



การทดลองในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับผลกระทบของระดับน้ำท่วมต่อลักษณะทางกายภาพต้นกล้าป่าชายเลน
A LABORATORY EXPERIMENT ON THE EFFECTS OF FLOODED LEVEL ON THE PHYSICAL
CHARACTERISTIC OF PLANTED MANGROVE SPROUTS

กมลพล ขยันหา¹, ศุภาพิชญ์ คะสมุทร², พรหมพร เสี่ยงยิ่ง³ นีรัตน์ แยมโอยฐ์⁴ และ ธรรมนุญ รัศมีมาสเมือง⁵

^{1,2,3,5} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและเทคโนโลยี คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทยลดลงเป็นจำนวนมากเนื่องจากถูกทำลายเพื่อใช้ประโยชน์อื่น เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แม้มีการรณรงค์ฟื้นฟูปลูกป่าชายเลนอย่างต่อเนื่อง แต่ประสิทธิภาพของการปลูกค่อนข้างต่ำ เพราะอัตราการรอดตายของต้นกล้าป่าชายเลนต่ำมาก งานวิจัยนี้สนใจปัจจัยเรื่องระดับน้ำท่วมต้นกล้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ผลต่อลักษณะทางกายภาพของต้นกล้าป่าชายเลน การทดลองถูกดำเนินการในกระบอกทดลองพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ ภายในมีชั้นบันไดเพื่อจำลองการปลูกต้นกล้าป่าชายเลนสองชนิด คือ ต้นแสมและต้นโกงกาง ที่ระดับน้ำในการท่วมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ระดับน้ำท่วมทั้งต้น ระดับน้ำท่วมกลางต้น และระดับน้ำท่วมราก มีค่าระดับน้ำจากพื้นกระบอก คือ 70, 35 และ 15 ซม. ตามลำดับ ทำการทดลองโดยการจำลองน้ำขึ้นน้ำลงด้วยการปั๊มน้ำเข้ากระบอกทดลอง แซ่ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้วปั๊มน้ำออกทุกวัน ทดลองต่อเนื่องกันเป็นเวลา 67 วัน จากนั้นนำต้นกล้าแต่ละกรณีมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนไป ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับน้ำท่วมทั้งต้นมีผลทำให้ต้นกล้าป่าชายเลนเจริญเติบโตน้อยที่สุด และนอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้าแสมมีความสามารถในการทนน้ำท่วมได้ดีกว่าต้นกล้าโกงกาง

คำสำคัญ : ระดับน้ำท่วม, ต้นกล้าป่าชายเลน, การปลูกป่าชายเลน

ABSTRACT

Area of mangrove forests in Thailand has considerably decreased because the mangrove forests have been destroyed to use the land for other purposes, e.g. aquaculture. Even though there have been reforestation campaigns, the effectiveness of the reforestation is still very low because the rate of survival of the mangrove sprouts is very low. This research focuses on the effect of flooded level, which is one of the important factors influencing on the physical characteristics of mangrove sprouts. Experiment was conducted in a big plastic tank. Inside the tank there were three steps for simulating the mangrove sprouts planting with two types of mangroves sprouts, *Avicennia alba* and *Rhizophora apiculata*, planted with three different flooded levels – 70, 35 and 15 cm. To simulate tide, every day water was pumped into the tank, then immersed the sprouts for three

Kamonpol Kayunha¹, Supapitch Dasamut², Promporn Sangoeng³, Nirat Yamoat⁴ and Thamnoon Rasmeemasmuang⁵

¹Lecturer, ^{2,3}Student, ⁵Asst. Prof. Dr., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi.

⁴Asst. Prof., Department of Civil and Environmental Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's

hours, and was finally pumped. The experiment was continued for 67 days. After test, the changes of the physical characteristics of each sprout were determined. The results showed that at the flooded level 70 cm., the sprout grew the least. In addition, *Avicennia alba* sprouts were more durable to flooding than *Rhizophora apiculata*.

