bruguiera gymnorrhiza* (pods), *Acanthus ebracteatus* (leaves), *Avicennia marina* (leaves), *Flagellaria indica* (young shoot), *Phoenix paludosa* (young shoot) and *Trianthema decandra* (aerial part), of which *Bruguiera gymnorrhiza* pods exhibited strongest activity.

Key words: Pharmacological/Mangroves plants

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนอุดมไปด้วยพืชสมุนไพรและพืชอาหาร การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนายาและผลิตภัณฑ์ โดยตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide และฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง ของพืช 32 ชนิด 57 ตัวอย่าง พบว่าพืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดคือ กลีบเลี้ยงดอกลำพู รองลงมาคือเกสรตัวผู้ของดอกลำพู กลีบเลี้ยงลำพูทะเล เมล็ดในมะคะ เปลือกลูกและกิ่งตะบัน และผักของพืชในป่าชายเลนหลายชนิดก็มีฤทธิ์ดีเช่นกัน ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ ฝักอ่อนโปรงขาว ฝักอ่อนโปรงแดง ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ฝักแก่โกงกางใบใหญ่ ซึ่งพืชเหล่านี้ยังมีฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ที่ดีด้วย เช่น ฝักอ่อนถั่วดำ ฝักอ่อนโกงกางเป็นต้น พืชที่มีฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxidation ยังได้แก่ เมล็ดในมะคะ ใบฝาดดอกขาว จาก และผลลำพู ส่วน

พืชที่มีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งดีที่สุดได้แก่ พังกาหัวสุมดอกแดง นอกจากนี้ได้แก่ ใบเหงือกปลาหมอ ใบแสมทะเล ยอดหวายลิง ยอดเป้ง ผักเบี้ยทะเล

คำหลัก: /การศึกษาฤทธิ์/เภสัชวิทยา/พืชป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศน์วิทยา พืชที่มีอยู่ในป่าชายเลนนั้นไม่เพียงแต่เป็นพืชที่ช่วยอนุรักษ์ป่าชายเลนไม่ให้พังทะลาย ยังเป็นที่อาศัยของสัตว์ทะเลน้อยใหญ่ พืชบางชนิดใช้เป็นอาหาร พืชใช้เป็นยาแผนโบราณ เช่น ใบเหงือกปลาหมอใช้รักษาแผลเรื้อรัง (พัฒน์ สุจำนงค์, 2522) เปลือกต้นแสมขาวรักษาแผล (มูลนิธิหยาดฝน, 2524) เปลือกต้นโกงกางใบเล็กใช้แก้ท้องเสีย รักษาแผลเรื้อรัง (โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ, 2524; สมาคมแพทย์แผนโบราณ, 2521) เปลือกต้นโกงกางใบใหญ่แก้ท้องเสีย (เสงี่ยม พงษ์บุญรอด, 2519) เป็นต้น พืชบางชนิดใช้เป็นอาหารจึงควรมีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เพื่อเป็นลู่ทางในการพัฒนายาต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) การต้านการเกิด lipid peroxide และฤทธิ์ต้านมะเร็ง เพื่อเป็นลู่ทางในการพัฒนายาและผลิตภัณฑ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

1.1. การทดสอบใช้วิธี DPPH scavenging model (Hatano et al., 1988; Duh and Yen, 1997; Ancerewiz et al., 1988).

1.1.1. การทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม

1. เตรียมสารสกัด ความเข้มข้น 1.0 mg/ml โดยชั่งสารสกัด 10 mg ละลายใน Methanol (AR) 10 ml นำไป sonicate นาน 10 นาที

2. เตรียมสารละลาย 1mM DPPH in Methanol (3.943 มก/10 ml)

3. เตรียม mixture ของ reaction ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วสังเกตการลดลงของ DPPH (ดูจากการเปลี่ยนสีของ DPPH จากสีม่วงเป็นสีเหลือง) ที่เวลา t=0, 5, 10, 15, 20 และ 30 นาที

ทดลองโดยใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้

TUBE	Sample (μ)	MeOH (μ)	DPPH (μ)	คิดเป็น extract (mg)
1	0	2800	200	0
2	10	2790	200	0.01
3	20	2780	200	0.02
4	50	2750	200	0.05
5	100	2700	200	0.1
6	200	2600	200	0.2
7	300	2500	200	0.3

ช่วงความเข้มข้นที่สามารถนำมา plot เป็น Dose activity curve จะอยู่ในช่วงความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถทำปฏิกิริยากับ DPPH ได้ภายในเวลา 10 นาที โดยที่ยังมี DPPH เหลืออยู่ คือสีม่วงของ DPPH ลดลงเมื่อเทียบกับ control (tube 1) ถ้าสารสกัดทำปฏิกิริยากับ DPPH (เห็น solution เป็นสีเหลือง) แสดงว่าช่วงความเข้มข้นนั้นจะได้กราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง

1.1.2. การทดลองหาค่า EC_{50}

1. เตรียมสารสกัด (stock solution)
   ถ้าช่วงที่ screen ได้เป็นช่วง 0.01 - 0.02 ต้องเตรียมสารสกัดความเข้มข้น 0.5 mg/ml
   ถ้าช่วงที่ screen ได้เป็นช่วง 0.05 - 0.3 เตรียมสารสกัดความเข้มข้น 1.0 mg/ml
   โดยชั่งสารสกัด และละลายใน Methanol (AR grade) แล้ว sonicate เป็นเวลา 10 นาที
2. เตรียมสารละลาย 1mM DPPH
3. เตรียมส่วนผสม ดังนี้

Tube	Stock solution (µl)	MeOH (µl)	DPPH (µl)
1	0	2800	200
2	10	2790	200
3	20	2780	200
4	30	2770	200
5	40	2760	200
6	50	2750	200
7	60	2740	200

หมายเหตุ : สัดส่วนของ Mixture ปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของ reaction เพื่อให้ได้ช่วงกราฟที่เป็นเส้นตรง

4. ผสม mixture ด้วย vortex mixer และจับเวลา 10 นาที ทันทีหลังจากผสมแล้ว
5. นำไปวัด absorbent ที่ความยาวคลื่น 515 nm
6. plot กราฟระหว่างปริมาณสารสกัด (mg) กับ % inhibition
   โดยคำนวณ % inhibition ได้จาก

$$\%\text{inhibition} = \frac{(\text{ABS control} - \text{ABS sample})}{\text{ABS control}} \times 100$$

7. คำนวณ ค่า EC_{50} จากกราฟ

1.2 การทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Thin-layer Chromatography (Sanchez-Medina *et al.*,2001)

นำสารสกัด ethyl acetate มาวิเคราะห์ด้วย thin-layer chromatography โดยใช้ silicagel G60 เป็น absorbent และใช้ mobile phase 2 ระบบคือ

a $CHCl_3$ - MeOH 9:1

b $CHCl_3$ - MeOH - H_2O 65:35:8

แต่ละ solvent ทำ TLC 2 แผ่น แผ่นแรก spray ด้วย 30%H_2SO_4 อีกแผ่น spray ด้วย 0.2% DPPH in methanol นับจำนวน spot ที่ให้ผล positive กับ DPPH คือ spot ที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อทิ้งไว้ 8 ช.ม.

2. การทดสอบฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation

ในการตรวจสอบ antilipid peroxidation activity ของสารสกัด สามารถทดสอบได้โดยใช้ thiobarbituric acid (TBA) method (Kammasud, 2001) เนื่องจากไขมันที่อยู่ใน diluted brain homogenate เกิด auto-oxidation และให้สารที่เป็น lipid radical และสุดท้ายจะได้ malondialdehyde (MDA) เมื่อ MDA ทำปฏิกริยากับ TBA จะเกิด product คือ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ซึ่งมีสีชมพู และสามารถจะวัดปริมาณของ TBARS ได้จากการวัดค่า fluorescent intensity ที่ 528.5 nm (excitation wavelength) และ 551 nm (emission wavelength) ด้วยเครื่อง Fluorophotometer ถ้าสารสกัดมีฤทธิ์จะสามารถยับยั้งการสร้าง MDA ทำให้ปริมาณ MDA ลดลง ส่งผลให้ปริมาณ TBARS ลดลงด้วย ดังนั้น fluorescent intensity จึงลดลง และสามารถคำนวณค่า % inhibition, IC_{50} ของสารได้

1. การเตรียม mice brain homogenate

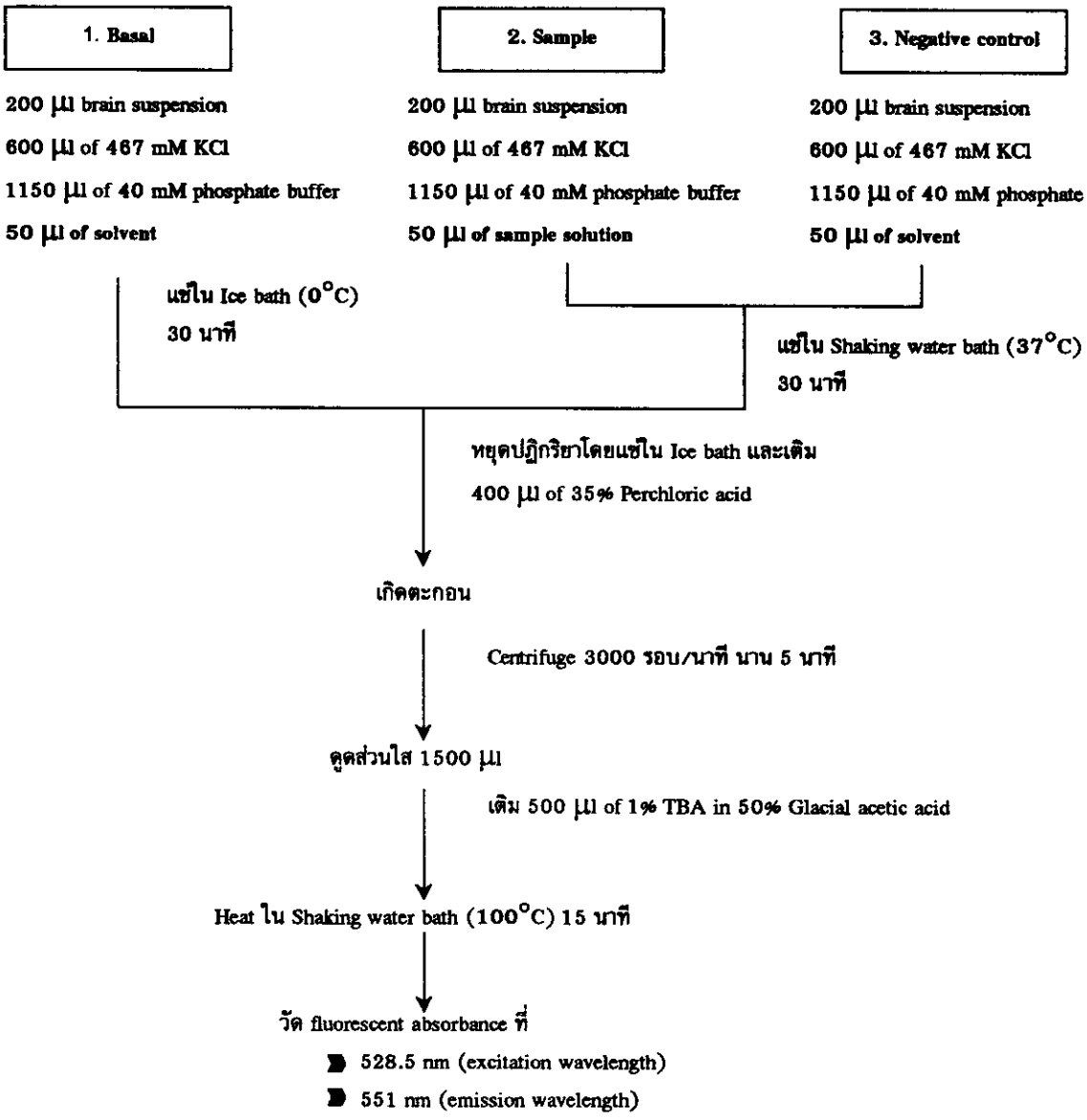
เตรียมจากหนูที่ถูกฆ่าใหม่ๆ นำสมองมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันในสารละลาย 40 mM phosphate buffer pH 7.4 ที่แช่ใน ice bath อัตราส่วน 1:19 w/v และแช่ใน ice bath

