

การปรับตัวของรากอากาศของโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Bl.) และเสมทะเล (*Avicennia marina* Vierh.) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

เมธี เอกสิรินิมิตร¹ นพรัตน์ บำรุงรักษ์² และ สายัณห์ สดุดี³

Abstract

Eksirinimitr, M.¹, Bamroongrugs, N.² and Sdoodee, S.³

Aerial root adaptations of *Rhizophora apiculata* Bl. and *Avicennia marina* Vierh. to the changes of water levels

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(4) : 759-768

Aerial root adaptations of *Rhizophora apiculata* Bl. and *Avicennia marina* Vierh. as related to the changes of water levels were carried out on abandoned shrimp ponds of Prince of Songkla University, Pattani Campus, in four water level study plots; 10 cm below soil surface, soil surface level, 10 and 20 cm above soil surface. The results revealed that survival rates of two species were 100 percent in all treatments. Growth of *R. apiculata* were high in three levels of flooding: soil surface level, 10 and 20 cm above soil surface

¹Demonstration School, Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000 Thailand. ²Department of Biology, Faculty of Science ³Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand.

¹วท.ม.(เกษตรศาสตร์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาโรงเรียนสาธิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000 ²Ph.D.(Crop Physiology), รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ³Ph.D.(Crop Physiology), รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: emethee@bunga.pn.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 6 ตุลาคม 2547 รับลงพิมพ์ 17 ธันวาคม 2547

in the 4th and 8th month. In one year growth of *R. apiculata* grown in four level of water were slightly different (height: 10 cm below soil surface = 101.35 cm, soil surface level = 108.55 cm, 10 cm above soil surface = 102.20 cm and 20 cm above soil surface = 90.24 cm). The growth of *A. marina* was highest in 10 cm below soil surface (height = 196.78 cm) and growth was high in soil surface level and 10 cm above soil surface (height = 183.66 and 158.53 cm), respectively. The lowest growth was found in 20 cm above soil surface (height = 122.65 cm.). The stilt root of *R. apiculata* showed good development in two levels of flooding: soil surface level and 10 cm above soil surface, except in circumference of prop root which was biggest in the 20 cm above soil surface. The pneumatophores of *A. marina* had good development in three water levels: 10 cm below soil surface, soil surface level and 10 cm above soil surface, except in height which was low in 10 cm below soil surface and high in 10 and 20 cm above soil surface. The results of this investigation showed be successfully applied for two mangroves planting and restoration.

Key words : mangrove planting, water level, *Rhizophora apiculata* Bl., *Avicennia marina* Vierh.

บทคัดย่อ

เมธี เอกศิรินิมิตร นพรัตน์ บำรุงรักษ์ และ สายัณห์ สดุดี

การปรับตัวของรากอากาศของโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Bl.) และแสมทะเล (*Avicennia marina* Vierh.) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(4) : 759-768

การปรับตัวของรากอากาศของโกงกางใบเล็กและแสมทะเลได้ศึกษาในบริเวณพื้นที่นาถุ้งร้างของมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี โดยการทดลองมีระดับน้ำแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ต่ำกว่าระดับผิวดิน 10 ซม. ระดับผิวดิน สูงกว่าระดับผิวดิน 10 ซม. และสูงกว่าระดับผิวดิน 20 ซม. ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าพืช ชายเลนทั้งสองมีอัตราการรอดตาย 100% และมีการเจริญเติบโตดี โดยที่โกงกางใบเล็กมีการเจริญเติบโตดีในระดับ น้ำระดับผิวดินและสูงกว่าผิวดินในช่วง 4 เดือนและ 8 เดือน แต่เมื่ออายุครบ 1 ปีโกงกางใบเล็กที่ปลูกในระดับน้ำ ต่ำกว่าผิวดินมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับอีก 3 ระดับการท่วมของน้ำ คือมีความสูงในระดับต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. = 101.35 ระดับผิวดิน = 108.55 สูงกว่าผิวดิน 10 ซม. = 102.20 และสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. = 90.24 ซม. ส่วนใน แสมทะเลมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันมากใน 4 ระดับน้ำ กล่าวคือ มีความสูงมากที่สุดในระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน = 196.78 ซม. รองลงไปคือ ระดับผิวดิน = 183.66 ซม. และสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. = 158.53 ซม. ตามลำดับ และมีความสูงน้อยที่สุดในระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. = 122.65 ซม. และจากการศึกษาการปรับตัวของรากอากาศของ พืชชายเลนทั้งสองพบว่า รากค้ำจุน (stilt roots) ของโกงกางใบเล็กมีการพัฒนาได้ดีในระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. ยกเว้นเส้นรอบวงของรากค้ำจุนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. ส่วนในแสมทะเลพบว่าราก หายใจ (pneumatophores) มีการเจริญเติบโตได้ดีในระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. ระดับผิวดินและสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. ยกเว้นความสูงของรากหายใจที่มีค่าน้อยในระดับน้ำต่ำกว่าผิวดินและมีค่ามากขึ้นตามระดับการท่วมของน้ำ และผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อความสำเร็จในการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนโดยใช้พืชชายเลนทั้งสอง

ธรรมชาติของพืชชายเลนมีการปรับตัวเป็นอย่างมาก ต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัดในป่าชายเลนซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป และถือว่าเป็นสภาวะเครียด (stress) กล่าวคือ สภาพเป็นดินเลน การขึ้นลงของน้ำทะเล ความเค็มของน้ำ แดดจัด (อุณหภูมิสูง) และลมแรง ซึ่ง

