

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความหลากหลายและพลวัตของกล้าไม้ต้นในป่าดิบชื้น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา จังหวัดระนอง

สถิตย์ ถิ่นกำแพง¹, ดอกรัก มารอด¹, สราวุธ พะลายะสุต², พรประภา อนุกุล³ และ เดชา คงนามล^{3*}

รับต้นฉบับ: 21 พฤษภาคม 2567

ฉบับแก้ไข: 17 มิถุนายน 2567

รับลงพิมพ์: 21 มิถุนายน 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันอาจส่งผลต่อการสืบต่อพันธุ์ของกล้าไม้ที่มี การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมได้ค่อนข้างรวดเร็ว วัตถุประสงค์การศึกษา เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศระดับท้องถิ่นต่อการตั้งตัวกล้าไม้ในป่าดิบชื้น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา

วิธีการ: ทำการวางแผนกล้าไม้ ขนาด 2 x 2 เมตร จำนวน 50 แปลง ภายในแปลงถาวรขนาด 4 เฮกแตร์ เพื่อติดตาม พลวัตป่า โดยทำการติดหมายเลขกล้าไม้ต้นทุกต้น ระบุชนิดกล้าไม้และติดตามข้อมูลการเกิดและรอดตายทุกเดือน พร้อม ติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความเข้มแสงอัตโนมัติ ตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 - มกราคม พ.ศ. 2567 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้ ดัชนีค่าความหลากหลาย อัตราการเกิด อัตราการตาย และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลการศึกษา: พบความหลากหลายของกล้าไม้ต้น จำนวน 128 ชนิด 83 สกุล ใน 39 วงศ์ ความหนาแน่นของกล้าไม้ มีค่าเท่ากับ 47,100 ต้นต่อเฮกแตร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Weiner ค่อนข้างสูง ($H' = 4.33$) ชนิดกล้าไม้ เค้นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญใน 5 ลำดับแรก ได้แก่ เข็มทอง (*Greenia corymbosa*) เชียด (*Cinnamomum altissimum*) ผักหวานช้างผสมโหลง (*Rinorea sclerocarpa*) แดงควน (*Syzygium attenuatum*) และคำชะโงก (*Diospyros wallichii*) มีค่าเท่ากับ 8.81, 8.68, 7.84, 7.31 และ 6.17 เปอร์เซ็นต์ พลวัตของกล้าไม้พบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนมีค่าสูงกว่า อัตราการตาย เกือบ 5 เท่า (เท่ากับ 5.57 ± 3.79 และ 0.27 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน) โดยเฉพาะอัตราการตายสูงมากในช่วง ฤดูแล้ง (ธันวาคม-กุมภาพันธ์) ที่สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ต่ำ อุณหภูมิและความเข้มแสงที่สูงในรอบปี แม้ว่าอัตราการ ตายและการเพิ่มจำนวนมีความแปรผันระหว่างชนิด โดยชนิดที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนสูงสุด ตะเคียนรากใบใส กรายคำ ตะเคียนรากใบขุ่น ไช้เขียว และพลับระนอง นั้นส่วนใหญ่เป็นไม้เด่นในป่าดิบชื้นของไทย และอัตราการตายสูง เข็มเขา กวาง เข็มทอง และ พะบัง เป็นไม้ชั้นรองของป่าดิบชื้น อย่างไรก็ตาม ยางมันหมู และนาคนูต ซึ่งเป็นกล้าไม้เด่นแต่ก็มี อัตราการตายสูงในช่วงฤดูแล้ง

สรุป: การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศท้องถิ่นมีแนวโน้มส่งผลต่อการสืบต่อพันธุ์และการตั้งตัวของกล้าไม้ โดยเฉพาะต่อ ความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ความรู้ที่ได้สามารถใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ชนิดไม้ที่มีความเปราะบางต่อการ เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: พลวัตกล้าไม้ ความหลากหลายของกล้าไม้ การสืบต่อพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น

¹ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา ตำบลสุขสำราญ ระนอง 85120

³ สถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามัน คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระนอง 85120

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: rddcd@ku.ac.th

ORIGINAL ARTICLE

Species Diversity and Tree Seedling Dynamics in Moist Evergreen Rain Forest
at Khlong Naka Wildlife Sanctuary, Ranong Province

Sathid Thinkampheang¹, Dokrak Marod¹, Sarawuth Palayasuth², Pornprapa Anukul² and Decha Duangnamol^{3*}

Received: 21 May 2024

Revised: 17 June 2024

Accepted: 21 June 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: Recently, the current climate change, the reproduction of seedlings that respond relatively quickly to changes in environmental factors may be affected. This study aimed to clarify the impact of micro-climate on the establishment of seedlings in moist evergreen forest at Khlong Nakha Wildlife Sanctuary.

Methodology: Fifty seedling quadrats; The plot of 2×2 m, were established and all tree seedling were tagged and identified. Seedling monitoring was done every month from February 2023 to January 2024. In addition, the data logger with automated recorded for temperature and light intensity was also set up. Data analysis includes the importance value index (IVI), diversity index, recruitment rate, mortality rate, and climate change.

Main Results: The total seedlings species of 128 species 83 genera and 39 families was found the seedling density is 47,100 individual. ha^{-1} and which had high species diversity based on Shannon-Weiner index ($H' = 4.33$). The dominance species based on importance value index (IVI) was *Ixora javanica*, *Cinnamomum altissimum*, *Rinorea sclerocarpa*, *Syzygium attenuatum*, and *Diospyros wallichii*, with values of 8.81, 8.68, 7.84, 7.31, and 6.17 percentage, respectively. Seedling dynamics during one year showed that the recruitment rate had higher than mortality rate, almost five times (5.57 ± 3.79 and $0.27 \pm 0.42 \text{ \%} \cdot \text{m}^{-1}$). Especially, the mortality rate is very high during the dry season (December-February), which corresponds with low rainfall, high temperatures, and high light intensity throughout the year. Although mortality and recruitment rate vary between species, the species with the highest recruitment rate are *Hopea montana*, *Hopea subpeltata*, *Hopea griffithii*, *Parashorea stellata*, and *Diospyros ranongensis*. These species are mostly dominant trees in Thailand's tropical rainforests. In contrast, species with high mortality rates include *Gaertnera vaginans*, *Greenea corymbosa*, and *Mischocarpus pentapetalus* which are secondary trees in the rainforest. However, *Dipterocarpus kerrii* and *Mesua ferrea* which are also dominant species, exhibit high mortality rates during the dry season.

Conclusion: Micro-climate changes obviously showed high impacted on seedling regeneration, in particular increased drought event. This knowledge on seedling adaptation is useful for species conservation planning, in particular, susceptible species to maintain their species in the forest ecosystem.