2. การทดสอบ antilipid peroxidation activity แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ดังรูปที่ 1

3. การทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง

การทดสอบใช้ Quinone reductase induction (Prochaska & Santamaria 1988; Prochaska et al. 1992) ส่งสารสกัดทั้งหมดไปทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็งที่ Program for collaborative Research in the Pharmaceutical Science (PCRPS), University of Illinois at Chicago ซึ่งทดสอบหา NAD(P)H : (quinone acceptor) Oxidoreductase ใน cultured cells Hepa 1c1c7 murine โดยเพาะเลี้ยงใน microtiter plates เพาะเลี้ยง 24 ช.ม. จากนั้นนำเซลล์ไป lysed และตรวจหา quinone reductase induction activity โดยเติม 2-methyl-1,4-naphthoquinone (menadione) และ 3-(4,5-dimethylthiazo-2-yl)-2,5- diphenyltetrazolium bromide (MTT) quinone reductase จะเร่งปฏิกิริยา reduction ของ menadione ไปเป็น menadiol โดย NAD(P)H และ MTT จะถูก reduce โดยไม่ใช้เอนไซม์ โดย menadiol เกิดเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งวัดการดูดซึมแสงบน microtiter plate เนื่องจากสารสกัดบางชนิดที่เหนี่ยวนำ quinone reductase activity อาจยับยั้งการเจริญของเซลล์ จึงคำนวณ quinone reductase activity ต่อจำนวนเซลล์และโปรตีน ซึ่งย้อมด้วย crystal violet ค่อยๆ ริน media ออก และล้างด้วยน้ำ นำเอาส่วนที่ติดสีไปละลายใน sodium dodecyl sulfate ที่ 37°C เป็นเวลา 1 ช.ม. แล้วจึงนำ plate ไป scan ที่ 550 nm

การคำนวณใช้ CD (double specific activity) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จาก quinone reductase activity / total cell protein CD ที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 μg/ml ถือว่า active การตรวจความเป็นพิษต่อเซลล์ คำนวณจากความเข้มข้นที่ทำให้เซลล์ตาย 50% (IC_{50})



คำนวณ % inhibition โดยใช้สูตร

$$\% \text{ inhibition} = \left\{ 1 - \frac{A_{test} - A_{basal}}{A_{control} - A_{basal}} \right\} 100$$

A_{test} = the fluorescent intensity of solution with tested compound

A_{basal} = the fluorescent intensity of basal control

$A_{control}$ = the fluorescent intensity of negative control

คำนวณ IC_{50} จาก linear regression plot ระหว่างความเข้มข้น กับ % inhibition

รูปที่ 1 การทดสอบ antilipid peroxidation activity

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า พืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแรงคือมี EC_{50} ต่ำกว่า 10 μg/ml มี 18 ตัวอย่าง ได้แก่ ดอกแสมขาว (7.69) ดอกแสมทะเล (8.67) ยอดจิกทะเล (8.93) ฝักอ่อนถั่วดำ (5.00) ฝักอ่อนโปรงขาว (6.38) ฝักอ่อนโปรงแดง (6.67) เมล็ดในมะคะ (3.33) ใบฝาดดอกขาว (5.87) ฝักแก่โกงกางใบใหญ่ (4.33) ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ (3.83) ใบโกงกางใบใหญ่ (7.67) กลีบเลี้ยงลำพูทะเล (2.57) เกสรตัวผู้ลำพู (2.93) กลีบเลี้ยงลำพู (6.10) ผลลำพู (4.17) เมล็ดในตะบูนขาว (5.60) เปลือกลูกตะบูนขาว (4.67) เปลือกลูกตะบัน (3.67) กิ่งตะบัน (3.67) (ตารางที่ 1) ซึ่งตัวอย่างที่ให้ฤทธิ์แรงที่สุดคือ กลีบเลี้ยงลำพู เมื่อตรวจดูจำนวนสารที่มีฤทธิ์ด้วยวิธี TLC พบว่าพืชเหล่านี้มีสารออกฤทธิ์ตั้งแต่ 3 – 12 ชนิด (ตารางที่ 1)

เมื่อนำพืชเหล่านี้มาทดสอบฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation ที่มีฤทธิ์แรงโดย IC_{50} น้อยกว่า 1 μg/ml ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (0.375) เมล็ดในมะคะ (0.8992) ใบฝาดดอกขาว (0.199) ช่อจาก (0.950) ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ (0.2918) ผลลำพู (0.083) และที่มีฤทธิ์ต่ำกว่า 10 μg/ml อีก 26 ตัวอย่าง พบว่ามีฤทธิ์ดี น่าสนใจที่จะนำไปศึกษาต่อ (ตารางที่ 2)

ส่วนฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งมี ฝักอ่อนพังกาหัวสุมดอกแดง ให้ผลดีที่สุดคือ CD = 2.9 μg/ml ส่วนที่มี CD น้อยกว่า 10 ได้แก่ ใบเหงือกปลาหมอดอกขาว (9.5) ผลเถาคัน (3.6) ยอดหวายลิง (9.9) ยอดเป้ง (8.8) ผักเบี้ยทะเล (9.2) และใบแสมทะเล (5) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC_{50} (µg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
1	*Acanthus ebracteatus* Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	49.33	7
2	*Acanthus illicifolius* L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	162.00	9
			เปลือก	79.67	6
3	*Acrostichum aureum* L.	ปรงทะเล (สด)	ยอด	103.00	3
4	*Avicennia alba* Blume	แสมขาว	ผล	20.67	10
			ใบ	102.67	3
			ดอก	7.67	8
			กิ่ง	89.00	3
5	*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	66.00	3
			ดอก	8.67	8
			กิ่ง	28.00	6
6	*Barringtonia asiatica* (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	8.93	3
7	*Bruguiera cylindrica* Blume.	ถั่วขาว	ฝัก	47.00	7
8	*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny	พังกาหัวสุมดอกแดง	ฝักอ่อน	11.67	8
			ดอก	11.67	8
			ใบ	18.00	8
			กิ่ง	16.00	10
9	*Bruguiera parviflora* Wight & Arn.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	5.00	9
			ใบ	105.00	10
10	*Bruguiera sexangular Poir*	พังกาหัวสุมดอกขาว	ฝักอ่อน	16.67	12
11	*Ceriops decandra* Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	6.38	10
12	*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	6.67	9
13	*Cissus carnosa* Roxb.	เถาคัน (แห้ง)	ผล	Negative	3
14	*Cordia cochinchinensis* Pierre	หมัน	ผล	93.67	4
15	*Cynometra ramiflora* L.	มะคะ	เนื้อผล	31.33	6
			เมล็ดใน	3.33	10
16	*Derris trifoliata* Lour.	ถอบแถบ	ใบ	13.33	7

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC_{50} (µg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
17	*Flagellaria indica* L.	หวายลิง	ยอด (แห้ง)	123.33	4
	Flagellaria indica L.	หวายลิง	ยอด (สด)	384.00	4
18	*Lumnitizera racemosa* Willd.	ฝาดดอกขาว	ใบ	5.87	10
			ผล	11.33	6
19	*Nypa fruticans* Wurmb.	จาก	ช่อดอกอ่อน	50.67	7
			เกสรตัวผู้	42.00	8
20	*Phoenix paludosa* Roxb.	เป๋ง	ยอด (แห้ง)	38.00	6
			ยอด (สด)	12.28	6
21	*Rhizophora apiculata* Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	28.67	9
			ฝักอ่อน	36.80	4
			กิ่ง	10.10	5
22	*Rhizophora mucronata* Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	4.33	8
			ฝักอ่อน	3.83	12
			ใบ	7.67	11
23	*Sarcolobus globosus* Wall.	หัวลิง	เปลือกผล	Negative	-
			เมล็ด	Negative	-
24	*Sonneratia alba* J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	2.57	8
25	*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.	ลำพู	เกสรตัวผู้	2.93	8
			กลีบเลี้ยง	6.10	7
			ผล	4.17	10
26	*Sonneratia ovata* Back	ลำแพน	ผล	28.67	3
27	*Stenochlaena palustris* (Burm.f.) Bedd.	ลำเท็ง	ยอด (แห้ง)	215.70	2
			ใบแก่ (แห้ง)	398.00	8
28	*Suaeda maritima* Dum.(นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	121.33	8
	Suaeda maritima Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	189.33	8
	Suaeda maritima Dum.(สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	193.67	5
29	*Trianthema decandra* L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	77.67	8
30	*Weddelia biflora* (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	32.00	6

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	EC_{50} (μg/ml)	จำนวน active spot (TLC)
31	*Xylocarpus granatum* Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	5.60	8
			ใบ	29.00	7
	Xylocarpus granatum Koen.	ตะบูนขาว	เปลือกลูก	4.67	10
32	*Xylocarpus rumphii* (Kostel.) Mabberley	ตะบัน	เปลือกลูก	3.67	10
			เมล็ด	114.00	5
			กิ่ง	3.67	12
			ใบ	38.67	12
	Trolox			3.70	

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide ของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC_{50} (μg/ml)
1	*Acanthus ebracteatus* Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	28.998
2	*Acanthus illicifolius* L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	19.186
			เปลือกผล	38.373
			ใบ	12.093
3	*Acrostichum aureum* L.	ปรงทะเล (สด)	ยอด	28.090
4	*Avicennia alba* Blume	แสมขาว	ผล	7.909
			ใบ	38.298
			ดอก	6.712
			กิ่ง	12.524
5	*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	23.466
			ดอก	6.774
			กิ่ง	5.677
6	*Barringtonia asiatica* (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	2.920
7	*Bruguiera cylindrica* Blume.	ถั่วขาว	ฝัก	23.100