ทำให้เกิดคลื่น บัจฉัยเหล่านี้ส่งผลทำให้เกิดความเสียหาย ได้โดยตรงกับพืชชายเลนโดยเฉพาะในระยะที่กำลังตั้งตัว (นพรัตน์, 2535) นอกจากนี้ยังมีการทับถมของตะกอน ที่มากับคลื่นอีกด้วย จะเห็นได้ว่าพืชชายเลนมีการปรับตัว ในหลายๆ ด้าน เช่น การปรับตัวของระบบรากทำให้

สามารถทรงตัวอยู่ได้ในดินเลนซึ่งมีน้ำท่วมขังอยู่เกือบตลอดเวลาและมีคลื่นมากกระทบเมื่อเวลาน้ำขึ้น การปรับตัวเพื่อให้อยู่ได้ในสภาพน้ำเค็ม เป็นต้น สำหรับปัจจัยเรื่องระดับน้ำของพืชชายเลนก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ มีอิทธิพลต่อการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพรรณไม้ในป่าชายเลน (species zonation) กันอย่างชัดเจนที่แตกต่างไปจากป่าบกทั่วไป นอกจากนี้ระบบรากที่แตกต่างกันของรากอากาศยังมีผลต่อปริมาณการตกตะกอนด้วย (Krauss *et al.*, 2003) และโดยเฉพาะรากอากาศของพืชชายเลนนั้นมีการปรับตัวเป็นอย่างมากต่อระดับน้ำที่แตกต่างกัน

การศึกษาระบบรากและการปรับตัวของรากอากาศของพืชชายเลนต่อระดับการท่วมของน้ำมักจะดำเนินการโดยการสำรวจจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ เช่น รายงานของ Nilsen และ Orcutt (1996) ที่ว่าพืชมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อมน้ำท่วมโดยการมีรากไหล่พื้นดินเพื่อช่วยในการหายใจในหลายลักษณะ เช่น รากหายใจ (pneumatophores) ของพันธุ์ไม้แสม (Avicennia sp.) ซึ่งมีการเจริญเติบโตในแนวตั้งเพื่อให้ไหล่พื้นระดับการท่วมของน้ำ ทำให้ออกซิเจนผ่านเข้าไปในรากได้ เทียมใจ (2536) และสนิท (2541) รายงานว่าเพราะการขึ้นลงของน้ำตามสภาพธรรมชาติทำให้ระบบรากอากาศของพืชชายเลนทั้งรากค้ำจุน (stilt roots) และรากหายใจ (pneumatophores) มีขนาดและความสูงที่แตกต่างกัน เป็นต้น Havanond และคณะ (1996), Baldrin และ Mendelsohn (1998), Cao และ Corner (1999) และ Delgado และคณะ (2001) ได้ศึกษาผลของระดับการท่วมของน้ำในพื้นที่เฉพาะที่พืชชายเลนขึ้นอยู่ การศึกษาเกี่ยวกับการปรับตัวของรากอากาศของพืชชายเลนดังกล่าวข้างต้นเป็นการศึกษาในสภาพธรรมชาติเกือบทั้งสิ้นจะแตกต่างกับในพืชเศรษฐกิจซึ่งศึกษาโดยการทดลอง และพบว่าพืชที่ต้านทานต่อการท่วมของน้ำส่วนใหญ่จะมีกลไกเกี่ยวข้องกับความสามารถในการพัฒนาระบบรากพิเศษ (adventitious root system) และการพัฒนาของ aerenchyma ในรากนั่นเอง (Huang และคณะ, 1994; Drew, 1997)

สำหรับการศึกษาค้นคว้านี้ได้ดำเนินการในแปลงทดลองซึ่งต่อเนื่องจากการศึกษาขั้นต้นในเรื่องเฉพาะซ้ำที่พบว่าระดับน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชชายเลนและการพัฒนาของรากอากาศของไม้ชายเลนทั้งสองคือโกงกางใบ

เล็กและแสมทะเล โดยเฉพาะการพัฒนาของรากอากาศ การทดลองปลูกในสภาพแปลงปลูกสามารถใช้เป็นแนวทางในการปลูกในสภาพพื้นที่จริง จะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปลูกและการฟื้นฟูป่าชายเลนให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนและการปลูก

การทดลองครั้งนี้ได้ดำเนินการในพื้นที่ซึ่งเคยใช้เป็นบ่อพักน้ำทะเลเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ซึ่งลักษณะดินในบริเวณนี้เป็นชุดดินท่าจีน (สมยศ และคณะ, 2543) ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2544 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2545 โดยใช้แผนการทดลองแบบ Split plot design (Little และ Hills, 1978) มีปัจจัยการทดลอง 2 ปัจจัย (factors) คือ พันธุ์ไม้ป่าชายเลน (M) มี 2 พันธุ์ คือ โกงกางใบเล็ก (M₁) และแสมทะเล (M₂) และระดับน้ำ (L) มี 4 ระดับ คือ ระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. (L₁) ระดับน้ำระดับผิวดิน (L₂) ระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. (L₃) และระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. (L₄) ซึ่งการจัดระดับน้ำตามระดับดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับความยาวของฝักโกงกางใบเล็กและความสูงของต้นกล้าแสมทะเลที่ใช้ปลูกซึ่งมีความยาวหรือความสูงเฉลี่ยประมาณ 30 ซม. โดยจัดให้ระดับการท่วมของน้ำเป็น mainplot มี 4 ระดับ ซึ่งมีการรักษาระดับน้ำดังแสดงใน Figure 1 และพันธุ์ไม้ชายเลนเป็น sub-plot มี 2 พันธุ์ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มี 8 สิ่งทดลอง (treatments) แต่ละสิ่งทดลองใช้พื้นที่ 3x3 m² โดยใช้ระยะปลูก 0.5x0.5 m² ได้จำนวน 10 ต้นต่อสิ่งทดลอง และทำการทดลอง 4 ซ้ำ (replications) รวมจำนวนต้นทั้งหมด 320 ต้น (8x10x4) ทั้งฝักโกงกางใบเล็กและต้นกล้าแสมทะเลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากป่าชายเลนบริเวณหาดเลนเกิดใหม่ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

การเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บข้อมูลได้ดำเนินการหลังจากการระบายน้ำออกจากแปลงทดลองแล้วทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน เช่นเดียวกับการถ่ายภาพเพราะทำให้มองเห็น

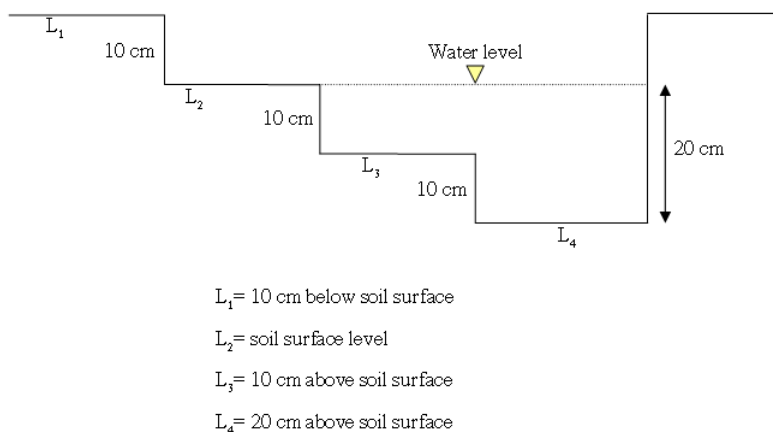


Figure 1. Side-view of plots for showed water level control.

รากค้าจุนของโงกทางใบเล็กและรากหายใจของแสมทะเล ได้ชัดเจน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโต (ความสูงและเส้นรอบวงระดับคอดิน) ของพืชชายเลนทั้งสองเมื่อเริ่มต้นปลูก และเมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

2. เก็บข้อมูลลักษณะรากอากาศของพืชชายเลนทั้งสองตั้งแต่เริ่มปรากฏให้เห็นทุกเดือนจนอายุครบ 12 เดือน โดยโงกทางใบเล็กเก็บข้อมูลในลักษณะต่อไปนี้คือ จำนวนต้นที่มีรากอากาศ จำนวนรากอากาศต่อต้น เส้นรอบวงและความยาวของรากอากาศ และแสมทะเลเก็บข้อมูลในลักษณะต่อไปนี้คือ จำนวนรากอากาศต่อต้น เส้นรอบวง ความสูง และระยะห่างจากโคนต้นของรากอากาศ

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยนำข้อมูลการเจริญเติบโตที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

ผลการทดลองและการวิจารณ์

อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโต

1. อัตราการรอดตาย

จากการทดลองปลูกโงกทางใบเล็กโดยใช้ฝักและปลูกแสมทะเลโดยใช้ต้นกล้าพบว่าฝักโงกทางใบเล็กมี

อัตราการงอกเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับแสมทะเลที่ย้ายปลูกมีอัตราการรอดตายสูงมาก ภายใน 3 สัปดาห์แรกพบว่าฝักโงกทางใบเล็กที่ไม่งอกเพียง 1 ฝัก และต้นกล้าแสมทะเลที่ย้ายปลูกตายเพียง 2 ต้นเท่านั้น แต่เมื่อมีการปลูกซ่อมหลังจากนั้นก็ไม่พบการตายของพืชทั้งสองอีกตลอดอายุครบ 1 ปี ซึ่งถือได้ว่าพืชทั้งสองมีอัตราการรอดตายร้อยเปอร์เซ็นต์

2. ความสูง

ผลการทดลอง 4 เดือน และ 8 เดือนของโงกทางใบเล็กที่ปลูกในแปลงที่มีการท่วมของน้ำระดับผิวดิน (L_2), สูงกว่าผิวดิน 10 ซม. (L_3) และสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. (L_4) มีความสูงใกล้เคียงกัน แต่ในระดับต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. (L_1) มีความสูงน้อยกว่าอีก 3 ระดับ ดังแสดงใน Table 1 และเมื่อมีอายุครบ 1 ปี พบว่าโงกทางใบเล็กที่ปลูกในแปลง L_1 มีการเจริญเติบโตดีขึ้น (101.35 ซม.) ใกล้เคียงกับ L_2 (108.55 ซม.) และ L_3 (102.20 ซม.) ในขณะที่ L_4 มีการเจริญเติบโตด้านความสูงลดลง (90.24 ซม.) ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อโงกทางใบเล็กมีอายุมากขึ้น ระบบรากมีการพัฒนามากขึ้นสามารถดูดน้ำในดินที่อยู่ลึกได้มากขึ้นทำให้โงกทางใบเล็กใน L_1 มีการเจริญเติบโตดีขึ้นเพราะต้นพืชไม่ขาดน้ำและมีการถ่ายเทอากาศดีเนื่องจากผิวดินแห้งกว่าระดับการท่วมของน้ำระดับอื่นๆ โดยเฉพาะใน L_4 ซึ่งมีระดับการท่วมของน้ำสูงจึงทำให้การถ่ายเทอากาศไม่ดีและมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงลดลงถึงแม้ในสภาพธรรมชาติระดับการท่วมน้ำจะสูงมากกว่านี้

Table 1. Height and stem circumference of *Rhizophora apiculata* Bl. and *Avicennia marina* Vierh. in response to differences of water level at the age of 4, 8 and 12 months.