KEYWORDS: flooded level, mangrove sprout, mangrove reforestation

1. บทนำ

ป่าชายเลน (Mangroves) เป็นป่าไม้ที่เจริญเติบโตในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีระดับน้ำทะเลขึ้น-ลง และมีความสำคัญอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง รวมไปถึงเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศน์ชายฝั่ง และสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติอีกด้วย นอกจากนี้ป่าชายเลนเป็นเสมือนแนวป้องกันหรือโครงสร้างป้องกันชายฝั่งตามธรรมชาติ ที่ช่วยในการลดทอนคลื่นและส่งเสริมการตกตะกอนชายฝั่ง การศึกษาความสามารถในการป้องกันคลื่นหรือลดทอนคลื่นของป่าชายเลนเป็นที่สนใจของนักวิจัยเป็นจำนวนมากไม่น้อย เพื่อทราบถึงความสามารถและปัจจัยในการลดทอนคลื่นจากป่าชายเลน อาทิเช่น [1] ศึกษาการลดทอนคลื่นของป่าชายเลนในภาคสนามที่ประเทศเวียดนาม พื้นที่ศึกษามีต้นรังกะแท้ (*Kandelia candel*) อายุแตกต่างกันออกไป 3 โชนด้วยกัน คือ โชนที่ อายุครึ่งปี โชนที่สองอายุ 2 ถึง 3 ปี และโชนที่สามอายุ 5 ถึง 6 ปี ผู้วิจัยติดตั้งเครื่องวัดคลื่นในพื้นที่ทั้งสามโชน และพบว่าโชนที่สามต้นรังกะแท้ อายุ 5 ถึง 6 ปี สามารถลดทอนคลื่นได้มากที่สุด เนื่องจากอายุของต้นรังกะแท้ในโชนที่สามนั้นมากที่สุด ส่งผลให้ขนาดของต้นไม้ในพื้นที่มีขนาดใหญ่กว่าต้นรังกะแท้ในโชนที่หนึ่งและโชนที่สอง [2] ศึกษาจำนวนผู้เสียชีวิตตามแนวชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดียที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิ พบว่าจำนวนผู้เสียชีวิตเนื่องจากคลื่นสึนามิน้อยลงในบริเวณชายฝั่งที่มีป่าชายเลนจำนวนมาก ในปี ค.ศ. 2009 [3] ศึกษาการลดทอนคลื่นของป่าชายเลน โดยการนำต้นลำพู (*Sonneratia*) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมาศึกษาด้วยการปลูกในรางน้ำจำลองคลื่น พบว่าการลดทอนคลื่นสัมพันธ์กับความหนาแน่นของต้นไม้ กรณีที่ความหนาแน่นของต้นไม้มากมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนคลื่น 70% ถึง 80% กรณีที่มีความหนาแน่นของต้นไม้มีน้อยมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนคลื่น 35% ถึง 55% และกรณีที่ไม่มีต้นไม้เลย มีเพียงพื้นที่เอียงด้านหน้าชายฝั่งมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนคลื่นอยู่ที่ 40% [4] ศึกษาการลดทอนคลื่นของรางจำลองของต้นโกงกางที่ทำจากเหล็กในรางจำลองคลื่น โดยสนใจรูปแบบการจัดเรียงและความหนาแน่นของรางโกงกางที่แตกต่างกัน พบว่าความหนาแน่นมีผลต่อการลดทอนคลื่นอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับการศึกษาของ [3] แต่การจัดเรียงมีผลต่อการลดทอนคลื่นต่างกันเพียงเล็กน้อย นอกจากความหนาแน่นของต้นไม้ป่าชายเลนแล้ว ระดับน้ำ ความชันคลื่น ความยาวของแนวป่าชายเลนยังส่งผลต่อการลดทอนคลื่นด้วยเช่นกัน [5]

ในปี พ.ศ. 2504 ป่าชายเลนในประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 2,299,375 ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ.2539 พื้นที่ป่าชายเลนลดลงต่ำสุดเหลือเพียง 1,047,390 ไร่ ซึ่งสาเหตุของการลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 สาเหตุด้วยกัน สาเหตุที่หนึ่ง คือ เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่บุกรุกป่าชายเลน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ สาเหตุที่สอง คือ เกิดจากธรรมชาติ เช่น ในปี ค.ศ. 2004 เกิดคลื่นสึนามิในมหาสมุทรอินเดีย จากภาพถ่ายทางอากาศก่อนและหลังเกิดคลื่นสึนามิ พบว่าพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณแหลมปะการัง จังหวัดพังงา ประเทศไทย ถูกทำลายไปกว่า 70% [6] นอกจากภัยธรรมชาติที่รุนแรงแล้วยังมีอีกหลายปัจจัยทางธรรมชาติที่ส่งผลให้ป่าชายเลนลดลง อาทิเช่น ปัจจัยจากคลื่น จากการศึกษาก่อน [7] เกี่ยวกับผลกระทบของคลื่นต่อลักษณะทางกายภาพของต้นกล้าป่าชายเลน พบว่าต้นกล้าป่าชายเลนมีการตายเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับผลกระทบจากคลื่นที่มีความสูงคลื่นมากขึ้น นอกจากปัจจัยของคลื่นแล้วยังมีปัจจัยในเรื่องของการเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล ถึงแม้ว่าระดับน้ำทะเลในโลกค่อย ๆ เพิ่มขึ้นมาตลอด

แต่ปัจจุบันระดับน้ำทะเลได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการกระทำของมนุษย์ [8] การเพิ่มขึ้นของน้ำทะเลนั้นส่งผลให้การท่วมของดินไม้ป่าชายเลนเปลี่ยนไป จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการทนน้ำท่วมของดินไม้ป่าชายเลนที่ประเทศจีนในภาคสนาม เพื่อตรวจสอบการรอดตาย และการเจริญเติบโตของดินไม้ป่าชายเลนในพื้นที่ คือ แสมแดง (*Aegiceras corniculatum*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และ โกงกางทะเล (*Rhizophora stylosa* griff) โดยทำแปลงปลูกดินไม้ป่าชายเลนทั้ง 4 ชนิดในแปลงที่มีค่าระดับต่างกัน 8 ระดับ คือ 40, -30, -20, -10, 0, 10, 20 และ 30 ซม. เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง ทำการศึกษาเป็นเวลา 1 ปี พบว่าดินแสมทะเลสามารถทนน้ำท่วมได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ดินเลียบมือนาง โกงกางทะเล และ พังกาหัวสุมดอกแดง ตามลำดับ ซึ่งดินพังกาหัวสุมดอกแดง และ โกงกางทะเลเจริญเติบโตได้ดีในแปลงที่ระดับสูง [9] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่คล้ายกัน [10] ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นต่อลักษณะโครงสร้าง และการเจริญเติบโตของดินแสมทะเลในภาคสนามที่ประเทศจีน พื้นที่ศึกษามีค่าระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 105, 95, 65, 55 และ 45 ซม. เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่าดินแสมทะเลเจริญเติบโตในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลได้ดีกว่าพื้นที่ต่ำ นอกจากการศึกษาในภาคสนามแล้วยังได้ศึกษาในห้องทดลองกลางแจ้ง โดยการนำดินแสมทะเลมาแช่น้ำในถังที่ระดับน้ำท่วมราก และท่วมทั้งต้น ด้วยระยะเวลาการท่วม 0, 2, 4, 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าดินแสมทะเลที่แช่น้ำท่วมทั้งต้นมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักมวลชีวภาพ การสังเคราะห์แสง การแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอนของใบ และการใช้น้ำน้อยกว่าดินแสมทะเลที่แช่น้ำท่วมราก และยังระยะเวลาในการท่วมมาก จะส่งผลต่อน้ำหนักมวลชีวภาพ การสังเคราะห์แสง การแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอนของใบ และการใช้น้ำมากตามไปด้วย จากการศึกษาของ [9] และ [10] ถึงแม้ว่าดินแสมทะเลจะสามารถทนน้ำท่วมได้ดีกว่าดินไม้ป่าชายเลนชนิดอื่น แต่ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าถ้าอยู่ในพื้นที่ที่สูง ดังนั้นปัจจัยเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของป่าชายเลนโดยธรรมชาติอย่างแน่นอน