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC_{50} (µg/ml)
8	*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny	พังกาหัวสุมดอกแดง	ฝักอ่อน	4.425
			ดอก	4.550
			ใบ	3.625
			กิ่ง	2.825
9	*Bruguiera parviflora* Wight & Arn.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	0.375
			ใบ	42.600
10	*Bruguiera sexangular Poir*	พังกาหัวสุมดอกขาว	ฝักอ่อน	4.661
11	*Ceriops decandra* Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	2.635
12	*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	2.646
13	*Cissus carnosa* Roxb.	เถาคัน (แห้ง)	ผล	weak act.
14	*Cordia cochinchinensis* Pierre	หมัน	ผล	54.385
15	*Cynometra ramiflora* L.	มะคะ	เนื้อผล	10.259
			เมล็ดใน	0.8992
16	*Derris trifoliata* Lour.	ถอบแถบ	ใบ	11.250
17	*Flagellaria indica* L.	หวายลิง	ยอด (สด)	weak act.
18	*Lumnitizera racemosa* Willd.	ฝาดดอกขาว	ใบ	0.199
19	*Nypa fruticans* Wurmb.	จาก	ช่อดอกอ่อน	0.950
			เกสรตัวผู้	16.670
20	*Phoenix paludosa* Roxb.	เป้ง	ยอด (สด)	16.915
21	*Rhizophora apiculata* Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	9.896
			ฝักอ่อน	3.850
			กิ่ง	2.359
22	*Rhizophora mucronata* Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	1.125
			ฝักอ่อน	0.2918
			ใบ	1.975
23	*Sonneratia alba* J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	0.840

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	IC_{50} (µg/ml)
24	*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.	ลำพู	ใบ	1.228
			เกสรตัวผู้	1.105
			กลีบเลี้ยง	2.213
			ผล	0.083
25	*Sonneratia ovata* Back	ลำแพน	ผล	15.485
26	*Stenochlaena palustris* (Burm.f.) Bedd.	ลำเท็ง	ยอด (แห้ง)	87.931
			ใบแก่ (แห้ง)	30.052
27	*Suaeda maritima* Dum.(นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	28.950
	Suaeda maritima Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	weak act.
	Suaeda maritima Dum.(สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	weak act.
28	*Trianthema decandra* L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	8.900
29	*Weddelia biflora* (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	8.165
30	*Xylocarpus granatum* Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	3.250
			ใบ	6.150
			เนื้อเปลือก	1.425
31	*Xylocarpus rumphii* (Kostel.) Mabberley	ตะบัน	เปลือกลูก	1.250
			เมล็ด	38.875
			กิ่ง	1.700
			ใบ	1.725
	Trolox			9.162

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบฤทธิ์ป้องกันมะเร็งของพืชในป่าชายเลน

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD (µg/ml)	EC_{50} (surv)
1	*Acanthus ebracteatus* Vahl	เหงือกปลาหมอดอกขาว	ใบ	9.5	17.6
2	*Acanthus illicifolius* L.	เหงือกปลาหมอดอกม่วง	เมล็ด	>10	>20
			เปลือก	>10	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD (μg/ml)	EC_{50} (surv)
3	*Acrostichum aureum* L.	ปรงทะเล (สด)	ยอด	>10	>20
4	*Avicennia alba* Blume	แสมขาว	ผล	>10	>20
			ใบ	>10	>20
			ดอก	>10	>20
			กิ่ง	>10	>20
5	*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh	แสมทะเล	ใบ	5	>20
			ดอก	>10	>20
			กิ่ง	>10	>20
6	*Barringtonia asiatica* (L.) Kurz.	จิกทะเล (แห้ง)	ยอด	>10	>20
			เปลือก	>10	>20
7	*Bruguiera cylindrica* Blume.	ถั่วขาว	ฝักอ่อน	>10	>20
8	*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny	พังกาหัวสุมดอกแดง	ฝักอ่อน	2.9	>20
			ดอก	>20	>20
			ใบ	>20	>20
			กิ่ง	>20	>20
9	*Bruguiera parviflora* Wight & Am.ex Griff.	ถั่วดำ	ฝักอ่อน	>10	>20
			ใบ	>20	>20
10	*Bruguiera sexangular Poir*	พังกาหัวสุมดอกขาว	ฝักอ่อน	10.2	>20
11	*Ceriops decandra* Ding Hou	โปรงขาว	ฝักอ่อน	>10	>20
12	*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Robinson.	โปรงแดง	ฝักอ่อน	>10	>20
13	*Cissus carnosa* Roxb.	เถาคัน (แห้ง)	ผล	3.6	>20
14	*Cordia cochinchinensis* Pierre	หมัน	ผล	>10	>20
15	*Cynometra ramiflora* L.	มะดะ	เนื้อผล	>10	>20
			เมล็ดใน	>10	>20
16	*Derris trifoliata* Lour.	ถอบแถบ	ใบ	>10	>20
17	*Flagellaria indica* L.	หวายลิง	ยอด (แห้ง)	>10	>20
			ยอด (สด)	9.9	>20
18	*Lumnitizera racemosa* Willd.	ฝาดดอกขาว	ใบ	>10	>20
			ผล	>20	>20

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อ	ส่วนที่ใช้	QR	
				CD (μg/ml)	EC_{50} (surv)
19	*Nypa fruticans* Wurmb.	จาก	ช่อดอกอ่อน	>10	>20
20	*Phoenix paludosa* Roxb.	เป๋ง	ยอด (แห้ง)	8.8	>20
			ยอด (สด)	>20	>20
21	*Rhizophora apiculata* Blume	โกงกางใบเล็ก	ใบ	>20	>20
			ฝักอ่อน	>20	>20
			กิ่ง	>20	>20
22	*Rhizophora mucronata* Poir.	โกงกางใบใหญ่	ฝักแก่	>10	>20
			ฝักอ่อน	>20	>20
			ใบ	>10	>20
23	*Sarcolobus globosus* Wall.	หัวลิง	เปลือกผล	>10	>20
			เมล็ด	>10	>20
24	*Sonneratia alba* J. Smith	ลำพูทะเล	กลีบเลี้ยง	>10	>20
25	*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.	ลำพู	เกสรตัวผู้	>10	>20
			กลีบเลี้ยง	>10	>20
			ผล	>20	>20
26	*Sonneratia ovata* Back	ลำแพน	ผล	>10	>20
27	*Stenochlaena palustris* (Burm.f.) Bedd.	ลำเท็ง	ยอด (แห้ง)	>20	>20
			ใบแก่ (แห้ง)	>10	>20
			ยอดอ่อน	>10	>20
28	*Suaeda maritima* Dum.(นครศรีธรรมราช)	ชะคราม	ยอด	>10	>20
	Suaeda maritima Dum. (สมุทรสงคราม)	ชะครามใบเขียว	ยอด	>20	>20
	Suaeda maritima Dum.(สมุทรสงคราม)	ชะครามใบแดง	ยอด	>20	>20
29	*Trianthema decandra* L.	ผักเบี้ยทะเล	ยอด (แห้ง)	9.2	>20
30	*Weddelia biflora* (L.) DC.	เบญจมาศทะเล	ดอก	>20	>20
31	*Xylocarpus granatum* Koen.	ตะบูนขาว	เมล็ดใน	>10	>20
			เนื้อเปลือก	>20	>20
32	*Xylocarpus rumphii* (Kostel.) Mabberley	ตะบัน	เปลือกลูก	>20	>20
			เมล็ด	>20	>20

การตรวจสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน ใช้วิธีตรวจหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH เนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดจะมีผลต่อการชราภาพ การทำลายเนื้อเยื่อ โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง (Duh&Yen, 1997.) การที่ร่างกายได้รับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือจับกับอนุมูลอิสระ จะช่วยลดภาวะเสี่ยงต่อโรคดังกล่าว ในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการนำพืชในป่าชายเลนมาใช้ประโยชน์ทางยา จึงได้เลือกตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิด lipid peroxide ซึ่งเป็นฤทธิ์ที่อนุมูลอิสระไปทำลายผนังเซลล์ และฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง

การวิเคราะห์ antioxidant อาศัยหลักเกณฑ์ที่ว่า DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) เป็น stable free radical ซึ่งมีสีม่วง แต่ถ้ามี antioxidant จะเปลี่ยน DPPH เป็น 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazine ซึ่งมีสีเหลือง จึงสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงได้ที่ 515 nm และคำนวณหาปริมาณการยับยั้งได้ (Hatano et al., 1988) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การตรวจสอบปริมาณเพื่อหาค่าที่ยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของ DPPH ไปเป็น 2, 2-diphenyl-2-picrylhydrazine ได้ 50% การตรวจสอบพืชทั้งหมดพบว่าที่ EC_{50} น้อยกว่า 10 μg/ml มีถึง 19 ตัวอย่าง และที่ให้ผลดีที่สุดคือ กลีบเลี้ยงของลำพูทะเล (2.57 μg/ml) รองลงมาคือ เกสรตัวผู้ของลำพู (2.93 μg/ml) เมล็ดในมะคะ (3.33 μg/ml) เปลือกลูกและกิ่งตะบัน (3.67 μg/ml) ส่วนพืชอื่นที่น่าสนใจคือฝักของพืชหลายชนิดที่ใช้เป็นอาหารมีฤทธิ์แรงได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (5.00 μg/ml) ฝักอ่อนโปรงขาว (6.38 μg/ml) ฝักอ่อนโปรงแดง (6.07 μg/ml) ฝักแก่โกงกาง (4.33 μg/ml) ฝักอ่อนโกงกาง (3.83 μg/ml) จึงน่าที่จะนำพืชเหล่านี้มาศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต่อไป มีรายงานสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ได้แก่สารพวก phenolic compound และ tannin (Hatano et al., 1989; Satoshi & Hara, 1990; Wang, H, et al., 1999). และ β-carotene ซึ่งพบมาในพืชที่มีสีส้ม และเขียว ก็มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Young, 1991) ดังนั้นการที่พืชในป่าชายเลนมี tannin และ polyphenolic มาก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชในป่าชายเลน จึงอาจเนื่องมาจาก tannin และ polyphenol

การทดสอบหาสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี TLC ยังพบว่าพืชเหล่านี้มีสารตั้งแต่ 2 - 12 ชนิด เป็นอย่างน้อย จึงน่าจะศึกษาเพื่อจะเป็นลู่ทางนำมาใช้ทั้งภายใน และภายนอก โดยภายนอกอาจจะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชะลอความแก่ เที่ยวย่นของผิวหนังได้

การเกิด oxidation ของ lipid โปรตีน และ DNA ในสิ่งมีชีวิต อาจเป็นสาเหตุสำคัญเบื้องต้นในกระบวนการชราภาพ (aging process) และสาเหตุของโรคหลายชนิด ได้แก่เบาหวาน โรคเกี่ยวกับระบบประสาท โรคระบบไหลเวียนของโลหิตและหัวใจ ต้อกระจก และมะเร็ง (Takahashi et al.,1992; Iwatsuki et al., 1995; Wang et al., 1999). พืชในป่าชายเลนหลายชนิดให้ฤทธิ์ที่ดีมี IC_{50} <1 μg/ml ได้แก่ ฝักอ่อนถั่วดำ (0.375 μg/ml) เมล็ดในมะคะ (0.8992 μg/ml) ใบฝาดดอกขาว (0.199 μg/ml) ช่อจาก (0.950 μg/ml) ฝักอ่อนโกงกาง (0.2918 μg/ml) ผลลำพู (0.083 μg/ml) ซึ่งพืชเหล่านี้รับประทานได้น่าจะได้มีการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต่อไป