Treatments	Height (cm)*			Stem circumference (cm)*		
	4 months	8 months	12 months	4 months	8 months	12 months
<i>R. apiculata</i>						
L ₁ = 10 cm below soil surface	56.90 d	75.98 d	101.35 de	4.24 b	5.95 c	8.10 bcd
L ₂ = Soil surface level	65.40 c	81.33 d	108.55 cd	4.63 a	7.38 ab	8.86 b
L ₃ = 10 cm above soil surface	66.68 c	84.85 d	102.20 de	4.62 a	7.09 ab	8.45 bc
L ₄ = 20 cm above soil surface	65.30 c	81.53 d	90.24 e	4.42 ab	6.13 c	7.42 cd
<i>A. marina</i>						
L ₁ = 10 cm below soil surface	86.35 a	155.30 a	196.78 a	3.59 c	7.93 a	10.40 a
L ₂ = Soil surface level	81.68 ab	143.93 ab	183.66 a	3.42 cd	7.38 ab	8.73 b
L ₃ = 10 cm above soil surface	78.08 b	129.85 b	158.53 b	3.16 de	6.61 bc	7.17 d
L ₄ = 20 cm above soil surface	66.53 c	114.53 c	122.65 c	2.91 e	4.85 d	5.44 e
C.V.	6.22	9.30	8.23	5.75	8.77	8.52

* Means followed by the same letter do not differ significantly within each column as indicated by ANOVA followed by DMRT at P = 0.05

แต่เนื่องจากมีช่วงระยะเวลาให้น้ำลงทำให้รากมีการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ส่วนในแสมทะเลมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันเห็นได้ชัดเจนและเป็นไปในทางเดียวกันตลอดอายุ 1 ปี กล่าวคือเมื่อครบ 1 ปี แสมทะเลมีความสูงมากที่สุดในแปลง L₁ คือ 196.78 ซม. รองลงไปคือ L₂, L₃ และ L₄ ซึ่งมีความสูง 183.66, 158.53 และ 122.65 ซม. ตามลำดับ โดยที่แสมทะเลในแปลง L₁ และ L₄ มีความสูงแตกต่างกันอย่างชัดเจนมาก (Table 1)

3. เส้นรอบวง

การเจริญเติบโตทางด้านเส้นรอบวง พบว่ามีผลเช่นเดียวกับความสูง กล่าวคือ เมื่อปลูกครบ 1 ปี โกงกางใบเล็กมีเส้นรอบวงแตกต่างกันน้อยในระดับการท่วมของน้ำที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 1 (L₁ = 8.10 ซม., L₂ = 8.86 ซม., L₃ = 8.45 ซม. และ L₄ = 7.42 ซม.) ในขณะที่แสมทะเลมีความแตกต่างเห็นได้ชัดเจน กล่าวคือแสมทะเลมีเส้นรอบวงโตที่สุดในแปลง L₁ คือ 10.40 ซม. รองลงไปคือ L₂, L₃ และ L₄ มีค่าเท่ากับ 8.73, 7.17 และ 5.44 ซม. ตามลำดับ โดยที่แสมทะเลในแปลง L₁ และ L₄ มีเส้นรอบวงแตกต่างกันชัดเจนมาก (L₁ เกือบเป็นสองเท่า L₄)

จากผลการทดลองด้านอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตในพื้นที่ระดับน้ำต่างกัน พบว่าพืชชายเลนทั้ง

สองมีอัตราการรอดตายดีมาก โดยโกงกางใบเล็กมีการเจริญเติบโตในพื้นที่ที่มีน้ำท่วม ซึ่งแตกต่างจากแสมทะเลที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ดอน (มีระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน) ซึ่งจะสัมพันธ์กับรากอากาศที่เกิดขึ้น โดยโกงกางใบเล็กเกิดรากอากาศแบบรากค้ำจุน (stilt roots) อยู่ในระดับน้ำที่ลึกกว่าแสมทะเล และได้รับอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำโดยตรง ส่วนแสมทะเลมีรากอากาศแบบรากหายใจ (pneumatophores) ซึ่งขึ้นอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าและสามารถทนต่อการที่น้ำขึ้นไม่ถึงหรือไม่ท่วมพื้นที่ได้มากกว่า (Nilsen and Orcutt, 1996)

การปรับตัวของรากค้ำจุนของโกงกางใบเล็ก

โกงกางใบเล็กเริ่มมีรากค้ำจุนให้สังเกตเห็นในเดือนที่ 6 และเพิ่มจำนวนมากขึ้นในเดือนต่อๆ มา รวมถึงข้อมูลการปรับตัวของรากค้ำจุนในลักษณะอื่นๆ ด้วย (Figure 2 และ Figure 4) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์จำนวนต้นที่มีรากค้ำจุน โกงกางใบเล็กเริ่มมีรากค้ำจุนในเดือนที่ 6 โดยเริ่มพบมากในแปลงน้ำท่วม คือระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. (L₃ = 37.50%) และระดับน้ำสูงกว่า 20 ซม. (L₄ = 45.00%) พบบ้างเล็กน้อยในระดับน้ำเสมอผิวดิน (L₂ = 10.00%) และไม่พบรากค้ำจุนเลยในระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. (L₁ =