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา ปรากฏการณ์น้ำขึ้น-น้ำลงถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการลดลงของดินไม้ป่าชายเลน ถึงแม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของน้ำขึ้น-น้ำลงต่อป่าชายเลนอยู่บ้างในปัจจุบันแต่ก็อาจยังมีการศึกษาน้อยมากเมื่อเทียบกับการศึกษาในด้านอื่น ๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของน้ำขึ้น-น้ำลงในรูปแบบของระดับน้ำในการท่วมต้นกล้าป่าชายเลนที่แตกต่างกันไปต่อการเจริญเติบโตทางกายภาพของต้นกล้าป่าชายเลน โดยทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการกลางแจ้ง ทำการทดลองด้วยการจำลองปลูกต้นกล้าป่าชายเลนในกระบะทดลองพลาสติกสี่เหลี่ยมขนาด 2,500 ลิตร กว้าง 116 ซม. ยาว 198 ซม. และ สูง 107 ซม. ภายในกระบะทดลองประกอบด้วยอิฐมวลเบาที่เรียงกันเป็นชั้นแบบขั้นบันได และมีถุงทรายทับอยู่ด้านบน เพื่อป้องกันอิฐมวลเบาลอยน้ำ โดยระดับของขั้นบันไดมีความสูง 35 และ 55 ซม. และเมื่อสูบน้ำเข้ากระบะทดลองให้ได้ระดับ 70 ซม. จากพื้นกระบะทดลอง น้ำจะท่วมต้นกล้าทั้งหมด 3 กรณี คือ กรณีระดับน้ำท่วมทั้งต้น (70 ซม.) กรณีระดับน้ำท่วมกลางต้น (35 ซม.) และกรณีระดับน้ำท่วมราก (15 ซม.) ดังแสดงในรูปที่ 1

