

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 photodominant เมล็ดไม้ฝาดดอกขาวก็น่าจะจัดรวมในกลุ่มนี้ มีข้อสันนิษฐานว่าเมล็ดพืชที่มีสีเขียวเช่นไม้ฝาดดอกขาวต้องการแสงเพื่อใช้สังเคราะห์แสงสร้างแป้งเพื่อเป็นพลังงานในการงอก บางคนบอกว่าแสงไกลแดง (far-red light) มักจะเป็นตัวยับยั้งการงอกโดยเฉพาะเมล็ดที่อยู่ใต้โคนต้นไม้ 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)

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

ในด้านความสูงของกล้าไม้พบว่าทุกชุดมีความสูงของกล้าใกล้เคียงกัน เชื่อว่าการเจริญเติบโตของกล้าในระยะแรกอาศัยอาหารจากเมล็ดแต่เพียงอย่างเดียวในขณะที่การสังเคราะห์แสงยังเกิดน้อยทำให้กล้าไม้ในระยะนี้มีขนาดไม่ต่างกัน

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

เอกสารอ้างอิง

- นิพิท ศรีสุวรรณ. 2542. โครงสร้าง ผลผลิตจากการร่วงหล่นของซากพืชและการผุสลายของใบไม้ในป่าไม้ ฝาดดอกขาว ทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ; 96 หน้า
- Baltzer, F. 1969. Les Formations Vigiales Assocées 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 Journal 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 racemosa* 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 Adaptations 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



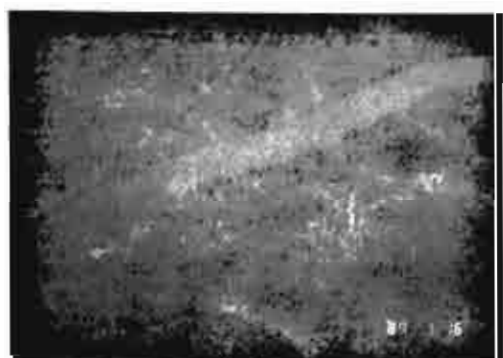
นากังร้าง



นากังร้าง



พื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่



พื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม



พื้นที่วิกฤตกระแสน้ำรุนแรง

การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่หลายสภาพบริเวณชายฝั่ง



การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้าง
ที่น้ำทะเลท่วมถึงตลอดทั้งวัน



การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้าง
ที่น้ำทะเลท่วมถึงบางครั้งบางคราว
ในช่วงสัปดาห์



การปลูกป่าชายเลนบริเวณหาดเลน
งอกใหม่



การปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่ผ่าน
การทำเหมืองแร่



การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่วิกฤต
น้ำท่วม



การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่วิกฤต
กระแสน้ำรุนแรง

การเติบโตและการรอดตายของโกงกางใบใหญ่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

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

สนธิ อักษรแก้ว
วิโรจน์ ธีรนาถ
สงบ พานิชชาติ

Sanit Aksornkoae
Viroj Teratanatom
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

โกงกางใบใหญ่ปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่นับว่าประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดีเนื่องจากโกงกางใบใหญ่สามารถเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอรากได้ถึง 4.0 เซนติเมตร และสูงประมาณ 3.4 เมตร ไม่โกงกางใบใหญ่สามารถพัฒนารากค้ำยันเมื่ออายุเพียง 2 ปี และมีการออกดอกขยายพันธุ์เร็วขึ้นเมื่ออายุ 3 ปี เท่านั้น ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตและพัฒนาที่รวดเร็วและมีอัตราการรอดตายสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 2 ปี หลังจากปลูก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่โกงกางใบใหญ่เหมาะที่จะปลูกบนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งให้มากขึ้นในอนาคตต่อไป

คำหลัก: การเติบโต/การรอดตาย/โกงกางใบใหญ่/หาดเลนงอกใหม่

คำนำ

การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนอย่างรวดเร็วของประเทศนอกจากจะส่งผลกระทบต่อสภาพนิเวศป่าชายเลนเองแล้วยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งรวมถึงหญ้าทะเล ปะการัง และผลผลิตทางด้านประมงอีกด้วย และในที่สุดจะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของชุมชน และเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม รัฐมีนโยบายที่ชัดเจนคือสงวน ปลูกฟื้นฟูและอนุรักษ์ป่าชายเลนของประเทศเพื่อก่อให้เกิดความสมดุลธรรมชาติชายฝั่ง แต่การดำเนินการในกิจกรรมหลายอย่างยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร การปลูกป่าชายเลนขึ้นใหม่เพื่อทดแทนป่าธรรมชาติที่สูญเสียไปนับเป็นกิจกรรมที่รัฐได้เน้นเป็นกรณีพิเศษ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2546) โดยการดำเนินการจะต้องให้มี

ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิด Bounsong (1997) ได้สรุปไว้ว่าการพัฒนาพื้นที่ทำนาทุ่งบริเวณชายฝั่งจะต้องให้มีสัดส่วนพอเหมาะกับพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อให้เกิดความสมดุลทั้งปริมาณอาหารและคุณภาพน้ำจะต้องมีสัดส่วนของพื้นที่ป่าชายเลนกับพื้นที่นาทุ่งอย่างน้อยในสัดส่วน 5:1 แต่จากสภาพความเป็นจริงตลอดแนวชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยส่วนใหญ่จะมีป่าชายเลนเป็นแนวแคบๆ ประมาณ 100-500 เมตร เท่านั้น (สนิท อักษรแก้ว, 2545) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการจะรองรับของเสียและปรับสิ่งแวดล้อมชายฝั่งให้เกิดความสมดุลได้ อย่างไรก็ตามตลอดชายฝั่งทะเลมีพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนยังมีกว้างขวางทั้งพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม พื้นที่นาทุ่งร้าง พื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่ และหาดเลนงอกใหม่ (ธงชัย จารุพัฒน์ และจิรพรรณ จารุพัฒน์, 2540) แต่พื้นที่เหล่านี้ยังมีปัญหาหลายประการที่ยังไม่สามารถนำมาปลูกป่าชายเลนได้ และขณะเดียวกันในพื้นที่บางประเภทก็ได้ทำการปลูกป่าชายเลนทั้งประสบผลได้และล้มเหลว เนื่องจากยังขาดความรู้พื้นฐานที่ถูกต้องสมบูรณ์ (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2544)

พื้นที่หาดเลนงอกใหม่ซึ่งมีอยู่อย่างกว้างขวางตลอดชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะด้านอ่าวไทยและเป็นพื้นที่ที่มีจะไม่ก่อให้เกิดปัญหากับราษฎรในการปลูกป่าชายเลนในสภาวะปัจจุบัน สามารถใช้เป็นพื้นที่สำหรับการปลูกขยายพื้นที่ป่าชายเลนให้ได้สัดส่วนเพียงพอสำหรับเป็นแนวกันชน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่นี้ อดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเบื้องต้นโดยมีระยะเวลาศึกษาเพียง 1 ปี เท่านั้นเพื่อเลือกพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่จะปลูกในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ และสรุปได้ว่าไม้ที่เหมาะสมที่สุดได้แก่โกงกางใบใหญ่ รองลงมา โกงกางใบเล็กแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะนำผลไปขยายได้อย่างกว้าง (JAM, 1997) ซึ่งจะต้องวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้เป็นที่แน่ใจและจะได้ขยายผลนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลสำเร็จเป็นรูปธรรมต่อไป การศึกษาการเติบโตและการรอดตายของโกงกางใบใหญ่ในครั้งนี้นับเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ดังพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อวันวันที่ 10 พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2534 “ป่าชายเลนมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศของพื้นที่ชายฝั่งทะเลและอ่าวไทย แต่ปัจจุบันป่าชายเลนของประเทศเรากำลังถูกบุกรุกและถูกทำลายลงไปโดยผู้แสวงหาผลประโยชน์ส่วนตนโดยเฉพาะ ต้นโกงกาง เป็นไม้ป่าชายเลนที่แปลกและขยายพันธุ์ค่อนข้างยากเพราะต้องอาศัยระบบน้ำขึ้นน้ำลงในการเติบโตด้วยจึงขอให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องคือกรมป่าไม้ กรมประมง กรมชลประทาน และกรมอุทกศาสตร์ ร่วมกันหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการทดลองขยายพันธุ์โกงกางและปลูกสร้างสวนป่าชายเลนต่อไป” การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบการเจริญเติบโตและการรอดตายของไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่ในช่วงระยะเวลาติดต่อกัน 4 ปี เพื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์เพื่อประยุกต์ใช้ขยายผลในการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่ในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่ให้กว้างขวางมากขึ้นทั้งในพื้นที่อ่าวปากพนังและพื้นที่อื่นตลอดชายฝั่งของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

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

การศึกษาการเติบโตและการรอดตาย

การศึกษาการเติบโตได้ศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตร เหนือคอราก ความสูงทั้งหมด จำนวนใบ จำนวนกิ่ง จำนวนดอก จำนวนรากค้ำยัน และอัตราการตาย ซึ่งการวัดการเจริญเติบโตได้ สุ่มวัดจากไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกจำนวน 100 ต้น และวัดการเติบโตต้นไม้ต้นเดิมอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงอายุ 4 ปี (พ.ศ. 2545) โดยใช้คาลิเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 10 เซนติเมตรเหนือคอราก (ภาพที่ 3) วัดความสูงทั้งหมด จากผิวดินถึงปลายยอดโดยใช้ไม้วัดความสูง (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) อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ใช้วิธี Walkley และ titration (Walkley และ Black, 1934) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่ใช้ประโยชน์ได้ (available phosphorus) ใช้วิธี สกัดน้ำยา Bray II ปริมาณโปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ โดยใช้ น้ำยาแอมโมเนียมอะซิเตทที่เป็นกลาง (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 การปลูกไม้โกงกางใบใหญ่โดยใช้ฝัก
บริเวณหาดเลนงอกใหม่



รูปที่ 2 โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบริเวณหาดเลนงอกใหม่
อายุ 2 ปี



รูปที่ 3 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดย
ใช้คาลิเปอร์



รูปที่ 4 การวัดความสูงโดยใช้เครื่องมือ
วัดความสูง (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) การเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของโกงกางใบใหญ่ที่ปลูกบนหาดเลนงอกใหม่มีอัตราการเติบโตดีกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างซึ่งมีประมาณ 0.60 เซนติเมตรต่อปี (อรรณพ พรานโชย, 2546) และไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งเติบโตประมาณ 0.74 เซนติเมตรต่อปี ที่ปลูกบนพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่ (อาณูช แก้ววงศ์, 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 ซึ่งจากการสังเกตเมื่อปลูกโกงกางใบใหญ่จะออกดอกและฝักเร็วกว่าปกติเมื่ออายุ 2 ปี เท่านั้น (สนธิ 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 ทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของกรวงหล่นและการสลายตัวของเศษไม้ใบไม้ที่ปลูกเช่นเดียวกันกับ 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, meq · 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 ในขณะที่เดียวกันมีการออกดอกเร็วขึ้นด้วยหลังจากปลูกผ่านมาเพียง 3 ปี เท่านั้น และที่สำคัญที่สุดคือ มีอัตราการรอดตายสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ควรใช้โกงกางใบใหญ่จะประสบผลสำเร็จและควรขยายผลบริเวณอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2546. โครงการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายเลนทอดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถในรัชกาลที่ 9 พระชนมายุ 72 พรรษา และการอนุรักษ์ป่าชายเลนอย่างยั่งยืน (เล่มที่ 1). กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ
- ธงชัย จารุพัฒน์ และจิรวรรณ จารุพัฒน์. 2540. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat_5 (TM) ในการติดตามสภาพความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทย. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. ความสำเร็จในการปลูกป่าชายเลนในสภาพพื้นที่ต่างกัน. เอกสารเสนอในการประชุมการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 9-12 กรกฎาคม 2543 โรงแรมศรีชลลาชา, จังหวัดตรัง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ หน้า 1-2
- วสันต์ ศรีสวัสดิ์. 2531. การทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 3 ชนิด ในที่ดินเลนงอกใหม่ของจังหวัดนครศรีธรรมราช. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 6 จังหวัดนครศรีธรรมราช วันที่ 29-31 สิงหาคม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

- สนิท อักษรแก้ว, สามัคคี บุญยะวัฒน์, กานดิษฐ์ สิงหาถิ่น, ยุพเยาว์ โตศิริ และวีรชน พลรบ. 2545. การศึกษาเบื้องต้นการใช้ป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียบนพื้นที่จำกัดด้วยการประยุกต์เทคโนโลยีต้นแบบ. โรงแรมรามการ์เด้นส์ 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.
- อรรณพ พรานไชย. 2546. การฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งรังบริเวณอำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อานุษ แก้ววงศ์. 2543. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนในเหมืองแร่ร้างศูนย์วิจัยป่าชายเลนจังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Boonsong, K. 1997. An Integrated Planning and Management Framework 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 exchange capacity. Methods of Soil Analysis. Agro. Mono. 9 (2): 891-900
- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical 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 exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilization 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

การฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นาุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

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

อรวรรณ พรานไชย
สนธิ อักษรแก้ว
ลดาวัลย์ พวงจิตร

Aorrawan Pranchai
Sanit Aksornkoae
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

การปลูกป่าชายเลนนับเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อช่วยเร่งให้พื้นที่นาุ้งร้างสามารถฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์อีกครั้งเร็วกว่าที่จะปล่อยให้เกิดการทดแทนไปตามธรรมชาติเพราะการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับพื้นที่และสร้างอาหารให้สัตว์น้ำและก่อให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตและปรับปรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นในระบบนิเวศ พื้นที่นาุ้งร้างมีกระจายให้เห็นอยู่ทั่วไปแทบทุกจังหวัดประมาณ 400,000 ไร่ ที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลที่มีการทำนาุ้ง โดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งมีพื้นที่นาุ้งร้างประมาณ 30,000 ไร่ การศึกษาวิจัยการฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นาุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอมซึ่งมีพื้นที่ประมาณ

20 ไร่ โดยมีการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง มีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร X 1.5 เมตร มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 จะทำให้ทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพพื้นที่นาุ้งร้างเพื่อนำไปขยายผลในพื้นที่นาุ้งร้างให้เกิดเป็นรูปธรรมอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

จากการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการเติบโตด้านต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาุ้งร้างได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ และอัตราการรอดตาย รวมถึงการศึกษาการเติบโตด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้แต่ละชนิดในแปลงที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ดังกล่าวได้แก่ การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง ความหนาแน่นของกล้าไม้ และอัตราการรอดตาย ผลการศึกษาสรุปได้ว่าโกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก แสมทะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อยในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นาุ้งร้าง ดังนั้นในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่นาุ้งร้างบริเวณนี้จึงควรเลือกพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมเรียงตามลำดับคือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว

คำหลัก: ป่าชายเลน/การฟื้นฟู/นาุ้งร้าง/นครศรีธรรมราช

คำนำ

ป่าชายเลนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมของมนุษย์หลายรูปแบบด้วยกันอันเป็นผลทำให้พื้นที่ลดลงอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาไม่นานนัก รูปแบบหนึ่งคือการเอาพื้นที่ป่าชายเลนมาทำนาุ้ง ซึ่งปัญหานี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ป่าชายเลนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่ธุรกิจส่งออกผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำรุ่งเรือง พื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งมากได้แก่บริเวณกันอ่าวไทย จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และนครศรีธรรมราช การเลี้ยงกุ้งในระยะแรกผลผลิตที่ได้จากการบุกเบิกป่าชายเลนจะให้ผลผลิตสูงเพราะยังมีความอุดมสมบูรณ์อยู่มากแต่เวลาต่อมาเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมโรคระบาด และภัยธรรมชาติส่งผลให้หลายพื้นที่ที่แทบจะเลี้ยงกุ้งไม่ได้ ผู้เลี้ยงกุ้งประสบภาวะขาดทุนละทิ้งพื้นที่ให้เป็นนาุ้งร้างจำนวนมาก การทำนาุ้งมีผลกระทบโดยตรงต่อป่าชายเลนทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ผลที่เกิดขึ้นทำให้ความสมดุลของระบบนิเวศป่าชายเลนเสียไปอย่างสิ้นเชิง

ปัญหาที่เกิดขึ้นนอกจากจะค่อนข้างยากที่จะฟื้นคืนความอุดมสมบูรณ์ได้โดยธรรมชาติแล้วยังต้องใช้ระยะเวลานานอีกด้วย ดังนั้นจึงควรมีการฟื้นฟูพื้นที่นาุ้งร้างขึ้นเพื่อจะได้ป่าชายเลนกลับฟื้นคืนมาเร็วขึ้น ได้มีความพยายามในการหาวิธีการฟื้นฟูนาุ้งเช่น พัฒนาเทคโนโลยีในการเลี้ยงกุ้งเพื่อไม่ให้เกิดของเสียที่จะทำลายสิ่งแวดล้อมอีกแนวทางหนึ่งในการฟื้นฟูพื้นที่นาุ้งร้างคือการปลูกป่าชายเลนเป็นวิธีการที่ช่วยเร่งให้พื้นที่นาุ้งร้างสามารถฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์เพราะการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับพื้นที่และจะเป็นอาหารให้สัตว์น้ำ ก่อให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศและปรับปรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่อไป

พื้นที่นาุ้งร้างมีการกระจายให้เห็นอยู่ทั่วไปแทบทุกจังหวัดที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลที่มีการทำนาุ้งโดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งมีการทำนาุ้งอย่างมาก ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาการฟื้นฟูป่าชายเลนบนพื้นที่นาุ้งร้างบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้มีการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ในปัจจุบันมีอายุได้ 6 ปี โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการเติบโต มวลชีวภาพ การรอดตาย การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ และคุณสมบัติดิน ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ดังกล่าว โดยมีพันธุ์ไม้ 4 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว โปรงแดง และแสมทะเล เพื่อทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมซึ่งสามารถนำมาปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพพื้นที่นาุ้งร้างพร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติของดินบริเวณนาุ้งร้างภายหลังการปลูกป่าชายเลนและนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาในการฟื้นฟูและปรับปรุงพื้นที่นาุ้งร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพในท้องที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่นาุ้งร้างที่มีสภาพพื้นที่คล้าย ๆ กันในบริเวณอื่นอีกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในแปลงปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ 20 ไร่ ซึ่งปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด (รูปที่ 1) คือ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล มีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร $\times$ 1.5 เมตร ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2538 ที่ผ่านมา ดังนั้นขณะเริ่มทำการศึกษาพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดจึงมีอายุ 6 ปี ทำการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง คือ เดือนเมษายน 2544 (ฤดูแล้ง) เดือนตุลาคม (ฤดูฝน) และเดือนเมษายน (ฤดูแล้ง) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ชนิดละ 3 แปลง วัสดุต้นไม้แปลงละ 100 ต้น ในแต่ละแปลงวัดข้อมูลดังนี้

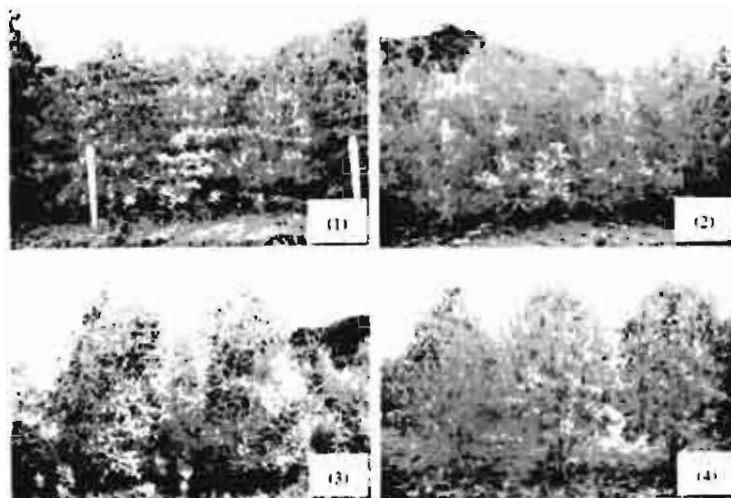
1.1 วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง และอัตราการรอดตาย ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่ออายุ 6 ปี (เดือนเมษายน 2544) 6.5 ปี (เดือนตุลาคม 2544) และ 7 ปี (เดือนเมษายน 2545) โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่คอรากของต้นไม้ 3 ชนิด โดยใช้ คาลิเปอร์ ไดแก โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว ส่วนแสมทะเลวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับผิวดิน วัดความสูงจากระดับขีดดินถึงปลายยอดโดยใช้ 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 โดยตัดที่ระดับขีดดิน วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่คอราก และวัดความสูง แยกส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และ รากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้แต่ละต้น ทำการตัดทอนไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อน ๆ จากโคนขึ้นไปยาวท่อนละ 1 ม. จนถึงปลายยอด ชั่งน้ำหนักสด ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยชั่งแยกในแต่ละส่วนของแต่ละต้น บันทึกข้อมูล นำตัวอย่างส่วนต่างๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก ที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้ตัวอย่างแต่ละต้นไปอบที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 48 ชม. หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ ที่อบจนแห้งไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

1.2.2 การหามวลชีวภาพใต้ดิน โดยขุดดินเพื่อนำส่วนของรากใต้ดินขึ้นมาใส่ในตะแกรง นำส่วนของรากพืชที่ได้ไปล้างน้ำด้วยความระมัดระวัง และผึ่งไว้ให้น้ำแห้ง นำไปชั่งหาน้ำหนักสด และบรรจุใส่ถุงกระดาษก่อนนำไปใส่ในตู้อบพรรณไม้เพื่อหาน้ำหนักแห้งต่อไป นำรากที่บรรจุอยู่ในถุงกระดาษไปอบด้วยวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการตัดต้นไม้เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีอายุ 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 จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างพืชในตามส่วนต่างๆ เพื่อนำไปอบหาน้ำหนักแห้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ดังตารางที่ 1



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



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

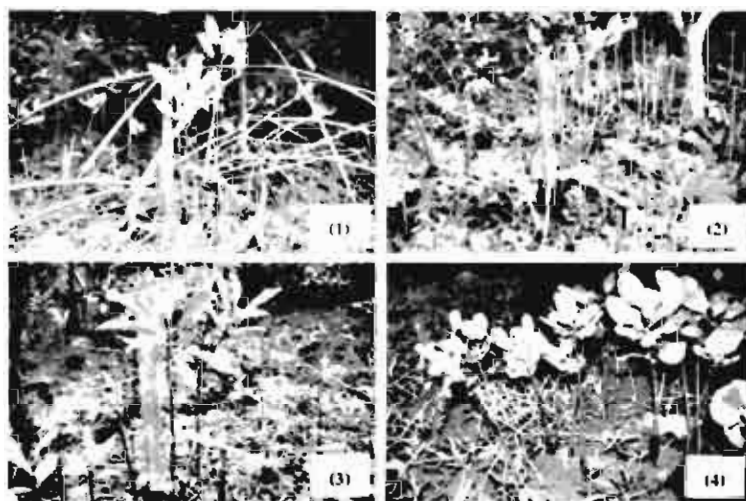
ตารางที่ 1 สมการแอลโลเมตรีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตกับมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ
ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ้งร้าง อำเภอนคม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิดไม้	สมการ	r^2	ชนิดไม้	สมการ	r^2
โกงกางใบเล็ก (<i>Rhizophora</i> <i>apiculata</i>)	$Ws = 0.0764 (D^2H)^{0.6936}$ $Wb = 0.1941 (D^2H)^{0.6208}$ $Wl = 0.2328 (D^2H)^{0.5143}$ $Wp = 0.1266 (D^2H)^{0.6670}$ $Wr = 0.2249 (D^2H)^{0.6027}$	0.7766 0.8008 0.8158 0.7375 0.8174	ถั่วขาว (<i>Bruguiera</i> <i>cylindrica</i>)	$Ws = 0.0515 (D^2H)^{0.6256}$ $Wb = 0.0355 (D^2H)^{0.7217}$ $Wl = 0.0679 (D^2H)^{0.5580}$ $Wr = 0.0841 (D^2H)^{0.4205}$	0.9505 0.8659 0.7507 0.9014
แสมทะเล (<i>Avicennia</i> <i>marina</i>)	$Ws = 0.0999 (D^2H)^{0.6106}$ $Wb = 0.0091 (D^2H)^{1.0535}$ $Wl = 0.0159 (D^2H)^{0.8577}$ $Wr = 0.0250 (D^2H)^{0.8538}$	0.7654 0.8149 0.7254 0.9880	โปรงแดง (<i>Ceriops</i> <i>tagal</i>)	$Ws = 0.0356 (D^2H)^{0.7067}$ $Wb = 0.0617 (D^2H)^{0.7161}$ $Wl = 0.1728 (D^2H)^{0.5125}$ $Wr = 0.1309 (D^2H)^{0.8821}$	0.9462 0.9617 0.8773 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. X 1 ม. จำนวน 3 แปลงย่อยในแต่ละแปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการรอดตาย และความหนาแน่นของกล้าไม้ (รูปที่ 3) ทำการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง คือ เดือนตุลาคม 2544 และเดือนเมษายน 2545 (ในการศึกษาครั้งนี้เลือกกล้าไม้ที่เป็นกล้าไม้ใหม่มีไซกกล้าไม้ค้างปี)