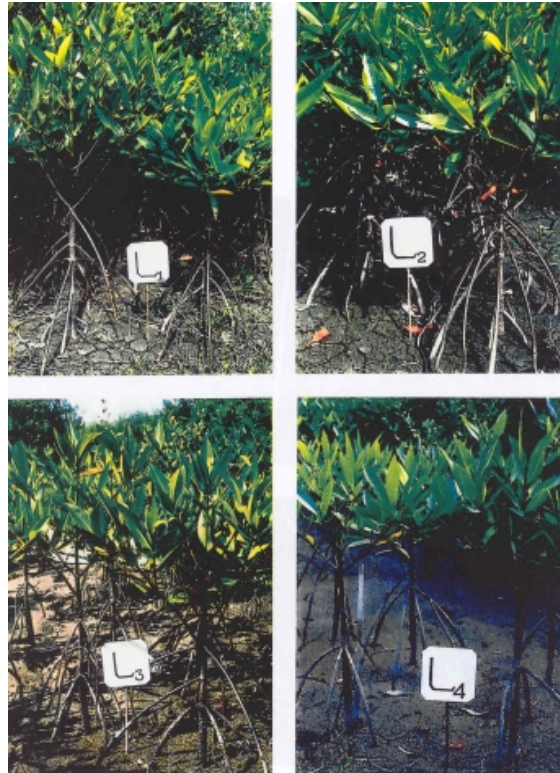


Figure 2. Stilt roots of *Rhizophora apiculata* Bl. responded to the changes of water levels at the age of 12 months ($L_1 = 10$ cm below soil surface, $L_2 =$ soil surface level, $L_3 = 10$ cm above soil surface and $L_4 = 20$ cm above soil surface).



Figure 3. Pneumatophores of *Avicennia marina* Vierh. responded to the changes of water levels at the age of 12 months ($L_1 = 10$ cm below soil surface, $L_2 =$ soil surface level, $L_3 = 10$ cm above soil surface and $L_4 = 20$ cm above soil surface).

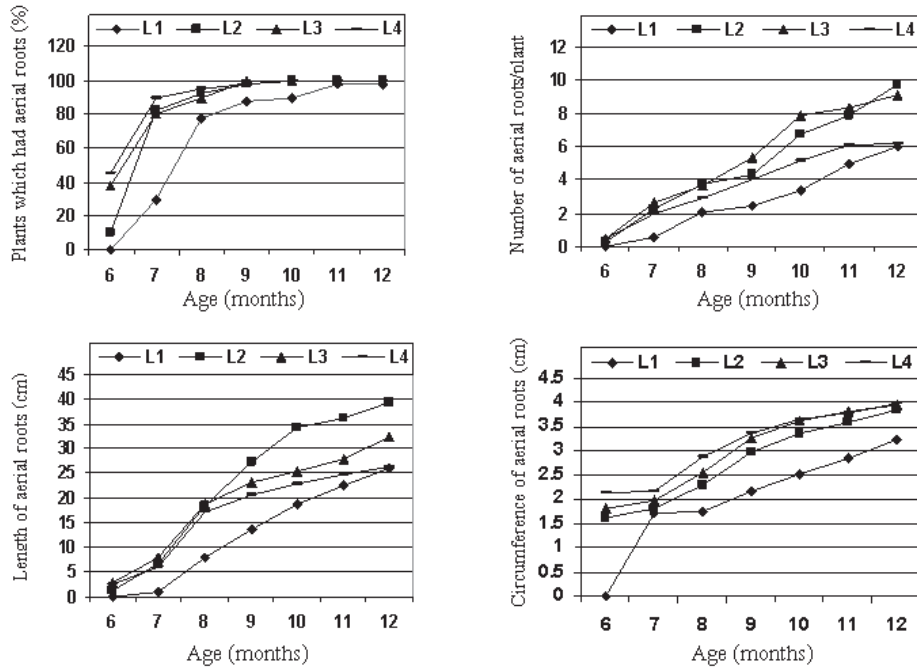


Figure 4. Stilt root developments of *Rhizophora apiculata* Bl. responded to the changes of water levels at the age of 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 months.

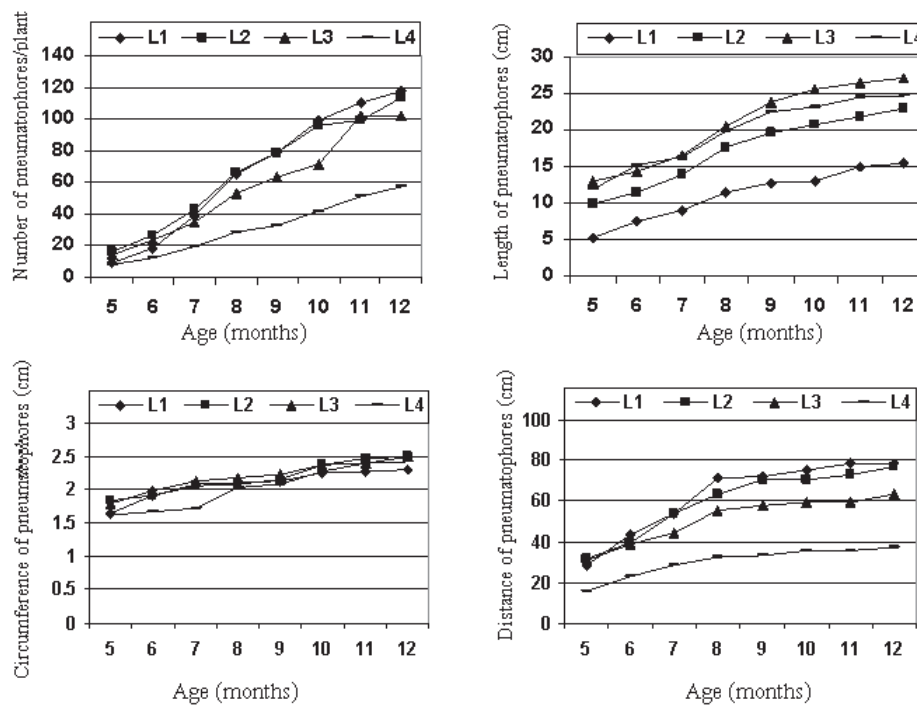


Figure 5. Pneumatophore characteristics of *Avicennia marina* Vierh. responded to the changes of water levels at the age of 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12 months.