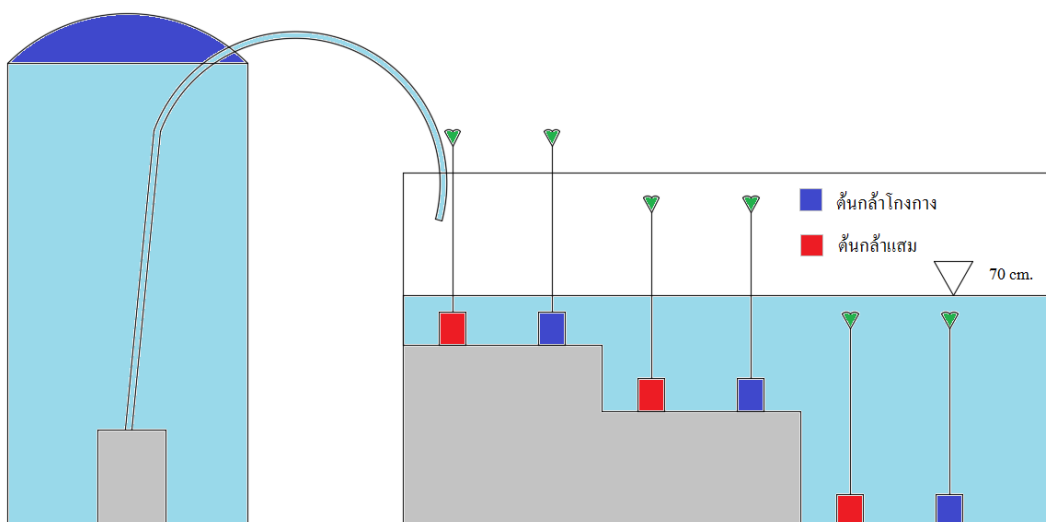


รูปที่ 1 ระดับน้ำในการจำลองน้ำท่วมต้นกล้าป่าชายเลน

ต้นกล้าป่าชายเลนที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 2 ชนิด ด้วยกัน คือ ต้นกล้าโกงกางและต้นกล้าแสม (แสดงในรูปที่ 2) มีความสูงประมาณ 45 ถึง 50 ซม. ชนิดละ 30 ต้น โดยแบ่งเป็นกรณีศึกษาละ 10 ต้น รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 60 ต้น ต้นกล้าป่าชายเลนบรรจุอยู่ในกระถางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้าง 10 ซม. และสูง 10 ซม. เพื่อให้สะดวกในการวางต้นกล้าในกระบะทดลอง ทั้งนี้ในการจำลองน้ำขึ้น-น้ำลง ใช้ถังเก็บน้ำขนาด 1,000 ลิตร ร่วมกับเครื่องสูบน้ำที่สามารถสูบน้ำได้ 2,400 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับสูบน้ำเข้าและออกจากกระบะทดลอง โดยในขั้นตอนแรก สูบน้ำเข้ากระบะทดลองจนระดับน้ำเท่ากับ 70 ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง (แสดงในรูปที่ 3) จากนั้นรักษาระดับน้ำให้ท่วมต้นกล้าเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงสูบน้ำออกจากกระบะทดลองจนหมดในเวลา 1 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ในการจำลองน้ำขึ้น-น้ำลงทั้งสิ้น 5 ชั่วโมงต่อวัน หลังจากการทดลองในช่วง 5 ชั่วโมง จะปล่อยให้ต้นไม้อยู่ในสถานะไม่มีน้ำท่วม ทำการทดลองต่อเนื่องกันเป็นเวลา 67 วัน รายละเอียดของการทดลองแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ก) ต้นกล้าแสม ข) ต้นกล้าโกงกาง

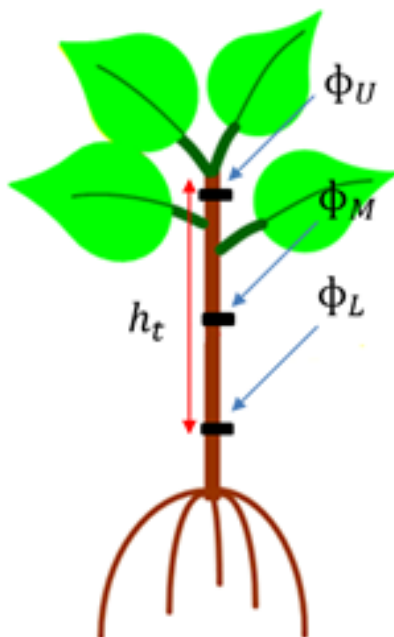


รูปที่ 3 ลักษณะการทดลอง

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทดลอง

รายละเอียดการทดลอง	
จำนวนดันท้าโกงกางจำลอง (ต้น/กรณี)	10
จำนวนดันท้าแสมจำลอง (ต้น/กรณี)	10
ระดับน้ำออกแบบ	ท่วมราก, ท่วมกลางต้น, ท่วมทั้งต้น
ระดับน้ำ (ซม.)	15, 35, 70
ระยะเวลาทดลอง (ชม./วัน/กรณี)	5
ช่วงเวลาการทดลอง (วัน)	67
จำนวนการทดลอง (กรณี)	3

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นกล้าป่าชายเลน 4 พารามิเตอร์ คือ 1) เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ใน 3 ส่วน ประกอบด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณส่วนบนลำต้น (Upper diameter, $\varnothing_U$) เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนกลางลำต้น (Middle diameter, $\varnothing_M$) และเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนล่างลำต้น (Lower diameter, $\varnothing_L$) โดยทำสัญลักษณ์ไว้ที่ลำต้น ทำการวัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper) 2) ความสูงของลำต้น (H_L) วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนล่างลำต้นถึงเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนบนลำต้นจากตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์ไว้ (แสดงในรูปที่ 4) โดยใช้เชือกทาบตามลำต้นและนำไปเทียบกับไม้บรรทัดเหล็ก 3) จำนวนใบ จดบันทึกจำนวนใบก่อนการทดลอง และหลังการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากระดับน้ำในการท่วมต่อการหลุดของใบ 4) ค่ามวลชีวภาพ นำต้นกล้าป่าชายเลนทั้งสองชนิดมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรณี



รูปที่ 4 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

3. ผลการทดลอง

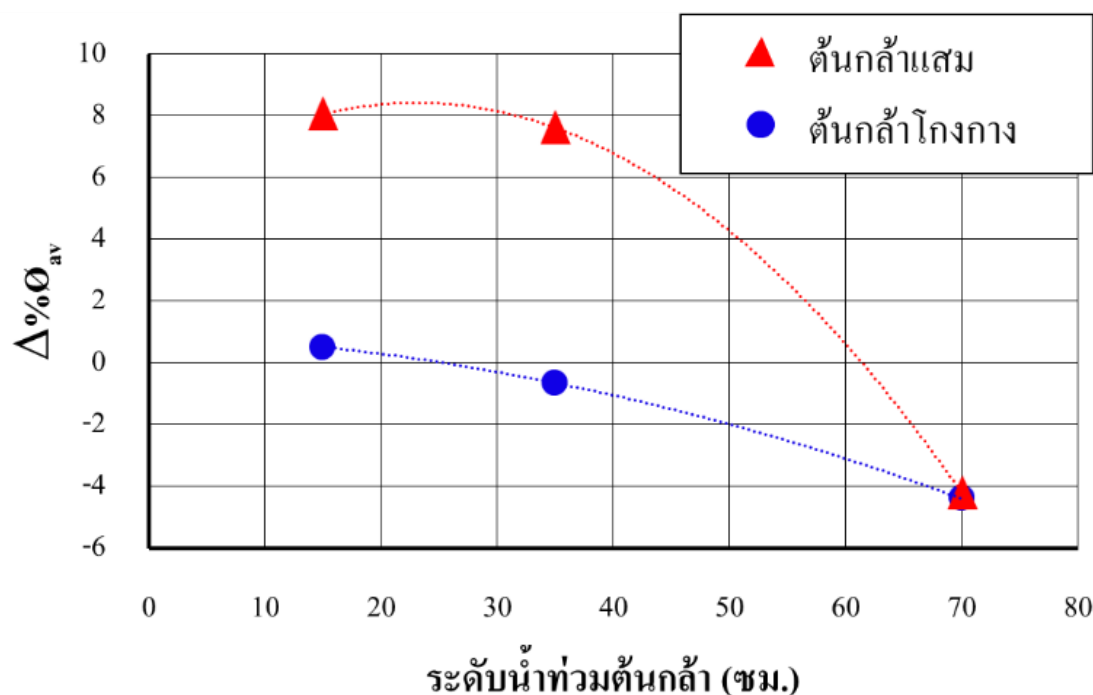
การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นกล้าแสมและต้นกล้าโกงกางด้วยการคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต (Growth percentage, $\%G_R$) จากผลต่างของข้อมูลทางกายภาพก่อนการทดลอง (Starting value, S_v) และหลังการทดลอง (Ending value, E_v) ดังสมการที่ 1

