วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 : กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

Volume 6 Number 2: July - December 2022

ISSN 2586-9566 (Print)

ISSN 2985-0789 (Online)

Bangboet Sand Dune, Chumphon Province

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

เจ้าของ
ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ
ศ. ดร.ดอกรัก มารอด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ
รศ. ดร.อุทิศ กุฎอินทร์
สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์
รศ. ดร.ประทีป ด้วงแค
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.นันทชัย พงษ์พัฒนานุรักษ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร.สราวุธ สังข์แก้ว
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.แหลมไทย อาษานอก
มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
ผศ. ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.ณรงค์ คูณขุนทด
กรมป่าไม้
รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ
มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ. ดร.สุนทร คำยอง
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ. ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ทรงธรรม สุขสว่าง
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช
นายชิงชัย วิริยะบัญชา
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
นายสำเริง ปานอุทัย
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
ดร.วรดลต์ แจ่มจำรูญ
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ผู้จัดการ
นางสาวนัทธมน โพธิยะราช

ผู้ช่วยผู้จัดการ
นางสาวอารีรัตน์ ญาณวุฒิ

สำนักงานกองบรรณาธิการ
ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ & โทรสาร : 0 2579 0176, 0 2942 8107
E-mail: dokrak.m@ku.ac.th หรือ ffornmp@ku.ac.th
Web site: http://www.tferj.forest.ku.ac.th

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

อิทธิพลของแนวกันลมต่อโครงสร้างป่า บริเวณสันทรายบางเบิด อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร **1**

พูลศรี วันธงไชย พันธิวาห์ หลอดคำ จักรพงษ์ ทองสวี นพคุณ แดนราช ถาวร ก่อเกิด วงศธร พุ่มพวง และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

นิเวศวิทยาบางประการและการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ **17**

ศิริพรรณ อุ่นอินทร์ วัฒนชัย ตาเสน สุธีร์ ดวงใจ และเสกสรร ไกรทองสุข

โครงสร้างสังคมพืชและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพงเพชร **31**

พัฒนา ชมภูวิเศษ พิสิทธิ์ โรยสกุล ภาณุวัฒน์ นิลอ่อน และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนาดีและกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี **47**

พัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล และสุภัทรา ถึกสถิตย์

ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา **59**

มนต์นรินทร์ เรืองจิตต์ สุธีระ เหิมฮึก จุฑามาศ อาจนาเสียว และนครินทร์ สุวรรณราช

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 1-16 (2565)

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของแนวกันลมต่อโครงสร้างป่า บริเวณสันทรายบางเบิด อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

พูลศรี วันธงไชย[1] พันธิวาห์ หลอดคำ[1] จักรพงษ์ ทองสวี[2] นพคุณ แดนราช[2]
ถาวร ก่อเกิด[2] วงศธร พุ่มพวง[3] และสถิตย์ ถิ่นกำแพง[2,4*]

รับต้นฉบับ: 3 พฤศจิกายน 2565 ฉบับแก้ไข: 1 ธันวาคม 2565 รับลงพิมพ์: 5 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

อิทธิพลของลมทะเล ส่งผลต่อการตั้งตัวและการสืบต่อพันธุ์ของสังคมพืชป่าชายหาดเป็นอย่างมาก การสร้างแนวป้องกันลมอาจมีส่วนช่วยลดความเร็วลมและทำให้เกิดการทดแทนสังคมพืชเกิดได้ดีขึ้น วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อทราบอิทธิพลของแนวป้องกันลมต่อโครงสร้างสังคมพืชบริเวณสันทรายบางเบิด โดยวางแปลงถาวรจำนวน 3 แปลง ในพื้นที่สันทรายตามธรรมชาติและพื้นที่ปลูกสนทะเลป้องกันลม ในปี พ.ศ. 2557 และ 2559 ตามลำดับ ทำการติดเบอร์พรรณพืชที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 เซนติเมตร วัดขนาดและระบุชนิด โดยมีการติดตามการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ทุก ๆ ปี นำข้อมูลที่ได้จากการติดตามในปี พ.ศ. 2563 มาทำการวิเคราะห์โครงสร้างสังคมบริเวณหลังแนวป้องกันลมและจำแนกสังคมพืชระหว่างพื้นที่สันทรายตามธรรมชาติและพื้นที่ปลูกสนทะเลป้องกันลม

ผลการศึกษาพบพรรณไม้ป่าชายหาด บริเวณหลังแนวสนทะเล จำนวน 39 ชนิด 37 สกุล 26 วงศ์ มีความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย เท่ากับ 8,138 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.35 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner index ($H^{/}$) อยู่ในระดับปานกลาง ($H^{/}$= 2.88) ผลการวิเคราะห์ด้วย Non-metric multidimensional scaling (NMDS) สามารถจำแนกสังคมพืชบริเวณสันทรายได้ 2 กลุ่มคือ 1) กลุ่มสังคมพืชด้านหลังลมและด้านหลังแนวป้องกันลม และ 2) กลุ่มสังคมพืชด้านหน้าลม พรรณไม้เด่นในกลุ่มแรกส่วนใหญ่เป็นไม้ต้นและยืนต้นกึ่งไม้พุ่ม เช่น เขากวาง (*Mischocarpus sundaicus*) เสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) งาไซ (*Planchonella obovata*) เมา (*Syzygium grande*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) หว้าหิน (*Syzygium claviflorum*) ขันทองพยาบาท (*Suregada multiflora*) และพริกไทยดง (*Aporosa planchoniana*) ขณะที่ในกลุ่มด้านหน้าลมส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มและไม้ยืนต้นกึ่งไม้พุ่มที่สำคัญคือ เตยทะเล (*Pandanus odorifer*) และรักทะเล (*Scaevola taccada*) แสดงให้เห็นว่าการสร้างแนวป้องกันลมมีส่วนช่วยช่วยให้การทดแทนสังคมพืชบนสันทรายบริเวณด้านหน้าลมเป็นกลุ่มเดียวกับสังคมพืชบริเวณด้านหลังลมได้ดี สนทะเลมีรูปแบบการกระจายตามชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางแบบระฆังคว่ำซึ่งแตกต่างจากพรรณพืชส่วนใหญ่และบ่งบอกถึงความไม่ต่อเนื่องในการรักษาโครงสร้างประชากร แม้ว่าสนทะเลมีส่วนช่วยสร้างปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของพืชชนิดอื่นบนสันทราย ดังนั้น การปลูกพืชที่เหมาะสมเช่น เมา งาไซ และเตยทะเล เพื่อสร้างแนวป้องกันลม นับว่ามีส่วนช่วยในการอนุรักษ์ชนิดพรรณพืชและฟื้นฟูสังคมพืชบริเวณสันทรายหรือป่าชายหาดได้ดี

คำสำคัญ: การฟื้นฟูป่า การทดแทนตามธรรมชาติ ความหลากชนิดพืช ป่าชายหาด

[1]กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรุงเทพฯ 10210

[2]ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3]กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

[4]ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: Email: kawlica_70@hotmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 1-16 (2565)

ORIGINAL ARTICLE

The Influence of Shelter Belt on Forest Structure at Bang Boet Coastal Sand Dune, Pathio District, Chumphon Province

Poonsri Wanthongchai[1], Phantiwa Lordkham[1], Chakkapon Thonsawi[2], Noppakun Danrad[2], Thaworn Kokerd[2], Wongstorn Phumphuang[3], and Sathid Thinkamphaeng[4*]

Received: 3 November 2022 Revised: 1 December 2022 Accepted: 5 December 2022

ABSTRACT

The influence of sea breezes has high impact on the plant establishment on the beach forest. The creation of shelter-belt may reduce the wind speed and support for plant regeneration. This study aimed to detect the influence of shelter-belt on forest structure at Bang Boet coastal sand dune. Three permanent plots were established in natural coastal sand dune and behind shelter-belt of *Casuarina equisetifolia* planting in 2014 and 2016, respectively. All plants with DBH $\geq$ 1 cm were tagged, measured and species identified which the regeneration monitoring was done every year. The forest structure of plant community behind shelter-belt was analyzed, including, plant community classification between sites, natural coastal sand dune and behind shelter-belt of *Casuarina equisetifolia*, was also monitored based on data in 2020.

The results showed that 39 species from 37 genera and 26 families were found in the sand dune behind shelter-belt. High tree density with DBH $\geq$ 1 cm was found (8,138 trees/ha^{-1}) with basal area of 18.35 m^2/ha^{-1}. Moderate diversity based on Shannon-Weiner ($H^{/}$) index was found ($H^{/}$ = 2.88). The result form Non-metric multidimensional scaling (NMDS) showed that two plant community groups were classifiied; 1) leeward and behind shelter-belt group, and 2) leeward group. The dominance species in first group was mostly tree and shrubby tree habit such as *Mischocarpus sundaicus*, *Syzygium antisepti*cum, *Planchonella obovate*, *Syzygium grande*, *Ochna integerrima*, *Syzygium claviflorum*, *Suregada multiflora* and *Aporosa planchoniana*, while, the latter group was shrub and shrubby tree habit, particular, *Pandanus odorifer* and *Scaevola taccada*. Indicating shelter-belt creating had strongly supported plant community succession at leeward side similar to the leeward site. The diameter class distribution of *Casuarina equisetifolia* had a unimodal form which contrasted to the others, indicating high susceptibility to maintain it population, even though, it facilitated the suitable environments for others plant establishment. Thus, the shelter-belt with suitable species such as *Syzygium grande*, *Planchonella obovata* and *Pandanus odorifer*, had high influenced on species conservation and the restoration of coastal sand dune or beach forest.

Keywords: Forest restoration, Natural succession, Species diversity, Beach forest

[1]Department of Marine and Coastal Resource, Bangkok, 10210

[2]Cooperating Centre of Thai Forest Ecological Research Network, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3]Department of National Parks, Wildlife and Plants Conservation, Bangkok 10900

[4]Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

***Corresponding author**: E-mail: kawlica_70@hotmail.com

คำนำ

สันทรายหรือเนินทราย (sand dune) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการกระทำของลมที่พัดเอาทรายมากองทับกันจนเกิดเป็นเนินทราย หรือสันทราย (Hesp and Thon, 1990) โดยสันทรายมักเกิดขึ้นในบริเวณทะเลทราย หรือบริเวณใกล้ฝั่งทะเล บริเวณเนินทรายชายฝั่งบริเวณที่ไม่มีพรรณพืชปกคลุมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแรงลมสามารถหอบเม็ดทรายเคลื่อนที่เข้ามาในแผ่นดินหรือลอยสูงไปตกบริเวณหลังเนินทราย (Pluis & van Boxel, 1993; Phothipak, 1970) การเคลื่อนที่ของทรายมาทับถมด้านหลังลมตลอดเวลาทำให้สันทรายเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ (Conte *et al*., 1994) ซึ่งแตกต่างจากบริเวณที่พรรณพืชปกคลุมหนาแน่นนั้นเนินทรายจะมีความเสถียรสูง (Stabilization) และเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ยาก ปกติสันทรายสามารถแบ่งพื้นที่เป็นสองส่วนอย่างชัดเจนคือ ด้านที่อยู่หน้าลม (Windward) จะมีลักษณะลาดเอียงขึ้น ขณะที่ด้านหลังลม (Leeward) จะชันคล้ายสันมีดอีโต้ สันนี้อาจจะมีพืชปกคลุมหรือไม่มีก็ได้ ประเทศไทยมักพบสันทรายบริเวณชายฝั่งตะวันออกและชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย โดย สันทรายที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ สันทรายบางเบิด พื้นที่บ้านบางเบิด ตำบลทรายทอง อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่รอยต่อบ้านถ้ำธง ตำบลปากคลอง อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร มีความยาวชายฝั่งประมาณ 10 กิโลเมตร เป็นสันทรายที่เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ มีเอกลักษณ์ทางธรณีวิทยา และมีลักษณะทางภูมิทัศน์เฉพาะตัวนอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีความสวยงามและยังคงความสมบูรณ์ตามธรรมชาติ มีระบบนิเวศเปราะบางและสลับซับซ้อน ประกอบด้วย ป่าชายหาด ป่าพรุ ป่าดิบชื้น และป่าดิบแล้ง

ปัจจุบันสันทรายบางเบิดได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่สังคมพืชบนพื้นที่สันทรายถูกเปลี่ยนแปลงไปเพื่อการพัฒนาในหลาย ๆ ด้าน เช่น ตั้งเป็นชุมชนที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ และเป็นแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงยังได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ อิทธิพลของสมบัติดิน (Soil properties) ซึ่งเป็นดินทรายที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ไอเกลือ (salt spray) ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของพืชที่ต้องมีการปรับตัวให้มีใบแข็งหนา (Marod *et al*., 2020a; Nuancharoen, 2009) มีต่อมขับเกลือ (Salt grand) เพื่ออยู่ในสภาพที่มีไอเค็มเข้ามาเกี่ยวข้องกับการเติบโต และรวมถึงอิทธิของลมที่ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดดินและการตั้งตัวของพรรณพืช ในกรณีที่มีลมพัดแรง ๆ จะทำให้ต้นพืชล้ม ผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย กิ่งก้านเล็ก ใบฉีดขาด และอิทธิพลนี้ยังมีแนวโน้มที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ดังนั้น โครงการพัฒนาส่วนพระองค์สันทรายบางเบิด อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร จึงได้เริ่มพัฒนาที่ดินบริเวณบ้านน้ำพุซึ่งมีพื้นที่ติดชายทะเล (Ratanadamrongpinyo, 2009) ซึ่งได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของลม ที่พัดพาเอาเม็ดทรายขึ้นมาทับถมจนกลายสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรมบนเนินทราย โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้จัดทำโครงการปลูกต้นไม้โตเร็ว คือ สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) เพื่อสร้างเป็นแนวกันลม (Shelter belt) เพื่อไม่ให้พรรณพืช