Keywords: Seedling dynamics, species diversity, regeneration, micro-climate change

¹ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² Khlong Naka Wildlife Sanctuary, Naka Subdistrict, Suksamran District, Ranong 85120, Thailand

³ Andaman Coastal Research Station for Development Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ranong 85120, Thailand

* Corresponding author: E-mail: rddcd@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.1.07>

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) เป็นที่ทราบกันดีว่าส่งผลกระทบในวงกว้างต่อระบบนิเวศบริการ (Ecosystem services) และความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตบนโลกมีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับการมีชีวิตรอดและหน้าที่ของสิ่งมีชีวิตภายในระบบนิเวศ โดยเฉพาะระบบนิเวศที่มีความเปราะบางสูง (Fragile ecosystem) กลุ่มป่าไม้ผลัดใบ (Evergreen forests) เช่น ป่าดิบเขา (Montane evergreen forest) หรือป่าดิบชื้น (Moist evergreen forest) ที่มักพบปัญหาพื้นที่ขาดความแห้งแล้งน้อยกว่าในกลุ่มป่าผลัดใบ (Deciduous forests) เช่น ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) และป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) หากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงมากขึ้น อาจมีผลทำให้กลุ่มป่าไม้ผลัดใบได้รับผลกระทบดังกล่าวในระดับที่รุนแรงมากขึ้นส่งผลกระทบต่อการดำรงตัวของพรรณไม้ในระดับกล้าไม้ที่มีความอ่อนไหวและเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมค่อนข้างสูง (Whigham *et al.*, 2008) และการลดประชากรในระดับกล้าไม้ลงอาจส่งผลทำให้เกิดการสูญพันธุ์ในระดับท้องถิ่นได้ (Browne, 2021) โดยเฉพาะชนิดพันธุ์พืชถิ่นเดียว (Endemic species) หรือพรรณไม้ที่มีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered species) หรือ ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Critically endangered) เนื่องจากความแล้ง (Drought) ที่เพิ่มขึ้นนับเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อัตราการตายของกล้าไม้ป่าเขตร้อนเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง (Engelbrecht *et al.*, 2006, 2002)

ผลกระทบของปัจจัยความแห้งแล้งในช่วงปรากฏการณ์ El Niño ต่อความเปราะบางหรือการปรับตัวในระดับกล้าไม้ มักพิจารณาใน 2 ปัจจัย คือ 1) ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Lyon,

2004) และ 2) ระดับความทนทานของกล้าไม้ (Poorter & Markesteijn, 2008) กลุ่มป่าผลัดใบมักเคยผ่านสภาวะความแห้งแล้งที่รุนแรงมาก่อนจึงทำให้กล้าไม้ต้นมีความทนทานต่อความแห้งแล้งค่อนข้างสูง สอดคล้องกับรายงาน Browne *et al.* (2021) ที่พบว่าอัตราการตายของกล้าไม้ในป่าปานามา (Panamanian forests) บริเวณพื้นที่ที่มีความชื้นสูง (Wetter site) พบการตายของกล้าไม้สูงกว่าบริเวณพื้นที่แห้งแล้ง ในช่วงปรากฏการณ์วิกฤติความแห้งแล้งรุนแรงจากการเกิด El Niño ระหว่างปี ค.ศ. 2015-2016 แสดงให้เห็นว่าระดับความทนทานของกล้าไม้มีความสำคัญมากกว่าความรุนแรงของความแห้งแล้ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาในเชิงลึกระดับความแตกต่างระหว่างชนิดและภูมิภาคจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อการประเมินถึงผลกระทบที่ถูกต้องต่อพลวัตของกล้าไม้ภายใต้สถานการณ์ความแห้งแล้งที่รุนแรงมากขึ้น การวิจัยพลวัตและการตั้งตัวในระดับกล้าไม้ที่พบส่วนใหญ่นั้นดำเนินการในกลุ่มป่าผลัดใบ (Marod *et al.*, 2004, 2002; Nuttiprapun *et al.*, 2023) แต่พบน้อยมากในกลุ่มป่าไม้ผลัดใบ โดยเฉพาะในป่าดิบชื้นที่พบกระจายอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีค่อนข้างสูง รวมถึงมีการกระจายเกือบตลอดทั้งปี

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา เป็นพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ ที่ตั้งอยู่ใกล้กับคอกคอดกระ ที่เป็นสะพานแผ่นดินที่แคบที่สุดของคาบสมุทรมาลายูที่ด้านทิศตะวันออกขนาบด้วยอ่าวไทยและด้านตะวันตกขนาบด้วยทะเลอันดามัน มีความกว้างจากปากแม่น้ำกระบุรี จังหวัดระนอง ไปยังอ่าวสวีในจังหวัดชุมพร เพียง 44 กิโลเมตร พื้นที่คอกคอดกระอยู่ห่างจากเส้นแบ่งเขตภูมิพุกัญ Kangar-Pattani ประมาณ 450 กิโลเมตร เป็นแนวแบ่งระหว่างเขตภูมิพุกัญของภูมิภาคย่อยซุนดาแลนด์กับอินโดจีน (Corlett, 2009) จากมุมมองทางนิเวศวิทยาการลดลง

หรือเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนตามแนวเส้นแวงจากเส้นแบ่งเขตภูมิพฤษ์ Kangar-Pattani อาจส่งผลทำให้ชนิดสังคมพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยภูมิอากาศ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงในระดับชนิดไม้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้วงศ์ยาง (*Dipterocarpaceae*) ในระดับเรือนยอดชั้นบนที่ส่วนใหญ่มีสถานภาพใกล้เคียงพันธุ์ เช่น ยางมันหมู (*Dipterocarpus kerrii*) ยางยูง (*Dipterocarpus grandiflorus*) ยางเสียน (*Dipterocarpus gracilis*) และ กระบาก (*Anisoptera costata*) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบพืชหายากและพืชถิ่นเดียวอีกหลายชนิด เช่น พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) (Nanthavong *et al.*, 2008) มะพลับระนอง (*Diospyros ranongensis*) มะพลับไทย (*Diospyros thaiensis*) (Phengkklai, 2001) บุหงสุราษฎร์ (*Dasymachalon blumei*) (Li & Gilbert, 2011) เป็นต้น หากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมีความรุนแรงมากขึ้นจนทำให้พื้นที่มีระดับความแห้งแล้งรุนแรงและยาวนานมากขึ้น อาจทำให้การสืบต่อพันธุ์ของกลุ่มพืชดังกล่าวไม่สามารถดำเนินต่อไปได้โดยเฉพาะในระดับกล้าไม้ ซึ่งหากสามารถทราบถึงการปรับตัวและความต้องการทางด้านนิเวศวิทยาของชนิดไม้ (Adaptation and ecological niche of species) ก็อาจนำมาใช้ในการคัดเลือกชนิดที่ต้องมีการจัดการเร่งด่วนเพื่อการอนุรักษ์ให้คงอยู่ภายใต้ระบบนิเวศป่าดิบชื้นเพื่อการใช้ประโยชน์ในอนาคต ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อต้องการทราบถึงความหลากหลายชนิดพลวัตและการตั้งตัวของกล้าต้นในป่าดิบชื้น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา จังหวัดระนอง เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพพรรณพืชในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา มีพื้นที่อยู่ในตำบลเขี้ยวเหลียง ตำบลบ้านนา ตำบลบางหิน ท้องที่อำเภอเกาะเปอร์ ตำบลนาคา ตำบลกำพวน ท้องที่อำเภอสทิงพระ จังหวัดระนอง ตำบลเขาพัง ท้องที่อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่ด้านทิศตะวันออกติดกับเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้านทิศใต้ติดกับเขตจังหวัดพังงา (Figure 1) มีเนื้อที่ 331,500 ไร่