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

1.5 การเก็บข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับผิวดินและที่ระดับใต้ดิน 30 ซม. แล้วนำมาผสมกัน ในแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 3 ตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่างดินในแรกทำการเก็บข้อมูลคือเดือนเมษายน 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 อินทรีย์วัตถุ (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. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

1.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

การศึกษการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้างของพันธุ์ไม้ 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 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	การเติบโตด้านต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน		
		เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ม.)	อัตราการรอดตาย (%)
6 ปี (เมษายน 2544)	โกงกางใบเล็ก	7.54 ^a	3.30 ^a	100
	แสมทะเล	6.44 ^b	2.98 ^b	100
	ถั่วขาว	6.17 ^c	2.00 ^c	100
	โปรงแดง	5.56 ^c	2.06 ^c	100
6.5 ปี (ตุลาคม 2544)	โกงกางใบเล็ก	7.78 ^a	3.84 ^a	99.33
	แสมทะเล	7.06 ^b	3.15 ^b	99.33
	ถั่วขาว	6.66 ^c	2.24 ^c	100
	โปรงแดง	6.23 ^c	2.33 ^c	100
7 ปี (เมษายน 2545)	โกงกางใบเล็ก	8.12 ^a	3.96 ^a	99.33
	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 เปอร์เซนต์

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) จะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปแล้วในฤดูฝนต้นไม้จะมีอัตราการเติบโตที่มากกว่าฤดูแล้งจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นคือ 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 ส่งผลดีต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาทำให้ต้นไม้เติบโตได้ดีในฤดูฝน

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 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาุ้งร้าง

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

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

1.3 การเติบโตด้านความสูง

การศึกษาการเติบโตด้านความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นาุ้งร้างของไม้ที่ปลูกทั้ง 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) คือเมื่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างอายุ 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./ตัน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 35.22, 13.08, 11.00 และ 10.42 กก./ตัน ตามลำดับ

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

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

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

ตารางที่ 4 มวลชีวภาพต่อตันของส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	มวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน (กก./ตัน)					
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รากค้ำยัน	ราก	รวม
6 ปี (เมษายน 2544)	โกงกางใบเล็ก	6.54 ^a	6.55 ^a	7.02 ^a	8.50	6.80 ^a	35.22 ^a
	แสมทะเล	4.79 ^b	1.35 ^c	1.97 ^c	-	2.89 ^c	11.00 ^b
	ถั่วขาว	2.43 ^c	2.17 ^c	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 (ตุลาคม 2544)	โกงกางใบเล็ก	7.70 ^a	7.41 ^a	7.93 ^a	9.94	7.43 ^a	40.40 ^a
	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 (เมษายน 2545)	โกงกางใบเล็ก	8.33 ^a	7.88 ^a	8.43 ^a	10.73	7.88 ^a	43.25 ^a
	แสมทะเล	6.09 ^b	1.98 ^c	2.72 ^c	-	3.99 ^c	14.78 ^b
	ถั่วขาว	3.12 ^c	2.89 ^c	3.17 ^c	-	4.18 ^c	13.36 ^b
	โปรงแดง	2.79 ^c	4.20 ^b	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 ^c	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 ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

1.9 ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพ

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

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

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

เดือน ตามลำดับ โปร่งแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบมากที่สุด 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 โปร่งแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรากมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็กกับแสมทะเลซึ่งมีค่าเท่ากัน และ ถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.97, 0.46, 0.46 และ 0.33 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ โกงกางใบเล็กมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมาคือ โปร่งแดง แสมทะเล และถั่วขาว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.85, 2.58, 1.59 และ 1.08 กก./ต้น/6 เดือน ตามลำดับ

ดังเช่นที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ซึ่งในหัวข้อนี้คือ เรื่องของความเพิ่มพูนมวลชีวภาพก็เช่นเดียวกันโดยจะเห็นได้ว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดมีความเพิ่มพูนในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง (ตารางที่ 5) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมโดยจะเห็นได้จากผลการศึกษาข้างต้นคือ โกงกางใบเล็กในฤดูฝนมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 5.23 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.85 กก./ต้น/ 6 เดือน แสมทะเล ถั่วขาว และโปร่งแดงก็เช่นกัน 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 และในฤดูฝนโปร่งแดงมีความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 3.11 กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.58กก./ต้น/ 6 เดือน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พันธุ์ไม้ป่าชายเลนดังกล่าวมีอัตราการเติบโตในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งก็ดังได้กล่าวไปแล้วข้างต้นในเรื่องของอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง

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

ตารางที่ 5 ความเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อต้นของส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

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

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวดิ่งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

2 การเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

จากการศึกษาพบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างทั้ง 4 ชนิดมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติเกิดขึ้นจึงได้ทำการศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างทั้ง 4 ชนิด การศึกษาการเติบโตของกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างทำการศึกษาเมื่อเดือน ต.ค. 2544 และ เม.ย. 2545 โดยได้ทำการศึกษาการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง อัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการเติบโตด้านความสูง อัตราการรอดตาย และความหนาแน่นของกล้าไม้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

การเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.62, 0.57, 0.50 และ 0.40 ซม. ตามลำดับ และทำการศึกษากลับครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน คือในเดือน เมษายน 2545 พบว่า แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.86, 0.66, 0.60 และ 0.43 ซม. ตามลำดับ จากการคำนวณค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลทั้งสองครั้ง พบว่าแสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.74, 0.62, 0.55 และ 0.42 ซม. ตามลำดับ โดยที่แสมทะเลมีการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า โปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมาพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูพื้นที่นาทุ่งร้าง

ตารางที่ 6 การเติบโตด้านต่าง ๆ ของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด

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

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

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 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ชนิดนี้ไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

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 ^c	10.22 ^c
ถั่วขาว	0.10 ^b	3.76 ^{ab}
โปรงแดง	0.04 ^b	1.44 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

2.3 ความสูง

การเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่อเดือน 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) จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยมาพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูพื้นที่นาทุ่งร้าง

2.4 อัตราการเติบโตด้านความสูง

กล้าไม้แสมทะเลมีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.22, 3.76, 3.4 และ 1.44 ซม./6 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยที่กล้าไม้แสมทะเลมีการเติบโตด้านความสูงมากกว่าโปรงแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำเอาอัตราการเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ไปประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ในการปลูกฟื้นฟูพื้นที่นาทุ่งร้าง ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ JAM (1997) กล่าวคือ เมื่ออายุยังน้อยแสมทะเลจะมีอัตราการเติบโตทั้งทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงที่สุด

2.5 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดมีอัตราการรอดตายเท่ากันคือ 100 % และทำการศึกษาค้นคว้าอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 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

ความหนาแน่นของกล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเมื่อเดือน ตุลาคม 2544 พบว่า ถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.89, 12.45, 5.67 และ 4.00 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ และทำการศึกษาค้นคว้าอีกครั้งหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 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 และจากการคำนวณค่าเฉลี่ยพบว่าถั่วขาวมีความหนาแน่นมากที่สุด 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. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างพิจารณาจากการเติบโตซึ่งได้แก่ 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 แล้วหาผลรวมของคะแนนของทุกตัวชี้วัดในแต่ละชนิด ชนิดที่มีคะแนนรวมมากที่สุดจะมีความเหมาะสมมาก รองลงมามีความเหมาะสมปานกลาง และน้อย ตามลำดับ

จากการให้คะแนนในรายการต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง และกล้าไม้ที่เกิดจากพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างพบว่า โกงกางใบเล็กมีคะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ส่วนโปรงแดงและถั่วขาวมีคะแนนเท่ากัน ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 37 31.67 18 และ 18 คะแนน ตามลำดับ และนำคะแนนมาจัดอันดับความเหมาะสมเป็น 3 อันดับคือ โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก แสมทะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อยในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (ตารางที่ 8) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวมีความแตกต่างจากการศึกษาของ JAM (1997) ที่กล่าวว่า แสมทะเลมีความเหมาะสมที่สุดในการปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างนี้ ทั้งนี้เนื่องจากกว่า JAM พิจารณาอัตราการเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง อัตราการรอดตาย ความเพิ่มพูนของจำนวนใบ จำนวนกิ่ง มวลชีวภาพเหนือดิน และได้ดิน เมื่อพันธุ์ไม้ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างอายุ 1 ปี แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีการพิจารณาเพิ่มจากลักษณะดังที่ได้กล่าวมาแล้วเมื่อพันธุ์ไม้ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างอายุ 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 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งบริเวณอำเภอหนอง จันทน์นครศรีธรรมราช

คะแนนในรายการต่างๆ ของพันธุ์ไม้ในแปลง										คะแนนในรายการต่างๆ ของกล้าไม้ในแปลง					คะแนนรวม	อันดับความเหมาะสม	
ชนิด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)		อัตราการเจริญเติบโต (ม./ปี)		มวลชีวภาพ รวมเฉลี่ย (กก./ต้น)		ความเต็มทูน มวลชีวภาพรวม (กก./ต้น/ปี)		เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)		อัตราการเจริญเติบโต (ซม./6 เดือน)		อัตราการเจริญเติบโต (ซม./6 เดือน)				ความหนาแน่น (ต้น/ตร.ม.)
	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1			
โกงกางใบเล็ก	(7.81 ^a)	(0.64 ^a)	(3.70 ^a)	(0.69 ^a)	(39.62 ^a)	(8.08 ^a)	(0.62 ^b)	(0.09 ^b)	(53.56 ^a)	(3.40 ^b)	(3.95 ^a)	33	มาก				
แสมทะเล	(7.00 ^a)	(1.11 ^a)	(3.13 ^b)	(0.30 ^b)	(12.99 ^b)	(3.81 ^c)	(0.74 ^c)	(0.23 ^c)	(60.45 ^b)	(10.22 ^c)	(5.67 ^b)	31.67	ปานกลาง				
ถั่วขาว	(6.57 ^b)	(0.73 ^b)	(2.24 ^b)	(0.39 ^b)	(12.02 ^b)	(2.94 ^b)	(0.55 ^b)	(0.10 ^b)	(37.29 ^b)	(3.76 ^b)	(34.78 ^b)	18	น้อย				
โปรงแดง	(6.20 ^b)	(1.26 ^b)	(2.26 ^b)	(0.42 ^b)	(15.92 ^b)	(5.69 ^b)	(0.42 ^b)	(0.04 ^b)	(30.58 ^b)	(1.44 ^b)	(12.39 ^b)	18	น้อย				

หมายเหตุ - ตัวเลขที่อยู่ด้านบนวงเล็บ หมายถึง คะแนนของแต่ละชนิดพันธุ์ไม้ในแต่ละรายการการเจริญเติบโต ส่วนตัวเลขและตัวอักษรที่อยู่ภายในวงเล็บ หมายถึง

ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโต และกลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ตามลำดับ

- ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งของแต่ละชนิดพันธุ์ไม้แต่ละรายการให้คะแนนเท่ากัน สำหรับตัวอักษรที่แตกต่างกันให้คะแนนมีค่าเรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดตามลำดับอักษรดังนี้คือ a, b, c และ d ส่วนตัวอักษร ab ให้คะแนนที่เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนของกลุ่มตัวอักษรนั้นๆ

- อันดับความเหมาะสมแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยพิจารณาจากพันธุ์ไม้ที่มีคะแนนรวมสูงที่สุดมีอันดับความเหมาะสมมาก คะแนนรวมที่อยู่ในชั้นรองลงมามีอันดับความเหมาะสมปานกลาง และคะแนนรวมที่ต่ำสุดมีอันดับความเหมาะสมน้อย

1.2.2 การเติบโตด้านความสูง พบว่าสมททะเลมีการเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด (60.45 ซม.) รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก (53.56 ซม.) ถั่วขาว (37.29 ซม.) และโปรงแดง (30.58 ซม.) ตามลำดับ สมททะเล (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.) สมททะเล (5.67 ต้น/ตร.ม.) และโกงกางใบเล็ก (3.95 ต้น/ตร.ม.)

จากการศึกษาการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วนั้น นำมาหาคะแนนการเติบโตแต่ละรายการจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test หาคะแนนรวม แล้วจัดความเหมาะสมของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนได้ว่า โกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมาก สมททะเลมีความเหมาะสมปานกลาง โปรงแดงและถั่วขาวมีความเหมาะสมน้อย ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่นาทุ่งร้างเก่าที่ถูกทิ้งร้างมาหลายปี มีสภาพพื้นที่เป็นดินเลนแข็ง อยู่ห่างจากทะเล และจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้ทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 6 ปี โกงกางใบเล็กจะมีความเหมาะสมมากที่สุดในการปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างลักษณะเช่นนี้ซึ่งจะแตกต่างการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตที่กล่าวว่า สมททะเลมีความเหมาะสมมากที่สุด ดังนั้นในการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้างประเภทนี้จึงควรเลือกพันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมเรียงตามลำดับคือ โกงกางใบเล็ก สมททะเล โปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรแนะนำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูป่าชายเลนไม่ว่าจะเป็น หน่วยงานราชการ เกษตรกรเจ้าของนาทุ่ง นิสิตนักศึกษา และบุคคลอื่นๆ เลือกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูพื้นที่นาทุ่งร้างเรียงตามลำดับดังนี้คือ (1) โกงกางใบเล็ก (2) สมททะเล (3) โปรงแดง และ ถั่วขาว

2.2 จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้วโกงกางใบเล็กมีการเติบโตด้านต่างๆ ดีกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่นอย่างมากแต่น่าเสียดายที่กล้าไม้โกงกางใบเล็กสามารถสืบพันธุ์ตามธรรมชาติได้น้อยที่สุด เนื่องจากแปลงโกงกางใบเล็กมีความเข้มแสงสัมพัทธ์น้อยที่สุดซึ่งส่งผลให้กล้าไม้ที่เกิดจากการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงควรทำการตัดสาขายาระยะไม้โกงกางใบเล็กเพื่อจะเป็นการช่วยให้แสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านลงถึงพื้นป่าซึ่งจะทำให้กล้าไม้โกงกางใบเล็กการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติมากขึ้น

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 Jweseey. 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 .

การสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทิ้งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

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

ฐานันท์ ประทุมมินทร์
พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์
สนิท อักษรแก้ว

Thananun Pratummin
Pipat Patanaponpaiboon
Sanit Aksornkoae

Abstract

Growth including total height, diameter at root collar, biomass, carbon accumulation and carbon dioxide absorption were studied among the 4 mangrove species with 7 years old namely *Rhizophora apiculata*, *Avicennia 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 absorption 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 absorption was found in *A. marina* with the value of $6.49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in wet season, $4.42 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 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 การสะสมคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทิ้งร้างในพื้นที่อำเภอขนอม 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 จุด คือ จุดแล้ง (มีนาคม) และจุดฝน (พฤศจิกายน) และศึกษาการสะสมคาร์บอนโดยใช้เครื่อง CHNO analyzer วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน จากการศึกษาพบว่าแสมทะเล มีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุดทั้งจุดฝนและจุดแล้ง ($6.49 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ในจุดฝนและ $4.42 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ในจุดแล้ง) และการสะสมคาร์บอน ของโกงกางใบเล็ก (7.98 ตันคาร์บอนต่อไร่) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง (2.46 ตันคาร์บอนต่อไร่) แสมทะเล (2.27 ตันคาร์บอนต่อไร่) และถั่วขาว (2.24 ตันคาร์บอนต่อไร่) ตามลำดับ

คำหลัก: การสะสมคาร์บอน/นาทุ่งร้าง/ป่าชายเลน/นครศรีธรรมราช

คำนำ

สภาพภูมิอากาศของโลกในระยะ 10 ปีที่ผ่านมาได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดและได้รับความสนใจอย่างยิ่งคือ สภาวะที่โลกร้อนขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งเป็นสภาวะที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) กล่าวคือ โลกเป็นเสมือนเรือนเพาะชำที่มีก๊าซต่าง ๆ เป็นเสมือนกระจกที่ล้อมรอบเรือนเพาะชำไว้ ซึ่งกลุ่มก๊าซจะยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้แต่ไม่ยอมให้ความร้อนในเรือนเพาะชำระบายออกสู่บรรยากาศ จึงทำให้เรือนเพาะชำอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่สำคัญก๊าซหนึ่งในการทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และเป็นก๊าซที่พืชดูดซับเพื่อไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนสภาพให้เป็นมวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการสะสมคาร์บอนหรือการกักเก็บคาร์บอน ถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (นรูปัทม์ จิตพิทักษ์, 2541) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขและป้องกันการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบนโลกนี้คือการรักษาและการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เพราะป่าไม้มีบทบาทในการชะลอการเกิดผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกและป่าไม้ยังช่วยให้การหมุนเวียนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นไปอย่างสมดุล ป่าไม้มีหลายประเภทและป่าเขตร้อนเป็นป่าประเภทหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นป่าที่มีผลผลิตสูงโดยเฉพาะป่าชายเลน (วนบุษปี เสือดี, 2543) ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญและจัดว่าเป็นป่าที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับป่าประเภทอื่นๆ

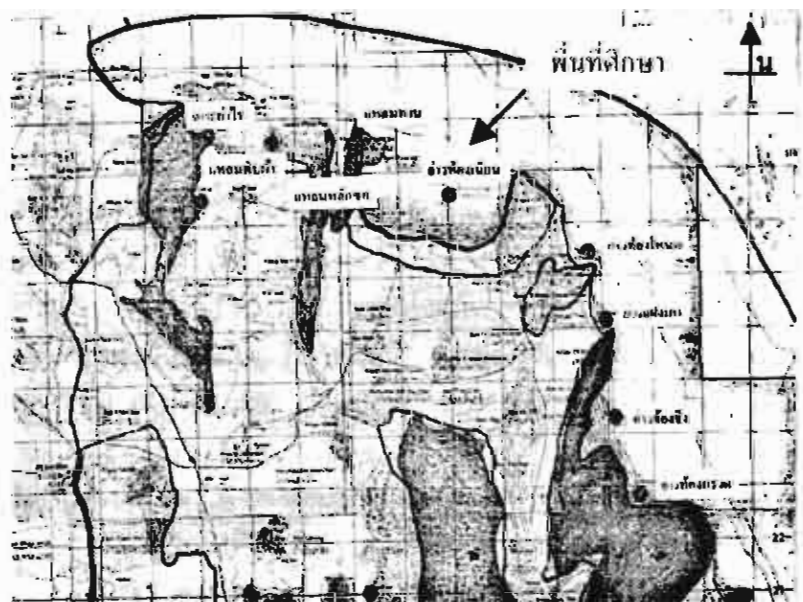
ในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในพื้นที่นาทุ่งร้างและสามารถนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการศึกษาหาชนิดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูและปรับปรุงสภาพพื้นที่นาทุ่งร้างให้กลับเป็นพื้นที่ป่าชายเลนที่สมบูรณ์ตามธรรมชาติและยังช่วยในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสะสมคาร์บอนอย่างมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้สนับสนุนความสำคัญของป่าชายเลนในการช่วยบรรเทาและช่วยแก้ไขปัญหาล้างแวล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1 ลักษณะพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.1 ที่ตั้ง พื้นที่ที่ทำการศึกษา อยู่ในแปลงปลูกไม้ป่าชายเลน ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช (ดังรูปที่ 1, 2 และ 3) โดยพื้นที่นี้ได้ถูกปล่อยให้เป็นนาุ้งร้างประมาณ 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 คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) สมทะเล (*Avicennia marina*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) และ ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ซึ่งพันธุ์แต่ละชนิดปลูกในพื้นที่ 5 ไร่ โดยปลูกระยะห่างระหว่างต้น 1.5 x 1.5 เมตร

1.2 ลักษณะของดิน แปลงทดลองปลูกไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาุ้งร้าง พบว่าลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนปนทรายและร่วนปนเหนียว อินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับ 8-14 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดด่างมีค่าเท่ากับ 5.9 - 7.0 ความเค็มของดินมีค่า 30-39 ppt โดยในดินระดับ 30-50 เซนติเมตรมีความเค็มมากกว่าดินระดับ 0-30 เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่า 0.40- 0.69 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ ฟอสฟอรัสในดินมีค่า 10-17 ppm



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษบริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 2 พื้นที่ศึกษาขณะที่พันธุ์ไม้ที่ปลูกมีอายุ 1 ปี



โก่งกางใบเล็ก



แสมทะเล



ถั่วขาว



โปรงแดง

รูปที่ 3 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี

1.3 ลักษณะทางภูมิอากาศ

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

เซลเซียส พบว่าเดือนเมษายนและธันวาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 33.9 องศาเซลเซียสและเดือนพฤศจิกายนมีอุณหภูมิต่ำสุด 22.4 องศาเซลเซียส

2) ปริมาณน้ำฝน สถิติในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี มีค่า 2,566.8 มิลลิเมตรโดยช่วงที่มีฝนตกทุกคือระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม และเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดคือ 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 โดยเดือน มกราคม ตุลาคมพฤศจิกายนเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 96 ส่วนเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ ร้อยละ 55

2 การเก็บข้อมูล

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

2.2 การวัดความสูง วัดความสูงของต้นไม้จากระดับขีดดินถึงระดับปลายยอดของต้นไม้ทั้ง 4 ชนิด วัดโดยใช้ measuring pole (รูปที่ 5) โดยสุ่มวัดชนิดละ 300 ต้น เดิมทีวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทำการวัดครั้งที่หนึ่งในเดือน เมษายน 2544 ครั้งที่สองในเดือนพฤศจิกายน 2544 และครั้งที่สามในเดือนมีนาคม 2545 ตามลำดับ

2.3 การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพ

2.3.1. มวลชีวภาพเหนือดินมวลชีวภาพเหนือดินคำนวณจากสมการแอลโลเมตรีโดยดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1) เลือกไม้ตัวอย่างเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยกำหนดให้แต่ละชนิดมี 3 ชั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ให้ครอบคลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ทั้งหมด 300 ต้น เพื่อ เป็นตัวแทนของต้นไม้ทั้งหมดอย่างเหมาะสม

2) ตัดไม้ตัวอย่างที่ได้คัดเลือกไว้สำหรับไม้แต่ละชนิดโดยตัดที่ระดับขีดดิน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงทั้งหมดของต้นไม้ตัวอย่างที่ตัดลง

3) แยกส่วนของลำต้น กิ่งใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้แต่ละต้น ทำการตัดทอนลำต้นไม้ตัวอย่างท่อนละ 1 เมตร จากโคนถึงปลายยอด

4) ชั่งน้ำหนักสดของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และรากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยทำการชั่งแยกในแต่ละท่อนของแต่ละต้น

5) สุ่มเก็บตัวอย่างของส่วนต่างๆของไม้แต่ละท่อน บันทึกน้ำหนักสดเพื่อนำไปหาค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งและสด

