



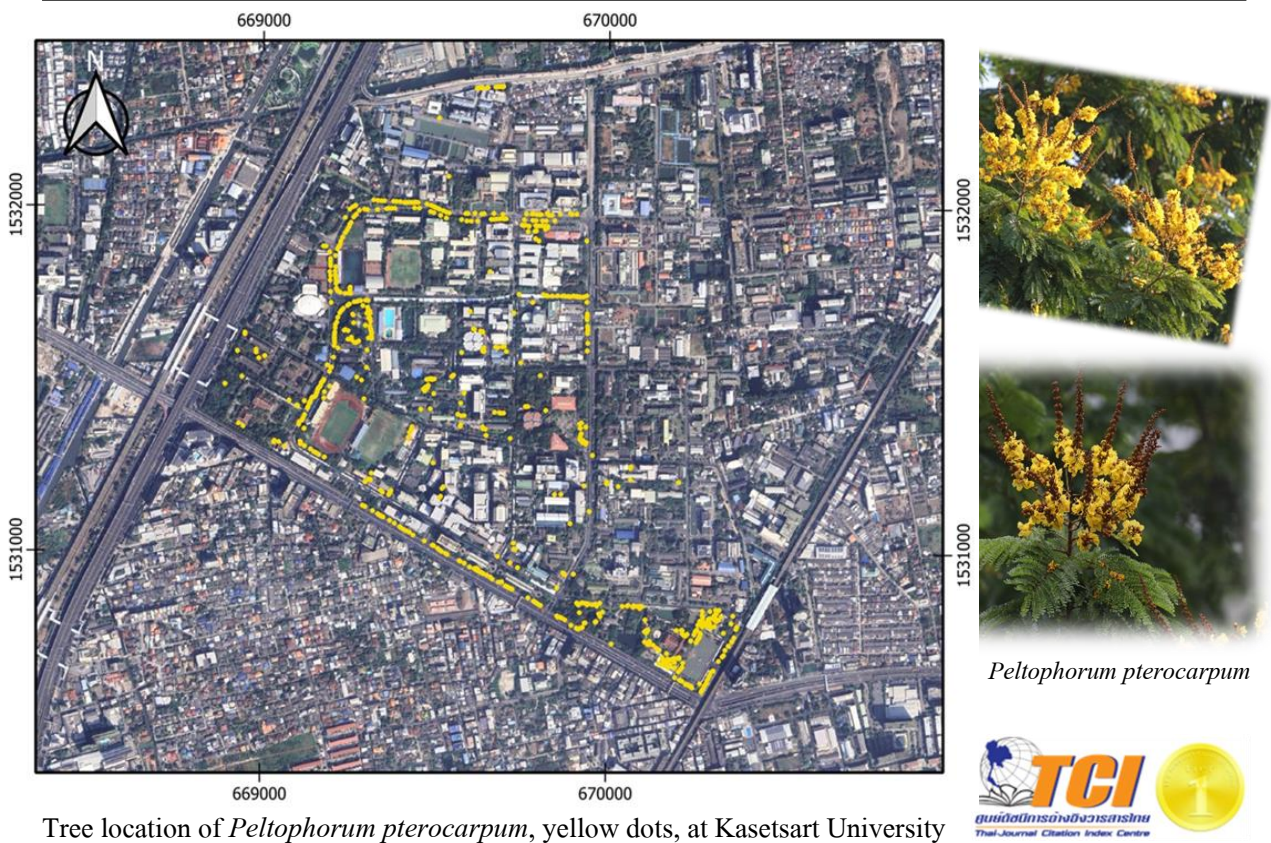
วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 9 ฉบับที่ 2: กรกฎาคม – ธันวาคม 2568

Volume 9 Number 2: July – December 2025

ISSN 2586-9566 (Print) ISSN 2985-0789 (Online)



Tree location of *Peltophorum pterocarpum*, yellow dots, at Kasetsart University

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย  
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## บรรณาธิการ

### เจ้าของ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย  
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ. ดร.คองกรัก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### กองบรรณาธิการ

รศ. ดร.ประทีป ค้วงแค

รศ. ดร.สราวุธ สังข์แก้ว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

รศ. ดร.นิตา เหล็กสูงเนิน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.ชาคริต ฌ ตะกั่วทุ่ง

ดร.วรคลต์ แจ่มจำรูญ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ

รศ. ดร.ธรรมรัตน์ พุทธิไทย

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผศ. ดร.สาระ บำรุงศรี

ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ. ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน

ดร.ภาณุมาศ จันทร์สุวรรณ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

รศ. ดร.แหลมไทย อาษานอก

ผศ. ดร.สุธีระ เข็มฮัก

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผศ. ดร.ปณิดา กาจันนะ

Dr. Masatoshi Katabuchi

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Chinese Academic of Science, China

Prof. Dr. Ichie Tomoaki

Kochi University, Japan

### คณะผู้จัดทำ

นางสาวนัทธมน โพธิยะราช และนายสถิตย์ ถิ่นกำแพง

### สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0 2579 0176 ต่อ 521 Homepage: <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>

## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

- ความสัมพันธ์ระหว่างชีพลักษณะของผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ในป่าดิบเขาระดับต่ำ  
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ 157  
อภิษฎา เรืองเกตุ, ศุภลักษณ์ ศิริ, ยูวดี พลพิทักษ์, สติติย์ ถิ่นกำแพง และ ประทีป ค้างคาว
- ปริมาณและองค์ประกอบของโปรตีนในแฉ้อสีน้ำตาล *Leiolepis rubritaeniata*  
จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 173  
ชิดชนก โยปทุม, พีระศิษฐ์ ร่องจะโปะ, จันทร์ทิพย์ ช่วยเงิน และ ยอดชาย ช่วยเงิน
- การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของนนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne)  
บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 195  
ปิยะธิดา แสงแก้ว, สราวุธ สังข์แก้ว, กนกภรณ์ แก้วสง, พิชิต ลำไย,  
พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์, กิตติพงษ์ ตั้งกิจ, พีรกร สุภาวงศ์, ชานินทร์ คงศิลา และ วงศธร พุ่มพวง
- การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน Google Earth และ Spreadsheet (LESS-FOR-01)  
ในการจัดทำแผนที่ออนไลน์การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้น บริเวณป่าเขาหน้าซำ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี 211  
เมธี จันทโรปกรณ์, กฤษณชัย รอดสุข, กัญญารัตน์ ใจดี,  
มณิรัตน์ โพธิสาร, สิริกร ชาญเจริญ, นพิมพ์พร แสงวิเชียร และ อรณัฐ นิลเขต
- ความหลากหลายของสังคมพืชในอุทยานธรณีสตูล 233  
ภานุมาศ จันทร์สุวรรณ และ วิสุจน์ สุพงษ์

## นิพนธ์ต้นฉบับ

ความสัมพันธ์ระหว่างชีพลักษณะของผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ในป่าดิบเขาระดับต่ำ  
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

อภิษฎา เรืองเกตุ<sup>1</sup>, ศุภลักษณ์ ศิริ<sup>2\*</sup>, ยุวดี พลพิทักษ์<sup>2</sup>, สติฉิย ถิ่นกำแพง<sup>3</sup> และ ประทีป ค้างแค้น<sup>3</sup>

รับต้นฉบับ: 6 พฤษภาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 7 มิถุนายน 2568

รับลงพิมพ์: 12 มิถุนายน 2568

### บทคัดย่อ

**ความเป็นมาและวัตถุประสงค์:** ชีพลักษณะของผลของพรรณไม้มีความเชื่อมโยงกับฤดูกาลและปัจจัยภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลต่อความพร้อมของแหล่งอาหารสำหรับสัตว์กินผลไม้ นานาชนิด และมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นทั่วโลก การทำความเข้าใจอิทธิพลที่ส่งผลต่อรูปแบบชีพลักษณะของผลจึงมีความสำคัญต่อการคาดการณ์แนวโน้มและวางแผนอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำ ซึ่งเป็นระบบนิเวศภูเขาที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความเฉพาะตัวสูงย่อมได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น และปริมาณน้ำฝนมีความแปรปรวนอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในป่าดิบเขาของประเทศไทยยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาช่วงเวลาและปริมาณการออกผลของพรรณไม้ และความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ในแปลงถาวรป่าดิบเขาระดับต่ำห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงระบบเกี่ยวกับปัจจัยที่กำหนดชีพลักษณะของผลในระบบนิเวศป่าดิบเขา

**วิธีการ:** สืบค้นข้อมูลพรรณไม้ที่พบในแปลงถาวรป่าดิบเขาระดับต่ำ ห้วยคอกม้าจากฐานข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ เช่น สารานุกรมพืชในประเทศไทย ฐานข้อมูลพรรณไม้องค์การสวนพฤกษศาสตร์ The Useful Tropical Plants database และ หนังสือต้นไม้เมืองเหนือ เป็นต้น รวมถึงการสำรวจเบื้องต้นในแปลงถาวร เพื่อคัดเลือกพรรณไม้ที่มีรายงานว่ามีผลสด (Fleshy fruit) และมีการเข้าใช้ประโยชน์ผลโดยสัตว์ป่า ทำการคัดเลือกชนิดที่พบมากในพื้นที่และครอบคลุมพรรณไม้ทุกวงศ์ ประกอบด้วยพรรณไม้ 32 ชนิด จาก 21 วงศ์ ติดตามช่วงเวลาและปริมาณการออกผลชนิดที่เลือกศึกษา อย่างน้อยชนิดละ 5 ต้น ที่โตเต็มที่และมีการผลิตดอกออกผล โดยใช้กล้องส่องทางไกลแบบสองตา ระหว่างเดือนตุลาคม 2559–ธันวาคม 2561 ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณการออกผลรายเดือนของพรรณไม้แต่ละชนิด วิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยสถิติการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ในโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R

**ผลการศึกษา:** จากการติดตามการออกผลของพรรณไม้จำนวน 32 ชนิด พบว่ามีพรรณไม้ที่ออกผลในช่วงเวลาที่ศึกษา จำนวน 18 ชนิด แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 พรรณไม้ที่ออกผลในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน–เมษายน) จำนวน 3 ชนิด คือ ปลายสาน (*Eurya acuminata*) กะทังก้านแดง (*Litsea cambodiana*) และนูดต้น (*Prunus arborea*) กลุ่มที่ 2 พรรณไม้ที่ออกผลในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม–ตุลาคม) จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ มะไฟ (*Baccaurea ramiflora*) มะแฟน (*Protium serratum*) ส้านเห็บ (*Saurauia roxburghii*) และหว้าลิง (*Syzygium tetragonum*) และกลุ่มที่ 3 พรรณไม้ที่ไม่มีฤดูกาลที่ชัดเจนในการออกผล จำนวน 11 ชนิด คือ กะอวม (*Acronychia pedunculata*) หมักปีกง

(*Apodytes dimidiata*) ค่างเต็น (*Canthiumera glabra*) มะมือ (*Choerospondias axillaris*) ไทรหิน (*Ficus curtipes*) มะเคื่อหอม (*Ficus simplicissima*) มะเคื่อปล้องหิน (*Ficus elmeri*) พะวา (*Garcinia celebica*) ละมุดสีขุนทา (*Madhuca floribunda*) เลียน (*Melia azedarach*) และนิ้วมือพระนารายณ์ (*Heptapleurum heptaphyllum*) ซึ่งช่วงเวลาและปริมาณในการออกผลของพรรณไม้แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งขนาดต้นไม้ ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร และความหนาแน่นของต้นไม้ในบริเวณนั้น รวมถึงปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการออกผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ พบว่า มีพรรณไม้จำนวน 8 ชนิด จาก 18 ชนิด มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 4 ชนิด โดยพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำฝน มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะแฟน และหมักพักคง พรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำฝน มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะเคื่อหอม และละมุดสีขุนทา และกลุ่มที่ 2 กลุ่มพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 4 ชนิด โดยพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ มะไฟ และไทรหิน และพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ มีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ กะอวม และปลายสาน เมื่อพิจารณาผลการศึกษาร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2562–2565 ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือนมีความแปรผันสูงมาก โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2565 ปริมาณน้ำฝนสูงมากในช่วงฤดูฝน ส่วนอุณหภูมิมีความแปรผันเล็กน้อย บ่งบอกได้ว่าชีพลักษ์ของผลในกลุ่มพรรณไม้ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอาจมีความแปรปรวนไปด้วย โดยเฉพาะมะเคื่อหอม และละมุดสีขุนทาที่อาจออกผลได้น้อยเมื่อปริมาณน้ำฝนมากขึ้น พรรณไม้ทั้งสองชนิดนี้มีรายงานการเข้ามาใช้ประโยชน์ผลโดยสัตว์ป่าหลายกลุ่ม แต่มีความหนาแน่นของต้นไม้ในพื้นที่แปลงถาวร หากช่วงเวลากการออกผลและปริมาณผลที่ได้เปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้สัตว์ป่ากลุ่มดังกล่าวขาดแคลนอาหาร มีการแก่งแย่งอาหารกัน หรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไปกินผลไม้ชนิดอื่นที่ออกในช่วงเวลานั้นแทน ทำให้พรรณไม้ดังกล่าวเสียโอกาสในการกระจายเมล็ด ไม่สามารถสืบต่อพันธุ์ได้ จนอาจสูญหายไปจากพื้นที่ได้ หากมีพรรณไม้หลายชนิดได้รับผลกระทบเช่นนี้อาจส่งผลให้การฟื้นฟูตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าดิบเขาไม่ประสบความสำเร็จ และทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลได้

**สรุป:** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของชีพลักษ์ของผล โดยเฉพาะกลุ่มพรรณไม้ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ และส่งผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่เป็นผู้กระจายเมล็ดพันธุ์ รวมถึงการฟื้นฟูระบบนิเวศตามธรรมชาติด้วย ผลการศึกษานี้ให้ข้อมูลสำคัญสำหรับระบบพรรณไม้ที่เปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และใช้ในการวางแผนอนุรักษ์เพื่อรักษาสมดุลของระบบนิเวศต่อไป

**คำสำคัญ:** ชีพลักษ์; ไม้ผล; ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ; ป่าดิบเขา

<sup>1</sup> สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

<sup>2</sup> สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

<sup>3</sup> ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: supalak\_sr@mju.ac.th

## ORIGINAL ARTICLE

**Relationship between Fruiting Phenology and Climatic Factors in Lower Montane Forest  
at Doi Suthep – Pui National Park, Chiang Mai Province**Apisada Rueangket<sup>1</sup>, Supalak Siri<sup>2\*</sup>, Yuwadee Ponpituk<sup>2</sup>, Sathid Thinkampheang<sup>3</sup>, and Prateep Duengkae<sup>3</sup>

Received: 6 May 2025

Revised: 7 June 2025

Accepted: 12 June 2025

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** The fruiting phenology of tree species is closely linked to seasonal patterns and climatic factors, both of which play a crucial role in determining the availability of food resources for a wide range of frugivores. These plant-animal interactions are fundamental to maintaining the stability of ecosystem and biodiversity. Amidst on going global climate change, understanding the mechanisms determining fruiting phenology is essential for predicting ecological dynamics and informing effective conservation planning. This is particularly crucial in the lower montane forest, which exhibits unique environmental conditions and is sensitive to climate change impacts, including rising temperatures and erratic rainfall. Nevertheless, understanding of climate change effects on fruiting phenology in Thailand's montane forests remains insufficient. This research aimed to investigate the timing and magnitude of fruit production in tree species within a permanent lower montane forest plot at Huai Kog Ma, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province. It also examines the relationship between fruiting phenology and climatic factors, aiming to establish a comprehensive understanding of the environmental drivers shaping fruiting phenology in this lower montane forest ecosystem.

**Methodology:** A comprehensive review of tree species in the lower montane forest permanent plot was conducted, drawing from databases and literature sources such as the Concise Encyclopedia of Plants in Thailand, the BGO Plant Database, the Useful Tropical Plants Database, and A Field Guide to Forest Trees of Northern Thailand, including a preliminary permanent plot survey to identify species bearing fleshy fruits consumed by wildlife. A diverse set of 32 species from 21 families was selected to ensure broad taxonomic representation. Fruiting phenology was monitored for at least five mature individuals per species using binoculars from October 2016 to December 2018. The average monthly fruiting percentage for each species was then calculated. The relationships between fruiting phenology and climatic factors were analyzed using multiple linear regression in R software.

**Main Results:** Based on 32 tree species for fruit production monitoring, 18 species were found to bear fruits during the observation period. These species were categorized into three phenological groups. Group 1 comprised species fruiting in the dry season (November–April), including *Eurya acuminata*, *Litsea cambodiana*, and *Prunus arborea*. Group 2 consisted of species fruiting in the rainy season (May–October), including *Baccaurea ramiflora*, *Protium serratum*, *Saurauia roxburghii*, and *Syzygium tetragonum*. Group 3 comprised species that fruited continuously throughout the year without a specific season, including *Acronychia pedunculata*, *Apodytes dimidiata*,

*Canthiumera glabra*, *Choerospondias axillaris*, *Ficus curtipes*, *Ficus simplicissima*, *Ficus elmeri*, *Garcinia celebica*, *Madhuca floribunda*, *Melia azedarach*, and *Heptapleurum heptaphyllum*. The timing and quantity of fruit production for each species were influenced by various factors, including tree size, soil nutrient availability, tree density in the area, and climatic conditions. Upon analyzing the relationship between fruiting phenology and climatic factors, it was observed that 8 out of 18 species exhibited a significant correlation with rainfall and temperature. These species can be classified into two distinct groups. The first group comprises four species whose fruiting patterns were significantly correlated with rainfall. Among these, two species—*P. serratum* and *A. dimidiata*—demonstrated a positive correlation with rainfall, while two species—*F. simplicissima* and *M. floribunda*—exhibited a negative correlation. The second group includes four species whose fruiting was significantly correlated with temperature. Among these, two species—*B. ramiflora* and *F. curtipes*—displayed a positive correlation with temperature, while the other two—*A. pedunculata* and *E. acuminata*—exhibited a negative correlation. In analyzing the study results in conjunction with climatic data spanning from 2019 to 2022, it was observed that monthly rainfall exhibited significant variability, particularly in the year 2022, during which precipitation experienced a notable increase during the rainy season. Conversely, temperature fluctuations were relatively minor. This observation suggests that the fruiting phenology of species associated with rainfall may also exhibit substantial variability. These findings suggest that species whose fruiting is sensitive to rainfall, particularly *F. simplicissima* and *M. floribunda*, may exhibit reduced fruit production under increased precipitation. As both are key food sources for various frugivores, alterations in their fruiting patterns could result in food scarcity, triggering intensified interspecific competition or dietary shifts among wildlife. Such behavioral changes may reduce seed dispersal opportunities for these species, potentially limiting their reproductive success and risking local extinction. If similar effects are experienced by other species, resulting disruption could compromise forest regeneration processes and destabilize the ecological balance of the lower montane forest system.

**Conclusion:** On going climate change undeniably influences the alterations in the fruiting phenology of those species closely associated with climatic factors. Consequently, it affects frugivores that function as key seed dispersers and disrupts natural ecosystem regeneration processes. The study offers valuable insights into tree species, highly vulnerable to climate change, highlighting the urgent need for conservation strategies aimed at mitigating extinction risks. Such efforts are essential for sustaining ecological balance and promoting the long-term resilience of forest ecosystems under changing environmental conditions.

**Keywords:** Fruit phenology, fruit trees, climatic factors, montane forest

---

<sup>1</sup> School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

<sup>2</sup> Program in Forestry, Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

<sup>3</sup> Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

\* **Corresponding author:** E-mail: supalak\_sr@mju.ac.th

<https://doi.org/10.34044/jtferj.2025.9.2.6304>

### คำนำ (Introduction)

ป่าดิบเขา (Montane forest) เป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าดิบเขาระดับต่ำที่ปรากฏในพื้นที่ภูเขาที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศเฉพาะ เช่น อุณหภูมิไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,500-2,000 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์มาก (Whitmore, 1990; Department of Environmental Quality Promotion, 2002) สภาพแวดล้อมเหล่านี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการปรับตัวของพืช รวมถึงชีพลักษณ์ของผล (Fruit phenology) ซึ่งมีความสำคัญเชิงนิเวศและวิวัฒนาการอย่างยิ่งต่อการแพร่กระจายพันธุ์และความอยู่รอดของพืช (Heydel & Tackenberg, 2017; Dunham *et al.*, 2018; Panda *et al.*, 2021)

ในระบบนิเวศป่าเขตร้อน พรรณไม้ที่มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของระบบนิเวศคือไม้ผล (Fruit trees) ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารหลักของสัตว์ป่า โดยเฉพาะกลุ่มสัตว์ที่กินผลไม้ (Frugivores) สัตว์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการกระจายเมล็ดพันธุ์ (Seed dispersal) ให้แก่พืชชนิดต่าง ๆ (Kitamura *et al.*, 2005; Awasthi *et al.*, 2024) ก่อให้เกิดความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Mutualism) ระหว่างไม้ผลและสัตว์ที่กินผลไม้ เนื่องจากทั้งสองฝ่ายได้รับประโยชน์ร่วมกัน สัตว์ได้รับสารอาหารจากเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดหรือเมล็ดของผลไม้ ขณะที่พืชได้รับประโยชน์จากการที่เมล็ดถูกนำไปแพร่กระจายยังพื้นที่ใหม่ที่อยู่ห่างจากต้นแม่

โดยทั่วไป ไม้ผลที่มีขนาดผลเล็กมักถูกกินโดยสัตว์หลากหลายขนาดและชนิด ในขณะที่ไม้ผลที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องอาศัยสัตว์ขนาดใหญ่เป็นตัวช่วยในการกินและกระจายเมล็ดพันธุ์ (Gautier-Hion *et al.*, 1985; Kitamura *et al.*, 2002; Parrado-Rosselli *et al.*, 2002) ความหลากหลายของขนาดของผลนี้มีความสำคัญต่อการรักษาความหลากหลายของสัตว์กินผลไม้ ดังนั้น ความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ของผลไม้ป่าจึงมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับความหลากหลายของสัตว์กินผลไม้ ซึ่งการศึกษาของ Howe (1977) ได้ตั้งสมมติฐานจากผลงานวิจัยไว้ว่า หากไม้ให้ผลลดลงหรือสูญหายไปจากพื้นที่ อาจส่งผลให้ประชากรของสัตว์ที่อาศัยผลไม้เป็นแหล่งอาหารลดจำนวนลงหรือสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและเสถียรภาพของระบบนิเวศ

ชีพลักษณ์ของผลครอบคลุมถึงลักษณะต่าง ๆ เช่น ขนาด รูปร่าง สี ความแข็ง เนื้อสัมผัส หรือเวลาการสุก ซึ่งมีผลต่อการดึงดูดสัตว์ที่ช่วยในการกระจายเมล็ด และการปรับตัวของพืชในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัย (Herrera, 2002) มีหลักฐานจากงานวิจัยในต่างประเทศที่ชี้ให้เห็นว่าชีพลักษณ์ของผลอาจมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน (Moles *et al.*, 2005; Bendix *et al.*, 2006; Sulistyawati *et al.*, 2012; Dunham *et al.*, 2018; Temchai *et al.*, 2019) ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลกนำไปสู่ภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นและปริมาณฝนที่แปรปรวนอย่างมาก ซึ่งเกิดขึ้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่เป็นหนึ่งในภูมิภาคที่เปราะบางที่สุดต่อผลกระทบของการ



เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Chowdhury *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม ความรู้ในบริบทของป่าดิบเขาในประเทศไทยยังมีจำกัด โดยเฉพาะในเรื่องของการเชื่อมโยงเชิงปริมาณในการออกผลและเวลาในการออกผลของไม้ในป่าดิบเขากับตัวแปรทางภูมิอากาศในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชสูง

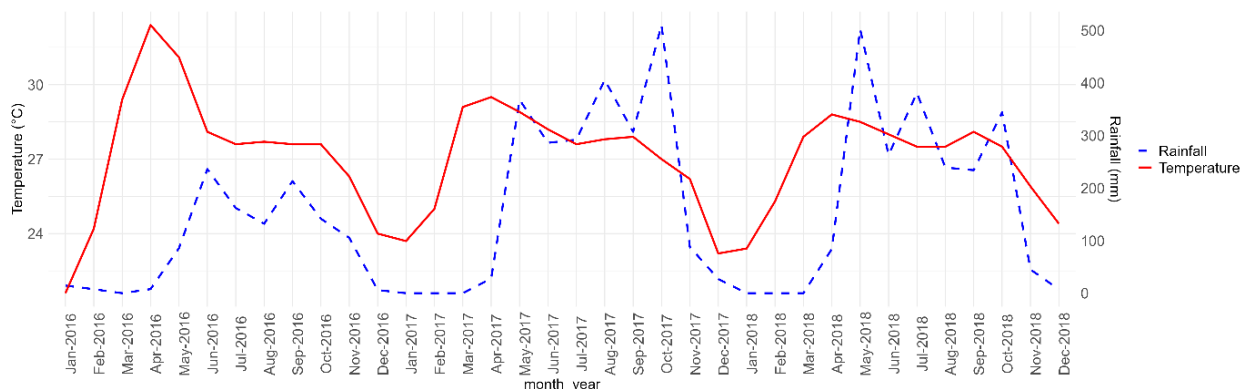
ด้วยเหตุนี้ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างซีพลักษณะของผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศในป่าดิบเขาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการเข้าใจกลไกการปรับตัวของพืชต่อสิ่งแวดล้อม และการคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อโครงสร้างป่าในอนาคต การวิจัยครั้งนี้มุ่งติดตามช่วงเวลาและปริมาณการออกผลของพรรณไม้ และหาความสัมพันธ์ระหว่างซีพลักษณะของผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่แปลงถาวรป่าดิบเขา ระดับต่ำบริเวณห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ เพื่อสร้างความเข้าใจเชิง

ระบบเกี่ยวกับปัจจัยที่กำหนดซีพลักษณะของพรรณไม้ให้ผลในระบบนิเวศเฉพาะถิ่นนี้

## อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

### 1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

แปลงสัมคมพืชถาวรขนาด 16 เฮกแตร์ (400 เมตร x 400 เมตร) ซึ่งเป็นสัมคมพืชป่าดิบเขา ระดับต่ำ ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตสงวนชีวมณฑลแม่สา-คอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ (18° 54' N–98° 54' E) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,250–1,540 เมตร (Vongkuna, 2005) สภาพภูมิอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 2 ฤดูกาล (Figure 1) ได้แก่ ฤดูฝน (ระหว่างเดือนพฤษภาคม–เดือนตุลาคม) และฤดูแล้ง (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน–เดือนเมษายน) ในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 335.2 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 18.93–21.79 องศาเซลเซียส และในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุด 10 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 14.79–22.35 องศาเซลเซียส (Glomvinya *et al.*, 2016; Pimrat, 2016)



**Figure 1** Average monthly temperature and total monthly rainfall recorded during the study period (2016 – 2018)

แปลงถาวรป่าดิบเขา ระดับต่ำ ห้วยคอกม้า มีขนาด 16 เฮกแตร์ ซึ่งมีการสำรวจพรรณไม้ทุกชนิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

(DBH) ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ติดหมายเลขเบอร์ต้นวัดขนาด จำแนกชนิด และระบุพิกัดต้นไม้ในแปลงถาวร (Marod *et al.*, 2015) นอกจากนี้ใน

แปลงถาวรยังมีการติดตามข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน

## 2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

2.1 นำข้อมูลรายชื่อพรรณไม้ในแปลงถาวรขนาด 16 เฮกแตร์ (Marod *et al.*, 2015) มาสืบค้นหาพรรณไม้ที่มีผลแบบผลสด (Fleshy fruit) ในเอกสารต่าง ๆ และฐานข้อมูลออนไลน์ เช่น สารานุกรมพืชในประเทศไทย (Forest Botany Division, 2016), ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (The Botanical

Garden Organization, 2011), The Useful Tropical Plants database (Fern, 2014) และ หนังสือต้นไม้มือเมืองเหนือ (Gardner *et al.*, 2007) เป็นต้น รวมถึงการสำรวจเบื้องต้นในแปลงถาวร

2.2 คัดเลือกพรรณไม้จากข้อ 2.1 จำนวน 32 ชนิด 21 วงศ์ (ใช้ชื่อพรรณไม้ตามฐานข้อมูล Plant of the world online: POWO, 2025) โดยคัดเลือกชนิดที่พบบ่อยในพื้นที่ และครอบคลุมพรรณไม้ทุกวงศ์ ครอบคลุมทุกวงศ์ และเป็นชนิดที่มีการรายงานว่ามีสัตว์เข้าใช้ประโยชน์ผลดังกล่าว ดังแสดงใน Table 1

**Table 1** The selected fruiting tree species for phenological research

Botanical Name	Family	Observed trees
<i>Saurauia roxburghii</i> Wall.	ACTINIDIACEAE	7
<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) B. L. Burt & A. W. Hill	ANACARDIACEAE	7
<i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	ANACARDIACEAE	6
<i>Heptapleurum heptaphyllum</i> (L.) Y. F. Deng	ARALIACEAE	5
<i>Canarium euphyllum</i> Kurz	BURSERACEAE	6
<i>Protium serratum</i> (Wall. ex Colebr.) Engl.	BURSERACEAE	5
<i>Mastixia pentandra</i> subsp. <i>Chinensis</i> (Merr.) K. M. Matthew	CORNACEAE	5
<i>Diospyros glandulosa</i> Lace	EBENACEAE	7
<i>Elaeocarpus floribundus</i> Blume	ELAEOCARPACEAE	5
<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	EUPHORBIACEAE	5
<i>Balakata baccata</i> (Roxb.) Esser	EUPHORBIACEAE	5
<i>Bischofia javanica</i> Blume	EUPHORBIACEAE	6
<i>Garcinia celebica</i> L.	GUTTIFERAE	8
<i>Apodytes dimidiata</i> E. Mey. ex Arn.	ICACINACEAE	8
<i>Beilschmiedia lucidula</i> (Miq.) Kosterm.	LAURACEAE	5
<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl.	LAURACEAE	5
<i>Litsea cambodiana</i> var. <i>cambodiana</i>	LAURACEAE	7
<i>Phoebe cathia</i> (D. Don) Kosterm.	LAURACEAE	5
<i>Melia azedarach</i> L.	MELIACEAE	6
<i>Ficus curtipes</i> Corner	MORACEAE	5
<i>Ficus simplicissima</i> Lour.	MORACEAE	6

Table 1 (Continued)

Botanical Name	Family	Observed trees
<i>Ficus elmeri</i> Merr.	MORACEAE	5
<i>Syzygium claviflorum</i> (Roxb.) Wall. ex Steud.	MYRTACEAE	5
<i>Syzygium tetragonum</i> (Wight) Wall. ex Walp.	MYRTACEAE	5
<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Don	PODOCAPACEAE	7
<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	ROSACEAE	5
<i>Canthiumera glabra</i> (Blume) K. M. Wong & Mahyuni	RUBIACEAE	5
<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq.	RUTACEAE	6
<i>Sarcosperma arboreum</i> Hook. f.	SACOSPERMATAACEAE	7
<i>Madhuca floribunda</i> (Pierre ex Dubard) H. J. Lam	SAPOTACEAE	5
<i>Eurya acuminata</i> DC.	THEACEAE	7
<i>Ternstroemia gymnanthera</i> (Wight & Arn.) Bedd.	THEACEAE	7

2.3 ติดตามการออกผลของชนิดไม้ที่เลือก โดยเลือกต้นไม้ที่โตเต็มที่และมีการผลิตดอกออกผล อย่างน้อยชนิดละ 5 ต้น ระหว่างเดือนตุลาคม 2559–ธันวาคม 2561 ประเมินปริมาณการออกผลของชนิดไม้แต่ละต้น ด้วยกล้องส่องทางไกลแบบสองตา บันทึกข้อมูลปริมาณการออกผลของไม้แต่ละต้นในรูปแบบร้อยละ และช่วงเวลาของการออกผล (Morellato *et al.*, 2000).

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

นำข้อมูลร้อยละของการออกผลของพรรณไม้แต่ละต้นในชนิดเดียวกันมาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณการออกผลรายเดือนของพรรณไม้ชนิดนั้น ๆ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณการออกผลของพรรณไม้แต่ละชนิดกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน และปริมาณน้ำฝนรายเดือน ด้วยสถิติการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R (R Core Team, 2025)

## ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

### 1. การติดผลของพรรณไม้ในแปลงตัวอย่าง

จากการติดตามการออกผลของพรรณไม้ที่มีผลสด 32 ชนิด พบว่ามีพรรณไม้ที่ออกผลในช่วงที่ศึกษาจำนวน 18 ชนิด ได้แก่ กะอวม (*Acronychia pedunculata*) หมักพักคง (*Apodytes dimidiata*) มะไฟ (*Baccaurea ramiflora*) ค่างเต็น (*Canthiumera glabra*) มะมือ (*Choerospondias axillaris*) ปลายสาน (*Eurya acuminata*) ไทรหิน (*Ficus curtipes*) มะเตี๋ยหอม (*Ficus simplicissima*) มะเตี๋ยปล้องหิน (*Ficus elmeri*) พะวา (*Garcinia celebica*) กะทังก้านแดง (*Litsea cambodiana*) ละมุดสีบุณฑาทา (*Madhuca floribunda*) เลี่ยน (*Melia azedarach*) มะแฟน (*Protium serratum*) นูดต้น (*Prunus arborea*) ส้านเห็บ (*Saurauia roxburghii*) นิ้วมือพระนารายณ์ (*Heptapleurum heptaphyllum*) และหว่าลิง (*Syzygium tetragonum*) ซึ่งพรรณไม้ดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ตามฤดูกาล คือ 1) กลุ่มพรรณไม้ที่ออกผลในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือน

พศจิกายน-เมษายน (ปริมาณน้ำฝน 0-53.1 มิลลิเมตร) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลายसान กะทัง ก้านแดง และนูดต้น 2) กลุ่มพรรณไม้ที่ออกผล ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม (ปริมาณน้ำฝน 64.1-411.4 มิลลิเมตร) พบ 4 ชนิด ได้แก่ มะไฟ มะแฟน ส้านเห็บ และหว้าลิง และ 3) กลุ่มพรรณไม้ที่ไม่มีฤดูกาลที่ชัดเจนในการออกผล จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ กะอวม หมักพักดง ค่างเต้น มะมือ ไทรหิน มะเดื่อหอม มะเดื่อปล้องหิน พะวา ละมุดสีนุนทา เลียน และนิ้วมือพระนารายณ์

จากการแบ่งกลุ่มพรรณไม้ที่ออกผลโดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ออกผลเฉพาะฤดูแล้ง กลุ่มที่ออกผลเฉพาะฤดูฝน และกลุ่มที่ไม่มีฤดูกาลที่ชัดเจนในการออกผล พบว่าการออกผลของพรรณไม้ตามฤดูกาลหลายชนิดสอดคล้องกับการศึกษาในหลายงานวิจัย เช่น กะทังก้านแดงออกผลช่วงฤดูแล้ง สอดคล้องกับการศึกษา Gazagne *et al.* (2020) ในขณะที่ Tongkok *et al.* (2020) รายงานว่ามะไฟมีการออกผลในช่วงฤดูฝนทั้งในพื้นที่ป่าเขตร้อนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน ส่วนพรรณไม้จำพวกไทรและมะเดื่อออกผลมากกว่า 1 ครั้งต่อปี (Yu *et al.*, 2006; Numata *et al.*, 2022) เป็นต้น ทั้งนี้ช่วงเวลาและปริมาณในการออกผลของพรรณไม้แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งขนาดของต้นไม้ ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร และความหนาแน่นของต้นไม้ในบริเวณนั้น (Minor & Kobe, 2019) รวมถึงปัจจัยสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝนด้วย (Dunham *et al.*, 2018)

## 2. ความสัมพันธ์ระหว่างการออกผลของพรรณไม้กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการออกผลของพรรณไม้กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศพบว่า พรรณไม้ทั้ง 18 ชนิด ที่ออกผลในช่วงที่ศึกษา มีพรรณไม้ที่ปัจจัยสภาพภูมิอากาศไม่มีผลกระทบต่อออกผลของพรรณไม้จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ค่างเต้น มะมือ มะเดื่อปล้องหิน พะวา กะทังก้านแดง เลียน นูดต้น ส้านเห็บ นิ้วมือพระนารายณ์ และหว้าลิง ในขณะที่พรรณไม้ที่ปัจจัยสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการออกผลของพรรณไม้ทั้งหมด 8 ชนิด โดยจำแนกเป็น กลุ่มพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ มะแฟน หมักพักดง มะเดื่อหอม และละมุดสีนุนทา และพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ มะไฟ ไทรหิน กะอวม และปลายसान (Table 2)

เมื่อพิจารณากลุ่มพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน พบว่า มะแฟน และหมักพักดง มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของปริมาณน้ำฝนเป็นบวก และมีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 หมายความว่า เมื่อปริมาณน้ำฝนมากขึ้น มะแฟน และหมักพักดงมีแนวโน้มที่จะออกผลปริมาณมากขึ้น ในทางกลับกันมะเดื่อหอม และละมุดสีนุนทา มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของปริมาณน้ำฝนเป็นลบ และมีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 หมายความว่า เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นมี

แนวโน้มที่มะเดื่อหอม และละมุดสีบนทางจะออกผลในปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้ มะเฟืองออกผลเฉพาะในช่วงฤดูฝน ส่วนหมักพักคง มะเดื่อหอม และละมุดสีบนทา มีการออกผลมากกว่า 1 ครั้งต่อปี ในขณะที่กลุ่มพรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ พบว่า มะไฟ และไทรหีน มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเป็นบวก และมีค่า p-value น้อยกว่า 0.01 และน้อยกว่า 0.05 ตามลำดับ สามารถแปลผลได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น มะไฟ และไทรหีน มี

แนวโน้มที่จะออกผลมากขึ้น ในขณะที่กะอวม และปลายสาน มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของปริมาณน้ำฝนเป็นลบ และมีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 แปลได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กะอวม และปลายสานมีแนวโน้มที่จะออกผลน้อยลง ทั้งนี้สามารถพิจารณาความแปรปรวนของแบบจำลองความสัมพันธ์ดังกล่าวได้จากค่า R-squared หากเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองอธิบายข้อมูลได้ดี แต่หากค่า R-squared เข้าใกล้ 0 แสดงว่าแบบจำลองอธิบายข้อมูลได้ไม่ดี