เนื่องจากสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มักจะมีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดลองหาฤทธิ์ต้านมะเร็งโดยใช้ quinone reductase induction ในการตรวจสอบ Quinone reductase เป็น phase II enzyme ซึ่งสำคัญในการกำจัดสารก่อมะเร็ง เมื่อร่างกายได้รับสารก่อมะเร็ง (procarcinogens) จะถูกเปลี่ยนแปลงโดย phase I enzyme เช่น cytochrome P-450, anihydroxylase (ANH), aminopyrine-N-demothylase (AMD) เกิด oxidation/reduction หรือ hydrolyses ได้เป็น reactive electrophile ซึ่งจะไปทำให้ DNA เสียหายและก่อมะเร็งได้ แต่ร่างกายก็จะมี phase II enzyme เช่น glutathione-S-transferase, uridine diphosphate-glucuronosyltransferase และ quinone reductase มาทำหน้าที่ detoxify ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดมะเร็ง จึงต้องได้รับสารซึ่งไปลดการทำงานของ phase I หรือ เพิ่มการทำงานของ phase II enzyme (Van Bladeren, 1993; Pezzuto, 1995). พืชในป่าชายเลนที่ตรวจสอบทั้งหมดมี 57 ตัวอย่างของพืช 32 ชนิด พบว่ามีฤทธิ์ดีคือ ใบเหงือกปลาหมอดอกขาว (9.5 μg/ml) ใบแสมทะเล (5.00 μg/ml) ฝักพังกาหัวสุมดอกแดง (3.6 μg/ml) ยอดหวายลิง (9.9 μg/ml) ยอดเป้ง

(8.5 μg/ml) และผักเบี้ยทะเล (9.2 μg/ml) ซึ่งพังกาหัวสุมดอกแดงมีฤทธิ์ดีที่สุด จึงได้ดำเนินการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ สำหรับหวายลิง ยอดเป้ง และผักเบี้ยทะเลเป็นผักที่มีรสชาดดี จึงน่าส่งเสริมให้รับประทานมากขึ้น จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าพืชในป่าชายเลนมีหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางยา ควรมีการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

พืชสมุนไพรจากป่าชายเลน 32 ชนิดจำนวน 57 ตัวอย่าง ได้นำ มาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าส่วนใหญ่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแต่ที่มีฤทธิ์ดี (EC_{50} < 10 μg/ml) ได้แก่ ดอกแสมขาว ดอกแสมทะเล ยอดจิกทะเล ฝักอ่อนถั่วดำ ฝักอ่อนโปรงขาว ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ใบโกงกางใบใหญ่ ใบฝาดดอกขาว ฝักแก่โกงกาง ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ใบโกงกางใบใหญ่ กลีบเลี้ยงลำพูทะเล เกสรตัวผู้ลำพู กลีบเลี้ยงลำพู ผลลำพู เมล็ดในตะบูนขาว เปลือกลูกตะบูนขาว เปลือกลูกตะบัน กิ่งตะบัน ซึ่งในจำนวนนี้ พืชที่ให้ผลดีในการต้านการทำลายไขมัน คือ ฝักอ่อนถั่วดำ เมล็ดในมะคะ ใบฝาดดอกขาว ฝักอ่อนโกงกางใบใหญ่ ผลลำพู พืชสมุนไพรเหล่านี้ควรจะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาสารออกฤทธิ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพต่อไป นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาฤทธิ์ต้านการก่อมะเร็ง พบว่ามีพืชหลายชนิด เช่น ฝักพังกาหัวสุมดอกแดง ผลเถาคัน ใบแสมทะเล ซึ่งพืชเหล่านี้ควรมีการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป นอกจากผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ พืชที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังเป็นพืชที่อาจนำไปพัฒนาเครื่องสำอาง โดยที่จะช่วยชะลอความแก่ และการทำลายเซลล์ผิวเนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากเมื่อได้รับแสง UVB หรือ pollution ต่าง ๆ ทำให้ผิวดูอ่อนเยาว์ไม่หยาบกร้าน

เอกสารอ้างอิง

เชาวน์ กสิพันธุ์. 2522. ตำราเภสัชศึกษา. สมาคมแพทย์เภสัชกรรมไทยโบราณ, กรุงเทพฯ.

พัฒน์ สุจำนงค์. 2522. ตำรายาไทย-จีน (ยากลางบ้าน ยาสมุนไพร ยาแผนโบราณ). สำนักพิมพ์แพรวิทยา, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิหยาดฝน. 2524. การใช้สมุนไพรจากป่าชายเลน. กรีนกรุ๊ป, จังหวัดตรัง.

โรงเรียนแพทย์แผนโบราณ วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามราชวรมหาวิหาร. 2524. ตำราประมวลหลักเภสัช, กรุงเทพฯ.

สมาคมแพทย์แผนโบราณ วัดมหาธาตุฯ. 2523. ตำราเภสัชกรรมไทย แผนโบราณ. โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, กรุงเทพฯ.

เสงี่ยม พงษ์บุญรอด. 2519. ไม้เทศเมืองไทย. เกษมบรรณกิจ, กรุงเทพฯ.

Ancerewiz, J., E. Miglliavacca, P.A. Carrupt, et al. 1988. Structure-property relationshipss of rimitazidine dervatives and model compounds as potential antioxidants. Free Radical Biology & Medicine. 25 (1):113-20.

Duh, P.D., G.C. Yen. 1997. Antioxidant activity of three herbal water extract. Food Chemistry 60 (4):639-45.

Hatano, T., E. Edamatsu, M. Hiramatsu, et al., 1989. Effect of the interaction of tannins with co-existing substances. VI. Effects of tannins and related polyphemols on superoxide anion radical, and on 1,1-disphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Chem. Pharm. Bull. 37(8):2016-21.

Hatano, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root, their relative astringency and radical scavenging effects. Chem. Pharm. Bull 36:2090-7.

Iwatsuki, M., E. Komura, E. Nihi. 1995. Antioxidant activities of aminophenols against oxidation of methyl linoleate in solution. Bull. Chem. Soc. Jpn. 68:620-4.

Kammasud, N. Synthesis of manganese complexes of curcumin and related compounds as superoxide dismutase mimices. A master thesis, Pharmaceutical Chemistry and Phytochemistry. Faculty of Pharmacy, Mahidol University, 2001.

Pezzuto, J.M. 1995. Natural product cancer chemopreventive agents, pp 19-44. *In* : J. Arnason, R. Mita and J.T. Rome (*eds.*). Phytochemistry of medicinal platns. Plenum Press, New York, U.S.A.

Prochaska, H.J., A.B. Santamaria. 1988. Direct measurement of NAD(P)H : quinone reductase from cells cultured in microtiter wells: a screening assay for anticarcinogenic enzyme inducers. Analytical Biochemistry 169:320-6.

Prochaska, H.J., A.B. Santamaria, P. Talalay. 1992. Rapid detection of induces of enzymes that protect against carcinogens. Proc. Natl. Acad. Sci. 89:2394-8.

Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yacatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β-glucosidase inhibition activities. Phytomedicine 8(2):144-51.

Satoshi, S., Y. Hara. 1990. Antioxidative activity of the catechin. Fragrance J. 24-30.

Takahashi, M., E. Komura, E. Niki, E. Tanaka. 1992. Action of fatty acid esters of L-ascorbic acid as antioxidants in phosphatidylcholine liposomal membranes. Bull. Chem. Soc. 65:679-84.

Van Bladeren J.J. 1993. Modulation of biotransformation enzymes by nonnutritive dietary factors, PP 163-73. *In* : K.W. Waldeon, I.T. Johnson and G.R. Fenwick (*eds.*) Food and cancer prevention : chemical biological aspects. Bookcraft (Bath), Cambridge's, England.

Wang, H., M.G. Noir, G.M. Strasburg, et al. 1999. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycone, cyanidin from tart cherries. J. Nat. Prod. 62:294-6.

Young, A.J., 1991. The photoprotective role of carotenoids in higher plants. Physoil. Plant. 83:702-8.

การแยกสารต้านอนุมูลอิสระจากจิกทะเล

Isolation of Antioxidant from *Barringtonia asiatica* Kurz.

สิริมา สอนเล็ก
นันทวัน บุณยะประภัศร
อรัญญา จุติวิบุลย์สุข
วงสถิตย์ ฉั่วกุล
สนิท อักษรแก้ว

Sirima Sornlek
Nuntavan Bunyapraphatsara
Aranya Jutiviboonsuk
Wongsatit Chuakul
Sanit Aksornkoae

Abstract

Preliminary studies of *Barringtonia asiatica* Kurz. on the antioxidant activity with EC_{50} = 8.93 μg/ml and the report on cancer chemopreventive activity of *Barringtonia acutangula* (Ornithine decarboxylase inhibition IC_{50} = 0.31 μg/ml) prompted us to carry out the research on the isolation of active compounds. Biological guided separation using DPPH was carried out on the petroleum ether extract of the *Barringtonia asiatica* Kurz. leaves. Compound A was isolated but showed weak activity. The structure elucidation are being performed. The attempts to isolate strong active components (B) failed to receive pure compound. Further separation using HPLC technique is in progress.

Key words: Isolation/Antioxidant/Barringtonia asiatica

บทคัดย่อ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบจิก พบว่ามีฤทธิ์ดี EC_{50} = 8.93 μg/ml และรายงานจากชิคาโกว่าต้นจิกนามีฤทธิ์ยับยั้ง ornithine decarboxylase ที่ IC_{50} = 1.31 μg/ml จึงได้นำใบจิกทะเลซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกันมาแยกเพื่อหาสารออกฤทธิ์ โดยใช้ DPPH และ TLC ในการติดตามสารออกฤทธิ์ สกัดแยกได้สาร A ซึ่งมีฤทธิ์อ่อนและอยู่ระหว่างแยกเพิ่มเติมเพื่อนำไปหาสูตรโครงสร้าง ส่วนสาร B ซึ่งอยู่ใน F9 ยังแยกไม่ได้บริสุทธิ์ อยู่ระหว่างดำเนินการแยกต่อไป โดยใช้ HPLC technique.

คำหลัก: การแยกสาร/สารต้านอนุมูลอิสระ/จิกทะเล

คำนำ

จิกทะเลเป็นพืชในวงศ์ Barringtoniaceae มีชื่อพฤษศาสตร์ว่า *Barringtonia asiatica* Kurz. เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ขึ้นอยู่ตามชายทะเล ดอกเป็นช่อสีขาว ผลเป็นรูปสี่เหลี่ยม ฐานเว้า ในตำรายาไทยไม่ได้ใช้เป็นสมุนไพรเดี่ยว การศึกษาทั้งทางเคมีและทางเภสัชวิทยามีไม่มากนัก มีรายงานพบสาร Bartogenic acid (Rao, et al., 1981; Rao, et al., 1986) 19-epibartogenic acid, anhydrobartogenic acid (Rao, et al., 1984; Rao, et al., 1985) ส่วนการศึกษาทางเภสัชวิทยามีฉบับเดียวคือการทดสอบฤทธิ์ต้านมาลาเรีย แต่พบว่าไม่ได้ผล (Mistra, et al. 1991)

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามี EC_{50} =8.93 µg/ml (ดูเรื่องฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน) และมีรายงานการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งของจิกนาซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกัน พบว่ายับยั้ง ornithine decarboxylase โดยมีค่า IC_{50} = 0.31 µg/ml (ติดต่อส่วนบุคคล) จึงทำการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อได้สารต้านอนุมูลอิสระแล้ว จะได้ศึกษาฤทธิ์ต้าน lipid peroxidation ของสารที่แยกได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดแยกจิกทะเล

1.1 การสกัด

สกัดผงใบจิกทะเล (500 กรัม) ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์, คลอโรฟอร์ม, เอทิลอะซีเตต และเมทานอล โดยใช้ soxhlet apparatus นำสารสกัดมาตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant โดยใช้ Thin-layer chromatography ใช้ silica gel G60 เป็น adsorbent และใช้ chloroform-methanol 9:1 และ chloroform-methanol-water 65:35:8 เป็น solvent spray ด้วย 0.2% DPPH (Sanchez-Medina, et al. 2001.)