ลักษณะภูมิประเทศ ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนมีพื้นที่ราบน้อยมาก พื้นที่โดยทั่วไปมีความลาดชันตั้งแต่ 26 % ระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลต่ำสุด 20 เมตร สูงสุด 1,395 เมตร โดยเฉลี่ยประมาณ 300 - 500 เมตร จากระดับน้ำทะเล ยอดเขาที่สูงที่สุดคือ เขาหลังคาตึก มียอดเขาสูงประมาณ 1,395 เมตร ลักษณะทางธรณี ประกอบไปด้วย หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (Carboniferous-permian) หรือกลุ่มหินภูเก็ต (Puket Formation) มีชั้นคุณภาพลุ่มน้ำภาคใต้ อยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1A และ 1B ป่าดิบชื้น เป็นสังคมพืชเด่นที่พบในพื้นที่ พันธุ์ไม้เด่นในระดับเรือนยอดส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้วงศ์ยาง (*Dipterocarpaceae*) (Corlett and Primack, 2011) เช่น ยางมันหมู (*Dipterocarpus kerrii*) ยางยูง (*Dipterocarpus grandiflorus*) ยางเสียน (*Dipterocarpus gracilis*) และ กระบาก (*Anisoptera costata*) เป็นต้น สังคมพืชบริเวณคลองนาคานับเป็นป่าดั้งเดิมที่มีความสมบูรณ์สูง พบพืชหายากและพืชถิ่นเดียวหลากหลายชนิด เช่น พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) มะพลับระนอง (*Diospyros ranongensis*) มะพลับไทย (*Diospyros thaiensis*) บุหงสุราษฎร์ (*Dasymachalon blumei*) เป็นต้น

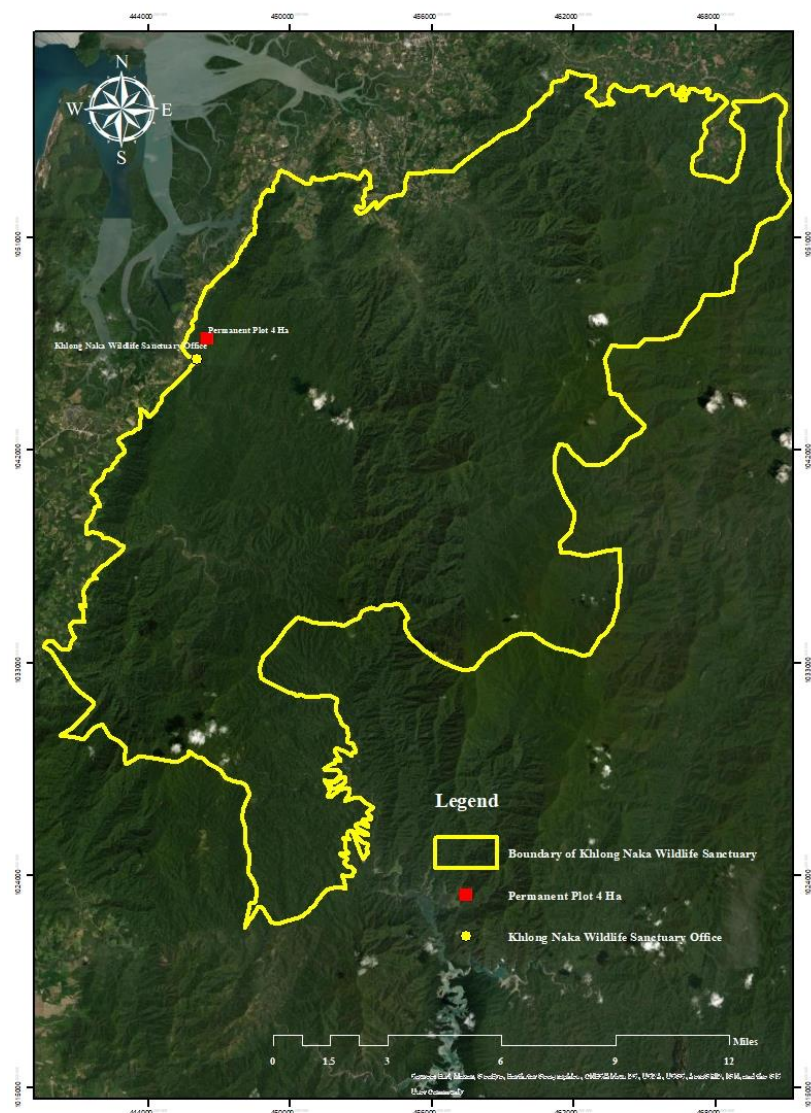


Figure 1 Plot location and study area around Khlong Naka Wildlife Sanctuary, Ranong Province.

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาการตั้งตัวของกล้าไม้ โดยเลือกวางแนวแปลงสำรวจ 5 แนวสำรวจ โดยแต่ละแนวมีระยะห่างกัน 40 เมตร แต่ละแนวทำการวางแปลงกล้าไม้ขนาด 2 x 2 เมตร และแต่ละแปลงห่างกัน 20 เมตร รวมแปลงตัวอย่างกล้าไม้ทั้งหมดเท่ากับ 50 แปลง ภายในแปลงถาวรขนาด 4 เฮกแตร์ (200 X 200 เมตร)

2.2 สำรวจองค์ประกอบชนิดของกล้าไม้ต้นภายในแต่ละแปลง ด้วยการติดเบอร์หมายเลขกล้าไม้ต้น (มีความสูงตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ไม่เกิน 1.30 เมตร) ทุกต้นที่พบทั้งหมด ทำการจำแนกชนิดและลักษณะ

นิสัย (Habit) อ้างอิงรายชื่อพรรณไม้ตาม (Smitinand., 2014) พร้อมทำการติดตามการรอดตายและการเกิดใหม่ของกล้าไม้ทุก ๆ เดือน เป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566-มกราคม พ.ศ. 2567

2.3 ทำการรวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศย้อนหลัง 30 ปี (ปี พ.ศ. 2537- 2566) จากสถานีตรวจวัดอากาศชายฝั่งทะเลอันดามัน (จังหวัดระนอง) เพื่อทำการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.4 ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความเข้มแสงแบบอัด โนมติ (HOBO UA-002-64 Pendant Waterproof Temperature & Light Intensity Logger

(64K Byte Memory)) บริเวณแนวสำรวจกล้าไม้จำนวน 3 แนว รวม 9 ตัว เพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความเข้มแสงทุกเดือน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความเข้มแสงกับการตั้งตัวของกล้าไม้

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้ (Importance value index, IVI) คำนวณโดยใช้ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) และความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) (Marod & Kutintara, 2019)

3.2 ดัชนีค่าความหลากหลาย (Diversity index) คำนวณตามสมการของ Shannon-Wiener (1949) คือ

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

H = ค่าดัชนีความหลากหลายของพื้นที่

p_i = สัดส่วนจำนวนชนิด (n) ที่พบต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (N)