**Table 2** The correlation between fruiting phenology, rainfall, and average temperature

Species	Coefficient of average temperature	Coefficient of rainfall	R-squared
<i>Protium serratum</i>	-0.47108	0.01119*	0.1574
<i>Baccaurea ramiflora</i>	1.935**	0.0004659	0.3209
<i>Apodytes dimidiata</i>	-0.68225	0.02755*	0.2533
<i>Ficus curtipes</i>	0.548536*	-0.004107	0.2243
<i>Ficus simplicissima</i>	2.34877	-0.03892*	0.2494
<i>Acronychia pedunculata</i>	-3.82502*	0.01472	0.1658
<i>Madhuca floribunda</i>	-0.093818	-0.008146*	0.3103
<i>Eurya acuminata</i>	-1.91803*	-0.002982	0.3267

Remarks: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

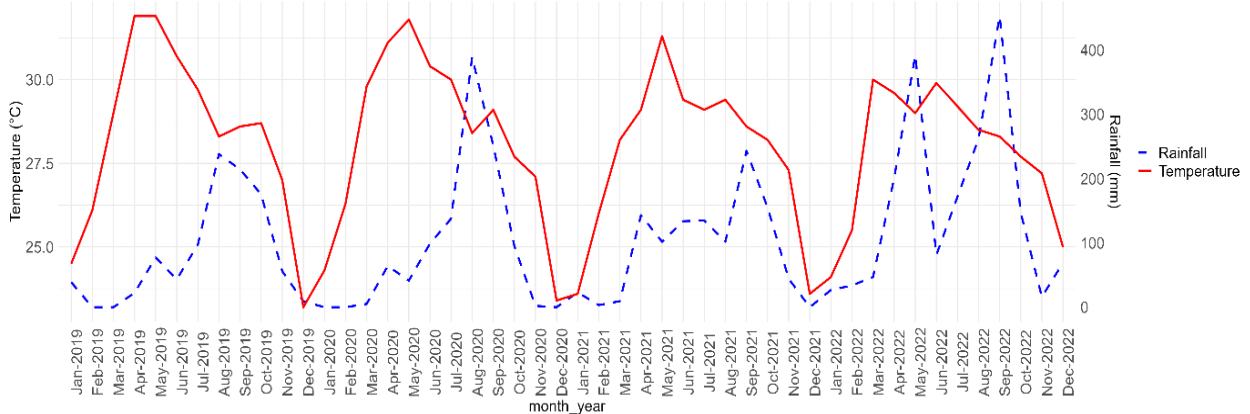
การที่มะเดื่อหอมมีแนวโน้มออกผลมากขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลง และไทรหีนมีแนวโน้มออกผลมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นนั้น พบว่ามะเดื่อหอมและไทรหีนออกผลตลอดทั้งปี แต่ในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน มะเดื่อหอมมีปริมาณผลมากกว่าเดือนอื่นๆ ส่วนไทรหีนมีปริมาณผลออกมากในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม (Rueangket, 2021) ซึ่งเป็นฤดูแล้งที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย อุณหภูมิสูง

มีปริมาณแสงสว่างสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Ferraz *et al.* (2020) ซึ่งรายงานไว้ว่า พรรณไม้ในกลุ่มมะเดื่อและไทรออกผลจำนวนมากในสภาพอากาศอบอุ่น และมีแสงสว่างสูง

เมื่อพิจารณาผลจากการศึกษาครั้งนี้ ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้กับพื้นที่ศึกษามากที่สุด (Marod *et al.*, 2025) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน (Figure 2)

ช่วงปี พ.ศ. 2562–พ.ศ. 2565 เพื่อการคาดการณ์ผลกระทบของซีพลักษณะของพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษาภายใต้สถานการณ์ความแปรปรวนของ

สภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต



**Figure 2** Average monthly Temperature and Total Monthly Rainfall (2019–2022)

ปริมาณน้ำฝนมีความแปรผันสูงมากในแต่ละเดือน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2565 ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมากกว่าปกติเมื่อเทียบกับปีอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนมีความแปรผันเล็กน้อยในแต่ละปี สอดคล้องกับรายงานของ Hydro Informatics Institute (2023) ที่กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2562–2563 เป็นช่วงที่ประเทศไทยเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญกำลังอ่อน ทำให้ฝนตกน้อยกว่าปกติ เมื่อเข้าสู่ปี พ.ศ. 2564–2565 ฝนกลับตกมากกว่าปกติ เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ลานีญา กำลังอ่อนถึงกำลังปานกลาง ความแปรปรวนของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการออกผลของพรรณไม้ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน ทำให้ซีพลักษณะ หรือช่วงเวลาการออกผลแปรปรวนไปด้วย เช่น ในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญา อาจทำให้ มะแฟน และหมักพักดง ออกผลในปริมาณที่มากขึ้น ส่วนมะเดื่อหอม และ

ละมุดสีนุนทา ซึ่งไม่ชอบฝน อาจทำให้ออกผลได้น้อยลง และในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ อาจทำให้ มะไฟ และ ไทรหิน ออกผลในปริมาณที่มากขึ้น ในขณะที่เดียวกัน กะอวม และปลายสาน ซึ่งไม่ชอบอุณหภูมิสูง อาจออกผลในปริมาณน้อย หรือไม่ออกผลก็ได้

การที่ผลไม้ป่าเหล่านี้มีช่วงเวลาและปริมาณการออกผลที่แปรปรวนย่อมส่งผลต่อสัตว์ป่าที่กินผลไม้เหล่านี้เป็นอาหารและมีบทบาทเป็นผู้กระจายเมล็ด (seed disperser) ในระบบนิเวศ โดยเฉพาะ มะเดื่อหอม และละมุดสีนุนทา เนื่องจากเป็นพรรณไม้ที่มีรายงานการเข้ามาใช้ประโยชน์ผลของสัตว์ป่าหลายกลุ่มในพื้นที่ศึกษาทั้งกระรอก หนู กระแต ค้างคาว และอีเห็น และยังมีการออกผลเกือบตลอดทั้งปี แม้จะมีความหนาแน่นในแปลงถาวรเพียง 0.38 และ 0.13 ต้น/เฮกตาร์ (Rueangket *et al.*, 2019) แต่หากช่วงเวลาการออกผลและปริมาณผลที่ได้เปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้สัตว์ป่ากลุ่มดังกล่าวขาดแคลนอาหาร

เกิดการแก่งแย่งอาหารกัน หรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไปกินผลไม้ชนิดอื่นที่ออกในช่วงเวลานั้นและมีปริมาณมากพอแทน ทำให้พรรณไม้ดังกล่าวเสียโอกาสในการกระจายเมล็ด เพื่อไปตั้งตัวในพื้นที่ใหม่ที่ไกลจากต้นแม่ ซึ่งช่วยลดโอกาสในการแก่งแย่งปัจจัยจำเป็นในการเจริญเติบโตของพรรณไม้กับกล้าไม้ต้นอื่น เมื่อพรรณไม้ไม่สามารถกระจายพันธุ์และสืบต่อพันธุ์ได้ ทำให้ไม่มีกล้าไม้ที่จะเติบโตขึ้นมาทดแทนต้นที่หมดอายุขัยและตายไป พรรณไม้ดังกล่าวจึงมีจำนวนลดลงและอาจถึงขั้นสูญหายไปจากพื้นที่ หากมีพรรณไม้หลายชนิดได้รับผลกระทบเช่นนี้อาจส่งผลให้การฟื้นฟูตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าดิบเขาไม่ประสบความสำเร็จ และทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุลได้

### สรุป (Conclusion)

พรรณไม้ 18 ชนิด จาก 32 ชนิด ออกผลในช่วงเวลาที่ศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ออกผลเฉพาะช่วงฤดูแล้ง กลุ่มที่ออกผลเฉพาะช่วงฤดูฝน และกลุ่มที่ออกผลโดยไม่มีฤดูกาลที่ชัดเจน พรรณไม้ที่การออกผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ มีทั้งหมด 8 ชนิด โดย มะแฟน หมักพักคง (มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก) มะเดื่อหอม และละมุดสีบุณฑรา (มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ) มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ มะไฟ ไทรหิน (มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก) กะอวม และปลายสาน (มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันย่อม

ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของชีพลักษณ์ของผล โดยเฉพาะกลุ่มพรรณไม้ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ และส่งผลกระทบต่อสัตว์ป่าที่เป็นผู้กระจายเมล็ดพันธุ์ รวมถึงการฟื้นฟูระบบนิเวศตามธรรมชาติด้วย ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงพรรณไม้ที่มีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงควรมีการเฝ้าระวัง หากจำนวนต้นมีแนวโน้มลดลง ไม่สามารถเจริญทดแทนตามธรรมชาติได้ อาจจำเป็นต้องปลูกเสริมชนิดพันธุ์ดังกล่าว เพื่อช่วยเหลือไม่ให้พรรณไม้เหล่านี้สูญพันธุ์ และช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI) ทั้งนี้ขอขอบคุณ อุทยานแห่งชาติคอยสุเทพ-ปุย สำหรับสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหมอิก ที่สนับสนุนข้อมูลสภาพภูมิอากาศ คุณนิติ อินทวิน และผู้ช่วยเก็บข้อมูลชีพลักษณ์ของพรรณไม้ในแปลงถาวรป่าดิบเขาห้วยคอกม้าทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีเสมอมา

### เอกสารอ้างอิง (References)

- Awasthi, B., J. Chen & K. R. McConkey. 2024. Fruiting trees provide fruit and insect resources for four tropical deer species. *Ecosphere* 15(7): e4889. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4889>

- Bendix, J., J. Homeier, E. O. Cueva, P. Emck, S. W. Breckle, M. Richter & E. Beck. 2006. Seasonality of weather and tree phenology in a tropical evergreen mountain rain forest. **International Journal of Biometeorology** 50(6): 370–384. DOI:10.1007/s00484-006-0029-8
- Chowdhury, M. A. I., M. N. Islam & A. H. M. Nury. 2019. Study of rainfall variabilities in Southeast Asia using long-term data. **Journal of Hydrology** 578: 124002. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124002>
- Department of Environmental Quality Promotion. 2002. **Environment Encyclopedia 1<sup>st</sup> Thai Forest**. Planning and technical division, Department of Environmental Quality Promotion, Bangkok. (in Thai)
- Dunham, A. E., O. H. Razafindratsima, P. Rakotnirina & P. C. Wright. 2018. Fruiting phenology is linked to rainfall variability in a tropical rain forest. **Biotropica** 50(3): 396–404. <https://doi.org/10.1111/btp.12564>
- Fern, K. 2014. **Useful tropical plants database**. Available Source: <http://tropical.theferns.info/> (Accessed: July 1, 2019)
- Ferraz, R. A., S. Leone, J. M. A. Souza, R. B. Ferreira, J. H. Modesto & L. L. Arruda. 2020. Phenology, vegetative growth, and yield performance of fig in Southeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.55, e01192, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01192>.
- Forest Botany Division. 2016. **Concise encyclopedia of plants in Thailand**. Forest Botany Division, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok, Thailand. Available source: [http://www.dnp.go.th/botany/detail\\_wordsci.aspx](http://www.dnp.go.th/botany/detail_wordsci.aspx). (Accessed: July 1, 2019). (in Thai)
- Gardner, S., P. Sidisunthorn & V. Anusarnsunthorn. 2007. **A field guide to forest trees of northern Thailand**. Kobfai Publishing Project, Bangkok.
- Gautier-Hion, A., J. M. Duplantier, R. Quris, F. Feer, C. Sourd, J. P. Decoux, G. Dubost, L. Emmons, C. Erard, P. Hecketsweiler, A. Mougazi, C. Roussillon & J. M. Thiollay. 1985. Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal in a tropical forest vertebrate community. **Oecologia** 65: 324–337. <https://doi.org/10.1007/BF00378906>
- Gazagne, E., J. L. Pitance, T. Savini, M. C. Huynen, P. Poncin, F. Brotcorne & A. Hambuckers. 2020. Seed Shadows of Northern Pigtailed Macaques within a degraded Forest Fragment, Thailand.



- Forests** 2020 (11): 1184.  
<https://doi.org/10.3390/f11111184>.
- Glomvinya, S., C. Tantasirin, P. Tongdeenok & N. Tanaka. 2016. Changes in rainfall characteristics at Huai Kog-ma Watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry** 35: 66–77.
- Herrera, C. M. 2002. Seed dispersal by vertebrates. pp.185–208. *In*: Herrera, C. M. & O. Pellmyr (eds.). **Plant–Animal Interactions: An Evolutionary Approach**. Blackwell Publishing.
- Heydel, F. & O. Tackenberg. 2017. How are the phenologies of ripening and seed release affected by species' ecology and evolution? **Oikos** 126: 738–747.  
<https://doi.org/10.1111/oik.03442>
- Howe, H. F. 1977. Bird Activity and Seed Dispersal of a Tropical Wet Forest Tree. **Ecology** 58(3): 539–550.  
<https://doi.org/10.2307/1939003>
- Hydro Informatics Institute. 2023. **2023 Thailand Water Situation**. Hydro Informatics Institute. Available source: <https://www.thaiwater.net/uploads/contents/current/YearlyReport2023/rain2.html> (Accessed: April 29, 2025). (in Thai)
- Kitamura, S., T. Yumoto, P. Poonswad, P. Chuailua, K. Plongmai, T. Maruhashi & N. Noma. 2002. Interactions between Fleshy Fruits and Frugivores in a Tropical Seasonal Forest in Thailand **Oecologia** 133(4): 559–572. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1073-7>
- Kitamura, S., T. Yumoto, P. Poonswad, P. Chuailua, K. Plongmai, N. Noma, T. Maruhashi & P. Wohandee. 2005. Fruit-frugivore interactions in a moist evergreen forest of Khao Yai National Park in Thailand. **Tropics** 14(4): 345–355.  
<https://doi.org/10.3759/tropics.14.345>
- Marod, D., S. Sungkeaw, P. Duengkae, L. Asanok, T. Kamyao, S. Hermhuk, A. Panmongkol & S. Thinkampheang. 2015. **Plant diversity of lower montane evergreen forest at Huai Kogma Watershed Area, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province**. pp. 51–60. *In*: Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 4, January 22–23, 2015, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. (in Thai)
- Marod, D. S. Thinkampheang, W. Phumphuang, A. Yarnvudhi, J. Thongsawi, P. Kachina, T. Nakashizuka, H. Kurokawa & S. Hermhuk. 2025. Relationship Between Climate Changes and Forest Dynamics Along Altitudinal Gradients at Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **Forests** 16: 114.  
<https://doi.org/10.3390/f16010114>

- Minor, D. M. & R. K. Kobe. 2019. Fruit production is influence by tree size and size-asymmetric crowding in a wet tropical forest. **Ecology and Evolution** 2019(9): 1058–1472.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.4867>
- Moles, A. T., D. D. Ackerly, C. O. Webb, J. C. Tweddle, J. B. Dickie & M. Westoby. 2005. A brief history of seed size. **Science** 307(5709): 576–580. DOI: 10.1126/science.1104863
- Morellato, L. P. C., D. C. Talora, A. Takahasi, C. C. Bencke, E. C. Romera & V. B. Zipparro. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica** 32(4b): 811–823.  
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x>
- Namuta, S., K. Yamaguchi, M. Shimizu, G. Sakurai, A. Morimoto, N. Alias, N. Z. N. Azman, T. Hosaka & A. Satake. 2022. Impacts of climate change on reproductive phenology in tropical rainforests of Southeast Asia. **Communications Biology** 5: 311.  
<https://doi.org/10.1038/s42003-022-03245-8>
- Parrado-Rosselli, A., J. Cavelier & A. van Dulmen. 2002. Effect of Fruit Size on Primary Seed Dispersal of Five Canopy Tree Species of the Colombian Amazon. **Selbyana** 23(2): 245–257
- Panda, S., D.R. Bhardwaj, P. Sharma, A.K. Handa & D. Kumar. 2021. Impact of climatic patterns on phenophase and growth of multi-purpose trees of north-western mid-Himalayan ecosystem. **Trees, Forests and People** 6: 100143.  
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100143>
- Pimrat, M. 2016. **Dynamics of tree seedlings under gap and crown canopy in lower montane evergreen forest at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- POWO. 2025. **Plants of the World Online.** Royal Botanic Gardens, Kew. Available source: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed: June 5, 2025)
- R Core Team. 2025. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available source: <http://www.R-project.org>. (Accessed: April 10, 2025)
- Rueangket, A., P. Duengkae, S. Thinkampheang & D. Marod. 2019. Utilization of fruit by frugivores in lower montane forest at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. **Agriculture and Natural Resources** 53(2019): 457–464.  
<https://doi.org/10.34044/j.anres.2019.53.5.03>

- Rueangket, A. 2021. **Influence of Fruit Functional Traits on Frugivores in Lower Montane Forest at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand.
- Sulistyawati, E., N. Mashita, N. N. Setiawan, D. N. Choesin & P. Suryana. 2012. Flowering and fruiting phenology of tree species in Mount Papandayan Nature Reserve, West Java, Indonesia. **Tropical Life Sciences Research** 23(2): 81–95.
- Temchai, T., S. Suksawang, T. Wongthong, P. Jaikeaw, B. Rachapaksi & P. Thamlanka. 2019. **The relative between phenology and climates factor of plants in evergreen forest permanent plot, Khao Chamao-Khao Wong National Park, Rayong province.** Available Source: [https://www.nprcenter.com/nprc1/downloads/phenology\\_khao\\_chamoa-khaowong\\_complete.pdf](https://www.nprcenter.com/nprc1/downloads/phenology_khao_chamoa-khaowong_complete.pdf). (Accessed: November 23, 2021). (in Thai)
- The Botanical Garden Organization. 2011. **BGO plant database.** The Botanical Garden Organization., Chiangmai, Thailand. Available Source: [http://www.qsbg.org/Database/BOTANI\\_C\\_Book%20full%20option/](http://www.qsbg.org/Database/BOTANI_C_Book%20full%20option/). (Accessed: July 1, 2019). (in Thai)
- Tongkok, S., X. He, M. J. M. Alcantara, C. Saralamba, A. Nathalang, W. Chanthorn, W. Y. Brockelman & L. Lin. 2020. Composition of frugivores of *Baccaurea ramiflora* (Phyllanthaceae) and effects of environmental factors on frugivory in two tropical forests of China and Thailand. **Global Ecology and Conservation** 23(6): e01096. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01096>.
- Vongkuna, K. 2005. **Diversity of epiphytic mosses at Huai Kog Ma Doi Suthep-Pui Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Chiangmai University. Chiangmai, Thailand. (in Thai)
- Whitmore, T. C. 1990. **An introduction to tropical rain forests.** Clarendon Press.
- Wang, X., Y. Liu, Y. Chen & J. Tan. 2021. Variations of summer extreme and total precipitation over Southeast Asia. **Journal of Climate** 35(19): 6223–6242. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-1020.1>
- Yu, H., N-X. Zhao, Y-Z. Chen, Y. Deng, J-Y. Yao & H-G. Ye. 2006. Phenology and reproductive strategy of a common fig in Guangzhou. **Botanical Studies** 47: 435–441.

## นิพนธ์ต้นฉบับ

ปริมาณและองค์ประกอบของโปรตีนในเยื่อส้าน *Leiolepis rubritaeniata*  
จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ชิตชนก โยปทุม<sup>1</sup>, พีระศิษฐ์ ร่องจะโปะ<sup>1</sup>, จันทร์ทิพย์ ช่วยเงิน<sup>1</sup> และ ยอดชาย ช่วยเงิน<sup>1\*</sup>

รับต้นฉบับ: 3 กรกฎาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 3 สิงหาคม 2568

รับลงพิมพ์: 8 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

**ความเป็นมาและวัตถุประสงค์:** การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้เกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของเยื่อส้าน (*Leiolepis rubritaeniata*) และศักยภาพที่อาจเป็นแหล่งโปรตีนท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวมและองค์ประกอบของกรดอะมิโนในตัวอย่างเยื่อส้านจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

**วิธีการ:** เก็บตัวอย่างเยื่อส้านจากพื้นที่ตำบลคำโคกสูงและตำบลชะยาว อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดอุดรธานี โดยใช้วิธีตัดด้วยขวานและขูดเพื่อจับ จากนั้นทำการรณขยมาต และเก็บเนื้อตับในเอทานอลเข้มข้น 95% แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หัตถ์เอ็นเอ สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบโปรตีนและกรดอะมิโน ได้แยกเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อออกเป็นสองส่วน ได้แก่ (1) ส่วนลำตัว ซึ่งเก็บจากกล้ามเนื้อหัว คอ ลำตัว ขาหน้า และขาหลัง และ (2) ส่วนหาง ซึ่งเก็บเฉพาะกล้ามเนื้อหาง นำตัวอย่างทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์พันธุศาสตร์ การเก็บตัวอย่างอ้างอิงทั้งหมดถูกเก็บรักษาไว้ในคลังสัตว์มีกระดูกสันหลัง มหาวิทยาลัยขอนแก่น การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติด้านจริยธรรมจากคณะกรรมการกำกับดูแลการใช้สัตว์เพื่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (เลขที่อ้างอิง 660201.2.11/318 [50]) การจำแนกชนิดของตัวอย่างเยื่อส้านใช้วิธีการทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ยีนไมโทคอนเดรียล ND2 โดยใช้ไพรเมอร์ METF6 และ CO1R1 ทำการขยายและจัดลำดับดีเอ็นเอโดยบริษัท Pacific Science การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ทำในโปรแกรม SeaView และสร้างแผนภูมิญาติเชิงวิวัฒนาการด้วยวิธี Maximum Parsimony (MP) ในโปรแกรม PAUP\* และ Bayesian Inference (BI) ในโปรแกรม MrBayes โดยเลือกแบบจำลองการแทนที่นิวคลีโอไทด์ที่เหมาะสมที่สุดด้วยโปรแกรม MrModelTest และคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างคู่ลำดับ (Pairwise sequence divergence) ด้วยโปรแกรม MEGA X การจำแนกชนิดโดยใช้สัณฐานวิทยาใช้ความยาวจากปลายจมูกถึงรูเปิดทวาร (Snout-vent length: SVL) ความยาวหาง จำนวนเกล็ด จำนวน Femoral และ Precloacal pores และแบบแผนของหลอดเลือด การวิเคราะห์โปรตีนรวมดำเนินการสามซ้ำ ด้วยวิธีของ Kjeldahl โดยใช้เครื่อง Gerhardt KT 8s และคำนวณปริมาณโปรตีนจากเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนตามสูตรของ Horwitz และ Latimer สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโน ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์กรดอะมิโนอัตโนมัติ SCION Artemis 6000 ซึ่งตรวจวัดด้วยปฏิกิริยา

ninhydrin หลังการอนุพันธ์แบบ post-column

**ผลการศึกษา:** การวิเคราะห์ระดับโมเลกุลโดยใช้ซีเอ็นไอโคคอนเดรียล ND2 ยืนยันว่าตัวอย่าง *Leiolepis* จากจังหวัดอุดรธานีเป็น *L. rubritaeniata* ผลการวิเคราะห์ทางสายวิวัฒนาการ พบว่าลำดับดีเอ็นเอตัวอย่าง (รหัส PV746783 และ PV746784) จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับลำดับของ *L. rubritaeniata* จาก GenBank โดยมีความแตกต่างทางพันธุกรรมต่ำและแยกออกอย่างชัดเจนจาก *L. reevesii* และ *L. glaurung* ตัวอย่างจากจังหวัดอุดรธานีมีลักษณะสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกับ *L. rubritaeniata* ในลักษณะสำคัญ เช่น ขนาด ลักษณะเกล็ดและรูปแบบสี รวมถึงแถบสีด้านข้างลำตัวซึ่งเป็นลักษณะจำแนกเฉพาะ แม้ว่าจะมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเล็กน้อย แต่ขนาดลำตัว จำนวนเกล็ดบริเวณริมปาก และจำนวน Femoral pores อยู่ในช่วงจำนวนที่พบภายในชนิด ผลการวิเคราะห์โปรตีนรวมพบว่าปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อหางสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนลำตัวอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองเพศ ซึ่งยืนยันโดยการทดสอบ *t*-test แบบจับคู่ ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของปริมาณโปรตีนระหว่างเพศ ผลการวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบกรดอะมิโนพบว่ากล้ามเนื้อหางของเพศเมียมีปริมาณกรดอะมิโนรวมสูงที่สุด โดยกรดกลูตามิก กรดแอสปาร์ติก และไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่พบในปริมาณสูงสุด ขณะที่ซีสเทอีนเป็นกรดอะมิโนที่มีปริมาณต่ำสุดในทุกตัวอย่าง ผลการศึกษานี้ยืนยันสถานะทางอนุกรมวิธานของ *L. rubritaeniata* ในจังหวัดอุดรธานี และยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างส่วนของร่างกายในด้านปริมาณโปรตีนและองค์ประกอบกรดอะมิโน ซึ่งอาจมีความสำคัญทั้งในเชิงชีววิทยาและนิเวศวิทยา

**สรุป:** การศึกษานี้เป็นครั้งแรกที่รายงานข้อมูลทางโภชนาการอย่างครบถ้วนของแม่ *L. rubritaeniata* โดยพบว่าปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในระดับสูง โดยเฉพาะในเนื้อเยื่อหาง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพทางโภชนาการของแฮอีสานชนิดนี้ และอาจสนับสนุนการนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนท้องถิ่น รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญเพื่อสร้างความเข้าใจด้านชีววิทยาและคุณค่าทางโภชนาการในสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในอนาคต

**คำสำคัญ:** กรดอะมิโน; แม่; โปรตีนรวม; *Leiolepis rubritaeniata*; ยีน ND2

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น 40002

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: yodchaiy@kku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/jtferj.2025.9.2.6372>

## ORIGINAL ARTICLE

**Protein Content and Composition in *Leiolepis rubritaeniata* from Northeastern Thailand**Chidchanok Yopatum<sup>1</sup>, Peerasit Rongchapho<sup>1</sup>, Chantip Chuaynkern<sup>1</sup>, and Yodchaiy Chuaynkern<sup>1\*</sup>

Received: 3 July 2025

Revised: 3 August 2025

Accepted: 8 August 2025

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** The genus *Leiolepis* (family Agamidae), commonly known as butterfly lizards, is widely distributed across Southeast Asia and typically inhabits dry, open areas with sandy soils and sparse vegetation. Among the ten recognized species, *L. rubritaeniata* is notable for its distinctive red-striped flanks and occurrence in northeastern Thailand. Although previous studies have explored its taxonomy, distribution, and behavior, limited information is available on its physiological and nutritional biology, particularly regarding protein content and amino acid composition. Proteins are essential macromolecules involved in tissue development, immune response, metabolism, and energy balance, and reptiles living in seasonal environments may develop adaptations to cope with fluctuating food availability. In some rural communities, agamid lizards are also consumed as supplementary sources of protein, making their nutritional value relevant from both ecological and ethnobiological perspectives. Despite this importance, most reptilian nutrition studies have focused on snakes and turtles, leaving small lizard species such as *L. rubritaeniata* understudied. This research aims to confirm the species identity of *L. rubritaeniata* specimens collected from Udon Thani Province using morphological and ND2 gene sequence analyses and to determine and compare the total protein content and amino acid composition in the body and tail tissues of male and female individuals. The findings will provide baseline data that support further studies in reptilian nutritional ecology, physiological adaptation, and conservation planning.

**Methodology:** Specimens of *L. rubritaeniata* were collected from Kham Khok Sung and Bayao Subdistricts in Wang Sam Mo District, Udon Thani Province, using snares and excavation methods. Following euthanasia, liver tissues were preserved in 95% ethanol at  $-20^{\circ}\text{C}$  for DNA analysis. For protein and amino acid composition analysis, muscle samples were collected separately from two regions: (1) the body, comprising the head, neck, trunk and limbs, and (2) the tail, consisting exclusively of tail muscle. All samples were promptly processed for analysis. All specimens were deposited in the Khon Kaen Vertebrate Collection (KKUC), and the study received ethical approval from the Institutional Animal Care and Use Committee of Khon Kaen University (Ref. no. 660201.2.11/318 [50]). Species identification was based on morphology and mitochondrial ND2 gene sequences, amplified using METF6 and CO1R1 primers and sequenced by Pacific Science. Sequences were aligned in SeaView and phylogenetic trees constructed using Maximum Parsimony in PAUP\* and Bayesian Inference in MrBayes, with model selection via MrModelTest. Pairwise sequence divergences were calculated in MEGA X. Morphological identification included snout-vent length (SVL), tail length, scale and pore counts, and coloration

traits. Crude protein was analyzed in triplicate using the Kjeldahl method with a Gerhardt KT 8s system, and protein content was calculated from nitrogen percentage following Horwitz and Latimer's formula. For amino acid composition, hydrolyzed samples were analyzed using ion-exchange chromatography and an automatic amino acid analyzer (SCION Artemis 6000), with detection via post-column derivatization and ninhydrin reaction.

**Main Results:** Molecular analyses based on the mitochondrial ND2 gene confirmed that the *Leiolepis* specimens from Udon Thani Province belong to *L. rubritaeniata*. Phylogenetic analyses using Maximum Parsimony and Bayesian Inference revealed that the new sequences (PV746783 and PV746784) clustered strongly with published *L. rubritaeniata* sequences in GenBank, supported by minimal genetic distances and clear separation from *L. reevesii* and *L. glaurung*. Morphologically, the Udon Thani Province specimens closely resembled *L. rubritaeniata* in key traits such as size, scalation, and coloration patterns, including diagnostic flank markings. Although slightly larger, their body measurements, labial counts, and femoral pore numbers fell within the species' intraspecific variation. Crude protein analysis showed significantly higher protein content in the tail than in the body in both sexes, confirmed by paired *t*-tests ( $p < 0.05$ ), while no significant sex-based differences were observed. Amino acid profiles showed that female tail tissue contained the highest total amino acid content, with glutamic acid, aspartic acid, and lysine being the most abundant. Cysteine was consistently the least abundant across all samples. These molecular, morphological, and nutritional findings provide robust evidence for the identification of the specimens as *L. rubritaeniata* and highlight notable tissue-specific differences in protein quantity and amino acid composition, with possible biological and ecological significance.

**Conclusion:** This study confirms the identification of *L. rubritaeniata* specimens from Udon Thani Province, northeastern Thailand, through both molecular and morphological analyses. Mitochondrial ND2 gene sequencing placed the specimens firmly within the *L. rubritaeniata* clade with strong nodal support, and their external morphological traits were consistent with those of known *L. rubritaeniata* populations. Crude protein analysis revealed that tail tissues contained significantly higher protein levels than body tissues in both sexes, while no significant differences were found between males and females for either body or tail protein content. Amino acid profiling showed that glutamic acid, aspartic acid, and lysine were the most abundant amino acids across all samples, with the highest total amino acid content observed in female tail tissues. These findings provide evidence for the taxonomic status of *L. rubritaeniata* in Udon Thani and also offer new insights into its nutritional composition, particularly the higher protein and amino acid content in tail tissues, which may have implications for both biological understanding and potential utilization in reptiles and amphibians.

**Keywords:** Amino acids; Butterfly lizard; Crude protein; *Leiolepis rubritaeniata*; ND2 gene

---

<sup>1</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen Province 40002, Thailand

\* **Corresponding author:** E-mail: yodchaiy@kku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/jtferj.2025.9.2.6372>

## Introduction

The genus *Leiolepis* (family Agamidae), commonly known as butterfly lizards, comprises a group of agamid lizards widely distributed across Southeast Asia. These lizards inhabit a range of open and semi-arid environments, often characterized by sandy soils and sparse vegetation. Currently, the genus *Leiolepis* comprises ten recognized species (Uetz *et al.*, 2025): *L. belliana* (Hardwicke and Gray, 1827), *L. boehmei* Darevsky and Kupriyanova, 1993, *L. guentherpetersi* Darevsky and Kupriyanova, 1993, *L. guttata* Cuvier, 1829, *L. ngovantrii* Grismer and Grismer, 2010, *L. ocellata* Peters, 1971, *L. peguensis* Peters, 1971, *L. reevesii* (Gray, 1831), *L. rubritaeniata* Mertens, 1961, and *L. triploida* Peters, 1971. Among the ten recognized species, *L. rubritaeniata* is particularly notable for its striking red-striped lateral markings and its preference for dry, open habitats in northeastern Thailand and neighbouring regions (Mertens, 1961; Köhler & Thammachoti, 2023). Over recent decades, this species has been the focus of several ecological and taxonomic studies (Wanchai *et al.*, 2024), with research addressing its geographic distribution (Nabhitabhata *et al.*, 2004; Chuaynkern & Chuaynkern, 2012; Poyarkov *et al.*, 2023), and behavioral ecology (Köhler & Thammachoti, 2023). Despite these efforts, relatively little is known about the physiological and nutritional biology of this species,

particularly regarding its protein content and composition. This knowledge gap is significant, as nutritional attributes, especially protein profiles, are vital to understanding reptilian ecology, health, and adaptability to changing environments (Dolly & Tardieu, 2023; John & Jones, 2024).

Proteins are vital macromolecules that underpin key biological functions such as tissue growth, immune competence, enzymatic reactions, and energy metabolism (Hoffman & Cawthorn, 2012). In ectothermic vertebrates like reptiles, protein requirements vary depending on life stage, habitat conditions, diet composition, and seasonal activity cycles. Species such as *L. rubritaeniata*, which inhabit environments with pronounced seasonal fluctuations, may experience nutritional stress when prey availability decreases during dry periods. These conditions can lead to physiological adaptations related to nutrient storage and metabolic regulation (Santos *et al.*, 2018; van Wijngaarden *et al.*, 2020). Therefore, assessing protein content and composition in this species provides valuable insight into its nutritional ecology and functional biology. From an ethnobiological perspective, understanding the protein profile of *L. rubritaeniata* is also important, as agamid lizards in Southeast Asia are occasionally consumed for subsistence or traditional purposes. In some rural communities, wild monitor lizards and *Agama* species are regarded as supplementary sources of



protein (Hartman *et al.*, 2012). Reliable data on their nutritional value, particularly protein content, can help inform sustainable wildlife use and support food security initiatives. However, to ensure that such usage does not negatively impact wild populations, it is important to consider the conservation status of the species. *L. rubritaeniata* is currently listed as Least Concern (LC) on the IUCN Red List due to its wide distribution, adaptability to disturbed habitats, and continued presence in many protected areas (Cota *et al.*, 2018). Although the species faces significant exploitation across much of its range and has experienced population declines, it still persists at low densities even in areas with ongoing harvesting and is therefore considered to face no immediate risk of extinction. In Thailand, the species has been evaluated under the name *L. reevesii rubritaeniata* and classified as Near Threatened (NT) by the Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2017). Despite this status, it is not currently included in the list of protected animals under the Wild Animal Conservation and Protection Act (Wild Animal Conservation and Protection Act, 2019). On a broader scale, comparative studies of protein composition among reptile species contribute to identifying species-specific adaptations and physiological markers relevant to environmental stress or overall health (Santos *et al.*, 2018; van Wijngaarden *et al.*, 2020). However, most

research on reptilian nutrition has focused on captive diets or commercially significant taxa such as snakes and turtles (Dolly & Tardieu, 2023; John & Jones, 2024), leaving smaller agamids like *L. rubritaeniata* underrepresented in the scientific literature. Generating baseline data on the protein composition of *L. rubritaeniata* will not only enhance understanding of its physiology but also strengthen the comparative framework for reptilian nutritional science. Such information can support future research in ecological physiology, conservation biology, and sustainable resource management.

This study aims to quantify the total protein content and analyse the protein composition of *L. rubritaeniata* collected from Udon Thani Province, northeastern Thailand. Species identification was confirmed through morphological assessment and genetic analysis of the NADH dehydrogenase subunit 2 (ND2) gene, which verified that the specimens from Udon Thani Province correspond to *L. rubritaeniata*. By establishing foundational knowledge on the nutritional biochemistry of this species, the research contributes to both ecological and conservation perspectives. The findings are expected to support further investigation into reptilian physiological adaptations, guide sustainable wildlife use, and potentially inform conservation management of agamid species in habitats undergoing environmental change.

## Materials and Methods

### *Specimens and Ethics statements*

Specimens were collected from Kham Khok Sung and Bayao Subdistrict, Wang Sam Mo District, Udon Thani Province of northeastern Thailand. The specimen was captured using a snare and by digging into its burrow. After euthanasia, the liver tissue was preserved in 95% ethanol and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  for DNA extraction. Meat samples for protein content and composition analysis were taken from all parts of the body except the tail, and from the entire tail. The meat samples were promptly taken for analysis. The specimens were stored in the Khon Kaen Vertebrate Collection (KKUC) at Khon Kaen University, located in Khon Kaen Province, northeastern Thailand. This study was reviewed and approved by the Institutional Animal Care and Use Committee of Khon Kaen University, in accordance with the Ethical Guidelines for Animal Experimentation of the National Research Council of Thailand (reference no. 660201.2.11/318 [50]).