6) นำตัวอย่างส่วนต่างๆ คือ ลำต้น กิ่ง และใบ รากที่อยู่เหนือพื้นดินของไม้ตัวอย่างแต่ละต้นจากข้อ 5 ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งของตัวอย่างจะคงที่ จากนั้นนำค่าน้ำหนักแห้งที่ได้ไปคำนวณหา อัตราส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆของพืชทั้งต้น 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 (W_s) กิ่ง (W_h) ใบ (w_l) รากค้ำยัน (W_{pr}) และราก (W_r) ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	สมการประมาณมวลชีวภาพ	R^2
โกงกางใบเล็ก	$W_s = 0.148 (D^2H)^{0.3638}$	0.9657
	$W_h = 0.0938(D^2H)^{0.6248}$	0.9816
	$W_L = 0.243(D^2H)^{0.4105}$	0.8986
	$W_{PR} = 0.699(D^2H)^{0.4171}$	0.9679
	$W_R = 0.197(D^2H)^{0.4938}$	0.7173
	$W_T = 1.297(D^2H)^{0.4914}$	0.9915
แสมทะเล	$W_s = 0.238(D^2H)^{0.3638}$	0.9132
	$W_h = 0.137(D^2H)^{0.4114}$	0.7016
	$W_L = 0.160(D^2H)^{0.4230}$	0.7666
	$W_R = 0.078 (D^2H)^{0.2119}$	0.8776
	$W_T = 0.549(D^2H)^{0.4794}$	0.9217
ถั่วขาว	$W_s = 0.031.35(D^2H)^{0.7763}$	0.9720
	$W_h = 0.063(D^2H)^{0.7479}$	0.9701
	$W_L = 0.093(D^2H)^{0.4583}$	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
	$W_h = 0.068(D^2H)^{0.7478}$	0.9701
	$W_L = 0.199(D^2H)^{0.4887}$	0.9548
	$W_R = 0.107 (D^2H)^{0.7242}$	0.9662
	$W_T = 0.369(D^2H)^{0.8018}$	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 และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รอบปากใบในการเก็บตัวอย่างข้อมูลอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำการเก็บ 2 จุด 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

$$\begin{aligned} H &= \Sigma H/n \\ H &= \text{ความสูงของต้นไม้แต่ละชนิด} \\ \Sigma H &= \text{ผลรวมความสูงของไม้แต่ละชนิด} \\ n &= \text{จำนวนต้นไม้แต่ละชนิด} \end{aligned}$$

3.2 การหาค่าเฉลี่ยทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ของไม้ที่ปลูกในแปลง

$$\begin{aligned} D &= \Sigma D/n \\ D &= \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้แต่ละชนิด} \\ \Sigma D &= \text{ผลรวมเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้แต่ละชนิด} \\ n &= \text{จำนวนต้นไม้แต่ละชนิด} \end{aligned}$$

3.3 การประมาณหมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด

สามารถประมาณได้ด้วยสมการแอลโลเมตริก (allometric relationship) จากตารางที่ 1

$$W_i = a(D^b H)^c$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักแห้งของพืชทั้งหมด (กิโลกรัมกรัม)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงของต้น (เซนติเมตร)

a และ b คือ ค่าคงที่

3.4 การวิเคราะห์สมบัติเชิงประการของดิน

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

ตารางที่ 2 วิธีวิเคราะห์สมบัติเชิงประการของดิน

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

3.5 การวิเคราะห์อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1) อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย

2) อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด โดยการคำนวณโดยใช้สมการของ Clough (1998)

3.6. การวิเคราะห์คาร์บอน

นำตัวอย่างพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยนำทุกส่วนของพืชมาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 105 องศา 2 ชั่วโมง แล้วร่อนให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์หาคาร์บอน โดยใช้เครื่อง C/NCO analyzer ซึ่งจะได้อ่านเป็นเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอน และนำเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนไปคำนวณหาการสะสมคาร์บอนต่อต้น โดยใช้เปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอนคำนวณร่วมกับมวลชีวภาพต่อต้น จะได้เป็นการสะสมคาร์บอนต่อต้น และใช้ความหนาแน่นของดินไม้ต่อพื้นที่ คำนวณเป็นการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ต่อไป

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้ simple linear regression และ multiple linear regression และหาค่า R^2 (squared multiple) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ซึ่งพารามิเตอร์ ต่างๆ ได้แก่

- 1) การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง
- 2) การเติบโตทางด้านความสูง
- 3) การเติบโตทางด้านมวลชีวภาพ
- 4) อัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- 5) การสะสมคาร์บอน

3.8 การหาค่าอัตราการเติบโต ของพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษาแต่ละชนิด โดยทำการหาอัตราการเติบโตของต้นไม้ 1 ปี (มีนาคม 2544 - มีนาคม 2545)

$$\text{อัตราการเติบโต} = W2 - W1$$

$$t2 - t1$$

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

$$t2 - t1 = 1 \text{ ปี}$$

ผลและวิจารณ์ผล

1 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก

จากที่ศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง 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 ซึ่งจะเห็นว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างมีการเติบโตดีกว่า ผลการศึกษาในทำนองเดียวกันคือโกงกางใบเล็กที่ปลูกในนาทุ่งร้างมีการเติบโตมากกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกในป่าธรรมชาติ (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2530) แต่ไม่แตกต่างกันมากทั้งนี้เนื่องจากไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นตามธรรมชาติและลักษณะของดินในนาทุ่ง พบว่ามีความใกล้เคียงกันมากกับดินในธรรมชาติ คือเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีสารอาหารมาก ทำให้การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ปลูกบนนาทุ่งร้างบริเวณนี้มีแนวโน้มคล้ายกับพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ขึ้นตามธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ป่าชายเลนที่ปลูกที่สวนรุกชาติป่าชายเลนจังหวัดระนอง ที่มีอายุ 7-8 ปี โดยชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์ (2536) พบว่าโกงกางใบเล็ก (6.04 เซนติเมตร) และถั่วขาว (4.64 เซนติเมตร) ที่มีอายุใกล้เคียงกันได้ผลสอดคล้องกับที่ได้ทำการศึกษาโกงกางใบเล็กและถั่วขาวที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง กล่าวคือโกงกางใบเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าถั่วขาว แต่จะเห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโกงกางใบเล็กและถั่วขาวมีขนาดเล็กกว่าที่ปลูกในสวนรุกชาติทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่ที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ เมื่อนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่เหมืองแร่ร้างจากการศึกษาของโสภณ หะวานนท์ และคณะ (2538) พบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 5-6 ปี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.98-2.28 เซนติเมตร จะเห็นว่าโกงกางที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างมีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางดีกว่าคือ 6.94 เซนติเมตรเนื่องจากสภาพพื้นที่เหมืองแร่มีสภาพสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลายมากกว่านาทุ่งร้าง

2 การเติบโตทางความสูง

การศึกษาการเติบโตทางความสูงของไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง 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) ที่ทำการศึกษการเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่สวนรุกชาติป่าชายเลน จังหวัดระนอง ที่มีอายุ 7-8 ปี พบว่าการเติบโตทางด้านความสูงของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงกว่าถั่วขาวโดยโกงกางใบเล็กมีความสูง 6.03 เมตร และ ถั่วขาว 5.98 เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งที่สามนี้พบว่า โกงกางใบเล็ก 3.96 เมตรและถั่วขาว 2.39 เมตรจะเห็นว่ามีค่าน้อยกว่ามากทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่ที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากนาทุ่งร้างเป็นสภาพเปิดโล่งต้นไม้ได้รับแสงเต็มที่จึงมีการเติบโตทางเรือนพุ่มมากกว่าความสูงแต่เมื่อเปรียบเทียบกับโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่ทำเหมืองแร่โดยโสภณ ทะวานนท์ และคณะ (2538) พบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 10-11 ปี การเติบโตทางความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 1.53-1.98 เมตร จะเห็นว่าการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนนาทุ่งร้างมีมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเติบโตของไม้ป่าชายเลนจะแตกต่างกันตามชนิดและสภาพพื้นที่ที่พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ การทำเหมืองแร่มีการทำลายหน้าดินมากกว่านาทุ่งร้างและดินมีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่านาทุ่งด้วย เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของโกงกางใบเล็กที่ปลูกในป่าธรรมชาติที่มีอายุ 7 ปีที่ปลูกในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาของ Aksomkone et al. (1989) พบว่าโกงกางใบเล็กมีความสูง 8.70 เมตร จะเห็นว่าความสูงของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่ากว่าที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่นาทุ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่งทำให้พันธุ์ไม้ที่ปลูกได้รับแสงเต็มที่และมีการเติบโตทางเรือนพุ่มมากกว่าทางความสูงและยังประกอบกับสภาพดินในพื้นที่นาทุ่งร้างถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมีความเหมาะสมน้อยกว่าในป่าธรรมชาติ โดยเฉพาะธาตุอาหารบางชนิดที่จำเป็นในการเติบโตมีปริมาณน้อยกว่าป่าชายเลนธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่ที่เคยเป็นป่าชายเลนธรรมชาติในประเทศเวียดนามพบว่าโกงกางใบเล็กที่มีอายุ 4 ปีมีการเติบโตทางความสูงดีกว่าที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างคือจะมีความสูงประมาณ 3.32 เมตร (Hong, 1996) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสภาพพื้นที่ที่ปลูกในที่ที่เคยเป็นป่าชายเลนมาก่อนมีความเหมาะสม คือสภาพดินเป็นสภาพดินป่าชายเลนเดิมที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติที่ขึ้นอยู่ มีความแตกต่างของความเค็มของน้ำ การขึ้นลงของน้ำทะเล แร่ธาตุในดินและสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ตารางที่ 3 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอชนอม 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 การเติบโตทางความสูงไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนคม 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 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างในระยะเวลา 1 ปี (ตารางที่ 5) พบว่า แสมทะเล (0.84 เซนติเมตรต่อปี) มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากมากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว (0.73 เซนติเมตรต่อปี) โปรงแดง (0.71 เซนติเมตรต่อปี) และ โกงกางใบเล็ก (0.58 เซนติเมตรต่อปี) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนที่ปลูกตามป่าธรรมชาติ จังหวัดระนอง จากการศึกษาโดยสนธิ อักษรแก้ว และคณะ (2530) พบว่าโกงกางใบเล็ก (0.44 เซนติเมตรต่อปี) ถั่วขาว (0.18 เซนติเมตรต่อปี) และ โปรงแดง (0.10 เซนติเมตรต่อปี) มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าพันธุ์ไม้ที่ปลูกในพื้นที่นาทุ่งร้าง ทั้งนี้เนื่องจากพันธุ์ไม้ในป่าธรรมชาติส่วนใหญ่มีการเติบโตเต็มที่แล้วและต้นไม้ในป่าธรรมชาติได้รับแสงน้อยกว่าต้นไม้ที่ปลูกในพื้นที่นาทุ่งร้างที่เป็นพื้นที่โล่งแจ้งจึงทำให้อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า

4. อัตราการเติบโตทางความสูง

การศึกษาอัตราการเติบโตทางด้านความสูงของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างในระยะเวลา 1 ปี พบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการเติบโตทางความสูงมากที่สุด (0.67 เมตรต่อปี) รองลงมาคือแสมทะเล (0.37 เมตรต่อปี) ถั่วขาว (0.38 เมตรต่อปี) และโปรงแดง (0.37 เมตรต่อปี) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่เหมืองแร่ร้าง จากการศึกษาของทวนวงศ์ แสงเทียน และคณะ (2536) ที่ศึกษาการเติบโตของโกงกางใบเล็กในเหมืองแร่ร้าง จ.ระนอง อายุ 3 ปี 6 เดือน พบว่าอัตราการเติบโตทางความสูงของโกงกางใบเล็ก (0.71 เมตรต่อปี) ในเหมืองแร่ร้างมีค่ามากกว่าอัตราการเจริญทางความสูงของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง ทั้งนี้เกิดจากสภาพของพื้นที่และลักษณะของดินที่ดินในเหมืองแร่ร้างดินมีลักษณะอ่อนกว่าดินในพื้นที่นาทุ่งร้าง ทำให้โกงกางใบเล็กที่ชอบเติบโตในดินที่อ่อน เติบโตได้ดีกว่า

ตารางที่ 5 อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากและความสูงต่อต้านเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

ชนิด	อัตราการเพิ่มพูน	
	เส้นผ่านศูนย์กลางที่คอราก (เซนติเมตร/ปี)	ความสูง (เมตร/ปี)
โกก้างใบเล็ก	0.58 ± 0.97 (A)	0.67 ± 0.56 (A)
แสมทะเล	1.05 ± 1.04 (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 มวลชีวภาพของรากต่อต้าน มวลชีวภาพของรากต่อต้านของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งโกก้างใบเล็กมีมวลชีวภาพของรากต่อต้านมากที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาวตามลำดับ ซึ่งในครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าโกก้างใบเล็ก มีมวลชีวภาพรากต่อต้าน คือ 3.14 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน โปรงแดง 3.02 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน แสมทะเล 2.07 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน และถั่วขาว 1.57 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน ตามลำดับ

การเติบโตที่รวดเร็วของระบบรากมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในป่าชายเลนเพราะถ้าการเติบโตของรากดีทำให้พืชสามารถดึงแร่ธาตุได้มากทำให้มีผลของการเติบโตสูง

5.2 มวลชีวภาพของลำต้นต่อต้าน มวลชีวภาพของลำต้นต่อต้านของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างอำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษามวลชีวภาพของลำต้นต่อต้านทั้งครั้งที่สามพบว่า โกก้างใบเล็กมีมวลลำต้นต่อต้านมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล ถั่วขาว และโปรงแดง และในครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพลำต้นต่อต้านของโกก้างใบเล็ก คือ 3.52 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน แสมทะเล 1.75 กิโลกรัม น้ำหนักแห้งต่อต้าน ถั่วขาว 1.32 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน และโปรงแดง 0.85 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อต้าน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ JAM (1997) ที่ศึกษาพันธุ์ไม้ชนิดเดียวกันพื้นที่เดียวกัน แต่ต่างกันที่อายุ คือศึกษาเมื่ออายุ 1 ปี พบว่าแสมทะเลมีมวลชีวภาพของลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือโกก้างใบเล็ก ถั่วขาวและโปรงแดงตามลำดับ

มวลชีวภาพของลำต้นจะมีความเกี่ยวข้องขนาดความโตของลำต้นและขนาดความสูงของต้นไม้ คือต้นไม้ที่มีขนาดความโตของลำต้นและความสูงมากจะทำให้มวลชีวภาพของลำต้นมีมากด้วย (พูลศรี เมืองสง, 2541) เมื่อพิจารณาความสูงความโตพบว่าโกก้างใบเล็กมีมากที่สุดรองลงมาคือ แสมทะเลถั่วขาว และโปรงแดงตามลำดับ นอกจากนี้นี้ยังประกอบลักษณะเฉพาะตัวของพันธุ์ไม้และสิ่งแวดล้อมคือสิ่งแวดล้อมทั่วไปในพื้นที่นาทุ่งร้างมีความเหมาะสมกับโกก้างใบเล็กและแสมทะเลมากกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น แสมทะเลเป็นไม้เบิกนำชนิดหนึ่งซึ่งชอบแสงมาก และในพื้นที่นาทุ่งร้างเป็นที่เปิดโล่งจึงเหมาะต่อการเติบโตของแสมทะเล การศึกษามวลชีวภาพของลำต้นในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่ามวลชีวภาพลำต้นของโกก้างใบเล็กมีค่ามากกว่าถั่วขาวและโปรงแดง การศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของวนบุษปี เสือดี (2543) ที่ทำการศึกษามวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลนปลูกบางชนิดที่อำเภอยะยา จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มวลชีวภาพลำต้นต่อต้านของโกก้างใบเล็กมีค่ามากกว่ามวลชีวภาพลำต้นต่อต้านของโปรงแดง

5.3 มวลชีวภาพของกิ่งตอตัน มวลชีวภาพของกิ่งตอตันของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษามวลชีวภาพของกิ่งตอตันทั้งสามครั้งพบว่ามวลชีวภาพกิ่งตอตันของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ถั่วขาว แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สาม ขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพกิ่งตอตันของโกงกางใบเล็กคือ 3.12 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตันถั่วขาว 2.31 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน แสมทะเล 1.30 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน และ โปรงแดง 0.83 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่า ถั่วขาวมีจำนวนกิ่งหลักมากกว่า และโปรงแดงตามลำดับ การศึกษาของ JAM (1997) พบว่ามวลชีวภาพกิ่งตอตันของ โกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่า ถั่วขาว และโปรงแดง ตามลำดับ แม้ว่าลักษณะของแสมทะเลจะเป็นไม้ที่แตกทรงพุ่มกว่าถั่วขาวแต่มวลชีวภาพกิ่งตอตันน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้ที่แตกต่างกัน (ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์, 2536)

5.4 มวลชีวภาพของใบตอตัน มวลชีวภาพของใบตอตันของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช จากมวลชีวภาพของใบตอตันทั้งสามครั้งที่ศึกษาพบในโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ โปรงแดง แสมทะเล และถั่วขาวตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สามขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี พบว่ามวลชีวภาพใบตอตันของโกงกางใบเล็ก 2.68 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน โปรงแดง 1.69 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน แสมทะเล 1.45 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน และ ถั่วขาว 0.81 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ JAM(1997) ที่ศึกษาในพื้นที่เดียวกันพบว่า โกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีมวลชีวภาพใบมากที่สุดรองลงมาคือ ถั่วขาว และ โปรงแดงตามลำดับ จะเห็นว่าผลที่ศึกษาไม่สอดคล้องกันทั้งหมดเนื่องจากการศึกษาครั้งเป็นการใช้สมการแบบเดียวอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย Kira และ Shidei (1967) ได้สรุปว่าการนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับใดระดับหนึ่งมาใช้เพื่อการประมาณมวลชีวภาพทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ แต่การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับพูลศรี เมืองสง (2541) ที่พบว่าโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพใบมากที่สุด รองลงมาคือโปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ

5.5 มวลชีวภาพรวม มวลชีวภาพรวมตอตันของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราชจากการศึกษามวลชีวภาพรวม พบว่ามวลชีวภาพรวมตอตันของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาว ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งที่สามขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545) พบว่า มวลชีวภาพรวมตอตันของโกงกางใบเล็ก 20.68 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน แสมทะเล 6.70 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน โปรงแดง 5.86 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน และ ถั่วขาว 5.30 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งตอตัน ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ JAM (1997) ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีค่ามากกว่า ถั่วขาวและโปรงแดง แต่ต่างกันที่ในการศึกษาครั้งมีมวลชีวภาพของรากค้ำยันรวมอยู่ด้วยทำให้มวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กมีค่ามากกว่าแสมทะเลมาก แต่การศึกษาของ JAM (1997) นั้นโกงกางใบเล็กไม่ค่อยมีรากค้ำยันทำให้มวลชีวภาพเหนือดินของโกงกางใบเล็กและแสมทะเลมีค่าใกล้เคียงกันและสอดคล้องกับการศึกษาของพูลศรี เมืองสง (2541) ที่โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพมากกว่า ถั่วขาว และโปรงแดง และการศึกษาของวนบุษปี เลือติ (2543) ที่พบว่ามวลชีวภาพรวมของ โกงกางใบเล็ก มีค่ามากกว่า โปรงแดง

5.6 มวลชีวภาพตอพื้น ที่ การศึกษาพบว่ามวลชีวภาพรวมตอพื้นในขณะที่พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีอายุ 6 และ 7 ปี (ตารางที่ 6 และ 7) พบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพรวมตอพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล โปรงแดง และถั่วขาวตามลำดับ โดยในครั้งที่สามพบว่ามวลชีวภาพรวมตอพื้นที่ของโกงกางใบเล็ก 20.56 ตันน้ำหนักแห้งตอไร่ แสมทะเล 5.58 ตันน้ำหนักแห้งตอไร่ โปรงแดง 5.25 ตันน้ำหนักแห้งตอไร่และถั่วขาว 4.39 ตันน้ำหนักแห้งตอไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง โดยโสภณ หะวานนท์ และ คณะ (2538) ได้ศึกษาการเติบโตและมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็ก ในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่ จังหวัดระนอง โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบแอลโลเมตรี เพื่อประมาณผลผลิตมวลชีวภาพ พบว่าไม้โกงกางใบเล็กเมื่ออายุ 5 ปี และ 6

ปี มีผลผลิตมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 1.38 และ 2.3 ตันต่อไร่ จะเห็นว่ามวลชีวภาพรวมเหนือดินของโกงกางใบเล็ก (17.34 ตันต่อไร่) ในพื้นที่นาทุ่งร้างมีมวลชีวภาพเหนือดินมากกว่าพื้นที่เนื่องจากการทำเหมืองแร่มีสภาพเปลี่ยนแปลงมากกว่าพื้นที่ที่ผ่านการทำนาทุ่ง ซึ่งในพื้นที่นาทุ่งร้างหน้าดินส่วนใหญ่ยังอยู่ในสภาพเดิมและดินยังคงมีธาตุอาหารเพียงพอที่จะใช้ในการเติบโตของพืช (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 ซึ่งมวลชีวภาพรวมของโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งที่ศึกษาในครั้งนี้ มีค่ามากกว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกในสวนป่าปลูก ปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

เมื่อนำผลการศึกษาดังนี้เปรียบเทียบกับการศึกษาของวิโรจน์ อธิธนาธร (2531) ในโกงกางใบเล็กในบริเวณเหมืองแร่ร้าง จังหวัดพังงา ที่พบว่ามวลชีวภาพรวม 12 ตันต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากนาทุ่งร้างเป็นพื้นที่เปิดโล่งทำให้ต้นไม้ได้รับแสงได้มากทำให้การเติบโตมากกว่า การศึกษาดังนี้พบว่ามวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากโกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพของราก (รากค้ำยันและรากใต้ดิน) และใบมากกว่าไม้ชนิดอื่น ซึ่งการเติบโตของรากมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะตลอดชีวิตของต้นไม้ต้นใดต้นหนึ่งจะได้รับสิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตจากรากและใบโดยผ่านทางเดินอาหาร โดยรากเป็นส่วนที่นำแร่ธาตุต่างๆ ในดินมาใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการเติบโตและรากต้องอาศัยใบเพื่อให้ได้รับน้ำและแร่ธาตุ (พงษ์ศักดิ์ สุนานุ, 2538)

ตารางที่ 6 มวลชีวภาพ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (ต้นน้ำหนักแห้งต่อไร่)
เมื่อมีอายุ 6 ปี (มีนาคม 2544)

ชนิด	ราก	รากค้ำยัน	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบเล็ก	2.72 ± 0.80 (a)	8.35 ± 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 ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (ต้นน้ำหนักแห้งต่อไร่)
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 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างในระยะเวลา 1 ปี จากอายุ 6 ปี เป็นอายุ 7 ปี พบว่าอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของโกงกางใบเล็ก มีค่ามากที่สุดคือ 3.08 ต้นต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือโปรงแดง 1.12 ต้นต่อไร่ต่อปี แสมทะเล 1.01 ต้นต่อไร่ต่อปี และ ถั่วขาว 1.00 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ โสภณ หะวานนท์และคณะ (2538) ซึ่งได้ประมาณค่าผลผลิตมวลชีวภาพของโกงกางใบเล็กอายุ 5- 6 ปี บริเวณพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่ จังหวัดระนอง โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูปแอลโลเมตรี พบว่าอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ 0.87 ต้นต่อไร่ต่อปี การศึกษาผลผลิตสวนป่าไม้โกงกางใบเล็กอายุ 5-6 ปี ที่จังหวัดปัตตานีพบว่าอัตราการเพิ่มพูน 1.43 ต้นต่อไร่ต่อปี ซึ่งจะเห็นว่าโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างมีการเพิ่มพูนทางมวลชีวภาพสูงซึ่งสอดคล้องกับ นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2534) พบว่าการปลูกป่าชายเลนที่บริเวณอ่าวปัตตานี เมื่อมีการถ่ายเทน้ำจากนาทุ่งสู่แปลงป่าชายเลนเป็นครั้งคราวทำให้กล้าไม้เติบโตงอกงามกว่าที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ

6. การสะสมคาร์บอน

6.1 การสะสมคาร์บอนต่อต้น การสะสมคาร์บอนรวมต่อต้นของโกงกางใบเล็กมีค่าสูงที่สุด รองลงมาแสมทะเล โปรงแดง และ ถั่วขาว ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี (ตารางที่ 8) 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 ขณะที่พันธุ์ไม้มีอายุ 7 ปี (มีนาคม 2545) พบว่าการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ของโกงกางใบเล็กคือ 7.98 ตันคาร์บอนต่อไร่ โปรงแดง 2.46 ตันคาร์บอนต่อไร่ แสมทะเล 2.27 ตันคาร์บอนต่อไร่ และถั่วขาว 2.24 ตันคาร์บอนต่อไร่ จากพื้นที่นาทุ่งร้างที่ใช้ปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 5 ไร่ จะเห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 39.99 ตันคาร์บอนต่อไร่ โปรงแดง 12.30 ตัน