หรือ $p_i = n_i/N$ เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, s$ N

S = จำนวนชนิดพรรณไม้ทั้งหมดในพื้นที่

3.3 อัตราการตาย (Mortality rate, M %) และอัตราการเพิ่มจำนวน (Recruitment rate, R %) ตามสมการของ Condit *et al.* (1999) ดังนี้

$$M = [(\ln N_0 - \ln N_s) / t] \times 100$$

$$R = [(\ln N_t - \ln N_s) / t] \times 100$$

N_0 = จำนวนต้นกล้าไม้เมื่อเริ่มสำรวจ

N_t = จำนวนต้นกล้าไม้เมื่อเวลา t ที่วัดซ้ำ

N_s = จำนวนต้นกล้าไม้ที่รอดตายเมื่อสำรวจ ณ เวลา t

t = จำนวนเดือนที่ทำการติดตาม

3.4 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งอันดามัน จากแบบจำลอง Trend Forecasting Models and Seasonality with Time

Series และทดสอบความแตกต่างของปัจจัยภูมิอากาศระหว่างพื้นที่ด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ (ANNOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศฝั่งทะเลอันดามัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย้อนหลัง 30 ปี บริเวณฝั่งทะเลอันดามัน พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี $4,244.26 \pm 724.57$ มิลลิเมตร มีฝนตกกระจายเกือบทั้งปี (Figure 2) มีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปี 195.43 ± 20.97 วัน และมีจำนวนวันที่ฝนตกทั้งช่วงยาวนานมากที่สุดเฉลี่ย 35.55 ± 5.32 วัน อุณหภูมิรายเดือนเฉลี่ย 27.99 ± 0.91 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงสุดในเดือน เมษายน (29.60 ± 0.82 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนสูงที่สุดในเดือน เมษายน (34.65 ± 1.16 องศาเซลเซียส) เมื่อพิจารณาข้อมูลสภาพสภาพภูมิอากาศและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย) รวมถึงปริมาณน้ำฝนรายเดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95% อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีที่สูงและการกระจายตัวของฝนที่มีความต่อเนื่อง ทำให้พืชได้รับน้ำเพียงพอตลอดปี แม้ว่าจะมีช่วงฝนทั้งช่วงยาวนาน และการที่ป่าดิบชื้นภาคใต้ของประเทศไทยมีฝนตกเกือบทั้งปีเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชมีโอกาสเจริญเติบโตและรอดชีวิตได้มากขึ้น และอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ยังมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตนั้น (Figure 3) อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของพรรณไม้บางชนิดที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นอาจเป็นการทำให้พรรณไม้ต้องมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในอนาคต

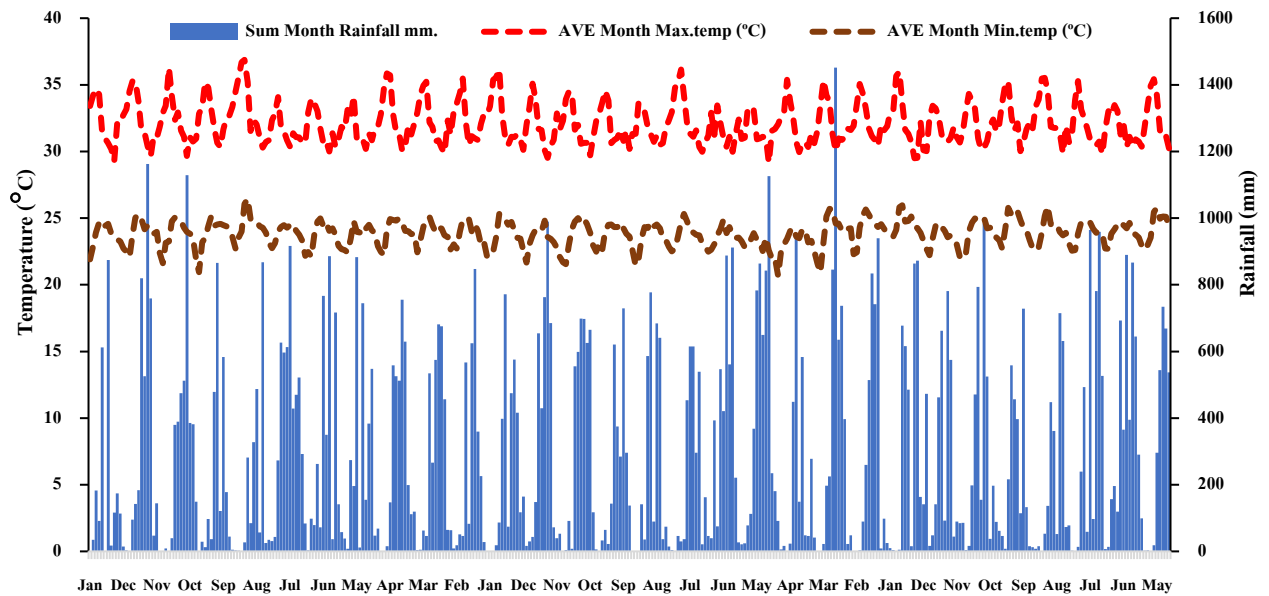


Figure 2 Climate changes, rainfall, mean and max monthly temperature, during 1994-2023 at Andaman Sea coast.