### *Specimen identification*

The *Leiolepis* specimens were identified at the species level using both molecular techniques and morphological characteristics. Genomic DNA was extracted from liver tissue sample using NucleoSpin® Tissue (Ciontech Laboratorues, Inc., CA, USA). Approximately 600 base pairs of the NADH dehydrogenase

subunit 2 region (ND2) from mitochondrial DNA (mtDNA) using primer METF6 (5'–AAGCAGTTGGGCCCATACC–3') and CO1R1 (5'–AGRGTGCCAATGTCTTTGTGRTT–3') (Macey *et al.*, 1997; Grismer & Grismer, 2010; Wanchai *et al.*, 2024). The PCR conditions were adapted from Wanchai *et al.* (2024), amplification of 50  $\mu\text{l}$  PCR consisting of an initial denaturation at  $95^{\circ}\text{C}$  for 2 minutes, followed by 32 cycles of denaturation at  $95^{\circ}\text{C}$  for 35 seconds, annealing at  $50^{\circ}\text{C}$  for 35 seconds, and extension at  $72^{\circ}\text{C}$  for 150 seconds, with a final extension at  $68^{\circ}\text{C}$  for 5 minutes. The PCR products were purified using the GF-1 PCR Clean-Up Kit (Vivantis, Inc., Malaysia) and sent to Pacific Science (Bangkok, Thailand) for DNA sequencing. DNA sequences were aligned using SeaView version 4. Reference sequences used in this analysis were downloaded from GenBank (Supplementary material 1). Phylogenies were built using Maximum Parsimony (MP) and Bayesian inference (BI). A heuristic search for the most parsimonious tree was conducted using PAUP\* 4.0a 169 (Swofford, 2022) with 1,000 replicates, utilizing the TBR (tree bisection-reconnection) branch swapping option and treating gaps as missing data. The Bayesian analysis parameter model was estimated from the dataset using MrModelTest 2.2 (Nylander, 2004). The best-fit nucleotide substitution models for ND2 genes based on the Akaike information criterion was GTR+I+G ( $-\ln L_s=4765.992$ ; p-

inv=0.221137; gamma shape=0.649944), respectively. BI was performed using MrBayes 3.2.7 (Ronquist *et al.*, 2012). Markov chains were executed for 10 million generations, with trees sampled every 1,000 generations. The initial 25% of samples were discarded as burn-in, leading to a potential scale reduction factor of  $< 0.005$ . To compute the posterior probabilities of tree nodes, a consensus of the sampled trees was established using majority rule at 50%. In MEGA X, uncorrected pairwise sequence divergences (*p*-distance) were computed (Kumar *et al.*, 2018).

For morphological identification, two morphometric characters were measured: snout-vent length (SVL) and tail length (Tail). Three meristic characters were counted: number of supralabial scales, ventral scales at midbody, and femoral pores. In addition, five coloration traits were observed: dorsal pattern, mid-dorsal stripe, dorsolateral stripe, anterior flank pattern, and posterior flank pattern.

#### *Protein analysis*

Crude protein in meat samples was determined using the Kjeldahl method (Sáez-Plaza *et al.*, 2013) with a Gerhardt KT 8s system. The analysis was performed in triplicate, and the average was calculated. Meat samples were dried at 70°C for 10 hours and grind finely with pestle and mortar, following Manapim (2006), and then baked at 103±2°C for 1–2 hours to remove moisture. After cooling in a desiccator,

approximately 1 g of the dried sample was digested with 20 ml of concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and a catalyst at 400°C for 70 minutes until a clear green solution formed. Ammonia was distilled into an Erlenmeyer flask containing 80 ml of 4% H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, and nitrogen content was determined by titration with 0.1 HCl using an automatic titrator. Total protein was calculated using the equation from Horwitz and Latimer (2000). Total protein content was calculated using the method described by Horwitz and Latimer (2000). The percentage of nitrogen (%N) was determined using the formula: %N = [(A – B) × M × 1.4007] / W, where A is the volume of acid (ml) used for titration of the sample, B is the volume of acid (ml) used for titration of the blank, M is the molarity of the acid used for titration, and W is the weight of the sample in grams. The protein content was then obtained by multiplying the nitrogen percentage by a conversion factor: % Protein = %N × factor.

#### *Protein composition analysis*

Approximately 100 mg of dry, crushed meat sample was placed in a DigiTube with 10 mL of 6 mol/L hydrochloric acid solution and heated at 110°C in a DigiPREP Block Digestion system for 22 hours (adapted from Černíková *et al.*, 2015). After cooling to room temperature, a 200 µL aliquot of the hydrolyzed sample was transferred to a 1.5 mL tube and dried at 60°C. The residue was dissolved in 1,000 µL of 0.12 N

citrate buffer (pH 2.20, Sykam GmbH, Germany) and diluted 5x. The hydrolyzed sample was then centrifuged at 10,000 rpm for 10 minutes and filtered through a 0.2  $\mu\text{m}$  membrane. Amino acid content was determined by ion-exchange chromatography (150 mm x 4.6 mm Cation Separation Column, K06/Na) with post-column derivatization and spectrophotometric detection of ninhydrin reaction products, using an automatic amino acid analyzer (SCION Artemis 6000, Goes, Netherlands), following the manufacturer's standard procedure.

## Results

### *Identity of specimens*

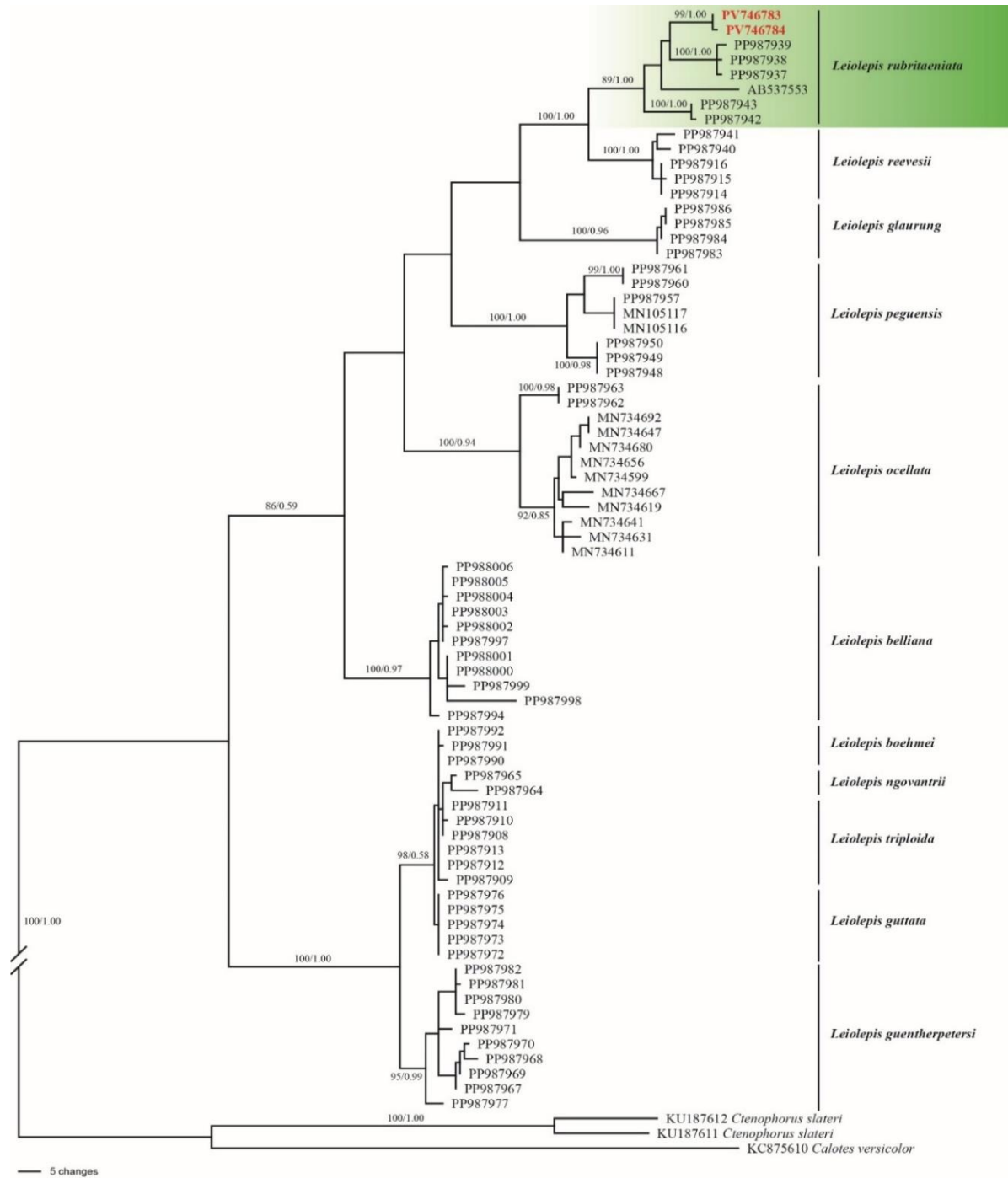
The combined Maximum Parsimony (MP) and Bayesian Inference (BI) analyses based on the ND2 mitochondrial gene clearly resolved the phylogenetic relationships among *Leiolepis* species, with each species forming distinct and well-supported clades (Figure 1). The two new sequences generated in this study, PV746783 and PV746784, were placed firmly within the *L. rubritaeniata* clade with strong nodal support (MP = 100%, BI = 1.00), clustering closely with previously published sequences (PP987942–PP987939, AB357553), which confirms their identification as *L. rubritaeniata*. The pairwise uncorrected *p*-distances (Table 1) support this placement, with a value of 0.00 between PV746783 and PV746784, indicating genetic identity, and values ranging from 0.03 to 0.05

when compared to other *L. rubritaeniata* sequences, reflecting low intraspecific variation. In contrast, the genetic distances between the new sequences and *L. reevesii* ranged from 0.05 to 0.06, while distances to *L. glaurung* were notably higher, from 0.11 to 0.13, highlighting clear genetic divergence and supporting species-level separation. These findings confirm that the specimens from Udon Thani Province are *L. rubritaeniata* and provide molecular evidence reinforcing the distinctiveness and monophyly of this species relative to other closely related taxa.

Based on molecular analysis of the mitochondrial ND2 gene (Figure 1), the *Leiolepis* specimens from Udon Thani Province are closely related to *L. rubritaeniata*, *L. reevesii*, and *L. glaurung*, with phylogenetic placement most strongly supporting assignment to *L. rubritaeniata*. Morphologically (Table 2 and Figure 2), the *Leiolepis* specimens from Udon Thani Province are assigned to *L. rubritaeniata* based on their close resemblance in external characteristics, and they are clearly distinguishable from *L. reevesii* and *L. glaurung* by differences in size, scalation, and coloration patterns. The snout–vent length (SVL) of males from Udon Thani Province ( $128.9 \pm 7.84$  mm) overlaps with that of *L. rubritaeniata* ( $103.4 \pm 10.14$  mm), though the Udon Thani specimens are slightly larger. Similarly, SVL in females is also greater in the Udon Thani population ( $106.3 \pm 7.72$  mm) than in

*L. rubritaeniata* ( $88.6 \pm 4.78$  mm), yet the values fall within an expected range of intraspecific variation. Tail length in both sexes is longer in the

Udon Thani specimens, but again falls within overlapping ranges.



**Figure 1** Maximum Parsimony (MP) and Bayesian Inference (BI) tree based on ND2 mitochondrial gene sequences of *Leiolepis* species. Support values are shown at each node as MP bootstrap values (left) and BI posterior probabilities (right). Only values  $\geq 70\%$  for MP and  $\geq 0.70$  for BI are shown. *Ctenophorus slateri* and *Calotes versicolor* were used as outgroups.

**Table 1** The pairwise uncorrected *p*-distances of the *Leiolepis* species ND2 gene in the clade of *L. glaurung*, *L. reevesii*, and *L. rubritaeniata* in phylogenetic analysis.

No.	GenBank no.	Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	PV746783	<i>L. rubritaeniata</i>	–																
2	PV746784	<i>L. rubritaeniata</i>	0.00	–															
3	PP987938	<i>L. rubritaeniata</i>	0.03	0.04	–														
4	PP987937	<i>L. rubritaeniata</i>	0.03	0.04	0.00	–													
5	PP987943	<i>L. rubritaeniata</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	–												
6	PP987942	<i>L. rubritaeniata</i>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	–											
7	PP987939	<i>L. rubritaeniata</i>	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	–										
8	AB537553	<i>L. rubritaeniata</i>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	–									
9	PP987941	<i>L. reevesii</i>	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	–								
10	PP987915	<i>L. reevesii</i>	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.01	–							
11	PP987914	<i>L. reevesii</i>	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.01	0.00	–						
12	PP987940	<i>L. reevesii</i>	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.01	0.01	0.01	–					
13	PP987916	<i>L. reevesii</i>	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	–				
14	PP987986	<i>L. glaurung</i>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	–			
15	PP987985	<i>L. glaurung</i>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.00	–		
16	PP987984	<i>L. glaurung</i>	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00	–	
17	PP987983	<i>L. glaurung</i>	0.12	0.12	0.12	0.13	0.11	0.11	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	–

**Table 2** Comparison of morphological and meristic characters between *Leiolepis* specimens from Udon Thani Province and *L. rubritaeniata*, *L. reevesii*, and *L. glaurung*. Values are present as mean, standard deviation, minimum, and maximum. Data sources: a – Wanchai *et al.* (2024) and b – Phan *et al.* (2022).

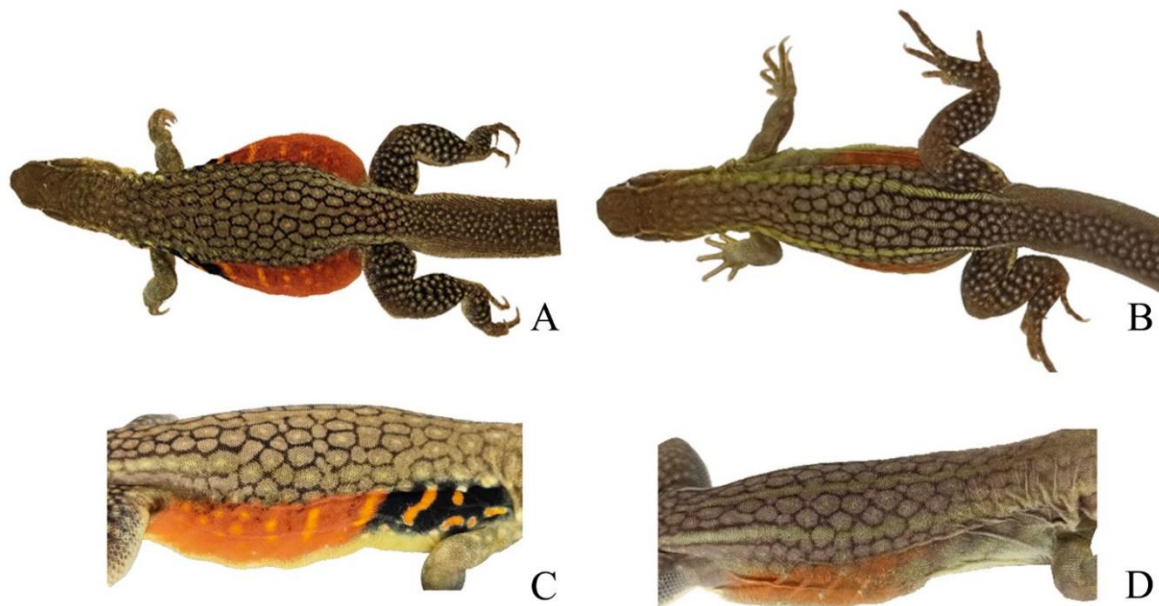
Characters	Udon Thani	<i>L. rubritaeniata</i>	<i>L. reevesii</i>	<i>L. glaurung</i>
SVL in males	128.9±7.84 (116.6–144.2), n=13	103.4±10.14 (87.0–120.0), n=22 <sup>a</sup>	127.3±20.80 (94.1–167.1), n=10 <sup>b</sup>	142.7±17.56 (123–170), n=6 <sup>a</sup>
SVL in females	106.3±7.72 (94.6–123.8), n=24	88.6±4.78 (82.0–97.0), n=8 <sup>a</sup>	87±21.21 (72–102), n=1 <sup>a</sup>	136.3±13.91 (120–151), n=4 <sup>a</sup>
TaiL in males	274.6±19.84 (229.6–302.1), n=10	197.5±40.96 (88.0–238.0), n=10 <sup>b</sup>	212.5±71.45 (53.0–309.0), n=10 <sup>b</sup>	–
TaiL females	235.5±17.63 (205.9–272.4), n=12	–	–	–
Supralabials	10.0±0.81 (8–12), n=33	9.5±0.82 (7–11), n=30 <sup>a</sup>	9.3±0.50 (9–10), n=4 <sup>a</sup>	9.9±0.74 (9–11), n=10 <sup>a</sup>
Infralabials	10.4±1.03 (8–12), n=33	9.6±0.85 (8–12), n=30 <sup>a</sup>	9.8±0.50 (9–10), n=4 <sup>a</sup>	11.2±0.79 (10–12), n=10 <sup>a</sup>
Ventral scales	36.0±2.45 (34–39), n=4	32.6±1.63 (27–35), n=30 <sup>a</sup>	32.3±1.50 (30–33), n=4 <sup>a</sup>	28.3±0.50 (28–29), n=9 <sup>a</sup>
Femoral pores in males	16.6±1.17 (15–18), n=10	16.6±0.96 (14–19), n=22 <sup>a</sup>	17, n=1 <sup>a</sup>	18.2±1.33 (17–20), n=6 <sup>a</sup>
Femoral pores in females	16.4±0.66 (15–17), n=23	16.4±1.06 (15–18), n=8 <sup>a</sup>	16.5±0.71 (16–17), n=2 <sup>a</sup>	18.8±0.96 (18–20), n=4 <sup>a</sup>
Dorsal pattern	Black reticulate pattern forming a spot with a central dot	Black reticulate pattern forming a spot with a central dot	Black reticulate pattern forming a spot with a central dot	Dot
Mid-dorsal stripe	Absent	Absent	Absent	Present
Dorsolateral stripe	Absent	Absent	Absent	Present
Anterior flank pattern	4 black bands	4 black bands	20 black bands	2 black bands
Posterior flank pattern	Black reticulate pattern forming a spot with a central dot	Black reticulate pattern forming a spot with a central dot	–	Dot

The numbers of supralabials ( $10.0 \pm 0.81$  in Udon Thani vs.  $9.5 \pm 0.82$  in *L. rubritaeniata*) and infralabials ( $10.4 \pm 1.03$  vs.  $9.6 \pm 0.85$ ) are similar. Ventral scale counts ( $36.0 \pm 2.45$  in

Udon Thani vs.  $32.6 \pm 1.63$  in *L. rubritaeniata*) are slightly higher in the Udon Thani specimens, but not diagnostically distinct. The number of femoral pores in males ( $16.6 \pm 1.17$  in Udon

Thani vs.  $16.6 \pm 0.96$ ) and females ( $16.4 \pm 0.66$  vs.  $16.4 \pm 1.06$ ) are identical. In terms of coloration and pattern, the dorsal and posterior flank patterns in Udon Thani specimens show a black reticulate pattern forming a spot with a central dot, identical to that of *L. rubritaeniata*.

Both populations also exhibit 4 black bands in the anterior flank, and lack mid-dorsal and dorsolateral stripes. These consistent similarities in meristic characters and coloration patterns strongly support the assignment of the Udon Thani specimens to *L. rubritaeniata*.



**Figure 2** Life photographs showing differences color patterns in dorsal (A and B) and flank (C and D) patterns between adult male (A and C) and female (B and D) *Leiolepis rubritaeniata*. Photographs not to scale.

#### Crude protein

The comparison of crude protein levels in the body and tail of male *L. rubritaeniata* (Table 3), measured using the Kjeldahl method (Sáez-Plaza *et al.*, 2013), reveals a significant difference in protein content. The body protein content is  $78.75 \pm 1.36$  g/100 g dry weight, ranging from 77.34 to 80.06 g/100 g ( $n=3$ ), while the tail protein content is higher at  $88.41 \pm 1.69$  g/100 g, with values ranging from 86.67 to 90.04 g/100 g ( $n=3$ ). This indicates that the tail of male *L. rubritaeniata* has a notably higher protein

content compared to the body. The greater variability in tail protein content, indicated by the larger standard deviation (1.69 g/100 g) compared to the body (1.36 g/100 g), may reflect more diversity in the tail samples. This difference could suggest an anatomical or functional distinction between the body and tail that influences protein distribution. A paired *t*-test analysis would be required to confirm whether this difference is statistically significant.



**Table 3** Mean, standard deviation, minimum, and maximum values of crude protein content (g/100g dry weight basis) of body and tail of male and female specimen from Udon Thani Province in Thailand, derived from three replicates.

Parts of body tested (Total dry weight mass/sex)	Crude protein content (g/100g)		<i>t</i> -test statistics
	male	female	
Body (5 g)	78.75±1.36 (77.34–80.06)	76.68±1.03 (76.04–77.87)	<i>p</i> = 0.104
Tail (5 g)	88.41±1.69 (86.67–90.04)	86.33±3.57 (82.27–88.94)	<i>p</i> = 0.412
Total	83.58±5.47 (77.34–90.04)	81.51±5.79 (76.04–88.94)	<i>p</i> = 0.537

Similarly, in female *L. rubritaeniata*, the crude protein content in the body is  $76.68 \pm 1.03$  g/100 g, with a range from 76.04 to 77.87 g/100 g ( $n=3$ ), while the tail protein content is higher at  $88.33 \pm 3.57$  g/100 g, with values ranging from 82.27 to 88.94 g/100 g ( $n=3$ ). This suggests that, similar to males, the tail of female *L. rubritaeniata* contains significantly more protein than the body. The tail also exhibits higher variability in protein content, as indicated by the larger standard deviation (3.57 g/100 g) compared to the body (1.03 g/100 g). This difference may be attributed to biological or anatomical factors influencing protein distribution. A paired *t*-test analysis would be necessary to confirm if this difference is statistically significant.

The paired *t*-test analysis of crude protein levels in the body and tail of male *L. rubritaeniata* showed a statistically significant difference in protein content ( $p < 0.05$ ). This

suggests that the protein content in the body and tail differs, with the observed variation unlikely to be due to random chance. Therefore, the data supports the conclusion that the protein content in the body and tail of male *L. rubritaeniata* is significantly different. Similarly, the paired *t*-test analysis of crude protein levels in the body and tail of female *L. rubritaeniata* also indicated a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ), supporting the conclusion that the protein content in the body and tail of female *L. rubritaeniata* is significantly different.

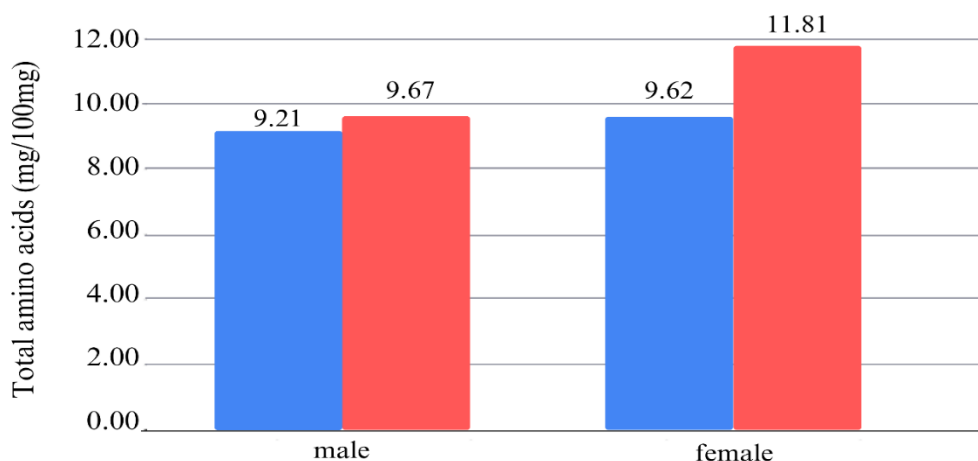
In contrast, the independent *t*-test analysis of body crude protein levels between males and females of *L. rubritaeniata* showed no statistically significant difference in protein content ( $p > 0.05$ ). This suggests that the crude protein levels in the bodies of both male and female *L. rubritaeniata* are similar, and any observed variation is likely due to random chance rather than a true biological difference. Similarly,

the independent *t*-test analysis of tail crude protein levels between males and females revealed no statistically significant difference in protein content ( $p > 0.05$ ), indicating that the crude protein levels in the tails of both male and female *L. rubritaeniata* are comparable, with any observed variation likely due to random chance rather than a genuine biological difference.

#### Protein composition

The amino acid content of body and tail tissues from male and female specimens was analyzed (Figure 3; Table 4), revealing notable differences in protein composition across sexes and body parts. The total amino acid content was highest in the female tail tissue (11.811 mg/100 mg dry weight), followed by the male tail (9.666 mg/100 mg), female body (9.620 mg/100 mg), and male body (9.208 mg/100 mg). Glutamic acid

was the most abundant amino acid across all samples, with the highest concentration observed in the female tail (2.049 mg/100 mg). Aspartic acid and Lysine were also present in significant amounts, particularly in the female tail tissue, which showed elevated levels of Aspartic acid (1.224 mg/100 mg) and Lysine (1.115 mg/100 mg). Conversely, Cysteine was consistently the least abundant amino acid across all tissues and sexes, with concentrations ranging from 0.024 to 0.034 mg/100 mg. These results indicate sex-based and tissue-specific variations in amino acid composition, with the female tail showing the highest overall amino acid richness. The higher amino acid content in the female tail tissue suggests its potential biological significance, possibly reflecting differing metabolic or functional demands between sexes and tissues.



**Figure 3** Total amino acid content (mg/100 mg dry weight) in the body (blue) and tail (red) of male and female *Leiolepis rubritaeniata* from Udon Thani Province, Thailand.

The amino acid composition of body and tail tissues from male and female specimens revealed distinct patterns across sexes and tissue types. In

males, the total amino acid content was higher in the tail (9.666 mg/100 mg dry weight) compared to the body (9.208 mg/100 mg). Glutamic acid

was the most abundant amino acid in both tissues, with slightly higher levels in the tail (1.637 mg/100 mg) than the body (1.567 mg/100 mg). Aspartic acid (0.986 mg in the tail and 0.952 mg in the body) and Lysine (0.911 mg in the tail and

0.875 mg in the body) were also present in significant amounts. In contrast, Cysteine was the least abundant amino acid, with similar concentrations in both tissues (0.028 mg in the body and 0.024 mg in the tail).

**Table 4** Amino acid content (mg/100mg dry weight) of body and tail of male and female *Leiolepis rubritaeniata* from Udon Thani Province in Thailand

No.	Amino acid types	Amino acid content (mg/100mg dry weight basis)			
		Male		Female	
		Body	Tail	Body	Tail
1	Aspartic acid (Asp)	0.952	0.986	1.008	1.224
2	Threonine (Thr)	0.471	0.487	0.487	0.596
3	Serine (Ser)	0.395	0.406	0.450	0.524
4	Glutamic acid (Glu)	1.567	1.637	1.661	2.049
5	Glycine (Gly)	0.524	0.557	0.574	0.682
6	Alanine (Ala)	0.589	0.619	0.637	0.768
7	Cysteine (Cys)	0.028	0.024	0.033	0.034
8	Valine (Val)	0.436	0.453	0.401	0.518
9	Methionine (Met)	0.220	0.251	0.228	0.309
10	Isoleucine (Ile)	0.396	0.414	0.362	0.475
11	Leucine (Leu)	0.779	0.807	0.808	0.990
12	Tyrosine (Tyr)	0.291	0.312	0.301	0.383
13	Phenylalanine (Phe)	0.433	0.454	0.448	0.543
14	Histidine (His)	0.243	0.284	0.233	0.290
15	Lysine (Lys)	0.875	0.911	0.895	1.115
16	Arginine (Arg)	0.614	0.645	0.647	0.796
17	Proline (Pro)	0.396	0.420	0.448	0.517
<b>Total</b>		9.208	9.666	9.620	11.811

In females, the total amino acid content was significantly higher in the tail (11.811 mg/100 mg) compared to the body (9.620 mg/100 mg). Glutamic acid was again the most abundant amino acid, with elevated levels in the tail (2.049 mg) compared to the body (1.661 mg). Aspartic

acid (1.224 mg in the tail and 1.008 mg in the body) and Lysine (1.115 mg in the tail and 0.915 mg in the body) were also prominent. Similar to males, Cysteine was the least abundant amino acid, with concentrations of 0.034 mg in the tail and 0.033 mg in the body.

### Discussion

This study found that *L. rubritaeniata* has a total protein content ranging from 76.04 to 90.04 g/100 g dry weight, with an average of 82.55 g. These values align with protein levels reported in other reptiles. For example, Boyd & Goodyear (1971) reported an average protein content of 75.7% in eight reptile species, including *Sceloporus undulatus*, *Cnemidophorus sexlineatus*, and *Anolis* species. In comparison, 15 amphibian species showed a slightly lower average of 74.4%. Protein levels in domestic birds and mammals typically fall within the range of 70 to 80% (Maynard & Loosli, 1962), while edible insects such as crickets contain 58.3 to 71.7% protein (Udomsil *et al.*, 2019). Therefore, *L. rubritaeniata* is notable for its relatively high protein content among these groups.

The amino acid profiling revealed significant sex-based and tissue-specific differences. Notably, female tail tissue exhibited the highest total amino acid content, characterized by elevated levels of glutamic acid, aspartic acid, and lysine. These differences may reflect physiological or reproductive demands, particularly in females, and may correspond to specific metabolic or functional roles of the tail in both sexes.

In male specimens, the crude protein content from all body parts excluding the tail averaged 78.75 g/100 g dry weight, while the tail alone averaged 88.41 g/100 g. A similar trend was

observed in females, with the body and tail averaging 76.68 g/100 g and 86.33 g/100 g, respectively. These data indicate a consistent pattern of higher protein concentration in the tail across both sexes (Tables 9–10), supported by statistical significance ( $p < 0.05$ ). Such anatomical specialization mirrors findings in other reptiles. In *Crocodylus niloticus*, for example, tail dorsal, shoulder, and leg regions contained significantly more protein than the neck and tail ventral areas (Černíková *et al.*, 2015). Similarly, *Tupinambis merianae* showed uniform protein levels across different cuts, with a slight elevation in the hind leg (Caldironi & Manes, 2006). The elevated tail protein levels in *L. rubritaeniata* may therefore relate to muscle mass, energy storage, or defensive behavior, all of which are important in both ecological and functional contexts.

Amino acid composition supported these trends. Glutamic acid was the most abundant non-essential amino acid across all tissues, aligning with patterns seen in other vertebrates, including Nile crocodiles (Černíková *et al.*, 2015), pigs (Dai *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2021), and turkeys (Essary & Ritchey, 1968). Lysine, the most prominent essential amino acid, also consistently appeared in high concentrations, as observed in proteins from beef, poultry, fish, and amphibians (Beach *et al.*, 1943; Zhang *et al.*, 2021). These amino acids are crucial for muscle growth and

metabolic regulation, further underscoring the nutritional potential of *L. rubritaeniata*.

From a genetic perspective, this study provides the first integrated analysis of both protein composition and amino acid profiles in *L. rubritaeniata*, validated by morphological and molecular data. The newly sequenced individuals (PV746783 and PV746784) were firmly placed within *L. rubritaeniata* clade with strong nodal support (MP = 100%, BI = 1.00), and showed minimal genetic divergence (0.00–0.05 uncorrected *p*-distance) from previously published sequences. Their distinction from related congeners such as *L. reevesii* (0.05–0.06) and *L. glaurung* (0.11–0.13) (Wanchai *et al.*, 2024) further supports species-level integrity and genetic cohesion of northeastern Thai population.

Importantly, the findings of this study highlight *L. rubritaeniata* as a promising candidate for small-scale or community-based farming. The high protein and essential amino acid content, particularly in the tail, suggest that this species may offer significant nutritional benefits. Moreover, the observed consistency in protein content between males and females suggests stable nutritional profiles, which is advantageous for farming practices. In some rural communities, agamid lizards are already consumed as a traditional protein source (Hartmann *et al.*, 2012), supporting the cultural and practical feasibility of farming this species.

In recent years, the global shift toward alternative protein sources has highlighted the potential of non-traditional foods such as insects, amphibians, and reptiles to support sustainable nutrition and reduce reliance on conventional livestock (Dolly & Tardieu, 2023; John & Jones, 2024; Nirmal *et al.*, 2024). In reptiles, for example, several species have been identified as having high potential for farming to meet growing consumer demand while minimizing pressure on wild populations (Klemens & Thorbjarnarson, 1995; Aust *et al.*, 2017; John & Jones, 2024). Among these, *L. rubritaeniata*, a butterfly lizard native to Southeast Asia, emerges as a promising candidate for reptile farming due to its local consumption, high protein content, and biological traits that are favorable for captive breeding. Our study, which provides the first integrated analysis of the species' protein and amino acid profiles, underscores its nutritional value and potential for sustainable farming initiatives aimed at improving food security and reducing harvesting pressure on wild populations. However, the development of *L. rubritaeniata* farming systems should be approached with caution, incorporating ecological assessments, genetic monitoring, and disease management to avoid overexploitation and negative impacts on wild stocks (Kusrini & Alford, 2006; Gratwicke *et al.*, 2010). When guided by scientific evidence, farming practices for this species can contribute

meaningfully to both conservation and local economic development.

### Acknowledgments

We sincerely thank Pasit Yopatam and Sanguthai Yopatam for their invaluable assistance in specimen collection, and Korganok Yopatam for their constant encouragement. Special thanks are extended to Nipattaroj Songsaeng for unwavering support and reassurance throughout the research process. We are also grateful to Prapaiporn Thongproh and Orawan Phanduang for their continuous guidance and valuable advice. This research was supported by the Fundamental Fund of Khon Kaen University (2025) through the National Science, Research and Innovation Fund (NSRF), Thailand. Additional financial support was provided by the National Research Council of Thailand (NRCT) (N34E670115) and the Centre of Excellence on Biodiversity, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation (MHESI) (BDC-PG1-167003). We gratefully acknowledge their contributions, which were critical to the success of this study.

### References

Aust, P. W., N. V. Tri, D. J. D. Natusch & G. J. Alexander. 2017. Asian snake farms: Conservation curse or sustainable enterprise? **Oryx** 51: 498-05. <https://doi:10.1017/S003060531600034X>

Beach, E. F., B. Munks & A. Robinson. 1943. The amino acid composition of animal tissue

protein. **Journal of Biological Chemistry**. 148: 431-439. [https://doi:10.1016/S0021-9258\(18\)72300-4](https://doi:10.1016/S0021-9258(18)72300-4)

Boyd, C. E. & C. P. Goodyear. 1971. The protein content of some common reptiles and amphibians. **Herpetologica** 27: 317-320.

Caldironi, H. A. & M. E. Manes. 2006. Proximate composition, fatty acids and cholesterol content of meat cuts from tegu lizard *Tupinambis merianae*. **Journal of Food Composition and Analysis**. 19: 711-714. <https://doi:10.1016/j.jfca.2005.09.005>

Černíková, M., R. Gál, Z. Polášek, M. Janiček, V. Pachlová & F. Buňka. 2015. Comparison of the nutrient composition, biogenic amines and selected functional parameters of meat from different parts of Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*). **Journal of Food Composition and Analysis**. 43: 82-87. <https://doi:10.1016/j.jfca.2015.05.001>

Chuaynkern, Y. & C. Chuaynkern. 2012. Checklist of reptiles in Thailand. **Journal of Wildlife in Thailand** 19: 75-162.