ได้รับความเสียหายหรือโค่นล้มระหว่างการตั้งตัว รวมถึงเพื่อช่วยลดผลกระทบจากการพังทลายของดินสันทรายที่เกิดจากแรงลม เป็นการปรับปรุงสภาพภูมิอากาศใกล้ผิวดิน ลดอัตราการคายระเหยน้ำของพืช กักเก็บความชื้นในดิน และช่วยส่งเสริมให้เกิดการกระจายของพรรณไม้ตามธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งหากพิจารณาถึงสังคมพืชป่าชายหาด (Beach forest) บริเวณพื้นที่สันทรายตามธรรมชาติ จากรายงานของ Marod *et al*. (2020b) ที่ระบุว่าโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืชบริเวณด้านหน้าลม (Windward) และด้านหลังลม (Leeward) พื้นที่สันทรายบางเบิร์ดมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยบริเวณด้านหน้าลมส่วนใหญ่เป็นกลุ่มพืชในระดับเรือนยอดชั้นล่าง มีวิสัยเป็นกลุ่มไม้พุ่ม (Shrub, S) และไม้ล้มลุก (Herb, H) ขณะที่สังคมพืชบริเวณด้านหลังลมส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของไม้ต้น (Tree, T) พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มพรรณพืชในป่าชายหาดขึ้นผสมร่วมกันกับป่าดิบแล้ง แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของลมที่มีต่อการตั้งตัวของพรรณพืชและการก่อตัวของสังคมพืชค่อนข้างสูง และหากมีการสร้างแนวกันลมบริเวณด้านหน้าสันทรายอาจช่วยทำให้โครงสร้างของสังคมพืชเปลี่ยนแปลงและใกล้เคียงกับสังคมพืชบริเวณด้านหลังลมก็เป็นไปได้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาอิทธิพลของการปลูกพืชเพื่อสร้างแนวกันลมต่อโครงสร้างป่าและการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้บริเวณแนวหลังแนวกันลมบนพื้นที่สันทรายนั้นยังไม่พบรายงานการศึกษาในประเด็นนี้ ซึ่งพื้นที่โครงการพัฒนาส่วนพระองค์สันทรายบางเบิดที่ถือได้ว่าเป็นแหล่งสันทรายขนาดใหญ่ที่ยังคงเหลืออยู่และมีการปลูกสนทะเลเพื่อเป็นแนวกันลมจึงเป็นสถานที่ศึกษาที่สำคัญเพื่อติดตามและประเมินผลของการดำเนินการดังกล่าว ดังนั้น วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของแนวป้องกันลมต่อโครงสร้างป่าและการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้เด่น บริเวณด้านหลังแนวปลูกไม้ป้องกันลม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์และการฟื้นฟูป่าชายหาดของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

โครงการพัฒนาส่วนพระองค์จังหวัดชุมพร เป็นที่ดินส่วนพระองค์ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ราชการที่ 9 ที่ตั้ง บ้านน้ำพุ ตำบลปากคลอง อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร (Figure 1 A) ซึ่งได้จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2541 เนื้อที่ประมาณ 448 ไร่ พื้นที่อยู่ติดทะเล สภาพเป็นดินทรายถูกกระแสลมพัดพาเอาเม็ดทรายขึ้นมาทับถมจนกลายสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรมบนเนินทราย (Sand dune) สภาพภูมิประเทศเป็นสันทรายยาวขนานกับชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวบางเบิด ซึ่งอยู่ในพื้นที่รอยต่อระหว่างอำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กับอำเภอประทิว จังหวัดชุมพร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.2 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 1,876.3 มิลลิเมตร ลักษณะสังคมพืชบริเวณสันทราย ประกอบด้วยพรรณไม้ป่าชายหาด พรรณไม้จากป่าพรุ ป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ในปี พ.ศ. 2541 ได้มีการปลูกป่าฟื้นฟูและปลูกเป็นแนวกันลม ชนิดไม้ที่นำมาปลูก คือ กระถินณรงค์ และสนทะเล ภายหลังพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช บรมนาถบพิตร

มีพระกระแสรับสั่งให้โครงการพัฒนาส่วนพระองค์ เป็นผู้รับผิดชอบโครงการพัฒนาที่ดินซึ่งเป็นทรัพย์สินส่วนพระองค์ (Ratanadamrongpinyo, 2009) เนื้อที่ 448 ไร่ โดยให้อนุรักษ์สภาพแวดล้อมเดิมซึ่งมีสภาพเป็นสันทรายป่าชายหาด และพัฒนาเป็นพื้นที่การเกษตร โดยให้ปรับปรุงดินตามความเหมาะสม โดยให้เป็นแหล่งการศึกษาวิจัยและพัฒนาส่งเสริมอาชีพ ปัจจุบันโครงการส่วนพระองค์ได้ปลูกพืชผสมผสานมีทั้งไม้ผล ไม้ดอก เพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลง และการเจริญเติบโตของไม้แต่ละชนิด ทั้งนี้ โครงการดังกล่าวยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ของจังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน อยู่ภายใต้การดูแลของสำนักงานป่าไม้ชุมพร กรมป่าไม้ จนถึงปัจจุบัน

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ในปี พ.ศ. 2559 ทำการวางแปลงถาวร ขนาด 10 x 80 เมตร บริเวณด้านหน้าสันทราย (windward) ที่มีการปลูกสนทะเลเป็นแนวกัน (ปลูกปี พ.ศ. 2541) จำนวน 3 แปลง บนสันทรายบางเบิด (บริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์ อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร) แต่ละแปลงมีระยะห่าง 300 เมตร แต่ละแปลงทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร รวมทั้งหมด 24 แปลงย่อย ซึ่งเป็นข้อมูลตัวอย่างของพรรณพืชหลังแนวปลูกสนทะเล (Figure 1 B)

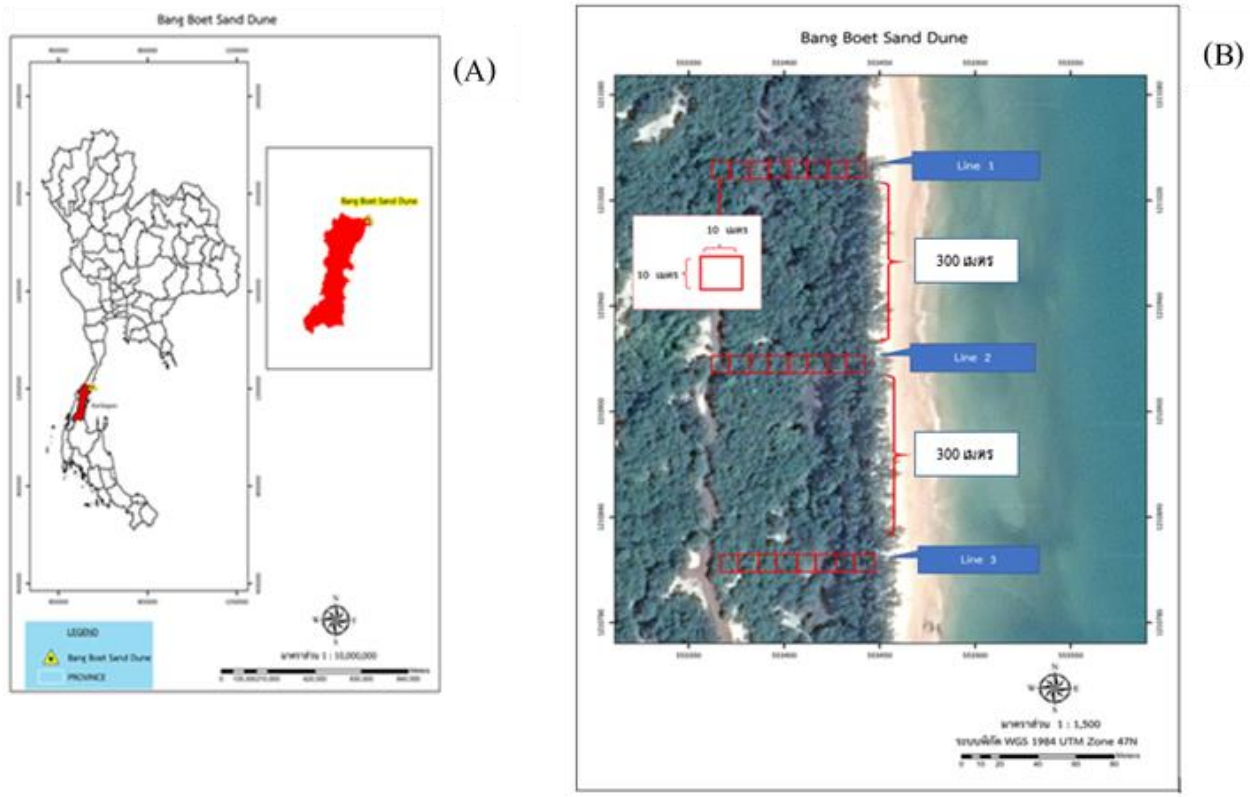


Figure 1 The study area at Bangboet sand dune (A) and permanent plots establishment (B)

2.2 สำรวจพรรณพืชในแปลงถาวร โดยติดหมายเลขต้นไม้ (Ordering number tagged) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ทำการวัดขนาด ระบุชนิด บันทึกพิกัดตำแหน่งของต้นไม้ในแปลง สำหรับพรรณไม้ที่ไม่สามารถ

ระบุชนิดได้นั้นก็ทำการเก็บตัวอย่าง (Specimens) เพื่อนำมาระบุชนิดโดยการเทียบเคียงกับชนิดไม้ที่ระบุชนิดแล้วในสำนักหอพรรณไม้ ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พร้อมกับตรวจสอบรายชื่อพรรณไม้โดยให้ชื่อตามการระบุชนิดของ (Smittinand, 2014)

2.3 คัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนที่ของป่าชายหาด เพื่อศึกษาการจำแนกชั้น (Stratification) ด้วยการสร้างแผนภูมิชั้นเรือนยอด (Profile diagram) และแผนภูมิการปกคลุมเรือนยอด (Crown cover diagram) โดยคัดเลือกแนวสำรวจที่เป็นตัวแทนของป่าชายหาด (ขนาด 10 x 50 เมตร)

2.4 ทำติดตามพลวัตป่า ทุก ๆ 2 ปี คือ ในปี พ.ศ. 2559, 2561 และ 2563 โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (DBH) ต้นไม้เดิมพร้อมจดบันทึกต้นไม้ตาย สำหรับต้นไม้ที่เพิ่มเข้ามาใหม่ที่มีขนาด DBH มากกว่า 1 เซนติเมตร ก็จะทำการติดหมายเลขต้นไม้ วัดขนาด DBH ความสูงต้นไม้ บันทึกพิกัด (X, Y) พร้อมทั้งระบุชนิด

2.5 เปรียบเทียบโครงสร้างป่าบริเวณหลังแนวกันลม (ปลูกสนทะเล) จำนวน 24 แปลง กับข้อมูลแปลงถาวรบริเวณสันทรายบางเบิดตามธรรมชาติ (Figure 2) ตามรายงานของ Marod *et al.* (2020a) ที่กำหนดและแบ่งแปลงย่อยบริเวณด้านหน้าลมและด้านหลังลม พื้นที่ละ 15 แปลง เพื่อประเมินผลจากการปลูกสนทะเลเป็นแนวกันลมต่อการตั้งตัวของสังคมพืชบริเวณสันทราย

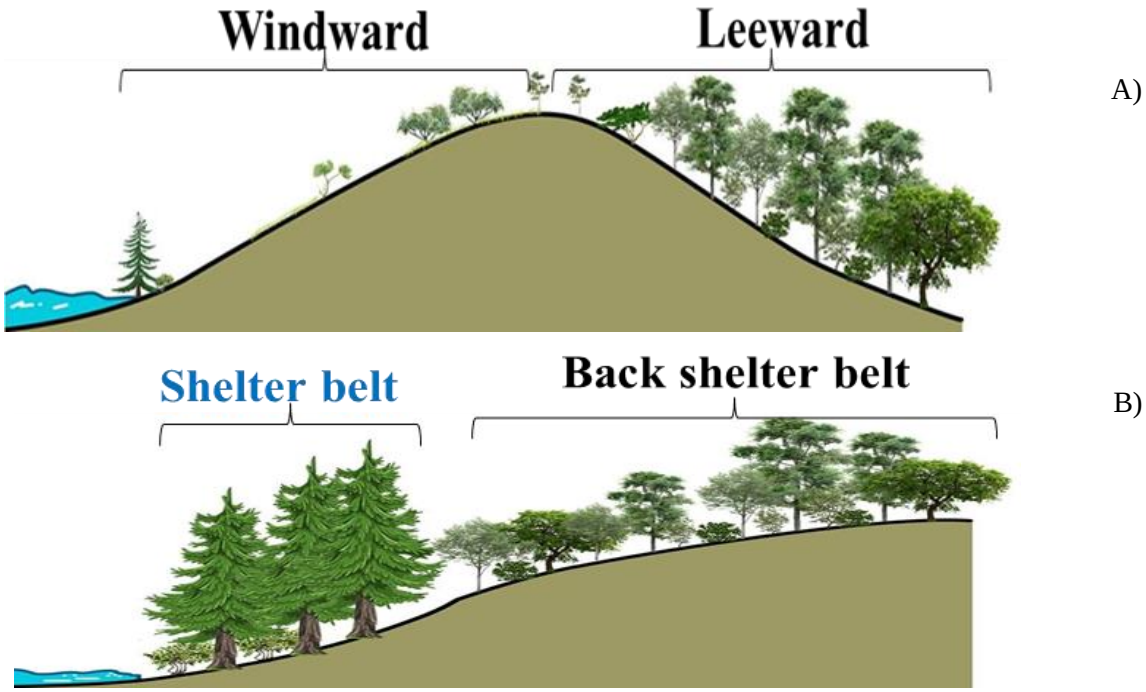


Figure 1 Sample point in study area.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างป่าสันทรายตามธรรมชาติ และหลังแนวปลูกสนทะเล รวมถึงการสืบต่อพันธุ์ของพรรณพืชบางชนิด โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นช่วงเวลาการติดตามครั้งหลังสุด โดยใช้ดัชนีชี้วัด ดังนี้

3.1 ดัชนีค่าความสำคัญ (Importance value index, IVI) ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้โดยการคำนวนตาม Whittaker (1970) และ Marod & Kutintara (2009) โดยดัชนีค่าความสำคัญของพรรมไม้ คือ ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) ความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) และความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo) ของแต่ละชนิดไม้

$$IVI = RF + RD + RDo$$

3.2 ดัชนีความหลากหลาย (Diversity index) ดัชนีความหลากหลายพรรณพืชใช้สมการของ Shannon-Wiener index ($H^{/}$) (Shannon and Weaver, 1949) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{s}(Pi)i \ln (Pi)$$

$H^{/}$ = ดัชนีความหลากหลาย

Pi = สัดส่วนของจำนวนในชนิดที่ i (n_i) ต่อผลรวมทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (N)

หรือ $Pi = \frac{n_i}{N}$,

n_i = 1,2,3,...,s

S = จำนวนชนิดทุกชนิดในสังคม

ln = ค่าลอการิทึมธรรมชาติของตัวเลข

เกณฑ์แบ่งระดับความหลากหลายของ Shannon-Weiner index อ้างอิงตาม Washington (1984)

0-1 = ความหลากหลายระดับต่ำ

1-2 = ความหลากหลายค่อนข้างต่ำ

2-3 = ความหลากหลายระดับปานกลาง

3-4 = ความหลากหลายระดับค่อนข้างสูง

> 4 = ความหลากหลายระดับสูง

3.3 การกระจายของต้นไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter class distribution) โดยสร้างกราฟการกระจายของต้นไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของพื้นที่และพรรณไม้เพื่อพิจารณารูปแบบกราฟที่ได้ว่าเป็นรูปแบบใด โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ (Correlation, r) หรือ r^2 เป็นตัวกำหนดความเชื่อมั่นของรูปแบบสมการนั้น ๆ (Oliveira *et al*., 2014) โดยคัดเลือกชนิดไม้เด่น ที่มีจำนวนต้น ตั้งแต่ 30 ต้น ซึ่งเป็นจำนวนตัวอย่างที่สามารถแสดงให้เห็นแบบแผนการกระจาย (Schütz & Rosset, 2020) และสอดคล้องกับจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบทางสถิติ มาใช้ในการประเมินการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ป่าชายหาดฟื้นฟู บริเวณด้านหลังแนวสนทะเล