1.2 การแยกสารออกฤทธิ์

นำ petroleum ether extract ของใบจิกทะเลมาแยกสารที่มีฤทธิ์เป็น antioxidant โดยใช้เทคนิค biological guided separation โดยชั่งสารสกัดมา 2.0546 g นำมาแยกโดยวิธี flash column chromatography ใช้ silica gel เป็น adsorbent และ elute ด้วย solvent ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether, Petroleum ether – $CHCl_3$ (95:5, 90:10, 80:20, 70:30, 50:50), $CHCl_3$, $CHCl_3$ – EtOAc (8:2), EtOAc เก็บ fraction ละ 20 ml

จากนั้นตรวจสอบและรวม fraction ที่เหมือนกัน โดยใช้ thin layer chromatography ใช้ silica gel G60 เป็น adsorbent โดยตรวจสอบ ด้วย TLC ใช้ silica gel G60 เป็น absorbent และใช้ solvent system ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ Hexane, Hexane – $CHCl_3$ (9:1, 1:1) $CHCl_3$, $CHCl_3$ – EtOAc (9:1)

จากการตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วย TLC พบว่า fractions F2 , F7 , F9 , F12 มี active spots จึงนำไปแยกต่อ โดย F2 เมื่อระเหยเอา solvent ออก ได้สาร oily ซึ่งตรวจด้วย TLC ได้ 1 spot นำไปตรวจฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและหาสูตรโครงสร้าง

Fraction 9 (0.0507g.)ซึ่งมีฤทธิ์แรงที่สุด คือสามารถเห็น positive spot ได้ทันทีหลัง spray จึงนำไปแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G (8g.) เป็น adsorbent ใช้ solvent eluted ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether, Petroleum ether – $CHCl_3$ (9:1, 8:2, 7:3, 1:1) โดยเก็บ fraction ละ 20 ml.

Fraction 7 (0.0771g.) นำมาแยกต่อโดยใช้ Flash column chromatography ใช้ silica gel G60 (2g.) เป็น adsorbent ใช้ solvent eluted ตามลำดับดังต่อไปนี้ Petroleum ether – $CHCl_3$ (9:1, 8:2, 7:3, 1:1), $CHCl_3$ โดยเก็บ fractions ละ 20 ml.

Fraction 12 อยู่ระหว่างพัฒนา TLC เพื่อให้ได้ solvent system ที่เหมาะสมสำหรับทำ colunm chromatography

2. ตรวจสอบสารออกฤทธิ์ของ fractions

ตรวจสอบฤทธิ์ของสารสกัดในแต่ละ fraction ด้วยวิธี TLC โดยใช้ solvent system ที่เหมาะสมกับแต่ละ fractions นำ TLC ที่ run แล้วมา spray ด้วยสารละลาย 0.2% ของ DPPH ใน methanol บันทึกผลหลัง spray ภายใน เวลา 8 ชั่วโมง โดยสารที่มีฤทธิ์เป็น antioxidant จะเปลี่ยนสีม่วงของ DPPH เป็นสีเหลือง

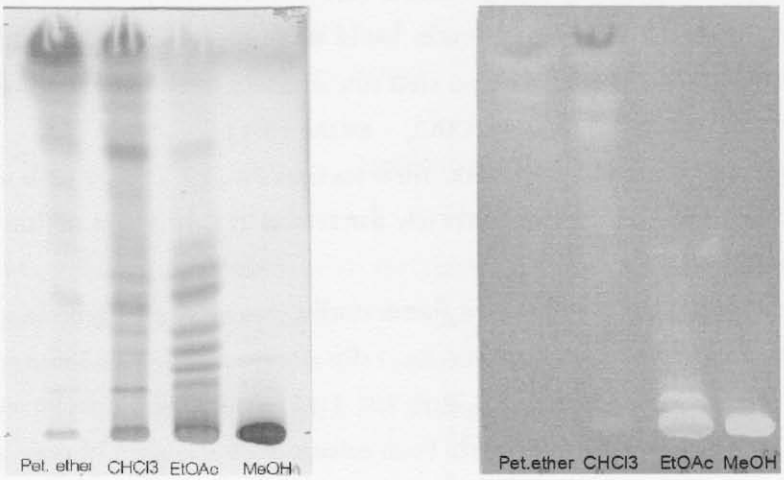
ผลและวิจารณ์ผล

การสกัดแยกจิกทะเล

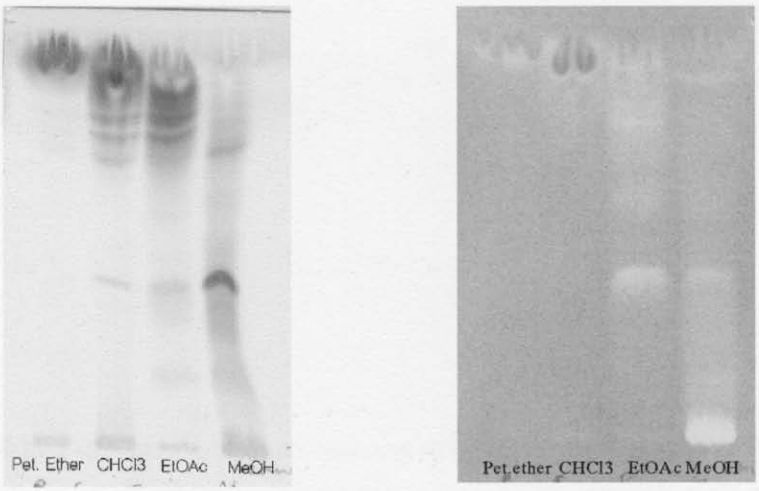
1. การสกัดได้สารสกัด petroleum ether, chloroform, ethyl acetate และ methanol 35.21, 18.43, 4.41 และ 57.04 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปตรวจสอบหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ thin-layer chromatography และ spray ด้วย DPPH ได้สารออกฤทธิ์ใน petroleum ether, chloroform, ethyl acetate และ methanol ดังรูปที่ 1 และ 2

2. การแยกหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ biological guided separation technique โดยศึกษาสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ก่อน เมื่อนำ petroleum ether extract ของใบจิกทะเลมาแยก ได้สารทั้งหมด 16 fractions ดังต่อไปนี้

F1 (0.0931g), F2 (0.1134g)*, F3 (0.0539g), F4 (0.0377g), F5 (0.3463g), F6 (0.3029g), F7 (0.0771g)*, F8 (0.0617g), F9 (0.0507g)*, F10 (0.0644g), F11 (0.464g), F12 (0.2796g)*, F13 (0.0126g), F14 (0.0172g), F15 (0.0806g), F16 (0.2151g) นำไปตรวจด้วย TLC ได้ผลดังรูปที่ 3 -6 และตรวจหา active spot โดย spray DPPH ได้ผลดังรูปที่ 7, 8, 9

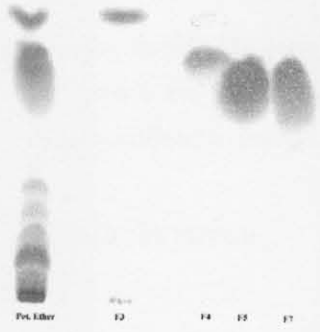


รูปที่ 1 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether , chloroform , ethyl acetate , methanol ของใบจิกทะเล ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – methanol (9:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid เปรียบเทียบกับเมื่อตรวจสอบฤทธิ์ด้วยการ spray 0.2% DPPH

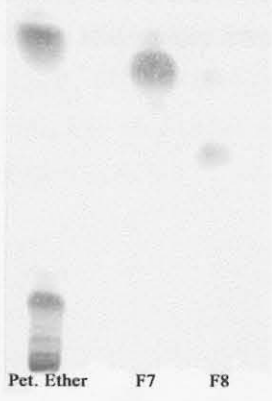


รูปที่ 2 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether , chloroform , ethyl acetate , methanol ของใบจิกทะเล ใช้ Silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – methanol – water (65:35 :8) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid เปรียบเทียบกับเมื่อตรวจสอบฤทธิ์ด้วยการ spray 0.2% DPPH

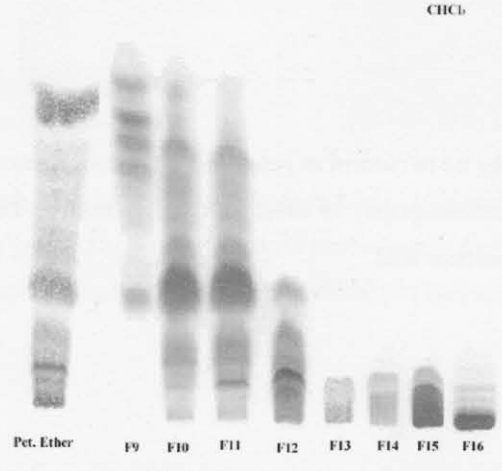
รูปที่ 3 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 1 – fraction 3 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent ใช้ hexane เป็น solvent system และตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid



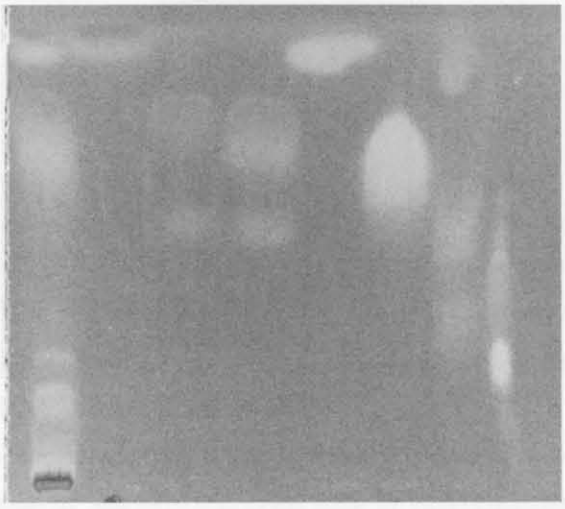
รูปที่ 4 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 3-7 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid



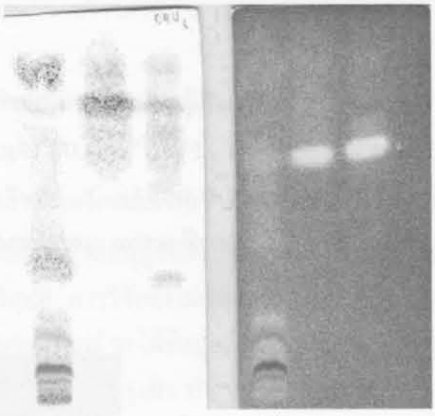
รูปที่ 5 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 7 , fraction 8 ที่ได้จากการแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid



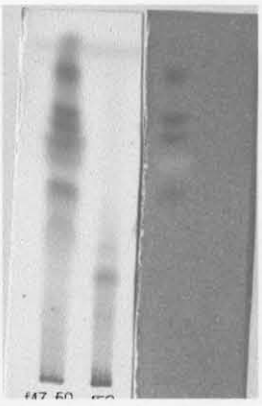
รูปที่ 6 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 9-16 ที่ได้จากการแยกด้วย Flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น Adsorbent และใช้ Chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% Sulfuric acid



รูปที่ 7 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction ต่าง ๆ ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform – hexane (1:1) เป็น solvent system ตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH



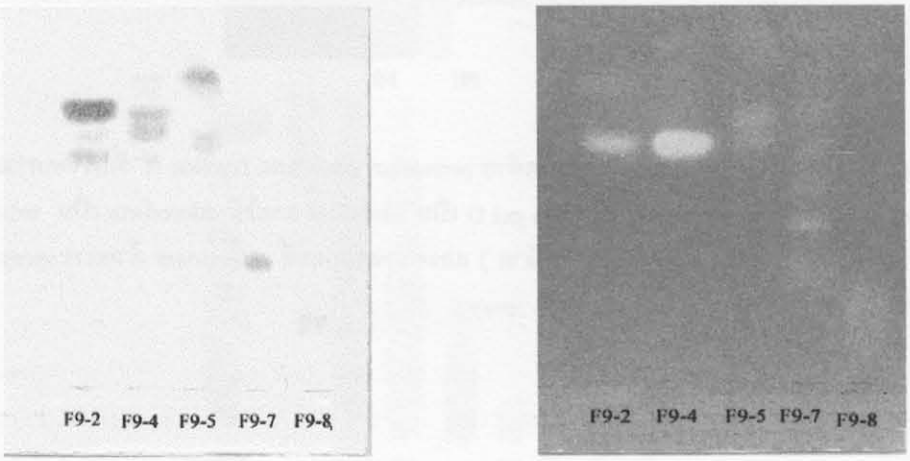
รูปที่ 8 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 9 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา) ซึ่ง positive ทันทีหลัง spray



รูปที่ 9 Thin layer chromatography ของสารสกัดด้วย petroleum ether และ fraction 12, 15 ที่ได้จากการแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent ใช้ chloroform : ethyl acetate (9:1) ทีเป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา) ซึ่ง positive ทันทีหลัง spray

3. Fraction 2 เมื่อนำไประเหยเอาตัวทำละลายออก ได้สารบริสุทธิ์ (A) (0.113g.) เป็นของเหลวเหนียว นำไปตรวจสอบสูตรโครงสร้างโดยวิธี spectroscopy และ พบฤทธิ์ antioxidant อย่างอ่อน และต้องแยกสารเพิ่มจึงไม่สามารถทำได้ทัน

4. นำ fraction 9 ซึ่งเป็น fraction ที่ให้ฤทธิ์แรงที่สุด คือเปลี่ยนสีทันทีเมื่อ spray (รูปที่ 8) จึงนำไปแยกได้ส่วนสกัด 8 fractions ดังต่อไปนี้ F 9-1 (0.002g.) , F9-2* (0.0072g.) , F9-3* (0.0052g.) F9-4* (0.0074g.) , F9-5 (0.0044g.) , F9-6 (0.0061g.) , F9-7 (0.0151g.) , F9-8 (0.0013g.) ดูภาพประกอบที่ 10 ใน fraction F9-4 จะมี active compound (B) อยู่ซึ่งจะต้องทำการแยกต่อไปโดยใช้ HPLC เพื่อให้บริสุทธิ์



รูปที่ 10 Thin layer chromatography ของ fraction 9 ที่ได้จากการนำมาแยกด้วย flash column chromatography ใช้ silica gel G เป็น adsorbent และใช้ chloroform เป็น solvent system ตรวจสอบด้วย 30% sulfuric acid (รูปซ้าย) และตรวจสอบฤทธิ์ antioxidant ด้วยการ spray 0.2% DPPH (รูปขวา)

5. Fraction 7 เมื่อตรวจสอบแต่ละ fraction ด้วย TLC พบว่ามีสารออกฤทธิ์หลายตัวเป็นองค์ประกอบ โดยแต่ละตัวมีปริมาณน้อยและมีฤทธิ์ antioxidant อ่อน จึงไม่ทำการแยกต่อ

6. ส่วน fraction 12 จะได้ทำการแยกต่อไป

จิกทะเล (*Barringtonia asiatica* Kurz) เป็นพืชในสกุลเดียวกับจิกนา (*Barringtonia acutangular*) ซึ่งมีรายงานว่ายับยั้ง Ornithine decarboxylase ซึ่งเป็น enzyme ที่ออกฤทธิ์กระตุ้นการเกิดมะเร็ง ดังนั้นถ้าสารมีฤทธิ์ยับยั้ง enzyme นี้จะยับยั้งการเกิดมะเร็งได้ (Pezzuto, 1995) และเมื่อนำมาตรวจสอบพบว่ามีฤทธิ์ต้านการเกิดอนุมูลอิสระ โดยมี IC_{50} = 8.93 µg/ml จึงได้ส่ง ethyl acetate ไปตรวจสอบ quinone reductase induction พบว่าไม่ได้ผล การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งสกัดแยกสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่านั้น

เมื่อนำสารสกัดมาสกัดแยกโดยใช้ flash column chromatography ได้สาร A ซึ่งบริสุทธิ์ นำไปตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีฤทธิ์อ่อน อย่างไรก็ตามยังคงศึกษาหาสูตรโครงสร้าง อยู่ระหว่างการรอ spectroscopy data

ส่วน fraction อื่นๆ ที่ให้ผลดี คือ fraction ซึ่งมีสาร B ได้พยายามแยกสารซ้ำโดยใช้ column chromatography พบว่ายังได้สาร B ไม่บริสุทธิ์ จำเป็นต้องแยกต่อโดยใช้ HPLC แต่เนื่องจากยังแยกได้น้อยเพียง 7.4 มก. จึงจำเป็นต้องแยกเพิ่มเติม เพื่อหาสูตรโครงสร้างและหาสารออกฤทธิ์ต่อไป

fraction F7 จาก column แรกเมื่อนำไปแยกโดย flash column chromatography ได้สารหลายชนิดซึ่งเดิมซ้อนทับกันอยู่ และพบว่าแต่ละชนิดมีฤทธิ์อ่อนจึงไม่ได้ทำการแยกต่อ

สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากจิกทะเลพบว่ามีฤทธิ์ดีและยังมีฤทธิ์ยับยั้งการก่อมะเร็ง จึงนำใบจิกทะเลซึ่งเป็นพืชสกุลเดียวกันมาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และแยกหาสารออกฤทธิ์ แยกได้สารบริสุทธิ์ ซึ่งมีฤทธิ์อ่อน 1 ชนิด และได้สาร B ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ การวิจัยยังไม่สมบูรณ์ และต้องมีการศึกษาต่อไป เพื่อหาสูตรโครงสร้างและแยกสารอื่นเพิ่มเติม เมื่อการศึกษาสมบูรณ์ จะได้ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพในเรื่องลดภาวะเสี่ยงต่อโรคหัวใจ และเครื่องสำอาง ซึ่งใช้บำรุงผิว ทำให้ผิวอ่อนเยาว์

เอกสารอ้างอิง

Misra P., N.L. Pal, P.Y. Guru, J.C. Katiyar, J.S. Tandon. 1991. Antimalarial activity of traditional plants against erythrocytic stages of *Plasmodium berghei*. Int J Pharmacog. 29(1):19-23.

Pezzuto J.M. 1975. Natural product cancer chemoprevention agents. PP 19-45. *In* : J.T. Amerson, R. Mata and J.T. Romeo (*eds.*). Phytochemistry of medicinal plants. Plenum Press, New York.

Rao G.S.R.S., S. Prasanna, V.P.S. Kumar, G.R. Mallavarapu. 1981. A new terpene acid from *Barringtonia speciosa*. Phytochemistry 20:333-4.

Rao G.S.R.S., B. Yadagiri, S.N. Rao, G.R. Mallavarapu. 1984. Anhydrobartogenic acid from *Barringtonia speciosa*. Phytochemistry. 23(12):2962-3.

Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yacatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β-glucosidase inhibition activities. Phytomedicine 8(2):144-51.

Subba Rao G.S.R., S. Prasanna, V.P. Sashi Kumar, B. Yadagiri. 1986. New terpenes from *Barringtonia speciosa* Forst. Indian J Chem Ser B. 25(2):113-22.

การแยกสารต้านการเกิดมะเร็งจากพังกาหัวสุมดอกแดง

Isolation of Antioxidant from *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny.

สุดารัตน์ หอมหวน Sudarat Homhual
นันทวัน บุณยะประภัศร Nuntavan Bunyapraphatsara
วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล Wongsatit Chuakul
สนิท อักษรแก้ว Sanit Aksornkoae

Abstract

Preliminary studies indicated that ethyl acetate extract of *Bruguira gymnorrhiza* (L.) Savigny exhibited antioxidant (EC_{50} = 4.425 μg/ml) and inhibition of quinone reductase induction (CD = 2.9 μg/ml) activities. These results prompted us to study on the isolation of active component (s). The antioxidant activity was reconfirmed and found EC_{50} of ethyl acetate and methanol extracts of pods 4.800, 8.333 and of flowers 6.833, 4.933 μg/ml, respectively. The powder of pods (600g) was extracted with petroleum ether, chloroform, ethyl acetate and methanol and yielded 2.10, 2.58, 1.53 and 115.02g, respectively. The flower powder was also extracted to yield petroleum ether (19.04g), chloroform (4.88g), ethyl acetate (1.36g) and methanol (119.80g) extracts. TLC analysis of the extracts showed the highest numbers of active compounds in petroleum ether extract, therefore it was selected as priority in this study. The separation of petroleum ether extract was performed by flash column chromatography to yield crude A as active component. However, further purification is needed before submitted for structure elucidation and biological testing.