Cota, M., T. Neang, S. Phimmachak, N. S. Nguyen & T. Q. Nguyen. 2018. *Leiolepis rubritaeniata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Available source: <https://www.iucnredlist.org/>. (Accessed: 3 August 2025)

Dai, Z., Z. Wu, S. Jia & G. Wu. 2014. Analysis of amino acid composition in proteins of animal tissues and foods as pre-column o-phthaldialdehyde derivatives by HPLC with fluorescence detection. **Journal of**

- Chromatography B** 964: 116-127.  
<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2014.03.025>
- Dolly, D. A. & L. Tardieu. 2023. Carcass characteristics and nutritional profile of wild *Caiman crocodilus* (Spectacled Caiman) meat. **Emerging Animal Species** 9: 100032.  
<https://doi.org/10.1016/j.eas.2023.100032>
- Essary, E. O. & R. J. Ritchey. 1968. Amino acid composition of meat removed from boned turkey carcasses by use of commercial boning machine. **Poultry Science** 47: 1953-1955.  
<https://doi.org/10.3382/ps.0471953>
- Gratwicke, B., M. J. Evan, P. T. Jenkins, M. D. Kusriani, R.D. Moore, J. Sevin & D.E. Wildt. 2010. Is the international frog legs trade a potential vector for deadly amphibian pathogens? **Frontiers in Ecology and the Environment** 8: 438-442.  
<https://doi.org/10.1890/090111>
- Grismer, J. L. & L. Grismer. 2010. Who's your mommy? Identifying maternal ancestors of asexual species of *Leiolepis* Cuvier, 1829 and the description of a new endemic species of asexual *Leiolepis* Cuvier, 1829 from southern Vietnam. **Zootaxa** 2433: 47-61.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.194748>
- Hartmann, T., S. Sothanin, M. Handschuh & W. Böhme. 2012. The taxonomic status of the red-banded butterfly lizard, *Leiolepis rubritaeniata* Mertens, 1961, with distributional and natural history notes. **Russian Journal of Herpetology** 19: 108-114. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2012-19-2-108-114>
- Hoffman, L. C. & D. M. Cawthorn. 2012. What is the role and contribution of meat from wildlife in providing high quality protein for consumption? **Animal Frontiers** 2: 40-53.  
<https://doi.org/10.2527/af.2012-0061>
- Horwitz, W. & G. W. Latimer. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed.** AOAC International. Gaithersburg.
- Huang, Y., X. Guo, S. Y. Ho, H. Shi, J. Li, J. Li, B. Cai & Y. Wang. 2013. Diversification and demography of the oriental garden lizard (*Calotes versicolor*) on Hainan Island and the adjacent mainland. **PLoS One** 8: 1-13.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064754>
- John, E. N. & K. R. Jones. 2024. Nutritional value of meat from selected neotropical reptiles. **Emerging Animal Species** 10: 100046.  
<https://doi.org/10.1016/j.eas.2024.100046>
- Klemens, M. W. & J. B. Thorbjarnarson. 1995. Reptiles as a food resource. **Biodiversity & Conservation** 4: 281-298.  
<https://doi.org/10.1007/BF00055974>
- Köhler, G. & P. Thammachoti. 2023. A glimpse into the natural history of *Leiolepis rubritaeniata* Mertens, 1961 (Squamata: Leiolepididae). **Asian Herpetological Research** 14: 147-155.  
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz & K. Tamura. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. **Molecular Biology and Evolution** 35: 1547-1549.  
<https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>

- Kusrini, M. D. & R. A. Alford. 2006. Indonesia's exports of frogs' legs. **Traffic Bulletin** 21: 13-24.
- Macey, J. R., A. Larson, N. B. Ananjeva, Z. Fang & T. J. Papenfuss. 1997. Two novel gene orders and the role of light-strand replication in rearrangement of the vertebrate mitochondrial genome. **Molecular Biology and Evolution** 14: 91-104. <https://doi:10.1093/oxfordjournals.molbev.a025706>
- Manapim, P. 2006. Studies Comparison for Protein in Asian Forest Scorpion by Kjeldahl and Biuret Methods. Ubon Ratchathani University. Ubon Ratchathani, Thailand.
- Maynard, L. A. & J. K. Loosli. 1962. **Animal Nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York, USA.
- Melville, J., M. L. Haines, J. Hale, S. Chapple & E. G. Ritchie. 2016. Concordance in phylogeography and ecological niche modelling identify dispersal corridors for reptiles in arid Australia. **Journal of Biogeography** 43: 1844-1855. <https://doi:10.1111/jbi.12739>
- Mertens, R. 1961. Die rassen der schmetterlingsagame, *Leiolepis belliana*. **Senckenb Biologica** 42: 507-510.
- Nabhitabhata, J., T. Chan-ard & Y.Chuaynkern. 2004. **Checklist of Amphibians and Reptiles in Thailand**. Office of Environmental Policy and Planning. Bangkok, Thailand.
- Nylander, J. A. A. 2004. **MrModeltest Version 2**. Program Distributed by the Author. Uppsala University. Uppsala, Sweden.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2017. **Thailand Red Data: Vertebrates**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand.
- Phan, X. T. T., B. V. Ngo, H. D. Nguyen, Q. T. Hoang, C. D. Ngo, C. T. Bui, T. Nguyen & N. T. Hoang. 2022. Evaluating and reconstructing the genetic diversity of butterfly lizards of the genus *Leiolepis* Cuvier, 1829 (Reptilia: Squamata: Agamidae) in Central Vietnam. **Russian Journal of Herpetology** 29: 284-297. <https://doi:10.30906/1026-2296-2022-29-5-284-297>
- Poyarkov, N. A., T. V. Nguyen & E. S. Popov. 2023. Recent progress in taxonomic studies, biogeographic analysis, and revised checklist of reptiles in Indochina. **Russian Journal of Herpetology** 30: 255-476. <https://doi:10.30906/1026-2296-2023-30-5-255-476>.
- Promnun, P., J. Khudamrongsawat, J. L. Grismer, N. Tandavanitj, C. Kongrit & P. Tajakan. 2021. Revised distribution and a first record of *Leiolepis peguensis* Peters, 1971 (Squamata: Leiolepidae) from Thailand. **Herpetology Notes** 14: 893-897.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. Van Der Mark, D. L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M. A. Suchard & J. P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. **Systematic Biology** 61: 539-542. <https://doi:10.1093/sysbio/sys029>



- Sáez-Plaza, P., M. J. Navas, S. Wybraniec, T. Michałowski & A. G. Asuero. 2013. An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control. **Critical Reviews in Analytical Chemistry** 43: 224-272. <https://doi:10.1080/10408347.2012.751787>
- Santos, J. P. V., J. Vicente, J. Carvalho, J. Queirós, M. Vilamuelas, E. Albanell, P. Acevedo, C. Gortázar, J. Ramón López-Olvera & C. Fonseca. 2018. Determining changes in the nutritional condition of red deer in Mediterranean ecosystems: Effects of environmental, management and demographic factors. **Ecological Indicators** 87: 261-271. <https://doi:10.1016/j.ecolind.2017.12.039>
- Swofford, D.L. 2002. **PAUP\*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (\*and Other Methods), Version 4.0b10**. Sinauer Associates. Massachusetts, USA.
- Udomsil, N., S. Imsoonthornruksa, C. Gosalawit & M. Ketudat-Cairns. 2019. Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domestica*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*). **Food Science and Technology Research** 25: 597-605. <https://doi:10.3136/fstr.25.597>
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek. 2025. **The Reptile Database**. Available source: <http://www.reptile-database.org/>. (Accessed: 25 June 2025)
- van Wijngaarden, J. P., J. Wojzischke, C. van den Berg, A. Cetinyurek-Yavuz, R. Diekmann, Y. C. Luiking & J. M. Bauer. 2020. Effects of nutritional interventions on nutritional and functional outcomes in geriatric rehabilitation patients: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Medical Directors Association** 21: 1207-1215. <https://doi:10.1016/j.jamda.2020.04.012>
- Wanchai, P., A. Rujirawan, M. L. Murdoch, A. Aksornneam, P. Promnun, A. Kaatz, J. J. Gregory, E. Nguyen, W. van Iderstein, E. S. H. Quah, L. L. Grismer, J. L. Grismer & A. Aowphol. 2024. The description of the first rock dwelling species of butterfly lizard *Leiolepis* Cuvier, 1829 (Squamata, Agamidae) from the Khorat Plateau in northeastern Thailand. **ZooKeys** 1210: 299-324. <https://doi:10.3897/zookeys.1210.127557>
- Wild Animal Conservation and Protection Act. 2019. **Wild Animal Conservation and Protected Act, B.E. 2562 (2019)**. FAO, Rome.
- Yu, T. Y., J. D. Morton, S. Clerens & J. M. Dyer. 2017. Cooking-induced protein modifications in meat. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 16: 141-159. <https://doi:10.1111/1541-4337.12243>
- Zhang, Q., Y. Hou, F. W. Bazer, W. He, E. A. Posey & G. Wu. 2021. Amino acids in swine nutrition and production. In: Wu, G. (ed.). **Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology**. Springer. Cham, Switzerland.

## นิพนธ์ต้นฉบับ

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของนนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne)

บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ปิยะธิดา แสงแก้ว<sup>1</sup>, สราวุธ สังข์แก้ว<sup>1</sup>, กนกภรณ์ แก้วสง<sup>2</sup>, พิชิต ลำไย<sup>3</sup>,  
พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์<sup>4</sup>, กิตติพงษ์ ตั้งกิจ<sup>4</sup>, พิธิกร สุภาวงศ์<sup>5</sup>, ธานินทร์ คงศิลา<sup>6</sup> และ วงศธร พุ่มพวง<sup>1\*</sup>

รับต้นฉบับ: 7 กันยายน 2568

ฉบับแก้ไข: 9 ตุลาคม 2568

รับลงพิมพ์: 14 ตุลาคม 2568

## บทคัดย่อ

**ความเป็นมาและวัตถุประสงค์:** การสังเคราะห์แสงของต้นไม้ช่วยเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของมวลชีวภาพทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีการเติบโต ส่วนที่เหลือจากการใช้ในกระบวนการหายใจจะถูกกักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อของพืชทั้งเหนือดินและใต้ดิน ปัจจุบันการปลดปล่อยคาร์บอนไปสู่ชั้นบรรยากาศมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสนใจ การสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง โดยการส่งเสริมการปลูกต้นไม้เป็นหนึ่งในกลยุทธ์ของการแก้ปัญหาดังกล่าวที่ได้รับความนิยมมากขึ้น โดย นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) เป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่นิยมปลูกในเขตเมืองหรือบริเวณที่มีการใช้ยานพาหนะจำนวนมากของประเทศไทย เนื่องจากมีคุณสมบัติทนทานต่อมลพิษและเติบโตได้ เนื่องจากมีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในใบสูง รวมถึงใบมีขนาดเล็ก และดอกที่สวยงาม วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อตอบประเด็นคำถามวิจัย คือ 1) ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นอย่างไร? และ 2) การกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีแปรผันในแต่ละชั้นขนาดความโตเป็นอย่างไร ?

**วิธีการ:** ทำการสำรวจต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน แบบไม่ใช้แปลงตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2562 โดยคัดเลือกต้นนนทรีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH at 1.3 m) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดความโตและความสูงทั้งหมด ความสูงวัดโดยใช้เครื่องมือ Laser rangefinder พร้อมระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกของต้นนนทรีทุกต้นที่สำรวจ ทำการวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณ ได้แก่ ความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัด การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน และการกักเก็บคาร์บอน พร้อมทั้งเปรียบเทียบศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมดในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้วยวิธี Kruskal-Wallis non-parametric test และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดและขนาดพื้นที่หน้าตัดของนนทรี

**ผลการศึกษา:** ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดรวมของต้นนนทรี (DBH  $\geq$  4.5 เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 1,011 ต้น และ 148.34 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีค่ามวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน เท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.66 \pm 0.02$  และ  $0.17 \pm 0.004$  ตันต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ผลรวมศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีมีค่าเท่ากับ 454.95 ตันคาร์บอน (ค่าเฉลี่ย  $0.45 \pm 0.01$  ตันคาร์บอนต่อต้น) เมื่อ

พิจารณาตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่านนทรีมีการกระจายในรูปแบบระฆังคว่ำเดี่ยว แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของนนทรีในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีอายุใกล้เคียงกัน โดยขนาดต้นอยู่ระหว่าง 40–50 เซนติเมตร มีจำนวนมากที่สุดคือ 305 ต้น รองลงมาคือ ขนาด 30–40 เซนติเมตร (293 ต้น) ซึ่งต้นไม้อายุในชั้นขนาดดังกล่าวเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ดีในอนาคต ส่วนชั้นขนาดที่มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนรวมสูงที่สุดคือ ต้นไม้ในชั้นขนาดใหญ่ที่สุด (DBH > 60 เซนติเมตร) มีสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดร้อยละ 44.6 ส่วนต้นไม้อายุขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) มีสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.30 ผลการวิเคราะห์ Kruskal-Wallis test แสดงให้เห็นว่า นนทรีในแต่ละขนาดชั้นมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.001$ ) ผลการทดสอบความสัมพันธ์แบบ Spearman's correlation พบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดแปรผันตรงกับการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของต้นนนทรีอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $p < 0.001$ ) โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกักเก็บคาร์บอนโดยรวม แสดงให้เห็นว่าเมื่อนนทรีมีขนาดลำต้นโตขึ้นสามารถสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณสูงขึ้น

**สรุป:** นนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน สามารถสะสมมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ และมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนถึง 454.95 ตันคาร์บอน โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นของนนทรีอย่างชัดเจน องค์ความรู้ที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนอนุรักษ์และจัดการต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยได้ โดยเฉพาะการดูแลรักษาต้นที่มีขนาดใหญ่ให้มีสภาพสมบูรณ์ เพื่อเป้าหมายด้านการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการจัดการต้นนนทรีขนาดเล็กก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องได้รับการวางแผนอย่างดี ในอนาคตควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของนนทรีและชนิดไม้อื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง การทราบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของชนิดไม้อื่น ๆ ในเขตเมืองจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างพื้นที่สีเขียว ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อบรรลุเป้าหมายการลดเขยคาร์บอน การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และเสริมสร้างการให้บริการของระบบนิเวศอย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** ก๊าซเรือนกระจก ป่าในเมือง พื้นที่สีเขียว ไม้ขนาดใหญ่ การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>2</sup> ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>3</sup> ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>4</sup> ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>5</sup> ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>6</sup> ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: fforwop@ku.ac.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6449>

## ORIGINAL ARTICLE

**Carbon stock in biomass of *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne  
in Kasetsart University, Bang Khen campus**

Piyathida Sangkaew<sup>1</sup>, Sarawood Sungkaew<sup>1</sup>, Kanokporn Kaewsong<sup>2</sup>, Pichit Lumyai<sup>3</sup>,  
Pisut Siripant<sup>4</sup>, Kitipong Tangkit<sup>4</sup>, Piteekorn Supawong<sup>5</sup>, Tanin Kongsila<sup>6</sup> and Wongsatorn Phumphuang<sup>1\*</sup>

Received: 17 January 2025

Revised: 9 October 2025

Accepted: 14 October 2025

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Forest and climate are strongly intertwined. As photosynthesis increases, more atmospheric CO<sub>2</sub> is converted into biomass, thereby reducing carbon in the atmosphere and sequestering it within plant tissues both above and belowground. In the global carbon cycle, biomass is an important building block, significant carbon sequestration, and is used to help quantify pools and changes of greenhouse gases (GHGs) from the terrestrial biosphere to the atmosphere associated with land use and land cover changes. In recent decades, rising carbon emissions have become a major global concern, as highlighted in the Kyoto Protocol. Consequently, urban greenery—particularly tree planting—has gained importance as a climate change adaptation and mitigation strategy. The potential benefits and services provided by greenery to the urban ecosystem from a physical point of view include removal GHGs emissions, thermal comfort, improved air quality, energy-use reduction, flood protection and improved runoff-water quality. From a social perspective, green spaces provide health and a range of recreational and psychological benefits, create environmental awareness and encourage positive actions toward climate change. As evident, the carbon sequestration potential of trees in urban landscape revolves around the important biological process of photosynthesis, respiration, and decomposition as the carbon sequestered is the difference between the carbon benefited by photosynthesis and the carbon lost by respiration. *Peltophorum pterocarpum* is a commonly planted species in heavily motorized urban areas. It tolerates vehicular pollution due to the high ascorbic acid concentration and pH levels in its leaves. It is also the symbolic tree of Kasetsart University, where numerous individuals are widely distributed across the campus. This study therefore focused on evaluating the biomass accumulation and carbon storage of *Peltophorum pterocarpum* at Kasetsart University, Bang Khen campus. Specifically, we aimed to address the following research questions: (1) What is the current status of biomass accumulation and carbon storage of *Peltophorum pterocarpum*? and (2) How do these variables differ among size classes?

**Material and method:** The plotless method was used to observe the tree species of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bangken campus during August to October 2019. All *Peltophorum pterocarpum* trees with a diameter at breast height (DBH)  $\geq 4.5$  cm were DBH and total height measured, and the spatial location (UTM) were recorded for every observed tree. The total height was measured using a laser rangefinder, while spatial coordinates were collected using a global positioning system (GPS). We analyzed quantitative stand characteristics, including stem density, basal area, diameter class distribution, aboveground biomass (AGB), belowground biomass (BGB), and total carbon storage (TC). Differences in median carbon storage among size classes were tested using the Kruskal–Wallis nonparametric test. In addition, the relationship between total carbon storage and basal area was examined using Spearman’s rank correlation.

**Results and discussion:** The total density and basal area of *Peltophorum pterocarpum* were 1,011 stems and 148.34 m<sup>2</sup>, respectively. The estimated AGB and BGB were 668.65 t and 173.85 t, corresponding to  $0.66 \pm 0.02$  t/stems for AGB and  $0.17 \pm 0.004$  t/stems for BGB. The TC of *Peltophorum pterocarpum* was 454.95 tC, with an average of  $0.45 \pm 0.01$  tC/stems. The diameter class distribution exhibited a unimodal pattern, indicating that this population represents an even-aged stand. The highest stem density occurred in the 40–50 cm diameter class (305 stems), followed by the 30–40 cm class (293 stems), suggesting that these size classes contribute most to carbon sequestration potential. In contrast, the largest trees (DBH > 60 cm) accounted for the highest proportion of total carbon stock (44.6%), whereas the smallest size class contributed only 0.30%. The Kruskal–Wallis test confirmed significant differences in carbon stock among diameter classes ( $p < 0.001$ ). Furthermore, Spearman’s correlation analysis revealed a strong positive relationship between basal area and total carbon stock ( $p < 0.001$ ), indicating that carbon storage increased consistently with size class. This indicated that increasing in pattern of total carbon storage was observed with increasing in size class. These findings highlight the importance of conserving and managing larger trees to sustain carbon storage in Kasetsart University.

**Conclusion:** This study highlights the significant role of *Peltophorum pterocarpum* in biomass accumulation and carbon storage within Kasetsart University, Bang Khen campus. The TC of the species was estimated at 454.95 tC, with an average of  $0.45 \pm 0.01$  tC/stems, demonstrating its high potential for carbon sequestration. AGB served as the principal carbon reservoir, while larger trees contributed the most to overall carbon storage, highlighting the need to prioritize their conservation. Furthermore, trees with a DBH of 30–50 cm represent a critical component of future carbon sequestration potential and should be protected. Smaller trees should also be conserved as part of the regeneration class. The findings provide essential field-based biomass and carbon data for improving carbon flux models in urban green spaces. To strengthen these insights, long-term

monitoring and studies involving multiple tree species are recommended. Developing a species matrix optimized for carbon storage will be instrumental in advancing urban greening strategies aimed at achieving carbon offsetting targets, conserving biodiversity, and enhancing the provision of ecosystem services in a sustainable manner.

**Keywords:** Greenhouse gases, large tree, size class, urban forest, urban greenery

---

<sup>1</sup> Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

<sup>2</sup> Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

<sup>3</sup> Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

<sup>4</sup> Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

<sup>5</sup> Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

<sup>6</sup> Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand

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

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6449>

### คำนำ (Introduction)

เมื่อต้นไม้มีการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชนั้นมีการเจริญเติบโต (Chavan and Rasal, 2010) ส่วนที่นอกเหนือจากการใช้พลังงานเพื่อการหายใจยังถูกกักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อของพืชทั้งเหนือดินและใต้ดิน (Chavan and Rasal, 2012) เมื่อพิจารณาในภาพรวมของโลก มวลชีวภาพของวัฏจักรคาร์บอนถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกักเก็บคาร์บอน และยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรือนกระจกจากระบบนิเวศบนบกไปสู่ชั้นบรรยากาศ ผลผลิตจากมวลชีวภาพในรูปแบบต่าง ๆ มีบทบาทสำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ ที่ประกอบไปด้วย มวลชีวภาพเหนือดิน (Aboveground biomass) มวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass) ไม้ตาย (Dead wood) เศษซากพืช (Litter) และอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) ทั้งหมดนี้ถือเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Cairns *et al.*, 2003; Chavan and Rasal, 2012) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของคาร์บอนที่ถูกปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศมีอัตราการที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกนั้นให้ความสนใจ (Shimel *et al.*, 2015)

ในช่วงที่ผ่านมา การสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง (Urban greenery) ได้รับความนิยม

เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพื่อบรรเทาผลกระทบจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งหลายพื้นที่ได้นำนโยบายส่งเสริมการปลูกต้นไม้ และการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวในเขตเมืองมาใช้ (Velasco *et al.*, 2016) เพื่อการพัฒนาคุณภาพอากาศดีขึ้น ทำให้อุณหภูมิลดลง รวมไปถึงเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะ  $\text{CO}_2$  ซึ่งต้นไม้ในเขตเมืองนั้นก็มีความสำคัญในการกักเก็บคาร์บอนผ่านกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) การหายใจ (Respiration) และการย่อยสลาย (Decomposition) (Nair and Nair, 2003) ซึ่งคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้คือ ส่วนต่างระหว่างคาร์บอนที่ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและที่สูญเสียไปจากการหายใจ (Yordanov *et al.*, 1997; Behera *et al.*, 2022)

นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) เป็นไม้ยืนต้นโตเร็ว ผลัดใบ ให้ดอกที่สวยงาม (Ragula and Chandra, 2020) จึงนิยมปลูกเป็นจำนวนมากในเขตเมืองของประเทศทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย และไทย ฯลฯ และนิยมนำมาปลูกในบริเวณที่มีปัญหาด้านมลพิษสูง เช่น บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง รวมถึงบริเวณที่มีการใช้ยานพาหนะจำนวนมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติทนทานต่อมลพิษด้วยการมีกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในใบสูง ซึ่งกรดแอสคอร์บิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยให้ต้นไม้สามารถทนทานต่อมลภาวะได้ (Rajah *et al.*, 2025) และยังสามารถปลูกเป็นแนวกันลมและ

เพื่อฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมได้อีกด้วย (Shafiq and Iqbal, 2007) การมีอยู่ของพรรณไม้ชนิดนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศในเขตเมือง อีกทั้ง ต้น น น ทรี เป็น ต้น ไม้ ประจำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงเป็นที่มาของการปรากฏไม้ชนิดนี้ในมหาวิทยาลัยจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการสำรวจต้นนนทรีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เพื่อตอบคำถามงานวิจัย 2 ประการคือ 1) ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นอย่างไร? และ 2) การกักเก็บคาร์บอนของนนทรีแปรผันอย่างไรในแต่ละชั้นขนาดความโต (Size class) ผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการดูแลต้นไม้ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

### พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 846 ไร่ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0.5–1 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 26 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนรายปีอยู่ระหว่าง 1,400–1,600 มิลลิเมตร โดยนนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) อยู่ในวงศ์ Fabaceae-Caesalpinioideae เป็นชนิดไม้ต้นโตเร็ว (Fast growing tree species) ขนาดกลางถึง

ขนาดใหญ่ และมีการผลัดใบพร้อมกับมีการผลิใบใหม่ทดแทนในช่วงเวลาสั้น ๆ (Replacement) (Ragula and Chandra, 2020) เป็นต้นไม้ที่นิยมปลูกมากที่สุดในพื้นที่มหาวิทยาลัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณริมถนน (Maneejantra *et al.*, 2024) และส่วนหนึ่งเป็นต้นทรงปลูกของในหลวงรัชกาลที่ 9 (Rianthakool *et al.*, 2024) จึงมีการดูแลรักษาค่อนข้างเข้มข้น โดยมีการตัดแต่งกิ่งอยู่เป็นประจำ (Figure 1)

### การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการสำรวจต้นนนทรี ในช่วงเดือนสิงหาคม–ตุลาคม พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกต้นนนทรีทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH at 1.3 m) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร จากนั้นวัดขนาดความโตระดับอก (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) สำหรับความสูงวัดโดยใช้เครื่องมือ Laser Rangefinder (Nikon Forestry Pro, Nikon Vision Co., Ltd) และระบุพิกัดด้วยระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System, GPS) ของต้นนนทรีทุกต้นที่ทำการสำรวจ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ดำเนินการวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของนนทรี ได้แก่ ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าพื้นที่หน้าตัด (Basal area) การกระจายของต้นนนทรีตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter class distribution) โดยแบ่งชั้นขนาดออกเป็น 7 ชั้น (Size class) ที่อยู่ในช่วง



10 เซนติเมตร (van der Velden *et al.*, 2014) ยกเว้น  
ชั้นขนาดที่เล็กที่สุด ได้แก่ 4.5–10, 10–20, 20–30,  
30–40, 40–50, 50–60 และ > 60 เซนติเมตร  
ตามลำดับ

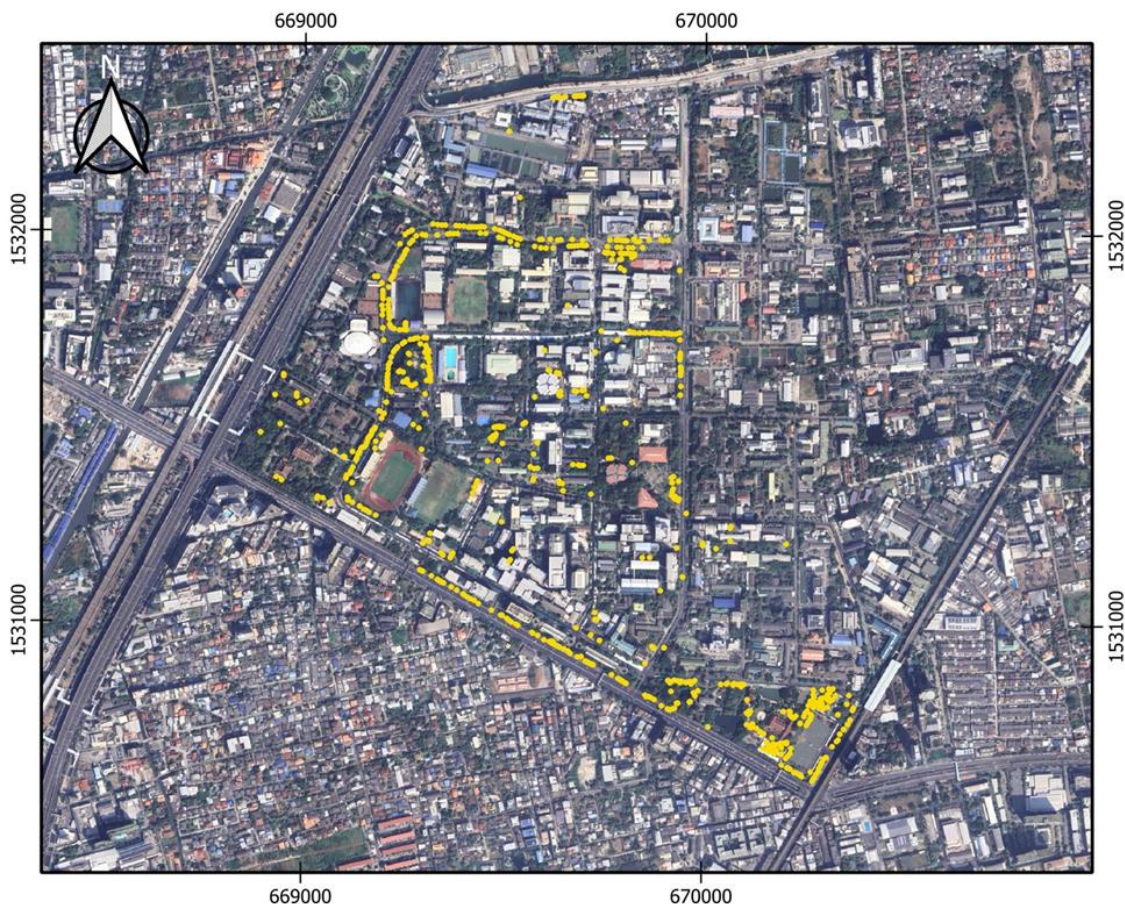
2. การคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน  
(Aboveground biomass, AGB) รายต้น ตาม  
สมการแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินมวล  
ชีวภาพของไม้เขตร้อน (Pan-tropical allometric  
equation) โดย Chave *et al.* (2014) ดังนี้

$$AGB (\text{ตัน}) = 0.0673(\text{WD} \times \text{DBH}^2 \times \text{H})^{0.976}$$

โดย WD คือ ความหนาแน่นเนื้อไม้ (กรัม  
ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) DBH คือ ขนาดความโต

จากเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) H คือ ความ  
สูงของต้นไม้ (เมตร)

สำหรับค่า WD ของนนทรีที่ใช้ใน  
การศึกษานี้คำนวณจากห้องปฏิบัติการวน  
ผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการสุ่มเก็บ  
ตัวอย่างชิ้นไม้ จากนั้นนำมาคำนวณปริมาตรและ  
ความหนาแน่นต่อไป ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.54 กรัมต่อ  
ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเหตุที่เลือกใช้สมการของ  
Chave *et al.* (2014) นั้นเนื่องจากเป็นสมการที่มี  
สามารถให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ และใช้ได้กับไม้  
ต้นในป่าเขตร้อนทั่วโลก (Manuri *et al.*, 2014)



**Figure 1** Study area showing *Peltophorum pterocarpum*'s locations (yellow dots).

3. การคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass, BGB) รายต้น ตามสูตรของ Cairns *et al.* (1997) ดังนี้

$$\text{BGB (ตัน)} = 0.26 \times \text{AGB}$$

จากนั้น ดำเนินการคำนวณค่าปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass, TB (ตัน)) โดยคิดจากผลรวมของ AGB และ BGB

4. การคำนวณศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมด (total carbon TC (ตันคาร์บอน)) โดยการนำค่า TB คูณกับค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนของต้นนนทรี โดยค่าสัดส่วนปริมาณคาร์บอนดำเนินการวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยวิธี dry combustion จากตัวอย่างชิ้นไม้ ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 48.24%

$$\text{TC (ตันคาร์บอน)} = \text{TB} \times 0.4824$$

5. การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมด (TC) ในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Size class) ด้วยวิธี Kruskal-Wallis non-parametric test จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Dunn's test

6. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Spearman's correlation) ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้งหมดและขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของต้นนนทรี โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ R (version 4.4.1) (R Core Team, 2025)

## ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

### 1. ค่าเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยา มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของนนทรี

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น (Density) และพื้นที่หน้าตัด (Basal area) ของต้นนนทรี (DBH  $\geq$  4.5 เซนติเมตร) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 1,011 ต้น และ 148.34 ตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พบว่ามีค่า 2 ต้นต่อไร่ และ 0.18 ตารางเมตรต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ  $40.79 \pm 12.77$  เซนติเมตรต่อต้น (ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดเท่ากับ 4.50 และ 105.40 เซนติเมตร ตามลำดับ) และและมีค่าความสูงเท่ากับ  $12.77 \pm 0.11$  เมตรต่อต้น (ค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดเท่ากับ 2.00 และ 24.40 เมตร ตามลำดับ)

ผลของการประเมินมวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) และใต้ดิน (BGB) ทั้งหมดทุกต้นของต้นนนทรีมีค่าเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.66 \pm 0.02$  และ  $0.17 \pm 0.004$  ตันต่อต้น ตามลำดับ ผลรวมทั้งสองส่วน (TB) มีค่าเท่ากับ 842.50 ตัน คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.83 \pm 0.02$  ตันต่อต้น ในขณะที่ผลรวมการกักเก็บคาร์บอน (TC) ของต้นนนทรี

ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 454.95 ตันคาร์บอน คิดเป็นค่าเฉลี่ย  $0.45 \pm 0.01$  ตันคาร์บอนต่อต้น

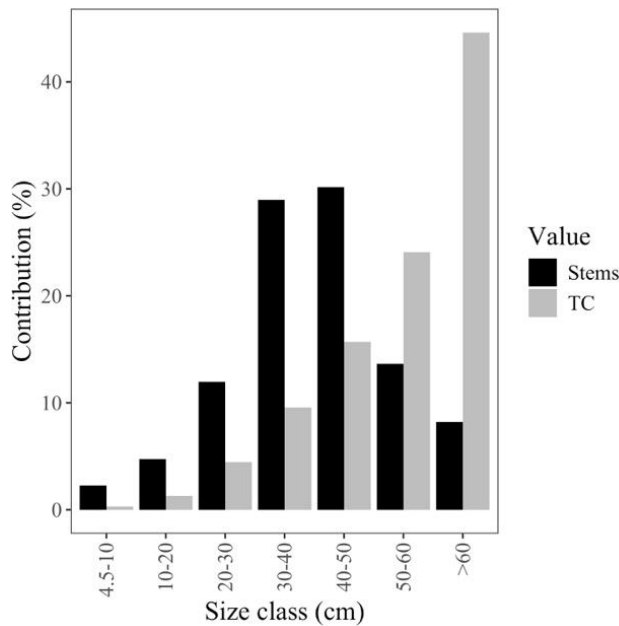
เมื่อพิจารณาตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าต้นนนทรีมีการกระจายในรูปแบบระฆังคว่ำเดี่ยว (Unimodal distribution) (Figure 2) โดยขนาดต้นไม้ระหว่าง 40–50 เซนติเมตร มีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 305 ต้น รองลงมาคือขนาด 30–40 เซนติเมตร (293 ต้น) (Table 1) อย่างไรก็ตามปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดิน รวมถึงผลรวมการกักเก็บคาร์บอนนั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อขนาดต้นไม้เพิ่มขึ้น (Figure 2) ชั้นขนาดที่มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโดยรวมสูงที่สุด คือ ไม้ในชั้น

ขนาดใหญ่ที่สุด (DBH > 60 เซนติเมตร) ตรงข้ามกับไม้ในชั้นขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) ที่พบการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนต่ำที่สุด (Table 1) นอกจากนี้ ไม้ชั้นขนาดใหญ่ที่สุดมีส่วนการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 44.6 รองลงมาคือไม้ขนาด 50–60 เซนติเมตร (ร้อยละ 24.10) ส่วนไม้ขนาดเล็กที่สุด (4.5–10 เซนติเมตร) มีสัดส่วนการกักเก็บคาร์บอนเพียงร้อยละ 0.30 (Figure 2)

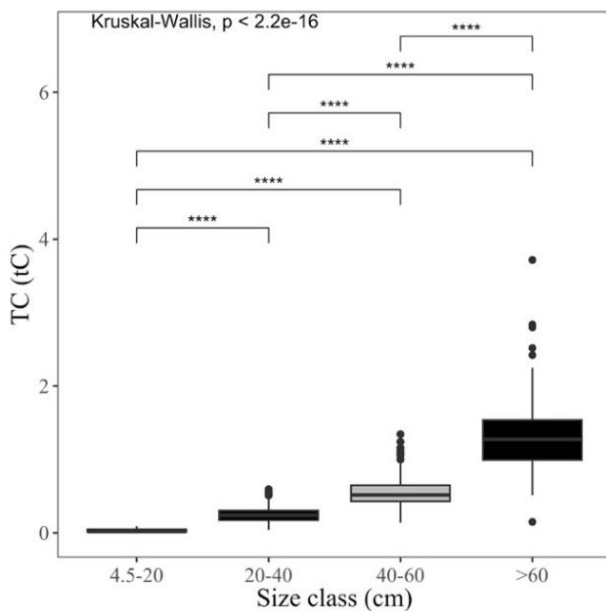
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Kruskal-Wallis และ Dunn's tests แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบรายคู่แล้ว นนนทรีในแต่ละชั้นขนาดมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.001$ ; Figure 3)

**Table 1** The DBH class wise aboveground biomass (AGB), belowground biomass (BGB) and total carbon (TC) of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bangkok campus

Class (cm)	Density (stem)	Total BA (m <sup>2</sup> )	Average BA (m <sup>2</sup> /stem)	Total AGB (t)	Average AGB (t/stem)	Total BGB (t)	Average BGB (t/stem)	Total TC (tC)	Average TC (tC/stem)
4.5–10	23	0.11	0.00	0.31	0.01	0.08	0.00	0.21	0.01
10–20	48	0.85	0.02	2.75	0.06	0.72	0.01	1.87	0.04
20–30	121	6.41	0.05	23.62	0.20	6.14	0.05	16.07	0.13
30–40	293	29.12	0.10	122.99	0.42	31.98	0.11	83.69	0.29
40–50	305	47.45	0.16	210.45	0.69	54.72	0.18	143.19	0.47
50–60	138	31.98	0.23	145.94	1.06	37.94	0.27	99.30	0.72
>60	83	32.42	0.39	162.59	1.96	42.27	0.51	110.63	1.33
Total	1,011	148.34	-	668.65	-	173.85	-	454.95	-
Average	-	-	0.14	-	0.66	-	0.17	-	0.45

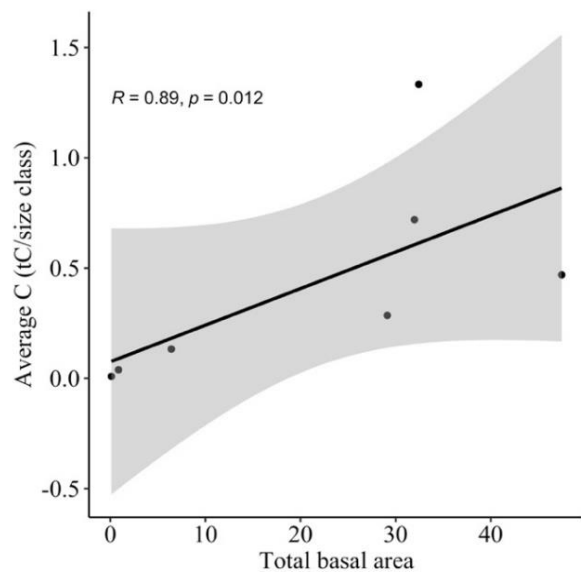


**Figure 2** Contribution (%) of different DBH classes to density of stems and TC of *Peltophorum pterocarpum* in Kasetsart University, Bang Khen campus



**Figure 3** Comparison of TC across trees size classes

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบ Spearman's correlation ยังพบอีกว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้แปรผันตรงเชิงบวก ( $R = 0.89$ ) กับการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของต้นนั้นหรืออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) โดยชั้นขนาดความโตที่มีค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด (1.33 ตันคาร์บอน) คือ ชั้นขนาดความโตขนาด  $DBH > 60$  เซนติเมตร ซึ่งมีผลรวมของขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 32.42 ตารางเมตร (Figure 4) อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณคาร์บอนที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นขนาดอาจมีผลมาจากการตัดแต่งกิ่งร่วมด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสูงต้นไม้



**Figure 4** Spearman's correlation analysis between average C and basal area

นนตรีที่ปลูกไว้เป็นจำนวนมากภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนนั้นแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการคงอยู่ รวมถึงแสดงการบริการทางระบบนิเวศในด้าน

ควบคุม (Regulating services) มลภาวะได้เป็นอย่างดี นนทรีทั้ง 1,011 ต้น มีการกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นแบบระฆังคว่ำเดี่ยว โดยมีต้นขนาด 30–50 เซนติเมตร มากที่สุด ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านนทรีส่วนใหญ่ภายในมหาวิทยาลัยมีช่วงอายุใกล้เคียงกัน (Marod *et al.*, 2022) เนื่องจากอาจมีการปลูกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้น การที่นนทรีเป็นชนิดที่ทนทานต่อระบบนิเวศเขตเมือง อาจพิจารณาการปลูกเสริมเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อทดแทนไม้ขนาดใหญ่ที่อาจตายได้ในอนาคต ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนจากการศึกษาค้นนี้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการศึกษาในเขตเมืองอื่น ๆ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายต้นถึงแม้ว่าการศึกษานี้ได้คำนวณการกักเก็บคาร์บอนรวม (เหนือดินและใต้ดิน) กลับพบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม (0.45 ต้นคาร์บอนต่อต้น) นั้นต่ำกว่าค่าของต้นนนทรีจากการศึกษาที่สวนสันติภาพ กรุงเทพมหานคร เล็กน้อย (0.70 ต้นคาร์บอนต่อต้น) ซึ่งอาจสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงจากการศึกษานี้ที่มีค่าต่ำกว่า (44.79 เซนติเมตร และ 17.66 เมตร) (Kliangsaard *et al.*, 2020) อาจเป็นไปได้ว่า ทั้งสองบริเวณที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้อาจมีความแตกต่างกันในวิธีการดูแลรักษาต้นไม้ และการตัดแต่งกิ่ง ที่ส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างของต้นไม้