0.00%) และต้องใช้ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนต้นที่มีรากค้ำจุนให้มากขึ้น (ซึ่งแตกต่างจากสมมติฐานที่มีรากหายใจครบทุกต้นในระยะเวลาใกล้เคียงกัน) อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 9 โกงกางใบเล็กของแปลง L_3 มีจำนวนต้นที่มีรากค้ำจุนครบ 100% และในเดือนที่ 10 โกงกางใบเล็กของแปลง L_2 และ L_4 มีจำนวนต้นที่มีรากค้ำจุนครบ 100% เช่นเดียวกัน ในขณะที่โกงกางใบเล็กใน L_1 เมื่ออายุครบ 1 ปียังมีต้นที่ไม่มีรากค้ำจุนอยู่อีกจำนวนเล็กน้อย (จำนวนต้นที่มีรากค้ำจุนเท่ากับ 97.50%)

2. จำนวนรากค้ำจุนต่อต้น ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 6 โกงกางใบเล็กใน L_2 , L_3 และ L_4 มีจำนวนรากค้ำจุนต่อต้นใกล้เคียงกันคือ 0.30, 0.50 และ 0.45 รากตามลำดับ ในขณะที่ L_1 ยังไม่พบรากค้ำจุน และในเดือนต่อๆ มาพบว่าในแปลง L_2 และ L_3 มีการเพิ่มจำนวนรากค้ำจุนต่อต้นดีกว่า L_4 ทำให้เมื่ออายุครบ 1 ปี โกงกางใบเล็กมีจำนวนรากค้ำจุนต่อต้นมากในแปลง L_2 และ L_3 ใกล้เคียงกันคือ 9.75 และ 9.08 ราก ตามลำดับ ส่วนในแปลง L_1 และ L_4 มีจำนวนรากค้ำจุนต่อต้นจำนวนน้อยกว่าเท่ากับ 6.00 และ 6.17 ราก ตามลำดับ

3. ความยาวรากค้ำจุน ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 6 โกงกางใบเล็กในแปลง L_3 มีความยาวรากค้ำจุนสูงสุดเท่ากับ 2.70 ซม. รองลงไปคือ ใน $L_4 = 2.53$ ซม. และใน $L_2 = 1.25$ ซม. ตามลำดับ และในเดือนต่อๆ มาพบว่าในแปลง L_2 มีการเจริญเติบโตด้านความยาวได้ดีที่สุดโดยเมื่ออายุครบ 1 ปีมีความยาวสูงสุดเท่ากับ 39.33 ซม. รองลงไปคือใน $L_3 = 32.42$ ซม. ส่วน L_1 และ L_4 มีความยาวรากค้ำจุนต่ำใกล้เคียงกันคือ 25.92 และ 26.25 ซม.

4. เส้นรอบวงของรากค้ำจุน ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 6 โกงกางใบเล็กมีเส้นรอบวงโตที่สุดในแปลง $L_4 = 2.14$ ซม. รองลงไป $L_3 = 1.80$ ซม. และ $L_2 = 1.63$ ซม. ตามลำดับ และในเดือนต่อๆ มาพบว่า L_4 , L_3 และ L_2 มีการเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงดีกว่า L_1 กล่าวคือ เมื่ออายุครบ 1 ปี โกงกางใบเล็กในแปลง L_4 มีเส้นรอบวงโตที่สุดเท่ากับ 3.98 ซม. รองลงไปคือ $L_3 = 3.94$ ซม. และ $L_2 = 3.84$ ซม. และ L_1 มีเส้นรอบวงเล็กที่สุดเท่ากับ 3.25 ซม.

จากผลการศึกษาการปรับตัวของรากค้ำจุนพบว่า

โกงกางใบเล็กมีการพัฒนาของรากค้ำจุนในแปลง L_2 , L_3 และ L_4 มากกว่า L_1 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง L_2 และ L_3 กับ L_4 จะเห็นว่า L_4 มีจำนวนรากน้อยกว่าแต่มีขนาดโตที่สุด ทั้งนี้เพื่อช่วยในการค้ำยันลำต้น สอดคล้องกับการรายงานของเทียมใจ (2536) และสนธิ (2541) ที่ว่ารากค้ำจุนของพืชชายเลนมีขนาดและความสูงแตกต่างกันตามระดับการขึ้นลงของน้ำหรือตามระดับการท่วมของน้ำนั่นเอง