Key words: Isolation/Antioxidant/Bruguiera gymnorrhiza

บทคัดย่อ

การทดสอบเบื้องต้นพบว่า สารสกัดเอทิลอะซีเตตของฝักอ่อนพังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่า EC_{50} = 4.425 μg/ml และมีฤทธิ์ยับยั้ง quinone reductase induction (CD = 2.9 μg/ml) จึงได้นำพังกาหัวสุมดอกแดงมาศึกษาต่อ โดยนำดอกและผลมาศึกษาเพื่อสกัดแยกสารออกฤทธิ์ ทำการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทิลอะซีเตตและเมทานอล ของฝักมี EC_{50} = 4.800 และ 8.333 ของดอก 6.833 และ 4.933 μg/ml ตามลำดับ จึงนำผงฝักและดอกไปสกัดโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ได้สารสกัดของฝัก 2.10, 2.58, 1.53 และ 115.02 กรัม และสารสกัดของดอก 19.04, 4.88, 1.36 และ 119.80 กรัม ตามลำดับ การตรวจสอบพบว่าสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกให้สารออกฤทธิ์มากที่สุดจึงนำไปแยกต่อ จนได้สาร A ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ จะต้องทำการศึกษาต่อไปจนได้สารบริสุทธิ์ ก่อนนำไปหาสูตรโครงสร้าง และหาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่อไป

คำหลัก: การแยกสาร/สารต้านการเกิดมะเร็ง/พังกาหัวสุมดอกแดง

คำนำ

พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny) พืชวงศ์ Rhizophoraceae เป็นสมุนไพรที่พบในป่าชายเลน นับเป็นทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเลที่มีความสำคัญ ทั้งในแง่นำมาใช้สอย เป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ (Jara, 1985) นอกจากนี้ยังใช้เพื่อเป็นอาหาร (Bamrongrugsa, 1999) และมีคุณค่าทางยาอีกด้วย การใช้รักษาแบบพื้นบ้าน มีการนำส่วนของฝักรักษาอาการท้องเสีย (Jin, 1989) จากการศึกษาฤทธิ์ทางชีววิทยาพบว่าสารสกัดคลอโรฟอร์มจากเนื้อไม้พังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์ฆ่าแมลง (Yaga et al., 1991) เมื่อนำพืชป่าชายเลนที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหาร มาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Free radical scavenging activity test (DPPH Method) ได้ค่า EC_{50} = 4.425 μg/ml และฤทธิ์ป้องกันการเกิดมะเร็ง โดย Quinone reductase induction พบว่าได้ผลดีมีค่า CD = 2.9 (ดูเรื่องฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของพืชในป่าชายเลน) ในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการแยกสารที่มีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง โดยทำการแยกสารสกัด และตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไปพร้อมกัน จนกระทั่งได้สารบริสุทธิ์ ซึ่งจะได้ทดสอบฤทธิ์ cancer chemoprevention ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัด

สกัดผงฝักและดอกแต่ละส่วน ด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตต และเมทานอล โดยใช้ผงฝักและดอก จำนวน 600 กรัม

2. การตรวจสอบฤทธิ์การจับอนุมูลอิสระ DPPH (Hatano et al., 1988; Duh and Yen, 1997; Ancerewiz et al., 1988.)

สารสกัดเอทิลอะซีเตตและเมทานอล ของดอกและฝัก ละลายในเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เติมสารละลาย DPPH ในเมทานอล ความเข้มข้น 1mM จำนวน 200 μl ลงในสารสกัดทุกหลอด ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 3ml นำไปวัดค่าการดูดกลืนแดงที่ 515 nm เมื่อเวลา 10 นาที คำนวณหาค่า EC_{50} จากกราฟ

3. การตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยวิธี TLC (Sanchez – Madinal et al., 2001.)

ตรวจสอบสารสกัดโดย run TLC โดยใช้ระบบ solvent system ดังนี้

1. chloroform 100%
2. chloroform : ethyl acetate (7 : 3)
3. chloroform : methanol : acetic acid (8.5 : 1.5 : 0.5)
4. chloroform : methanol : acetic acid (6.5 : 1 : 3)

นำ plate ที่ run TLC แล้ว มา spray ด้วย สารละลาย DPPH ใน methanol ความเข้มข้น 0.2% ทิ้งไว้เป็นเวลา 8 ช.ม. บันทึก จำนวน band ที่ออกฤทธิ์

4. การแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากส่วนดอก

นำสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ จากส่วนดอกจำนวน 13 กรัม มาแยกโดยใช้ Flash Column ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 x 8.5 เซนติเมตร โดยใช้ Silica gel G60 ขนาดอนุภาค < 0.063 mm จำนวน 150 กรัม ใช้ตัวทำละลายตามลำดับดังนี้ petroleum ether, petroleum ether : chloroform (95 : 5, 90 : 10, 85 : 15, 80 : 20,

60 : 40, 30 : 70, 15 : 85), chloroform, chloroform : ethyl acetate (80 : 20, 60 : 40) และ ethyl acetate โดยเก็บ fraction ละ 100 ml เมื่อระเหยแห้งด้วย Rotary evaporator แล้วทำการตรวจ fraction ด้วย TLC System ดังต่อไปนี้

1. hexane
2. hexane : chloroform (7 : 3, 1 : 1)
3. chloroform
4. chloroform : ethyl acetate (7 : 3)

จากนั้นรวม fractions ที่เหมือนกันได้ทั้งสิ้น 21 fractions ดังรูปที่ 1 และนำไปตรวจสอบด้วย DPPH spray reagent

นำ fraction ที่ 14 ซึ่งมี active spot จำนวน 0.5230 กรัม มาแยกโดยใช้ Flash column เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.7 x 5 เซนติเมตร โดยใช้ Silica gel G60 ขนาดอนุภาค < 0.063 mm จำนวน 45 กรัม ใช้ตัวทำละลายตามลำดับดังนี้ chloroform : ethyl acetate (90 : 10) และ ethyl acetate เก็บ fraction ละ 10 ml เมื่อระเหยแห้งด้วย Rotary evaporator แล้วทำการตรวจ fraction ด้วย TLC system คือ chloroform : ethyl acetate (9 : 1) จากนั้นรวม fraction ที่เหมือนกัน

ผลและวิจารณ์ผล

1. การสกัด

ผงฝักและดอกพังกาหัวสุมดอกแดง จำนวน 600 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ได้น้ำหนักของสารสกัดฝัก คือ 2.10, 2.58, 1.53 และ 115.02 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักของสารสกัดดอกคือ 19.04, 4.88, 1.36 และ 119.80 กรัมตามลำดับ

2. การตรวจสอบฤทธิ์การจับอนุมูลอิสระ DPPH

จากการตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัด เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ของส่วนฝักและดอก พบว่า ค่า EC_{50} อยู่ระหว่าง 4.8 – 8.3 μg/ml ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ฤทธิ์จับอนุมูลอิสระของสารสกัดพังกาหัวสุมดอกแดง โดยใช้ DPPH method

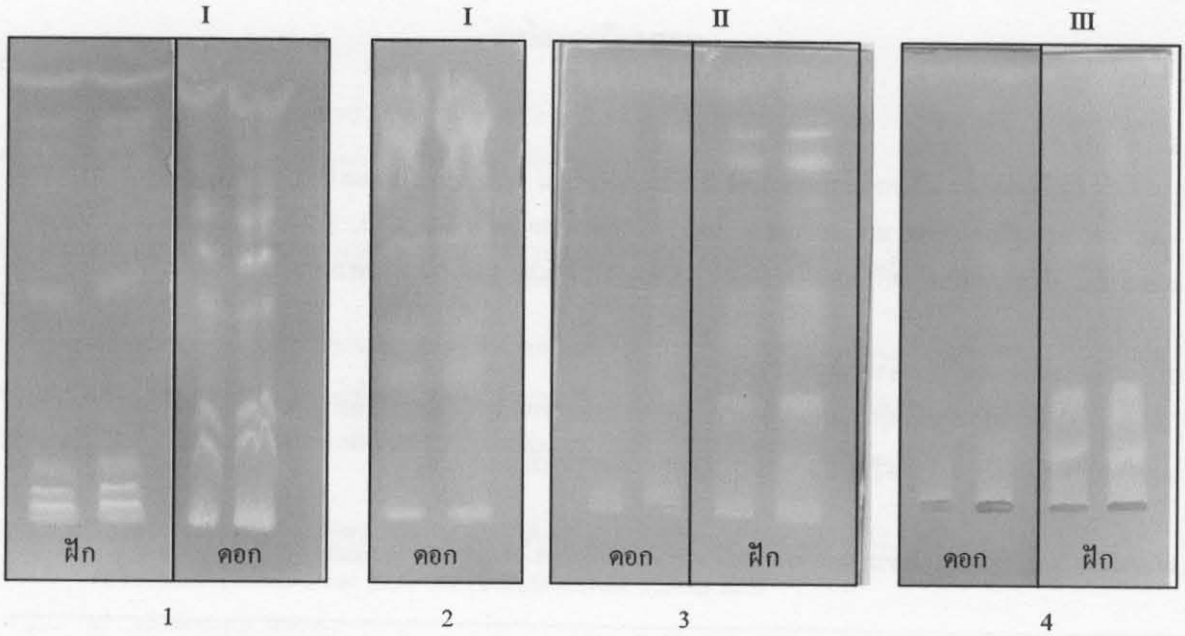
สารสกัด	EC_{50} (μg/ml)
เอทิลอะซีเตต	
ฝัก	8.3
ดอก	6.8
เมทานอล	
ฝัก	4.8
ดอก	4.9

3. การตรวจสอบฤทธิ์จับอนุมูลอิสระด้วยวิธี spray TLC

การ spray plate ด้วย 0.2% DPPH ใน methanol ที่เวลา 8 ชั่วโมง พบ spot ที่สามารถฟอกจางสี DPPH จำนวน หลาย band ที่มีฤทธิ์ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ TLC method

สารสกัด	จำนวน band ที่มีฤทธิ์
ฝัก	
สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์	5
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	0
สารสกัดเอทิลอะซีเตต	6
สารสกัดเมทานอล	2
ดอก	
สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์	9
สารสกัดคลอโรฟอร์ม	0
สารสกัดเอทิลอะซีเตต	6
สารสกัดเมทานอล	5



รูปที่ 1 TLC-DPPH ของสารสกัดจากฝัก และดอกพังกาหัวสุมดอกแดง, I = สารสกัด petroleum ether, II= สารสกัด ethyl acetate, III = สารสกัด methanol

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : 1=chloroform, 2=chloroform:ethyl acetate(7:3),
3=chloroform:methanol:acetic (8.5:1.5:0.5)
4=chloroform:methanol:acetic (6.5:1:3)

Detection : spray 0.2% DPPH in methanol ตรวจผลที่เวลา 8 ชั่วโมง

4. การแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากส่วนดอก

สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์จากดอก 13 กรัม แยกโดยใช้ Flash column โดยใช้ Silica gel G60 (< 0.063 mm) elute ด้วยตัวทำละลายตามลำดับดังนี้ petroleum ether, petroleum ether : chloroform, chloroform, chloroform : ethyl acetate และ ethyl acetate เมื่อรวม fraction ที่เหมือนกันได้ 21 fractions ดังนี้ fraction1=0.013, fr2=0.0340, fe3=0.0231, fr4=0.0084, fr5=0.2128, fr6=0.5149, fr7=0.2366, fr8=0.0306, fr9=0.1792, fr10=0.6415, fr11=1.1766, fr12=0.6002, fr13=0.3519, fr14=0.523, fr15=5.6802, fr16=0.5519, fr17=0.6511, fr18=0.1584, fr19=0.3107, fr20=0.2069, fr21=0.4730 และตรวจด้วย TLC ดังรูปที่ 2