ในป่าเขตร้อน มีรายงานว่าต้นไม้ขนาด DBH >40 เซนติเมตร สามารถสะสมมวลชีวภาพ

เหนือดินได้มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ป่าทั้งหมด (Brown and Lugo, 1992; Mohanta *et al.*, 2020; San-José *et al.*, 2021) สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าต้นนนทรีขนาดใหญ่ (DBH > 50 เซนติเมตร) มีปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนทั้งหมด โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ชั้นขนาดที่มีจำนวนต้นนนทรีมากที่สุดคือ 40–50 เซนติเมตร (ประมาณร้อยละ 16) สะท้อนให้เห็นว่าต้นไม้ในชั้นขนาดนี้สามารถเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนชั้นดีในอนาคตได้ การดูแลรักษาต้นนนทรีในช่วงความโต 40–50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดแม่ไม้ จึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการตัดแต่งรูปทรง การตัดแต่งกิ่ง การจัดการผลของลำต้น การกำจัด โรคและแมลง (Choothong *et al.*, 2022) ในขณะเดียวกัน ถึงแม้ว่าไม้ขนาดเล็กจะมีการกักเก็บคาร์บอนต่ำ แต่อัตราการเติบโต (Growth rate) ในช่วงต้นจะมีอัตราที่เร็วกว่า ทำให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณมวลชีวภาพอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ก็เป็นกลุ่มที่มีโอกาสตายได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้น นอกเหนือจากการดูแลไม้ขนาดใหญ่แล้ว การบริหารจัดการต้นนนทรีขนาดเล็กก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องได้รับการวางแผนอย่างดี

นอกจากนั้น การศึกษานี้ยังพบอีกว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกักเก็บคาร์บอน โดยรวม สอดคล้องกับการศึกษา

ของ Mohanta *et al.* (2020) ที่ระบุว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการระบุศักยภาพของปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินในไม้แต่ละชนิด แสดงให้เห็นว่าต้นนนทรีเมื่อมีลำต้นขนาดโตขึ้นสามารถสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณสูงขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะขนาดความโตมากกว่า 60 เซนติเมตร ดังนั้นการอนุรักษ์ ดูแล และรักษาให้ต้นนนทรีขนาดใหญ่ จึงถือเป็นสิ่งที่จะต้องดำเนินการควบคู่กัน เพื่อให้ต้นไม้ดังกล่าวมีสุขภาพที่ดี สามารถให้ประโยชน์แก่มนุษย์ได้ โดยเฉพาะการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ดีที่สุด (Luyssaert *et al.*, 2008; Stephenson *et al.*, 2014)

### สรุป (Conclusion)

การศึกษานี้พบต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จำนวนทั้งหมด 1,011 ต้น มีมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินเท่ากับ 668.65 ตัน และ 173.85 ตันตามลำดับ ในขณะที่ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นนนทรีทั้งหมดพบมากถึง 454.95 ตันคาร์บอน โดยปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนแปรผันตรงกับขนาดต้นไม้อย่างชัดเจน

ดังนั้น องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการอนุรักษ์และจัดการต้นนนทรีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อเพิ่มคุณค่าในด้านการกักเก็บคาร์บอน และคุณค่าในด้านจิตใจของชาวเกษตรศาสตร์ที่มีต้นนนทรีเป็นต้นไม้ประจำ

มหาวิทยาลัย ในอนาคตควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของต้นนนทรีและชนิดอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง การทราบถึงชนิดไม้ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกักเก็บคาร์บอนจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง เพื่อบรรลุเป้าหมายการลดเขยคาร์บอน อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และเสริมสร้างการให้บริการของระบบนิเวศอย่างยั่งยืน

### เอกสารอ้างอิง (References)

- Behera, S. K., S. Mishra, N. Sahu, N. Manika, S. N. Singh, S. Anto, R. Kumar, R. Husain, A. K. Verma & N. Pandey. 2022. Assessment of carbon sequestration potential of tropical tree species for urban forestry in India. **Ecological Engineering** 181: 106692. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106692>
- Brown, S. & A. E. Lugo. 1992. Above ground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian amazon. **Interciencia** 17: 8–18.
- Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer & G. A. Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia** 111(1): 1–11. <https://doi.org/10.1007/s004420050201>
- Cairns, M. A., I. Olmsted, J. Granados & J. Argaez. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. **Forest Ecology**

- and Management** 186(1–3): 125–132.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00229-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00229-9)
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M. A. Cairns, J. Q. Chambers, D. Eamus, H. Fölster, F. Fromard, N. Higuchi & T. Kira. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia** 145: 87–99.  
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P. M. Fearnside & R. C. Goodman. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology** 20(10): 3177–3190.  
<https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Chavan, B. L., & G. B. Rasal. 2010. Sequestered standing carbon stock in selective tree species grown in University campus at Aurangabad, Maharashtra, India. **International Journal of Engineering Science and Technology** 2(7): 3003–3007.
- Chavan, B. L., & G. B. Rasal. 2012. Carbon sequestration potential and status of *Peltophorum pterocarpum* (D C) K. Heyne. **Science Research Reporter** 2(1): 51–55.
- Choothong S., J. Hatthong, W. N. Nakon, P. Sinumporn. 2022. Study of species and threat status of street trees in an urban landscape in Nakhon Si Thammarat province. **Rajabhat Chaing Mai Research Journal** 23(1): 198–212.  
<https://doi.org/10.14456/rcmrj.2022.24699>  
 9 (in Thai)
- Kliangsaard, T., L. Puangchit & W. Suanpaga. 2020. Carbon dioxide sequestration and carbon storage in trees at the Santiphap park Bangkok. **Thai Journal of Forestry** 39(1): 86–96. (in Thai)
- Luyssaert, S., E. D. Schulze, A. Börner, A. Knohl, D. Hessenmöller, B. E. Law, P. Ciais & J. Grace. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. **Nature** 455(7210): 213–215.  
<https://doi.org/10.1038/nature07276>
- Maneejantra, S., T. Charoenpun, S. Bualert, P. Choomanee, S. Janyasuthiwong & W. Chommon. 2024. Potential Estimation of Secondary Pollutant Formation of BVOC from *Peltophorum pterocarpum* in Urban Area. **Current Applied Science and Technology**: e0260120–e0260120.  
<https://doi.org/10.55003/cast.2024.260120>
- Manuri, S., C. Brack, N. P. Nugroho, K. Hergoualc’h, N. Novita, H. Dotzauer, L. Verchot, C. A. S. Putra & E. Widyasari. 2014. Tree biomass equations for tropical

- peat swamp forest ecosystems in Indonesia. **Forest Ecology and Management** 334: 241–253.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>
- Marod, D., P. Dueangkae, S. Sungkaew, P. Racharak, W. Suksavate, S. Uthairatsamee, L. Asanok, T. Kamyao, S. Thinkampheang, S. Hermhuk, P. Kachina, J. Thongsawi, W. Phumpuang, P. Paansri, W. Nuipakdee, P. Nakmuenwai & S. Pattanakiat. 2022. Population structure and spatial distribution of tree species in lower montane forest, Doi Suthep-Pui national park, northern Thailand. **Environmental and Natural Resources Journal** 20(6): 644–663.  
[10.32526/enrj/20/202200139](https://doi.org/10.32526/enrj/20/202200139)
- Mohanta, M. R., A. Mohanta, U. Mohapatra, R. C. Mohanty & S. C. Sahu. 2020. Carbon stock assessment and its relation with tree biodiversity in Tropical Moist Deciduous Forest of Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. **Tropical Ecology** 61(4): 497–508. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00111-8>
- Nair, P.K.R., & V.D. Nair. 2003. Carbon storage in North American Agroforestry systems. In: Kimble, J., L.S. Heath, R.A Birdsey & R. Lal. (eds.). **The Potential of U.S. forest soils to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 333–346.
- R Core Team. 2025. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available source: <https://www.R-project.org/>. (Accessed: July 15, 2025)
- Ragula, A., & K. K. Chandra. 2020. Tree species suitable for roadside afforestation and carbon sequestration in Bilaspur, India. **Carbon Management** 11(4): 369–380. <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1790243>
- Rajah, R. A., K. T. Parthiban, M. Prasanthrajan, M. Vijayabhama, P. Patil, I. Sekar, S. R. Varadha, K. S. Umesh, P. S. S. Devanand, B. Sivakumar, R. B. Nilav, P. Niazi & Y. K. Virendra. 2025. Evaluation of air pollution tolerance index of selected tree species to combat air pollution in urban areas of Mettupalayam, Tamil Nadu, India. **Environmental Pollutants and Bioavailability** 37(1): 2524085. <https://doi.org/10.1080/26395940.2025.2524085>
- Rianthakool, L., J. Yingdee, T. Chumsangsri, C. N. Takuathung, P. Diloksumpun, T. Lakkanasri, C. Tosophon & N. Intim. 2024. The study of 3D modelling of *Peltophorum pterocarpum* with terrestrial laser scanner. **Thai Science and Technology Journal** 32(5): 79–91. doi: 10.14456/tstj.2024.40. (in Thai)



- San-José, M., L. Werden, C. J. Peterson, F. Oviedo-Brenes & R. A. Zahawi. 2021. Large tree mortality leads to major aboveground biomass decline in a tropical forest reserve. **Oecologia** 197(3): 795–806. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-05048-w>
- Shafiq, M., & M. Z. Iqbal. 2007. Germination and seedling behaviours of seeds of *Peltophorum pterocarpum* DC Baker Ex K. Heyne growing under motor vehicle emission. **Turkish Journal of Botany** 31(6): 565–570.
- Schimel, D., B. B., Stephens, & J. B. Fisher. 2015. Effect of increasing CO<sub>2</sub> on the terrestrial carbon cycle. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 112(2): 436–441. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407302112>
- Stephenson, N. L., A. J. Das, R. Condit, S. E. Russo, P. J. Baker, N. G. Beckman, D. A. Coomes, E. R. Lines, W. K. Morris, N. Rüger, E. Álvarez, C. Blundo, S. Bunyavejchewin, G. Chuyong, S. J. Davies, Á. Duque, C. N. Ewango, O. Flores, J. F. Franklin, H. R. Grau, Z. Hao, M. E. Harmon, S. P. Hubbell, D. Kenfack, Y. Lin, J.-R. Makana, A. Malizia, L. R. Malizia, R. J. Pabst, N. Pongpattananurak, S.-H. Su, I.-F. Sun, S. Tan, D. Thomas, P. J. van Mantgem, X. Wang, S. K. Wiser & M. A. Zavala. 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature** 507(7490): 90–93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- van der Velden, N., J. F. Slik, Y. H. Hu, G. Lan, L. Lin, X. Deng & L. Poorter. 2014. Monodominance of *Parashorea chinensis* on fertile soils in a Chinese tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 30(4): 311–322. doi:10.1017/S0266467414000212
- Velasco, E., M. Roth, L. Norford & L. T. Molina. 2016. Does urban vegetation enhance carbon sequestration? **Landscape and urban planning** 148: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.003>
- Yordanov, I., T. Tsonev, V. Goltsev, M. Merakchiiska-Nikolova & K. Georgieva. 1997. Gas exchange and chlorophyll fluorescence during water and high temperature stresses and recovery. Probable protective effect of carbamide cytokinin 4-PU30. **Photosynthetica** 33(3): 423–431.

**นิพนธ์ต้นฉบับ**

**การประยุกต์ใช้แอพลิเคชัน Google Earth และ Spreadsheet (LESS-FOR-01) ในการจัดทำแผนที่ออนไลน์  
การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้น บริเวณป่าเขาหน้าซัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี**

เมธิ จันทโรปกรณ์<sup>1</sup>, กฤษณชัย รอดสุข<sup>1</sup>, กัญญารัตน์ ใจดี<sup>1</sup>,  
มณีรัตน์ โปธิสาร<sup>1</sup>, สิริกร ชาญเจริญ<sup>1</sup>, นพิมพ์พร แสงวิเชียร<sup>1</sup> และ อรณัฐ นิลเขต<sup>1\*</sup>

รับต้นฉบับ: 14 สิงหาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 7 ตุลาคม 2568

รับลงพิมพ์: 20 ตุลาคม 2568

**บทคัดย่อ**

**ความเป็นมาและวัตถุประสงค์:** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้ทั่วโลก ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ การประเมินคาร์บอนส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่พื้นที่ป่าไม้ขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม พื้นที่สีเขียวขนาดเล็ก เช่น พื้นที่สีเขียวในมหาวิทยาลัย ในเขตเมือง หรือเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ก็มีบทบาทสำคัญต่อการดูดซับก๊าซเรือนกระจกและการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้รายต้น และจัดทำแผนที่คาร์บอนเชิงพื้นที่แบบโต้ตอบ ในพื้นที่ป่าเขาหน้าซัน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการพื้นที่สีเขียวขนาดเล็กอย่างยั่งยืน เป็นข้อมูลสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ข้อที่ 13 และ 15 รวมถึงสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ BCG Economy Model ของประเทศไทย

**วิธีการ:** ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าพื้นที่ป่าเขาหน้าซัน ที่ประกอบด้วยสังคมพืชป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) และป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) โดยเก็บข้อมูลตามเส้นทางศึกษาธรรมชาติ 2 เส้นทาง คือ เส้นทางขึ้นยอดเขา (ระยะทาง 1.5 กม.) และเส้นทางเชิงเขา (ระยะทาง 2.5 กม.) ดำรวจและจำแนกชนิดไม้ต้นและไม้เลื้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH)  $\geq 4.5$  ซม. พร้อมทั้งวัดค่า DBH ความสูงทั้งหมด และบันทึกพิกัดด้วยระบบพิกัด WGS84 ผ่านโปรแกรม Google Earth Mobile รวมถึงบันทึกภาพถ่ายสัญญาณวิทยุบางส่วน ทำการวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) และมวลชีวภาพใต้ดิน (BGB) ด้วยสมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมกับชนิดป่า พร้อมประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ที่พบทั้งหมด (ร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพทั้งหมด) และแปลงค่าเป็นต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>e) ประยุกต์ใช้แอพลิเคชัน Google Earth ร่วมกับ Spreadsheet LESS-FOR-01 Version 6 ที่พัฒนาโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เพื่อทำแผนที่เชิงโต้ตอบในโปรแกรม Google Earth โดยแสดงหมุดตำแหน่งที่ประกอบด้วยชื่อวิทยาศาสตร์ ขนาดเส้นรอบวง ความสูงทั้งหมด ปริมาณคาร์บอน และภาพถ่ายสัญญาณวิทยุต้นไม้อันแต่ละต้นทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ วิจัยช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2567

**ผลการศึกษา:** พบไม้ต้นและไม้เลื้อยรวม 467 ลำต้น ครอบคลุม 70 ชนิด 59 สกุล 33 วงศ์ แสดงถึงความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา โดย กระไดลิง (*Lasiobema scandens*) เป็นไม้เลื้อยที่พบมากที่สุด ต้นไม้ทั้งหมดมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ  $15.40 \pm 8.00$  เซนติเมตร และ  $8.76 \pm 4.21$  เมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการฟื้นตัวของป่าที่มีทั้งไม้ขนาดเล็กและใหญ่ร่วมกัน มวลชีวภาพโดยรวมมีค่าเท่ากับ 61.56 ตัน จำแนก

เป็นมวลชีวภาพเหนือดินและใต้ดินเท่ากับ 48.47 และ 13.09 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นคาร์บอนสะสม 28.93 ตัน คาร์บอน หรือ 106.07 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อพิจารณาตามเส้นทางศึกษาธรรมชาติ พบความแตกต่างชัดเจน โดยเส้นทางขึ้นยอดเขา มีจำนวนต้นไม้มากที่สุด (321 ลำต้น จาก 48 ชนิด) แต่ส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดเล็ก มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงเฉลี่ย 14.37 ± 7.47 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 7.89 ± 2.45 เมตร มีมวลชีวภาพรวม 31.51 ตัน (จำแนกเป็นมวลชีวภาพเหนือดิน 24.81 ตัน และใต้ดิน 6.70 ตัน) คิดเป็นคาร์บอนสะสม 14.81 ตัน คาร์บอน หรือ 54.29 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ส่วนเส้นทางเชิงเขา มีจำนวนต้นน้อยกว่า (146 ลำต้น จาก 52 ชนิด) แต่ต้นไม้มีขนาดใหญ่และสูงกว่า โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงเฉลี่ย 17.87 ± 8.16 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 10.65 ± 5.04 เมตร มีมวลชีวภาพรวม 30.05 ตัน (จำแนกเป็นมวลชีวภาพเหนือดิน 23.66 ตัน และใต้ดิน 6.39 ตัน) คิดเป็นคาร์บอนสะสม 14.12 ตันคาร์บอน หรือ 51.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งใกล้เคียงกับเส้นทางขึ้นยอดเขา สะท้อนให้เห็นว่าต้นไม้ขนาดใหญ่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าความหนาแน่นของไม้ขนาดเล็ก แม้เส้นทางเชิงเขาจะมีจำนวนน้อยกว่า แต่กักเก็บคาร์บอนได้ใกล้เคียงกับเส้นทางขึ้นยอดเขา อย่างไรก็ตาม โครงสร้างป่าในพื้นที่ทั้งสองเส้นทางยังไม่สมบูรณ์เมื่อเทียบกับป่าธรรมชาติ แต่ก็แสดงถึงการฟื้นคืนกลับสู่ป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบ ปริมาณคาร์บอนสะสมยังมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการประเมินทั้งพื้นที่ป่าเขาน้ำซับ อาจเกิดจากข้อจำกัดในการวัดความสูง การใช้อัตราส่วนรากต่อส่วนเหนือดินแบบคงที่ (0.27 เท่า) รวมทั้งการเก็บข้อมูลตามแนวเส้นทางศึกษาธรรมชาติที่อยู่ขอบป่า อาจไม่สามารถเป็นตัวแทนของทั้งผืนป่าได้โดยตรง แม้ว่าความแม่นยำของพิกัดจาก Google Earth Mobile ขึ้นอยู่กับคุณภาพสัญญาณ โทรศัพท์มือถือ แต่ก็มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการจัดทำแผนที่เชิงโต้ตอบ และการสื่อสารเชิงพื้นที่ โดยช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลต้นไม้ริมเส้นทางศึกษาธรรมชาติได้ง่ายและชัดเจนมากขึ้น ซึ่งมีข้อมูลสำคัญของชนิดไม้แต่ละต้นที่แสดงไว้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เอื้อประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และการจัดการพื้นที่สีเขียวให้มีประสิทธิภาพต่อไป

**สรุป:** การประยุกต์ใช้ Google Earth ร่วมกับ Spreadsheet (LESS-FOR-01) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการประเมินและแสดงผลการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้รายต้นในพื้นที่สีเขียวขนาดเล็ก การพัฒนาแผนที่แบบโต้ตอบช่วยส่งเสริมการประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนในระดับพื้นที่ย่อย (micro-scale) รวมทั้งสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ และสร้างความตระหนักรู้ถึงบทบาทของต้นไม้แต่ละต้นต่อการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศได้ดี แนวทางดังกล่าวมีต้นทุนต่ำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการจัดการพื้นที่สีเขียว ตลอดจนการมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ในระดับสถาบันการศึกษา และชุมชนของประเทศไทย

**คำสำคัญ:** Google Earth Spreadsheet แผนที่เชิงโต้ตอบ การกักเก็บคาร์บอน เส้นทางธรรมชาติ

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

\* ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: oranut.ni@ku.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6421>

## ORIGINAL ARTICLE

**Integration of Google Earth and a Spreadsheet (LESS-FOR-01) to Create an Online Tree-Level Carbon Storage Map at Khao Nam Sub, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi Province**

Methee Juntaropakorn<sup>1</sup>, Kritsanachai Rodsuk<sup>1</sup>, Kanyarat Jaidee<sup>1</sup>,  
Manirat Phothisan<sup>1</sup>, Sirikorn Chancharean<sup>1</sup>, Napimporn Sangvichien<sup>1</sup> and Oranut Ninkhet<sup>1\*</sup>

Received: 14 August 2025

Revised: 7 October 2025

Accepted: 20 October 2025

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Climate change has become a critical global issue affecting ecosystems worldwide, especially forests, which play a key role in carbon sequestration. While assessments often focus on large forests, small green spaces such as green university, nature trails, and urban green areas—also contribute to carbon storage and serve as platforms for environmental education. This study aimed to assess carbon storage of individual trees and generate spatially interactive carbon map the Khao Nam Sub Forest area at Kasetsart University, Sriracha Campus, Chonburi Province. This knowledge can apply the sustainable management of urban small green areas, including serve as a database for supporting environmental learning, as well as to supports the Sustainable Development Goals (SDGs 13 and 15) and aligns with Thailand's Bio-Circular-Green (BCG) Economy Model.

**Methodology:** The study was conducted within Khao Nam Sub area comprising dry evergreen forest (DEF) and mixed deciduous forest (MDF) types. Field data were collected along two designated nature trails: the summit trail (1.5 km) and the foothill loop trail (2.5 km), during August–October 2024. All trees and lianas with a diameter at breast height (DBH)  $\geq 4.5$  cm were identified, measured for DBH and total height, and georeferenced using the WGS84 coordinate system via the Google Earth mobile application. Some morphological characteristics were also photographed. Aboveground biomass (AGB) was estimated using forest-type-specific allometric equations, and belowground biomass (BGB) was derived as  $0.27 \times \text{AGB}$ . Carbon stock was calculated as 47% of total biomass (AGB + BGB) and expressed in tones of CO<sub>2</sub> equivalent (tCO<sub>2</sub>e). The integrated application between Google Earth and Spreadsheet LESS-FOR-01 Version 6 which developed by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) was used to create the interactive map that included information of scientific names, GBH, carbon values, and morphological images of each tree in both 2D and 3D formats. The research was done during August to October 2024.

**Main Results:** A total of 467 individual trees and climbing lianas were recorded along two designated nature trails, representing 70 species, 59 genera, and 33 families, indicating relatively high species richness within the study area. The most abundant climbing species was *Lasiobema scandens*. Across all individuals, the average diameter at breast height (DBH) was  $15.40 \pm 8.00$  cm, and the average height was  $8.76 \pm 4.21$  m, reflecting a structurally mixed stand composed of both small and maturing tree stages. The estimated total tree biomass for the entire surveyed area was 61.56 tons, comprising 48.47 tons of aboveground biomass (AGB) and 13.09 tons of belowground biomass. This corresponded to a total carbon stock of 28.93 tons carbon (tC), or 106.07 tons of CO<sub>2</sub>-equivalent (tCO<sub>2</sub>e). Upon analysis, clear structural differences were evident. The Summit trail contained the highest number of individuals (321 stems representing 48 species), which were mostly small in size, with a mean DBH of  $14.37 \pm 7.47$  cm and a mean height of  $7.89 \pm 2.45$  m. The total biomass was 31.51 tons (24.81 tons AGB and 6.70 tons BGB), storing 14.81 tC or 54.29 tCO<sub>2</sub>e. In contrast, the Foothill trail contained fewer trees (146 stems from 52 species), but trees were generally larger and taller, with a mean DBH of  $17.87 \pm 8.16$  cm and a mean height of  $10.65 \pm 5.04$  m. Its total biomass was 30.05 tons (23.66 tons AGB and 6.39 tons BGB), sequestering 14.12 tC or 51.78 tCO<sub>2</sub>e. Despite the smaller number of individuals, the foothill trail showed comparable carbon stocks to the summit trail, highlighting the greater influence of large-sized trees on carbon storage compared with high densities of small-sized trees. The forest composition and structure along both routes reflect a transitional mosaic of DEF and MDF tree species, with stratified canopy layers and varied stem sizes indicating ongoing regeneration and partial recovery from past disturbance. However, the accumulated carbon stock was lower compared with estimates from full-plot assessments of the entire Khao Nam Sub Forest. This discrepancy may be attributed to several limitations, including measurement uncertainties of tree height measured, the use of a fixed root-to-shoot ratio (0.27), and the linear-based sampling design along nature trails, which access forest edges and cannot fully represent the entire landscape. Although the positional accuracy of Google Earth Mobile depends on mobile signal quality, it proved suitable for generating interactive mapping and spatial visualization in the Khao Nam Sub Forest. The resulting map enables users to easily and clearly access tree-specific information along the nature trails, including scientific name, GBH, total height, carbon stock, and morphological images, with georeferenced positions displayed in both 2D and 3D formats. Such tools facilitate participatory learning, future research applications, and effective management of small-scale green spaces.

**Conclusion:** Integrating Google Earth with the LESS-FOR-01 spreadsheet proved to be an effective method for assessing and visualizing tree-level carbon storage in small green areas. The resulting interactive Tree Carbon Storage Map enhances the assessment of carbon sequestration potential at a micro-scale level and spatial-based learning while raising awareness of each tree's contribution to carbon storage in an ecosystem. This low-cost and replicable approach provides practical support for green space management, environmental education, and Thailand's pursuit of Carbon Neutrality and the Sustainable Development Goals (SDGs 13 and 15) within academic institutions and local communities.

**Keywords:** Google Earth, Spreadsheet, Interactive map, Tree carbon storage, Nature trail

---

<sup>1</sup>Department of Resources and Environment, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi Province 20230, Thailand

\* **Corresponding author:** E-mail: oranut.ni@ku.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6421>

### คำนำ (Introduction)

ในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทั่วโลก โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าไม้ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการดูดซับและกักเก็บคาร์บอน ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศและบรรเทาวิกฤตโลกร้อน (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021; Nowak *et al.*, 2013; Griscom *et al.*, 2017; Le Quéré *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม ในเขตเมืองและพื้นที่กึ่งเมืองที่มีพื้นที่สีเขียวจำกัด และพื้นที่สีเขียวขนาดเล็ก เช่น ป่าในมหาวิทยาลัย สวนสาธารณะ หรือเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการดูดซับคาร์บอนและการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Chen *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2018; Ziter *et al.*, 2019) การเพิ่มพื้นที่สีเขียวสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDG 13 Climate Action และ SDG 15 Life on Land) และยุทธศาสตร์ Bio-Circular-Green (BCG) Economy Model ของประเทศไทย ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุลเพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมควบคู่กัน (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), 2021; Royal Thai Government, 2023) ในระดับประเทศ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization; TGO)) ได้พัฒนา Spreadsheet สำเร็จรูป “LESS-FOR-01”

เพื่อประเมินคาร์บอนรายต้นจากข้อมูลภาคสนาม เช่น เส้นรอบวงที่ระดับอก (GBH) และความสูง (H) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับ Google Earth เพื่อสร้างแผนที่เชิงพื้นที่ที่เข้าใจง่ายและเข้าถึงได้สำหรับการจัดการทรัพยากรในชุมชนและสถาบันการศึกษา (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2022; Chavan *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2021)

พื้นที่ป่าเขา น้ำ ชัย นัน ทางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ได้รับอนุญาตจากกรมป่าไม้ให้ใช้ประโยชน์ป่าเพื่อดำเนินโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ครอบคลุมพื้นที่กว่า 53.2 เฮกตาร์ (332.5 ไร่) ทางวิทยาเขตได้พัฒนาเส้นทางธรรมชาติ 2 เส้นทาง คือ เส้นทางขึ้นยอดเขา และเส้นทางเชิงเขา เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีไม้เรือนยอดพื้นถิ่นขนาดใหญ่ เช่น จี้อาย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างเรือนยอดดูดซับคาร์บอนระยะยาว และสะท้อนศักยภาพการฟื้นฟูป่าธรรมชาติ (Chazdon & Brancalion, 2019; Poorter *et al.*, 2021) งานวิจัยที่ผ่านมาได้ชี้ว่าพื้นที่ป่าขนาดเล็กในเขตเมืองและชุมชนสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในระดับใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติ (Mokopena *et al.*, 2021; Nowak *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024) และในปัจจุบันมีการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ต่าง ๆ

โดยเฉพาะในป่าดิบเขาในประเทศไทย ซึ่งมีศักยภาพการสะสมคาร์บอนได้มากกว่า 150 ตันต่อเฮกตาร์ (Marod *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ยังขาดข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ซึ่งเป็นพื้นที่สีเขียวขนาดเล็ก เพื่อใช้ประกอบการจัดทำเส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ทางนิเวศวิทยา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและสื่อสารข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นรายต้นในเส้นทางธรรมชาติ สำหรับใช้เป็นต้นแบบของฐานข้อมูลคาร์บอนสำหรับการจัดการพื้นที่สีเขียว และส่งเสริมบทบาทของเส้นทางศึกษาธรรมชาติ และนโยบายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality)

## อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

### 1. สถานที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่ป่าเขาหน้าซับ ตั้งอยู่ภายในเขตพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีขนาดพื้นที่ 53.2 เฮกตาร์ (หรือ 332.5 ไร่) ประกอบด้วยป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) และ ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) (Thinkampheang *et al.*, 2025) ซึ่งยังคงมีความหลากหลายทางชีวภาพในระดับค่อนข้างสูง พื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาหินทรายและหินปูนสลับกัน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 50–250 เมตร มีความลาดชันปานกลางถึงสูง ภูมิอากาศจัดอยู่ในแบบมรสุมเขตร้อน

ฤดูฝนเริ่มในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200–1,500 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 27–30 องศาเซลเซียส (Thai Meteorological Department, 2024)

## 2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

### 2.1 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

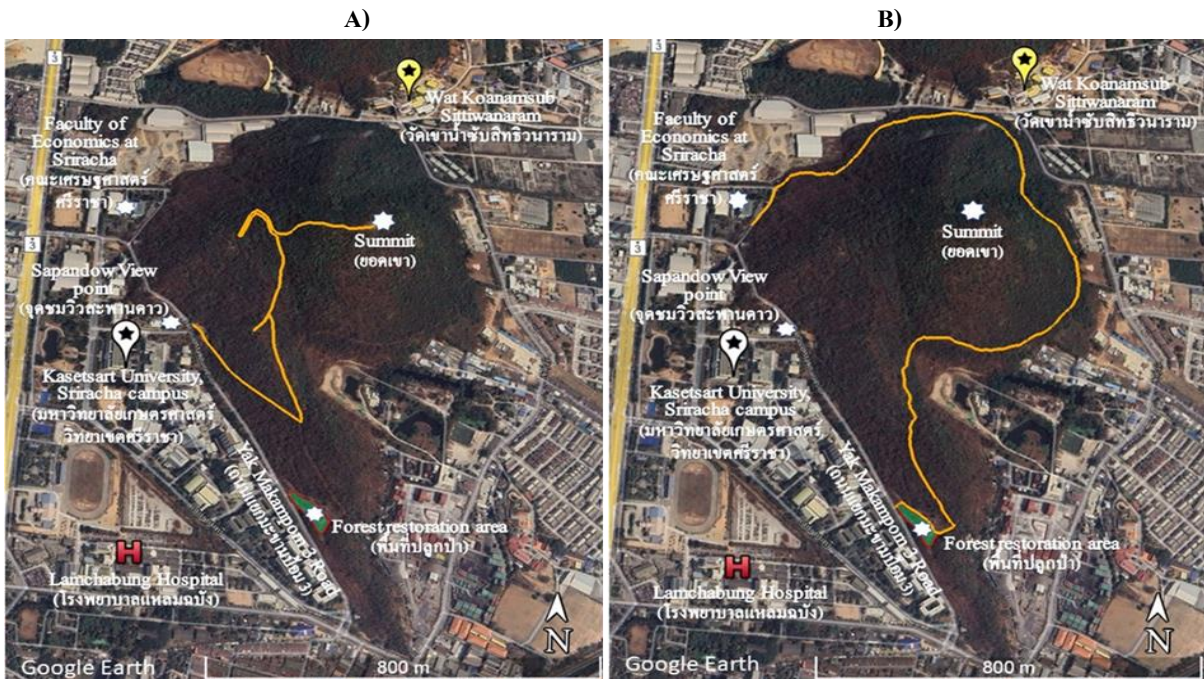
คัดเลือกเส้นทางธรรมชาติ 2 เส้นทาง คือ 1) เส้นทางขึ้นยอดเขา เริ่มจากประตูทางเข้าตรงข้ามจุดชมวิวดวงดาว ไปยังยอดเขาจุดสูงสุดของเขาน้ำซับ รวมระยะทาง 1.5 กิโลเมตร (Figure 1A) และ 2) เส้นทางศึกษาธรรมชาติเชิงเขา เริ่มจากถนนแยกมะขามป้อม 3 ด้านหลังหอพักนิสิต เดินตามแนวด้านหลังพื้นที่อนุรักษ์จนถึงคณะเศรษฐศาสตร์ ศรีราชา บริเวณศาลปู่พระฤๅษิตาวัว รวม 2.5 กิโลเมตร (Figure 1B) วิจัยระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2567

พิจารณาค้นไม้และไม้เลื้อยทุกต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH)  $\geq 4.5$  เซนติเมตร ทำการวัดขนาดความโต (DBH) ติดป้ายหมายเลข (Tag number) วัดความสูงรวม (Total height) ด้วยเครื่องวัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ Leica DISTO™ X4 และระบุชนิดไม้และเก็บตัวอย่างชนิดที่ไม่สามารถระบุชนิดได้เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช โดยการระบุชื่อพรรณไม้อ้างอิงตาม Smitinand (2014) จากนั้นใช้แอปพลิเคชัน Google Earth บนโทรศัพท์มือถือที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ



เรียลไทม์ เพื่อระบุและบันทึกตำแหน่งต้นไม้ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ WGS84 และถ่ายภาพลักษณะทางต้นฐานที่สำคัญ เช่น ลำต้น เปลือก ใบ ดอก ผล และทรงพุ่ม ข้อมูลทั้งหมดถูกบันทึกในช่องคำอธิบาย (Description) ของแต่ละจุดพิกัด

ใน Google Earth เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการสร้างแผนที่คาร์บอนเชิงโต้ตอบ (Interactive tree carbon storage map) ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการสื่อสารข้อมูล



**Figure 1.** Nature trail routes in the Khao Nam Sub area, consisting of (A) the summit trail and (B) the foothill trail, located partially within the forest restoration area of Kasetsart University, Sriracha Campus, Chonburi Province.

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

นำข้อมูลของต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH)  $\geq 4.5$  เซนติเมตร ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และ ความสูงทั้งหมด (Total height: H) จำนวนปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ Spreadsheet LESS-FOR-01 Version 6 (ไฟล์: LESS-FOR-01-version 06\_271166.xlsx) ซึ่งพัฒนาโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือน

กระจก (องค์การมหาชน) (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization); TGO) ภายใต้โครงการสนับสนุนกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้และการเกษตร (TGO, 2023) โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

ทำการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-ground biomass: AGB) โดยเลือกใช้

สมการแอลโลเมตรีเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพของไม้ใหญ่ในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ใช้สมการของ Ogawa *et al.* (1965) ดังนี้

$$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$$

$$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$$

$$W_L = ((28/(W_S+W_B)) + 0.025)^{-1}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

และใช้สมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) เพื่อประเมินมวลชีวภาพไม้ในป่าดิบแล้ง ดังนี้

$$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

$$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$$

$$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

ใช้สมการของ Viriyabanha *et al.* (2011) ประเมินมวลชีวภาพในกลุ่มเถาว์วัลย์ ดังนี้

$$W_T = 0.8622 \times (D)^{2.0210}$$

เมื่อ  $W_S$  = มวลชีวภาพเหนือดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

$W_B$  = มวลชีวภาพเหนือดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

$W_L$  = มวลชีวภาพเหนือดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

$W_T$  = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง + ใบ (กิโลกรัม)

D หรือ DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

การประเมินปริมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (Belowground biomass; BGB) คำนวณจากสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้น ดังนี้

$BGB = AGB \times \text{สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้}$

หมายเหตุ: ใช้ ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้น ของกลุ่มพรรณไม้ทั่วไป และเถาว์วัลย์ เท่ากับ 27.00 (IPCC, 2006)

สัดส่วนการกักเก็บคาร์บอน (Carbon fraction: CF) ในมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ของต้นไม้ มีค่าประมาณร้อยละ 47 (IPCC, 2006) หรือ 0.47 ดังนั้น ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ คำนวณได้จาก “ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (ตัน C) = มวลชีวภาพ (ตัน) x 0.47”

การแปลงปริมาณคาร์บอนให้เป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ดูดซับ ( $CO_2$  sequestration) จำเป็นต้องใช้อัตราส่วนมวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน (เท่ากับ 44/12) โดยคำนวณได้จาก “ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอน) x (44/12)”

### 3.2 การวิเคราะห์การกระจายขนาดลำต้น (DBH size-class distribution)

จัดชั้นขนาด DBH เริ่มจาก 4.5 ซม. โดยแบ่งช่วงเท่า ๆ กัน (เช่น 4.5–10, 10–20, 20–30, ...) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างป่าและการสืบต่อพันธุ์ (Regeneration pattern) ว่ามีการกระจายเป็นรูปแบบใด รวมถึงเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางขึ้นยอดเขา และ เส้นทางเชิงเขา

### 3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DBH, ความสูง (H), มวลชีวภาพเหนือดิน (AGB), มวลชีวภาพใต้ดิน (BGB), คาร์บอน (C) และ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2e</sub>) ระหว่างสองเส้นทาง ด้วย Independent samples t-test และ รายงานค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean  $\pm$  SD) ของแต่ละตัวแปร โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics version 26.0 (Field, 2013)

### 3.4 การจัดทำแผนที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นรายต้น โดยประยุกต์ใช้ Google Earth และ Spreadsheet LESS-FOR-01

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนรายต้นดำเนินการโดยใช้ Spreadsheet LESS-FOR-01 Version 6 ซึ่งพัฒนาโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยนำข้อมูลของไม้ต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH)  $\geq 4.5$  เซนติเมตร และข้อมูลชนิดไม้ ได้แก่ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และภาพถ่ายลักษณะทางสัณฐานวิทยา เพื่อคำนวณมวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) โดยเลือกใช้สมการแอลโลเมตรีให้สอดคล้องกับชนิดป่า โดยใช้ตาม Ogawa *et al.* (1965) สำหรับป่าผสมผลัดใบ และ Tsutsumi *et al.* (1983) สำหรับป่าดิบแล้ง รวมถึงใช้สมการของ Viriyabancha *et al.* (2011) สำหรับเถาวัลย์ จากนั้นคำนวณมวลชีวภาพใต้ดิน (BGB) โดยใช้อัตราส่วนรากต่อลำต้นที่แนะนำโดย Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ส่วนปริมาณคาร์บอนสะสม

(Carbon stock) คำนวณจากมวลชีวภาพรวมคูณด้วยค่า Carbon fraction (CF) = 0.47 ตามแนวทางของ IPCC และแปลงเป็น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2e</sub>) ด้วยอัตราส่วนมวลโมเลกุล 44/12

ข้อมูลผลการคำนวณถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบในแอปพลิเคชัน Google Earth เพื่อสร้าง “แผนที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นรายต้น (Tree carbon storage map)” โดยระบุตำแหน่งต้นไม้แต่ละต้นด้วยหมุด และเพิ่มรายละเอียดในช่องคำอธิบายของชนิดไม้แต่ละต้นดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อสร้างแผนที่ซึ่งถูกออกแบบเป็นระบบเชิงโต้ตอบ (Interactive map) ที่แสดงผลทั้ง สองมิติ (2D) และ สามมิติ (3D) ผู้ใช้สามารถคลิกดูข้อมูลของต้นไม้แต่ละต้นเพื่อเข้าถึงรายละเอียดเชิงพื้นที่และค่าคาร์บอนแบบเรียลไทม์ ก่อนเผยแพร่ข้อมูลได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งพิกัดและข้อมูลประกอบ โดยเปรียบเทียบข้อมูลภาคสนามและการตรวจสอบบนอุปกรณ์พกพา เพื่อยืนยันความสอดคล้องกับสภาพจริงในพื้นที่

## ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

### 1. ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นริมเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ

จากการสำรวจไม้ต้นและไม้เลื้อยตลอดเส้นทางศึกษาธรรมชาติเขาน้ำซับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบไม้ต้นรวมทั้งหมด 467 ลำต้น

ครอบคลุม 70 ชนิด 59 สกุล 33 วงศ์ และมีไม้เลื้อย 1 ชนิด คือ กระจับปี่ (*Lasiobema scandens* (L.) de Wit) พรรณไม้เด่นส่วนใหญ่เป็นไม้พื้นถิ่นของป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบ เช่น จี้อ้าย ประดู่ป่าเขลง (*Dialium cochinchinense* Pierre) สวอง (*Vitex limonifolia* Wall. ex Walp.) ลำตาควาย (*Diospyros coactanea* H. R. Fletcher) กุ๊ก (*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.) จีวป่า (*Bombax anceps* Pierre) ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa* Juss.) มะนาวผี (*Atalantia monophylla* (L.) DC.) และมะกอกป่า (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) เป็นต้น ไม้ที่สำรวจทั้งหมดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย  $15.40 \pm 8.00$  เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย  $8.76 \pm 4.21$  เมตร แสดงถึงโครงสร้างป่าที่กำลั้งฟื้นฟู โดยมีทั้งไม้ขนาดเล็กที่กำลั้งเติบโตและไม้ขนาดใหญ่ขึ้นร่วมกัน มีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ  $61.55$  ตัน แบ่งเป็นมวลชีวภาพเหนือดิน (AGB)  $48.47$  ตัน และใต้ดิน (BGB)  $13.09$  ตัน คิดเป็นปริมาณคาร์บอนสะสมรวม  $28.93$  ตัน คาร์บอน หรือ  $106.07$  ตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Table 1)

เมื่อพิจารณาแยกตามเส้นทาง พบว่าเส้นทางขึ้นยอดเขา มีจำนวนต้นไม้มากที่สุด คือ 321 ลำต้น ครอบคลุม 48 ชนิด 42 สกุล 28 วงศ์ และมีไม้เลื้อย 1 ชนิด คือกระจับปี่ ชนิดไม้เด่นได้แก่ จี้อ้าย เขลง ประดู่ป่า สวอง ลำตาควาย กระเบาหลัก (*Hydnocarpus ilicifolia* King) กัดลิ้น (*Walsura trichostemon* Miq.) กุ๊ก มะนาวผี และกระเจียน (*Hubera cerasoides* (Roxb.)