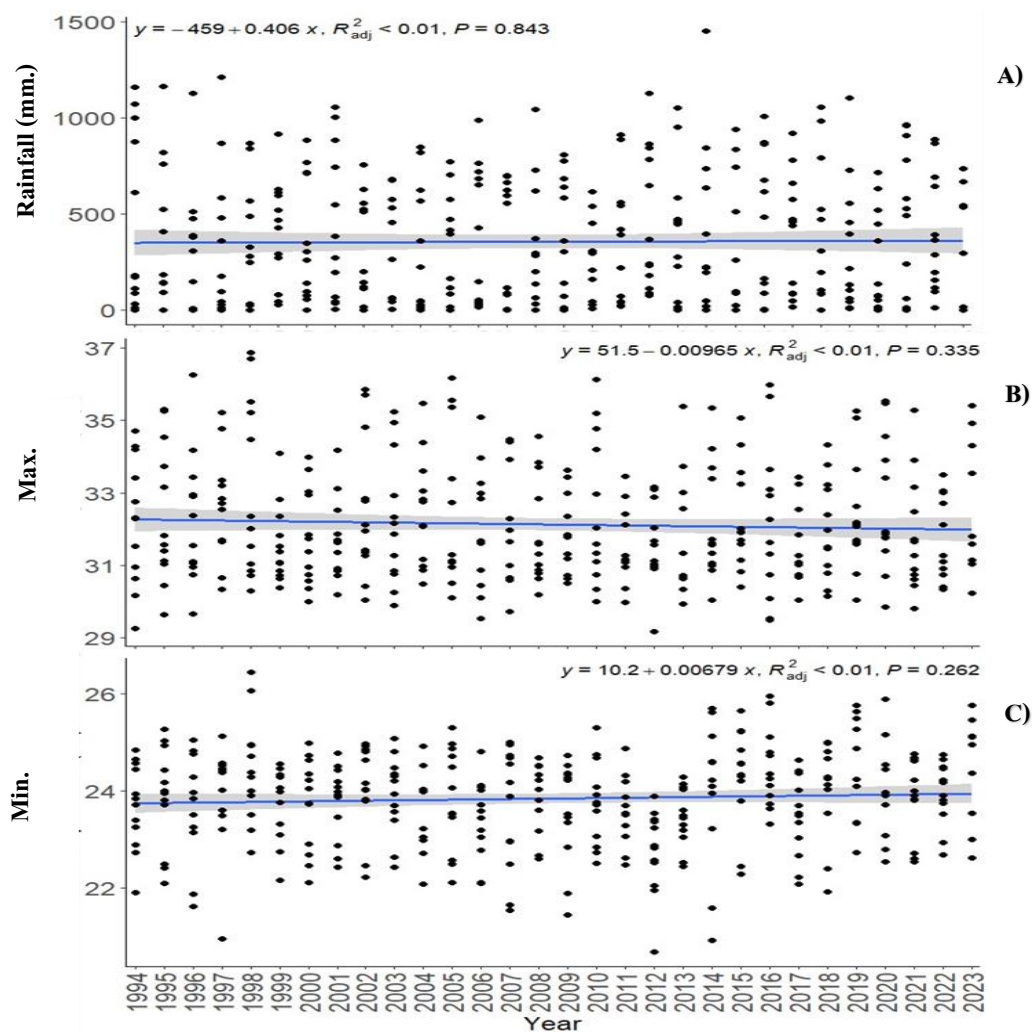


Figure 3 Forecasting climate trends at Andaman Sea coast based on climatic data from 1994-2023; A) rainfall, B) maximum temperature, and C) minimum temperature, respectively.

ขณะที่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น (Micro-climate) ภายในบริเวณแปลงกล้าไม้ตัวอย่างตลอดการศึกษา (กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566- มกราคม พ.ศ. 2567) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 25.84 ± 1.34 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม (28.61 ± 1.55 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน (28.17 ± 1.42 องศาเซลเซียส) ความเข้มแสงเฉลี่ยภายในแปลง

ตลอดการศึกษา มีค่าเท่ากับ 3381.47 ± 2313.25 ลักซ์ โดยมีความเข้มแสงเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม ($9,249.57 \pm 950.54$ ลักซ์) และความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนสิงหาคม (201 ± 155.22 ลักซ์) และปริมาณน้ำฝนรายปี 3,863.1 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกันยายน (909 มิลลิเมตร) และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดในเดือน มีนาคม (0.7 มิลลิเมตร) (Figure 4)

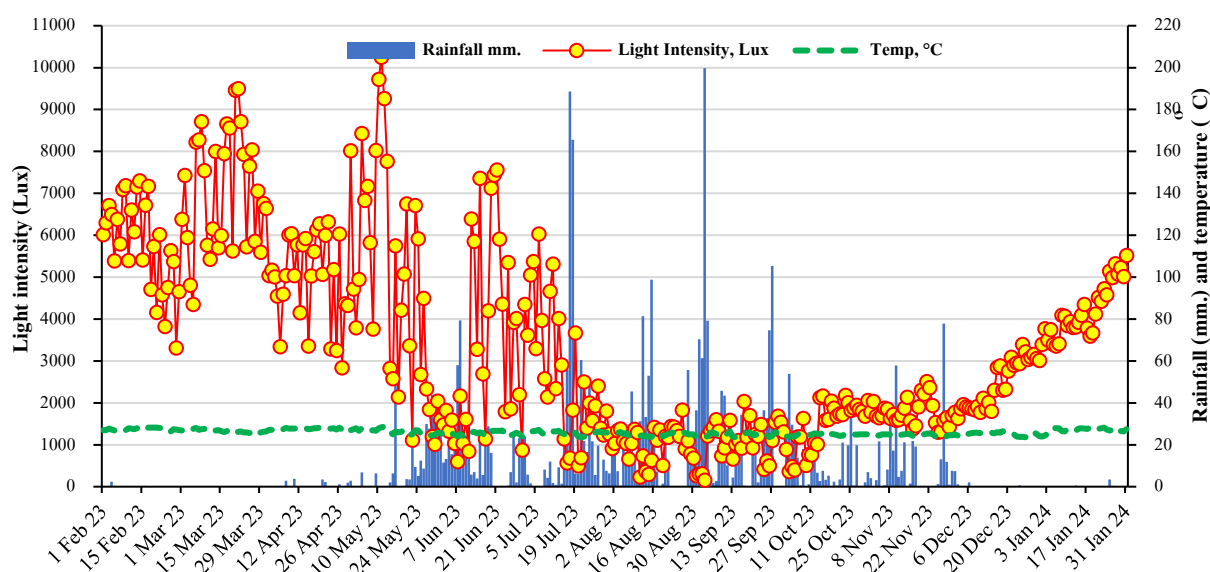


Figure 4 Average daily temperature, light intensity and rainfall around the seedling quadrats during February 2023 - January 2024

3. ความหลากหลายของกล้าไม้

ความหลากหลายของกล้าไม้ต้น พบชนิดพันธุ์ไม้ จำนวน 128 ชนิด 83 สกุล 39 วงศ์ และไม่สามารถระบุชนิดได้ จำนวน 6 ชนิด โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner เท่ากับ 4.33 ชนิด วงศ์ที่พบจำนวนชนิดมากที่สุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ Rubiaceae Phyllanthaceae Lauraceae Anacardiaceae และ Dipterocarpaceae ตามลำดับความหนาแน่นของกล้าไม้ (Seedling density) มีค่าเท่ากับ 47,100 ต้นต่อเฮกเตอร์ ชนิดกล้าไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญใน 10 ลำดับแรก (IVI) ได้แก่ เข็มทอง (*Greenia corymbosa*) เขียด

(*Cinnamomum altissimum*) พักหวานช้างผสมโหลง (*Rinorea sclerocarpa*) แดงควน (*Syzygium attenuatum*) คำตะโก (*Diospyros wallichii*) ลักเคยลักเกลือ (*Diospyros sumatrana*) ชมพู่ (*Syzygium siamense*) กรายคำ (*Hopea oblongifolia*) ตะเคียนรากใบไผ่ (*Hopea montana*) และ UK 4 (Figure 5) โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 8.81, 8.68, 7.84, 7.31, 6.17, 6.01, 5.16, 4.71, 4.69 และ 4.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนไม้ชนิดอื่น ๆ ก็มีค่าลดลงไป (Table 1)