$$\frac{E_v - S_v}{S_v} \times 100 = \%G_R \quad (1)$$

โดยวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านความสูง เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทน เปอร์เซ็นต์ใบคงเหลือ และเปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพ จากนั้นนำเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของต้นกล้าทั้งสองชนิดกับระดับน้ำในการท่วมต้นกล้า

3.1 การเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้าป่าชายเลน

เมื่อนำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง มาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ϕ_{av}) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับระดับน้ำท่วมต้นกล้า ได้ผลดังรูปที่ 5

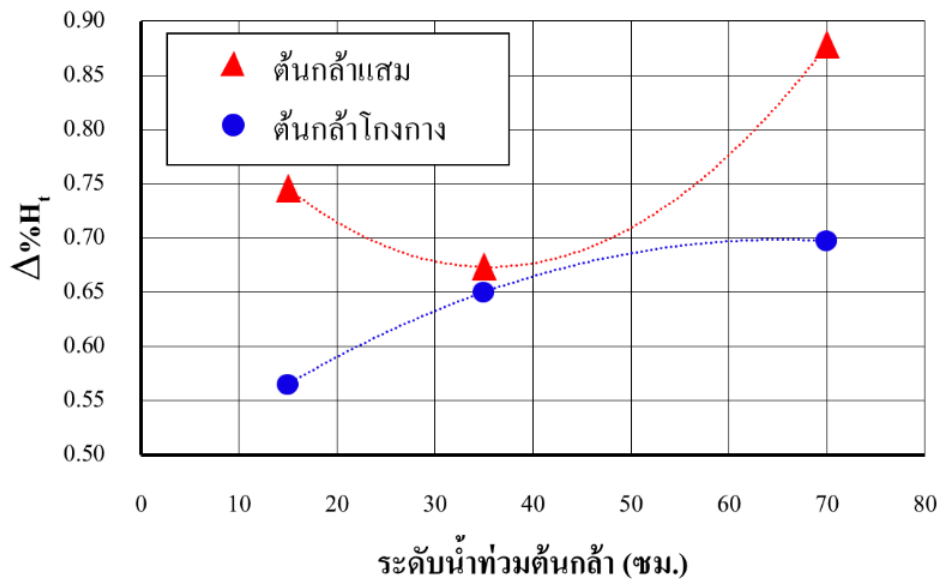


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ϕ_{av}) กับระดับน้ำท่วม

จากภาพแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยทั้งในต้นกล้าแสมและต้นกล้าโกงกาง มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับน้ำท่วมต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้น โดยระดับน้ำท่วมรากมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ ระดับน้ำท่วมกลางต้นและระดับน้ำท่วมทั้งต้น ตามลำดับ แต่ต้นกล้าแสมมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากกว่าต้นกล้าโกงกางอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นกล้าแสมนั้นมีความสามารถในการทนหรือปรับตัวเข้ากับสภาพน้ำท่วมได้ดีกว่าต้นกล้าโกงกาง

3.2 การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกล้าป่าชายเลน

เมื่อนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านความสูง (H_t) มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับระดับน้ำท่วมต้นกล้า (ดังแสดงในรูปที่ 6) แสดงให้เห็นว่า ต้นกล้าโกงกางมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มมากขึ้น เมื่อระดับน้ำท่วมต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้น ส่วนต้นกล้าแสม พบว่าที่ระดับน้ำท่วมรากมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าที่ระดับน้ำท่วมกลางต้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ [10] ที่ว่าต้นกล้าแสมสามารถเจริญเติบโตในพื้นที่สูงได้ดีกว่าพื้นที่ต่ำ ส่วนในกรณีที่ระดับน้ำท่วมทั้งต้น ต้นกล้าแสมมีการเจริญเติบโตด้านความสูงได้ดีกว่าที่ระดับน้ำท่วมรากและท่วมกลางต้น เนื่องจากผลกระทบของระดับน้ำท่วมทั้งต้น ส่งผลให้ต้นกล้าแสมไม่สามารถสังเคราะห์แสง หรือ แลกเปลี่ยนอากาศได้ ทำให้ต้นกล้าแสมพยายามพัฒนาการเจริญเติบโตด้านความสูงก่อน เพื่อให้ส่วนของต้นและใบพ้นน้ำ และเมื่อนำการเจริญเติบโตของต้นกล้าทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกัน พบว่าต้นกล้าแสมยังคงมีการเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นกล้าโกงกางเช่นเดียวกับการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตด้านความสูง (H_t) กับระดับน้ำท่วม