Chaowasku) ชนิดไม้ในเส้นทางนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย  $14.37 \pm 7.47$  เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย  $7.89 \pm 2.45$  เมตร มีมวลชีวภาพรวม  $31.51$  ตัน (AGB =  $24.81$  ตัน และ BGB =  $6.70$  ตัน) คาร์บอนสะสม  $14.81$  ตันคาร์บอน และ  $54.29$  ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ชนิดไม้ที่มีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดในเส้นทางนี้คือ จี้อ้าย มีขนาด DBH เฉลี่ย  $33.20 \pm 6.45$  เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย  $18.60 \pm 3.50$  เมตร ดังนั้น จี้อ้าย จึงเป็นไม้พื้นถิ่นสำคัญที่ช่วยสร้างเรือนยอดและกักเก็บคาร์บอนได้อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ (Table 2)

เส้นทางเชิงเขา พบไม้ต้นรวม 146 ลำต้น ครอบคลุม 52 ชนิด 48 สกุล 25 วงศ์ และมีไม้เลื้อย 1 ชนิด คือกระจับปี่ พรรณไม้เด่น ได้แก่ ประดู่ป่า ลำตาควาย จี้อ้าย จีวป่า ปอแก่นเทา มะกอกเกลื่อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) พฤษภ (*Albizia lebbek* (L.) Benth.) สวอง กุ๊ก และมะกอกป่า ชนิดไม้ในเส้นทางนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย  $17.87 \pm 8.16$  เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย  $10.65 \pm 5.04$  เมตร มีมวลชีวภาพรวม  $30.06$  ตัน (AGB =  $23.66$  ตัน, BGB =  $6.39$  ตัน) คาร์บอนสะสม  $14.12$  ตันคาร์บอน หรือ  $51.78$  ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยไม้ที่มีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดคือ ประดู่ป่า ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย  $42.50 \pm 9.32$  เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย  $20.40 \pm 4.25$  เมตร จึงถือเป็นไม้พื้นถิ่นที่มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ (Table 3)

**Table 1.** Biomass and carbon sequestration of tree species along the nature trails in the Khao Nam Sub Conservation Area, Kasetsart University Sriracha Campus.

Scientific Name	Family	Number of trees	Mean DBH (cm)	Mean Tree Height (m)	Above-Ground	Below-Ground	Biomass (t)	Carbon Storage (tC)	Sequestered CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e)
					Biomass (WT) (t)	Biomass (t)			
<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	44.00	21.48	11.19	8.92	2.41	11.32	5.32	19.51
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	25.00	22.43	11.62	7.39	2.00	9.39	4.41	16.17
<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	Fabaceae	19.00	16.60	11.00	2.49	0.67	3.16	1.48	5.44
<i>Vitex limonifolia</i> Wall. ex Walp.	Lamiaceae	25.00	17.43	8.57	2.20	0.59	2.79	1.31	4.81
<i>Diospyros coactanea</i> H. R. Fletcher	Ebenaceae	16.00	18.49	10.52	2.18	0.59	2.77	1.30	4.77
<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Anacardiaceae	40.00	13.11	8.10	1.99	0.54	2.53	1.19	4.36
<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	12.00	19.86	8.91	1.93	0.52	2.45	1.15	4.22
<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	Malvaceae	23.00	15.39	8.31	1.57	0.42	1.99	0.94	3.43
<i>Atalantia monophylla</i> (L.) DC.	Rutaceae	16.00	15.32	7.40	1.34	0.36	1.70	0.80	2.93
<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz.	Anacardiaceae	9.00	17.64	10.36	1.32	0.36	1.68	0.79	2.90
<i>Lasiobema scandens</i> (L.) de Wit.	Fabaceae	6.00	13.05	-	1.22	0.33	1.55	0.73	2.66
<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Burseraceae	3.00	26.52	13.60	1.14	0.31	1.45	0.68	2.51
<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	6.00	21.27	11.36	1.01	0.27	1.28	0.60	2.21
<i>Pterospermum grandiflorum</i> Craib	Malvaceae	2.00	28.99	16.40	0.84	0.23	1.07	0.50	1.84
<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	Fabaceae	1.00	33.92	28.30	0.81	0.22	1.03	0.49	1.78
<i>Lagerstroemia floribunda</i> Jack var. <i>floribunda</i>	Lythraceae	5.00	18.96	11.92	0.78	0.21	0.99	0.47	1.71
<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre.	Boraginaceae	1.00	33.73	25.00	0.72	0.19	0.91	0.43	1.57
<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	Burseraceae	5.00	18.54	9.72	0.69	0.19	0.87	0.41	1.50
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss. var. <i>siamensis</i> Valetou.	Meliaceae	1.00	49.00	10.70	0.65	0.18	0.83	0.39	1.43
<i>Hubera cerasoides</i> (Roxb.) Chaowasku	Annonaceae	18.00	10.62	7.66	0.61	0.16	0.77	0.36	1.33
<b>Other 50 species</b>		<b>190.00</b>	<b>12.81</b>	<b>7.34</b>	<b>8.68</b>	<b>2.34</b>	<b>11.02</b>	<b>5.18</b>	<b>19.00</b>
<b>Total</b>		<b>467.00</b>	<b>15.40±8.00</b>	<b>8.76±4.21</b>	<b>48.47</b>	<b>13.09</b>	<b>61.55</b>	<b>28.93</b>	<b>106.07</b>

**Table 2.** Biomass and carbon sequestration of tree species along the summit nature trail in the Khao Nam Sub Conservation Area.

Scientific Name	Family	Number of trees	Mean DBH (cm)	Mean Tree Height (m)	Above-Ground Biomass (WT) (t)	Below-Ground Biomass (t)	Biomass (t)	Carbon Storage (tC)	Sequestered CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e)
<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	37	21.51	10.77	7.56	2.04	9.60	4.51	16.54
<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	Fabaceae	16	16.27	10.26	2.01	0.54	2.55	1.20	4.40
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	18	17.94	9.27	1.80	0.49	2.29	1.07	3.94
<i>Vitex limonifolia</i> Wall. ex Walp.	Lamiaceae	19	17.42	8.05	1.58	0.43	2.01	0.94	3.46
<i>Lansea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Anacardiaceae	35	12.71	7.56	1.50	0.41	1.91	0.90	3.29
<i>Atalantia monophylla</i> (L.) DC.	Rutaceae	13	16.69	6.76	1.25	0.34	1.58	0.74	2.73
<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz.	Anacardiaceae	8	16.53	10.03	1.08	0.29	1.37	0.64	2.36
<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	8	17.92	8.04	0.77	0.21	0.98	0.46	1.69
<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	Malvaceae	13	14.80	7.56	0.76	0.20	0.96	0.45	1.66
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss. var. <i>siamensis</i> Valetou.	Meliaceae	1	49.00	10.70	0.65	0.18	0.83	0.39	1.43
<i>Hubera cerasoides</i> (Roxb.) Chaowasku	Annonaceae	17	10.87	7.70	0.60	0.16	0.76	0.36	1.31
<i>Lasiobema scandens</i> (L.) de Wit.	Fabaceae	5	10.25	-	0.54	0.15	0.69	0.32	1.18
<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	Hypericaceae	11	12.13	7.26	0.50	0.14	0.64	0.30	1.11
<i>Tamarindus indica</i> L.	Leguminosae	2	29.99	8.45	0.46	0.12	0.58	0.27	1.00
<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Malvaceae	10	10.36	8.01	0.35	0.09	0.44	0.21	0.76
<i>Diospyros coaetanea</i> H. R. Fletcher	Ebenaceae	7	13.46	8.08	0.34	0.09	0.43	0.20	0.74
<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i> Pierre.	Lythraceae	6	11.19	8.88	0.33	0.09	0.42	0.20	0.72
<i>Lagerstroemia duperreana</i> Pierre ex Gagnep. var. <i>duperreana</i>	Lythraceae	7	12.65	6.49	0.30	0.08	0.38	0.18	0.65
<i>Diospyros malabarica</i> ( Desr.) Kostel. var. <i>malabarica</i>	Ebenaceae	7	12.85	6.02	0.23	0.06	0.30	0.14	0.51
<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	1	29.75	9.20	0.22	0.06	0.28	0.13	0.48
<b>Other 28 species</b>		<b>80.00</b>	<b>15.21</b>	<b>8.97</b>	<b>1.98</b>	<b>0.53</b>	<b>2.51</b>	<b>1.18</b>	<b>4.33</b>
<b>Total</b>		<b>321.00</b>	<b>14.27±7.47</b>	<b>7.89±2.45</b>	<b>24.81</b>	<b>6.70</b>	<b>31.50</b>	<b>14.81</b>	<b>54.29</b>

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลเชิงโครงสร้างและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนระหว่างสองเส้นทาง พบว่าเส้นทางเชิงเขามีค่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย (DBH) ความสูง (Height) มวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) มวลชีวภาพใต้ดิน (BGB) คาร์บอนสะสม และค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เฉลี่ยต่อหนึ่งต้นสูงกว่าเส้นทางขึ้นยอดเขาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ในขณะที่เส้นทางขึ้นยอดเขามีจำนวนต้นและความหนาแน่นสูงกว่า แต่ต้นมีขนาดเล็กกว่า

ผลการทดสอบทางสถิติด้วย Independent samples t-test แสดงให้เห็นว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ย ( $t = -4.88, p < 0.001$ ) ความสูงเฉลี่ย ( $t = -6.03, p < 0.001$ ) AGB ( $t = -4.27, p < 0.001$ ) BGB ( $t = -4.18, p < 0.001$ ) ปริมาณคาร์บอน ( $t = -4.36, p < 0.001$ ) และค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ( $t = -4.36, p < 0.001$ ) ของเส้นทางเชิงเขาสูงกว่าอย่างชัดเจน แสดงว่าเส้นทางเชิงเขาอยู่ในระยะฟื้นตัวไปสู่โครงสร้างป่าไม้ใหญ่และเรือนยอดที่หนาแน่นมากขึ้น ขณะที่เส้นทางขึ้นยอดเขายังอยู่ในระยะฟื้นตัวที่มีไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลางอยู่มาก แต่มีการสืบต่อพันธุ์ใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง

พื้นที่ศึกษามีองค์ประกอบพรรณไม้ที่หลากหลายของป่าดิบแล้งและป่าผสมผลัดใบทางชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การที่พบพรรณไม้มากถึง 70 ชนิด 59 สกุล และ 33 วงศ์ภายในพื้นที่ค่อนข้างจำกัด สะท้อนถึงความสมบูรณ์ของโครงสร้างพรรณไม้และความ

เหมาะสมของสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นที่เหมาะสมสำหรับความหลากหลายทางชีวภาพ) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ความหลากหลายทางชีวภาพมีบทบาทสำคัญต่อความเสถียรและหน้าที่ของระบบนิเวศ รวมถึงศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน (Cardinale *et al.*, 2012; Chazdon, 2014) การที่พื้นที่นี้ยังสามารถรองรับชนิดไม้เด่นของป่าธรรมชาติ เช่น จี๋อาย ประดู่ป่า สวอง และ เขลง ซึ่งเป็นชนิดไม้เด่นที่พบในป่าดิบแล้ง (Marod *et al.*, 2018) แสดงให้เห็นถึงกระบวนการฟื้นฟูป่าที่มีแนวโน้มคืนโครงสร้างป่าดั้งเดิมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างเส้นทางศึกษาธรรมชาติทั้งสอง พบความแตกต่างที่สะท้อน ระยะเวลาฟื้นตัวของป่า (Successional stage) ได้ชัดเจน โดยเส้นทางขึ้นยอดเขา มีจำนวนต้นไม้มากกว่า (321 ลำต้น) แต่มีขนาดเล็กกว่า (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ย  $14.37 \pm 7.47$  เซนติเมตร ความสูง  $7.89 \pm 2.45$  เมตร) บ่งชี้ถึงระยะการฟื้นตัวช่วงแรก (Early successional phase) ที่มีไม้ขนาดเล็กและการสืบต่อของต้นรุ่นใหม่จำนวนมาก ขณะที่เส้นทางเชิงเขา มีจำนวนลำต้นน้อยกว่า (146 ลำต้น) แต่มีขนาดใหญ่กว่า อย่างมีนัยสำคัญ (DBH เฉลี่ย  $17.87 \pm 8.16$  เซนติเมตร; ความสูง  $10.65 \pm 5.04$  เมตร) และมีมวลชีวภาพต่อต้นสูงกว่า ทั้งมวลชีวภาพเหนือดิน (AGB) และมวลชีวภาพใต้ดิน (BGB) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ )

**Table 3.** Biomass and carbon sequestration of tree species along the foothill nature trail in the Khao Nam Sab Conservation Area.

Scientific Name	Family	Number of trees	Mean DBH (cm)	Mean Tree Height (m)	Above-Ground Biomass (WT) (t)	Below-Ground Biomass (t)	Biomass (t)	Carbon Storage (tC)	Sequestered CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e)
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	7.00	33.97	17.68	5.59	1.51	7.10	3.34	12.24
<i>Diospyros coaetanea</i> H. R. Fletcher	Ebenaceae	9.00	22.41	12.42	1.84	0.50	2.34	1.10	4.03
<i>Terminalia nigrovenulosa</i> Pierre	Combretaceae	7.00	21.32	13.42	1.36	0.37	1.72	0.81	2.97
<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	4.00	23.74	10.64	1.15	0.31	1.47	0.69	2.53
<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Burseraceae	3.00	26.52	13.60	1.14	0.31	1.45	0.68	2.51
<i>Pterospermum grandiflorum</i> Craib	Malvaceae	2.00	28.99	16.40	0.84	0.23	1.07	0.50	1.84
<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	Fabaceae	1.00	33.92	28.30	0.81	0.22	1.03	0.49	1.78
<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	Malvaceae	10.00	16.17	9.28	0.81	0.22	1.03	0.48	1.77
<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	5.00	19.57	11.79	0.79	0.21	1.00	0.47	1.73
<i>Lagerstroemia floribunda</i> Jack var. <i>floribunda</i>	Lythraceae	5.00	18.96	11.92	0.78	0.21	0.99	0.47	1.71
<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre.	Boraginaceae	1.00	33.73	25.00	0.72	0.19	0.91	0.43	1.57
<i>Lasiobema scandens</i> (L.) de Wit.	Fabaceae	1.00	27.05	-	0.68	0.18	0.86	0.40	1.48
<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	Burseraceae	4.00	20.24	10.23	0.65	0.18	0.83	0.39	1.43
<i>Vitex limonifolia</i> Wall. ex Walp.	Lamiaceae	6.00	17.44	10.21	0.62	0.17	0.79	0.37	1.36
<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	Fabaceae	3.00	23.70	11.40	0.52	0.14	0.65	0.31	1.13
<i>Lanea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	Anacardiaceae	5.00	15.88	11.87	0.49	0.13	0.62	0.29	1.07
<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	Fabaceae	3.00	18.36	14.90	0.47	0.13	0.60	0.28	1.04
<i>Lagerstroemia loudonii</i> Teijsm. & Binn.	Lythraceae	4.00	17.94	10.99	0.41	0.11	0.52	0.24	0.89
<i>Streblus asper</i> Lour.	Moraceae	4.00	19.35	6.88	0.38	0.10	0.48	0.23	0.83
<i>Mallotus philippensis</i> (Lam.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	7.00	12.77	9.86	0.36	0.10	0.45	0.21	0.78
<b>Other 35 species</b>		<b>55.00</b>	<b>13.47</b>	<b>8.19</b>	<b>3.25</b>	<b>0.88</b>	<b>4.13</b>	<b>1.94</b>	<b>7.12</b>
<b>Total</b>		<b>146.00</b>	<b>17.87±8.16</b>	<b>10.65±5.04</b>	<b>23.66</b>	<b>6.39</b>	<b>30.05</b>	<b>14.12</b>	<b>51.78</b>



สะท้อนการพัฒนาไปสู่ป่าระยะกลางถึงระยะเปลี่ยนผ่าน ซึ่งมีโครงสร้างไม้ใหญ่และเรือนยอดซับซ้อนมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Poorter *et al.* (2016) ที่ระบุว่า การกักเก็บคาร์บอนมีความสัมพันธ์กับขนาดต้นไม้มากกว่าจำนวนต้นไม้ ค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมของพื้นที่ศึกษานี้เท่ากับ 28.93 ตันคาร์บอน หรือ 106.07 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งต่ำกว่าค่าที่รายงานโดย Thinkampheang *et al.* (2025) ที่ศึกษาในป่าดิบแล้งบริเวณเดียวกัน (209.18 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ความแตกต่างนี้ส่วนหนึ่งมาจากวิธีการสำรวจที่เน้นเฉพาะแนวเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ซึ่งมีความกว้างจำกัดและไม่ได้ครอบคลุมพื้นที่ป่าทั้งหมด

การกระจายชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นทางขึ้นยอดเขามีลักษณะเป็น Reverse J-shaped แสดงถึงการงอกใหม่และไม้ขนาดเล็กจำนวนมาก ส่วนเส้นทางเชิงเขามีลักษณะทรงระฆังคว่ำ (Bell-shaped) แสดงถึงโครงสร้างป่าที่มีไม้ขนาดใหญ่เป็นสัดส่วนที่ไม่สม่ำเสมอ การกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ปกติ อาจเนื่องมาจากการรบกวนจากการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในอดีต โดยพบไม้ขนาดใหญ่เด่น เช่น ประดู่ป่า ในเส้นทางเชิงเขา (DBH เฉลี่ย  $30.2 \pm 6.1$  เซนติเมตร; ความสูง  $16.4 \pm 3.8$  เมตร) และ จี้อ้าย ในเส้นทางขึ้นยอดเขา (DBH เฉลี่ย  $24.7 \pm 5.2$  เซนติเมตร; ความสูง  $14.1 \pm 2.9$  เมตร)

นอกจากนี้ การบูรณาการข้อมูลมวลชีวภาพและคาร์บอนรายต้นกับเทคโนโลยีภูมิ

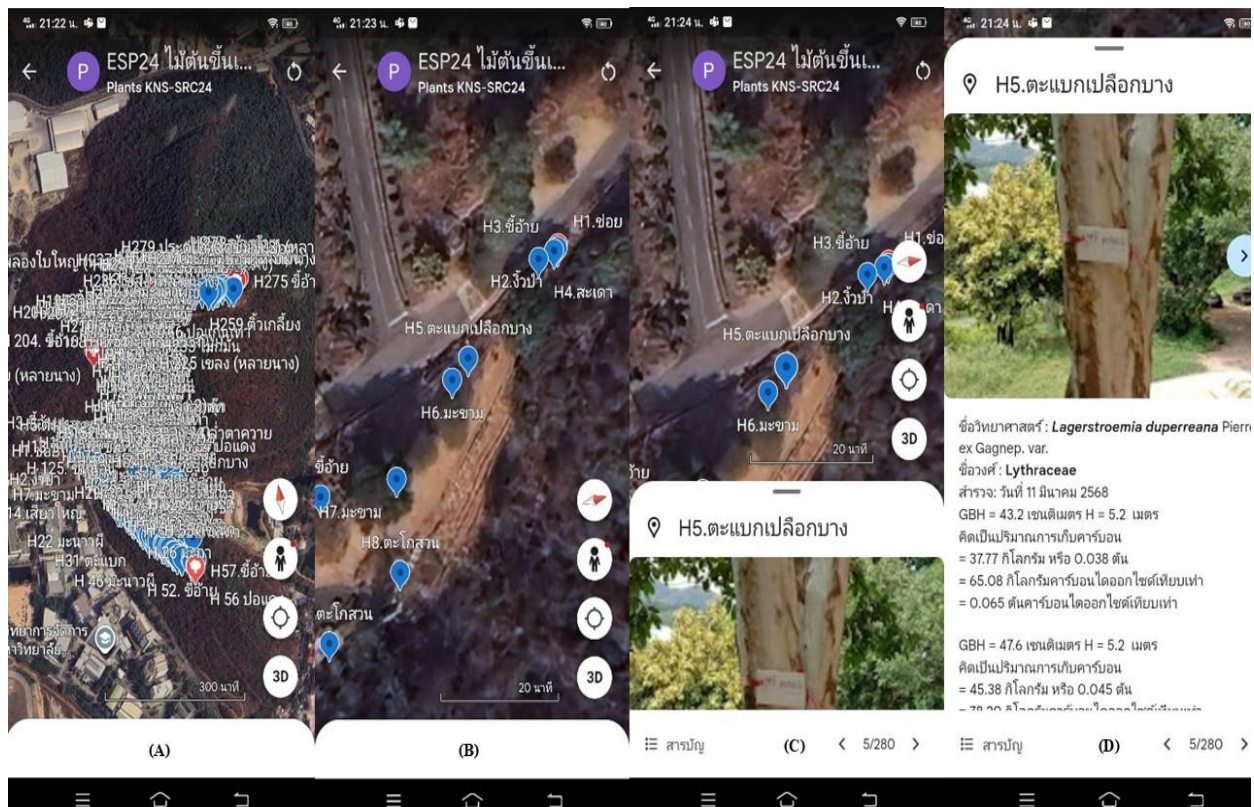
สารสนเทศคือ Google Earth ในการสร้างแผนที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นรายต้น ช่วยเพิ่มศักยภาพในการสื่อสารข้อมูลเชิงพื้นที่และสนับสนุนการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมในสถาบันการศึกษาและชุมชน การนำเสนอข้อมูลเชิงโต้ตอบแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงรายละเอียดเชิงพื้นที่ได้ง่ายและเพิ่มความเข้าใจเชิงลึกต่อการกักเก็บคาร์บอนรายต้น สอดคล้องกับ Nowak *et al.* (2013) ที่ระบุว่า การใช้ข้อมูลคาร์บอนของต้นไม้รายต้นร่วมกับเทคโนโลยีออนไลน์ช่วยเพิ่มการตระหนักรู้ต่อระบบนิเวศบริการของประเทศไทยที่เน้นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนควบคู่กับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ONEP, 2021) รวมถึงการติดตามป่าไม้ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล (FAO, 2022; Kumar *et al.*, 2023)

## 2. แผนที่ออนไลน์การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (Tree carbon storage map)

ได้จัดทำแผนที่การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นตามเส้นทางเดินธรรมชาติทั้งสองเส้นทางในพื้นที่ป่าเขาน้ำซับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา โดยบันทึกพิกัดตำแหน่งไม้ต้นทุกต้นที่มีการติดป้ายหมายเลข อย่างเป็นระบบผ่านแอปพลิเคชัน Google Earth ทำให้สามารถจัดการข้อมูลทั้งด้านตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และข้อมูลพฤกษศาสตร์ของไม้ต้นรายต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม้ต้นแต่ละต้นถูกระบุตำแหน่งด้วยสัญลักษณ์หมุดสีฟ้า พร้อมชื่อชนิดไม้และ

หมายเลขต้นไม้ในมุมมองภาพถ่ายดาวเทียมแบบ 2 มิติ (Figure 2A and 2B) บริเวณที่ต้นไม้อยู่ใกล้กันหรือกระจุกตัว หมุดอาจซ้อนทับกัน ผู้ใช้สามารถปรับขยาย (Zoom in/out) หรือเปลี่ยนเป็นมุมมอง 3 มิติ (3D fly-through) เพื่อสำรวจภูมิประเทศแบบ 360 องศา เพิ่มความแม่นยำในการระบุต้นไม้ในพื้นที่ลาดชัน (Figure 2C and 2D) ข้อมูลที่แสดงภายในคำอธิบายของหมุดแต่ละต้นไม้ ผู้ใช้สามารถเชื่อมโยงไปยังฐานข้อมูลออนไลน์ เช่น Tropicos, POWO หรือ ThaiPlants เพื่อศึกษาข้อมูลชนิดไม้เพิ่มเติมได้

ผลการสำรวจพบว่าเส้นทางเชิงเขา มีต้นไม้ขนาดใหญ่และกักเก็บคาร์บอนได้มากกว่า โดยเฉพาะ ประดู่ป่า (มีค่าเฉลี่ย DBH  $42.1 \pm 5.6$  เซนติเมตร และความสูง  $18.3 \pm 3.4$  เมตร) กักเก็บคาร์บอนได้สูงสุด 1.24 ตันคาร์บอน/ต้น (4.55 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ขณะที่ เส้นทางขึ้นยอดเขา พบ จี้อ้าย เป็นไม้ที่มี DBH ใหญ่ที่สุด ( $36.7 \pm 4.8$  เซนติเมตร; สูง  $15.9 \pm 2.8$  เมตร) กักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 0.98 ตันคาร์บอน/ต้น (3.59 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)



**Figure 2.** Mobile interface view when tapping Tag no. H5 *Lagerstroemia duperreana* on the Google Earth map of the summit trail, shown from a visitor's perspective. A) Overview tree mapping on mobile screen, B) view when zooming to an interesting location, C) view when tapping Tag no. H5 and D) view when swiping up mobile screen to show Tag no. H5 information

การระบุตำแหน่งไม้เด่นผ่านแผนที่เชิงโต้ตอบนี้ช่วยให้สามารถจัดลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์และบริหารจัดการพื้นที่สีเขียวได้อย่างแม่นยำ เทคโนโลยี Google Earth แสดงศักยภาพสูงในการผสมข้อมูลมวลชีวภาพรายต้นกับภูมิสารสนเทศ ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้งานง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Deng *et al.* (2021) ที่ยืนยันว่า Google Earth Pro ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจัดการพื้นที่สีเขียวและฐานข้อมูลพืชพรรณในเขตเมือง และสามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อนุรักษ์ขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดทำแผนที่เชิงโต้ตอบยังสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ตามแนวทางของ Nowak *et al.* (2013) ช่วยให้ผู้ใช้ตระหนักถึงบทบาทของต้นไม้ในการดูดซับคาร์บอนได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงสนับสนุนงานวิจัยที่ชี้ว่าพื้นที่สีเขียวขนาดเล็กสามารถมีบทบาทสำคัญต่อการดูดซับคาร์บอนในระดับชุมชน (Mokopena *et al.*, 2021)

อย่างไรก็ตาม การใช้ Google Earth ในการจัดทำแผนที่อาจมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำของพิกัดในกรณีที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียรหรือสภาพอากาศมีฝนตกและเมฆหนาแน่น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของตำแหน่งที่บันทึก (IPCC, 2021) จึงควรมีการตรวจสอบภาคสนามอย่างสม่ำเสมอเพื่อปรับปรุงข้อมูลให้สอดคล้องกับสภาพจริง และสามารถต่อยอดไปสู่การ

ติดตามชนิดไม้ต่างถิ่นรุกราน ด้วยการประยุกต์กับระบบเครือข่ายดิจิทัล (Chuanpeng *et al.*, 2024)

### สรุป (Conclusion)

ศักยภาพของพื้นที่สีเขียวขนาดเล็กมีส่วนช่วยในการสนับสนุนการกักเก็บคาร์บอนและการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ โดยพื้นที่เขาน้ำซับมีความหลากหลายชนิดไม้สูง สะท้อนถึงความสมบูรณ์ในการฟื้นตัวเชิงนิเวศ ผลการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางศึกษาธรรมชาติแสดงให้เห็นถึงระยะการฟื้นตัวป่าที่แตกต่างกัน โดยเส้นทางขึ้นยอดเขามีไม้ขนาดเล็กหนาแน่น ขณะที่เส้นทางเชิงเขามีโครงสร้างไม้ใหญ่และเรือนยอดที่พัฒนามากขึ้น สะท้อนถึงศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนที่สูงขึ้นแม้จำนวนต้นจะน้อยกว่า ส่วนการบูรณาการข้อมูลภาคสนามกับเครื่องมือภูมิสารสนเทศ เพื่อสร้างแผนที่การกักเก็บคาร์บอนรายต้นนับเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการจัดเก็บ วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลคาร์บอนในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่เข้าถึงได้ง่ายและเข้าใจได้ทันที ทำให้การบริหารจัดการพื้นที่สีเขียว และการสื่อสารด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### เอกสารอ้างอิง (References)

- Cardinale, B. J., J. E. Duffy, A. Gonzalez, D. U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, & S. Naeem. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486(7401): 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>

- Chavan, S. B., A. Keerthika, S. K. Dhyani, A. K. Handa, R. Newaj, K. Rajarajan, & R. Prasad. 2020. National agroforestry policy in India: A low hanging fruit for carbon sequestration to meet INDCs and SDGs. **Environmental Sustainability** 3(1): 5–17. <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00094-1>
- Chazdon, R. L. & P. H. S. Brancalion. 2019. Restoring forests as a means to many ends. **Science** 365(6448): 24–25. <https://doi.org/10.1126/science.aax9539>
- Chazdon, R. L. 2014. **Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago, IL: University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226118109.001.0001>
- Chen, B., M. Artmann & Q. Zhou. 2022. Contrasting inequality in human exposure to greenspace: A cross-continental analysis of 1,028 cities. **Nature Communications** 13: 32258. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32258-4>
- Chuanpeng, L., Y. Zhang, X. Wei & C. Huang. 2024. Deep learning-based tree species identification and mapping for biodiversity monitoring using high-resolution remote sensing. **Ecological Indicators** 160: 112114. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.112114>
- Deng, C., C. Wu, J. Li, R. Chen, L. Wang & G. Li. 2021. Integration of Google Earth Pro and field inventory for efficient urban green space mapping and management. **Urban Forestry & Urban Greening** 61: 127103. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127103>
- FAO. 2022. **State of the World's Forests 2022: Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb9360en>
- Field, A. 2013. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics**. 4th ed. London: SAGE.
- Griscom, B. W., J. Adams, P. W. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax, D. A. Miteva, & J. Fargione. 2017. Natural climate solutions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 114(44): 11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)**. Hayama,

- Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Available source: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (Accessed: July 10, 2025)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kumar, P., K. Okabe, J. M. Tylianakis, E. G. Brockerhoff, N. A. Schellhorn & T. Takahashi. 2023. Digital forest monitoring for climate-smart forestry and biodiversity conservation. **Forest Ecology and Management** 543: 121139. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121139>
- Le Quéré, C., P. Friedlingstein, J. G. Canadell, S. Sitch, J. Pongratz, P. Ciais, & D. Zhu. 2019. Global carbon budget 2018. **Earth System Science Data** 11: 1783–1838. <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>
- Marod, D., S. Sangkaew, A. Panmongkol & A. Jingjai. 2014. Influences of environmental factors on tree distribution of lower montane evergreen forest at Doi Sutep-Pui National Park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry** 33(3): 23–33. (in Thai). <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/article/view/255453>
- Marod, D., S. Thinkamphaeng, J. Thongsawi, W. Phumphuang, T. Kokoet, S. Hermhuk & A. Nakthanom. 2018. Forest structure and species composition in the dry evergreen forest at Wang Nam Khiao Forestry Student Training and Research Station, Nakhon Ratchasima province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 2(1): 45-54. (in Thai). <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj/article/view/6191>
- Mokopena, T., P. W. Chirwa, D. J. Gumbo & C. Wekesa. 2021. Carbon sequestration potential of small urban and peri-urban forests: Evidence from Southern Africa. **Urban Forestry & Urban Greening** 63: 127188. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127188>
- Nowak, D. J., A. R. Bodine, R. E. Hoehn, A. Ellis, S. Hirabayashi, A. K. Koeser & D. McLean. 2023. Carbon storage and annual sequestration by trees in urban and community areas of the conterminous United States. **Environmental Research**

- Letters** 18(7): 074040.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd7d0>
- Nowak, D. J., E. J. Greenfield, R. E. Hoehn & E. LaPoint. 2013. Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. **Environmental Pollution** 178: 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2021. **Thailand Climate Change Master Plan 2021–2030**. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai). Available source: <https://www.onep.go.th> (Accessed: July 10, 2025)
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino & T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49–80.
- Poorter, L., F. Bongers, T. M. Aide, A. M. A. Zambrano, P. Balvanera, J. M. Becknell, & R. L. Chazdon. 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature** 530(7589): 211–214. <https://doi.org/10.1038/nature16512>
- Poorter, L., F. Bongers, T. M. Aide, A. M. A. Zambrano, P. Balvanera, J. M. Becknell, & R. L. Chazdon. 2021. Multidimensional tropical forest recovery. **Science** 374(6573): 1370–1376. <https://doi.org/10.1126/science.abh3629>
- Royal Thai Government. 2023. **Bio-Circular-Green (BCG) Economy Model**. Bangkok: Office of the National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council. (in Thai). <https://www.nxpo.or.th/en/?p=12639>
- Smitinand, T. 2014. **Thai plant names: Revised edition 2014**. Bangkok: Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai).
- Song, X. P., P. Y. Tan, P. Edwards & D. Richards. 2018. The economic benefits and costs of trees in urban forest stewardship: A systematic review. **Ecological Indicators** 91: 301–317. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.070>
- Thai Meteorological Department. 2024. **Climate statistics of Thailand 2024**. Bangkok: Thai Meteorological Department. (in Thai). Available source: <https://www.tmd.go.th> (Accessed: July 10, 2025)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO). 2022. **LESS-FOR-01: Spreadsheet for calculating tree-level carbon storage**. Bangkok, Thailand. (in Thai). Available source: <https://www.tgo.or.th> (Accessed: July 10, 2025)

- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO). 2023. **LESS-FOR-01: Spreadsheet for calculating tree-level carbon storage, Version 6.** Bangkok, Thailand. (in Thai). Available source: <https://www.tgo.or.th> (Accessed: July 10, 2025)
- Thinkampheang, S., N. Punthunan, T. Korkerd, R. Saikhammoon, C. Yatar, C. Sawasmongkol & W. Phumphueng. 2025. Forest structure and potential of carbon storage at Khao Nam Sab, Kasetsart University, Sri Racha Campus, Chonburi Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 9(1): 73–92. <https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.1.6291>
- Thompson, I. D., K. Okabe, J. M. Tylianakis, P. Kumar, E. G. Brockerhoff, N. A. Schellhorn & T. Takahashi. 2021. Forest biodiversity and ecosystem services: A global perspective. **Nature Sustainability** 4: 720–734. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00706-4>
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda & B. Prachaiyo. 1983. Forest: Foliage, biomass and productivity in dry tropical forests of Thailand. **Journal of Ecology** 71(2): 439–454. <https://doi.org/10.2307/2259729>
- Viriyanbancha, C., Ladpala, P., & Sakchoowong, W. 2011. Carbon accumulation of lianas in natural forest at Kaeng Krachan National Park. In **Proceedings of the 2nd National Conference on Thailand and Global Climate Change: Paradigm Shift toward Green Economy**, 18–19 August 2011, Bangkok, Thailand. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (in Thai)
- Wang, X., Z. Wang, J. Zhu, J. Liu, H. Zheng, Z. Ouyang & Y. Xiao. 2024. Small urban forests can store carbon comparable to natural forests under intensive management. **Urban Forestry & Urban Greening** 92: 128147. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128147>
- Ziter, C. D., E. J. Pedersen, C. J. Kucharik & M. G. Turner. 2019. Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 116(15): 7575–7580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>