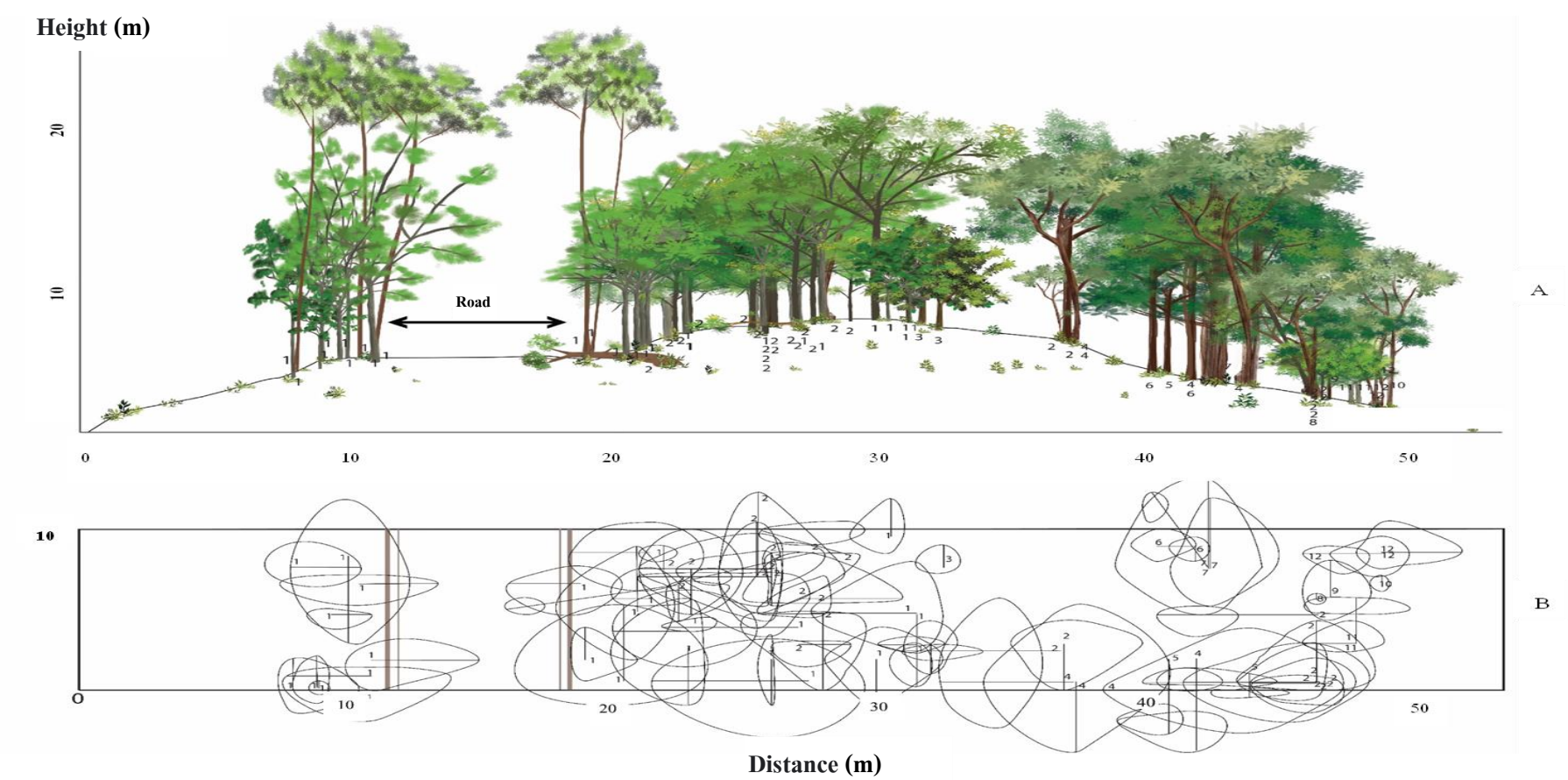
3.4 การจำแนกสังคมพืช ระหว่างพื้นที่ปลูกแนวสนทะเลและสันทรายธรรมชาติ ด้วยวิธี Non-metric multidimensional scaling (NMDS) โดยสร้างข้อมูลเมตริกความชุกชุมของชนิดไม้ในแต่ละแปลงย่อย (10 x 10 เมตร) เป็นเมตริกหลักสำหรับการวิเคราะห์ ด้วยการใช้ฟังก์ชัน metaMDS ใน Vegan community ecology package (R Package version 2.2-0) จากการตรวจวัดความแตกต่างระหว่างสังคมตามหน่วยการวัดระยะทางตามวิธีของ Bray-Curtis dissimilarity (Oksanen *et al*., 2016) จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติด้วย ANOVA โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2016) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเชิงปริมาณระหว่างสังคมพืชบริเวณหน้าสันทรายและหลังสันทราย (Marod *et al*., 2020a) และบริเวณด้านหลังแนวปลูกสนทะเลป้องกันลม

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืช

โครงสร้างป่าชายหาด หลังแนวสนทะเล บริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์ จังหวัดชุมพร เมื่อพิจารณาต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 1 เซนติเมตร พบพรรณพืช 39 ชนิด 37 สกุล 26 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 8,188 ต้นต่อเฮกตาร์ มีพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 18.35 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (Appendix 1) โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Weiner เท่ากับ 2.88 ถือว่ามีความหลากหลายของพรรณไม้อยู่ในระดับปานกลาง ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญ 10 ชนิดแรก ได้แก่ สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) เสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) ผักหวานป่า (*Champereia manillana*) งาไซ (*Planchonella obovata*) เขากวาง (*Mischocarpus sundaicus*) ตังหน (*Calophyllum calaba*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) แดงหิน (*Pleurostylia opposita*) และหว้าหิน (*Syzygium claviflorum*) มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 28.13, 27.24, 25.79, 25.20, 24.32, 18.87, 13.11, 12.06, 12.02 และ 11.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนชนิดไม้อื่น ๆ มีค่าดัชนีความสำคัญลดหลั่นกันลงไป จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Marod *et al*. (2020a) ที่ทำการศึกษาโครงสร้างสังคมพืชบริเวณสันทรายบางเบิดที่ไม่มีแนวกันลม พบว่ามีจำนวนชนิดพรรณไม้ใกล้เคียงกัน (38 ชนิด) แต่ความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดนั้นมีค่าสูงกว่า (3,900 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 8.28 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) แสดงให้เห็นว่าแนวป้องกันลมมีส่วนช่วยให้เกิดการตั้งตัวของต้นไม้ขนาดเล็กเกิดขึ้นได้ดี

เมื่อพิจารณาการปกคลุมของชั้นเรือนยอดด้านหลังแนวสนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) พบว่าเป็นเรือนยอดปิด (Closed canopy) มีการปกคลุมของเรือนยอดถึง 78 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามบริเวณช่วงที่ติดชายฝั่งทะเล (0-10 เมตร) มีลักษณะเป็นเรือนยอดเปิด (Open canopy) มีการตั้งตัวของ รักทะเล (*Scaevola taccada*) ซึ่งเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก ขณะที่ระยะหลังแนวสนทะเล (10-20 เมตร) นั้นมีลักษณะเป็นเรือนยอดเปิดซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการสร้างถนนจึงทำให้มีการรบกวนการตั้งตัวของพรรณพืชบริเวณนี้ แตกต่างจากบริเวณไกลออกจากแนวถนนโดยเฉพาะด้านเนินสันทรายเรือนยอดกลับมาแน่นทึบมากขึ้นจากการขึ้นอยู่ของต้นไม้อย่างหนาแน่น (Figure 3) สำหรับโครงสร้างด้านตั้งป่าชายหาดหลังแนวกันลมสามารถจำแนกชั้นเรือนยอดได้ 2 ชั้นเรือนยอด คือ 1) เรือนยอดชั้นบน มีความสูงประมาณ 10-22 เมตร ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้ต้น ชนิดไม้ดัชนีที่สำคัญในชั้นเรือนยอดนี้ ได้แก่ สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) งาไซ (*Planchonella obovata*) ลำบิด (*Diospyros vera*) เสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) เขากวาง (*Mischocarpus sundaicus*) ตังหน (*Calophyllum calaba*) และเม่า (*Syzygium grande*) เป็นต้น และ 2) เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงประมาณ 5-10 เมตร ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้พุ่ม ชนิดไม้ดัชนีที่สำคัญในชั้นเรือนยอดนี้ ได้แก่ สำเภา (*Chaetocarpus castanocarpus*) แดงหิน (*Pleurostylia opposita*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) ชะแอง (*Rhodamnia cinerea*) และ



Remark : (1) *Casuarina equisetifolia* (2) *Planchonella obovata* (3) *Diospyros vera* (4) *Syzygium antisepticum* (5) *Mischocarpus sundaicus* (6) *Calophyllum calaba* (7) *Chaetocarpus castanocarpus* (8) *Eurycoma longifolia* (9) *Ochna integerrima* (10) *Pleurostylia opposita* (11) *Rhodamnia cinerea* (12) *Syzygium grande*

Figure 3 Forest stratification of Bang Boet coastal sand dune behind shelter-belt of *Casuarina equisetifolia* under area of the Royal Development Project, Chumphon Province. A and B indicated the profile and crown cover diagram, respectively.

ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) เป็นต้น (Figure 3 A) ซึ่งถือได้ว่ามีระดับความสูงของไม้ต้นทั้งสองระดับเรือนยอดค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของต้นไม้บริเวณด้านด้านหน้าลม (Windward) บนสันทรายที่มักมีความสูงไม่มากนักและลำต้นมีลักษณะแคระแกรน ซึ่งแตกต่างจากโครงสร้างด้านหลังลม (Leeward) ที่สังคมพืชส่วนใหญ่มีเรือนยอดปิดและมีความสูงที่สูงกว่าด้านหน้าลมอย่างชัดเจน (Laongpol *et. al*. 2009; Thongsawi, 2019)

2.. การจำแนกสังคมพืชบริเวณสันทรายบางเบิร์ด

ผลการวิเคราะห์การจำแนกสังคมพืชจากวิธี NMDS แสดงให้เห็นถึงระดับค่าความเครียดต่ำ (Lower stress, 0.11) และมีความเหมาะสมในการจัดลำดับแบบสองทิศทางโดยพบว่าสังคมพืชสันทรายตามธรรมชาติและหลังแนวปลูกสนทะเลเป็นแนวกันลม สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มสังคมพืชด้านหน้าลม (Windward) และกลุ่มสังคมพืชด้านหลังลม ซึ่งรวมชุดข้อมูลด้านหลังลม (Leeward) ตามธรรมชาติ และด้านหลังแนวปลูกสนทะเลกันลม (Back shelter belt) (Figure 4) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขององค์ประกอบชนิดพรรณพืชอย่างชัดเจนระหว่างทั้งสองกลุ่ม ($R = 0.39$ และ $R = 0.65$, $P < 0.001$, ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มพรรณพืชบริเวณหลังแนวป้องกันลมมีความคล้ายคลึงกับสังคมพืชบริเวณด้านหลังลมตามธรรมชาติ สอดคล้องกับผลทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเชิงปริมาณอื่น ๆ ที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจน ($P < 0.05$) โดยมีค่าสูงบริเวณด้านหลังสันทรายและด้านหลังแนวป้องกันลมมากกว่าบริเวณด้านหน้าสันทรายตามธรรมชาติ ทั้งความหนาแน่นต้นไม้ (Stem density) พื้นที่หน้าตัดต้นไม้ (Basal area) และดัชนีความหลากหลายพรรณพืช (Shannon-Weiner index) (Table 1)

พรรณพืชเด่นที่พบในกลุ่มสังคมพืชด้านหน้าลม (Windward group) ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้ล้มลุก (Herb, H) ไม้พุ่ม (Shrub, S) และไม้ยืนต้นกึ่งไม้พุ่ม (Shrubby tree, S/ST) เช่น เตยทะเล (*Pandanus odorifer*) รักทะเล (*Scaevola taccada*) ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) เมา (*Syzygium grande*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) และเสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) เป็นต้น ขณะที่พรรณพืชด้านหลังลมตามธรรมชาติ (Leeward) และหลังแนวป้องกันลม (Back shelter belt) ส่วนใหญ่เป็นไม้ต้น (tree) และไม้ยืนต้นกึ่งไม้พุ่ม เช่น เขากวาง (*Mischocarpus sundaicus*) เสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) งาไซ (*Planchonella obovata*) เมา (*Syzygium grande*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) หว้าหิน (*Syzygium claviflorum*) ขันทองพยาบาท (*Suregada multiflora*) และ พริกไทยดง (*Aporosa planchoniana*) แสดงให้เห็นว่าการสร้างแนวป้องกันลมมีส่วนช่วยสนับสนุนการทดแทนสังคมพืชบนสันทรายที่อยู่หลังแนวป้องกันลมให้เข้าใกล้สังคมพืชสันทรายตามธรรมชาติบริเวณด้านหลังลมได้ค่อนข้างดี เนื่องจากแนวป้องกันลมนั้นช่วยช่วยชะลอและลดความเร็วของลมบริเวณด้านหลังแนวกันลมได้ 5-10 เท่าของความสูงต้นไม้ รวมถึงช่วยลดความเร็วลมที่พัดผ่านทางด้านล่าง ทำให้พรรณไม้ด้านหลังแนวกันลม มี

การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติได้ดีกว่าด้านหน้าสันทรายที่เปิดรับลม (Thongsawi, 2019; Wu *et al*., 2012) ประกอบกับลักษณะดินบริเวณชายหาดหรือด้านหน้าสันทราย (Winward) ตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นดินทราย ทรายแป้งหรือกรวดซึ่งมีความสมบูรณ์ของธาตุอาหารต่ำมากทำให้การตั้งตัวของพืชเป็นไปได้ไม่มีดีเท่าที่ควร (Thunthawanich, 2001; Chamchumroon, 2001)

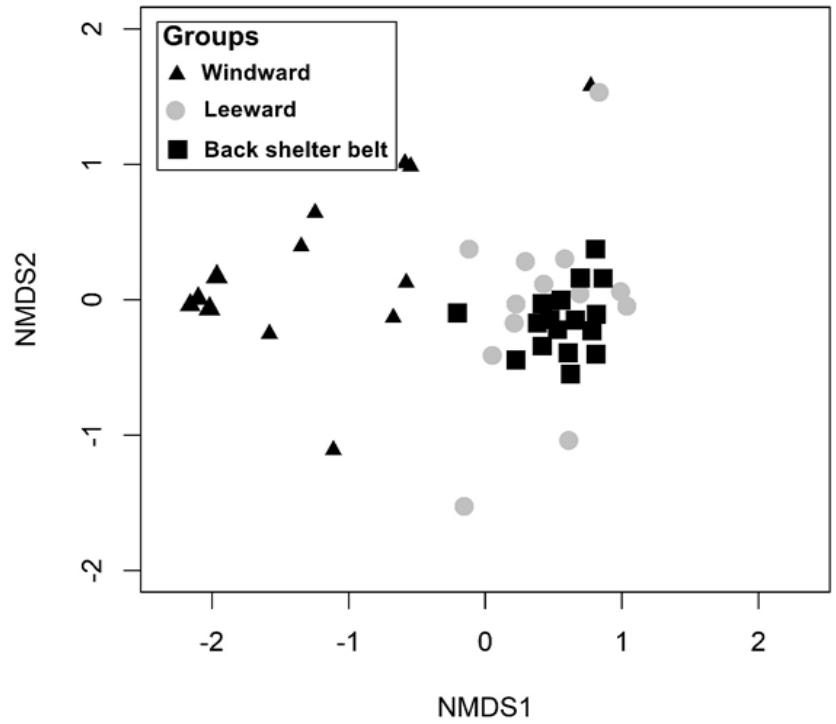


Figure 4 Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordination of species composition grouping along the Bang Boet coastal sand dune. Symbols of black triangle and gray circles indicates the species group occupied in windward, leeward of sand dune without shelter belt, respectively. While black squares represented the species group in the wind ward after shelter belt.