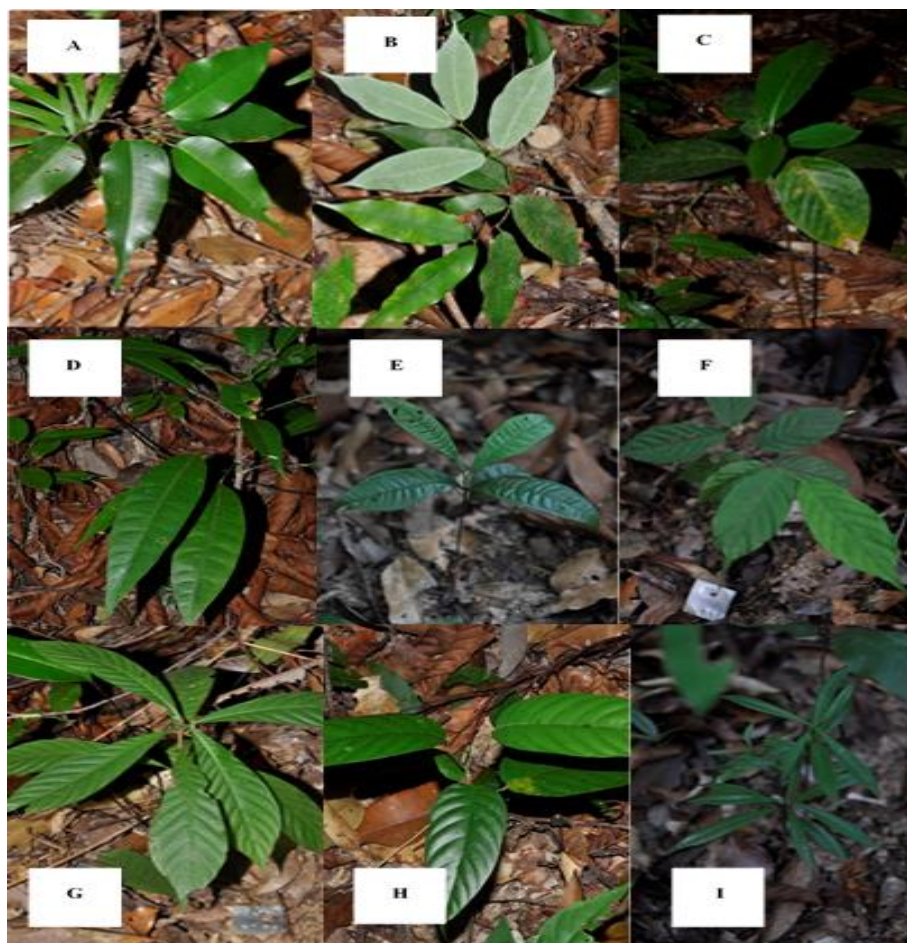


Figure 5 Dominance seedling species; A) *Hopea montana*, B) *Mesua ferrea*, C) *Dipterocarpus kerrii*, D) *Swintonia floribunda*, E) *Syzygium siamense*, F) *Rinorea sclerocarpa*, G) *Greenea corymbosa*, H) *Hopea oblongifolia* and I) *Syzygium attenuatum*

Table 1 Ten dominance seedling species based on IVI in MEF at Klong Naka Wildlife Sanctuary.

NO.	Botanical name	Family	Density (individual. ha ⁻¹)	IVI (%)
1	<i>Greenea corymbosa</i>	Rubiaceae	2,350	8.81
2	<i>Cinnamomum altissimum</i> Kosterm.	Lauraceae	2,600	8.68
3	<i>Rinorea sclerocarpa</i> Melch.	Violaceae	2,050	7.84
4	<i>Syzygium attenuatum</i>	Myrtaceae	1,800	7.31
5	<i>Diospyros wallichii</i> King & Gamble	Ebenaceae	1,500	6.17
6	<i>Diospyros sumatrana</i> Miq.	Ebenaceae	1,500	6.01
7	<i>Syzygium siamense</i> (Craib) Chantar.	Myrtaceae	1,100	5.16
8	<i>Hopea oblongifolia</i>	Dipterocarpaceae	1,200	4.71
9	<i>Hopea montana</i>	Dipterocarpaceae	1,350	4.69
10	UK 4	Rubiaceae	1,000	4.45
	other species (118)		30,850	136.76
			47,100	200

4. พลวัตกล้าไม้ต้น

เมื่อพิจารณาการตั้งตัวของกล้าไม้ป่าดิบชื้น ในระยะเวลา 1 ปี (กุมภาพันธ์ 2566 - มกราคม 2567) พบว่า จำนวนชนิดพรรณของกล้าไม้มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 5 เดือนแรก (กุมภาพันธ์ - มิถุนายน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกชุก และเริ่มคงที่ในช่วงหลัง (กรกฎาคม - มกราคม) ความหนาแน่นของกล้าไม้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการสำรวจ โดยความหนาแน่นของกล้าไม้เฉลี่ย (Average tree density) มี

ค่าเท่ากับ $3,9957.50 \pm 6,066.95$ ต้นต่อเฮกเตอร์ พลวัตกล้าไม้พบว่า มีอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ย (Average recruitment rate) มีค่าสูงกว่าอัตราการตายเฉลี่ย (Average mortality rate) ก่อนข้างสูงถึงเกือบ 5 เท่า (4.57 ± 4.05 และ $1.09 \pm 1.18 \text{ \%} \cdot \text{m}^{-1}$ ตามลำดับ) ซึ่งในช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน มีอัตราการเพิ่มจำนวนสูงสุด และในช่วงเดือนธันวาคม - มกราคม มีอัตราการตายสูง (10.62 และ $2.84 \text{ \%} \cdot \text{m}^{-1}$ ตามลำดับ) (Table 2)

Table 2 Seedling dynamics of Tropical Rain Forest during February 2023-January 2024.

Variables							
Month	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	
Species	112	117	120	122	127	128	
Seedling density (individual. ha ⁻¹)	29,300	32,550	34,000	34,900	38,700	40,950	
M (%·m ⁻¹)	0.00	3.11	1.24	0.29	0.00	0.00	
R (%·m ⁻¹)	10.52	4.36	2.61	10.62	5.65	0.00	
Month	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb-Jan
Species	128	128	128	128	128	128	124.50±5.49
Seedling density (individual. ha ⁻¹)	40,950	44,600	46,250	47,200	46,840	43,250	39,957.50 ±6,066.95
M (%·m ⁻¹)	0.00	0.86	0.22	1.09	2.37	2.84	1.09±1.18
R (%·m ⁻¹)	0.00	9.40	3.86	3.12	0.15	0	4.57±4.05

เมื่อพิจารณาพลวัตของกล้าไม้รายชนิด (Seedling dynamics) โดยพิจารณากล้าไม้เด่นที่มีจำนวนต้นมากกว่า 10 ต้น จำนวนทั้งหมด 32 ชนิด ที่นำมาวิเคราะห์พลวัตของกล้าไม้ พบว่าอัตราการตายและอัตราการเพิ่มจำนวนมีความแปรผันระหว่างชนิดไม้และช่วงเวลา (Figure 6) โดยสามารถจำแนกรูปแบบการเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสุทธิในแต่ละช่วงเวลา ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนสูงกว่าอัตราการตาย มีทั้งหมด 19 ชนิด คือ เชียด (CINALT) ผักหวานช้างผสมโหลง (RINSCL) ลักเคยรักเกลือ (DIOSUN) ตะเคียนรากใบไผ่ (HOPMON). แดงควน

(SYZALT) กรายคำ (HELROB) ตะเคียนรากใบขุ่น (HOPGRI) ไข่เขียว (PARSTE) โมรี (DIOOBL) ชมพู่ น้ำ (SYZSIA) เปรี๊ยะ (SWIFLO) พลองจี้ควาย (MEMCOE) นวล (GARMEG) นูดต้นใบเล็ก (PRUGRI) ทูเรียนดง (CLEMYR) มะก๊อง (AGLSPE) ชันโจรใบเล็ก (KOKFIL) ปอพาน (STERUB) นก นอนใบใหญ่ (CLETON) และ พลักระนอง (DIORAN) ซึ่งพรรณไม้กลุ่มนี้เป็นพรรณไม้ทั้งในระดับเรือนยอดชั้นรองและชั้นไม้พุ่มที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ในช่วงแรกแล้วและส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้เด่นในพื้นที่ซึ่งส่งผลให้อัตราการเพิ่มจำนวนสูงกว่าอัตราการตาย