จากข้อมูลความสัมพันธ์การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและการเจริญเติบโตด้านความสูงกับระดับน้ำท่วมตักกล้าพบว่าที่ระดับน้ำท่วมตักกล้าเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยจะลดลงแต่การเจริญเติบโตด้านความสูงนั้นเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถตั้งเป็นสมมติฐานได้ว่าตักกล้าป่าชายเลนทั้งสองชนิดมีการปรับตัวต่อสภาพของระดับน้ำในการท่วมตักกล้า ด้วยการพยายามพัฒนาการเจริญเติบโตด้านความสูงให้เพิ่มขึ้นก่อนการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อให้ลำต้นและใบอยู่เหนือน้ำมากที่สุด

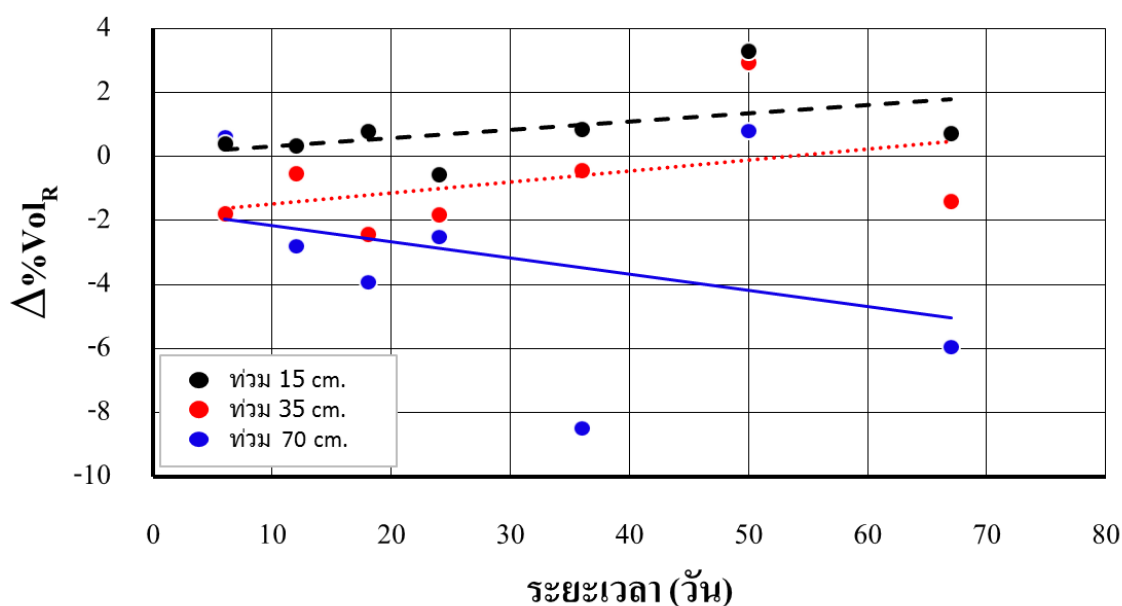
3.3 ปริมาตรตัวแทนของตักกล้าป่าชายเลน

การวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตด้านปริมาตรตัวแทน (Vol) ของตักกล้าแสมและตักกล้าโก่งกาง (ปริมาตรตัวแทน คือ ปริมาตรของตักกล้า โดยสมมุติว่าตักกล้ามีรูปร่างเป็นทรงกระบอก) ได้วิเคราะห์ด้วยการนำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและข้อมูลความสูงมาหาปริมาตร ดังสมการที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบโดยรวมของตักกล้าป่าชายเลนเนื่องจากระดับน้ำท่วมตักกล้า โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรตัวแทนตักกล้าแสมตามเวลา ($\Delta\%Vol_A$) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรตัวแทนตักกล้าโก่งกางตามเวลา ($\Delta\%Vol_R$) ตั้งแต่เริ่มการทดลอง จนจบการทดลอง ส่วนที่สองเป็นการแสดงเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนที่ได้รับผลกระทบจากระดับน้ำท่วม