คาร์บอนต่อไร่ แสมทะเล 11.35 ตันคาร์บอนต่อไร่ และถั่วขาว 11.20 ตันคาร์บอนต่อ ไร่ ซึ่งรวมทุกชนิดจะได้ การสะสมคาร์บอนทั้งหมด 74.84 ตันคาร์บอนต่อไร่ และถ้าปลูกโกงกางใบเล็กชนิดเดียว 20 ไร่ จะพบว่าการ สะสมคาร์บอนเท่ากับ 159.6 ตันคาร์บอนต่อไร่

ซึ่ง ในปี พ.ศ. 2529 มีพื้นที่นาทุ่ง 689,120 ไร่ และจากการสำรวจครั้งสุดท้ายปี พ.ศ. 2539 พบว่ามีพื้นที่ นาทุ่งทั้งสิ้นประมาณ 418,736 ไร่ (ธงชัย จารุพัฒน์และจิรพรรณ จารุพัฒน์, 2540) ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่นาทุ่งได้ลด ลง แสดงว่าพื้นที่ลดลงนี้ ผู้ประกอบการได้เลิกกิจการทำนาทุ่งไป ทำให้เป็นพื้นที่นาทุ่งได้กลายเป็นนาทุ่งร้าง ประมาณ ไร่ 270,384 ไร่ ดังนั้นถ้าเราทำการปลูกฟื้นฟูนาทุ่งร้างด้วยพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดจะมีพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนถึง 1,011,776 ตันคาร์บอนของพื้นที่นาทุ่งร้างทั้งหมด แต่เราปลูกเฉพาะโกงกางใบเล็ก การสะสมคาร์บอนประเมินได้ เท่ากับ 2,157,664 ตันคาร์บอนของพื้นที่นาทุ่งร้างทั้งหมด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นในการปลูกฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่นาทุ่ง ร้างเราต้องคำนึงถึงขอบเขต (Zonation) การขึ้นของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนด้วย

6.3 อัตราการสะสมคาร์บอน การศึกษาอัตราการสะสมคาร์บอน ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบน พื้นที่นาทุ่งร้างในระยะเวลา 1 ปี จากอายุ 6 ปี ถึง 7 ปี (ตารางที่ 10) พบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการสะสมคาร์บอน มากที่สุด 1.23 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือ โปรงแดง 0.87 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ถั่วขาว 0.52 ตัน คาร์บอนต่อไร่ต่อปี และแสมทะเล 0.40 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งอัตราการสะสมคาร์บอนในโกงกางใบ เล็กมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าชายเลนในจังหวัดสตูล ที่ศึกษาโดย Aksornkoac et al. (1989) พบว่าอัตราการสะสม คาร์บอนในจังหวัดสตูลคือ 1.37 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนปฐมภูมิที่อินโดนีเซีย ซึ่งจาก การศึกษาของ Komiyama (2002) พบว่าป่าชายเลนในอินโดนีเซียมีอัตราการสะสมคาร์บอน 25.34 ตันคาร์บอนต่อ ไร่ต่อปีซึ่งมากกว่าป่าชายเลนที่ปลูกในนาทุ่งร้างทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและอินโดนี เซียต่างกันทำให้การเติบโตและการสะสมคาร์บอนต่างกันและขึ้นกับความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ด้วย

ตารางที่ 8 การสะสมคาร์บอนต่อตันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (กิโลกรัมคาร์บอนต่อตัน)
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)	7.80 ± 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 ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (ต้นคาร์บอนต่อไร่)
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 โดยอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งฤดูของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าแสมทะเลมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่ากับ $6.49 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูฝน และ $4.42 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูแล้งรองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก $3.78 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูฝน และ $3.16 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูแล้ง ถั่วขาว $3.73 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูฝนและ $2.47 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูแล้ง และโปรงแดง $2.63 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูฝนและ $1.60 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในฤดูแล้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ สดาวลัย พวงจิตร และคณะ (2541) ที่กล่าวว่าความสามารถในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ของพรรณไม้ป่าชายเลน มีความแตกต่างกันและความสามารถนี้มีความผันแปรแตกต่างกันในช่วงวัน ในแต่ละฤดูกาลและแต่ละท้องที่ และพบว่า โกงกางใบเล็กมีอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า ถั่วขาวและโปรงแดง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาในเรือนทดลอง พบว่าการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของโกงกางใบเล็ก คือ $3.16 - 3.78 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างมีค่าต่ำกว่าของโกงกางใบเล็กที่ปลูกในเรือนทดลอง คือ $4.63 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และคณะ, 2540) ทั้งนี้เนื่องจากในเรือนทดลองมีการให้แร่ธาตุสม่ำเสมอและครบตามที่พืชต้องการมากกว่าในนาทุ่งร้างที่สภาพดินเปลี่ยนแปลงไป

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

ตารางที่ 10 อัตราการเพิ่มพูนคาร์บอนของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง (ต้นคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)

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

ตารางที่ 11 อัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยและสูงสุดต่อวันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

ชนิด	อัตราการดูดซับ CO ₂ เฉลี่ย (μmol m ⁻² s ⁻¹)		อัตราการดูดซับ CO ₂ สูงสุด (μmol m ⁻² s ⁻¹)		อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	
	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 Attiwill และ Clough ศึกษาเป็นช่วงระหว่างฤดูแล้งและฝน และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของพิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ และคณะ (2540) พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดของโกงกางใบเล็กในเรือนทดลองคือ 9.47 μmol m⁻² s⁻¹

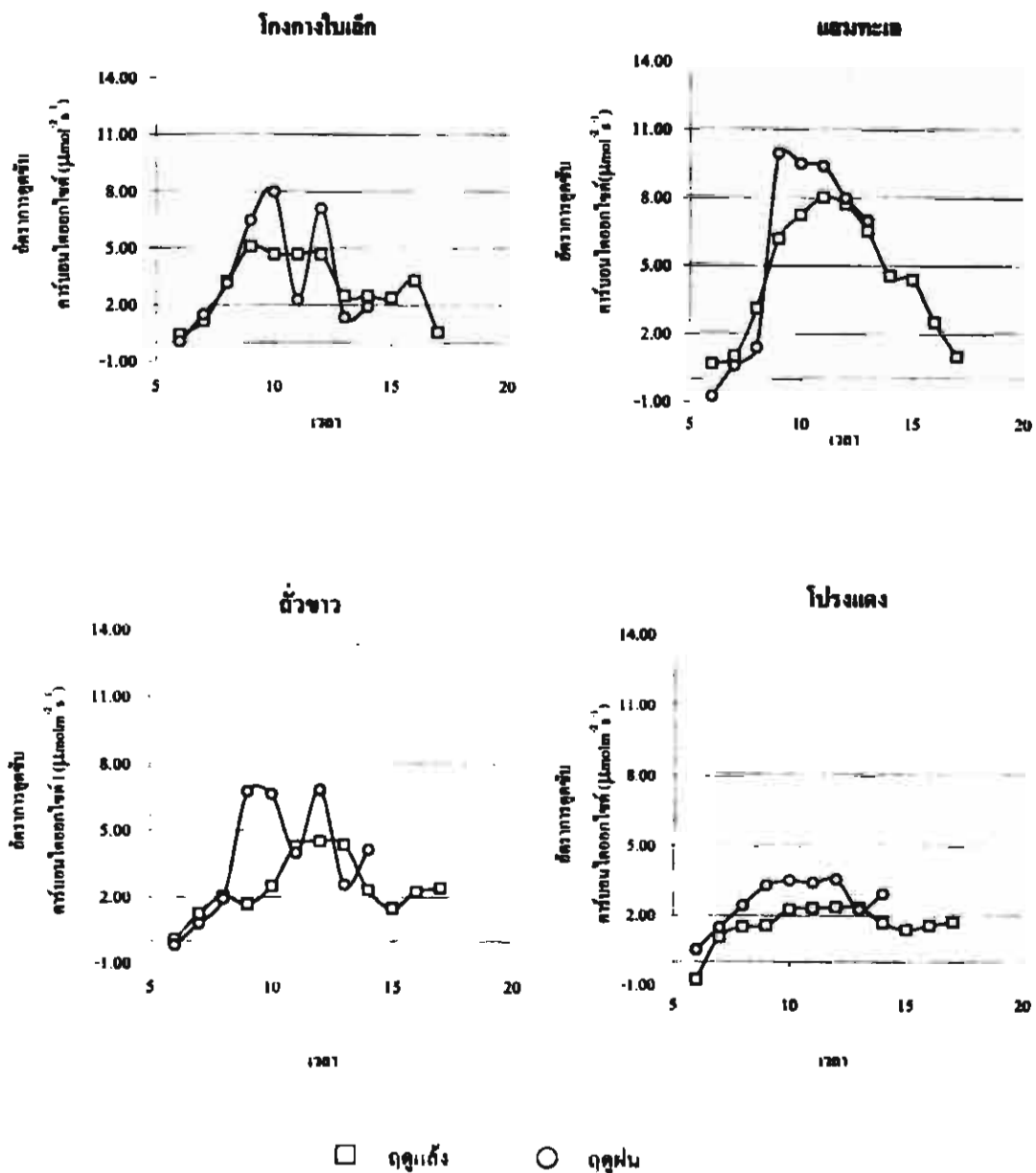
7.3 ความผันแปรของอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวัน การศึกษาอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด (รูปที่ 10) พบว่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด มีรูปแบบแตกต่างกัน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดสูงในช่วงเช้า (9.30–10.30 นาฬิกา)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

7.4 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสง จุดอิ่มตัวของแสงของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีจุดอิ่มตัวของแสงแตกต่างกัน (รูปที่ 11 และ 12) โดยพบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้ง จุดอิ่มตัวของแสงของเสมทะเลมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือโกงกางใบเล็กและโปรงแดงตามลำดับ โดยทั่วไปจุดอิ่มตัวของแสงในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันโดยทั่วไปจะพบว่าความเข้มแสงอิ่มตัวของพืช C_3 มีค่าน้อยกว่าพืช C_4 ในพืช C_4 ด้วยกันพืชที่ชอบแสงมากจะมีจุดอิ่มตัวของแสงสูงกว่าพืชที่ชอบร่ม ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้เสมทะเลเป็นพืชชอบแสงและเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำจะเห็นว่ามีจุดอิ่มตัวของแสงมากกว่าโปรงแดงซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ชอบร่ม และนอกจากนี้ Bjorkman (unpublished) พบว่าอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ป่าชายเลนอาจถูกยับยั้งได้ถ้าได้รับแสงแดดจัดโดยตรง โดยเฉพาะในสภาวะที่ความเค็มสูง

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

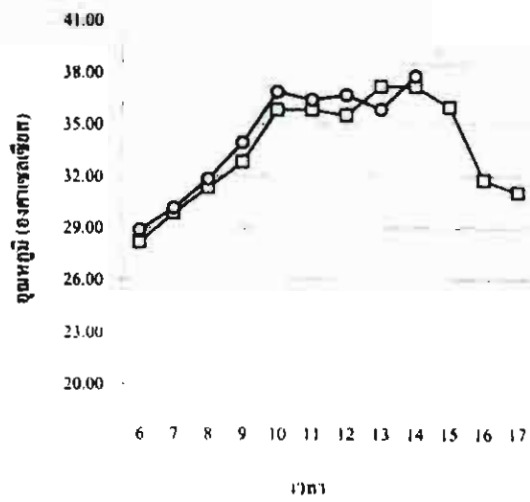
7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กับมวลชีวภาพ

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

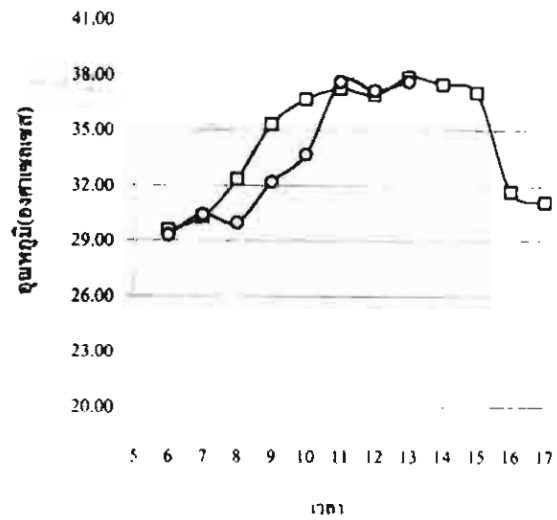


รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงวันของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ้งร้าง
อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

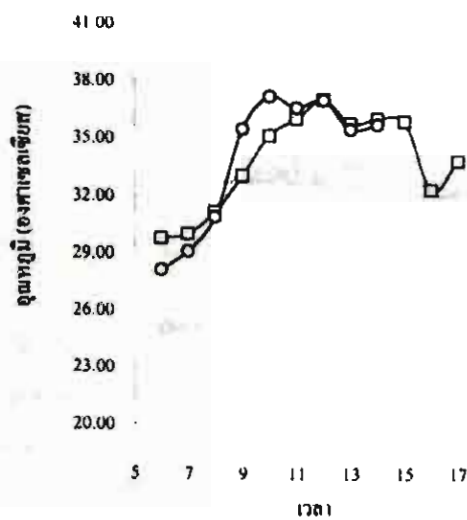
โก่งกวางโบสถ์



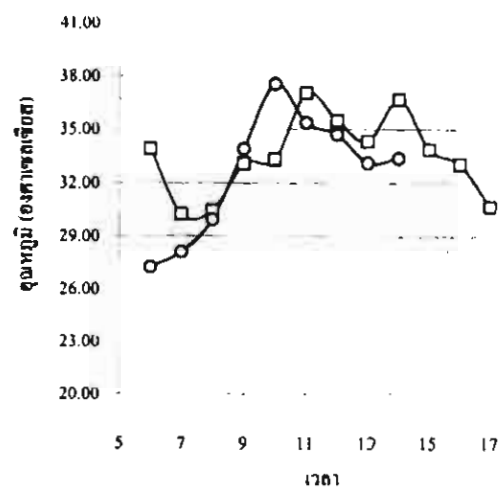
แสมทะเล



ถั่วขาว



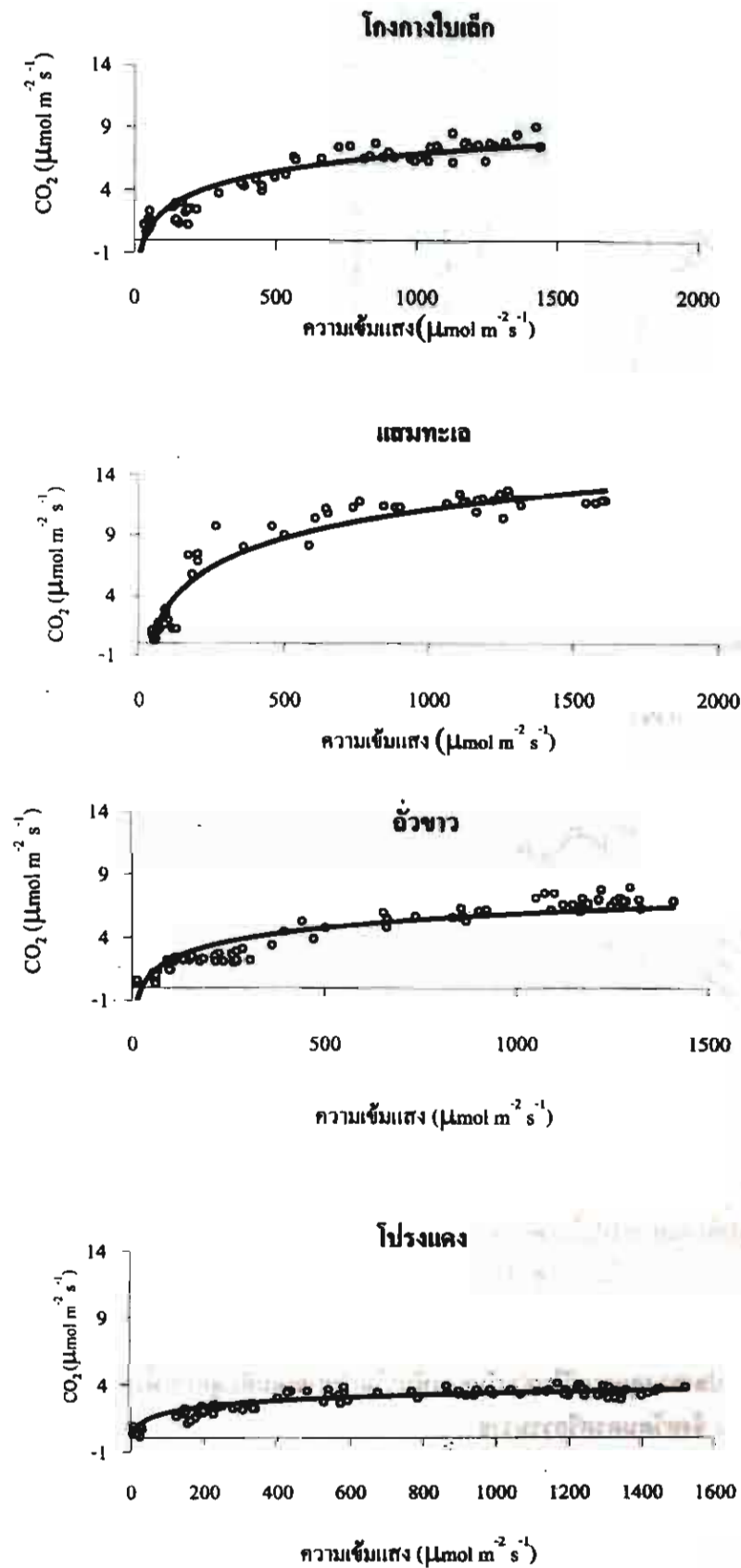
โปรงแดง



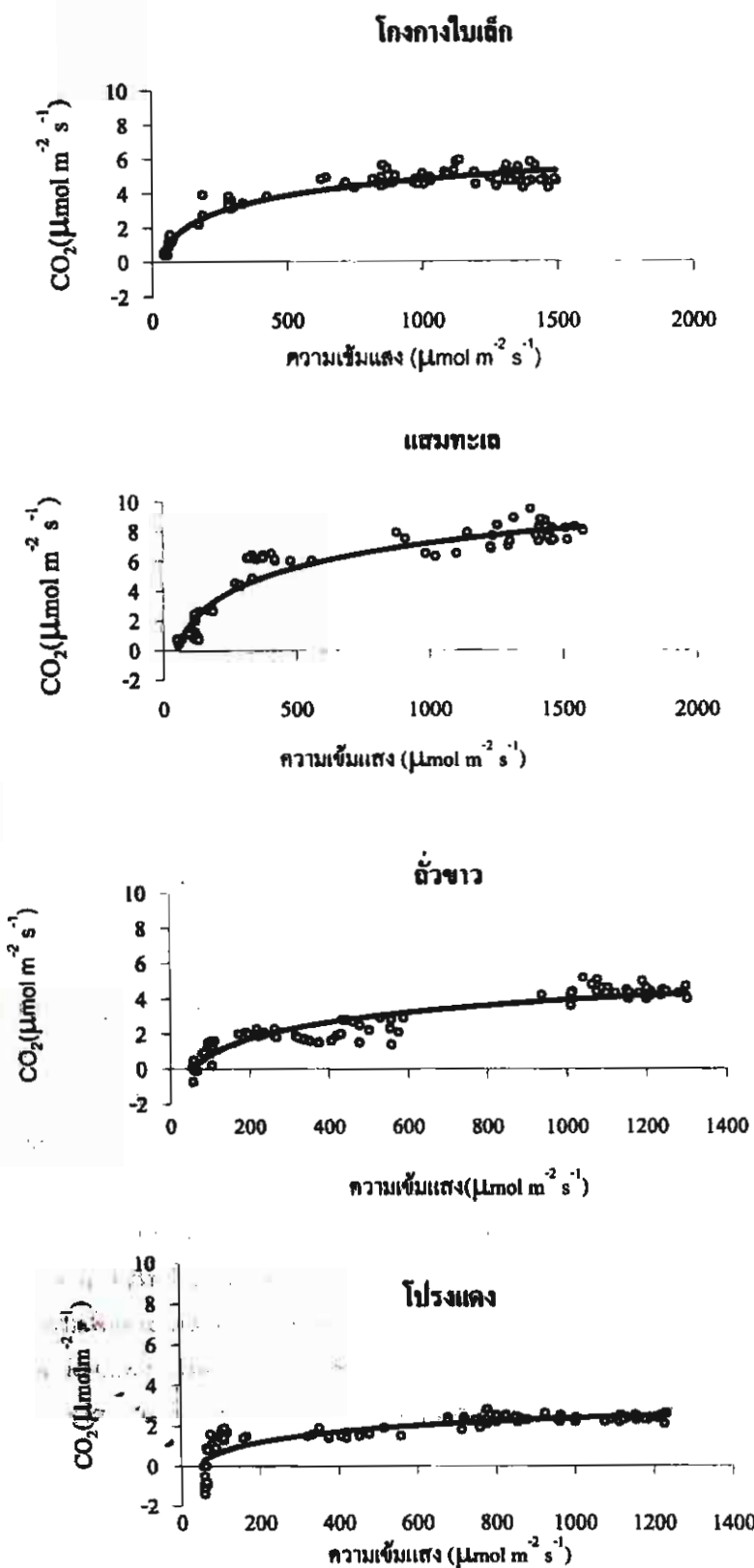
□ อุตุแล้ง

○ อุตุฝน

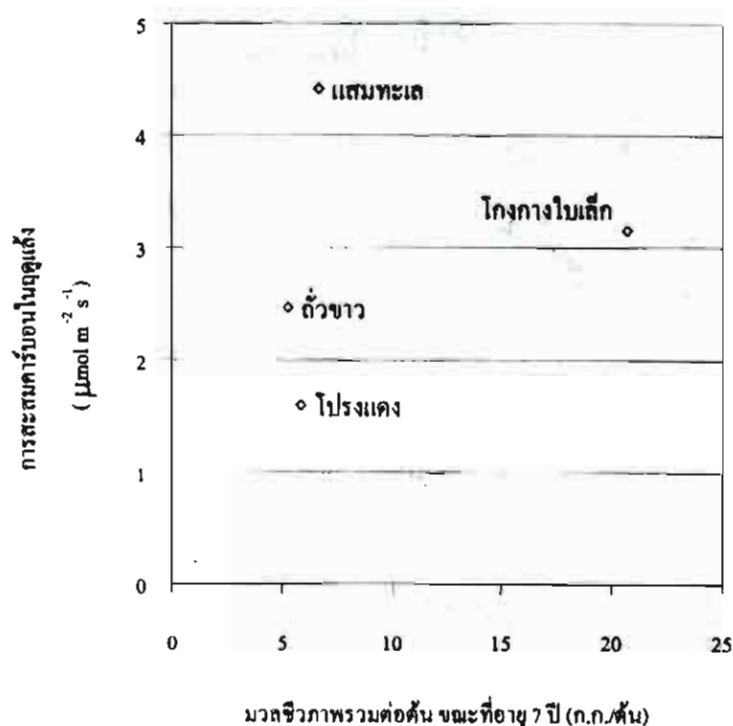
รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงวันของพื้นที่ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง
อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสงในฤดูฝน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์กับความเข้มแสงในฤดูแล้ง



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ในดิน (มีนาคม 2545) กับมวลชีวภาพรวมต่อต้น (กิโลกรัมต่อต้น) ขณะที่ยังอายุ 7 ปี ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

8. ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน

สมบัติของดินบนแปลงทดลองปลูกไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง พบว่าลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนปนทรายและร่วนปนเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับดินที่ปลูกป่าชายเลนนาทุ่งร้าง จังหวัดระนอง (พูลศรี เมืองสง, 2541) ซึ่งพบว่าเนื้อดินในแปลงที่ปลูกป่าชายเลนมีลักษณะเป็นดินร่วนถึงร่วนปนเหนียว อินทรีย์วัตถุ คือ 8-14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ความเป็นกรดต่าง คือ 5.9 - 7.0 ซึ่งเป็นกรดน้อยถึงกลางซึ่งเป็นลักษณะของความเป็นกรด-ด่างของดินในเขตแปลงโกงกางและแสมทะเลคือ 6.2-6.6 (Hesse, 1961) ความเค็มคือ 30-39 psu โดยในดินระดับ 30-50 เซนติเมตรมีค่าความเค็มมากกว่าดินระดับ 0-30 เซนติเมตร ฟอสฟอรัส คือ 10-17 ppm ซึ่งมีค่าน้อยกว่าดินในแปลงนาทุ่งร้าง จังหวัดระนอง (พูลศรี เมืองสง, 2541) ทั้งนี้เนื่องจากที่ศึกษาในครั้งนี้พันธุ์ไม้มีอายุมากกว่าทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่า เพราะสภาพนาทุ่งร้างจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมมาก แต่เมื่อมีการปลูกพืชพืชจะดึงฟอสฟอรัสมาใช้ในการเติบโตทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลงด้วย ไนโตรเจนทั้งหมดคือ 0.40-0.69 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับป่าชายเลนธรรมชาติในดินเขตไม้โกงกาง 0.44 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่ามากกว่าดินในเขตหาดเลนคือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ (Hesse, 1961)

9. ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน

ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในแต่ละแปลงของโครงการในเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และ
ถั่วขาว แสดงรายละเอียด ในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สมบัติกายภาพและเคมีบางประการของดิน ของพันธุ์ไม้ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม
จังหวัดนครศรีธรรมราช

สมบัติของดิน	ระดับความลึก	โก่งางใบเล็ก	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 (เปอร์เซ็นต์)	0-30 ซม.	6.27	5.92	4.68	4.83
	30-50 ซม.	8.01	6.1	5.13	5.36
อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	0-30 ซม.	10.79	10.90	10.06	8.3
	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 (PSU)	0-30 ซม.	30.0	30.2	30.7	30.6
	30-50 ซม.	36.9	36.2	37.1	39.0
ฟอสฟอรัส (PPM)	0-30 ซม.	12.0	11.0	11.0	15.0
	30-50 ซม.	13.0	10.0	17.0	17.0
ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	0-30 ซม.	0.54	0.51	0.4	0.42
	30-50 ซม.	0.69	0.52	0.44	0.45

10 ศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

ผลการศึกษาการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอน และการดูดซับ
คาร์บอนไดออกไซด์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง 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($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	3	4	2	1
รวม	18	15	13	13

หมายเหตุ

คะแนน 4 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตดีที่สุด

คะแนน 3 และ 2 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตรองลงมา

คะแนน 1 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตน้อยที่สุด

11. ศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในนาทุ่งร้าง

เมื่อพิจารณาที่ฐานคะแนนที่ได้จากการรวมคะแนนจากการเติบโตลักษณะต่างๆของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่า พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างคือ โกงกางใบเล็กและแสมทะเล ส่วนถั่วขาวและ โปรงแดง มีความเหมาะสมน้อยในการนำมาปลูกเพื่อฟื้นฟูนาท้องร้างในอำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งสอดคล้องกับพลศรี เมืองสง (2541) ที่ทำการศึกษาศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในนาทุ่งร้าง จังหวัดระนองพบว่าโกงกางใบเล็กมีความเหมาะสมมากกว่า ถั่วขาว โปรงแดงตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่า การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่า โกงกางใบเล็ก (8.12 เซนติเมตร) มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ แสมทะเล (7.50 เซนติเมตร) ถั่วขาว (6.90 เซนติเมตร) และโปรงแดง (6.28 เซนติเมตร) ตามลำดับ จากการศึกษอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่คอรากพบว่า 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 ชนิดที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี ในโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (20.56 ตันน้ำหนักรากต่อไร่) รองลงมาคือ แสมทะเล (5.58 ตันน้ำหนักรากต่อไร่) โปรงแดง (5.25 ตันน้ำหนักรากต่อไร่) และถั่วขาว (4.12 ตันน้ำหนักรากต่อไร่) ตามลำดับ

แห้งต่อไร่) และถั่วขาว (4.39 ต้นน้ำหนักแห้งต่อไร่) ตามลำดับ จากการศึกษาอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวม พบว่าของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (3.08 ต้นต่อไร่ต่อปี) รองลงมาคือ โปรงแดง (1.12 ต้นต่อไร่ต่อปี) แสมทะเล 1.01 (ต้นต่อไร่ต่อปี) และถั่วขาว (1.00 ต้นต่อไร่ต่อปี) ตามลำดับ การสะสมคาร์บอนรวมต่อพื้นที่ ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าการสะสมคาร์บอนต่อพื้นที่ของโกงกางใบเล็กมีค่ามากที่สุด (7.98 ต้นคาร์บอนต่อไร่) รองลงมาคือ โปรงแดง (2.46 ต้นคาร์บอนต่อไร่) แสมทะเล (2.27 ต้นคาร์บอนต่อไร่) และถั่วขาว (2.24 ต้นคาร์บอนต่อไร่) ตามลำดับ ซึ่ง ในปี พ.ศ. 2529 มีพื้นที่นาทุ่ง 689, 120 ไร่ และจากการสำรวจครั้งสุดท้ายปี พ.ศ. 2539 พบว่ามีพื้นที่นาทุ่งทั้งสิ้นประมาณ 418, 736 ไร่ (ธงชัย จารุพัฒน์ และ จีรวรรณ จารุพัฒน์, 2540) ซึ่งจะเห็นว่าสามารถประมาณพื้นที่นาทุ่งร้างได้ 270, 384 ไร่ ดังนั้นถ้าเราทำการปลูกฟื้นฟูนาทุ่งร้างด้วยพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดจะมีพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนถึง 1,011,776 ต้นคาร์บอนของพื้นที่นาทุ่งร้างทั้งหมด แต่ถ้าปลูกเฉพาะโกงกางใบเล็ก 2,157,664 ต้นคาร์บอนของพื้นที่นาทุ่งร้างทั้งหมด สำหรับการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ในขณะที่พันธุ์ไม้ทุกชนิดมีอายุ 7 ปี พบว่าแสมทะเลมีการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ($6.49 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูฝน, $4.42 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูแล้ง) มากที่สุดรองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ($3.78 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูฝน, $3.16 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูแล้ง) ถั่วขาว ($3.73 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูฝน, $2.47 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูแล้ง) และโปรงแดง ($2.63 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูฝน, $1.6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ฤดูแล้ง) ตามลำดับ ส่วนศักยภาพของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง มวลชีวภาพ การสะสมคาร์บอนและการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ของพันธุ์ไม้ 4 ชนิดที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปลูกฟื้นฟูพื้นที่นาทุ่งร้าง คือ โกงกางใบเล็ก และ แสมทะเล รองลงมาคือ ถั่วขาวและโปรงแดง

เอกสารอ้างอิง

- จิตต์ คงแสงไชย, โสภณ หะวานนท์ และไพศาล ธนะเพิ่มพูน. 2534. ผลผลิตของสวนป่าชายเลนในประเทศไทย. ใน การสัมมนากระบวนนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 7, 22-25 กรกฎาคม 2534, ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง. หน้า VI-3. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพานิชย์. 2536. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดในท้องที่ อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ทวนวงศ์ แสงเทียน, เนาวรัตน์ นตโนภาส และ รานี ปรีดาเวศน์. 2536. เปรียบเทียบการรอดตายและการเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบเล็กที่ปลูกด้วยความหนาแน่นสูงในพื้นที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว. การสัมมนากระบวนนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 8 “การจัดการทรัพยากรป่าชายเลนแบบยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 24-28 สิงหาคม 2536 ณ โรงแรมวังใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. น VI-2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ธงชัย จารุพัฒน์และ จีรวรรณ จารุพัฒน์. 2540. การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5 (TM) ติดตามสภาพความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย. รายงานการสัมมนากระบวนนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 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 กรกฎาคม 2534, ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. ความสำเร็จการปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่สภาพต่างกัน. ในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 11, 9-12 กรกฎาคม 2544, ณ โรงแรมตรังพลาซ่า จังหวัดตรัง. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2538. ผลผลิตและการหมุนของธาตุอาหารในระบบป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 651 หน้า.
- พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, ศศิธร พ่วงปาน และเจนจิรา แก้วรัตน์. 2540. ประสิทธิภาพของโก่งกังใบเล็กในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสร้างผลผลิตมวลชีวภาพ. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน” : บทเรียนในรอบ 20 ปี : 25-28 สิงหาคม 2540. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- พูลศรี เมืองสง. 2541. การเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพศาล ธนะเพิ่มพูน. 2532. ผลผลิตของสวนป่าไม้โก่งกังใบเล็ก จังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ลดาวลีย์ พวงจิตร, สนิท อักษรแก้ว และวัลยา คงผล. 2540. การสังเคราะห์แสงและการตอบสนองต่อปัจจัยแสงของพรรณไม้ป่าชายเลนบางชนิด. รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน” : บทเรียนในรอบ 20 ปี : 25-28 สิงหาคม 2540. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ อีธนาธร. 2531. การเติบโตและการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่หลังจากการทำเหมืองแร่ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2540. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งต่อโครงสร้างและการเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สนิท อักษรแก้ว, จิตต์ คงแสงไชย และวิพัทธ์ จินตนา. 2530. ความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่าชายเลนในประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์. ปีที่ 6 (2) : 160-187
- Aksornkoae, S., S. Panichsuko, W. Srisawatt, S. Panichchat, V. Ag-uru, N. Jintana, V. Jintana, J. Krachavong and B. Koocha. 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. Samarkoon 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.

ดัชนีพื้นที่เรือนยอดของสวนป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทิ้งร้าง บริเวณอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

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

อรรวรรณ 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 varied 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 throughout 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

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทิ้งร้างมีดัชนีพื้นที่เรือนยอดเฉลี่ยแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของพันธุ์ไม้ที่ปลูก 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 พื้นที่เรือนยอดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดได้ในระดับหนึ่งและสามารถนำมากำหนดอายุของสวนป่าชายเลนในการตัดสงขยาได้

คำหลัก: ดัชนีพื้นที่เรือนยอด/ป่าชายเลน/นาทิ้งร้าง/นครศรีธรรมราช

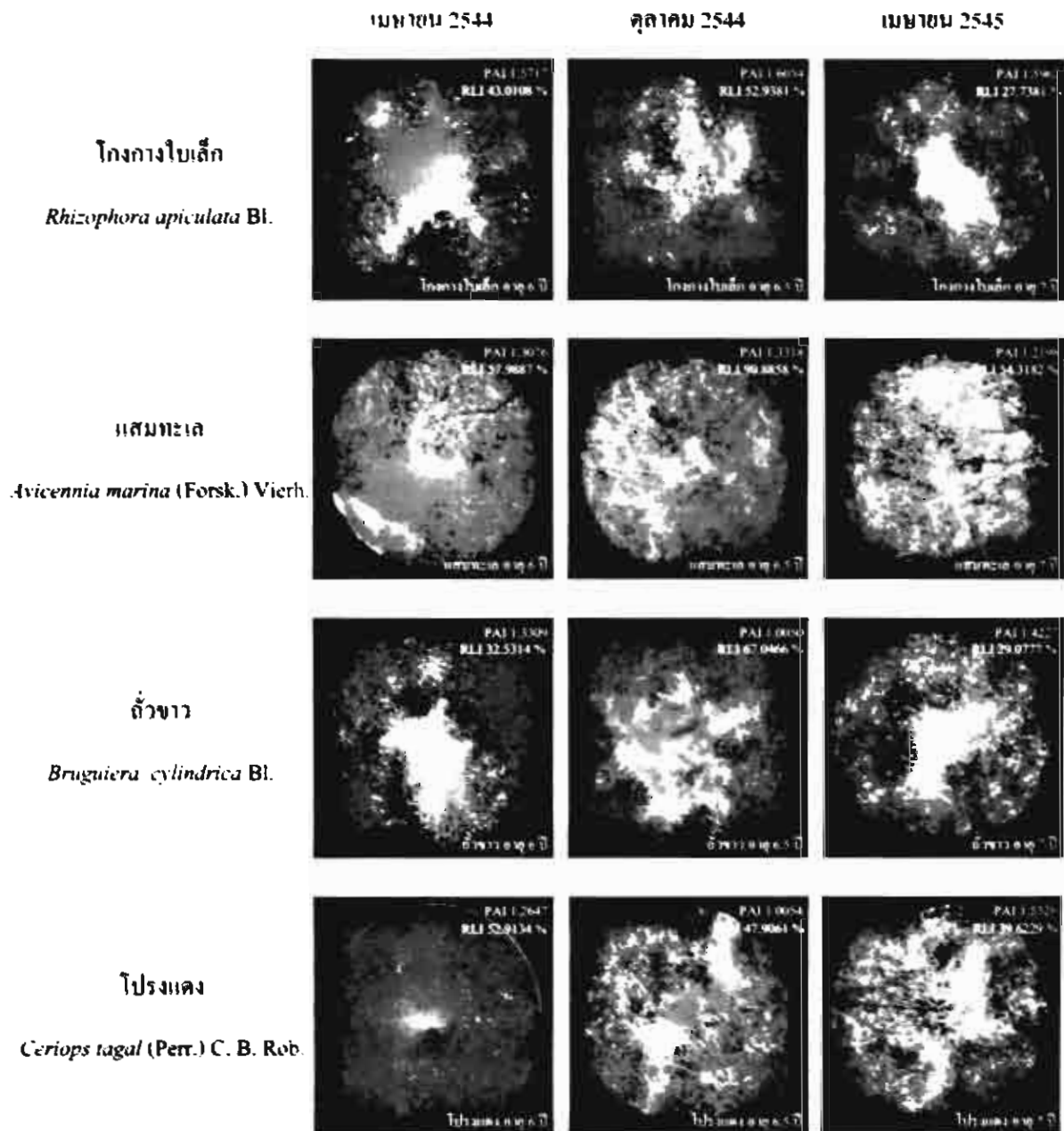
คำนำ

ใบเป็นส่วนสำคัญของต้นไม้มีบทบาทหลักในด้านผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ของป่าโดยใบไม้ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี และต้นไม้นำไปใช้ในการสร้างอาหารให้มีการเติบโตและสามารถสืบพันธุ์ต่อไป (อรุณี ภูสุดแสง, 2545) ดังนั้นดัชนีพื้นที่เรือนยอดหรือดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index, LAI) ของสังคมพืชจึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการให้ผลผลิตของป่า และกระบวนการในการผลิตของป่า (พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ, 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) ในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของสวนป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างซึ่งยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสวนป่าชายเลน ดังจะได้แสดงผลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาดัชนีพื้นที่เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด คือ โกงกางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง และ ถั่วขาว อายุ 6-7 ปี ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง โดยมีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร X 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 โดยหมายจุดที่ทำการถ่ายรูปครั้งแรก ในการประเมินค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดและปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ภายใต้เรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิด ที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างอายุ 6 ปี, 6.5 ปี และ 7 ปี



รูปที่ 1 ภาพถ่ายเรณียอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิดในเดือนเมษายน 2544 เดือนตุลาคม 2544 และเดือนเมษายน 2545 ในแปลงปลูกป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ่งร้างบริเวณอำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาดัชนีพื้นที่เรณียอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด อายุ 6-7 ปี ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง โดยมีระยะปลูกเท่ากับ 1.5 เมตร X 1.5 เมตร โดยใช้ภาพถ่ายการปกคลุมเรณียอด (รูปที่ 1) ในการประเมินค่าดัชนีพื้นที่เรณียอดและปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์ภายใต้เรณียอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 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)

หากพิจารณาค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดจากความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลพบว่าฤดูฝนซึ่งก็คือในเดือนตุลาคม 2544 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่มีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดมากกว่าในฤดูแล้งซึ่งก็คือในเดือนเมษายน 2544 ตัวอย่างเช่นในฤดูฝนโกงกางใบเล็กมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5769 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.5215 หรือ ในฤดูฝนแสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0691 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.0653 หรือในฤดูฝนโปรงแดงมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.2087 ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1781 เป็นต้น แต่ก็มีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดหนึ่งที่ได้เป็นไปตามนั้น ซึ่งก็คือถั่วขาวที่มีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดในฤดูแล้งมากกว่าในฤดูฝน โดยในฤดูแล้งถั่วขาวมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเท่ากับ 1.1942 ในขณะที่ในฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 1.1118 และจากการที่โกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดสูงมากที่สุดทั้งสองฤดูกาล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กสามารถเติบโตได้ดีทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนจึงทำให้อธิบายได้ว่าทำไมโกงกางใบเล็กถึงมีการเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น

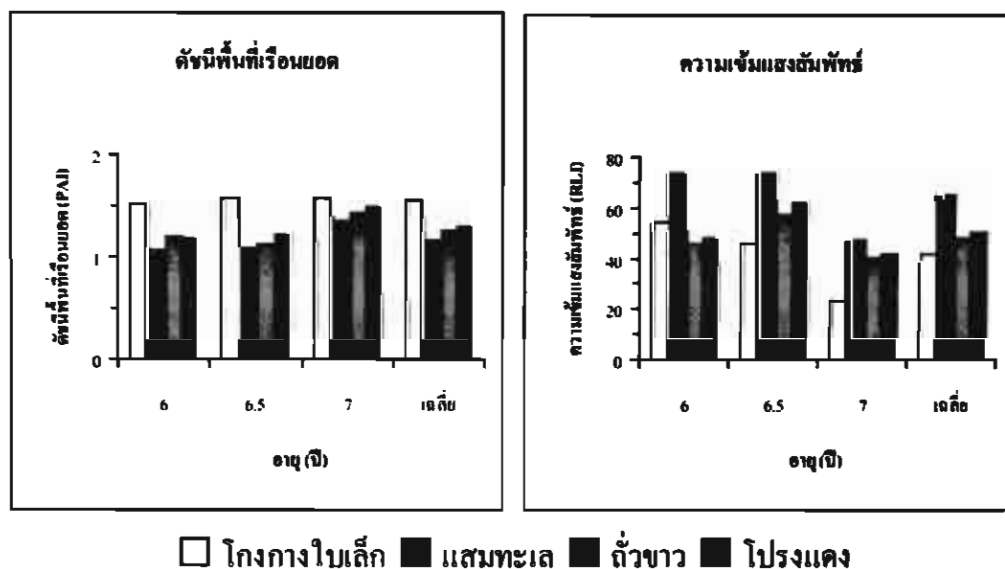
หากพิจารณาค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดจากการเปลี่ยนแปลงเมื่ออายุของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นก็จะพบว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่ออายุเพิ่มขึ้นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดก็เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น แสมทะเลมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดเพิ่มขึ้นจาก 1.0653 (เมื่ออายุ 6 ปี) เป็น 1.0691 (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 ส่วนโกงกางใบเล็กนั้นพบว่าค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 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 ดังนั้นโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างนี้จึงน่าจะมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าโปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล แต่ดัชนีพื้นที่เรือนยอดนี้แตกต่างจากดัชนีพื้นที่เรือนยอดป่าชายเลนปลูกที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งโปรงแดงและโกงกางใบเล็กมีค่าเท่ากับ 1.35 และ 0.92 ตามลำดับ(วนบุษย์ เสือดี, 2543)

ตารางที่ 1 ดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง

อายุ (ระยะเวลา)	ชนิด	ดัชนีพื้นที่เรือนยอด	ความเข้มแสงสัมพัทธ์ (%)
6 ปี (เมษายน 2544)	โกกงางใบเล็ก	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)	โกกงางใบเล็ก	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)	โกกงางใบเล็ก	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	โกกงางใบเล็ก	1.5584 ^a	40.9246
	แสมทะเล	1.1570 ^b	64.4170
	ถั่วขาว	1.2453 ^b	47.1793
	โปรงแดง	1.2912 ^{ab}	50.0037

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งที่กำกับค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

รูปที่ 2 ดัชนีพื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง
อำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. ความเข้มแสงสัมพัทธ์

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

Spurr and Barnes (1980) พบว่าปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดจะถูกจำกัดเพราะการบดบังระหว่างใบของต้นไม้ที่อยู่ใกล้เคียงกันและการบดบังของใบภายในต้นไม้เป็นผลให้ความเข้มของแสงแตกต่างกันในแต่ละส่วนของเรือนยอด 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 Sacki, 1953) ดังนี้

$$I(z) = I^0 \exp(-K F_{(z)})$$
$$RLI = I/I^0$$

โดย I คือ ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับต่าง ๆ (z) ของเรือนยอดหมู่ไม้

I^0 คือ ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับผิวบนของเรือนยอด

K คือ สัมประสิทธิ์การส่องทะลุผ่านของแสง (light extinction coefficient)

$F_{(z)}$ คือ ค่าสะสมของใบตามระดับความลึกของเรือนยอด (leaf area density)

เมื่อ z เป็นระดับความลึกของเรือนยอด

จากสมการดังกล่าวความเข้มของแสงที่ส่องมายังเรือนยอดของต้นไม้จะมีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ผิวใบ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดจะลดลงในแต่ละระดับเรือนยอดเนื่องจากพื้นที่ผิวใบที่เพิ่มมากขึ้น โดยความเข้มแสงที่ระดับล่างของเรือนยอดจะมีค่าน้อยกว่าความเข้มแสงที่เรือนยอดด้านบน โดยทั่วไปต้นไม้ที่ปลูกชิดกันจะมีค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบสูงกว่าต้นไม้ที่ปลูกห่างกัน แต่ปริมาณใบมากไม่ได้แสดงว่าการสังเคราะห์แสงจะมากเสมอไปเนื่องจากมีใบที่ถูกบดบังทำให้ไม่ได้รับแสงเต็มที่ ปริมาณพื้นที่ผิวใบที่เหมาะสมของพรรณไม้จะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงสูงสุด เรียกว่า leaf area optimum ดังนั้น การที่จะให้มีการสังเคราะห์แสงสูงสุดจำเป็นต้องลดค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม การลดดัชนีพื้นที่ผิวใบทำได้โดยการตัดสาขายาระยะ หรือการลิดกิ่ง (พงษ์ศักดิ์ สหุภาพ, 2538)

ความเข้มแสงสัมพัทธ์ที่ส่องผ่านเรือนยอดมีความสำคัญต่อพรรณพืชชั้นล่างของหมู่ไม้และยังมีความสำคัญต่อผลผลิตของต้นไม้เนื่องจากเรือนยอดที่แน่นทึบมีผลทำให้ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดลดลง โดยปกติแล้วใบไม้ที่ได้รับแสงเต็มที่จะมีการสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าใบไม้ที่อยู่ในร่ม ดังนั้นต้นไม้ที่มีพื้นที่ผิวใบมากแต่ใบไม่ได้รับแสงเต็มที่เช่น ใบที่อยู่บริเวณด้านล่างหรือด้านในของเรือนยอดจำนวนมาก ใบเหล่านี้มักจะมีการสังเคราะห์แสงน้อย

และใช้พลังงานในการหายใจมากมีผลทำให้การเติบโตของต้นไม้ช้าลง จึงจำเป็นต้องกำจัดกิ่งที่อยู่ด้านล่างหรือกิ่งที่ไม่ได้รับแสงเหล่านี้ออกบ้าง ซึ่งวิธีการลิดกิ่งเป็นวิธีการทางวนวัฒนที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการสวนป่า นอกจากการลิดกิ่งแล้ว การตัดสาขาระยะก็เป็นวิธีการจัดการให้ต้นไม้มีผลผลิตที่มีคุณภาพโดยการเปิดช่องว่างเพื่อให้มีโอกาสได้รับแสงแดดเต็มที่ทั้งเรือนยอด

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

สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้าง บริเวณอำเภอชนอม 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 ส่วนโกงกางใบเล็กนั้นพบว่าค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.5215 (เมื่ออายุ 6 ปี) มีค่าเท่ากับ 1.5769 (เมื่ออายุ 6.5 ปี) และมีค่าเท่ากับ 1.5767 (เมื่ออายุ 7 ปี) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโกงกางใบเล็กนั้นมีค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดค่อนข้างคงที่และเป็นค่าดัชนีพื้นที่เรือนยอดที่สูงกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่งเกิดจากการที่โกงกางใบเล็กมีการเติบโตได้ดีกว่าชนิดอื่นเป็นผลทำให้เรือนยอดของโกงกางใบเล็กแน่นมากจึงทำให้ค่าที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยปกติดัชนีพื้นที่เรือนยอดมักจะมีความสัมพันธ์กับการสังเคราะห์แสง ดังนั้นโกงกางใบเล็กที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่งร้างนี้จึงน่าจะมีการสังเคราะห์แสงมากกว่าโปรงแดง ถั่วขาว และแสมทะเล ส่วนปริมาณความเข้มแสงสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ส่องผ่านเรือนยอดของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นาทุ่ง