## นิพนธ์ต้นฉบับ

## ความหลากหลายของสังคมพืชในอุทยานธรณีสตูล

ภาณุมาศ จันทร์สุวรรณ<sup>1\*</sup> และ วิสุจน์ สุพงษ์<sup>1</sup>

รับต้นฉบับ: 25 กรกฎาคม 2568

ฉบับแก้ไข: 3 พฤศจิกายน 2568

รับลงพิมพ์: 6 พฤศจิกายน 2568

## บทคัดย่อ

**ความเป็นมา และวัตถุประสงค์:** ความหลากหลายของสังคมพืชและพรรณพืชมีความแปรผันแตกต่างกันระหว่างพื้นที่การรบกวนถึงชนิดและถิ่นอาศัยจึงมีความจำเป็นต่อแนวทางการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนภายใต้สถานการณ์การรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ การศึกษาความหลากหลายของสังคมพืชและความหลากหลายของไม้ต้นที่ปรากฏในแต่ละสังคมพืชในอุทยานธรณีสตูลมีเป้าหมายเพื่อต้องการทราบชนิดสังคมพืชและความหลากหลายของชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบในสังคมของอุทยานธรณีสตูล รวมถึงตรวจสอบความคล้ายคลึงของแต่ละสังคมพืช ตลอดจนจัดสถานภาพชนิดพืชตามบัญชีแดงของ IUCN เพื่อประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรพืชของพื้นที่อุทยานธรณีสตูล

**วิธีการ:** วางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 50 เมตร ในแต่ละสังคมพืชที่ปรากฏซึ่งได้มีการจำแนกไว้เบื้องต้นตามการจำแนกของ Smitinand (1977) จากการใช้ลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ชัดเจน จำนวน 17 แปลง ในแต่ละแปลงทำการวัดขนาดความโตของไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 3.5 ซม. และระบุชนิด ทำการวิเคราะห์ดัชนีค่าความสำคัญพรรณไม้ ดัชนีความหลากหลาย รวมถึงค่าดัชนีความคล้ายคลึงของแต่ละสังคมพืช ตรวจสอบสถานภาพด้านการอนุรักษ์ของชนิดไม้ที่พบตามบัญชีแดงของ IUCN

**ผลการศึกษา:** สามารถจำแนกสังคมพืช ตามลักษณะภายนอกและ โครงสร้างป่าได้ 9 สังคม คือ 1) ป่าดิบชื้น พบในพื้นที่ดินลึก ชนิดไม้ส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบ วงศ์ไม้เด่นคือ ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) และ ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) 2) ป่าดิบแล้ง พบตามภูเขาหินปูน ประกอบด้วยชนิดไม้ผลัดใบและไม่ผลัดใบในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน อยู่ในไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) ไม้วงศ์มะเกลือ (Ebenaceae) และ ไม้วงศ์โคลงเคลง (Melastomaceae) 3) ป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง เป็นสังคมพืชที่มีพรรณไม้หลักเป็นชนิดไม้ของป่าดิบชื้น โดยมีชนิดไม้ป่าดิบแล้งเข้ามาปะปน พรรณไม้เด่นเป็น ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) ไม้วงศ์มะเกลือ (Ebenaceae) และ ไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) 4) ป่าผสมผลัดใบ พบตามภูเขาหินปูนส่วนใหญ่เป็นกลุ่มชนิดไม้ผลัดใบและมีไม้ไม่ผลัดใบขึ้นปะปนบ้าง บางบริเวณมีไม้เป็นไม้พื้นล่าง พรรณไม้เด่นพบใน ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) ไม้วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และ ไม้วงศ์มะขามป้อม (Phyllanthaceae) 5) ป่าผสมผลัดใบไม่ร่วงเด่น พบในบริเวณภูเขาหินปูนที่มีชั้นดินตื้นมาก ชนิดไม้เด่นในระดับชั้นเรือนยอดพบเพียงชนิดเดียวคือ รัง (*Pentacme siamensis*) และมี ไม้วงศ์อื่นปะปน เช่น ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae) และ ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) 6) ป่าละเมาะเขาหินปูน พบบริเวณภูเขาหินปูน หรือ บริเวณหน้าผาหินปูนที่มีการสะสมดินน้อย ชนิดไม้เด่นพบใน ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae)



ไม้วงศ์ตะแบก (Lythraceae) ไม้วงศ์กะเพรา (Lamiaceae) และไม้วงศ์มะขามป้อม (Phyllanthaceae) 7 ป่าชายหาด พบบริเวณแนวหาดและแนวสันทราย พรรณไม้เด่นพบในไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) ไม้วงศ์สนทะเล (Casuarinaceae) และไม้วงศ์จิก (Baringtoniaceae) 8 ป่าชายเลน พบพรรณพืชกระจายคลุมตั้งแต่ริมน้ำจนถึงปาก พรรณไม้เด่นพบในไม้วงศ์โกกงาง (Rhizophoraceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์เถียน (Meliaceae) ไม้วงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) และไม้วงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) และ 9 ป่าชายเลน แคระ พบในแอ่งหลุมยุบที่เกิดในเกาะ ชนิดไม้คล้ายกับป่าชายเลนทั่วไป แต่มีลำต้นขนาดเล็กแคระแกร็น เรือนยอด ทางด้านตั้งมีชั้นเดียว (สูง 5 -6 เมตร) ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner ( $H'$ ) ภายในป่าดิบชื้นสามพื้นที่ (บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าภูผาเพชร บนเกาะตะรุเตา และบนเกาะราวี) มีค่าอยู่ในระดับสูง ( $H' = 3.28-3.38$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับป่าอื่น ๆ ทั้งป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบ ( $H' = 2.83$ ) ป่าดิบชื้นกิ่งแล้ง ( $H' = 2.83$ ) ป่าดิบแล้งบนเกาะเขาใหญ่ ( $H' = 2.99$ ) และป่าดิบแล้งบนเขาโต๊ะหงาย ( $H' = 2.83$ ) ป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบมีความหลากหลายใกล้เคียงกับป่าดิบชื้นกิ่งแล้ง ขณะที่ค่าดัชนีความหลากหลายในป่าชายหาดบนเกาะตะรุเตา และบนเกาะราวี มีค่าต่ำ ( $H' = 2.07$  และ  $2.16$  ตามลำดับ) เช่นเดียวกับในป่าละเมาะเขาหินปูน ( $H' = 2.24$ ) อย่างไรก็ตามก็ยังมีความสูงกว่บริเวณชายเลน (บริเวณเกาะตะรุเตา ท่าอ้อย หาดราวี และในหลุมยุบ) ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายต่ำมาก ( $H'$  อยู่ระหว่าง  $0.86-1.40$ ) ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มป่าผสมผลัดใบ มีความคล้ายคลึงกันเกิน 50 % ทั้งสามพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างป่าผสมผลัดใบมีชนิดพรรณพืชที่เป็นองค์ประกอบของสังคมที่คล้ายคลึงกัน แตกต่างจากภายในกลุ่มป่าไม่ผลัดใบ ที่มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันน้อยกว่า 40 % บ่งชี้ให้เห็นว่าป่าดิบชื้นแม้สภาพลักษณะจะคล้ายคลึงกันแต่มีชนิดพืชในสังคมแตกต่างกัน การจัดประเภทและเกณฑ์ตามบัญชีแดง IUCN ของชนิดพืชที่ปรากฏ พบว่ามีพืชที่มีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered: EN) หนึ่งชนิด คือ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) และมีสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable: VU) 6 ชนิด คือ ตะไคร้ต้น (*Cinnamomum ilicioides*) พรหมขาว (*Mitrephora alba*) กุลนิก (*Payena lucida*) ไช้เขียว (*Parashorea stellata*) มังคุดป่า (*Garcinia costata*) และ หนังกนาผลกลม (*Monoon cupulare*) ส่วนชนิดอื่น ๆ มีสถานภาพที่เป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern: LC) แสดงว่ายังมีจำนวนประชากรอยู่มากพอในพื้นที่

**สรุป:** สังคมพืชในอุทยานธรณีสตูลมี 9 สังคม สังคมป่าดิบชื้นมีค่าดัชนีความหลากหลายสูงกว่าสังคมชนิดอื่น รองลงมาเป็นป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบ ป่าดิบชื้นกิ่งแล้ง ป่าดิบแล้ง ป่าละเมาะเขาหินปูน ป่าชายหาด และป่าชายเลนที่มีค่าต่ำกว่าสังคมชนิดอื่น ๆ ความคล้ายคลึงระหว่างสังคมภายในกลุ่มป่าผลัดใบมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างภายในกลุ่มป่าไม่ผลัดใบ แสดงให้เห็นว่าป่าไม่ผลัดใบมีความแปรผันในระดับชนิดที่สูง แม้จะมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน สถานภาพตามบัญชีแดงของ IUCN ส่วนใหญ่อยู่ในสถานภาพที่เป็นกังวลน้อยที่สุด (LC) และมีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (EN) หนึ่งชนิด คือ ตะเคียนหิน แสดงว่าอยู่ในสถานะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ จึงต้องเร่งสร้างมาตรการเพื่อการอนุรักษ์ให้มีความเหมาะสม โดยเฉพาะการอนุรักษ์นอกพื้นที่คุ้มครอง

**คำสำคัญ:** คาสต์หินปูน; ป่าไม้; จังหวัดสตูล

<sup>1</sup> กองวิชาการพฤษศาสตร์ สำนักวิชาการพิพิธภัณฑธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑชาติวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ปทุมธานี 12120

\*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: Bhanumas@nsm.or.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6396>

## ORIGINAL ARTICLE

## Diversity of Plant community in Satun Geopark

Bhanumas Chantarasuwan<sup>1\*</sup> and Wisoot Supong<sup>1</sup>

Received: 25 September 2025

Revised: 3 November 2025

Accepted: 6 November 2025

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** The diversity of species and plant communities varies among the areas. Understanding of species and their habitats is vital on conservation and sustainable natural management under the anthropogenic disturbances. This study aimed to detect the types of plant communities and plant species diversity of each community that existed within the Satun Geopark, Satun province, including the comparison analysis of the similarity between found plant communities, as well as examine the conservation status of plant species that appear in the sample plots. The result provides important information that can be used in considering the conservation of plant resources in the Satun Geopark and others.

**Methodology:** Plant communities are classified into different types based on the physiognomic of the plant communities following Smitinand (1977). The temporary plot size of 20 m x 50 m, total 17 sample plots, were set up and covered all the classified plant communities. Each plot measured the trees at DBH > 3.5 cm and also tree identified was done. Analyses were made of the importance value index of tree species. The diversity index of each plant community was analyzed, as was the similarity index between communities. All founded tree species were examined using the IUCN Red List Categories and Criteria.

**Main Result:** The results showed the plant communities in Satun Geopark can be classified into 9 communities: 1) Moist evergreen forest (MEF) inhabits on deep soil, the dominant species are in the family of Dipterocarpaceae, Fabaceae, Moraceae, Malvaceae, and Annonaceae. 2) Dry evergreen forest (DEF) inhabits limestone mountains. The structure is a mixture of deciduous and evergreen tree species. The dominant species are in family of Dipterocarpaceae, Fabaceae, Annonaceae, Ebenaceae, and Melastomaceae. 3) Semi-arid evergreen forest (SEF), the structure of the community is a mixture of moist evergreen forest and some dry evergreen forest trees. The dominant species are in family of Dipterocarpaceae, Fabaceae, Annonaceae, Ebenaceae, and Myrtaceae. 4) Mixed deciduous forest (MDF) found on limestone mountains. The structure of the community consists mainly of deciduous trees mixed with some evergreen trees. In some areas, bamboo is dominated at understory plant. The prominent plants are Malvaceae, Dipterocarpaceae, Annonaceae, Combretaceae, Lythraceae, and Phyllanthaceae. 5) Mixed

deciduous forest with *Pentacme siamensis* dominant is found in limestone mountain areas with very shallow soil layers. The dominant trees in the canopy layer are Dipterocarpaceae (*Pentacme siamensis*) and some other family such as Moraceae and Combretaceae. 6) Limestone scrub forest (LSF) is found in the limestone mountain areas or limestone cliffs where there is a lack of soil layer. The prominent trees include family of Malvaceae, Combretaceae, Lythraceae, Lamiaceae, and Phyllanthaceae. 7) Beach forest (BF) community is found on sandy beaches and along sand dunes. The dominant plants are the family of Fabaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Casuarinaceae, and Baringtoniaceae. 8) Mangrove forest (MF) consists of vegetation structures in zones, starting from the group close to the water's edge to the group close to the terrestrial forest. The dominant plant species include the family of Rhizophoraceae, Malvaceae, Meliaceae, Acanthaceae, and Euphorbiaceae. And, 9) Dwarf mangrove forest (DMF) is found in sinkholes that occur on islands. The plant species that appear are similar to those in general mangrove forests, but it consists of small and stunted trunks. The canopy is only one layer and 5-6 meters high. The diversity index values based on Shannon-Weiner ( $H'$ ) in the moist evergreen forest of all study sites (Phu Pha Phet Forest Protection Unit, Ko Tarutao, and Ko Rawi) had higher diversity ( $H'=3.28-3.38$ ) than other forest types, MEF in the sinkhole ( $H'=2.83$ ), SEF ( $H'=2.83$ ), DEF at Ko Khaoyai ( $H'=2.99$ ) and Khao To Ngai ( $H'=2.64$ ), respectively. The MEF in the sinkhole has a diversity index value close to that of the SEF. While, the diversity index values in the BF of Ko Tarutao and Ko Rawi were low ( $H'=2.07$  and  $2.16$ , respectively), in addition almost closed to the LSF ( $H'=2.24$ ). However, the MF diversity index showed the lowest values for all study sites (Ko Tarutao, Tha Oi, Rawai and MF in sinkhole) which  $H'$  ranged from  $0.86-1.40$ . The diversity index value in limestone scrub forest is  $2.24$ . Indicating low species and evenness was detected when compared to other forests. Concerning similarity between plant communities, two main category types were divided, deciduous and evergreen forests, and similarity index was analyzed for each group, The similarity index of mixed deciduous forest groups is more than 60%. Therefore, it's implied that the mixed deciduous forest in Satun Geopark have similar plant species. The similarity index of the evergreen forest group showed all areas are less than 40%, indicating that all plant communities have differences in plant species. The conservation status of plant species that are components of the plant community by IUCN Red list of Threatened species found that only one species is endangered (Endangered: EN), which is *Hopea ferrea*, and there are 6 species with a vulnerable (Vulnerable: VU) status, which are: *Cinnamomum ilicioides*, *Mitrephora alba*, *Payena lucida*, *Parashorea stellata*, *Garcinia costata*, and *Monoon cupulare*. The other species found in the study areas were mostly of Least Concern (LC), indicating that their populations are still large enough to not be at risk of extinction.

**Conclusion:** There are 9 plant communities were found that the MEF have the highest diversity index value than the other communities, followed by the MEF in the sinkhole area, SEF, DEF, LSF, BF, and MF had the lowest than the other types. The similarity between forests in the deciduous forests had higher than 60%, while in the evergreen forests were less than 40%, indicating that in the evergreen forest, although the physical characteristics are similar, the plant species that make up the community are still different. As for the conservation status of plant species, it was found that most of them have a status of least concern (LC), and only one species is endangered (Endangered: EN), which shows that the *H. ferrea* is at risk of extinction from nature in the future if the threatening factors continue. Thus, our findings on species establishment within specific habitats may be useful for conservation and sustainable management planning on species diversity, in particular, other effective area-based conservation measures, OECMs.

**Keywords:** Limestone karst, forest, Satun province

---

<sup>1</sup>Botany division, Natural History Museum, National Science Museum, Pathum Thani, 12120 Thailand

**\*Corresponding Author:** E-mail: Bhanumas@nsm.or.th

<https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6396>

### คำนำ (Introduction)

สังคมพืช (Plant community) เกิดจากการอยู่ร่วมกันของพรรณพืชชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ๆ โดยมีความสัมพันธ์กันทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อการปรากฏสังคมพืชที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ทั้งปัจจัยสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ดิน และปัจจัยอื่น ๆ ในแต่ละสังคมพืชมิได้หมายความว่าต้องมีเพียงชนิดพืชต่าง ๆ เข้ามาอยู่ร่วมกันเท่านั้น แต่ชนิดพืชเหล่านี้ต้องจัดตัวเองให้อยู่ร่วมกันได้อย่างสลับซับซ้อนตามรูปแบบของสังคม (Marod and Kutintara, 2009) ในการระบุสังคมพืชใช้ลักษณะพื้นฐานต่าง ๆ ในการจำแนก โดยรูปแบบการเจริญเติบโตมักเป็นลักษณะแรกที่ใช้ แต่การจำแนกก็ยังใช้ลักษณะอื่นด้วย เช่น ขนาดของใบ รูปชีวิต ช่วงเวลาและชีพลักษณะ กลไกการกระจายพันธุ์ องค์ประกอบของชนิด รวมถึงความหลากหลายชนิดพืชที่ปรากฏ เป็นต้น ในประเทศไทย Smitinand (1977) ได้จำแนกสังคมพืชกลุ่มดินตามลักษณะภายนอกที่เห็นได้ชัดเจน (Physiognomic characteristics) จากการผลัดใบของสังคมพืชในช่วงฤดูแล้ง ได้เป็น 2 กลุ่มคือ 1) กลุ่มป่าไม้ผลัดใบหรือป่าดงดิบ (Evergreen forests) ประกอบด้วย ป่าดงดิบเขตร้อน (Tropical evergreen forest) ป่าสน (Coniferous forest) ป่าพรุ (Swamp forest) ป่าชายหาด (Beach forest) และ 2) กลุ่มป่าผลัดใบ (Deciduous forests) ประกอบด้วย ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) ป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) และป่าทุ่งหรือป่าสะวันนา (Savana forest)

อุทยานธรณีสตูล ได้รับการประกาศเป็นอุทยานธรณีระดับประเทศ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 และ ได้รับการประกาศเป็นอุทยานธรณีโลกของยูเนสโก ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัด สตูล ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ คือ ท่งหว้า มะนัง ละงู และ บางส่วนของอำเภอเมือง มีอาณาเขตเชื่อมต่อกับจังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง พื้นที่ของอุทยานธรณีสตูล ครอบคลุมพื้นที่อนุรักษ์สำคัญ คือ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะเภตรา และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาและเทือกเขา ส่วนใหญ่เป็นเขาหินปูน มีเกาะน้อยใหญ่ มีความโดดเด่นทางธรณีวิทยามาก โดยเฉพาะลักษณะเขาหินปูนแบบคาสต์ (Karst topology) ซึ่งเป็นภูมิประเทศที่มีลักษณะพิเศษและมีรูปแบบที่เป็นเอกลักษณ์สามารถเกิดกับหินหรือแร่ที่ละลายน้ำได้ เช่น หินปูน เกลือหิน และ แร่ยิปซัม ซึ่งคาสต์ก่อตัวขึ้นโดยการละลายของหินอย่างช้า ๆ เป็นเวลาหลายพันปี ส่วนใหญ่มักเกิดบริเวณที่เป็นพื้นที่หินปูนเมื่อหินบนภูเขาหินปูนถูกละลายโดยน้ำ ทำให้พื้นผิวลักษณะภูเขามีภูมิฐานหลากหลายรูปแบบ เรียก คาสต์หินปูน (Department of Mineral Resources, 2021)

ลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ของประเทศไทยส่วนใหญ่ เป็นคาสต์บนพื้นผิวแผ่นดิน (Exokarst-subaerial) ขณะที่ในอุทยานธรณีโลกสตูลมีธรณีสัณฐานของคาสต์เป็น 3 โซน คือ คาสต์บก (Terrestrial Karst) คาสต์ชายฝั่งทะเล (Coastal Karst) และคาสต์ในทะเล (Sea Karst) (Siripornpaiboon, 2021) อย่างไรก็ตาม Thepju *et.*

al (2017) ได้จำแนกคาสต์หินปูนในพื้นที่จังหวัดสตูลและพื้นที่ใกล้เคียง เป็น 13 รูปแบบด้วยกัน

ด้วยสภาพของพื้นที่ในอุทยานธรณีสตูลที่ประกอบด้วยภูมิประเทศแบบคาสต์ และ พื้นที่ที่ไม่เป็นคาสต์ จึงก่อให้เกิดลักษณะของสังคมพืชที่หลากหลาย และมีความโดดเด่นโดยเฉพาะภูมิประเทศแบบคาสต์ ส่งผลให้ลักษณะสังคมพืชที่ปรากฏในอุทยานธรณีสตูลมีความหลากหลายแตกต่างจากสังคมพืชในพื้นที่อื่น ๆ Chantarasuwan and Supong (2025) ได้ศึกษาสังคมพืชในภูมิประเทศคาสต์หินปูนในอุทยานธรณีสตูล พบมีสภาพป่าหลายชนิดบนภูเขาหินปูน โดยสังคมพืชมีความแปรผันตามความลึกของดินและการปรากฏของหินปูน

นอกจากนี้ในพื้นที่อุทยานธรณีสตูลยังเป็นแหล่งอาศัยของผู้คน จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่พื้นที่ธรรมชาติจะถูกตัดแปลงไปเพื่อการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อุตสาหกรรม เนื่องด้วยเป้าหมายของอุทยานธรณีที่ต้องการให้ประชาชนชุมชน อยู่อาศัยอย่างกลมกลืนกับธรรมชาติ มีความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืน (Thailand Geopark, 2025) การศึกษาในครั้งนี้จึงเน้นไปที่ทรัพยากรป่าไม้ภายในอุทยานธรณีสตูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงความหลากหลายชนิดของพืชในพื้นที่ ความแปรผันระหว่างสังคมพืชเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบพรรณพืช รวมถึงสถานภาพด้านการอนุรักษ์ของชนิดไม้ที่พบทั้งหมด เพื่อประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการอนุรักษ์ทรัพยากรและการพัฒนาเชิงพื้นที่ให้เกิดความยั่งยืนของชุมชนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methodology)

### การเก็บข้อมูล (Data collection)

1) จำแนกสังคมพืชโดยใช้ลักษณะทางสรีระภายนอกที่มองเห็นได้ชัดเจน (Physiognomic characteristics) คือสภาพของสังคมพืชที่ปรากฏให้เห็นทั้งในด้านโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคม ตามแนวทางของ Smitinand (1977) และทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 50 เมตร ครอบคลุมพื้นที่สภาพสังคมพืชหรือชนิดป่าที่ปรากฏในพื้นที่ รวมทั้งหมด 17 แปลง ดังนี้

ป่าดิบชื้น จำนวน 3 แปลง บริเวณเกาะตะรุเตา (พิกัด  $6^{\circ} 37' 30''$  N  $99^{\circ} 39' 00''$  E) เกาะราวี (พิกัด  $6^{\circ} 33' 51''$  N  $99^{\circ} 14' 10''$  E) และหน่วยพิทักษ์ป่าภูผาเพชร (พิกัด  $7^{\circ} 08' 06''$  N  $100^{\circ} 00' 28''$  E)

ป่าดิบชื้นในหลุมยุบ 1 แปลง (พิกัด  $6^{\circ} 56' 25''$  N  $99^{\circ} 48' 50''$  E)

ป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง 1 แปลง โรงเรียนบ้านป่าพน (พิกัด  $7^{\circ} 05' 09''$  N  $99^{\circ} 58' 17''$  E)

ป่าดิบแล้ง 2 แปลง บนเกาะเขาใหญ่ (พิกัด  $6^{\circ} 50' 54''$  N  $99^{\circ} 41' 31''$  E) และ เขาโต๊ะหงาย (พิกัด  $6^{\circ} 50' 02''$  N  $99^{\circ} 45' 16''$  E)

ป่าชายหาด 2 แปลง บริเวณเกาะราวี (พิกัด  $6^{\circ} 33' 20''$  N  $99^{\circ} 14' 10''$  E) และเกาะตะรุเตา (พิกัด  $6^{\circ} 41' 41''$  N  $99^{\circ} 38' 42''$  E)

ป่าชายเลน 3 แปลง บริเวณท่าอ้อย (พิกัด  $7^{\circ} 07' 20''$  N  $99^{\circ} 45' 20''$  E) หาดราวี (พิกัด  $7^{\circ} 01' 05''$  N  $99^{\circ} 41' 36''$  E) และเกาะตะรุเตา (พิกัด  $6^{\circ} 37' 03''$  N  $99^{\circ} 40' 39''$  E)

ป่าชายเลนแกระ 1 แปลง ที่หลุมยุบบนเกาะเขาใหญ่ (พิกัด  $6^{\circ} 50' 59''$  N  $99^{\circ} 41' 42''$  E)

ป่าผสมผลัดใบ 2 แปลง บนเกาะเขาใหญ่ (พิกัด 6° 50' 46" N 99° 41' 41" E) และเขาโต๊ะหยาง (พิกัด 6° 50' 03" N 99° 45' 22" E)

ป่าผสมผลัดใบไม้รังเด่น 1 แปลง บนเขาโต๊ะหยาง (พิกัด 6° 50' 13" N 99° 45' 10" E)

ป่าละเมาะเขาหินปูน 1 แปลง บนเกาะเขาใหญ่ (พิกัด 6° 50' 42" N 99° 41' 30" E)

2) เก็บข้อมูลไม้ต้นในแต่ละแปลงตัวอย่าง โดยทำการแบ่งแปลงย่อยภายในแปลงตัวอย่าง ขนาด 20 m x 50 m ทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 m x 10 m เพื่อเก็บข้อมูลองค์ประกอบพรรณพืชในระดับไม้ใหญ่ (Tree) ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กำหนดต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 3.5 cm เนื่องจากสภาพสังคมพืชที่ขึ้นบนคาสต์หินปูนพรรณพืชมีความแคระแกร็น พืชที่โตเต็มเป็นไม้ต้นแล้วมีขนาดเล็กกว่าการศึกษาไม้ใหญ่ทั่วไป (ที่กำหนดขนาด DBH ตั้งแต่ 4.5 cm) เพื่อหลีกเลี่ยงการพลาดโอกาสสำรวจชนิดไม้ต้นที่มีขนาด DBH น้อยกว่าที่ใช้ปกติ โดยระบุชนิดพืชที่พบ ตาม Smitinand (2014) และ Plant of the world online: POWO (2025)

#### การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1) วิเคราะห์ดัชนีค่าความสำคัญ (Importance value index, IVI) ของพรรณไม้สำหรับไม้ใหญ่ (DBH > 3.5 cm) โดยได้จากการคำนวณหาความหนาแน่น (Density) ความถี่ (Frequency) ความเด่นทางพื้นที่หน้าตัด (Basal area, Ba) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) ความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) ความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo)

และ ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้ (IVI) ตาม (Marod and Kutintara, 2009)

2) วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของชนิดพืช (Species diversity) โดยใช้ดัชนีของ Shannon-Wiener index ( $H'$ ) ตามวิธีการของ Shannon and Weaver (1949)

3) วิเคราะห์ดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืชในพื้นที่ เมื่อพิจารณาจากการปรากฏของชนิด ตามวิธีการของ Sorensen (1948)

4) ตรวจสอบสถานภาพการอนุรักษ์ของชนิดไม้ที่พบ ตามการจัดประเภทและเกณฑ์ตามบัญชีแดง (Red list data) ของ International Union for Conservation of Nature (IUCN) (IUCN, 2025)

### ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

#### 1. ความหลากหลายของสังคมพืช

สามารถจำแนกชนิดสังคมที่ปรากฏในอุทยานธรรมชาติสุท ได้ 9 ชนิด คือ สังคมป่าดิบชื้น สังคมป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง สังคมป่าดิบแล้ง สังคมป่าชายหาด สังคมป่าชายเลน สังคมป่าชายเลนแคระ สังคมป่าผสมผลัดใบ สังคมป่าผสมผลัดใบไม้รังเด่น และ สังคมป่าละเมาะเขาหินปูน โดยในแต่ละสังคม มีลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืชแตกต่างกัน ดังนี้

1. ป่าดิบชื้น (Moist evergreen forest, ME)

ป่าดิบชื้น พบกระจายบริเวณภูเขาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด และในภูมิภาคประเทศแบบคาสต์และบริเวณเกาะตะรุเตา เกาะอาดัง เกาะราวี ของอุทยานแห่งชาติตะรุเตา แบ่งเป็นสังคมย่อย ดังนี้

1.1) ป่าดิบชื้น แบบทั่วไป พบอยู่ในระดับความสูงไม่เกิน 800 เมตร ดินลึก พรรณไม้ส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบ ลักษณะโครงสร้างทางด้านตั้งมีความต่อเนื่องกันของเรือนยอด ตั้งแต่ระดับพื้นดินต่อเนื่องกันไปจนถึงเรือนยอดสูงสุด (Figure 1A) ชั้นเรือนยอดสูงถึง 35 เมตร พรรณไม้เด่น ประกอบด้วย ไม้ในวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) ชั้นเรือนยอดรองสูงถึง 25 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้มีไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) ชั้นพื้นล่างสูงไม่เกิน 15 เมตร พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก และไม้พุ่ม พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เป็นไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) ไม้วงศ์มะเกลือ (Ebenaceae) ไม้วงศ์จิก (Baringtoniaceae) ระดับพื้นป่าค่อนข้างโล่ง พืชที่พบเป็นไม้ในวงศ์ จิง-ข่า (Zingiberaceae) ไม้วงศ์บุก-บอน (Araceae) ไม้วงศ์พิลังกาสา (Primulaceae) บางบริเวณที่แสงส่องถึง พบพืชกลุ่มเฟิน (Fern) และกลุ่มใกล้เคียงเฟิน (Fern Allies) ชนิดต่าง ๆ พรรณไม้เด่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดใน 5 อันดับแรก คือ มะม่วงป่า (*Mangifera* sp.) ยาง (*Dipterocarpus* sp.) ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) คอเหยี่ยว (*Xerospermum noronhianum*) และ ขนุนป่า (*Artocarpus rigidus*) มีค่าเท่ากับ 20.13, 15.52, 15.37, 14.34, 13.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

1.2) ป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบ ชั้นดินลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร (Figure 1B) เป็นสังคมพืชที่มีพรรณไม้หลักเป็นไม้ประจำป่าดิบชื้น โครงสร้างด้านตั้งมี 3 ชั้นเรือนยอด คือ 1) เรือน

ยอดชั้นบนสุด สูง 30 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนนี้ เป็นไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae) 2) เรือนยอดชั้นรอง สูงถึง 20 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้มีไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) ไม้วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) ไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) ไม้วงศ์มะเกลือ (Ebenaceae) และ 3) เรือนยอดชั้นพื้นล่างสูงไม่เกิน 10 เมตร พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มหรือลูกไม้ของไม้ชั้นเรือนยอด ที่สำคัญคือไม้วงศ์พิลังกาสา (Primulaceae) ไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) ไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) พื้นป่ามักพบพืชในวงศ์ จิง-ข่า (Zingiberaceae) และวงศ์บุก-บอน (Araceae) บางบริเวณที่แสงส่องถึง พบพืชกลุ่มเฟิน (Fern) และกลุ่มใกล้เคียงเฟิน (Fern allies) ชนิดไม้เด่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก คือ พ่ายเถา (*Scaphium scaphigerum*) โสภน้ำ (*Saraca indica*) หนังกานดอกใหญ่ (*Monoon membranifolium*) ฝู (Ficus variegata) และ ไม้สกุล *Diospyros* มีค่า 52.62, 48.26, 28.95, 21.26 และ 17.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2) ป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง (Semi-arid evergreen forest, SEF)

พบในบริเวณคาสต์ที่เป็นสวนหิน มีสัดส่วนการปรากฏของหินปูน 30 - 50 % ชั้นดินลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร (Figure 1E) เป็นสังคมพืชที่มีพรรณไม้หลักเป็นไม้ประจำสังคมป่าดิบชื้น และมีพรรณไม้สังคมป่าดิบแล้งบางชนิดเข้ามาปะปน เช่น ตะเคียนหิน แก้ว (*Murraya paniculata*) กระเบาหลัก (*Hydnocarpus ilicifolia*) โครงสร้างทางด้านตั้ง แบ่งได้ 3 ชั้น คือ 1) เรือนยอดชั้นบน สูง 25 เมตร พบไม้เด่นเป็นไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae)



ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์เถียน (Meliaceae)  
 2) ชั้นเรือนยอดรอง ไม้เด่นอยู่ในวงศ์กระเบา  
 (Achariaceae) ไม้วงศ์น้อยหน้า (Annonaceae)  
 ไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) ไม้วงศ์มะเกลือ  
 (Ebenaceae) และ 3) เรือนยอดชั้นล่าง ไม้เด่นอยู่  
 ใน วงศ์ ส้ม (Rutaceae) ไม้วังศ์มะยม  
 (Phyllanthaceae) ไม้วังศ์พิลังกาสา (Primulaceae)

พรรณไม้มที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก  
 คือ มังคละ (*Cynometra ramiflora*) กาแรงหิน  
 (*Koilodepas longifolium*) สาวดำ (*Diospyros  
 transitoria*) หนั้หนาดอกใหญ่ (*Monoon  
 membranifolium*) และ หว่า (*Syzygium* sp.) มีค่า  
 เท่ากับ 47.12, 29.56, 28.29, 23.84 และ 21.89  
 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



**Figure 1** The characteristics of plant communities found in the study area: A) moist evergreen forest at Khao Bantad Wildlife Sanctuary, B) moist evergreen forest in sinkhole, C) dry evergreen forest at Khao To Ngai of Petra National Park, D) beach forest of Ko Tarutao and E) Semi-arid evergreen forest in vicinity of Papon School.

3 ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest, DEF)  
 พบบริเวณเขาหินปูนบนแผ่นดินและ  
 บนเกาะ ดินมีความลึกเกิน 30 เซนติเมตร และมี  
 หินปูนโผล่น้อยกว่า 50 % (Figure 1C) ลักษณะ  
 โครงสร้างของสังคม ประกอบด้วยไม้ผลัดใบและ  
 ไม้ผลัดใบ โครงสร้างทางด้านตั้งแบ่งเป็น 3 ชั้น

เรือนยอด คือ 1) เรือนยอดชั้นบน สูงถึง 20 เมตร  
 ไม้เด่นอยู่ในวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ไม้วังศ์  
 ปอ (Malvaceae) ไม้วังศ์มะม่วง (Anacardiaceae)  
 2) เรือนยอดชั้นรอง มีพรรณไม้เด่นวงศ์เข็ม  
 (Rubiaceae) ไม้วังศ์มะพลับ (Ebenaceae) ไม้วังศ์  
 มังคุด (Clusiaceae) ไม้วังศ์กระเบา (Achariaceae)

และ 3) เรือนยอดชั้นล่าง เป็นไม้ในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์โคลงเคลง (Melastomataceae) ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ ข่อยหนาม (*Taxotrophis ilicifolia*) สะเดาปีก (*Vatica harmandiana*) จิกนม (*Palaquium garrettii*) คันทแลน (*Psydrax nitida*) ปออีเก้ง (*Pterocymbium tinctorium*) มีค่าเท่ากับ 25.50, 14.47, 14.25, 14.24 และ 12.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 4 ป่าชายหาด (Beach forest, BF)

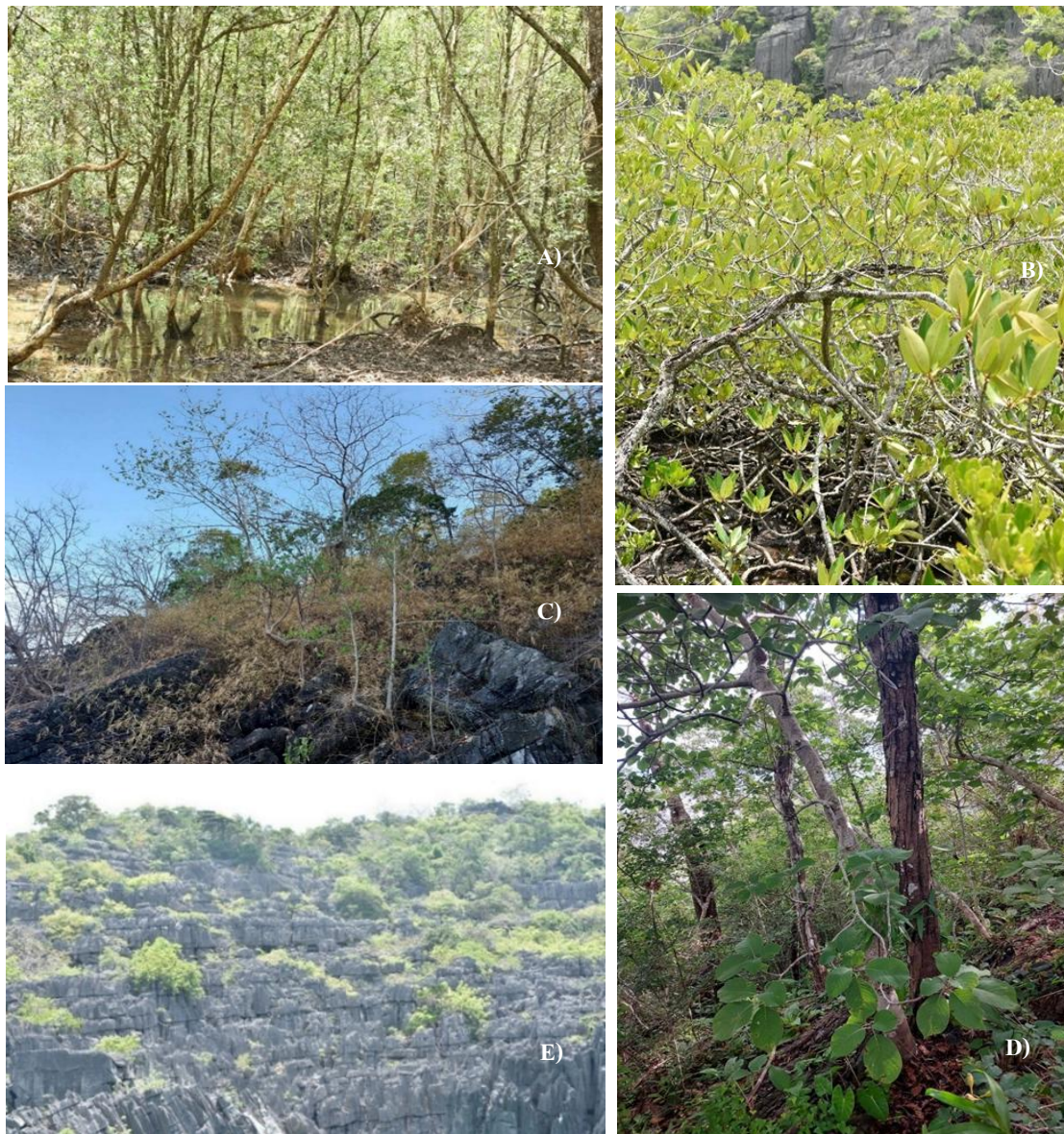
เป็นป่าบริเวณแคบ ๆ ตามชายหาด และตามสันทราย (Figure 1D) เรือนยอดแบ่งได้ 3 ชั้น คือ 1) เรือนยอดชั้นบน สูง 15 – 20 เมตร พรรณไม้เด่นคือ ไม้วงศ์สนทะเล (Casuarinaceae) ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) ไม้วงศ์หว่า (Myrtaceae) และ ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) 2) เรือนยอดรอง สูง 10 – 15 เมตร พรรณไม้สำคัญเป็นไม้วงศ์โมก (Apocynaceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์จิก (Barringtoniaceae) และ 3) ชั้นพื้นล่าง สูงไม่เกิน 5 เมตร พรรณไม้สำคัญอยู่ในไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ไม้วงศ์ส้ม (Rutaceae) ไม้วงศ์เตย (Pandaceae) ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi*) เม่า (*Syzygium grande*) เสม็ดแดง (*Syzygium antisepticum*) หูกวาง (*Terminalia catappa*) และ หยีทะเล (*Pongamia pinnata*) มีค่า 58.35, 36.67, 34.35, 32.65 และ 27.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### 5 ป่าชายเลน (Mangrove forest, MF)

เป็นป่าไม้ผลัดใบสามารถพบได้ตามชายฝั่งทะเลและตามเกาะบริเวณปากแม่น้ำ (Figure 2A) จำแนกได้เป็น 2 สังคมย่อย คือ

5.1) ป่าชายเลนทั่วไป พรรณไม้เด่นอยู่ในไม้วงศ์โกกงาง (Rhizophoraceae) ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์เถียน (Meliaceae) ไม้วงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) และ ไม้วงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) มีการปรากฏของพรรณพืชแบ่งออกได้เป็น เขตต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่กลุ่มอยู่ริมน้ำ มีพรรณไม้กลุ่มแสม (*Avicennia*) ลำพู-ลำแพน (*Sonneratia*) โกงาง (*Rhizophora*) ถั่ว (*Bruguiera*) ตะบูน-ตะบัน (*Xylocarpus*) และกลุ่มอยู่ชิดปาก พรรณไม้เด่นคือ ตาคุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha*) ดินเป็ดทะเล (*Cerbera odollam*) หงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*) ตำมะง่า (*Volkameria inermis*) ลีง้ำ (*Scyphiphora hydrophyllacea*) เหงือกปลาหมอ (*Acanthus ebracteatus*) และมีชนิดไม้ป่าบกเข้ามาปะปน เช่น มะนาวผี (*Atalantia monophylla*) เป็นต้น ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ โกงางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) ถั่ว (*Bruguiera parviflora*) ตาคุ่มทะเล และ ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) โดยมีค่าเท่ากับ 96.01, 71.94, 30.24, 29.39 และ 24.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2) ป่าชายเลนแคระ (Dwarf mangrove forest) พบในแอ่งหลุมยุบภูเขาหินปูน ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล (Figure 2B) พรรณพืชมีลำต้นขนาดเล็กแคระแกร็น เรือนยอดด้านตั้งมีชั้นเดียว สูง 5 -6 เมตร ชนิดไม้เด่นตามดัชนีค่าความสำคัญ คือ โกงางใบเล็ก ถั่ว และ ลีง้ำ มีค่าเท่ากับ 139.54, 117.48 และ 42.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



**Figure 2** The characteristics of plant communities found in the study area; A) mangrove forest at Ko Tarutao, B) dwarf mangrove forest in sinkhole at Khaoyai island, Petra National Park, C) mixed deciduous forest at Khao Toh Ngai of Petra National Park, D) mixed deciduous forest with *Pentacme siamensis* dominant at Khao Toh Ngai, Petra National Park, and E) limestone hill scrub forest at Khaoyai island, Petra National Park.