$$\frac{\pi \times \phi_{av}^2}{4} \times H_t = Volume \quad (2)$$

3.3.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรตัวแทนตามเวลา

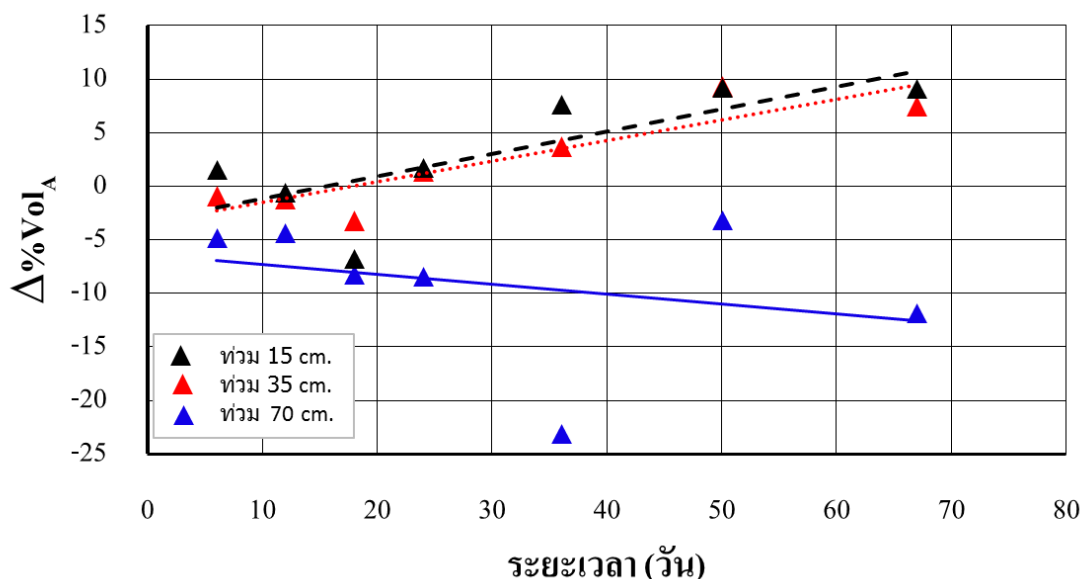
ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนตามเวลากับระดับน้ำท่วมต้นกล้าของต้นกล้าโกก้าง แสดงให้เห็นว่าต้นกล้าโกก้างที่ระดับน้ำท่วมรากมีการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนมากที่สุด รองลงมา คือ ระดับน้ำท่วมกลางต้นและท่วมทั้งต้น ตามลำดับ โดยที่ระดับน้ำท่วมรากและท่วมกลางต้นมีแนวโน้มการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนที่ระดับน้ำท่วมทั้งต้นการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว (แสดงในรูปที่ 7)



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนต้นกล้าโกก้างตามเวลา ($\Delta\%Vol_R$) กับระดับน้ำท่วม

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนตามเวลา กับระดับน้ำท่วมต้นกล้าของต้นกล้าแสมมีลักษณะความสัมพันธ์ที่คล้ายกับต้นกล้าโกก้าง คือ ที่ระดับน้ำท่วมรากและท่วมกลางต้นมีแนวโน้มการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีค่าการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันมาก ส่วนที่ระดับน้ำท่วมทั้งต้นการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว (แสดงในรูปที่ 8)

จากภาพความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนตามเวลากับระดับน้ำท่วมต้นกล้าของต้นกล้าทั้งสองชนิดพบว่า ต้นกล้าทั้งสองชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ระดับน้ำท่วมต้นกล้าไม่มาก โดยเฉพาะของต้นกล้าโกก้างจะโตได้ดีที่ระดับน้ำท่วมรากมากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด ส่วนของต้นกล้าแสมนั้นจะเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับน้ำท่วมกลางต้นและท่วมรากใกล้เคียงกันซึ่งนั่นแสดงให้เห็นว่าต้นกล้าแสมนั้นเป็นพันธุ์ไม้ที่ทนต่อการถูกน้ำท่วมได้กว่าต้นกล้าโกก้าง และตรงกับหลักทางพฤกษศาสตร์ที่ว่าต้นกล้าแสมเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำ



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนต้นกล้าแสมตามเวลา ($\Delta\%Vol_A$) กับระดับน้ำท่วม

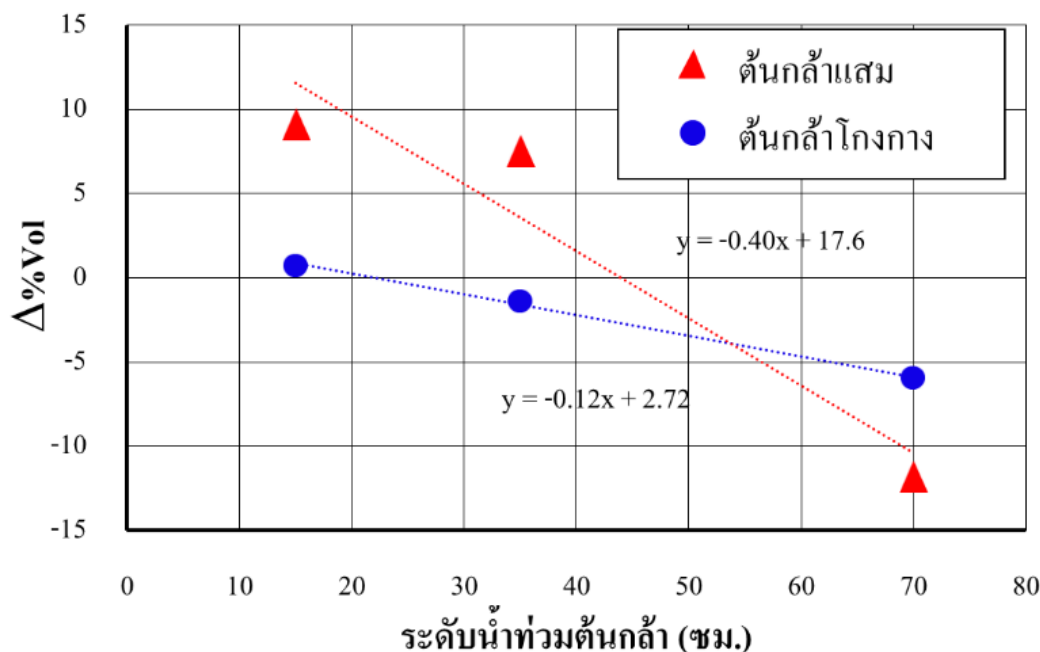
3.3.2 ผลกระทบจากระดับน้ำท่วมต่องปริมาตรตัวแทนของต้นกล้าป่าชายเลน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนของต้นกล้าป่าชายเลนกับระดับน้ำท่วมต้นกล้า พบว่ามีความสัมพันธ์สลับกับการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย คือ ต้นกล้าทั้งสองชนิดมีแนวโน้มการเจริญเติบโตลดลง เมื่อได้รับผลกระทบจากระดับน้ำท่วมต้นกล้ามากขึ้น แต่ที่ระดับน้ำท่วมกลางต้นและท่วมราก ต้นกล้าทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน และที่ระดับน้ำท่วมทั้งต้นต้นกล้าทั้งสองชนิดมีการเจริญเติบโตมากที่สุด (แสดงในรูปที่ 9) จากความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนกับระดับน้ำท่วมต้นกล้าทั้ง 3 จุด สามารถใช้สมการเส้นตรงอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 3 เมื่อ Y คือ เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนต้นกล้าแสม ($\Delta\%Vol_A$) และ การเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทนต้นกล้าโกงกาง ($\Delta\%Vol_R$) X คือ ระดับน้ำท่วม และค่า A และ C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสมการที่ 3 นี้สามารถใช้ประมาณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตัวแทนโดยรวมของต้นกล้าทั้งสองชนิดในพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมต่างกัน