ร่างทั้ง 4 ชนิดพบว่า แสมทะเลมีความเข้มแสงสัมพัทธ์สูงสุด รองลงมาคือ โปรงแดง ถั่วขาว และโกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.4170, 50.0037, 47.1793 และ 40.9246 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาวิจัยพอสรุปได้ว่าการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบนพื้นที่นาทุ้งร้างบนพื้นฐานการศึกษาดังนี้ พื้นที่เรือนยอดและความเข้มแสงสัมพัทธ์ควรจะมีการตัดสางขยายระยะเมื่ออายุ 7 ปี ส่วนระดับการตัดสางขยายระยะควรจะได้ดำเนินการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 651 น.
- วนบุษป เสือดี. 2543. อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมวลชีวภาพของไม้ป่าชายเลนปลูกบางชนิดที่อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรุณี ภู่อุดแสง. 2545. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีระและโครงสร้างเรือนยอดของไม้ดินเปิดที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน. 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. Ueber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14: 22-52.
- Oliver, C. D. and B. C. Larson. 1996. Forest Stand Dynamic. The Permissions Department 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.
- Reifsnyder, 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 แก้ววงศ์
สนธิ อักษรแก้ว

Anut Kaewwong
Sanit Aksomkoae

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 โดยวางแผนทดลองจำนวน 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 ในขณะที่สมทะเลมีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงและอัตราการรอดตายสูงสุด ส่วนจำนวนใบเฉลี่ยพบว่า สมขาว มีจำนวนใบเฉลี่ยดีที่สุด ในแปลงที่ 2 มีไม้รอดตาย 5 ชนิด โดยโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุด ขณะที่สมทะเลมีจำนวนใบเฉลี่ยและอัตราการรอดตายสูงที่สุด ส่วนโปร่งแดงมีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด ส่วนในแปลงที่ 3 ไม้ทุกชนิดรอดตายโดยพบว่าโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย การเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยและอัตราการรอดตายสูงที่สุด ขณะที่ลำพูทะเลมีจำนวนใบเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนถั่วขาวมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาศักยภาพโดยรวมของไม้ที่ไม่สามารถปลูกเพื่อฟื้นฟูปื้นที่เหมือนแรมร้าง พบว่า สมทะเล และสมขาว เป็นไม้ที่มีความเหมาะสมในการปลูกเพื่อฟื้นฟูปื้นที่เหมือนแรมร้าง บริเวณศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนองมากที่สุด สำหรับไม้ที่มีความเหมาะสมรองลงมา คือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล และโปร่งแดง ส่วนถั่วขาวและโกงกางใบเล็กไม่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่เหมือนแรมร้าง และผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินภายหลังการปลูกกล้าไม้ในระยะเวลา 1 ปี พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก

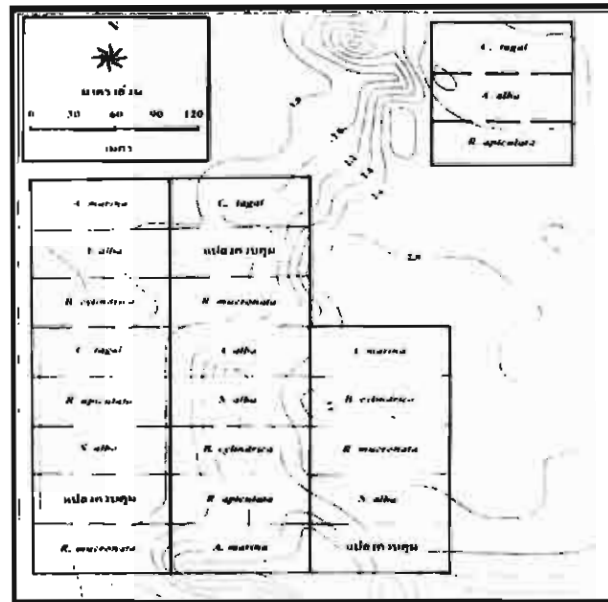
คำหลัก: การเจริญเติบโต/อัตราการรอดตาย/เหมือนแรมร้าง/ป่าชายเลน

คำนำ

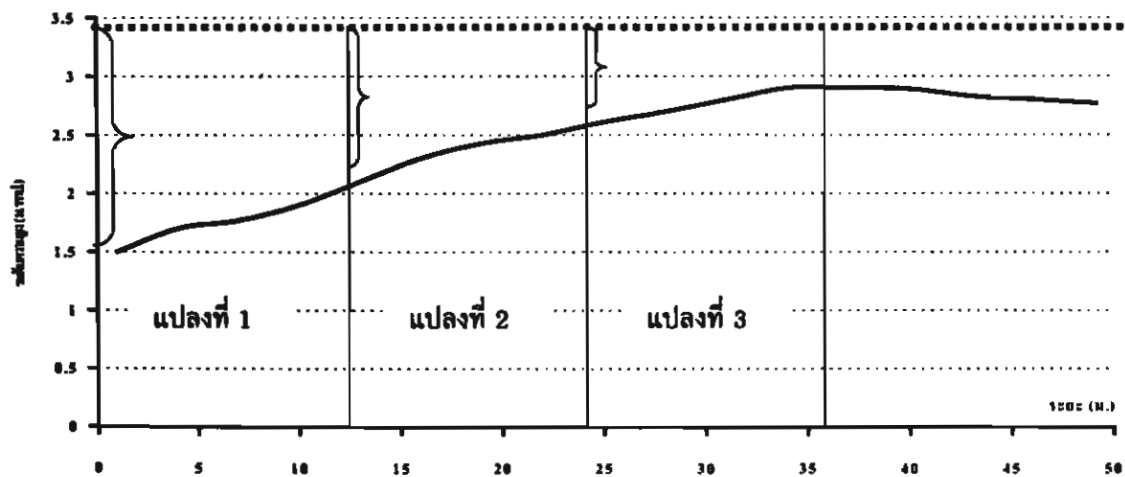
พื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทยมีประมาณ 1,227,675 ไร่ ในปี พ.ศ. 2529 แต่ในปี พ.ศ. 2539 เหลือพื้นที่เพียง 1,047,390 ไร่ ในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2529-2539) พบว่าป่าชายเลนมีพื้นที่ลดลงถึง 180,285 ไร่ (เฉลี่ยปีละ 18,029 ไร่) ซึ่งการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนนี้มีสาเหตุจากการทำกิจกรรมหลายประเภทในพื้นที่ดังกล่าว เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ นากุ้ง บ่อปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ การทำนาเกลือ การเกษตร การขยายเขตชุมชน ตลอดจนการพัฒนาในด้านสาธารณูปโภคต่างๆ กิจกรรมที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การทำเหมืองแร่ ซึ่งมีการทำอย่างแพร่หลายทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต รวมพื้นที่ประมาณ 5,876 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดระนอง (4,229 ไร่) ผลจากการทำเหมืองแร่ก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ เช่น ปัญหาการพังทลายของดิน การทำลายป่าชายเลนโดยตรงจากการขุดแร่ น้ำล้างแร่ที่ปล่อยออกจากเหมืองแร่สู่ป่าชายเลนหรือพื้นที่ชายฝั่งซึ่งมีปริมาณของสารตะกั่วสูงมากจนเป็นอันตรายต่อพันธุ์ไม้ป่าชายเลนรวมทั้งส่งผลถึงการเจริญเติบโตของต้นไม้และสัตว์น้ำในบริเวณนั้น น้ำบริเวณชายฝั่งขุ่นขึ้นจากตะกอนทราย นอกจากนี้ตะกอนที่ทับถมทำให้เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศป่าชายเลนอย่างรุนแรงและยาวนาน ซึ่งลักษณะดินในพื้นที่ภายหลังการทำเหมืองแร่นั้น เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินทราย และดินร่วนปนทรายแข็ง ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากปล่อยให้พื้นที่นั้นมีการทดแทนตามธรรมชาติแล้วต้องใช้เวลาาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงและพัฒนาพื้นที่หลังจากผ่านการทำเหมืองแร่ให้มีสภาพดีขึ้น ซึ่งการทดลองปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนเพื่อหาชนิดพันธุ์ที่สามารถปลูกในพื้นที่เหมือนแรมร้างนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่จะปรับปรุงและฟื้นฟูปื้นที่เหมือนแรมร้างให้มีสภาพเป็นป่าชายเลนเร็วขึ้น รวมทั้งเป็นการปรับปรุงระบบนิเวศป่าชายเลนให้มีสภาพดีขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการรอดตายของไม้ป่าชายเลนที่ปลูกในพื้นที่เหมือนแรมร้างพร้อมกับศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำบางประการในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งก่อนและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน และสุดท้ายเพื่อทราบถึงชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่เหมาะสมในการนำมาปลูกในพื้นที่เหมือนแรมร้างทั้งนี้เพื่อนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการปลูกและฟื้นฟูจัดการป่าชายเลนในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่พื้นที่อื่นๆ ให้ประสบผลสำเร็จต่อไป

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 กระจ่ายทั่วแปลง แล้วนำดินตัวอย่างมารวมกัน (composite sample) บรรจุใส่ถุงพลาสติก ตัวอย่างละประมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งก่อนที่จะนำส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป ทั้งนี้จะศึกษาคุณสมบัติบางประการ ได้แก่ เนื้อดิน (texture) ค่าความเป็นกรดเป็น

ค่า (pH) Salinity อินทรีย์วัตถุ (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 ศูนย์วิจัยปาล์วยเลน จังหวัดระนอง

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาด้านป่าไม้

การศึกษานิตพันธุ์ไม้ปาล์วยเลนที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยปาล์วยเลน 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 บำรุงรักษ์ (2540) ที่พบว่าแสมขาวและแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแสมขาวและแสมทะเลเป็นไม้ที่สามารถกระจายตัวได้ดีในพื้นที่ต่าง ๆ ถึงแม้ธาตุอาหารไม่สมบูรณ์หรือมีสภาพแวดล้อมไม่ค่อยเหมาะสม (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 บำรุงรักษ์ (2540) พบว่าแสมทะเลและแสมขาวในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยกว่า ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าแสมทะเลและแสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโต 77.42 และ 42.95 เซนติเมตร/ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ศึกษามีน้ำทะเลท่วมแปลงเป็นประจำ ซึ่งโดยปกติแล้วแสมทะเลและแสมขาวชอบพื้นที่บริเวณที่มีน้ำขึ้นลงปกติมีน้ำทะเลท่วมเป็นครั้งคราว (Ibrahim และ Admad-Shah, 1989) ดังนั้น จึงทำให้แสมทะเลและแสมขาวในพื้นที่ศึกษามีการเจริญเติบโตด้านความสูงน้อยกว่า

1.3 จำนวนใบ

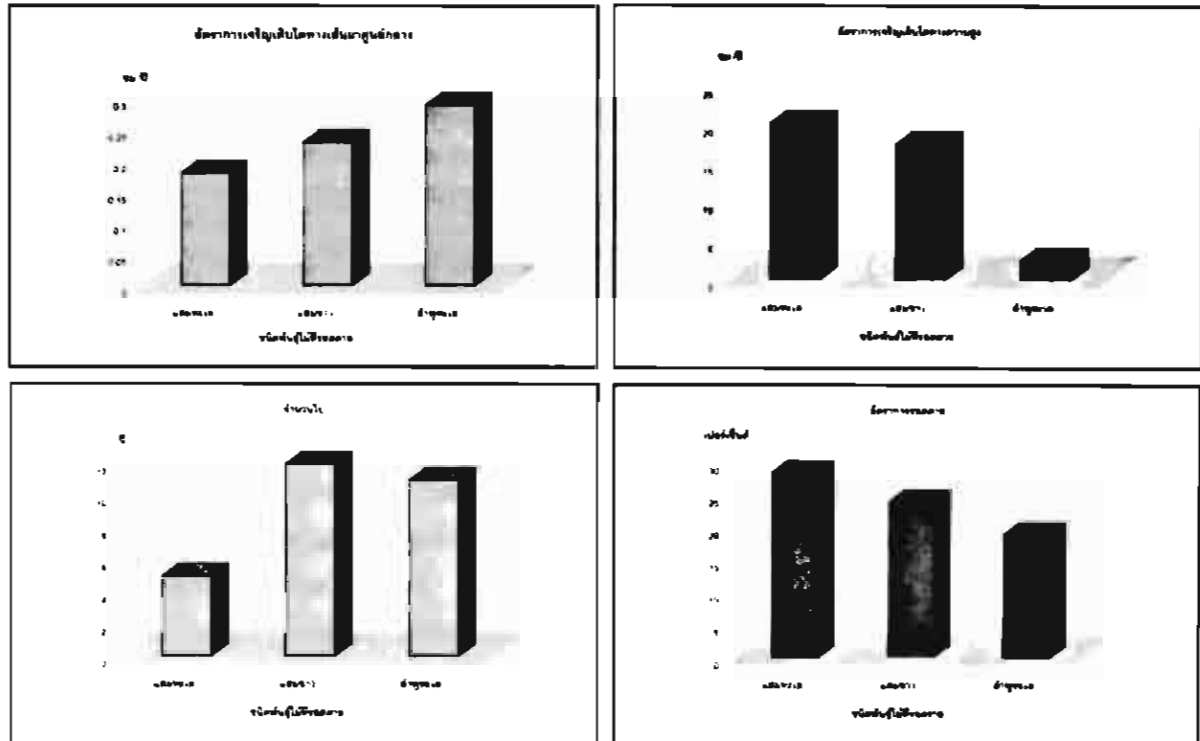
เมื่อเริ่มปลูก พบว่า กล้าไม้ลำพูทะเลมีจำนวนใบสูงสุดเฉลี่ย 8 คู่ รองลงมา คือ แสมทะเล (4 คู่) แสมขาว และถั่วขาว (3 คู่) และโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก และโปรงแดง (2 คู่) เมื่ออายุครบ 1 ปี พบว่า แสมขาว มีการแตกใบเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ มีจำนวนใบ 12 คู่ รองลงมา คือ ลำพูทะเลและแสมทะเล (11 และ 5 คู่)

1.4 อัตราการรอดตาย

จากการศึกษา พบว่ามีกล้าไม้รอดตายเพียง 3 ชนิดและแต่ละชนิดมีอัตราการรอดตายต่ำมาก โดยแสมทะเล มีอัตราการรอดตายสูงสุดเพียงร้อยละ 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)		ความโต	ความสูง	
	ก.พ. 42	ก.พ. 43	ก.พ. 42	ก.พ. 43	ก.พ. 42	ก.พ. 43			
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 และอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 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 บำรุงรักษ์ (2540) ซึ่งพบว่า แสมทะเลและแสมขาว มีอัตราการเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกัน

2.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง

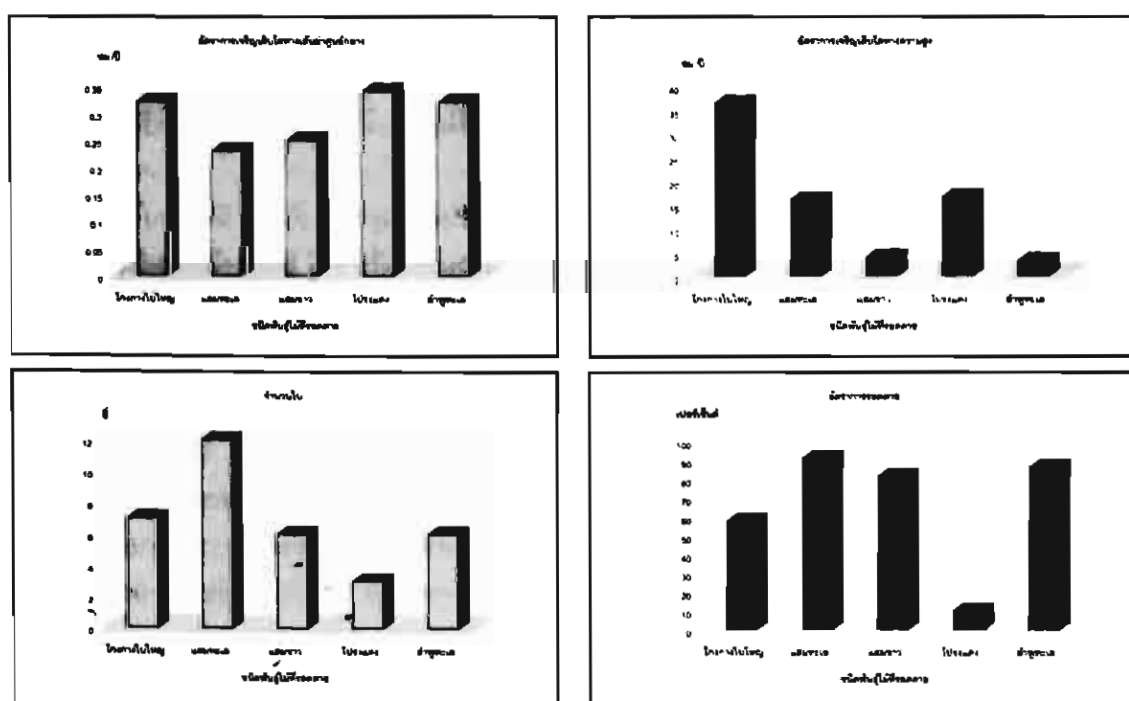
การศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูงเมื่อเริ่มปลูกและเมื่อกล้าไม้อายุครบ 1 ปี พบว่าไม้ทั้ง 5 ชนิดมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 87.48 และ 130.33 เซนติเมตร เมื่อนำต้นไม้ที่รอดตายมาคิดอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 1 ปี พบว่าโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงสุด 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 และอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 2

3. แปลงที่ 3

3.1 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลาง

เมื่อเริ่มปลูกพบว่าโกกงางใบใหญ่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.72 เซนติเมตร เมื่อกล้าไม้อายุ 1 ปี โกกงางใบใหญ่มีขนาดความโต 1.25 เซนติเมตรหรือมีอัตราการเติบโต 0.52 เซนติเมตร/ปี รองลงมา คือ ลำพู ทะเล แสมทะเล โกกงางใบเล็ก ถั่วขาว แสมขาว และโปรงแดง (ภาพที่ 4) ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนองที่ศึกษา โดย สนิท อักษรแก้ว และคณะ (2530) ซึ่งพบว่า โกกงางใบใหญ่ โกกงางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางคือ 0.56, 0.44, 0.18 และ 0.10 เซนติเมตร/ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า โกกงางใบใหญ่ และโกกงางใบเล็ก ในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ มีอัตราการเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่าในพื้นที่ศึกษา สำหรับถั่วขาวและโปรงแดงในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของดินในป่าชายเลนธรรมชาติมีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าซึ่งเหมาะสมกับโกกงางใบใหญ่และโกกงางใบเล็กที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเลนค่อนข้างลึก สำหรับโปรงแดงและถั่วขาวเป็นไม้ที่ขึ้นได้ดีในพื้นที่ที่เป็นดินเลนค่อนข้างแข็ง พบว่าในป่าชายเลนธรรมชาติโปรงแดงมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะประจำตัวของโปรงแดงซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดเล็กอยู่แล้ว

3.2 การเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง

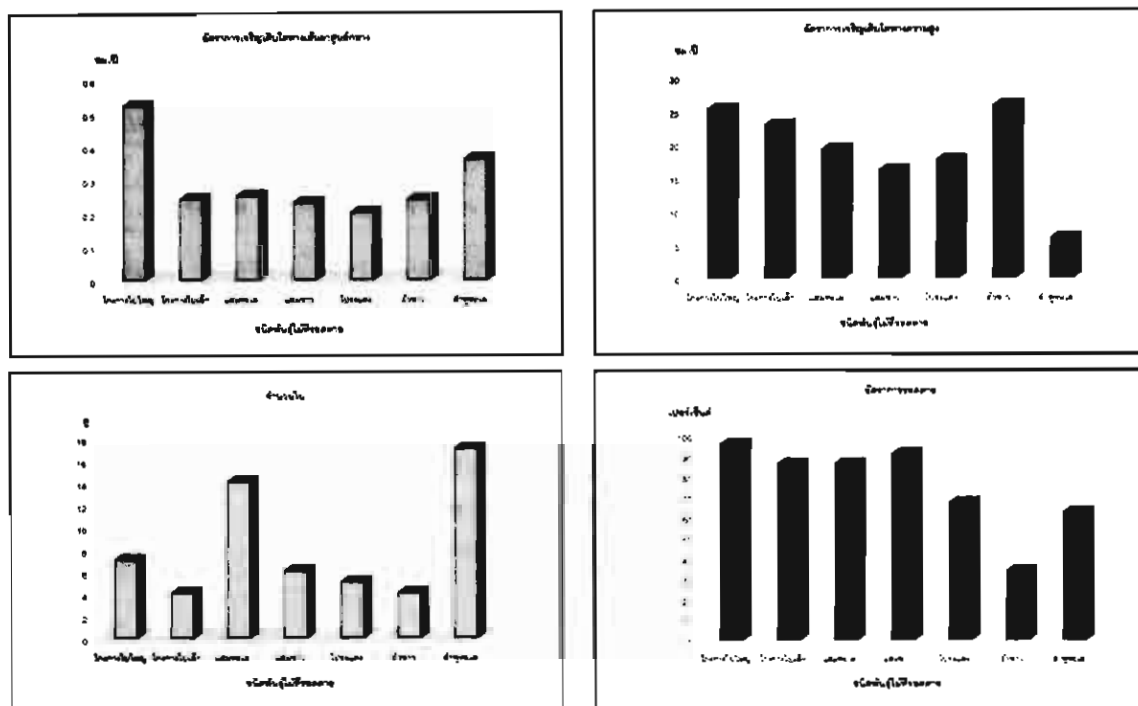
เมื่อเริ่มปลูกพบว่าโกกงางใบใหญ่ มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด คือ 86.68 เซนติเมตร เมื่ออายุครบ 1 ปี วัดความสูงได้ 112.95 เซนติเมตร จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าถั่วขาวมีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงสูงสุด 25.57 เซนติเมตร/ปี รองลงมาคือ โกกงางใบใหญ่ โกกงางใบเล็ก แสมทะเล โปรงแดง แสมขาว และลำพูทะเล ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของโกกงางใบใหญ่ โปรงแดง ถั่วขาวและแสมขาว ในพื้นที่ศึกษากับที่ปลูกในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติจากการศึกษาของไพศาล ธนะเพิ่มพูล (2538) พบว่า โกกงางใบใหญ่ โปรงแดง และถั่วขาว ในพื้นที่ศึกษามีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า แต่แสมขาวมีอัตราการเจริญเติบโตกว่าในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างด้านสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และลักษณะดิน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

3.3 จำนวนใบ

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

3.4 อัตราการรอดตาย

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



รูปที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง จำนวนใบ และอัตราการรอดตายของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในแปลงที่ 3

4. เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของไม้แต่ละชนิดระหว่างแปลงทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้แต่ละชนิดระหว่างแปลงทดลองพบว่าเฉพาะโกงกางใบใหญ่เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงพบว่าโกงกางใบใหญ่และแสมขาว มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกล้าไม้อื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. การศึกษาด้านคุณภาพน้ำ

การศึกษาด้านคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง แยกพิจารณา 2 ช่วง คือ ฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์และพฤศจิกายน) และฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมและสิงหาคม) ในขณะนี้น้ำขึ้นและน้ำลง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำบางประการในแต่ละฤดู บริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง

พารามิเตอร์	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน			ค่ามาตรฐาน
	น้ำขึ้น		น้ำลง	น้ำขึ้น		น้ำลง	
	แปลงทดลอง	คลองหวาว	คลองหวาว	แปลงทดลอง	คลองหวาว	คลองหวาว	
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	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 ₄ -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