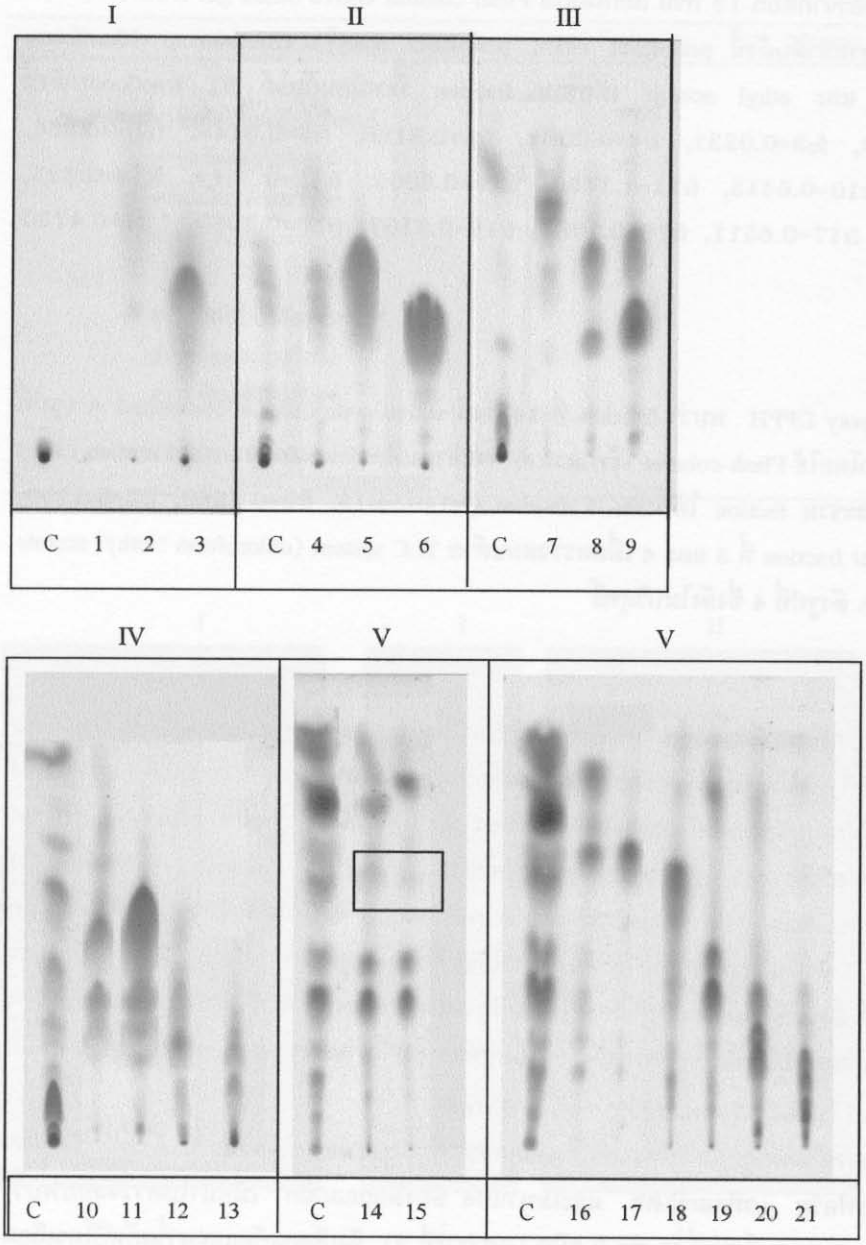
5. การแยก compound A

การตรวจสอบ TLC-spray DPPH พบว่า fraction ที่ 14 ซึ่งมี active compound คือ compound A (รูปที่ 3) จึงนำ fraction ที่ 14 มาแยกโดยใช้ Flash column ใช้ทำละลาย ตามลำดับคือ chloroform : ethyl acetate (90 : 10) และ ethyl acetate เก็บและรวม faction ได้ทั้งสิ้น 5 faction (fr1=0.0616, fr2=0.1360, fr3=0.1100, fr4=0.0352, fr5=0.1706) ใน fraction ที่ 3 และ 4 เมื่อตรวจสอบด้วย TLC system (chloroform : ethyl acetate 9 : 1) พบ crude compound A ดังรูปที่ 4 ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์

การทดสอบฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งของฝักพังกาหัวสุมดอกแดงโดยใช้ Quinone reductase induction พบว่า CD = 2.9 ซึ่งนับว่ามีฤทธิ์ที่ดี จึงได้นำมาสกัดแยกเพื่อหาสารออกฤทธิ์ เนื่องจากการทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็งต้องส่งไปที่ชิคาโกไม่สะดวกในการใช้ผลการทดสอบในการนำทางสกัดแยก จึงใช้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งง่ายและสามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการของคณะเภสัชศาสตร์ มีผู้ศึกษาพบว่าอนุมูลอิสระ หรือ free radical เป็นตัวก่อมะเร็ง (carcinogen) ดังนั้นสารที่ยับยั้งการเกิด free radical หรือทำลาย free radical จะเป็นผลให้ภาวะเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลดลง (Pezzuto, 1995) ดังนั้นการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงสามารถใช้ผลเชื่อมโยงไปยังฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งจะเห็นได้จากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการส่งสารสกัดเอทิลอะซีเตตของฝักและดอกของพังกาหัวสุมดอกแดงไปทดสอบสอบฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีฤทธิ์ดีเช่นกัน คือ ฝักมีค่า EC_{50} = 8.3 μg/ml ในขณะที่ดอกมีค่า EC_{50} = 6.8 μg/ml

การศึกษาหาสารออกฤทธิ์ได้ทดลองโดยนำสารสกัดมาแยกส่วนตาม polarity ได้สารสกัด 4 ชนิดคือ สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ของดอกและฝัก เมื่อนำไปตรวจสอบพบว่าปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกให้สารออกฤทธิ์มากที่สุด คือ 9 ชนิด (ดูตารางที่ 2) จึงเลือกสกัดแยกสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ของดอกก่อน

เมื่อนำมาสกัดแยกโดยใช้ flash column chromatography แยกส่วนสกัดได้ 21 factions เมื่อตรวจสอบด้วย DPPH spray พบว่า fraction ที่ 14 ให้สารออกฤทธิ์แรก จึงได้พยายามนำไปแยกต่อ โดยนำไปแยกด้วย column chromatography ซ้ำอีกครั้ง และปรับสัดส่วนของ solvent ใน eluent เมื่อตรวจ fraction ที่ได้ พบว่ายังคงไม่ได้สารบริสุทธิ์จึงจำเป็นต้องมีการแยกต่อไปโดย High pressure liquid chromatography และเมื่อได้สารบริสุทธิ์จะได้นำไปตรวจสอบฤทธิ์ของเภสัชวิทยาอย่างละเอียดต่อไป

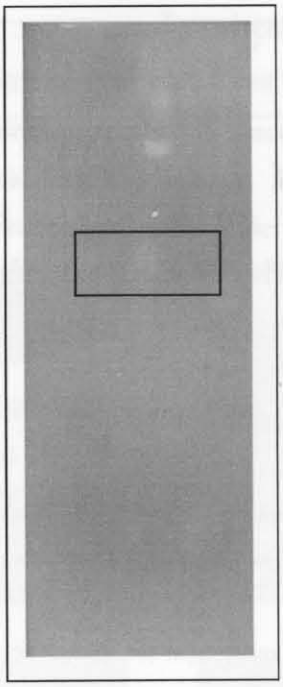


รูปที่ 2 TLC ของ fractionรวมจาก Flash column1 สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ดอกพังกาหัวสุม

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : I = hexane, II = hexane:chloroform(7:3),
III = hexane:chloroform(1:1),IV = chloroform,
V = chloroform:ethyl acetate(7:3), C=crude

Detection : spray 30% sulfuric in methanol อบ 110 องศา 10 นาที

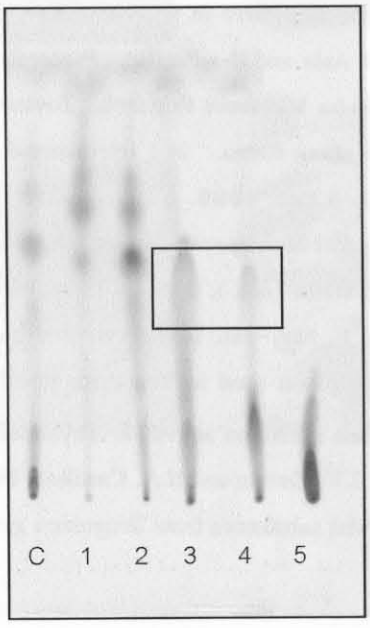


รูปที่ 3 TLC ของ fraction ที่ 14 จาก Flash Column 1

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : chloroform : ethyl acetate (7:3)

Detection : spray 0.2% DPPH in methanol ที่เวลา 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4 TLC ของ fractionรวมจาก Flash column2 สารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ดอกพังกาหัวสุม

Adsorbent : silica gel G60

Mobile phase : chloroform:ethyl acetate(9:1), C=crude

Detection : spray 30% sulfuric in methanol อบ 110 องศา 10 นาที

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาพบว่าฝักพังกาหัวสุมดอกแดง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการก่อมะเร็งที่ดี จึงนำมาศึกษาวิจัยเพื่อหาสารออกฤทธิ์ แยกได้สารออกฤทธิ์ A ซึ่งยังไม่บริสุทธิ์ จำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อนำไปหาสูตรโครงสร้างและแยกสารออกฤทธิ์อื่น ๆ ผลการศึกษาเมื่อสมบูรณ์จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันและมะเร็ง นอกจากนี้ยังอาจนำไปผลิตเครื่องสำอางในการชะลอความแก่ของเซลล์ผิว ทำให้ผิวดูอ่อนเยาว์อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

Ancerewiz, J., E. Miglliavacca, P.A. Carrupt, et al. 1988. Structure-property relationashipss of rimitazidine dervatives and model compounds as potential antioxidants. Free Radical Biology & Medicine. 25 (1):113-20.

Bumroongrugsa N. 1999. Bioactive substances from the mangrove resource. Songklamakarin J Sci Technol 21(3):377-386.

Duh, D.P., G.C. Yen. 1997. Antioxidant activity of three herbal water extract. Food Chemistry 60 (4):639-45.

Hatano, T., H. Kagana, T. Yasuhara, T. Okuda. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root, their relative astringency and radical scavenging effects. Chem. Pharm. Bull 36:2090-7.

Jara, RS. 1985. Traditional uses of the mangrove in the Philippines. *In* : Field, C.D and A.J. Darthanll. *eds*. Mangrove Ecosystems of Asia and the Pacific, Proceeding of the Research for Development Seminar. Australia Committee for Mangrove Research. Townsville, Australia 18-25 May 1985.

Jin, S.S. 1989. Mangrove Resource along China. *In* : International conference on Mangrove, Abstract. UNESCO. Okinawa, Japan. 1-5 Dec. 1989.

Pezzuto JH, 1995. Natural product cancer chrmopreventive agents. *In* : Phytochemistry of Medicinal Plats. T. Arnason, R. Mita and J.T. Rome (*eds.*). Plenum Press, New York.

Sanchez-Medina, A., K. Garcia-Sosa, F. May-Pat, L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Evaluation of biological activity of crude extracts from plants used in Yacatecan traditional medicine. Part I. Antioxidant, antimicrobial and β-glucosidase inhibition activities. Phytomedicine 8(2):144-51.

Yaya, S., K. Kinio., E.C. Fernzndez., J.V. Zerudo and S.A. Castillo. 1991. The termite resistance of Okinawa timbers X. Termiticidal substances from *Bruguierra gymnorrhiza*. Mokuzai Gakkzishi