Table 1 Community characteristics (mean ± standard deviation) of all woody plants along the Bang Boet coastal sand dune are show; means followed by different letters at the superscript position within the same row indicated significant difference at the level of $P < 0.05$ according to one-way ANOVA.

Community characteristics	Windward*	Leeward*	Back shelter belt*
Number of species	13	34	33
Species diversity index (H')	0.51 ± 0.56^{a}	1.66 ± 0.68^{b}	2.1 ± 0.32^{c}
Stem density (stem ha^{-1})	1479 ± 1732^{a}	8562 ± 5125^{b}	11953 ± 5711^{b}
Basal area (m^2 ha^{-1})	4.66 ± 4.82^{a}	15.68 ± 9.62^{b}	17.91 ± 7.11^{b}
Stem diameter (cm)	5.68 ± 3.64^{b}	4.1 ± 1.39^{ab}	3.62 ± 1.13^{a}

* Number of sample plots (n) in each site, windward, leeward and back shelter belt, was 15, 15, and 24 plots, respectively.

แตกต่างจากบริเวณด้านหลังลม (Leeward) ของสันทรายตามธรรมชาติและด้านหลังแนวป้องกันลม (Black shelter belt) ที่สมบัติดินโดยเฉพาะธาตุอาหารมีความอุดมสมบูรณ์และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับบริเวณด้านหน้าลม (Marod *et al*., 2020b; Thongsawi, 2019) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการสะสมของเศษซากพืชค่อนข้างสูงทำให้การคืนธาตุอาหารลงสู่ดินเป็นไปได้ดีกว่าบริเวณด้านหน้าลมตามธรรมชาติ และนับว่ามีส่วนช่วยให้พรรณไม้ตั้งตัวและเจริญเติบโตได้รวดเร็วขึ้น

2. การสืบต่อพันธุ์ของพรรณพืช

การศึกษาการกระจายของพรรณพืชทั้งหมด (Overall plants) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไปภายในแปลงถาวร บริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์ จังหวัดชุมพร ด้านหลังแนวกันลม พบว่ามีรูปแบบการกระจายของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เป็นแบบชี้กำลังเชิงลบ (Negative exponential growth form) หรือแบบ L-shape (Figure 5) โดยมีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ลดลงเมื่อระดับชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพรรณไม้เพิ่มขึ้น แสดงให้ ป่าชายหาดบริเวณสันทรายด้านหลังแนวกันลมภายในบริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์สามารถรักษาโครงสร้างของป่าได้อย่างสมดุล และมีการสืบต่อพันธุ์เป็นปกติตามธรรมชาติที่ดี คือมีต้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมากที่พร้อมเจริญทดแทนเป็นไม้ใหญ่ในอนาคต เมื่อไม้ใหญ่มีล้มตายในพื้นที่ หรือมีการนำไม้ไปใช้ประโยชน์ (Bunyavejchewin *et al.,* 2001; Marod *et al.,* 2020a)

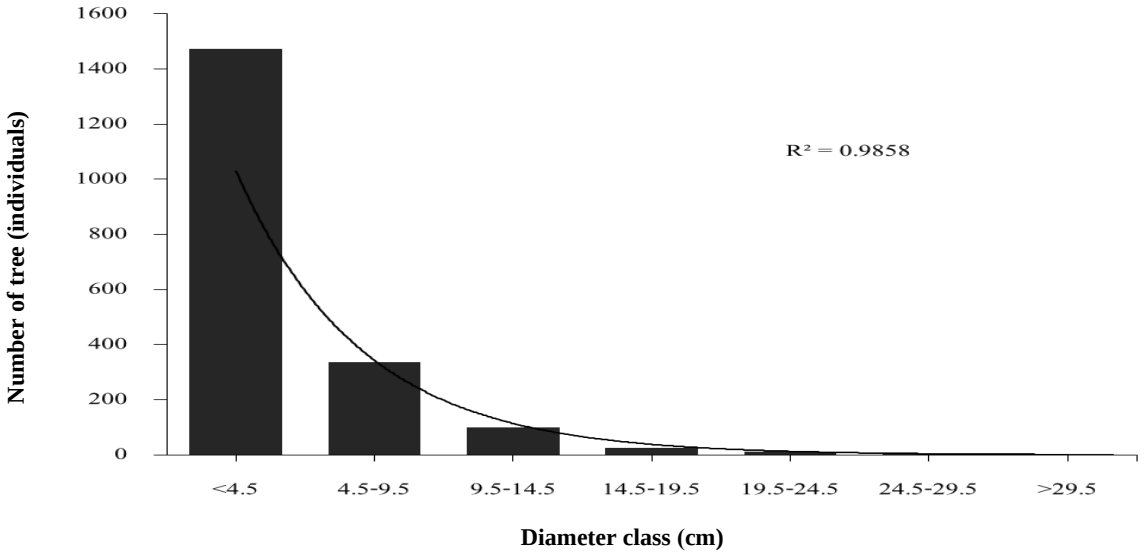


Figure 5 The diameter class distribution of beach forest which located behind *Casuarina equisetifolia* planting on Bangboet Sand Dune at Pathio District, Chumphon Province.

สอดคล้องกับ Thongsawi (2019) ที่รายงานว่าพื้นที่ป่าชายหาดบนสันทรายบางเบิดที่ไม่มีแนวกันลมซึ่งมีการกระจายและสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติอย่างเป็นปกติ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความหนาแน่นของต้นไม้ ในแต่ละช่วงชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก พบว่าความ

หนาแน่นของต้นไม้บริเวณสันทรายที่มีการสร้างแนวกันลมมีความหนาแน่นที่สูงกว่าบริเวณสันทรายที่ไม่มีแนวกันลม (Table 1) เนื่องจากอิทธิพลของแนวป้องกันลมที่ช่วยสนับสนุนการตั้งตัวของพรรณไม้นั้นเอง

เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายตามขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกในระดับชนิดไม้ โดยคัดเลือกชนิดไม้เด่นที่มีจำนวนต้นตั้งแต่ 30 ต้นขึ้นไป ซึ่งมีพรรณไม้จำนวน 17 ชนิด ที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบการสืบต่อพันธุ์ได้ โดยสามารถจำแนกรูปแบบการกระจายตามขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบการเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังลบ (Negative exponential growth, NE) หรือแบบ L-Shape จำนวน 14 ชนิด ได้แก่ เก็ดส้าน (*Olea brachiata*) กุ๊ก (*Lannea coromandelica*) ช้างน้าว (*Ochna integerrima*) แดงหิน (*Pleurostylia opposita*) ตังหน (*Calophyllum calaba*) เขากวาง (*Mischocarpus sundaicus*) งาไซ (*Planchonella obovata*) ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia*) ผักหวานป่า (*Champereia manillana*) พริกไทยดง (*Aporosa planchoniana*) มะนาวผี (*Atalantia monophylla*) รักทะเล (*Scaevola taccada*) สนกระ (*Prismatomeris tetrandra*) และสำเภา (*Chaetocarpus castanocarpus*) (Appendix 1 and Figure 6)

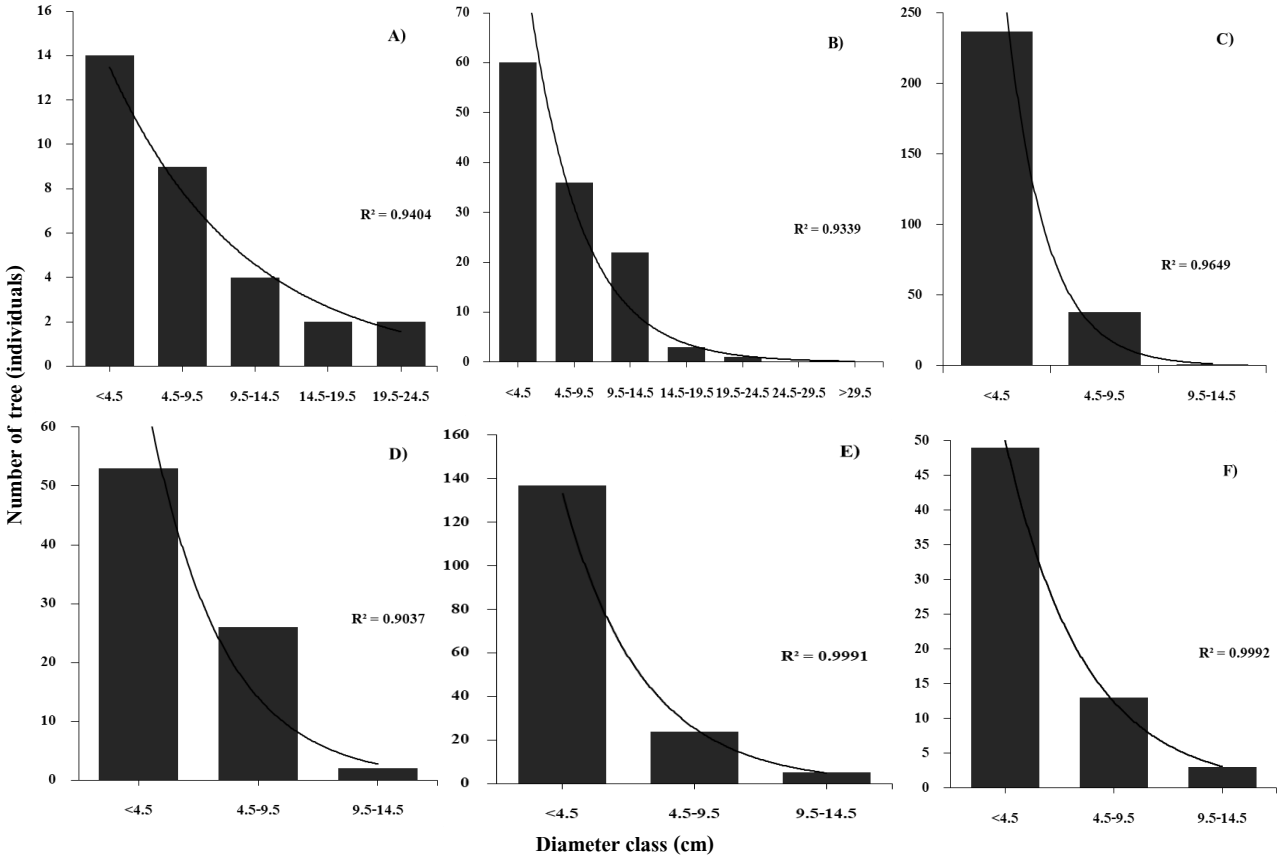


Figure 6 The diameter class distribution of negative exponential patterns; A) *Chaetocarpus castanocarpus*, B) *Planchonella obovata*, C) *Mischocarpus sundaicus*, D) *Pleurostylia opposita*, E) *Calophyllum calaba*, and F) *Aporosa planchoniana*

แสดงให้เห็นว่าพรรณไม้ดังกล่าวมีการสืบต่อพันธุ์เป็นปกติตามธรรมชาติบริเวณหลังแนวกันลม และ 2) รูปแบบการกระจายแบบระฆังคว่ำ (Unimodal, bell- shape หรือ polynomial, PO) พบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) เสม็ดชุน (*Syzygium antisepticum*) และ หว้าหิน (*Syzygium claviflorum*) (Appendix 1 and Figure 7) แสดงให้เห็นถึงการสืบต่อพันธุ์ที่ไม่มีความต่อเนื่องของต้นไม้ในแต่ละชั้นอายุ โดยเฉพาะในไม้ขนาดเล็กที่มีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มไม้ขนาดกลางและใหญ่ ส่งผลให้การรักษาโครงสร้างประชากรในธรรมชาติเป็นไปได้ไม่ดี คือไม่มีไม้ขนาดเล็กที่สามารถทดแทนไปเป็นไม้ใหญ่ได้ในอนาคต อาจเป็นไปได้ว่าพืชสามชนิดนี้มีความต้องการปัจจัยแวดล้อมเฉพาะในการตั้งตัว โดยเฉพาะสนทะเลแม้ว่ามีส่วนช่วยปรับเปลี่ยนปัจจัยแวดล้อมให้มีความเหมาะสมต่อการตั้งตัวของกลุ่มพืชอื่น ๆ ได้ดี แต่การสืบต่อพันธุ์ของสนทะเลกลับไม่สามารถสร้างกล้าไม้หรือไม้ขนาดเล็กภายใต้ร่มเงาของมันเองได้เลย

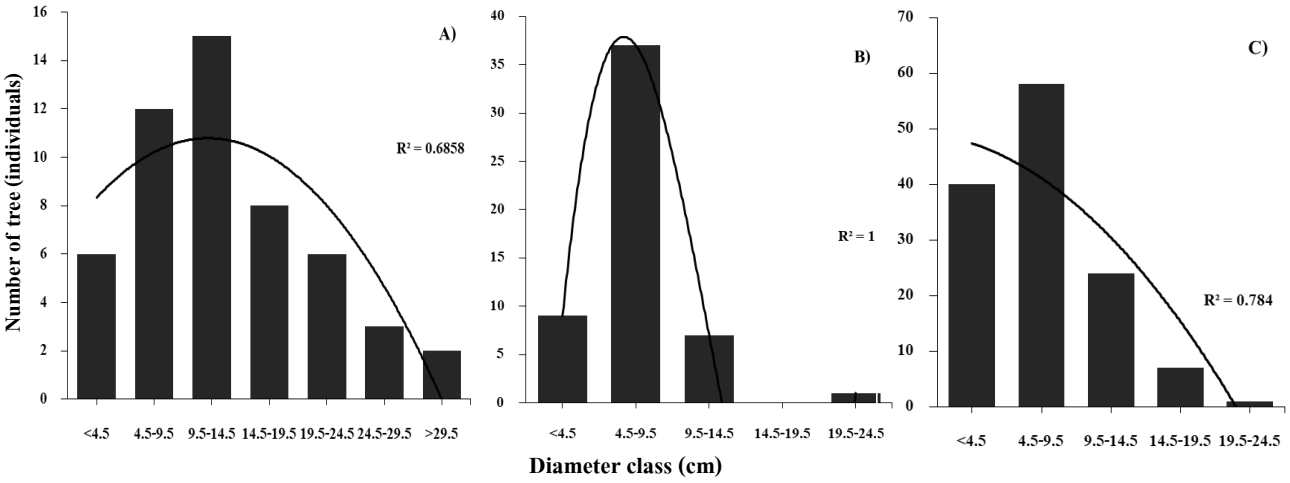


Figure 7 The diameter class distribution of Unimodal patterns; A) *Casuarina equisetifolia*, B) *Syzygium claviflorum*, and C) *Syzygium antisepticum*