การปรับตัวของรากหายใจของสมมติฐาน

สมมติฐานเริ่มปรากฏมีรากหายใจเมื่ออายุ 5 เดือนในทุกระดับน้ำ และเกิดทุกต้นในเวลาใกล้เคียงกันภายในเดือนที่ห้านี้ ดังนั้นจึงไม่ได้เก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์จำนวนต้นที่มีรากอากาศ (แตกต่างจากโกงกางใบเล็กซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนรากอากาศดังที่กล่าวไปแล้ว) แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านจำนวนและขนาด (ความสูงและเส้นรอบวง) รวมถึงระยะห่างจากโคนต้นดังแสดงใน Figure 3 และ Figure 5 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จำนวนรากหายใจต่อต้น ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 5 สมมติฐานในแปลง L_2 และ L_3 มีจำนวนรากหายใจต่อต้นสูงใกล้เคียงกัน ($L_2 = 16.40$ ราก $L_3 = 14.58$ ราก) และมีจำนวนรากหายใจต่อต้นต่ำในแปลง $L_1 = 9.17$ ราก และ $L_4 = 8.20$ ราก และในเดือนต่อๆ มาพบว่า L_1 มีการเพิ่มจำนวนรากหายใจต่อต้นเป็นจำนวนมาก โดยเมื่ออายุครบ 1 ปี L_1 มีรากหายใจต่อต้นสูงสุดเท่ากับ 117.83 ราก รองลงไปคือ $L_2 = 113.25$ ราก และ $L_3 = 102.42$ ราก ตามลำดับ และสมมติฐานมีรากหายใจต่ำสุดในแปลง $L_4 = 57.17$ ราก (ซึ่งต่ำกว่าในอีก 3 ระดับน้ำมาก)

2. ความสูงของรากหายใจ ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 5 รากหายใจของสมมติฐานในแปลง L_3 มีความสูงมากที่สุดเท่ากับ 13.11 ซม. รองลงไปคือ $L_4 = 11.94$ ซม. และ $L_2 = 9.90$ ซม. ตามลำดับ และรากอากาศมีความสูงน้อยที่สุดในแปลง $L_1 = 5.24$ ซม. และในเดือนต่อๆ มาพบว่า L_3 มีการเจริญเติบโตด้านความสูงดีที่สุด กล่าวคือเมื่อสมมติฐานอายุครบ 1 ปีมีรากหายใจสูงที่สุดในแปลง $L_3 = 27.09$ ซม. รองลงไปคือ $L_4 = 25.34$ ซม. และ $L_2 = 23.00$ ซม. ตามลำดับ และสมมติฐานมีรากหายใจที่มีความสูงน้อยที่สุดในแปลง $L_1 = 15.42$ ซม.

3. เส้นรอบวงของรากหายใจ ผลการทดลองพบ

ว่าในเดือนที่ 5 รากหายใจของแสมทะเลในแปลง L_2 มีขนาดโตที่สุดเท่ากับ 1.83 ซม. รองลงไปคือ $L_3 = 1.78$ ซม. $L_1 = 1.64$ ซม. และ $L_4 = 1.62$ ซม. ตามลำดับ และในเดือนต่อๆ มา พบว่ารากหายใจของแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตด้านเส้นรอบวงใกล้เคียงกันทั้ง 4 ระดับน้ำ และเมื่อแสมทะเลอายุครบ 1 ปีมีเส้นรอบวงของรากหายใจโตที่สุดในแปลง $L_2 = 2.50$ ซม. รองลงไปคือ $L_3 = 2.48$ ซม., $L_4 = 2.42$ ซม. และ $L_1 = 2.29$ ซม. ตามลำดับ

4. ระยะห่างจากโคนต้น ผลการทดลองพบว่าในเดือนที่ 5 แสมทะเลมีรากหายใจแผ่ขยายออกไปห่างจากโคนต้นมากที่สุดใกล้เคียงกันในแปลง L_2 และ L_3 ($= 31.50$ และ 30.68 ซม. ตามลำดับ) รองลงไปคือ $L_1 = 28.41$ ซม. และมีระยะห่างจากโคนต้นน้อยที่สุดในแปลง $L_4 = 15.97$ ซม. และในเดือนต่อๆ มา พบว่ารากหายใจของแสมทะเลสามารถแผ่ขยายออกไปได้ดีในแปลง L_1 และ L_2 ส่วน L_3 และ L_4 มีการแผ่ขยายออกไปน้อย โดยเฉพาะ L_4 มีการแผ่ขยายออกไปน้อยมาก ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากว่ารากหายใจของแสมทะเลต้องยึดตัวเพื่อให้มีความสูงไหลพ้นน้ำ และเมื่อแสมทะเลอายุครบ 1 ปี พบว่ารากหายใจของแสมทะเลแผ่ขยายออกไปได้ดีที่สุดใกล้เคียงกันในแปลง L_1 และ $L_2 = 78.67$ และ 76.92 ซม. รองลงไปคือ $L_3 = 63.83$ ซม. และ รากหายใจของแสมทะเลมีการแผ่ขยายน้อยที่สุดในแปลง $L_4 = 37.09$ ซม. นอกจากนี้ยังพบว่าในแปลง L_1 และ L_2 มีการกระจายตัวของรากหายใจดีกว่า L_3 และ L_4 โดยเฉพาะ L_4 มีการกระจุกตัวของรากหายใจบริเวณรอบโคนต้นเท่านั้น

จากผลการศึกษาการปรับตัวของรากอากาศพบว่า รากอากาศของแสมทะเลมีความสูงตามระดับการท่วมของน้ำ ส่วนลักษณะอื่นๆ อีก 3 ลักษณะ คือ จำนวนต่อต้น เส้นรอบวง และระยะห่างจากโคนต้นพบว่าในแปลง L_1 , L_2 และ L_3 มีการปรับตัวได้ดีกว่า L_4 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าแสมทะเลมีการเจริญเติบโตที่สุดในแปลง L_1 รองลงไปคือ L_2 และ L_3 ตามลำดับ และมีการเจริญเติบโตต่ำสุดในแปลง L_4 นั่นเอง และพบว่าแสมทะเลในแปลง L_3 และ L_4 มีรากค้ำจุนเกิดขึ้นตามระดับการท่วมของน้ำเพื่อช่วยค้ำยันลำต้น สอดคล้องกับการรายงานของ Tomlinson (1986) และ Seanger (2002) ที่ว่าส่วนโคนของลำต้นรังกะแท้ (*Kandelia candel*) ที่ขึ้นใกล้ลำน้ำที่มีน้ำไหลจะมีลักษณะคล้ายพูกอน (buttress roots) แต่ในที่ซึ่งมีน้ำนิ่งพบว่ามี