$$Y = AX + C \quad (3)$$

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรตัวแทนในสมการเส้นตรงของต้นกล้าแสมและต้นกล้าโกงกาง

พารามิเตอร์	ต้นกล้าแสม	ต้นกล้าโกงกาง
A	-0.4	-0.12
C	17.6	2.72



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของปริมาตรตัวแทน ($\Delta\%Vol$) กับระดับน้ำท่วม

4. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเรื่องผลกระทบของระดับน้ำต่อลักษณะทางกายภาพของดินกล้าแสมและดินกล้าโกงกาง พบว่าดินกล้าทั้งสองชนิดเจริญเติบโตในพื้นที่สูงหรือกรณีที่น้ำท่วมตื้นกล้าครั้งต้นและกรณีน้ำท่วมตื้นกล้าแรกได้ดีกว่าในพื้นที่ต่ำ หรือกรณีที่น้ำท่วมตื้นกล้าทั้งต้น และดินกล้าแสมเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากกว่าดินกล้าโกงกางทุกด้าน แสดงว่าดินกล้าแสมสามารถปรับตัวต่อการทนน้ำท่วมได้ดีกว่า สำหรับผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลเชิงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างดินกล้าป่าชายเลนสองชนิดที่ได้รับผลกระทบจากระดับน้ำท่วมที่แตกต่างกัน แต่ยังไม่รวมผลกระทบด้านอื่น ๆ อาทิเช่น คลื่น และกระแสน้ำ ที่เป็นปัจจัยหลักของผลกระทบต่อน้ำท่วมตื้นกล้าป่าชายเลน การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มปัจจัยด้านระยะเวลาในการท่วมของน้ำ คลื่น และกระแสน้ำ เพิ่มเติม เพื่อศึกษาผลกระทบต่อตื้นกล้าป่าชายเลนในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงสภาพจริงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล นอกจากนี้ผู้เขียนคนหนึ่งขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่สนับสนุนทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mazda, Y. et al. Mangrove as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. *Mangroves and Salt Marshes*, 1997, 1, pp. 127-135.
- [2] Kathiresan, K. and Rajendran, N. Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2005, 65, pp. 601-606.

-
- [3] Tuyen, N.B. and Hung, H.V. An experimental study on wave reduction efficiency of mangrove forests. Proceeding of the 5th International Conference on Asian Pacific Coast (APAC2009), Nanyang Technological University (NTU), 13-16 Oct, 2009, 4, pp. 336-343.
 - [4] Hashim, A.M. and Catherine, S.M.P. A laboratory study on wave reduction by mangrove forests. APCBEE Procedia, 2013, 5, pp. 27-32.
 - [5] Artthaweekul T. et al. A Conceptual Experiment on Wave Attenuation due to Mangrove Trees. The 20th National Convention on Civil Engineering, Chonburi, 8-10 July, 2558.
 - [6] Kayunha k. et al. A laboratory experiment on the effects of waves on the physical characteristic of planted mangrove sprouts. The 22nd National Convention on Civil Engineering, Nakhon Ratchasima, 18-20 July, 2560.
 - [7] Erlandson, J.M. As the world warms: rising seas, coastal archaeology, and the erosion of maritime history. Journal of Coastal Conservation. 16 (2), pp. 137-142
 - [8] Yanagisawa, H. et al. The reduction effects of mangrove forest on a tsunami based on field surveys at Pakarang Cape, Thailand and numerical analysis. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 81, pp. 27-37.
 - [9] He, B. et al. Comparison of flooding-tolerance in four mangrove species in a diurnal tidal zone in the Beibu Gulf. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 74, pp. 254-262.
 - [10] Lu, W. et al. Effects of sea level rise on mangrove *Avicennia* population growth, colonization and establishment; Evidence from a field survey and greenhouse manipulation experiment. Acta Oecologica, 2003, 49, pp. 83-91.