สรุป

สังคมพืชสันทรายบริเวณด้านหลังแนวกันลมด้วยการปลูกสนทะเล (Back shelter belt) ในพื้นที่โครงการพัฒนาส่วนพระองค์สันทรายบางเบิด พบพรรณไม้จำนวน 39 ชนิด 37 สกุล 26 วงศ์ มีความหนาแน่นของต้นไม้และพื้นที่หน้าตัดค่อนข้างสูง (8,188 ต้นต่อเฮกตาร์และ18.35 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) พรรณไม้เด่นระดับไม้ใหญ่ ได้แก่ เสม็ดชุน สนทะเล งาไซ เขากวาง หว้าหิน ตังหน แดงหิน สำเภา เม่า และเก็ดส้าน เป็นต้น สังคมพืชกลุ่มนี้เป็นกลุ่มพืชกลุ่มเดียวกับสังคมพืชบริเวณด้านหลังลมของสันทรายธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนจากสังคมพืชบริเวณด้านหน้าลม สำหรับการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ส่วนใหญ่มีรูปแบบการกระจายเป็นแบบชี้กำลังเชิงลบ แสดงให้เห็นถึงการรักษาโครงสร้างประชากรได้อย่างสมดุลตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม สนทะเล เสม็ดชุน และหว้าหิน มีรูปแบบการกระจายที่แตกต่างกันคือ เป็นแบบระฆังคว่ำ ซึ่งบ่งบอกถึงการสืบต่อพันธุ์ที่ไม่มีความต่อเนื่อง โดยเฉพาะสนทะเลที่ใช้ปลูกเป็นแนวป้องกันลมมี

ความสามารถในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติต่ำมาก ดังนั้น การสร้างแนวป้องกันลมด้วยการคัดเลือกชนิดพืชที่มีความเหมาะสม เช่น เมา งาไซ และเตยทะเล ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าชายหาดได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก สำนักวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ขอขอบคุณทีมงานนักวิจัยจากห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาป่าไม้ ที่ให้ความความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

Chamchumroon, V. 2001. Botanical expedition of beach forest in Koh Lanta and Loh Lok, Koh Lanta National Park, Changwat Krabi. **Journal of Thai Forestry Research** 3(1): 1-7. (in Thai)

Laongpol, C., K. Suzuki., K. Katzensteiner, and K. Sridith. 2009. Plant community structure of the coastal vegetation of peninsular Thailand. **Thai Forest Bulletin (Botany)** (Special Issue) 37: 106–133.

Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok, Thailand: department of Forest Biology. Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)

Marod, D., K. Phanitsuay, S. Thinkamphaeng & L. Asanok. 2013. **Natural regeneration of native plant species after rehabilitation of disturbed dry evergreen forest in Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province.** pp. 168-179. *In* Proceedings of the 2nd Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN). (in Thai)

Marod, D., S. Sungkaew, H. Mizunaga, S. Thinkampheang & J. Thonsawi. 2020a. Woody plant community and distribution in a tropical coastal sand dune in southern Thailand. **Journal of Coastal Conservation** 24:44. doi.org/10.1007/s11852-020-00761

Marod, D., S. Sungkaew, H. Mizunaga & J. Thongsawi. 2020b. Association of Community-level Traits with Soil Properties in a Tropical Coastal Sand Dune. **Environment and Natural Resources Journal** 18 (1): 101-109

Nuancharoen, M. 2009. **Plants, forests, beaches**. National Science and Technology Development Agency Ministry of Science and Technology. Pathum Thani. (in Thai)

Oksanen, J., G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens & H. Wagner. 2016. **Vegan: Community Ecology Package**. R Package Version 2.2-0.

Oliveira, A. P. D., I. Schiavini, V. S. D. Vale, S. D. F. Lopes, C. D. S. Arantes, A. E. Gusson, J. A. P. Junior & O. C. Dias-Neto. 2014. Mortality, recruitment and growth of the tree communities in three forest formations at the panga ecological station over ten years (1977-2007). **Acta Botanica Brasilica** 28(2): 234-248.

Pluis, J. L. A. & J. H. van Boxel. 1993. Wind velocity and algal crusts in dune blowouts. **Catena** 20:581-396.

Phothipak, P. 1970. **Forest soils of Thailand**. Forest research work, Maintenance Division, Royal Forest Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)

Ratanadamrongpinyo, C. 2009. **Documents for lectures and learning. His Majesty's Development Project Chumphon Province**. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

R Core Team. 2016. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. **Mathematical theory of communication.** University of Illinois Press, Urbana.

Schütz, J. P. & C. Rosset. 2020. Performances of different methods of estimating the diameter distribution based on simple stand structure variables. **Annals of Forest Science** 77: 47 https://doi.org/10.1007/s13595-020-00951-3.

Smittinand, T. 2014. **Thai Plant Names (Revised Edition).** Bangkok Forest Herbarium. Department of National Parks, Wilife and Plants Conservation. Bangkok. (in Thai)

Thongsawi, J. 2019. **Establishment and functional traits of plants on coastal sand dune, southen Thailand**. Ph. D. Dissertification. Kasetsart University, Bangkok.

Thunthawanich, R., 2001. **Vegetation and environmental gradients across beach forest in Sirinath National Park, Phuket province**. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research** 18: 653-694.

Wu, T., M. Yu, G. Wang, Z. Wang, X. Duan, Y. Dong & X. Cheng. 2012. Effect of stand structure on wind speed reduction in a *metasequoia glyptostroboides* shelterbelt. **Agroforest System** 87 : 251-257.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 17-30 (2565)

นิพนธ์ต้นฉบับ

นิเวศวิทยาบางประการและการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ (*Polyalthia khaoyaiensis* P. Bunchalee & Chantar.) ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ศิริพรรณ อุ่นอินทร์[1,2*] วัฒนชัย ตาเสน[1] สุธีร์ ดวงใจ[1] และเสกสรร ไกรทองสุข[2]

รับต้นฉบับ: 7 กรกฎาคม 2565 ฉบับแก้ไข: 30 สิงหาคม 2565 รับลงพิมพ์: 3 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษานิเวศวิทยาบางประการรวมถึงการสร้างแบบจำลองพื้นที่การกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ใช้วิธีการสำรวจตามเส้นทางที่กำหนด ด้วยการเดินสำรวจเก็บข้อมูลในเส้นทางศึกษาธรรมชาติ จำนวน 7 เส้นทาง โดยวางแปลงสำรวจชั่วคราว ขนาด 10 x 10 เมตร และ 4 x 4 เมตร ในจุดที่พบการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่เพื่อศึกษาสังคมพืชร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และโปรแกรม Maximum entropy version 3.4.4 เพื่อสร้างแบบจำลองพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายของของต้องแล่งเขาใหญ่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ผลการศึกษาพบการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่ทั้งหมดจำนวน 70 ตำแหน่ง โดยพรรณไม้ที่ขึ้นร่วมกับต้องแล่งเขาใหญ่มากที่สุด คือ วงศ์เปล้า (Euphorbiaceae) พบจำนวน 10 ชนิด ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ 5 อันดับแรก ได้แก่ ต้องแล่งเขาใหญ่ (*Polyalthia khaoyaiensis* Bunchalee & Chantar.) ก้านเหลือง (*Gonocaryum lobbianum* (Miers) Kurz) ยางเสียน (*Dipterocarpus gracilis* Blume) มะจ้ำก้อง (*Ardisia complanate* Wall.) และตังตาบอด (*Excoecari oppositifolia* Griff.) มีค่าเท่ากับ 105.73, 40.67, 12.51, 9.80 และ 8.66 %ตามลำดับ และมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon - Wiener เท่ากับ 3.19 จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ด้วยแบบจำลอง MaxEnt ที่มีค่า AUC เท่ากับ 0.949 สามารถจำแนกพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ ได้เป็นพื้นที่เหมาะสมมาก (87.58 ตารางกิโลเมตร) เหมาะสมปานกลาง (346.31 ตารางกิโลเมตร) และเหมาะสมน้อย (1,727.32 ตารางกิโลเมตร) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 4.05, 16.02 และ 79.93 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ตามลำดับ ปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกระจาย คือ ลักษณะทางธรณีวิทยา รองลงมา คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ความลาดชัน ทิศด้านลาด อุณหภูมิเฉลี่ย ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ตามลำดับ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการเพื่ออนุรักษ์พืชถิ่นเดียวในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ต่อไป

คำสำคัญ: พืชถิ่นเดียว, ต้องแล่งเขาใหญ่, แบบจำลองการกระจาย, ถิ่นอาศัยที่เหมาะสม

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

[*]**ผู้รับผิดชอบบทความ:** Email: siriphan.nan@gmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 17-30 (2565)

ORIGINAL ARTICLE

Some Ecology and Distribution of *Polyalthia khaoyaiensis* P. Bunchalee & Chantar. in Khao Yai National Park

Siriphan Aoon-in[1,2*] Wattanachai Tasen[1] Sutee Duangjai[1] and Saksan Kaitongsuk[2]

Received: 7 July 2022 Revised: 30 August 2022 Accepted: 3 September 2022

ABSTRACT

This research aimed to study some ecological aspects and constructed a distribution model of *Polyalthia khaoyaiensis* P. Bunchalee & Chantar. in Khao Yai National Park. The transect method was conducted based on 7 nature trails. The temporary sampling plots, 10 m. x 10 m. and 4 m. x 4 m., was set up in each area that found *P. khaoyaiensis* for plant community observation. The Maxent software version 3.4.4 was applied for constructed a distribution model of *P. khaoyaiensis* in Khao Yai National Park.

The results showed that the presence of *P. khaoyaiensis* in 70 positions. Euphorbia Family is the most diverse plants species (10 species) that established together with *P. khaoyaiensis*. Five species of trees with the highest importance value index were *P. khaoyaiensis*, *Gonocaryum lobbianum* (Miers) Kurz, *Dipterocarpus gracilis* Blume, *Ardisia complanata* Wall. and *Excoecari oppositifolia* Griff. with values of 105.73, 40.67, 12.51, 9.80, and 8.66 % %, respectively. A species diversity index of Shannon - Wiener was 3.19. The efficiency values arising from the receiver operation characteristic (ROC) model in the area of distribution of *P. khaoyaiensis*, obtained from the area under curve (AUC) was 0.949. The suitable distribution areas for *P. khaoyaiensis*, was divided into 3 levels; high, moderately, and low levels with areas of 87.58, 346.31 and 1,727.32 km^2, respectively which accounted for 4.05, 16.02 and 79.93 % of the total areas of Khao Yai National Park, respectively. The environmental factors with proportionality the relationship with distribution of *P. khaoyaiensis* were geology, average minimum temperature, average annual rainfall, average maximum temperature, slope, aspect, average temperature, distance from water sources and elevation, respectively. The results of this study can be used as a database for endemic plants management planning in Khao Yai National Park.

Keywords: endemic plants, *Polyalthia khaoyaiensis*, distribution model, habitat suitability

[1]Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[2]Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900

[*]**Corresponding author:** Email: siriphan.nan@gmail.com

คำนำ

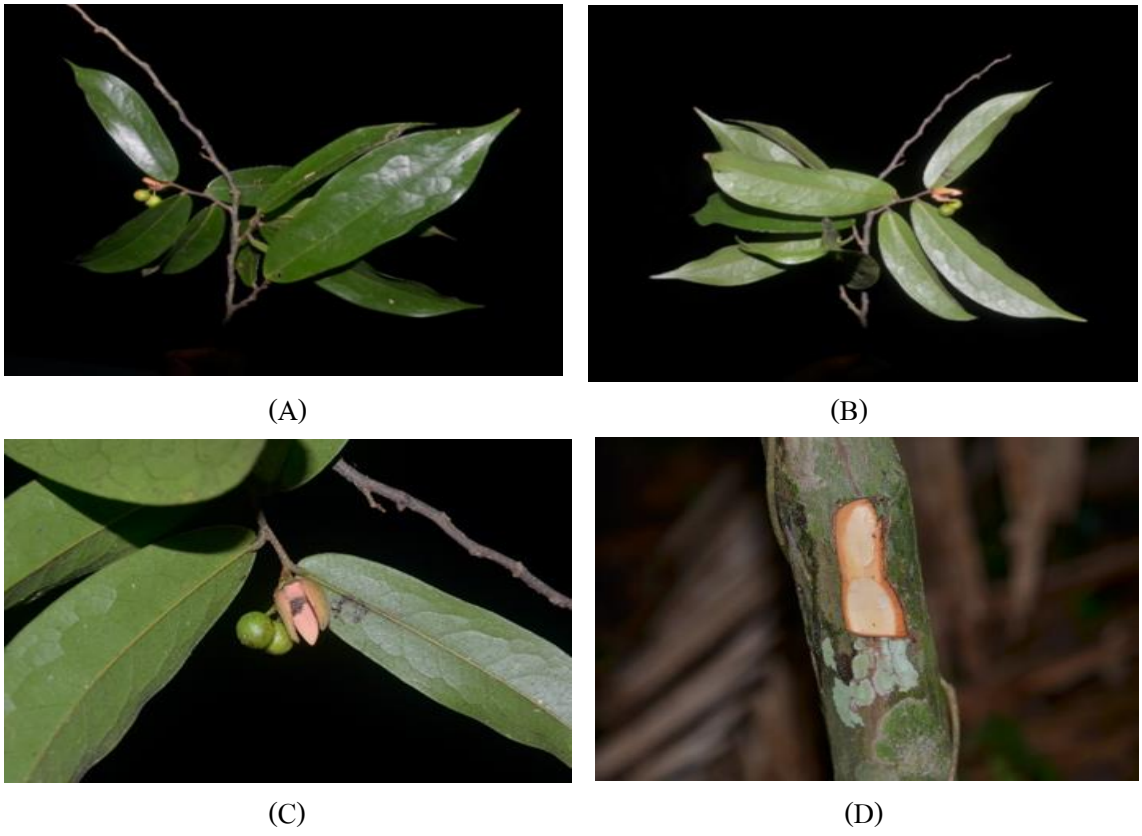
พืชถิ่นเดียว (Endemic plants) คือ พืชชนิดที่พบขึ้นและแพร่พันธุ์ตามธรรมชาติในบริเวณเขตภูมิศาสตร์เขตใดเขตหนึ่งของโลก และเป็นพืชที่มีเขตการกระจายพันธุ์ทางภูมิศาสตร์ค่อนข้างจำกัด ไม่กว้างขวางนัก มักจะพบพืชถิ่นเดียวบนพื้นที่ที่มีลักษณะจำกัดทางระบบนิเวศ เช่น บนเกาะ ยอดเขา และหน้าผาของภูเขาหินปูน แอ่งพรุ ฯลฯ ถิ่นที่อยู่ดังกล่าวมีสภาพจำกัดของสิ่งแวดล้อมหรือมีสภาพดินฟ้าอากาศเฉพาะที่ (Microclimate) (Santisuk, 2000) พืชถิ่นเดียวในประเทศไทยมีหลายชนิด ซึ่งบางชนิดมีจำนวนต้นน้อยมากอยู่ในสถานภาพที่หายากและใกล้จะสูญพันธุ์ จำเป็นที่จะต้องได้รับการอนุรักษ์อย่างเร่งด่วน หรือในขณะที่พืชถิ่นเดียวอีกหลายชนิดที่ยังมีจำนวนมาก หรือมีขึ้นอยู่ในหลายพื้นที่ แต่หากไม่ได้รับการอนุรักษ์อย่างถูกต้อง หรือเหมาะสม ก็มีโอกาสที่จะเป็นพืชที่หายากในอนาคต (Chalermglin, 2008) ปัจจุบันแนวทางการอนุรักษ์พืชถิ่นเดียวในประเทศไทยได้ถูกกำหนดไว้ในรูปแบบของกลไกทางกฎหมาย ดังจะเห็นได้จากการนำเรื่องการจัดการเพื่อคุ้มครอง รักษา และฟื้นฟูพืชถิ่นเดียว ให้เป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการจัดการอุทยานแห่งชาติตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ซึ่งอุทยานแห่งชาติทุกแห่งต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดการ เช่น ชนิดพันธุ์ การกระจาย พื้นที่ที่พบ เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินสถานภาพของพืชถิ่นเดียวและสามารถวางแผนการจัดการได้อย่างเหมาะสม (National Park Office, 2021)