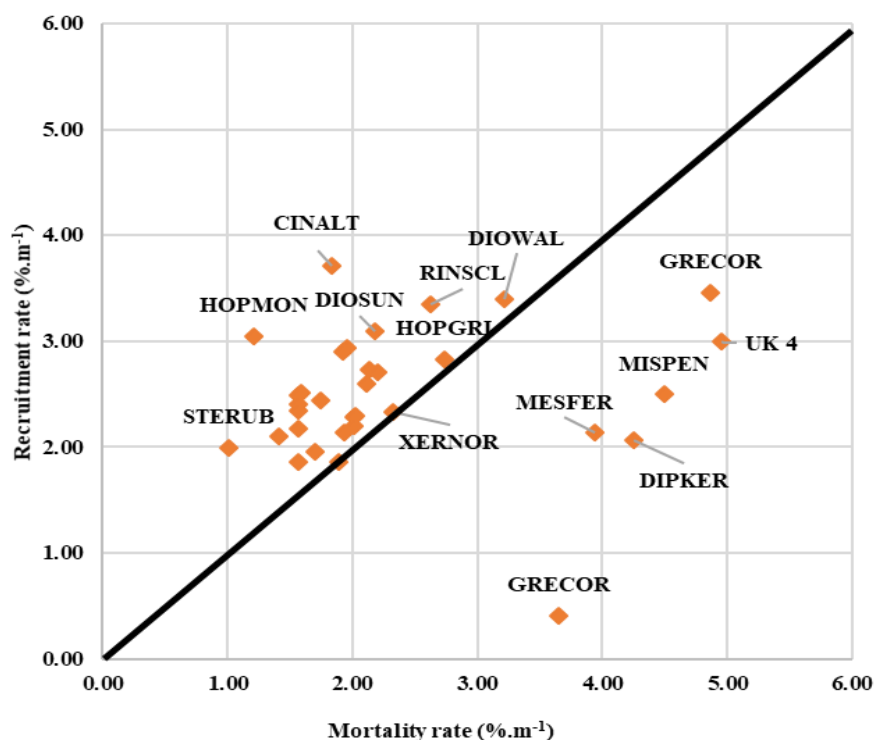


Figure 6 The relationship between the recruitment rate and mortality rate in the Tropical Rain Forest at Khlong Naka Wildlife Sanctuary

2. กลุ่มที่มีอัตราการตายสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวน มีทั้งหมด 6 ชนิด คือ เข้มเขากวาง (GAEVAG) เข้มทอง (GRECOR) ยางมันหมู (DIPKER) นาคบุตร (MESFER) พะบัง (MISPEN) และ UK 4 ตามลำดับ พรรณไม้กลุ่มนี้ในช่วงฤดูฝนมีอัตราอัตราการเพิ่มจำนวนสูงและมีอัตราการตายสูงในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะยางมันหมู และนาคบุตร ซึ่งเป็นไม้เด่น (Climax species) ในพื้นที่ที่ต้องการปริมาณน้ำที่สูงในการเจริญเติบโต การขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งทำให้พรรณไม้เหล่านี้มีความเครียดและอาจนำไปสู่การตายได้ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงฤดูแล้งทำให้เกิดการคายน้ำเพิ่มขึ้นและความเครียดจากความร้อนจึงส่งผลให้มีการตายสูงในช่วงนี้ (Bunyavejchewin. *et al.*, 2009; Slik ., 2004)

3. กลุ่มที่มีอัตราการตายและอัตราการเพิ่มจำนวนใกล้เคียงกัน มีทั้งหมด 7 ชนิด คือ คำตะโก (DIOWAL) คอเหี้ย (XERNOR) พลับกกล้วย

(DIOFRU) เข้มดง (GAEVAG) เถาเส้มน้ำ (ERYALB) ข้าวเย็นได้ดอกแดง (TRIVER) และ เหมือดคนใต้ (HELROB) ซึ่งพรรณไม้กลุ่มนี้เป็นพรรณไม้พื้นถิ่นที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ในช่วงแรกแล้ว และสามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่จึงส่งผลให้อัตราการตายและอัตราการเพิ่มจำนวนใกล้เคียงกัน โดยพรรณไม้ส่วนใหญ่เป็น พรรณไม้ชั้นรองที่ทนต่อการได้รับแสงน้อยในป่าดิบชื้นเป็นชนิดของพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีแสงน้อย ซึ่งพบได้มากในป่าดิบชื้นของภาคใต้ของประเทศไทย ที่สามารถทนทานต่อการขาดแคลนน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูแล้งได้ดี (Richards, 1996; Ashton, 2014)

จะเห็นได้ว่า อัตราการเพิ่มจำนวนชนิดกล้าไม้ค่อนข้างสัมพันธ์กับช่วงฤดูกาลโดยจำนวนชนิดกล้าไม้มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุกเริ่มคงที่และลดลงในเมื่อเข้าสู่ช่วงแล้งฝน ขณะที่อัตราการตายสูงในช่วงฝนทิ้งช่วงหรือช่วงฤดูแล้ง

(เดือนธันวาคม – มกราคม) แสดงให้เห็นว่า การตั้งตัวของพรรณไม้ป่าดิบชื้นค่อนข้างเปราะบางต่อการเกิดภาวะแห้งแล้งในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากความแห้งแล้ง (Drought) ที่เพิ่มขึ้นนับเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อัตราการตายของกล้าไม้ป่าเขตร้อนเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง (Engelbrecht et al., 2006, 2002; Lyon, 2004) โดยเฉพาะกลุ่มพรรณพุ่ม เช่น เข็มเขากวาง เข็มทอง รวมถึงชนิดของกล้าไม้ในระดับเรือนยอด เช่น ยาง มันหมู เนื่องจากต้องมีการแข่งขันกันด้านการใช้น้ำ เพื่อเติบโตที่ค่อนข้างสูง ประกอบกับการเพิ่มประชากรกล้าไม้ที่เพิ่มจำนวนและความหนาแน่นสูงมากในช่วงที่ฝนตกชุกจึงทำให้เกิดการตายหรือตัดสาขายาระยะตามธรรมชาติเพิ่มขึ้น (Marod et al., 1999) ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มพรรณไม้ระดับเรือนยอดชั้นรองอื่น ๆ เช่น เชียด ผักหวานช้างผสมโหลง ลักเคยรักเกลื่อ แดงควน โมรี ชมพู่ น้ำ เปรียง พลอง จัควาย นวล บูดต้นใบเล็ก และ พลับระนอง ที่ยังพบว่าอัตราการเพิ่มจำนวนนั้นสูงกว่าอัตราการตาย แม้ว่าจะมีฝนทิ้งช่วงในช่วงฤดูแล้ง ขณะที่กล้าไม้หลายชนิดมีความสมดุลของอัตราการเพิ่มจำนวนและอัตราการตายแม้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น (Richards, 1996; Slik, 2004; Ashton, 2014) (Figure 6) แสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการปรับตัว (Adaptation) ต่อการทนความแห้งแล้งที่แตกต่างกันในระดับชนิดซึ่งมีผลต่อการคงไว้ซึ่งชนิดพันธุ์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเมื่อป่าดิบชื้นตกอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่พื้นที่มีแนวโน้มเกิดความแห้งแล้งรุนแรงและยาวนานมากขึ้น (Poorter & Markesteijn, 2008)