#### 6. ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest, MDF)

พบในบริเวณภูเขาหินปูนบนแผ่นดินและภูเขาหินปูนบนเกาะ (Figure 2C) ชั้นดินตื้นปกติกวามลึกของดินไม่เกิน 30 เซนติเมตร และมีหินปูนโผล่ 50-80 % ลักษณะโครงสร้างของสังคม ประกอบด้วยไม้ผลัดใบเป็นหลักโดยอาจ

พบไม้ไม่ผลัดใบขึ้นปะปนอยู่บ้าง บางบริเวณมีไม้ปกคลุม เรือนยอดจำแนกได้ 3 ชั้น คือ 1) เรือนยอดชั้นบน พรรณไม้เด่นอยู่ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) ไม้วงศ์ยาง (Dipretocarpaceae) ไม้วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และไม้วงศ์น้อยหน่า (Annonaceae) 2) เรือนยอดชั้นรอง ไม้เด่นอยู่ในไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) และไม้วงศ์กะเพรา

(Lamiaceae) และ 3) เรือนยอดชั้นล่าง ไม้เด่นอยู่ใน ไม้วงศ์มะขม (Phyllanthaceae) ไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) และ ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) บริเวณพื้นป่ามักปกคลุมด้วย ไม้วงศ์บุก-บอน (Araceae) และ ไม้วงศ์ขิง-ข่า (Zingiberaceae) บางบริเวณมี ไม้ (Bamboo) ขึ้นหนาแน่น ชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ สะแกแสง (*Cananga brandisiana*) อวบน้ำ (*Chionanthus ramiflorus*) คันแหล่น จี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa*) และ อุ้ชด (*Terminalia foetidissima*) มีค่าเท่ากับ 44.46, 41.14, 37.71, 24.91 และ 20.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

7. ป่าผสมผลัดใบไม้ร่วงเด่น (Mixed deciduous forest with *Pentacme siamensis* dominant)

พบบริเวณภูเขาหินปูนที่มีชั้นดินตื้นมาก และ บริเวณชอกหลืบของหินมีการสะสมของดินลึกได้ถึง 15 เซนติเมตร (Figure 2D) จำแนกชั้นเรือนยอด 3 ชั้น คือ 1) เรือนยอดชั้นบนสูง 10 - 15 เมตร พรรณไม้เด่นอยู่ใน ไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ผลัดใบพบเพียงชนิดเดียว คือ รัง (*Pentacme siamensis*) และมี ไม้วงศ์อื่นปะปน คือ ไม้วงศ์หม่อน (Moraceae) ได้แก่ ไทรหิน (*Ficus curtipes*) และ ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) คือ จี้อ้าย 2) เรือนยอดชั้นรอง พรรณไม้เด่นเป็น ไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) ไม้วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) และ 3) เรือนยอดชั้นล่าง พรรณไม้เด่นเป็น ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) ไม้วงศ์มะขม (Phyllanthaceae) ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ รังเทียนขโมย (*Drypetes hoagensis*) จี้อ้าย พุดกระบี่ขนนุ้ม (*Vidalasia murina*) และ คันแหล่น มีค่า

เท่ากับ 87.67, 36.34, 29.63, 28.63 และ 27.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

8. ป่าละเมาะเขาหินปูน (Limestone hill scrub forest, LHF)

พบในบริเวณคาสต์หินปูนมีลักษณะเป็นผาหินปูนหรือกำแพงคาสต์ และยอดแท่งแหลม (Pinnacle) ดินมีความลึกน้อยกว่า 15 cm และมีหินปูนโผล่เกิน 80 % ไม่มีการสะสมของชั้นดิน หรือ อาจจะมีการสะสมของดินตื้น ๆ ตามชอกหิน พืชพรรณขึ้นกระจายห่าง ๆ ตามชอกหลืบที่มีการสะสมของดิน พรรณพืชที่ปรากฏมีลักษณะต้นแคระแกร็น (Figure 2E) เรือนยอดทางด้านตั้งมีชั้นเรือนยอดเดียว สูงไม่เกิน 5 m พรรณไม้เด่นอยู่ใน ไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) ไม้วงศ์สมอ (Combretaceae) ไม้วงศ์ตะแบก (Lythraceae) ไม้วงศ์กะเพรา (Lamiaceae) และ ไม้วงศ์มะขามป้อม (Phyllanthaceae) ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง 5 อันดับแรก คือ กระจับเขา (*Vitex siamica*) พุดกระบี่ขนนุ้ม คันแหล่น มะขมผา (*Phyllanthus mirabilis*) และ จี้อ้าย มีค่าเท่ากับ 39.00, 36.87, 36.21, 28.05 และ 27.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความหลากหลายของสังคมพืชที่ปรากฏในขอบเขตของอุทยานธรณีสตูล ก่อนข้างมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศและปัจจัยสิ่งแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่คาสต์หินปูน สำหรับชนิดสังคมพืชหลักที่พบสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Thetsana (2021) ที่จำแนกชนิดป่าหลักไว้ 3 ชนิด คือ ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ และ ป่าละเมาะเขาหินปูน ขณะที่อีก 6 สังคมพืชย่อยคือ ป่าดิบชื้นในหลุมยุบ ป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง และป่าชายเลนแคะที่พบในหลุมยุบ เป็นสังคมพืชย่อยที่

เป็นรายงานเพิ่มเติมจากการศึกษาเพิ่มเติมในภูมิภาคนิเวศแบบคาสต์ และเป็นสังคมที่มีความจำเพาะในเรื่องของปัจจัยแวดล้อม และอาจกล่าวได้ว่ามีความเปราะบางสูง อย่างไรก็ตามสังคมย่อยเหล่านี้ยังจำเป็นต้องศึกษาด้านสภาพปัจจัยแวดล้อมเฉพาะ ที่มีอิทธิพลต่อความต้องการทางนิเวศ (ecological niche) ของชนิดไม้แต่ละชนิด เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ปรากฏสังคมป่าพรุพบเพียงพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงที่เป็นน้ำขุ่นเล็กน้อย ขนาดไม่กว้างพอที่จะวางแปลงตัวอย่างได้ ซึ่งจากสภาพทางภูมิประเทศ มีความเป็นไปได้ว่าในพื้นที่อุทยานธรณีสตูลเดิมเคยมีป่าพรุ แต่ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่กสิกรรมไปหมดแล้ว โดยกิจกรรมของมนุษย์ถือว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของสังคมพืช

## 2. ความหลากหลายพรรณพืช (Species diversity)

ความหลากหลายของพรรณพืชเมื่อพิจารณาจากดัชนีของ Shannon-Weiner index ( $H'$ ) ในแต่ละสังคมพืช มีรายละเอียดดังนี้

1. ป่าดิบชื้น มีดัชนีความหลากหลาย ( $H'$ ) อยู่ในระดับค่อนข้างสูงในทุกพื้นที่การศึกษา พบมีค่าสูงสุดที่บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าภูผาเพชร ( $H'=3.38$ ) รองลงมาคือ บริเวณเกาะตะรุเตา และบริเวณเกาะราวี ( $H'= 3.32$  และ  $3.28$  ตามลำดับ) ขณะที่ป่าดิบชื้นในหลุมยุบและป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง มีดัชนีความหลากหลายอยู่ในระดับปานกลาง ( $H'= 2.83$  และ  $2.83$  ตามลำดับ)

2. ป่าดิบแล้ง มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ในระดับปานกลาง โดยบริเวณบนเกาะเขาใหญ่ มีค่าดัชนีความหลากหลายสูงที่สุด ( $H'=2.99$ )

ขณะที่บริเวณเขาโต๊ะหงาย มีค่าดัชนีความหลากหลายต่ำกว่า ( $H'=2.64$ )

3. ป่าชายหาด มีค่าดัชนีความหลากหลายค่อนข้างต่ำ โดยบริเวณเกาะราวี มีค่าใกล้เคียงกับบริเวณเกาะตะรุเตา ( $H'=2.16$  และ  $2.07$  ตามลำดับ)

4. ป่าชายเลน เป็นชนิดป่าที่มีความหลากหลายพรรณพืชต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ ( $H'$  ระหว่าง 0-2) เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความหลากหลายของ Shanno-Weiner index กับชนิดสังคมพืชอื่น ๆ เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมที่ค่อนข้างเฉพาะ โดยเฉพาะสมบัติดินและน้ำกร่อย (Blackish water) ที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล ทำให้มีชนิดพืชที่ปรับตัวเข้ากับปัจจัยจำกัดดังกล่าวไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมป่าบกอื่น ๆ โดยบริเวณท่าอ้อยและบริเวณเกาะตะรุเตา สภาพเป็นป่าชายเลนที่อยู่ติดป่าบก ดินเป็นเลนแข็ง มีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner สูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ( $H'=1.85$  และ  $1.40$  ตามลำดับ) ขณะที่พื้นที่ป่าชายเลนที่เป็นเลนอ่อน บริเวณหาดราวี มีค่าดัชนีความหลากหลายต่ำมาก ( $H'=0.86$ ) เช่นเดียวกับสังคมป่าชายเลนแคระ บริเวณหลุมยุบในเกาะเขาใหญ่ ค่าดัชนีความหลากหลายต่ำเช่นกัน ( $H'=0.96$ )

5. ป่าผสมผลัดใบ มีค่าความหลากหลายพรรณพืชอยู่ในระดับปานกลางเมื่อพิจารณาจากดัชนีของ Shannon-Weiner ( $H'$  อยู่ระหว่าง 2-3) โดยบนพื้นที่เกาะเขาใหญ่ มีค่าดัชนีความหลากหลายสูงกว่าบริเวณเขาโต๊ะหงาย ( $H'=2.78$  และ  $2.32$  ตามลำดับ) ขณะที่ป่าผสมผลัดใบไม่ร้งเด่น มีค่าดัชนีความหลากหลายอยู่ในระดับกลางระหว่างสองพื้นที่ ( $H'=2.36$ )

6. ป่าละเมาะเขาหินปูน มีความหลากหลายพรรณพืชค่อนข้างต่ำ ( $H'=2.42$ ) ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับป่าผสมผลัดใบ

ค่าดัชนีความหลากหลายของกลุ่มป่าดิบชื้น (เกาะตะรุเตา เกาะราวี และ บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าภูผาเพชร) มีค่าดัชนีความหลากหลายค่อนข้างสูง ( $H'$  อยู่ระหว่าง 3.0-4.0) มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสามพื้นที่ แตกต่างจากป่าดิบชื้นในบริเวณหุบเขา ที่มีค่าความหลากหลายอยู่ในระดับปานกลาง ( $H'=2.83$ ) และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับป่าดิบแล้งในพื้นที่ ( $H'=2.64-2.99$ ) แสดงให้เห็นว่าภายในแต่ละสังคมมีความหลากหลายของพืชพรรณที่เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปอย่างในกรณีของป่าดิบชื้น ที่บ่งชี้ให้เห็นว่าป่าดิบชื้นแม้จะมีลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏที่คล้าย ๆ กันแต่ชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบยังมีความแตกต่างกันอยู่พอสมควร โดยเฉพาะป่าดิบชื้นในพื้นที่หุบเขามีความแตกต่างด้านชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างจากป่าดิบแล้งโดยสิ้นเชิง ความหลากหลายจึงต่ำกว่าป่าดิบชื้นบริเวณอื่น ๆ

ป่าชายเลน มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนด้านจำนวนชนิดในสังคม โดยเฉพาะป่าชายเลนแควที่เกิดในพื้นที่หุบเขา ด้วยสภาพปัจจัยแวดล้อมที่มีข้อจำกัดและมีสิ่งกีดขวางการเข้าถึง ส่งผลให้จำนวนชนิดไม้ป่าชายเลนแพร่กระจายเข้าสู่หุบเขาได้น้อย นอกจากนี้ป่าชายเลนแควกลับมีค่าดัชนีความหลากหลายที่สูงกว่าป่าชายเลนบริเวณหาดราไว ทั้ง ๆ ที่พบชนิดไม้น้อยกว่า คือมีเพียง 3 ชนิด บ่งบอกว่า ค่าดัชนีความหลากหลายมิได้บ่งบอกเพียงว่าต้องมีชนิดไม้มาก ๆ ค่าจึงสูง หากแต่จำนวนและการกระจาย

ประชากรที่เป็นองค์ประกอบในสังคมก็มีผลต่อความหลากหลายของสังคมเช่นกัน

### 3. ความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืช (Similarity between plant communities)

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืชในพื้นที่เมื่อแยกออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มป่าผลัดใบ (Deciduous forests) และ กลุ่มป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forests) และใช้การปรากฏของชนิดพืชมาเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index, SI) ของ Sorensen ได้ผลการศึกษา ดังนี้

1. กลุ่มป่าผลัดใบ พบว่ามีความคล้ายคลึง (SI) เกินกว่า 50 % โดยความคล้ายคลึงระหว่างป่าผสมผลัดใบบนแผ่นดินและป่าผสมผลัดใบที่มีไม้รังเด่น มีความคล้ายคลึงกันสูงสุด (SI= 73.33 %) รองลงมาคือ ป่าผสมผลัดใบบนพื้นที่เกาะ (Ko Khoayai) และบนแผ่นดิน (MDF-Khao To Ngai) และป่าผสมผลัดใบบนเกาะและป่าผสมผลัดใบที่มีไม้รังเด่น ตามลำดับ (Table 1) โดยป่าผสมผลัดใบทั้งบนเกาะและบนแผ่นดินใหญ่มีความคล้ายคลึงกันในด้านองค์ประกอบชนิดสูง แม้ป่าผสมผลัดใบที่มีไม้รังเด่นนั้น ค่อนข้างแตกต่างจากพื้นที่อื่น ๆ แต่ชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบก็ยังเป็นชนิดหลักที่พบในป่าผสมผลัดใบ แสดงว่าป่าผสมผลัดใบในอุทยานธรณีสตูลมีชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน แม้ว่าภาพลักษณ์ที่ปรากฏมีความแตกต่างกัน

2. กลุ่มป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forests) อันประกอบด้วยป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง และป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง (ทั้ง 7 พื้นที่สำรวจ) พบว่าความคล้ายคลึงของสังคมป่าไม่ผลัดใบระหว่างพื้นที่มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 40 % (Table 2) โดยป่าดิบชื้น

(Moist evergreen forest, ME) ที่ไม่อยู่ในภูมิภาคประเทศคาสต์หินปูน บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าภูผาเพชร (Phupet unit) บนเกาะตะรุเตา (Ko Taruta) และบนเกาะราวี (Ko Rawi) มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกัน อยู่ระหว่าง 34.38 – 38.24 % (Table 2) ขณะที่ความคล้ายคลึงกับกลุ่มสังคมป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest, DEF) ที่พบบริเวณเขาโต๊ะหงาย (Khao To Ngai) เกาะเขาใหญ่ (Ko Khaoyai) ก็มีระดับความคล้ายคลึงค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าดัชนีความคล้ายคลึง (SI) อยู่ระหว่าง 9.06 – 26.67 %

(Table 2) ขณะที่ป่าดิบชื้นในพื้นที่คาสต์หินปูนป่าดิบชื้นในหลุมยุบ (MEF in Talu cave) มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าดิบชื้นแหล่งอื่น ๆ อยู่ในช่วง 7% - 27 % แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มป่าดิบแล้งบริเวณเขาโต๊ะหงาย (Khao To Ngai) และ บนเกาะเขาใหญ่ (Ko Khaoyai) พบว่ามีค่าดัชนีความคล้ายคลึงเป็น 0 % แสดงว่า ป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบ มีความจำเพาะค่อนข้างมาก ทำให้ชนิดพืชมีความแตกต่างจากพื้นที่อื่น ๆ อย่างชัดเจน

**Table 1** Similarity index (SI, %) between deciduous forests, mainly mixed deciduous forest (MDF) and other sub-type (MDF with *P. siamensis* dominant) of each study site.

	MDF - Khaoyai Island	MDF - Khao To Ngai	MDF - <i>P. siamensis</i> dominant
MDF - Khaoyai Island	X	63.41	53.41
MDF - Khao To Ngai	63.41	X	<b>73.33</b>
MDF - <i>P. siamensis</i> dominant	53.41	73.33	X

**Table 2** Similarity index (SI, %) between evergreen forests.

	MEF (Phuphapet Unit)	MEF (Ko Rawi)	MEF (Ko Taruta)	MEF (Talu Cave)	SEF (Papon School)	DEF (Khao To Ngai)	DEF (Ko Khaoyai)
MEF (Phuphapet Unit)	X	<b>37.14</b>	<b>38.24</b>	26.23	26.67	9.09	11.43
MEF (Ko Rawi)	37.14	X	<b>34.38</b>	14.04	17.86	9.68	24.24
MEF (Ko Taruta)	38.24	34.38	100	7.27	18.52	10	12.5
MEF (Talu Cave)	26.23	14.04	7.27	X	12.77	<b>0</b>	<b>0</b>
SEF (Papon School)	26.67	17.86	18.52	12.77	X	19.23	21.43
DEF (Khao To Ngai)	9.09	9.68	10	0	19.23	X	29.03
DEF (Ko Khaoyai)	11.43	24.24	12.5	0	21.43	29.03	X

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าในแต่ละสังคมมีพืชพรรณที่เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป บ่งชี้ให้เห็นว่าแม้จะมีลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏที่คล้ายคลึงกัน แต่ชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบยังมีความแตกต่างกันอยู่พอสมควร โดยเฉพาะป่าดิบชื้นในพื้นที่หลุมยุบมีความ

แตกต่างด้านชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างจากป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้งแหล่งอื่น ๆ โดยสิ้นเชิง ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่พื้นที่หลุมยุบมีขนาดไม่กว้างมากนักมีสภาพปัจจัยแวดล้อมที่จำเพาะและมีอุปสรรคในเรื่องสิ่งกีดขวางตามธรรมชาติที่มากขึ้น การแพร่กระจายพันธุ์

ตามธรรมชาติของพืช แม้หลุมยุบจะมีปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมแต่การแพร่กระจายพันธุ์ของพืชพรรณไม้ป่าดิบชื้นถูกขัดขวางโดยภูเขาหินปูนที่อยู่ล้อมรอบ ส่งผลให้ชนิดพืชที่ปรากฏมีความแตกต่างจากสังคมป่าดิบแบบอื่น ๆ

#### 4. สถานภาพพืช (Plant status)

สถานภาพของชนิดพืชที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษา ตามการจัดประเภทและเกณฑ์ตามบัญชีแดง IUCN Red List พบว่าส่วนใหญ่มีสถานภาพที่เป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern: LC) อย่างไรก็ตามหลายชนิดพบว่าอยู่ในสถานภาพถูกคุกคาม (Threaten) และสามารถจำแนกตามระดับความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ได้เป็น สถานภาพที่มีแนวโน้มเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Vulnerable : VU) พบจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้ต้น (*Cinnamomum ilicioides*) พรหมขาว (*Mitrephora alba*) กุลนก (*Payena lucida*) ไข่เขียว (*Parashorea stellata*) มังคุดป่า (*Garcinia costata*) และหนังกาผลกลม (*Monoon cupulare*) และสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered: EN) พบ 1 ชนิด คือ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*)

ชนิดไม้ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในสถานภาพที่เป็นกังวลน้อยที่สุด แสดงว่ายังมีประชากรที่มากมายและการกระจายที่กว้างขวางอยู่ ยกเว้นบางชนิดที่อยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ คือ ตะเคียนหิน ซึ่งบ่งบอกว่ากำลังอยู่ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์จากธรรมชาติ ซึ่งตะเคียนหินพบกระจายในป่าดิบแล้ง สภาพพื้นที่เป็นภูเขาหินปูน ด้วยข้อจำกัดของสภาพถิ่นอาศัยซึ่งหากถูกรบกวนอาจส่งผลต่อการสูญพันธุ์ระดับท้องถิ่นได้

#### สรุป (Conclusion)

พบชนิดสังคมพืช จำนวน 9 ชนิด คือ 1) ป่าดิบชื้น 2) ป่าดิบแล้ง 3) ป่าดิบชื้นกึ่งแล้ง 4) ป่าผสมผลัดใบ 5) ป่าผสมผลัดใบไม่ร่วงเด่น 6) ป่าชายหาด 7) ป่าชายเลน 8) ป่าละเมาะเขาหินปูน และ 9) สังคมป่าชายเลนแคระ

ความหลากหลายของพรรณพืช ในกลุ่มป่าดิบชื้นเกือบทุกพื้นที่มีค่าค่อนข้างสูง ( $H'=3.28-3.38$ ) ยกเว้นพื้นที่หลุมยุบที่อยู่ในระดับปานกลาง ( $H'=2.83$ ) เช่นเดียวกับกลุ่มป่าดิบชื้นกึ่งแล้งและป่าดิบแล้ง ( $H'=2.64-2.99$ ) ส่วนป่าชายหาดและป่าชายเลนมีความหลากหลายพรรณพืชค่อนข้างต่ำ

ความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มป่าผลัดใบ มีค่ามากกว่า 50 % ( $SI = 53.41-73.33\%$ ) สูงกว่าภายในกลุ่มป่าไม่ผลัดใบ ( $SI = 34.38-38.24\%$ ) แสดงว่าป่าผลัดใบมีชนิดพืชที่เป็นองค์ประกอบคล้ายคลึงกันสูงมาก ขณะที่ป่าดิบชื้นในหลุมยุบมีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าดิบชื้นอื่นน้อยที่สุด จนถึงไม่มีความคล้ายคลึงกันเลย ( $SI = 0\%$ ) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมเฉพาะที่ส่งผลต่อการปรากฏและตั้งตัวของชนิดพืช

การจัดประเภทและเกณฑ์ตามบัญชีแดง IUCN Red list ของพรรณไม้ส่วนใหญ่เป็นกังวลน้อยที่สุด (LC) พบสถานภาพมีแนวโน้มต่อการสูญพันธุ์ (VU) และสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (EN) จำนวน 6 และ 1 ชนิด ตามลำดับ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเร่งกำหนดมาตรการอนุรักษ์ชนิดพืชที่ถูกคุกคามเหล่านี้ โดยเฉพาะการอนุรักษ์นอกพื้นที่คุ้มครอง (Other effective area-based conservation measures, OECA) เพื่อให้สามารถอนุรักษ์ในถิ่นอาศัยตามธรรมชาติ (In-situ conservation) และอยู่ร่วมกับมนุษย์ได้อย่างยั่งยืน



### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว) ภายใต้โครงการ การสำรวจ ความหลากหลายทางชีวภาพพืช สัตว์ และซากดึกดำบรรพ์ในอุทยานธรณีสตูล และขอขอบคุณ Michael Cota ที่ช่วยตรวจทานภาษาอังกฤษ

### เอกสารอ้างอิง (References)

- Chantarasuwan, B., & W. Supong. 2025. **Plant community diversity and tree species diversity in the limestone karst landscape of Satun Geopark.** pp. 99-112. *In* Proceeding of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 14, 23-24 January 2025, Kasetsart University-Sakon Nakhon Campus. (in Thai)
- Department of Mineral Resources. 2021. **Cave and karst systems in Thailand.** Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- IUCN. 2025. **The IUCN Red List of Threatened Species.** Available source: <https://www.iucnredlist.org/> (Accessed: September 18, 2025)
- Marod, D., & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. Forest Textbook Publishing Fund. (in Thai)
- POWO. 2025. **Plants of the World Online.** Royal Botanic Garden, Kew. Available source: <https://powo.science.kew.org/> (Accessed: July 7, 2025)
- Shannon, C. E., & W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication.** Urbana, University of Illinois Press.
- Siripornpaiboon, C. 2021. **Geology in karst areas and a case study of Satun Geopark.** Cave and karst systems in Thailand. (in Thai)
- Smitinand, T. 1977. **Vegetation and Ground Cover of Thailand.** The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.
- Smitinand, T. 2014. **Thai Plant Names (Revised Edition).** Forest Herbarium, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok. (in Thai)
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. **Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.** 5(4): 1-34.
- Thailand Geopark. 2025. **UNESCO Global Geopark.** Available source: <https://thailandgeoparks.org/> (Accessed: October 7, 2025)
- Thetsana, N., & M. Phuphat. 2018. **Important plant species in the limestone ecosystem: Phu Khieo-Nam Nao forest group,** Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thetsana, N. 2021. **Forests and plant communities in limestone areas.** Cave and karst systems in Thailand. (in Thai)
- Thetsana, N., & P. Phutcha. 2021. **Important plant species in limestone ecosystems.** Forest and Plant Conservation Research Office. (in Thai)
- Thepju, W., N. Yamansabedean, & P. Bamrungsong. 2017. **Karst Features in Satun Geopark, Satun Province.** Bureau of Geological Survey, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand. (in Thai)

## วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (Thai Forest Ecological Research Journal, TFERJ) ISSN 2586-9566 (Print) และ ISSN 2985-0789 (Online) จัดทำโดย ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย (Cooperative Centre of Thai Forest Ecological Research Network, CC T-FERN) ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รับผิดชอบต่อผู้เขียนทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยฯ รวมทั้งภายนอกประเทศ บทความที่เสนอเพื่อขอรับการพิจารณาอาจเขียนได้ทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่บทความต้องมีทั้งสองภาษา และเอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษ นโยบายการจัดพิมพ์ของวารสารฯ เพื่อเป็นสื่อกลางเผยแพร่ผลงานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานและการประยุกต์ทางป่าไม้ ได้แก่ นิเวศวิทยาป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ การจัดการป่าไม้ วนวัฒนวิทยา ความสัมพันธ์เชิงระบบ และลักษณะทางสัณฐานและทางกายภาพของพืชและสัตว์ป่า วารสารฯ จัดพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) โดยมีกำหนดออกในเดือนมิถุนายน และธันวาคม

### คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) บทความวิจัยหรือนิพนธ์ต้นฉบับ (research/original article) เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง และ (2) บทความวิชาการ (review article) เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นบทความวิจัย และบทความสื่อสารอย่างสั้นจะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความวิจารณ์

### การเตรียมต้นฉบับ

#### ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ผ่านการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วน ความยาวไม่เกิน 16 หน้ากระดาษ A4 (รวมรูปภาพและตาราง) โดยมีระยะห่างบรรทัดเป็นสอง (double space) และใช้หน่วยวัดในระบบเอสไอ (SI system or International Units)

#### การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 16
2. หัวข้อหลัก เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ใช้อักษรตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า
3. หัวข้อย่อย ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย
4. ใส่หมายเลขหน้า บริเวณด้านล่าง จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่หมายเลขบรรทัดในแต่ละหน้า

#### รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. ชื่อผู้เขียน ให้ระบุชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยไม่ต้องระบุเพศ ศ หรือ ตำแหน่ง

3. สถานที่ทำงานของผู้เขียน ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่าน (ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ) พร้อมระบุ ผู้รับผิดชอบหลัก (Corresponding author) และ E-mail address ด้วย

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (Abstract) ไม่น้อยกว่า 800 คำ พร้อมระบุคำสำคัญ (Keywords) ไม่เกิน 5 คำ ท้ายบทคัดย่อ

2. คำนำ (Introduction) อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3. อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) โดยเขียนให้กระชับและชัดเจน ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)

4. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion) ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน

5. สรุป (Conclusion)

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ

7. เอกสารอ้างอิง (References) การอ้างอิงวารสาร ให้พิมพ์ชื่อเต็มวารสาร การเรียงเรียงวารสารให้เรียงเรียงตามลำดับอักษรในภาษาไทย และตามด้วยภาษาอังกฤษ ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานเอกสารอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบท ควรตรงกันและถูกต้องตามรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง ดังตัวอย่าง

**(กรณี เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยต้องแปลให้เป็นภาษาอังกฤษเพื่ออ้างอิงในบทความ)**

7.1 การอ้างอิง (Citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system

7.2 การเรียงลำดับ ต้องเรียงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย

หนังสือ และตำรา

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Academic Press, New York.

วารสาร

Kongsom, C. and I. A. Munn. 2003. Optimum rotation of *Eucalyptus camaldulensis* plantations in Thailand based on financial return and risk. **Thai Journal of Forestry** 22 (1): 29-35.

Nikles, D. G. 1993. Breeding methods for production of interspecific hybrids in clonal selection and mass propagation programmes in the tropics and subtropics, pp. 218-252. In J. Davidson (ed.) **Regional Symposium on Recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest Trees for Plantation Programmes**. December 1-8, 1992. FAO/UN, Bogor.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

Nuyim, T. 2001. Potentiality of *Melaleuca cajuputi* Powell cultivation to develop for economic plantation purpose. pp. 167-175. In **Proceedings of the 7<sup>th</sup> of silvicultural seminar: Silviculture for Commercial Plantations**. 12 – 14 December 2001. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

### ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

Sillery, B. 1998. **Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side, Popular Science.** Available source: <http://www.epnet.com/hostrial/ligin.htm> (Accessed: March 27, 1998)

8. ภาพ (Figure) และตาราง (Table) ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลที่สำคัญ พร้อมทั้งแนบไฟล์ต้นฉบับของภาพและตาราง ออกจากเนื้อหา

### การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj> ซึ่งผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้ จากนั้นส่งบทความ (manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณา ประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ MS word doc พร้อม ไฟล์ .pdf
2. ไฟล์รูปภาพ (ถ้ามี) ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น .tiff หรือ .jpeg เท่านั้น ให้ใช้ภาพที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป
3. ไฟล์แบบฟอร์ม นำมาส่งบทความวิจัย (สามารถดาวน์โหลดได้ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>) และหากมีปัญหาในการใช้ระบบ กรุณาติดต่อมาที่ E-mail: dokrak.m@ku.ac.th

4. ให้ผู้เขียนแนะนำชื่อและ Email ผู้ทรงคุณวุฒิที่ผู้เขียนต้องการให้ทางวารสารพิจารณาคัดเลือกอย่างน้อย 3 ท่าน ในระบบวารสารออนไลน์ ทั้งนี้การคัดเลือกผู้ทรงฯ อาจไม่ใช่รายชื่อที่ผู้เขียนนำเสนอ

### กระบวนการพิจารณาบทความ

เจ้าของบทความต้องเสนอชื่อ ที่อยู่และอีเมลล์ (E-mail address) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ จำนวน 3 ท่าน มาพร้อมกับต้นฉบับบทความ ทั้งนี้ กองบรรณาธิการอาจจะพิจารณาเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความแนะนำมาหรือไม่ก็ได้ ต้นฉบับที่ส่งมาตีพิมพ์จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาดังนี้

1. การพิจารณากลั่นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่น่าเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน บทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้น ทางหัวหน้าบรรณาธิการ (Editor in Chief) จะแต่งตั้ง รองบรรณาธิการ (Associate editor) ทำหน้าที่ประเมินบทความร่วมกับ ผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewers) ที่ถูกเลือกในแต่ละสาขาเพื่อพิจารณากลั่นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจาก รองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังระบบวารสารออนไลน์ เพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ ยอมรับ (Accept) หรือ ปฏิเสธ (Reject) บทความนั้น ๆ จะใช้เวลาในการพิจารณาทบทวนบทความประมาณ 2 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

**2. บทความที่ถูกปฏิเสธ (Rejected manuscripts)** ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมด รวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนผ่านระบบรับส่งวารสารออนไลน์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

**3. บทความที่ได้รับการยอมรับตีพิมพ์ (Accept for publication)** กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์ (Draft proof) ให้ผู้เขียนตรวจสอบความถูกต้อง **ทั้งนี้ต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ** พร้อมดำเนินการชำระค่าตีพิมพ์บทความจำนวน 2,500 บาท สำหรับบทความภาษาไทย และ 4,000 บาท สำหรับบทความภาษาอังกฤษ จากนั้น ทางกองบรรณาธิการจะทำเผยแพร่ออนไลน์บทความก่อนฉบับตีพิมพ์ (Online in progress) ในรูปแบบภาพสี (color photos) จากนั้นจะทำการรวมบทความเพื่อตีพิมพ์เล่มวารสาร (บทความตีพิมพ์ในรูปแบบขาวดำ) และนำเล่มวารสารเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (<https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/tferj>) ซึ่งผู้เขียน หรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

#### จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสารฯ ด้วยเหตุนี้ ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (<https://publicationethics.org/>) ทั้งในส่วนของผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องพิจารณาคำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ

#### ลิขสิทธิ์ของบทความ

บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย ต้องเป็นบทความที่ไม่ลอกเลียนบทความอื่นที่ตีพิมพ์แล้ว และเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของ ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นเสียแต่จะได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบ เนื้อหาของต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย นั้น จะเป็นการรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้จะไม่รวมความผิดพลาดที่เกิดจากเทคนิคการพิมพ์





## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

- ความสัมพันธ์ระหว่างชีพลักษณะของผลกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ในป่าดิบเขาระดับต่ำ  
อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ 157  
อภิษฎา เรืองเกตุ, ศุภลักษณ์ ศิริ, ยุวดี พลพิทักษ์, สถิตย์ ถิ่นกำแพง และ ประทีป ค้างแค้น
- ปริมาณและองค์ประกอบของโปรตีนในเยื่อีสาน *Leiolepis rubritaeniata*  
จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 173  
ชิดชนก โยปทุม, พีระศิษฐ์ ร่องจะโปะ, จันทร์ทิพย์ ช่วยเงิน และ ยอดชาย ช่วยเงิน
- การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของนนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne)  
บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 195  
ปิยะธิดา แสงแก้ว, สราวุธ สังข์แก้ว, กนกภรณ์ แก้วสง, พิเชิด ลำไย,  
พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์, กิตติพงษ์ ตั้งกิจ, พีธีกร สุภาวงศ์, ชานินทร์ คงศิลา และ วงศธร พุ่มพวง
- การประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน Google Earth และ Spreadsheet (LESS-FOR-01)  
ในการจัดทำแผนที่ออนไลน์การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้น บริเวณป่าเขาหน้าซับ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี 211  
เมธิ จันทโรปกรณ์, กฤษณชัย รอดสุข, กัญญารัตน์ ใจดี,  
มนิรัตน์ โพธิสาร, สิทธิกร ชาญเจริญ, นพิมพัชร แสงวิเชียร และ อรณัฐ นิลเขต
- ความหลากหลายของสังคมพืชในอุทยานธรณีสตูล 233  
กานุมาศ จันท์สุวรรณ และ วิสุจน์ สุพงษ์