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของประเทศไทยที่สำคัญมากแห่งหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณและสัตว์ป่านานาชนิด มีระบบนิเวศที่หลากหลาย และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ (Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, 2007) ได้รับการยกย่องให้เป็น “อุทยานมรดกแห่งอาเซียน” และได้รับการประกาศเป็นพื้นที่มรดกโลกทางธรรมชาติจากองค์การยูเนสโก เมื่อปี 2548 ภายใต้ชื่อผืนป่า “ดงพญาเย็น - เขาใหญ่” ร่วมกับพื้นที่อนุรักษ์อีก 4 แห่ง (Tourism and recreation management division, 2017) เนื่องด้วยตั้งอยู่ใน 2 เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณ (Biogeographical region) คือ เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน (Indochina) และซุนดา (Sunda-typical of Malaysia, Sumatra, Borneo and Java) อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จึงเป็นศูนย์รวมของเขตพืชพรรณ (Floristic elements) ที่สำคัญ 3 เขต ได้แก่ เขตอินโด-พม่า (Indo-Burmese elements) เขตอินโด-จีน (Indo-Chinese element) และเขตมาเลเซีย (Malesian element) ซึ่งเป็นผลให้พืชถิ่นเดียว (Endemics) ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มีอยู่อย่างหลากหลาย (Khao Yai National Park, 2018)

ต้องแล่งเขาใหญ่ (*Polyalthia khaoyaiensis* P. Bunchalee & Chantar.) เป็นพืชถิ่นเดียวที่พบการกระจายในพื้นที่ป่าดิบแล้งของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (Kaitongsuk & Chamchumroon, 2020) ได้รับการตีพิมพ์ในวารสาร Phytotaxa เมื่อปี 2019 ให้เป็นพืชชนิดใหม่ของโลก มีลักษณะวิสัยเป็นไม้ต้นขนาดเล็ก สูง 1- 6 เมตร เปลือกเรียบสีเทาอมดำ กิ่งอ่อนมีช่องอากาศไม่ชัดเจน มีขนสั้นนุ่มสีน้ำตาลแดง ใบรูปไข่กลับ ฐานใบรูปมนและเบี้ยว ปลายใบรูปเรียวแหลม ขอบใบบิดเป็นคลื่นเล็กน้อยหรือไม่

บิด ปลายเส้นแขนงใบเชื่อมกันเป็นวง ดอกเป็นดอกเดี่ยว ออกตรงปลายกิ่งหรือตรงข้างใบ ดอกแก่สีส้ม ชมพูถึงแดง ผลรูปกลม เมื่อสุกจะเป็นสีแดง ออกดอกช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน และติดผลช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน (Bunchalee *et al*., 2019) (Figure 1) แต่เนื่องจากข้อมูลด้านนิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์นับว่ามีการศึกษาค่อนข้างน้อย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษานิเวศวิทยาบางประการและการกระจาย รวมถึงสร้างแบบจำลองการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ด้วยการใช้แบบจำลอง Maximum Entropy (MaxEnt) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจาย และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนการจัดการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ต่อไป



(A) (B)

(C) (D)

Figure 1 *Polyalthia khaoyaiensis*; (A) upper leaves, (B) lower leaves, (C) flower & fruit, and (D) bark

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มีเนื้อที่ครอบคลุม 1,353, 471.53 ไร่ หรือ 2,165.55 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อ 4 จังหวัด คือ นครราชสีมา ปราจีนบุรี นครนายก และสระบุรี สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน พื้นที่ด้านทิศเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ลาดต่ำไปทางทิศใต้ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2017) พื้นที่มีความสูงอยู่ระหว่าง 500 - 750 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิเฉลี่ย 21.08 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,948.44 มิลลิเมตร (Khao Yai National Park, 2018) ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ได้แก่ ฤดูร้อน อยู่ในช่วง

ระหว่างเดือนมีนาคม -เดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน - เดือนกันยายน และฤดูหนาว ช่วงระหว่างเดือนตุลาคม - เดือนกุมภาพันธ์ (Khao Yai National Park, 2022) ป่าที่พบส่วนใหญ่เป็นป่าดิบแล้ง (Figure 2) (Royal Forest Department, 2020)

2. การคัดเลือกพื้นที่

ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาในพื้นที่ป่าดิบแล้งของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เนื่องจากมีรายงานการพบการกระจายของพรรณไม้ต้องแล่งเขาใหญ่ จากโครงการความหลากหลายของพรรณพืชในกลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ (Kaitongsuk & Chamchumroon, 2020)

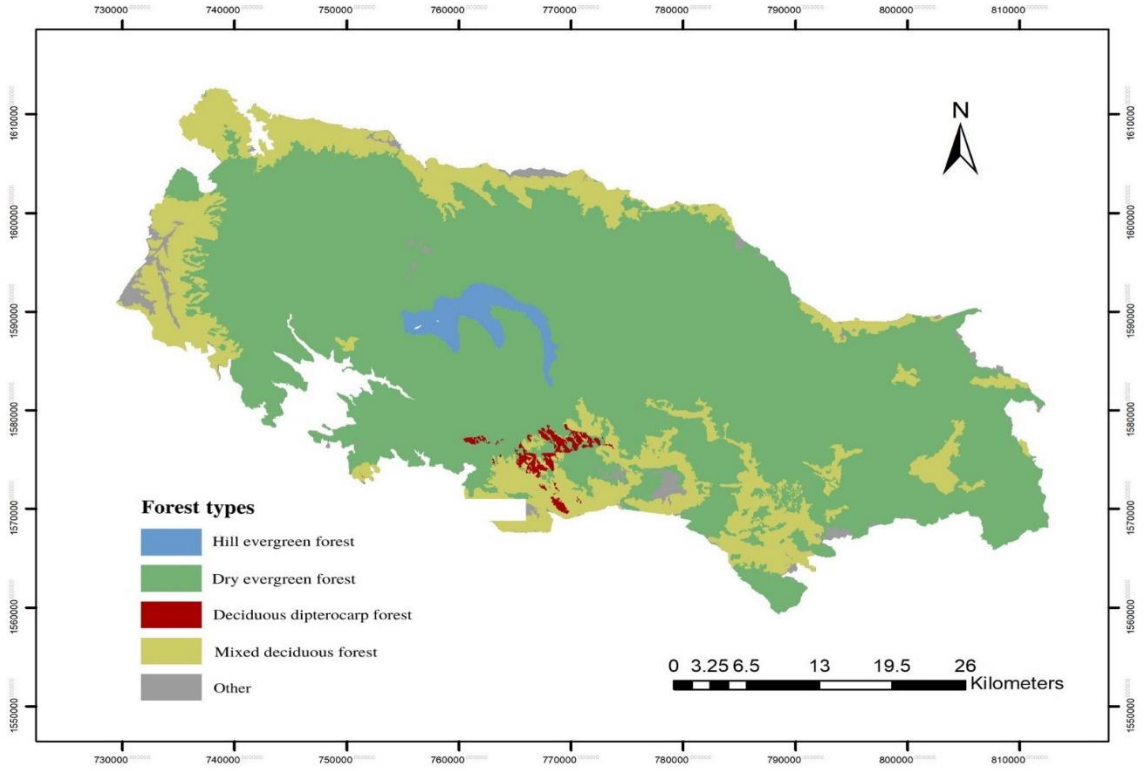


Figure 2 Forest types in Khao Yai National Park

3. การเก็บข้อมูล

3.1 สำรวจและเก็บข้อมูลการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่ โดยประยุกต์ใช้วิธีการสำรวจตามเส้นทางที่กำหนด (Transect method) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการสำรวจความหลากหลายของชนิดพืชในพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ ด้วยการเดินสำรวจตามเส้นทางที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ศึกษา เช่น เส้นทางลาดตระเวน เส้นทางศึกษาธรรมชาติ เป็นต้น (Daonurai *et al*., 2019) การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เส้นทางศึกษาธรรมชาติในการเดินสำรวจและเก็บข้อมูล จำนวน 7 เส้นทาง ได้แก่

1) เส้นทางกองแก้ว ระยะทาง 1.2 กิโลเมตร

2) เส้นทางผากล้วยไม้-น้ำตกเหวสุวัต ระยะทาง 3 กิโลเมตร

3) เส้นทาง กม.33-หอดูสัตว์หนองผักชี ระยะทาง 3.3 กิโลเมตร

4) เส้นทางดงติ้ว-อ่างเก็บน้ำสายศร ระยะทาง 2.7 กิโลเมตร

5) เส้นทางดงติ้ว-หอดูสัตว์หนองผักชี ระยะทาง 5 กิโลเมตร

6) เส้นทางศูนย์บริการนักท่องเที่ยว-น้ำตกเหวสุวัต ระยะทาง 8 กิโลเมตร

7) เส้นทาง 200 ปี แห่งมิตรภาพไทย-สหรัฐอเมริกา ระยะทาง 2 กิโลเมตร

3.2 บันทึกพิกัดจุดที่พบการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่ด้วยเครื่องกำหนดค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์บนพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global positioning system; GPS) และทำการศึกษาสังคมพืชโดยการวางแปลงชั่วคราวขนาด 10 x 10 เมตร และขนาด 4 x 4 เมตร เพื่อศึกษาชนิดและจำนวนของไม้ต้น (Tree, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร) และ ไม้รุ่น (Sapling, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร) ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index; IVI) คือ ผลรวมของค่าความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) และค่าความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo) ของชนิดไม้นั้นในสังคม มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (Whittaker, 1970)

$$IVI = RF + RD + RDo$$

4.2 ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด (Species diversity) ใช้ค่า Shannon Wiener Index ตามวิธีการของ Kreb (1972) คำนวณได้ดังนี้

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

โดย H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด

S = จำนวนชนิดของพรรณไม้ทั้งหมด

P_i = สัดส่วนของจำนวนต้นของพรรณไม้ชนิดที่ i ต่อจำนวนต้นของพรรณไม้ทั้งหมด

4.3 พื้นที่การกระจายที่เหมาะสมของต้องแล่งเขาใหญ่

1) จัดเตรียมข้อมูลปัจจัยแวดล้อม ในรูปแบบข้อมูลระบบสนเทศทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชันของพื้นที่ ทิศด้านลาด ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และลักษณะทางธรณีวิทยา (Table 1) ให้อยู่ในรูปข้อมูลเชิงพื้นที่ (Raster data) โดยมีขนาดกริดเท่ากับ 30 x 30 เมตร (Pomoim, 2015)

2) นำข้อมูลพิกัดการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่ร่วมกับปัจจัยแวดล้อมมาวิเคราะห์เพื่อประเมินพื้นที่การกระจายที่เหมาะสม ด้วยโปรแกรม Maximum entropy version 3.4.4 โดยวิเคราะห์ข้อมูล จำนวน 5 ซ้ำ (Replication) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการจำลองข้อมูล (Trisurat *et al*., 2014) ผลที่ได้ คือ ค่าความน่าจะเป็นของการปรากฏ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ค่าร้อยละความสำคัญปัจจัยแวดล้อมต่อการปรากฏ (Percent contribution) และค่าความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง Area under the ROC curve (AUC) หากมีค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าใด แสดงว่า แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (Fawcett, 2006) ทำการแบ่งชั้นการปรากฏและไม่ปรากฏเพื่อสร้างแผนที่การกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ ด้วยวิธี Natural Breaks (Jenks) โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ พื้นที่เหมาะสมมาก พื้นที่เหมาะสมปานกลาง และพื้นที่เหมาะสมน้อย (Temchai, 2018)

Table 1 Environmental factors and their classifications as used in the analysis.