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าในขณะที่ย่านน้ำขึ้นทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง คุณภาพน้ำบริเวณคลองหวาวและบริเวณแปลงทดลองทุกค่าดัชนีมีความแตกต่างกันน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากมาจากจุดเก็บตัวอย่างอยู่ห่างกันไม่มากนัก 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 ที่สูงกว่าในช่วงฤดูฝนอาจเนื่องจาก ช่วงเวลาในการท่วมและปริมาณน้ำลดลง ซึ่งเมื่อน้ำท่วมซึ่งจะส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้น้ำมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น pH จึงลดลง ส่วนในช่วงฤดูฝนค่าที่ทำการวัดส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น น้ำจืดจึงไหลลงสู่แม่น้ำสูงขึ้น ซึ่งธาตุอาหารส่วนใหญ่จะมากับกระแสน้ำและการผสมระหว่างมวลน้ำ จึงส่งผลให้ธาตุอาหารต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่ง Thong et al. (1993) อ้างโดย Tanaka และ Choo (2000) กล่าวว่า การกระจายและพฤติกรรมของธาตุอาหารต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามการขึ้นลงของน้ำและฤดูกาล โดยส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณสูงกว่าในฤดูแล้งดังเช่นการศึกษาบริเวณคลองหวาว โดย Itthipatachai et al. (1991) พบว่าความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรต มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีปริมาณน้ำจืดเข้ามา โดยความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรตสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงฤดูแล้ง

3. การศึกษาด้านคุณสมบัติของดิน

การศึกษาคูสมบัติของดินบางประการในบริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้าง 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
% ซิลต์	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
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)	1.5 ^L	1.0 ^L	1.3 ^L	1.1 ^L
ปริมาณฟอสฟอรัส (ppm)	20 ^M	13.3 ^M	18.7 ^M	12.7 ^M
ปริมาณโพแทสเซียม (ppm)	240 ^M	223.3 ^M	153.3 ^M	136 ^M
ปริมาณแคลเซียม (ppm)	320 ^M	253.3 ^L	229.3 ^L	141.0 ^L
ปริมาณแมกนีเซียม (ppm)	413.3 ^M	353.3 ^M	303.3 ^M	270 ^M
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 ^M = medium ^L = low ^{VH} = very high ^H = high ^{VL} = very low			

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูกไม้ป่าชายเลน (1 ปี) ในแปลงทดลอง พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของดินในแปลงทดลองมีลักษณะเหมือนเดิม คือ เป็นดินทรายร่วน (loamy sand) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความเค็ม, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงมีปริมาณอยู่ในอัตราที่เท่าเดิม ยกเว้นปริมาณแคลเซียมที่ลดลงมาก โดยลดจากอัตราปานกลาง (320 ppm) เหลืออัตราต่ำ (229.3 ppm) สำหรับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนดินในแปลงควบคุม พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเดียวกับกับดินในแปลงทดลอง 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 โดยลำพูทะเลมีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด แสมทะเล มีการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตทางความสูงและอัตราการรอดตายสูงสุด แสมขาว มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลงมากกว่า 2 เมตร

2) แปลงที่ 2 มีไม้รอดตาย 5 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล โปรงแดง แสมขาว และแสมทะเล โดยโกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโตและอัตราการเจริญเติบโตทางความสูง และการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุด แสมทะเล มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด โปรงแดง มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่า แสมทะเล ลำพูทะเล และแสมขาว มีอัตราการรอดตายสูง ร้อยละ 90.48, 85.71 และ 80.79 ตามลำดับ สรุปได้ว่าพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลง 1-2 เมตร เมื่อน้ำขึ้นสูงสุด คือ โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล

3) แปลงที่ 3 ไม้ทุกชนิดสามารถเติบโตได้ในแปลงนี้ โดยโกงกางใบใหญ่ มีการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด และการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยสูงสุด ลำพูทะเล มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด ถั่วขาว มีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงสูงสุด สำหรับอัตราการรอดตาย พบว่า ไม้เกือบทุกชนิดมีอัตราการรอดตายสูง ยกเว้นถั่วขาวที่มีอัตราการรอดตายเพียงร้อยละ 33.33 สรุปได้ว่า พันธุ์ไม้ที่เหมาะสมในการปลูกฟื้นฟูเมืองแร่ร้างที่มีน้ำท่วมแปลงน้อยกว่า 1 เมตร เมื่อน้ำขึ้นสูงสุด คือ โกงกางใบใหญ่

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าแสมทะเลและแสมขาวเป็นไม้ที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่เมืองแร่ร้าง รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ ลำพูทะเล และโปรงแดง สำหรับโกงกางใบเล็ก และถั่วขาวไม่เหมาะสมที่จะนำมาปลูก

1.2 ด้านคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาพบว่าทุกดัชนีที่ตรวจวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล คือ มีค่าอุณหภูมิ น้ำ 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 ไนโตรที่-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 ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง 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 เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง โดยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ จะเป็นตัวการที่ช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งพืชและสัตว์ที่จะตามมาทำให้พื้นที่เหมืองแร่ร้างมีสภาพเหมือนกับในป่าธรรมชาติได้เร็วขึ้น

4) จากผลการศึกษาพบว่าเพรียงหินเป็นศัตรูพืชที่ทำลายกล้าไม้ที่สำคัญ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายของเพรียงหินควรเลือกช่วงเวลาการปลูก กล่าวคือ ควรปลูกกล้าไม้ในช่วงฤดูฝน (ความเค็มของน้ำต่ำ) ซึ่งอาจจะป้องกันเพรียงหินบางชนิดที่ไม่ชอบความเค็มต่ำมากได้

5) ในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ต้องมีการดูแลกล้าไม้ที่ปลูก มีการตรวจสอบอัตราการรอดตายเพื่อที่จะปลูกซ่อมหรือในการปลูกควรเลือกชนิดพืชที่มีความทนทานสูงมาปลูกก่อน เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการไม่ว่าจะเป็นลักษณะของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ระยะเวลาการท่วมของน้ำ แผลงศัตรูป่าไม้ และกระแสน้ำและลมซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่ปลูกและเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก

6) ควรมีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ราษฎรในท้องที่และพื้นที่ใกล้เคียงเห็นให้ถึงประโยชน์และความสำคัญของพื้นที่ป่าชายเลนมากขึ้นรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมเพื่อจะได้มีส่วนร่วมในการปลูกป่าชายเลนเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เหมืองแร่ร้าง

2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

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 รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการจัดการและการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายฝั่ง ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินการเพื่อฟื้นฟูและอนุรักษ์ป่าชายเลนประสบผลสำเร็จได้ง่ายและเร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- พิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2540. การศึกษาการเติบโตของต้นแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลน
งอกใหม่ของอ่าวปัตตานี. น. 11-4. ใน การสัมมนาในระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 10 “การจัดการ
และการอนุรักษ์ป่าชายเลน :- บทเรียนในรอบ 20 ปี”, 25-28 สิงหาคม 2540, โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่
จังหวัดสงขลา. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ไพศาล ณะเพิ่มพูล. 2538. การเพาะชำกล้าไม้และการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน. น. V-01. ใน การสัมมนา
ระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 “การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า”, 6-9
กันยายน 2538, โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จ.ภูเก็ต. คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติแห่งชาติ สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สนิท อักษรแก้ว, จิตต์ คงแสงไชย และวิพัทธ์ จินตนา. 2530. ความสมดุลทางนิเวศวิทยาและกำลังผลิตของป่า
ชายเลนในประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 6(2) : 160-187.
- Clarke, L.D. and N.J. Hannon. 1971. The Mangrove Swamp and Salt March Communities of the Sydney
District. IV. The Significance of Species Interaction. J. Ecol. 59: 535-53.
- Ibrahim, H. and A. Ahmad. Shah. 1989. Variation and Zonation *Avicennia* spp. At Sementa, Klana,
Malaysia in “Mangrove Management : Its Ecological and Economic Consideration” BIOTROP
Special 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 Brachir 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 Bamroongrugs

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 ป้องกันคลื่นลม และเรือประมงขนาดเล็กบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก และปลูกในเดือนมีนาคม 2543 ขณะที่น้ำในอ่าวยังเป็นน้ำจืด พบว่าหลังจากปลูกได้ 8 เดือน กล้าไม้ที่ปลูกจากฝักมีอัตราการรอดตายสูง ทั้งที่อยู่ในรั้ว (99%) และนอกรั้ว (70%) ในขณะที่กล้าถุงที่ปลูกในรั้วมีอัตราการรอดตายสูงเช่นกัน (97%) แต่กล้าถุงที่ปลูกนอกรั้วตายเกือบหมด เหลือเพียง 3% เมื่อวัดอัตราการเจริญเติบโตในระยะ 14 เดือน หลังเกิดสภาวะน้ำท่วมในทะเลสาบครั้งใหญ่ ทำให้กล้าไม้จมน้ำที่ขุ่นขึ้นนานเกิน 10 วัน พบว่าการรอดตายจะลดลงทั้งกลุ่มที่ปลูกจากฝัก (ประมาณ 45%) และกล้าถุงซึ่งรอดตายประมาณ 4% เท่านั้น และเมื่ออายุกล้าได้ 34 เดือน กล้าจากฝักจะมีชีวิตรอดคือกลุ่มในรั้ว (40%) และนอกรั้ว (35%) โดยกล้าที่รอดตายนี้มีเฉพาะกลุ่มที่ปลูกในน้ำตื้นชายฝั่งเท่านั้น ส่วนกล้าจากถุงทั้งในรั้วและนอกรั้วตายเกือบหมด สำหรับกล้าที่รอดตายนั้นมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามปกติ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการกั้นรั้วแทบไม่มีผลต่อการปลูกโกงกางใบใหญ่ในทะเลสาบสงขลาเลย การตายของกล้ามีสาเหตุจากปัจจัยของน้ำเป็นสำคัญ

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลา การใช้ฝักโกงกางใบใหญ่ปลูกบริเวณน้ำตื้นชายฝั่งมีความเหมาะสมกว่าการใช้กล้าถุง

คำหลัก: การเจริญเติบโต/การรอดตาย/โกงกางใบใหญ่/ร้ว/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 ตลอดจนการรบกวนของเรือประมง เป็นต้น

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) ปัจจุบันนี้ป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลาได้ถูกทำลายลงเป็นอย่างมากและส่งผลกระทบต่อ การลดลงของทรัพยากรประมงและคุณภาพของสิ่งแวดล้อมชายฝั่งและต่อชีวิตของชุมชนบริเวณรอบทะเลสาบ ไม้โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir) เป็นไม้ที่พบประปรายบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก เป็นไม้ที่มีขนาดใหญ่สูง 30-40 เมตร มีรากค้ำจุนทำหน้าที่พยุงลำต้น บางครั้งพบว่ามีการหักจากกิ่งอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก โกงกางใบใหญ่ขึ้นได้ดีบริเวณที่มีดินเลนอ่อนและลิกนินสูง (สำนักวิชาการป่าไม้, 2542) แม้ในทะเลสาบซึ่งมีน้ำท่วมขังเกือบตลอดปีก็พบไม้โกงกางขึ้นอยู่ได้ ได้มีหลายหน่วยงานพยายามฟื้นฟูป่าชายเลนรอบทะเลสาบสงขลาขึ้นมาใหม่ ซึ่งบางโครงการก็ประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ เช่น ชุมชนบริเวณบ้านหัวเขา อำเภอสิงหนคร ได้ร่วมกับองค์กรต่างๆ ปลูกโกงกางใบใหญ่บริเวณริมฝั่งและหาดเลน ทั้งนี้บริเวณดังกล่าวคลื่นลมไม่รุนแรงในฤดูมรสุมเพราะถูกกำบังโดยแหลมสมิหลาและเมืองสงขลา จึงมีโอกาสรอดตายมากกว่า 50%

สำหรับชีวิตประจำวันของทะเลสาบสงขลาที่ได้รับคลื่นลมค่อนข้างรุนแรงจากอ่าวไทยในฤดูมรสุมเช่นบริเวณอำเภอควนเนียง การตั้งตัว (establishment) ของกล้าไม้ชายเลนเป็นไปอย่างยากลำบาก จึงได้ทำการทดลองโดยทำแนวรั้วไม้ไผ่กันพื้นที่ป้องกันคลื่นลมรุนแรงตลอดจนการกระแทกทำลายจากเรือประมงในบริเวณอ่าวที่จะปลูกเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกล้าโกงกางใบใหญ่ที่ใช้ปลูก หากประสบผลสำเร็จจะได้นำความรู้หรือเทคนิคเรื่องนี้ไปใช้ในการฟื้นฟูป่าชายเลนรอบทะเลสาบสงขลาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะของพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอ่าวทึงหน้าโรงเรียนวัดท่าม่วง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา บริเวณริมฝั่งมีไม้ลำพู โกงกางใบเล็ก สมอทะเล ตาตุ่มและแสมทะเลขึ้นประปรายทั่วไป แต่ในอ่าวซึ่งเป็นดินเลนปนทรายมีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 1 เมตร ในฤดูฝนและอาจแห้ง 2-3 วัน ในฤดูร้อน ไม่ปรากฏพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดใดเจริญเติบโตได้เลย จึงทำการกันรั้วไม้ไผ่กันคลื่นลมขนาดความสูง 3.5 เมตร ยาว 520 เมตร กันพื้นที่ 70 ไร่ ในอ่าวดังกล่าวในฤดูมรสุม (พฤศจิกายน- ธันวาคม) ซึ่งเป็นฤดูฝนมีอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย 26.83 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ 80.22% ความเร็วของลมตะวันตก 6.3-8.9 น็อต 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. กล้าสูงที่ใช้มีความสูงประมาณ 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 รากและลำต้นจมนานกว่ากล้าไม้ที่เจริญตามธรรมชาติที่มีความถี่ของน้ำขึ้นลงตามปกติ กล้าไม้ที่จมน้ำดังกล่าวคงไม่สามารถปรับตัวได้ อัตราการรอดตายจึงลดลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม พบว่ากล้าไม้ที่เหลือรอดมักเป็นกลุ่มที่ปลูกริมฝั่งเท่านั้น แต่บริเวณน้ำลึกจะตายหมดในเวลาต่อมา ผลการทดลองเรื่องนี้ยืนยันว่าไม่โกงกางต้องการสภาพน้ำขึ้นลงเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าการแช่ขังของน้ำเหมือนการทดลองครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่รอดตายมีการเจริญเติบโตปกติคือเมื่ออายุ 34 เดือน ความสูงและจำนวนใบมากกว่าตอนอายุ 8 เดือน เกือบ 2 เท่า อนึ่ง Robinowitz (1975, 1978) ได้ศึกษาการกระจายพันธุ์ของฝัก (propagules) ในพืชป่าชายเลน 6 ชนิด ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีฝักขนาดใหญ่ เช่นโกงกางและฝักขนาดเล็กเช่นแสม พบว่าการกระจายพันธุ์ของฝักโกงกางที่มีฝักหนักกว่าไม่ค่อยได้รับผลกระทบจากกระแสน้ำและคลื่นลมเหมือนฝักแสม ฝักที่หนักกว่าสามารถงอกและเจริญเติบโตได้แม้แช่อยู่ในน้ำคืองอกได้ทั้งน้ำลึกและน้ำตื้น แต่การตายในปีแรกมักมีสาเหตุจากวัสดุลอยน้ำที่ทำลายกล้ำมากกว่า เช่นพบว่าใน *Rhizophora stylosa* หลังการงอก 1 ปีจะมีกล้ารอดตาย 72% ส่วนแสมที่มีฝักขนาดเล็ก กระแสน้ำจะพัดพาฝักได้ลึกกว่าฝักที่มีน้ำหนักมากกว่าและจะงอกในบริเวณน้ำตื้นหรือ

ปริมาณน้ำเท่านั้น ดังนั้นการแบ่งเขตพรรณไม้ (zonation) ในป่าชายเลนน่าจะมีสาเหตุมาจากความสามารถของพืชที่กระแสน้ำและคลื่นพัดพาได้ใกล้หรือไกลกว่ากัน มิได้มาจากความเหมาะสมของพื้นที่ต่อความจำเป็นทางสรีรวิทยา (physiological preference) ของพืชเท่านั้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตราการตายของกล้าโกงกางที่ปลูกจากฝักทั้งบริเวณที่มีรั้วกัน และไม่มีรั้วกันบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

วิธีปลูก (ใช้ฝัก)	ลักษณะของกล้า	อายุกล้า (เดือน)				Significant 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	*
	อัตราการตาย (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	*
	อัตราการตาย (ร้อยละ)	70	40	35	35	**

* significant level at $p < 0.05$

** significant level at $p < 0.01$

อนึ่งในเดือนพฤศจิกายน 2543 ได้เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ โดยท่วมยอดกล้ามากกว่า 10 วัน ตลอดจนน้ำในทะเลสาบก็สูงขึ้น จึงน่าจะทำให้กล้าไม้ที่ปลูกในน้ำตายมากหลังจากปลูกได้ 14 เดือน ในขณะที่พวกที่อยู่ชายฝั่งจมน้ำนานน้อยกว่า 5 วัน จึงพบว่ามีความชีวิตรอดมากกว่า

สำหรับกล้าไม้ที่ปลูกจากถุงชำหลักจากปลูกได้ 8 เดือน พบพวกที่อยู่ในรั้วมีคลื่นลมกระทบน้อย มีอัตราการตาย ถึง 97% ในขณะที่พวกที่ปลูกนอกรั้วมีอัตราการตายเพียง 3% แต่เมื่ออายุกล้าได้ 14 เดือน พวกที่อยู่ในรั้ว จะตายมากเหลืออัตราการตายเพียง 5% ใกล้เคียงกับพวกที่อยู่นอกรั้ว (ตารางที่ 2) แต่เมื่อครบ 34 เดือน ทั้ง 2 กลุ่มตายเกือบหมด แสดงว่าการใช้กล้าถุงปลูกในน้ำทั้งที่มีรั้วกันคลื่นและไม่มีรั้วไม่มีผลต่างกัน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและอัตราการตายของกล้าโกงกางที่ปลูกจากกล้าถุงในบริเวณที่มีรั้วกัน และไม่มีรั้วกันบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก

วิธีปลูก (กล้าถุง)	ลักษณะของกล้า	อายุกล้า (เดือน)				Significant 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
	อัตราการตาย (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
	อัตราการตาย (ร้อยละ)	3.0	3.0	0	0	*

* significant level at $p < 0.05$

** significant level at $p < 0.01$

ns = non significant

สรุปและข้อเสนอแนะ

การที่มีน้ำท่วมขังยาวนานไม่เหมาะสำหรับกล้าไม้โกงกาง การใช้ฝักปลูกจะเหมาะกับพื้นที่ชายฝั่งหรือบริเวณน้ำตื้นเท่านั้น การมีชีวิตรอดของกล้าที่ปลูกจากฝักจะมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าการปลูกจากกล้าดุงทั้งนี้มิสาเหตุมาจากการปรับตัว (physiological adaptations) ของกล้าโกงกางเองด้วย การใช้กล้าดุงที่มีรากพัฒนาแล้วอาจเกิดอาการช็อค (physiological shock) เมื่อกระทบกับความเค็มของน้ำที่สูงขึ้น ในขณะที่การปลูกจากฝักกล้าไม้จะค่อยๆ ปรับตัวโดยงอรากออกมาเรื่อยๆ ตามความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามฝักที่เจริญได้ดีพบบริเวณชายฝั่งน้ำตื้นเท่านั้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้กล้าดุงไม้โกงกางปลูกในหลายพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมและราคาที่สูงกว่าการใช้ฝักปลูกอีกด้วย สำหรับการปลูกกล้าโกงกางจากดุงโดยการทำรั้วเพื่อลดความรุนแรงกระแสน้ำในบริเวณทะเลสาบสงขลาจะสามารถช่วยได้ดีในระยะแรกเท่านั้นคือประมาณ 1 ปี แต่ต่อมาอัตราการรอดตายทั้งกล้าในรั้วและนอกรั้วมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือตายเกือบหมด จึงเชื่อว่าการตายหรือรอดตายของกล้าโกงกางจะมาจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นมากกว่า เช่นกรณีการท่วมใหญ่ของน้ำหลังไม้โกงกางใบใหญ่ปลูก 8 เดือนจนกล้าไม้และใบทั้งหมดจมใต้น้ำนานประมาณ 10 วัน และการที่ใบเป็นโคลนอาจลดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงแต่ขณะที่กล้าไม้ลำพูที่ปลูกข้างเคียงมีอัตราการรอดตายสูงมาก ดังนั้นการปลูกไม้โกงกางใบใหญ่จากดุง จึงไม่เหมาะกับพื้นที่น้ำท่วมมากหรือพื้นที่น้ำขังส่วนกล้าจากฝักควรปลูกบริเวณพื้นที่ชายฝั่งเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- นพรัตน์ บำรุงรักษ์ 2543. ความสำเร็จของการปลูกป่าชายเลนในสภาพพื้นที่ต่างกัน, การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 11, สำนักงานคณะกรรมการวิจัย-แห่งชาติ, 9-11 กค. 2543, โรงแรมดิวงพลaza จ.ตรัง หน้า 1-2 (1-13)
- 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.), *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves*. Institute 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 *Sonneratia caseolaris* (L.) Engl. after Planting at Different Water Depths of Songkhla Lake

นพรัตน์ บำรุงรักษ์
ช่อทิพย์ ปุรินทรกุล

Noparat Bamroongrugs
Choathip Purintravagul

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 efficient tool for mangrove restoration programme in the Songkhla Lake.