ดังนั้น การเข้าใจถึงการปรับตัวของกล้าไม้ต่อความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตย่อมที่จะมีความรุนแรงมาก ย่อมสามารถนำมาใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ชนิดไม้ที่มีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ และช่วยเป็นการคงไว้ของชนิดพันธุ์พืชท้องถิ่นเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อการใช้ประโยชน์ในอนาคตอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การศึกษาพลวัตและการตั้งตัวของกล้าไม้ในแปลงถาวรอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการคาดการณ์และติดตามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งอาจต้องศึกษาเชิงลึกในทางสรีรวิทยา (Physiology) ด้านคุณลักษณะเชิงหน้าที่ที่พรรณพืช (Plant functional traits) ทั้งในระดับไม้ใหญ่และไม้พื้นล่างเพื่อตรวจสอบการปรับตัวของพรรณพืชว่าจักสามารถดำรงชีวิตอยู่ภายใต้สภาวะความเครียด (Stress) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้มากน้อยเพียงใดในระดับสังคมพืชและชนิดพันธุ์ไม้ เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญที่ต้องทำอย่างเร่งด่วนและต่อเนื่อง

สรุป

ความหลากหลายชนิดของกล้าไม้ต้นป่าดิบชื้น มีจำนวนจำนวน 128 ชนิด 83 สกุล 39 วงศ์ ชนิดกล้าไม้เด่น ได้แก่ เข็มทอง เชียด ผักหวานช้างผสมโหลง แดงควน คำตะโก ลักเคยรักเกลื่อ ชมพู่ น้ำ กรายคำ ตะเคียนรากใบใส เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศท้องถิ่นส่งผลต่อพลวัตและการสืบต่อพันธุ์ของกล้าไม้ป่าดิบชื้น โดยอัตราการเพิ่มจำนวนชนิดกล้าไม้ค่อนข้างสัมพันธ์ความชื้นสูงในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก ซึ่งมีค่าสูงถึงเกือบ 5 เท่า เมื่อเทียบกับอัตราการตาย (5.57 ± 3.79 และ 0.27 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน ตามลำดับ) แตกต่างจากอัตราการตายที่พบมากเมื่ออยู่ในสภาวะแห้งแล้งหรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานในช่วงฤดูแล้ง (เดือนธันวาคม – มกราคม) แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีความผันแปรระหว่างชนิดกล้าไม้ แสดงให้เห็นว่า การตั้งตัวของพรรณไม้ป่าดิบชื้นค่อนข้างเปราะบางต่อการเกิดภาวะแห้งแล้ง แม้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาสั้นๆ ระหว่างฤดูกาล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณ สมาชิกห้องวิจัยนิเวศวิทยาทุกท่าน เจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา ที่ช่วยสนับสนุนการเก็บข้อมูลภาคสนามเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Ashton, P. S. 2014. **On the Forests of Tropical Asia: Lest the Memory Fade**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Browne, L., L. Markesteijn, B. M. J. Engelbrecht, F.A. Jones, O.T Lewis, E. Manzané-Pinzón, S. J. Wright & L. S. Comita. 2021. Increased mortality of tropical tree seedlings during the extreme 2015–16 El Niño. **Global Change Biology** 27(20): 5043–5053. <https://doi.org/10.1111/gcb.15809>
- Bunyavejchewin, S., P. J. Baker & S. J. Davies. 2009. Seasonal drought and the phenology of a seasonal tropical evergreen forest in western Thailand. **Ecological Research** 24(5): 927-936.
- Corlett, R. T. 2019. **The Ecology of Tropical East Asia (3rd Edition)**. New York, Oxford University. Pub., Co.
- Corlett, R. T. & R. B. Primack. 2011. **Tropical Rain Forests: An Ecological and Biogeographical Comparison**. John Wiley & Sons.
- Engelbrecht, B. M. J., J. W. Dalling, T. R. H. Pearson, R. L. Wolf, D. A. Gálvez, T. Koehler, M. T. Tyree & T. A. Kursar. 2006. Short dry spells in the wet season increase mortality of tropical pioneer seedlings. **Oecologia** 148(2):

258–269. <https://doi.org/10.1007/s00444-006-0368-5>

- Engelbrecht, B. M. J., S. J. Wright & D. De Steven. 2002. Survival and ecophysiology of tree seedlings during El Niño drought in a tropical moist forest in Panama. **Journal of Tropical Ecology** 18(4): 569–579. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002377>
- Hanson, H.C. & E. D. Churchill. 1964. **The Plant Community**. New York: Reinhold Pub., Co.
- Li, B. & M. G. Gilbert. 2011. **Dasymachalon.** In: **Flora of China**, Volume 19. Science Press & Missouri Botanical Garden Press.
- Marod D., U. Kutintara, H. Tanaka & T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. **Plant Ecology** 161: 41-57.
- Marod, D. & U. Kutintara. 2019. **Forest ecology. Faculty of Forestry Publishing Fund.** Kasetsart University, Aksorn Siam Publishing, Bangkok.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka & T. Nakashizuka. 1999. Structural dynamics of a natural mixed deciduous forest in western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10 : 777-786.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka, & T. Nakashizuka. 2004. Effects of drought and fire on seedling survival and growth under contrasting light conditions in a seasonal tropical forest. **Journal of Vegetation Science** 15: 691- 700
- Nanthavong, K., M. F. Newman & J. F. Maxwell. 2008. **"Crinum thianum"** In: **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2021-3.

- Nutiprapun, P., S. Hermhuk, S. Nanami, A. Itoh, M. Kanzaki & D. Marod. 2023. Effects of El Niño drought on seedling dynamics in a seasonally dry tropical forest in Northern Thailand. **Global Change Biology** 00:1–11. DOI: 10.1111/gcb.16466
- Oosting, H. J. 1956. **The Study of Plant Community: An Introduction to Plant Ecology**. W. H. Freeman Ltd., San Francisco.
- Phengklai, C. 2001. The genus *Diospyros* (Ebenaceae) in Thailand. **Thai Forest Bulletin (Botany)** 29: 1-119.
- Richards, P. W. 1996. **The Tropical Rain Forest: An Ecological Study**. Cambridge University Press.
- Shannon, C.E. 1949. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal** 27: 379-423.
- Slik, J. W. F. 2004. El Niño droughts and their effects on tree species composition and diversity in tropical rain forests. **Oecologia** 141(1):114-120.
- Smitinand, T. 2014. **Thai plant names (Revised edition 2014)**. Office of The Forest Herbarium, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. (in Thai).
- Whigham, D. F., M. K. Mc Cormick & J. P. O'Neill. 2008. **Specialized seedling strategies II: Orchids, bromeliads, carnivorous plants, and parasites**. pp.79-100. In M. A. Leck, V. T. Parker, & R. L. Simpson (Eds.), *Seedling ecology and evolution*. Cambridge University Press.