No.	Environmental factors	Unit	Reference
1.	Elevation	m	NASA Alaska satellite facility (2022)
2.	Slope	%	NASA Alaska satellite facility (2022)
3.	Aspect		NASA Alaska satellite facility (2022)
4.	Distance from water sources	km	Department of Water Resources (2022)
5.	Average annual rainfall	mm	https://www.worldclim.org/
6.	Average temperature	ºC	https://www.worldclim.org/
7.	Average minimum temperature	ºC	https://www.worldclim.org/
8.	Average maximum temperature	ºC	https://www.worldclim.org/
9.	Geology		Land Development Department (2022)

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบพรรณไม้ในป่าดิบแล้งที่พบต้องแล่งเขาใหญ่

ผลการศึกษาพบไม้ต้น (Tree) จำนวนทั้งหมด 613 ต้น สามารถจำแนกได้ 36 วงศ์ 64 สกุล 75 ชนิด มีความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัด 875.71 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 251.47 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้ 5 อันดับแรก ได้แก่ ต้องแล่งเขาใหญ่ (*Polyalthia khaoyaiensis* Bunchalee & Chantar.) ก้านเหลือง (*Gonocaryum lobbianum* (Miers) Kurz) ยางเสียน (*Dipterocarpus gracilis* Blume) มะจ้ำก้อง (*Ardisia complanate* Wall.) และ ตังตาบอด (*Excoecari oppositifolia* Griff.) มีค่าเท่ากับ 105.73, 40.67, 12.51, 9.80 และ 8.66 ตามลำดับ (Table 2) และค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.19 ชนิดไม้ดัชนีระดับไม้ต้นมีความสอดคล้องกับในระดับไม้รุ่น (Sapling) (Table 3) พรรณไม้ที่ขึ้นร่วมกันกับต้องแล่งเขาใหญ่มากที่สุดคือ วงศ์เปล้า (Euphorbiaceae) พบจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ตังตาบอด ตองผ้า (*Sumbaviopsis albicans* (Blume) J. J. Sm.) แอ๊ดเล็ก (*Erismanthus sinensis* Oliv.) เต้าหลวง (*Macaranga siamensis* S. J. Davies) โผ (*Mallotus decipiens* Müll. Arg.) ตะพง (*Endospermum diadenum* (Miq.) Airy Shaw) โพบาย (*Balakata baccata* (Roxb.) Esser) ดีหมี (*Cleidion javanicum* Blume) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis* Müll. Arg.) และตาไชย (*Agrostistachys gaudichaudii* Baill. ex Müll. Arg.) สอดคล้องกับรายงานของ Brockelman *et al*. (2017) ที่พบในแปลงถาวรป่าดิบแล้ง บริเวณมอสิงโตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

2. พื้นที่การกระจายที่เหมาะสมของต้องแล่งเขาใหญ่

จากการเดินสำรวจและเก็บข้อมูลการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่ จำนวน 70 ตำแหน่ง เมื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างแผนที่การกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ พบว่ามีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการกระจายในระดับเหมาะสมมาก 87.58 ตารางกิโลเมตร เหมาะสมปานกลาง 346.31 ตารางกิโลเมตร และเหมาะสมน้อย 1,727.32 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.05, 16.02 และ 79.93 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตามลำดับ (Figure 3)

Table 2 Top ten species based on importance value index (IVI) in Dry Evergreen Forest for overall trees; density (D, stems/ha), basal area (BA, m^2/ha), relative density (RD %), relative dominance (RDo %) and relative frequency (RF %).

No.	Thai name	Species	D	BA	RD	RDo	RF	IVI
1.	ต้องแล่งเขาใหญ่	*Polyalthia khaoyaiensis*	262.86	140.68	30.02	55.94	19.77	105.73
2.	ก้านเหลือง	*Gonocaryum lobbianum*	91.43	51.86	10.44	20.62	9.60	40.67
3.	ยางเสียน	*Dipterocarpus gracilis*	34.29	9.54	3.92	3.79	4.80	12.51
4.	มะจ้ำก้อง	*Ardisia complanate*	35.71	4.43	4.08	1.76	3.95	9.80
5.	ตังตาบอด	*Excoecari oppositifolia*	30.00	4.64	3.43	1.84	3.39	8.66
6.	เลือดใหญ่	*Knema elegans*	22.86	2.45	2.61	0.98	3.11	6.69
7.	เชียด	*Cinnamomum iners*	18.57	1.33	2.12	0.53	3.11	5.76
8.	มะไฟ	*Baccaurea ramiflora*	14.29	3.32	1.63	1.32	2.54	5.49
9.	ตาเสือ	*Aphanamixis polystachya*	15.71	1.28	1.79	0.51	2.54	4.85
10.	เหมือดคนดง	*Helicia formosana*	17.14	0.92	1.96	0.37	2.26	4.58
11.	ชนิดอื่น ๆ	others (65 species)	332.86	31.02	38.01	12.34	44.92	95.26
		Total	875.71	251.48	100	100	100	300

Table 3 Top ten species based on importance value index (IVI) in Dry Evergreen Forest for overall saplings; density (D, stems/ha), relative density (RD %) and relative frequency (RF %).

No.	Thai name	Species	D	RD	RF	IVI
1.	ต้องแล่งเขาใหญ่	*Polyalthia khaoyaiensis*	1089.29	27.85	23.01	50.86
2.	มะจ้ำก้อง	*Ardisia complanata*	312.50	7.99	7.96	15.96
3.	ก้านเหลือง	*Gonocaryum lobbianum*	294.64	7.53	8.41	15.94
4.	ส่องฟ้าดง	*Clausena harmandiana*	178.57	4.57	5.31	9.88
5.	ตังตาบอด	*Excoecari oppositifolia*	107.14	2.74	3.10	5.84
6.	อีแรด	*Miliusa horsfieldii*	116.07	2.97	2.65	5.62
7.	เชียด	*Cinnamomum iners*	107.14	2.74	2.65	5.39
8.	เลือดใหญ่	*Knema elegans*	80.36	2.05	3.10	5.15
9.	ยางเสียน	*Dipterocarpus gracilis*	89.29	2.28	2.65	4.94
10.	ตาเป็ดตาไก่	*Psychotria asiatica*	80.36	2.05	2.21	4.27
11.	ชนิดอื่น ๆ	others (49 species)	1,455.36	37.21	38.94	76.15
		Total	3,910.71	100	100	200

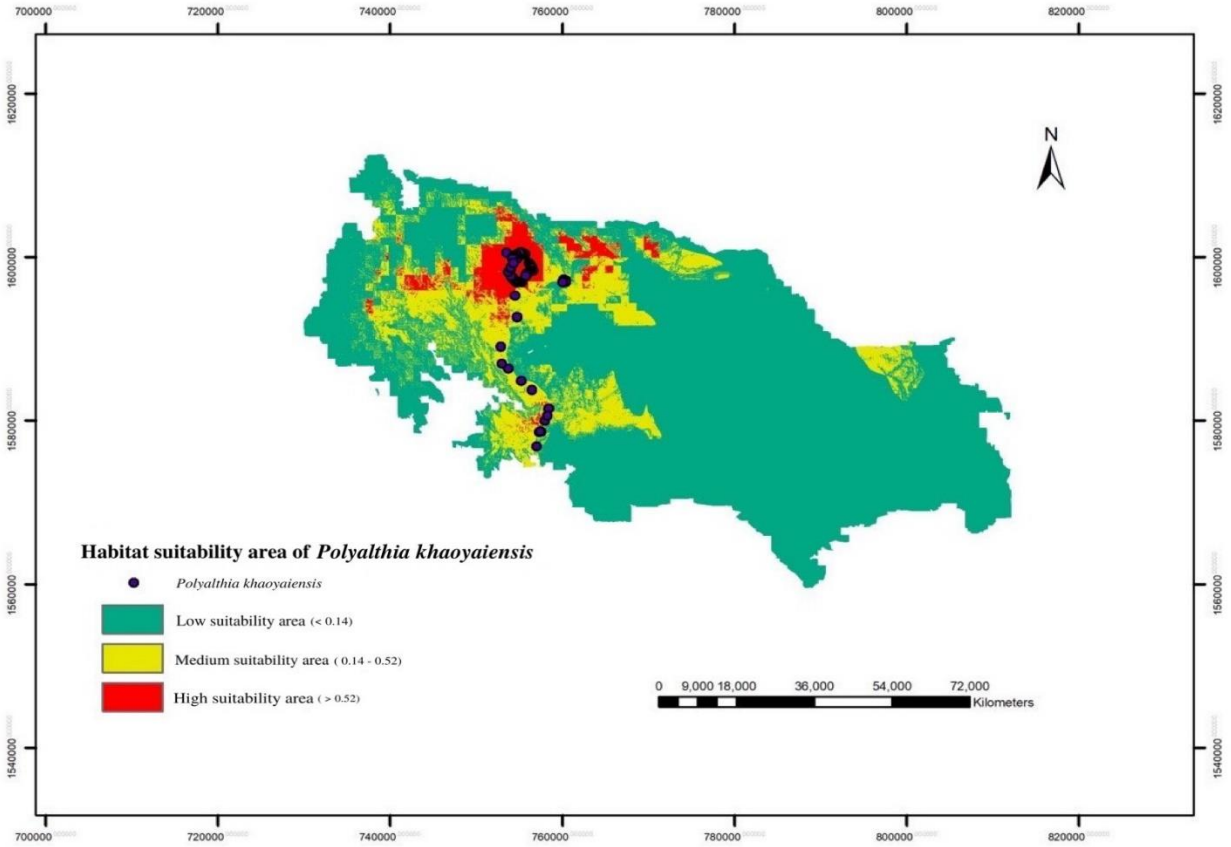


Figure 3 Habitat suitability map of *Polyalthia khaoyaiensis* in Khao Yai National Park.

เมื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองจากค่า Area under the ROC curve (AUC) พบว่า แบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่า AUC เท่ากับ 0.949 (Figure 4) แสดงว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ (Swets, 1988) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่กับปัจจัยแวดล้อม พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่มากที่สุด คือ ลักษณะทางธรณีวิทยา รองลงมา คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ความลาดชัน ทิศด้านลาด และอุณหภูมิเฉลี่ย มีค่าร้อยละความสำคัญ (Percent contribution) เท่ากับ 40.8, 22.9, 13, 10.7, 8.4, 1.6 และ 1 ตามลำดับ โดยระยะห่างจากแหล่งน้ำ และระดับความสูงมีความสำคัญต่อการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่น้อย เนื่องจากมีค่าร้อยละความสำคัญต่ำกว่า 1 มีค่าเท่ากับ 0.8 (Figure 5) สอดคล้องกับรายงานพืชถิ่นเดียวของ Fuangsamruat (2019) ที่ศึกษานิเวศวิทยาและการกระจายของโมกราชินี (*Wrightia sirikitiae* D.J.Middleton & Santisuk) ในพื้นที่กลุ่มป่าตะวันออก โดยพบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการปรากฏของโมกราชินีมากที่สุด คือ ปัจจัยลักษณะทางธรณีวิทยา แต่จากรายงานของ Pomoim (2015) ที่ศึกษาการแพร่กระจายและสถานภาพการอนุรักษ์ของพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum* J. Schulze) พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีผลต่อการกระจายของพลับพลึงธารมากที่สุด ดังนั้น ในการจัดการถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของพืชถิ่นเดียวจำเป็นต้องดำเนินการให้

สอดคล้องกับปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกระจายของพืชในแต่ละชนิดที่แตกต่างกันจาก ค่าร้อยละความสำคัญ (Percent contribution) ของแต่ละปัจจัยแวดล้อม

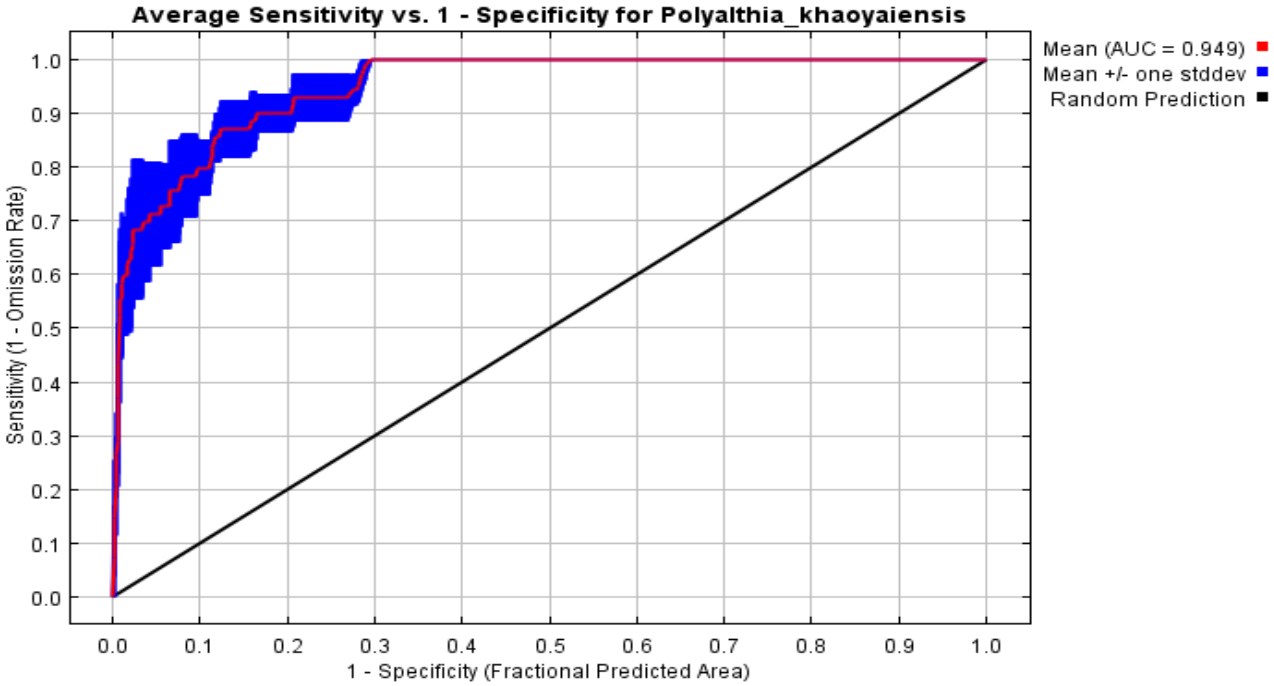


Figure 4 Result of area under the ROC curve (AUC) analyses for a MaxEnt model of habitat suitability for *Polyalthia khaoyaiensis*.