Key words: Growth/Water depth/*Sonneratia caseolaris*

บทคัดย่อ

การทดลองปลูกกล้าไม้ลำพู (*S. caseolaris*) โดยการชุดขอนกล้าไม้ที่มีความสูงประมาณ 144 ซม. ปลูกในพื้นที่ทดลองบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก ที่มีน้ำจืดท่วมขังตามแนวลาดชันจากฝั่งสู่ทะเล ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0 ถึง 60 ซม. บริเวณนี้ได้รับอิทธิพลประจำปีจากน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เมื่อเริ่มปลูกปรากฏว่ากล้าไม้เจริญเติบโตดี แต่เมื่อมีน้ำเค็มรุกเข้ามาในฤดูแล้ง ใบจะร่วง กิ่งและยอดหัก และจะแตกใหม่ได้อีกในฤดูฝนที่มีน้ำจืดเข้ามาสำหรับกล้าไม้ที่ปลูกในบริเวณที่มีน้ำลึกกว่ารากของกล้าไม้กลุ่มนี้จมน้ำตลอดเวลาแม้ในฤดูน้ำลดจะมีพัฒนาการของรากในด้านความยาว จำนวนรากและระยะห่างของรากจากโคนต้นมากกว่ากลุ่มที่อยู่ในที่ตื้นหรือริมฝั่งเนื่องจากการพัฒนาการของระบบรากที่ดีกว่า ทำให้กล้าไม้กลุ่มนี้มีความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งตอต้น เส้นรอบวงโคนต้น และอัตราการตายของกล้าไม้ที่อยู่ในน้ำที่ลึกมากกว่ากลุ่มที่อยู่ตื้นกว่าหรือปลูกอยู่บนบกแนวริมฝั่ง ดังนั้นการปลูกกล้าลำพูบริเวณชายฝั่งและปลูกกล้าในน้ำที่ไม่ลึกเกิน 60 ซม. บริเวณทะเลสาบสงขลาสามารถกระทำได้หากเลือกกล้าไม้ที่มีความสูงพอเหมาะและปลูกในฤดูกาลที่มีน้ำจืดท่วมพื้นที่ปลูก

คำหลัก: การเจริญเติบโต/ระดับความลึกน้ำ/ลำพู

คำนำ

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

ในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาทั้งระบบมักจะพบลำพูได้ทั่วไปเช่นบริเวณทะเลสาบตอนนอกหรือทะเลสาบสงขลาจะพบลำพูเป็นหย่อมๆ ในขณะที่บริเวณตำบลคูขุด อำเภอสติงพระมีลำพูเป็นบริเวณกว้างรวมทั้งบริเวณชายฝั่งทะเลหลวงพบลำพูขึ้นเป็นแถบหรือเป็นหย่อมกระจัดกระจายจนถึงลำปำ จังหวัดพัทลุงและอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา นอกจากนี้บริเวณอำเภอปากพะยูน 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 ป่าชายเลนซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์น้ำตลอดจนเป็นแหล่งอนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อนบริเวณทะเลสาบสงขลาถูกโค่นทำลายและเปลี่ยนสภาพไปอย่างมากจากข้อมูลดาวเทียม "Landsat TM" ในปี พ.ศ.2534 พบว่าป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลาทั้งระบบมีประมาณ 56.20 ตร.กม. แต่ขณะนี้พบว่าป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบมีเป็นหย่อมเล็กๆ และคาดว่าไม่เกิน 16 ตร.กม. เนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลสาบสงขลาเคยมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนอยู่ทั่วไป การฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งด้วยการปลูกป่าชายเลนต้องคำนึงถึงพันธุ์พืชที่เหมาะสม เนื่องจากไม้ลำพูสามารถพบได้ทั่วไปในบริเวณทะเลสาบสงขลาจึงใช้พืชชนิดนี้เพื่อการฟื้นฟูชายฝั่งทะเลสาบ

เนื่องจากความผันแปรด้านอุทกวิทยาของทะเลสาบสงขลามีนัยสำคัญระดับความเค็มของน้ำ ความลึกของน้ำผันแปรตามฤดูกาลตลอดจนระยะเวลาการท่วมขังของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ไหลบ่ามาจากต้นน้ำอีกด้วย การปลูกป่าชายเลนในพื้นที่ดังกล่าวต้องอาศัยความรู้และแนวทางปฏิบัติที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการตายของกล้าสำพู เมื่อปลูกในน้ำที่มีระดับความลึกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของทะเลสาบสงขลา ในอำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา ซึ่งได้รับคลื่นลมโดยตรงและรุนแรงในฤดูมรสุมทำให้การงอกและการตั้งตัวของกล้าไม้ป่าชายเลนเป็นไปค่อนข้างลำบาก ส่วนบนฝั่งเป็นที่ลุ่มมีน้ำท่วมถึงเป็นครั้งคราวพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนธรรมชาติได้แก่ ไม้ลำพู แคทะเล โกงกางใบเล็ก สมอทะเล ตาตุ่มทะเลและแสมทะเลขึ้นอยู่ประปรายทั่วไป แต่ในอ่าวที่เป็นพื้นที่ทดลองไม่ต่ำกว่า 500 ไร่ เป็นดินเลนปนทรายมีน้ำท่วมขังสูงประมาณ 1 เมตรในฤดูฝนและอาจแห้งระยะสั้นๆ ในฤดูร้อน ไม่ปรากฏว่ามีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนชนิดใดเจริญเติบโตได้เลย จึงทำการกั้นรั้วไม้ไผ่กั้นคลื่นลมขนาดความสูง 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 น็อต 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

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

3. การเก็บข้อมูล

ได้เก็บข้อมูลของกล้าสำพูโดยวัดจำนวนราก ความยาวราก ระยะห่างของรากจากโคนต้น ความสูงของต้น จำนวนกิ่ง เส้นรอบวงโคนต้นและอัตราการตายที่ระดับความลึกของน้ำต่างกัน(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) ต้นสำพูมีรากมากและชนกันจึงวัดเฉพาะความยาวรากที่สูงสุด ความสูงของต้น จำนวนกิ่ง เส้นรอบวงโคนต้นและอัตราการตายที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

เนื่องจากในพื้นที่ดังกล่าว หลังปลูกได้ระยะหนึ่งเกิดเหตุการณ์อุทกภัยในเดือนพฤศจิกายน 2543 โกงกางใบใหญ่จมน้ำช่นชั้นหลายวันจนตายเกือบหมด ส่วนลำพูเหลือรอดมากจึงปลูกซ่อมกล้าที่ตายด้วยลำพูที่ย้ายมาจากบริเวณอื่น เนื่องจากการย้ายกล้าไม้ลำพูมาปลูกซ่อมนั้นได้สังเกตเห็นว่าหากย้ายในฤดูฝนน้ำในทะเลสาบจืดหรือกร่อยเล็กน้อยกล้าลำพูจะติดและงอกงามดี 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 พบว่าลำพูที่ปลูกในน้ำลึกกว่าจะมีการพัฒนาการทางรากมากกว่าที่ปลูกริมฝั่ง (ตารางที่ 2) และเห็นได้ชัดทุกลักษณะที่ศึกษา ไม่ว่าจะเป็นจำนวนราก ความยาวรากและความห่างของรากจากโคนต้น กล่าวคือ ทั้งความยาวรากและความห่างของรากจากโคนต้นแม้ในน้ำลึก 40-60 ซม. จะมีค่ามากกว่าลำพูที่ปลูกริมฝั่งประมาณ 3 เท่า สำหรับอัตราการตายนั้นพบว่าในบริเวณน้ำลึกลำพูจะตายน้อยกว่าลำพูที่ปลูกริมฝั่ง

ตารางที่ 2 ลักษณะของกล้าสำพูเมื่อย้ายลงปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (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

ในการศึกษาเมื่อสำพูมีอายุ 28 เดือนหลังปลูก (ตารางที่ 3) พบว่ากล้าสำพูดังกล่าวมีจำนวนรากออกมาภายในน้ำและรากส่วนหนึ่งของแต่ละต้นเกยกันอยู่ ทำให้ไม่สามารถนับจำนวนรากได้ แต่เมื่อวัดความสูงของต้นปรากฏว่าต้นที่อยู่ในน้ำมีความสูงน้อยกว่าอายุ 14 เดือน อย่างไรก็ตามความสูงของยอดที่ลดลงจะถูกชดเชยโดยจำนวนกิ่งที่มีมากขึ้น และเส้นรอบวงโคนต้นที่ขยายใหญ่กว่าเดิม ส่วนความยาวรากที่วัดเมื่อน้ำลงเปรียบเทียบกับ 14 เดือน (ตารางที่ 2) มีความยาวรากเพิ่มขึ้นหลายเท่าเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของกล้าสำพูที่ความลึกของน้ำต่างกัน พบว่าต้นสำพูที่ปลูกในน้ำลึกจะมีความสูงของต้นมากกว่าที่ต้นทุกระดับเช่นเดียวกับความยาวราก ส่วนจำนวนกิ่งและเส้นรอบวง โคนต้นก็เช่นกันพบว่าในสภาพน้ำลึก 40-60 ซม. นี้มีค่าสูงกว่าในน้ำตื้น สำหรับอัตราการตายนั้นเมื่อต้นกล้ามีขนาดหนึ่งแล้ว (เส้นรอบวงโคนต้นประมาณ 10 ซม.) จะไม่มีอัตราการตายเพิ่มเพราะพบว่าที่ลำต้นขนาดนี้จะสามารถทนทานความเค็มของน้ำได้โดยไม่ตาย

ตารางที่ 3 ลักษณะของกล้าสำพู 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 คือหลังปลูกสำพูได้ 33 เดือน (ตารางที่ 4) พบว่าทั้งความสูงจำนวนกิ่ง และเส้นรอบวงมีขนาดมากขึ้น และกลุ่มที่อยู่ในระดับน้ำลึกกว่าจะมีการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่อยู่บริเวณน้ำตื้น อย่างไรก็ตามความสูงของรากหายใจจะผันแปรตามความลึกคือยิ่งระดับน้ำลึกมาก รากเหล่านี้ก็จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก

ตารางที่ 4 ลักษณะของงอลล่าพู เมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความลึกของน้ำต่างกัน (หลังปลูก 33 เดือน)

ลักษณะที่ศึกษา	แบบก (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	**

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

ในการปลูกงอลล่าพูบริเวณทะเลสาบสงขลาที่ความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลพบว่าความเค็มมีผลต่อความสูงของงอลล่าพู คือในช่วงที่มีน้ำจืด งอลล่าพูจะแตกกิ่ง แตกใบและความสูงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อน้ำเค็มท่วมซัง การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ปลายยอดอาจหัก แต่เมื่อน้ำกร่อยหรือน้ำจืดเข้ามาต้นงอลล่าพูก็จะเริ่มเจริญเติบโตใหม่ได้อีก ดังนั้นค่าความสูง จำนวนกิ่งที่วัดได้ในแต่ละระยะจึงมีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความเค็มของน้ำขึ้นสูงถึง 20 psu งอลล่าพูจะเหี่ยวและกิ่งหัก (นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และคณะ 2545) เมื่อพิจารณาการเจริญของรากพบว่าหลังปลูก 14 เดือน งอลล่าพูที่ปลูกในน้ำลึกจะมีการพัฒนาดีกว่ากลุ่มที่ปลูกริมฝั่งทั้งจำนวนราก ความยาวราก และการกระจายของรากห่างจากโคนต้น จึงส่งผลให้งอลล่าพูที่ปลูกในน้ำระดับลึก มีการเจริญด้านลำต้นดีกว่าพวกที่อยู่ริมฝั่ง มีข้อมูลสนับสนุนเรื่องนี้คือในพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำ พบว่าก๊าซเอธิลีน (ethylene gas) จะกระตุ้นการยืดตัว (elongation) ของเซลล์ ลำต้นที่อยู่ใต้น้ำ (Jackson 1985) ทำให้ใบและลำต้นบางส่วนสามารถลอยเหนือน้ำเพื่อหายใจ และสังเคราะห์แสงได้ ในทำนองเดียวกันจากการทดลองนี้ รากงอลล่าพูที่อยู่ใต้น้ำจะยืดยาวออกอย่างรวดเร็ว เพื่อที่จะโผล่พ้นน้ำรับออกซิเจนก็ควรจะเกิดจากการกระตุ้นของเอธิลีนที่สะสมภายในเซลล์ของราก ดังนั้นความลึกของน้ำจึงทำให้รากงอลล่าพูยาวกว่ากลุ่มที่ปลูกชายฝั่ง นอกจากนั้นอาจเป็นไปได้ว่างอลล่าพูที่ปลูกในระดับน้ำลึกกว่าคือที่ 20-60 ซม. จะมีน้ำท่วมซังรากตลอดปีในขณะที่พวกที่ปลูกริมฝั่งและระดับน้ำลึก 10-20 ซม. ในฤดูแล้งทั้งรากและต้นมักอยู่บนดินเพราะระดับน้ำในทะเลสาบลดลงจึงทำให้พวกที่น้ำท่วมซังตลอดปีพัฒนาการของรากได้มากกว่าและดีกว่า จึงพบว่ารากงอลล่าพูมีความยาวรากไม่มากตามอายุ แต่ผันแปรตามระดับน้ำท่วมซังมากกว่า

ที่น่าสังเกตคือในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2543 หลังจากปลูกงอลล่าพูได้ 8 เดือน เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่บริเวณอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาและพื้นที่ทดลอง ทำให้งอลล่าพูทั้งหมดจมมิดน้ำนานกว่า 10 วัน แต่แทบไม่ทำให้งอลล่าพูเสียหายเลย แสดงว่างอลล่าพูมีความทนทานต่อสภาพน้ำขัง และทนต่อสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานานได้ดีจึงเหมาะที่จะปลูกในพื้นที่เช่นทะเลสาบสงขลา สำหรับรากหายใจ (pneumatophore) ของงอลล่าพูนี้ Nakamura (2000) กล่าวว่าลักษณะรูปร่างของรากหายใจ ถูกควบคุมโดยลักษณะของดินและความลึกของน้ำ ดังนั้นรูปร่างและการกระจายตัวของรากหายใจของงอลล่าพูอาจเป็นตัวบ่งชี้ลักษณะทางสภาพนิเวศของพื้นที่ที่งอลล่าพูเจริญอยู่ด้วยการศึกษารูปร่างนี้ อาจสรุปได้ว่างอลล่าพูสามารถปรับตัว (plasticity) ให้ทนกับสภาวะน้ำท่วมขังโดยการยืดของลำต้นและเพิ่มความยาวของรากหายใจเพื่อโผล่พ้นน้ำรับออกซิเจนให้เร็วที่สุดเมื่อระดับน้ำสูงได้เป็นอย่างดี เมื่อมีการพัฒนาการของรากดีกลุ่มที่ปลูกในน้ำลึกกว่าจึงพบว่าในระยะหลังๆ มีความสูงของลำต้น จำนวนกิ่งต่อต้น เส้นรอบวงโคนต้นและอัตราการรอดตายมากกว่าพวกที่ปลูกริมฝั่งหรือในน้ำตื้น

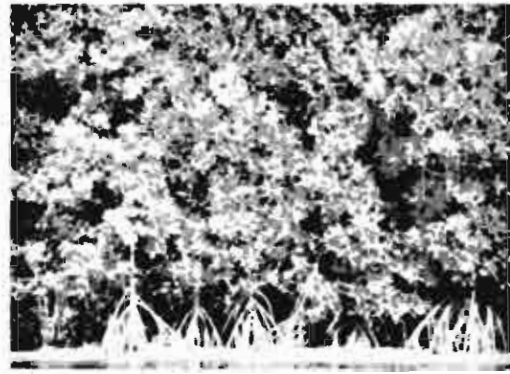
สรุปและข้อเสนอแนะ

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

เอกสารอ้างอิง

- นพรัตน์ บำรุงรักษ์, สนิท อักษรแก้ว, สนใจ ทะวานนท์, Shigeru Kato, ชากรี รอดไฟ และวิฑูรย์ ศิริสานติพงศ์.
2545. การฟื้นฟูป่าชายเลนบริเวณทะเลสาบสงขลา. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12.
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลดส์ จ.นครศรีธรรมราช
หน้า III-10 (1-9)
- เมธี เอกศิรินิมิตร, นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และสนิท อักษรแก้ว 2545. ผลของระดับการท่วมของน้ำต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะของรากอากาศของโกงกางใบเล็ก. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12.
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 28-30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลดส์ 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 : Cambridge University Press. 413 pages

การวิจัยพืชอาหารและสมุนไพร



ผักพื้นบ้านในป่าชายเลน Vegetables From The Mangrove Areas

นันทวัน บุญยะประภัศร

วิมล ศรีสุข

อรัญญา จุติวิบูลย์สุข

ประพิณศรา สอนเล็ก

วิไลวรรณ ทองใบน้อย

วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล

Harry H.S. Fong

John M. Pezzuto

Jerry Kosmeder

สนิท อักษรแก้ว

Nuntavan Bunyapraphatsara

Vimol Srisukh

Aranya Jutiviboonsuk

Prapinsara Somlek

Wilaiwan Thongbainoi

Wongsatit Chuakul

Harry H.S. Fong

John M. Pezzuto

Jerry Kosmeder

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 be 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 $\mu\text{g}/100\text{g}$). The medical values of the plants were based on the antioxidant, lipid peroxidation and cancer chemoprevention. The pods of *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Savigny showed strong quinone reductase inhibition. Further studies on isolation of active components are being carried out.

Key words: Vegetables/Mangroves

บทคัดย่อ

การสำรวจผักพื้นบ้านในป่าชายเลนโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่อยู่ในพื้นที่ พบพืชที่รับประทานได้ 33 ชนิด ในจำนวนนี้เก็บตัวอย่างได้ 20 ตัวอย่าง 19 ชนิด เนื่องจากบางชนิดไม่ใช่ฤดูกาล และบางชนิดไม่นิยมรับประทาน ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยการหาปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน เส้นใย อาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และแคลเซียม ในจำนวนพืชผักเหล่านี้ โกกงใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir) มีปริมาณเส้นใยอาหารและแคลเซียมสูงที่สุด ในขณะที่พืชอื่นมีปริมาณเส้นใยอาหารและแคลเซียมสูงเช่นกัน พืชที่ใช้อยู่เป็นอาหารส่งไปตรวจ β -carotene พบว่าใบชะครามมีสูงสุดคือ 3350 $\mu\text{g}/100$ กรัม การศึกษาในด้านประโยชน์ทางการแพทย์ ทำการ

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

คำหลัก: ผักพื้นบ้าน/ป่าชายเลน

คำนำ

ป่าชายเลนเป็นป่าที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา ผู้ที่อยู่ในป่าชายเลนได้อาศัยประโยชน์ในเรื่องอาหาร ทั้งปลา ปู หอย และผักพื้นบ้านสามารถหาได้ง่าย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาคุณค่าทางอาหารและยาของผักพื้นบ้านในป่าชายเลน ในปัจจุบันผักที่หาได้ในตลาดสดมักจะปนเปื้อนด้วยยาฆ่าแมลงซึ่งใช้เป็นจำนวนมากในการเพาะปลูกผักเหล่านี้ ประชาชนทั่วไปจึงพยายามหลีกเลี่ยงผักเหล่านี้ โดยการเก็บผักพื้นบ้านจากธรรมชาติหรือปลูกผักเองในบริเวณบ้าน การศึกษาครั้งนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหาร และทางยาของผักพื้นบ้านในป่าชายเลน เพื่อที่จะได้ข้อมูลสำหรับแนะนำประชาชนที่ได้รับประทานให้เห็นคุณค่าผักเหล่านี้ และส่งเสริมการรับประทานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างพืช

ตัวอย่างพืชเก็บจากป่าชายเลน ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร ตัวอย่างที่เก็บได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกส่งไปตรวจคุณค่าทางอาหารซึ่งต้องใช้ตัวอย่างสด อีกส่วนนำมาทำให้แห้งที่ 45°C และบด เพื่อนำไปตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันการเกิด lipid peroxide และตรวจฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งโดยใช้วิธี 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 ชม. บดและเก็บในขวดปิดสนิท ในตู้เย็น เพื่อวิเคราะห์

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

2.3. การวิเคราะห์โปรตีน การวิเคราะห์โปรตีนใช้วิธี Kjeldahl โดยใช้ Buchi Digestion Unit (B-435) และเครื่องกลั่น (B-323) บริษัท Buchi ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ นำตัวอย่างแห้ง (0.2 กรัม) มาย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (20 ซีซี) โดยใช้ selenium และ copper sulfate (3 กรัม) ย่อยประมาณครึ่งชั่วโมง จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส เติมน้ำ 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 Goldfish apparatus (Labconco, U.S.A) เป็นเวลา 3-4 ชม. นำสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ไประเหยแห้งที่ 105°C ซึ่งน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณไขมันเป็น % 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 furnace 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 ในการศึกษานี้จึงส่งแต่ผักที่ช่ยอดไปตรวจที่ 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 เช่นเดียวกับผักอื่นๆ ที่ขายในท้องตลาด โดยความชื้นอยู่ในช่วง 46.63% - 83.55% w/w

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

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

ปริมาณเถ้า ผักส่วนใหญ่ปริมาณเถ้าต่ำกว่า 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 ผักถั่วดำ (22.53% w/w) ผักโปรงขาว (24.26% w/w) ผักโปรงแดง (24.30% w/w) และโองกางใบใหญ่ผักอ่อนและผักแก่ (27.46% และ 29.25% w/w) ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาไทย (Thai FDA 1995) กำหนดปริมาณเส้นใยในที่มีอายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป ต้องได้รับ 25 กรัม/วัน จะเห็นว่าพืชผักชายเลนข้างต้นจะสามารถให้ได้ในขณะที่ผักในท้องตลาดยกเว้นย่านาง ให้เส้นใยเพียง 9.7

กรัม/100 กรัม (Nutrition Division, 1987) นอกจากนี้เส้นใยในพืชผักจากปาล์หมเลนเหล่านี้ยังเป็นชนิดไม่ละลายน้ำ จึงมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยมีประโยชน์ต่อการเพิ่มกากอาหาร ทำให้ขับถ่ายง่าย (Madar, 1990) ทำให้อุจจาระเจือจาง ทำให้ลดปฏิกิริยาของสารก่อมะเร็งที่อาจมีอยู่ในอุจจาระต่อผนังลำไส้ (Robertson, 1991) เป็นต้น อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยสูงจะมีประโยชน์ต่อผู้ที่เป้นเบาหวาน (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) ฝักพังกาหัวสุ่มดอกแดง (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 พืชผักในปาล์หมเลนมีแคลเซียมสูงถึงสูงมาก (490 - 3880 มก/100 กรัม) ผักที่มีปริมาณแคลเซียมมากกว่า 2000 มก/100 กรัม ได้แก่ ฝักพังกาหัวสุ่มดอกแดง (2250 มก/100 กรัม) ลูกหมัน (2060 มก/100 กรัม) สะดรดใบเขียว (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) จะเห็นว่าพืชผักในปาล์หมเลนไม่เพียงแต่เป็นอาหารที่ให้เส้นใยที่ดี ยังเป็นอาหารที่ให้แคลเซียมสูงอีกด้วย เมื่อพิจารณาปริมาณแคลเซียมที่ควรได้รับแต่ละวัน คือ 800 มก/วัน (Nutrition Division, 1987) จึงต้องรับประทานผักโกงกางใบเล็กเพียง 20 กรัม และยอดจากเพียง 165 กรัม ซึ่งดีกว่าอาหารที่เป็นที่ยอมรับว่ามีแคลเซียมสูงคือ Anchovy (905 มก/100 กรัม) และใบยอ (841 มก/100 กรัม) (Nutrition Division, 1992) จะเห็นว่าพืชผักชายเลนมีคุณค่าสูง

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

การตรวจฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระของตัวอย่างที่ 20 ชนิด 7 ตัวอย่างมีฤทธิ์แรง มี $EC_{50} < 10 \mu\text{g/ml}$. ตัวอย่างที่มีฤทธิ์แรงที่สุดคือ ฝักอ่อนของโกงกางใบใหญ่ โดย $EC_{50} = 3.83 \mu\text{g/ml}$ ส่วนฤทธิ์ด้านการเกิด lipid peroxidation ลูกลำพูมีฤทธิ์แรงที่สุด มี $EC_{50} = 0.083 \mu\text{g/ml}$. ส่วนฤทธิ์เหนี่ยวนำ quinone reductase พบว่าฝักพังกาหัวสุ่มดอกแดง มีฤทธิ์แรงที่สุด ($CD = 2.5 \mu\text{g/ml}$. (ดูตารางที่ 3)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เป็นที่ยอมรับกันว่าผักที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงมีการศึกษาหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชอาหารมาก เนื่องจากการเกิด oxidation เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการชราภาพและการเกิดมะเร็ง (Jacob, 1995) การเกิดการอุดตันของหลอดเลือดเป็นอาการหนึ่งที่สัมพันธ์กับเกิด oxidation (Ross, 1993; Panthasarathy, 1992) การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าพืชผักในปาล์หมเลนมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น ใบผาดขาว ฝักโปรงแดง ฝักโปรงขาว ฝักถั่วดำ โกงกางใบใหญ่ฝักอ่อนและฝักแก่ และผลลำพู โดยมีค่า EC_{50} 5.87, 6.67, 6.33, 5.0, 3.83, 4.33, 4.17 ตามลำดับ และยังมีฤทธิ์ด้านการเกิด lipid peroxide โดยมี EC_{50} 0.199, 2.6, 2.6, 0.375, 0.3, 1.125, 0.083 ตามลำดับ จึงน่าจะส่งเสริมให้รับประทานพืชผักเหล่านี้ อย่างไรก็ตามพืชผักเหล่านี้บางชนิด มีรสชาติไม่นิยมรับประทาน

การตรวจสอบฤทธิ์ด้านการเกิดมะเร็งโดยวิธีเหนี่ยวนำให้เกิด quinone reductase พบว่ามีเพียงพังกาหัวสุ่มดอกแดงที่ให้ฤทธิ์คือ $CD 2.9 \mu\text{g/ml}$ จึงนำไปสกัดแยกหาสารออกฤทธิ์โดยใช้ antioxidant ตรวจสอบสารสกัดและส่วนสกัดจนได้สารออกฤทธิ์ต่อไป

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าพืชผักในปาล์หมเลนมีประโยชน์ทั้งในด้านคุณค่าทางอาหารและยา

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) Total	Calcium (mg/100g)
					Insoluble	Soluble		
ผัดขาว (ใบ)								
<i>Lumnitzera racemosa</i> 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	720 ± 0
ผัดขาว (ดอก)								
<i>Lumnitzera racemosa</i> 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	1170 ± 0
เหงือกปลาหมอน้ำจืด (ผล)								
<i>Acauthus illicifolius</i> 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	1330 ± 0
หอยลิ้ง (ยอด)								
<i>Flagellaria indica</i> 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	860 ± 0
หมื่น (ผล)								
<i>Cordia cochinchinensis</i> 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 ± 0.55	2060 ± 0
โองกางใบเล็ก (ผัก)								
<i>Rhizophora epiculata</i> 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	3200 ± 0
โปรงแดง (ผัก)								
<i>Ceriops tagal</i> (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	3000 ± 0
โปรงขาว (ผัก)								
<i>Cerriops decandra</i> (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	3130 ± 0
พังกาหัวสุมดอกแดง (ผัก)								
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (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	2050 ± 0
ถั่วดำ (ผัก)								
<i>Bruguiera parviflora</i> (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	1490 ± 0