รากค้ำจุนเกิดขึ้น ส่วนลำต้นที่ขึ้นอยู่บนฝั่งแม่น้ำซึ่งไม่ค่อยมีน้ำท่วมถึงจะไม่มีรากพิเศษเกิดขึ้น

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การทดลองปลูกโกงกางใบเล็กและแสมทะเลในระดับน้ำที่แตกต่างกัน 4 ระดับสรุปผลได้ดังนี้

1. อัตราการรอดตายของไม้ชายเลนทั้งสองสูงมาก (100%) โดยโกงกางใบเล็กสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับน้ำระดับผิวดินและสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. ส่วนแสมทะเลเจริญเติบโตได้ดีในระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 10 ซม. และมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อระดับน้ำสูงขึ้น ดังนั้นในการปลูกหรือฟื้นฟูป่าชายเลนโดยใช้พันธุ์ไม้ชายเลนทั้งสองชนิดดังกล่าว ควรปลูกแสมไว้ในที่ดอน อาจมีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นบางครั้ง และควรปลูกโกงกางใบเล็กใกล้หน้าหรือทะเลให้น้ำท่วมระดับผิวดินหรือให้น้ำขังระดับหนึ่ง (ประมาณ 10 ซม.) และสูงมากขึ้นตามอายุของต้นพืชนั้นๆ หนึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากคือสภาพพื้นที่ รวมถึงลักษณะดินและน้ำในพื้นที่นั้นๆ ว่ามีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชชายเลนสองชนิดนี้มากน้อยเพียงใด โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐานและศึกษาการเจริญเติบโตของพืชจากบริเวณข้างเคียง นอกจากนั้นในกรณีต้องการให้มีพืชชายเลนคลุมพื้นที่หาดเลนว่างเปล่าอย่างรวดเร็วก็อาจปลูกแสมทะเลและรักษาระดับน้ำให้อยู่ระดับผิวดินหรือต่ำกว่าผิวดินเล็กน้อย เพราะแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก

2. การศึกษาการปรับตัวของรากอากาศของพืชชายเลนทั้งสองเพื่อตอบสนองต่อระดับน้ำพบว่ารากค้ำจุนของโกงกางใบเล็กมีการเจริญเติบโตดีในระดับน้ำระดับผิวดินและสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. ยกเว้นขนาดของเส้นรอบวงที่รากค้ำจุนของโกงกางใบเล็กมีขนาดใหญ่ที่สุดในระดับน้ำสูงกว่าผิวดิน 20 ซม. ส่วนรากหายใจในแสมทะเลมีการเจริญเติบโตดีในระดับผิวดินและสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. เช่นเดียวกัน ยกเว้นความสูงของรากหายใจจะสูงมากในระดับการท่วมของน้ำสูงกว่าผิวดิน 20 ซม.

เอกสารอ้างอิง

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2535. การปลูกป่าชายเลน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

- เทียมใจ คมกฤส. 2536. โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สนิท อักษรแก้ว. 2541. ป่าชายเลน...นิเวศน์วิทยาและการจัดการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมยศ พุ่งหว่า อภินันท์ กำเนิดรัตน์ วิเชียร จาญพจน์ และวีรยุทธ ดาววัลย์. 2543. โครงการแผนการใช้ที่ดินบริเวณอ่าวปัตตานี. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- Baldrin, A.H. and Mendelssohn, I.A. 1998. Effects of salinity and water level on coastal marshes: Experimental test of disturbance as a catalyst for vegetation change. *Aquat. Bot.* 61(4): 255-268.
- Cao, F.L. and Corner, W.H. 1999. Selection of flood-tolerant *populus deltoides* clones of reforestation projects in China. *Forest Ecology and Management.* 117(1-3): 211-220.
- Delgado, P., Hensel, P.F., Jimenez, J.A. and Day, J.W. 2001. The importance of propagule establishment and physical factors in mangrove distributional patterns in a Costa Rican Estuary. *Aquat. Bot.* 71: 157-178.
- Drew, M.C. 1977. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Ann. Rev. Plant Physiol, Plant Mol. Biol.* 48: 223-250.
- Havanond, S., Maxwell, G.S., Piriyaoytha, S. and Trakoonpanich, C. 1996. Strategies in Mangrove Restoration: Balancing Natural Biodiversity and Pragmatic Ecological Repair in Waterlogged Environments. Proc. of the FORTROP'96: Tropical Forestry in the 21st Century. Bangkok, Thailand, Nov 25-28, 1996: 36-56.
- Huang, B., Johnson, J.W., Nesmith, D.S. and Bridges, D.C. 1994. Root and shoot growth of wheat genotypes in response to hypoxia and subsequent resumption of aeration. *CropSci.* 34: 1538-1544.
- Krauss, K.W., Allen, J.A. and Cahoon, D.R. 2003. Differential rates of vertical accretion and elevation change among aerial root types in Micronesian mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 56: 251-259.
- Little, T.M. and Hills, F.J. 1978. *Agricultural Experimentation: Design and Analysis.* John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Nilsen, E.T. and Orcutt, D.M. 1996. *Physiology of Plant under Stress: A Biotic Factors.* John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Saenger, P. 2002. *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation.* Kluwer Academic Publishers, the Netherlands.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves.* Cambridge University Press, Cambridge.