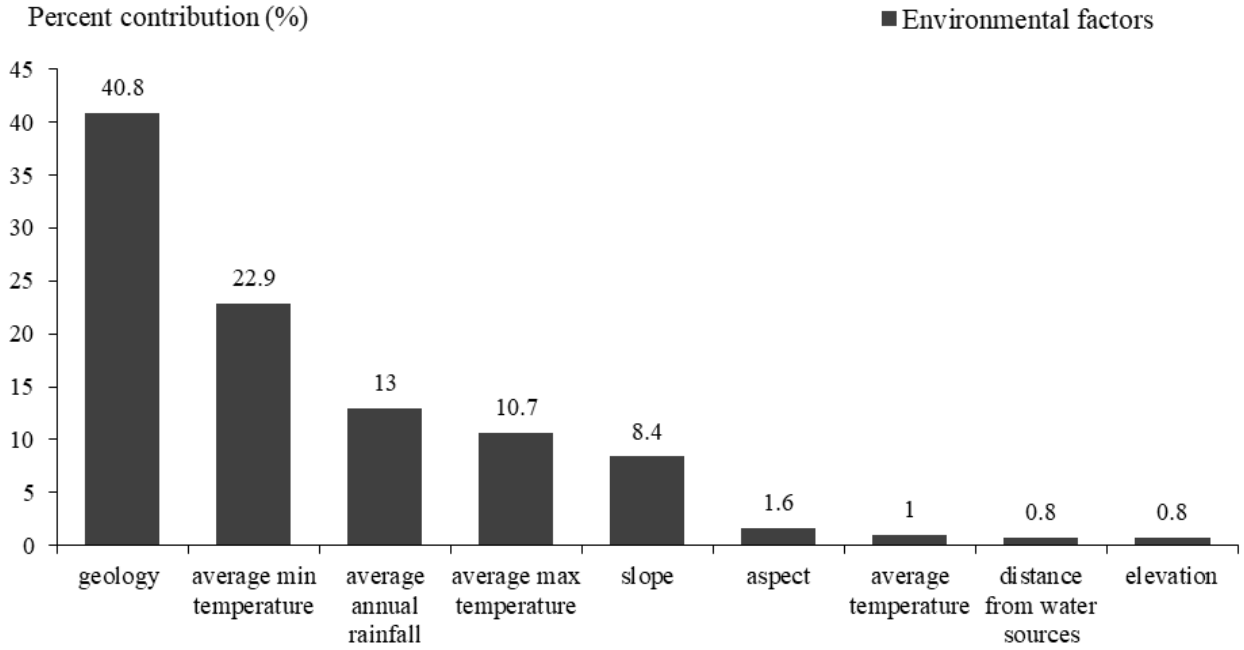
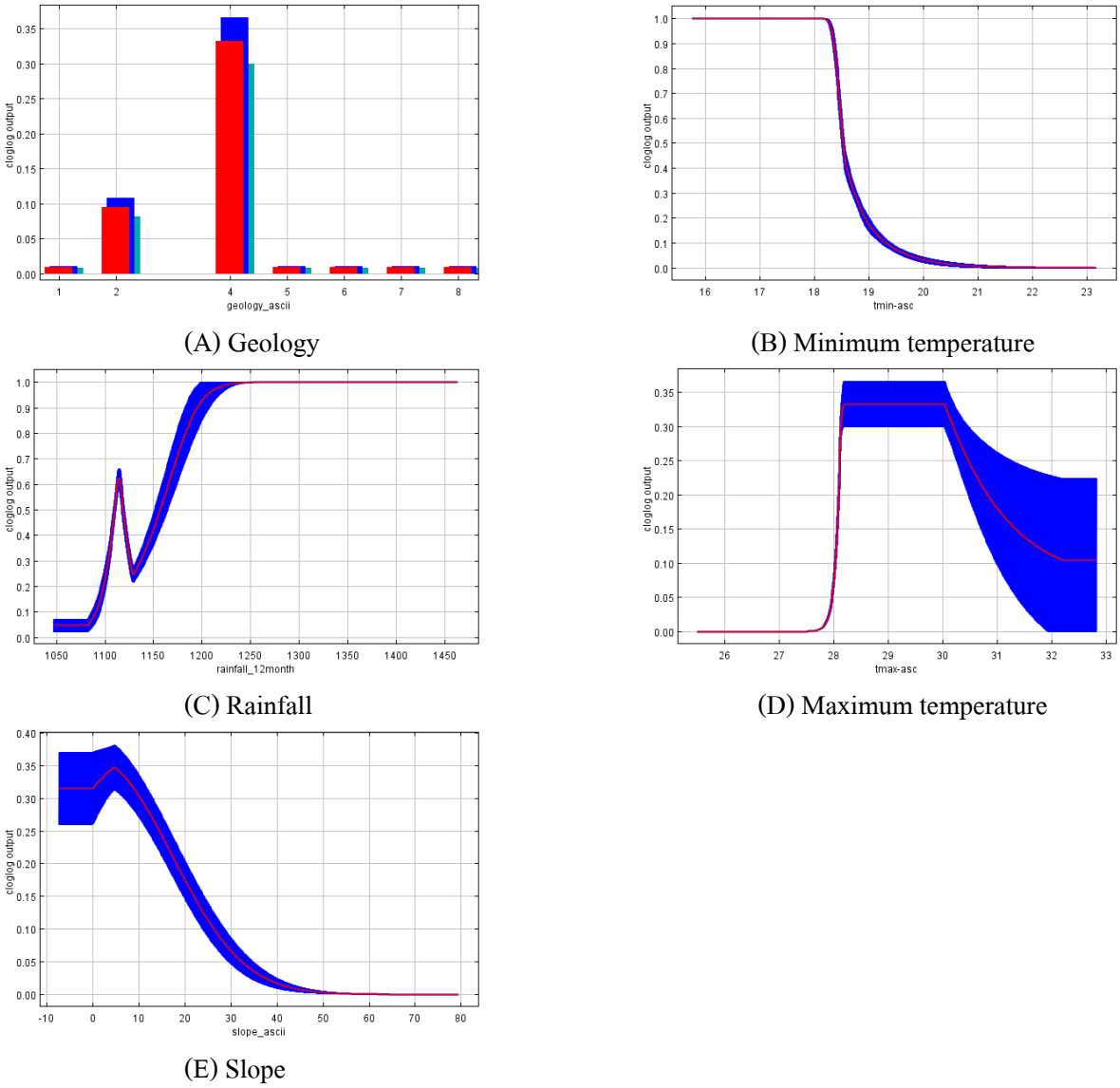


Figure 5 The contribution of environmental factors (as a percentage) to the occurrence distribution *Polyalthia khaoyaiensis* in Khao Yai National Park.

โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่มากที่สุด 5 ปัจจัยแรก ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และความลาดชัน เมื่อรวมกันมีค่าความสำคัญสูงถึง ร้อยละ 95.8 โดยพื้นที่การกระจายที่เหมาะสมของต้องแล่งเขาใหญ่เป็นหินทรายแป้งเนื้อปนไมกาแทรกสลับกับหินทรายเม็ดละเอียดเนื้อแร่ปนไมกา สีน้ำตาลแดงและเทาเขียว พบเป็นเนินเขาเตี้ย ๆ เช่น บริเวณน้ำตกผากล้วยไม้ และหินอัคนีพุหรือหินภูเขาไฟ ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มีหลายชนิด (Figure 6 A)เช่น หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟและหินเถ้าภูเขาไฟ ส่วนมากพบบริเวณน้ำตกเหวสุวัต น้ำตกเหวนรก น้ำตกผากล้วยไม้ (Department of Mineral Resources, 2010) พบแนวโน้มการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่เพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในช่วง 6 - 18 องศาเซลเซียส (Figure 6 B)



(A) Geology (B) Minimum temperature

(C) Rainfall (D) Maximum temperature

(E) Slope

Figure 6 Response curves of environmental factors of *Polyalthia khaoyaiensis* in Khao Yai National Park.

และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วง 28 - 30 องศาเซลเซียส (Figure 6 D) สอดคล้องกับการศึกษาของ Brockelman *et al*. (2017) ที่พบการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ในป่าดิบแล้งบริเวณมอสิงโต บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยพื้นที่ที่พบมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่เป็น กลุ่มหินโคราช และหินภูเขาไฟ มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 17.69 องศาเซลเซียส และอุณภูมิสูงสุดเฉลี่ย 28.19 องศาเซลเซียส พบแนวโน้มการกระจายในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ 1,100 มิลลิเมตร โดยแนวโน้มการกระจายมากที่สุดในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ 1,250 มิลลิเมตร (Figure 6 C) สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในป่าดิบแล้งที่อยู่ในช่วง 1,000 - 2,000 มิลลิเมตรต่อปี (Marod & Kutintara, 2009)และในพื้นที่ที่มีความลาดชันในช่วง 0 - 10 องศา มีแนวโน้มพบการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ได้ดีที่สุด (Figure 6E)

สรุป

การสร้างแผนที่การกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ด้วยโปรแกรม Maximum entropy มีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการกระจายมากที่สุด 87.58 ตารางกิโลเมตร เหมะสมปานกลาง 346.31 ตารางกิโลเมตร และเหมาะสมน้อย 1,727.32 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.05, 16.02 และ 79.93 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ตามลำดับ ปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของต้องแล่งเขาใหญ่มากที่สุด คือ ลักษณะทางธรณีวิทยา รองลงมา คือ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ความลาดชัน ตามลำดับ ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนการจัดการเพื่ออนุรักษ์พืชถิ่นเดียวในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ซึ่งต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับลักษณะทางปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละชนิด

เอกสารอ้างอิง

Brockelman, W. Y., A. Nathalang & J. F. Maxwell. 2017. **Mo Singto forest dynamics plot flora and ecology.** National Science and Technology Development Agency, Pathumthani.

Bunchalee, P., P. Chantaranothai, D. M. Johnson & N. A. Murray. 2019. *Polyalthia khaoyaiensis* (Annonaceae), a new species from Thailand. **Phytotaxa** 405 (3): 171–179.

Chalermglin, P., J. Srithongkul & A. Phiriyaphatphakit. 2008. **Endemic plant conservation and development of utilization**. Thailand Institute of Scientific and Technological Research. Pathum Thani. (in Thai)

Daonurai, K., B. Chantarasuwan, S. Suddee, S. Sungkaew & A. Teerawatananon. 2019. **Undergrowth plants: study approaches and diversity.** Natural History Museum, National Science Museum, Pathumthani. (in Thai)

Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2007. **Khao Yai national park management plan volume 1, basic**

information. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)

Department of Mineral Resources. 2010. **Explore the earth, Khao Yai National Park, the wonders of the world heritage site.** Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)

Fawcett, T. 2006. And introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters** 27: 861-874.

Kaitongsuk, S. & V. Chamchumroon. 2020. **Diversity of plant in the Dong Phayayen-Khao Yai forest**. pp. 176. *In* Proceedings on Thai forest ecological research network conference, T-FERN #9. January 23-24, 2020. Cooperation Centre of Thai Forest Ecological Research Network, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Fuangsamruat, K., W. Tasen & S. Duangjai. 2019. Some ecology and distribution of *Wrightia Sirikitiae* D.J. Middleton & Santisuk in Eastern Forest Complex. **Thai Journal of Forestry** 38(2): 16-26. (in Thai)

Krebs, C. J. 1972. **Ecology the experimental analysis of distribution and abundance.** Harper & Row, New York.

Khao Yai National Park. 2018. **Preliminary management plan for Khao Yai national park 2018 (draft).** Available Source:http://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=16561 (Accessed: June 18, 2021)

Khao Yai National Park. 2022. **Climate.** Available Source: https://www.khaoyainationalpark.com/about/climate (Accessed: August 08, 2022)

National Park Office. 2021. **Park policy on national park act, B.E. 2562.** Forest Research Center, Faculty of Forestry, Bangkok. (in Thai)

Marod, D. & U. Kudintara. 2009. **Forest ecology.** Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Pomoim, N. 2015. **Distribution and conservation status of Water Onion (*Crinum thaianum* J. Shculze) in Thailand.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Royal Forest Department. 2020. **Project for the preparation of information on the condition of forest areas B.E. 2563.** Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)

Santisuk, T. 2000. **Endemic and rare plants of Thailand.** The National Identity Office, The Secretariat of the Prime Minister, Bangkok. (in Thai)

Swets, J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. **Science** 240: 1285-1293.

Temchai, T. 2018. Population survey of Asia elephant (*Elephas maximus*) in Kaeng Krachan National Park, Thailand. **Journal of Thailand National Parks Research** 2 (1): 112–121.

Tourism Management and Recreation Division, National Parks Office. 2017. **National park travel guide no. 1 Khao Yai National Park.** DD Media Plus Company Limited, Bangkok. (in Thai)

Trisurat, Y., B. Kanchanasaka & H. Kreft. 2014. Assessing potential effects of land use and climate change on mammal distributions in northern Thailand. **Wildlife Research** 41: 522-536.

Whittaker, R. H. 1970. **Communities and ecosystems.** Macmillan co., Collier-Macmillan Ltd., London.

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างสังคมพืชและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพงเพชร

พัฒนา ชมภูวิเศษ[1] พิสิทธิ์ โรยสกุล[1] ภาณุวัฒน์ นิลอ่อน[1] และสถิตย์ ถิ่นกำแพง[2,3*]

รับต้นฉบับ: 27 ตุลาคม 2565 ฉบับแก้ไข: 1 ธันวาคม 2565 รับลงพิมพ์: 1 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศมีแนวโน้มลดลง ส่งกระทบผลให้ความหลากหลายชนิดพรรณพืช และสัตว์ป่าลดลงตามไปด้วย บริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด ได้ทำการสงวนพื้นที่ของบริษัทไว้ประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่สวนไม้เศรษฐกิจ ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพงเพชร เพื่อจัดทำเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์และวางแผนติดตามนิเวศวิทยาระยะยาว (long-term ecological research) โดยทำการวางชั่วคราวและแปลงถาวร ขนาด 20 เมตร x 50 เมตร รูปแบบละ 3 แปลง เพื่อสำรวจข้อมูลโครงสร้างป่าและปริมาณการเก็บกักคารบอนจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ผลการศึกษา พบชนิดพรรณไม้ทั้งหมด 77 ชนิด 61 สกุล และ 32 วงศ์ สำหรับพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2,203 ต้นต่อเฮกตาร์ และ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 21.65 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ มีความหลากชนิดของพรรณไม้ตามค่าดัชนีของ Shannon-Weiner ($H^{/}$) ค่อนข้างสูง ($H^{/}$= 3.66) ชนิดไม้เด่นในพื้นที่ได้แก่ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ติ้วส้ม (*Cratoxylum formosum*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) แดง (*Xylia xylocarpa*) มะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania lanzan*) เป็นต้น เมื่อทำการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการเก็บกักคาร์บอนโดยรวมจาก พื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพงเพชร 923.54 ไร่ (147.77 เฮกตาร์) พบว่ามีมวลชีวภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ 16,390.39 ตัน/พื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมด (110.92 ตัน/เฮกตาร์) คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 7,703.48 ตันคาร์บอน/พื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมด (52.13 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) อย่างไรก็ตาม ควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตในระยะยาว เพื่อนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาใช้สนับสนุนการฟื้นฟูป่า รวมถึงดำรงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: นิเวศวิทยาระยะยาว ความหลากหลายทางพืชพรรณ การสืบต่อพันธุ์ ป่าเต็งรังรุ่นสอง

[1] บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด กาญจนบุรี 71130

[2] ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3]ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: Email: kawlica_70@hotmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 31-46 (2565)

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation structure and Carbon Storage Based on Above Ground Biomass Evaluation in Conservation Areas of Kamphaeng Phet Plantation.

Phattana Chompoowiset[1], Pisit Roisakul[1], Panuwat Niloon[1] and Sathid Thinkampheang[2,3*]

Received: 27 October 2022 Revised: 1 December 2022 Accepted: 1 December 2022

ABSTRACT

Recently, the situation of Thailand's forest areas are under deteriorating. As a result, plant and animal diversity has reduced. The Siam Forestry Co., Ltd. has reserved roughly 10% of the Company's economic forest area to establish a conservation area. Then, at conservation areas of Kamphaeng Phet Plantation, the biodiversity and long-term ecological research were proposed. The purposive random sampling of temporary and permanent plots of 20 m x 50 m were established with 3 plots for each to observe the forest structure and the amount of carbon storage from above-ground biomass.

The results showed the tree species diversity of 77 species, 61 genera and 32 families was found. The basal areas and stem density of tree DBH $\geq$ 2 cm were 21.65 m^2. ha^{-1} and 2,203 stem. ha^{-1}, respectively, while high diversity base on Shannon-Winer index was found (H′=3.66) Dominance species was found *Dipterocarpus tuberculatus*, *Cratoxylum formosum*, *Canarium subulatum*, *Xylia xylocarpa*, *Buchanania lanzan* etc. The conservation areas forest area covered about 923.54 rai, (147.77 ha^{-1}) and had the biomass of 16,390.39 ton/conservation areas (110.92 ton/ ha^{-1}). The evaluated value for carbon storage were 7,703.48 ton carbon/conservation areas (52.13 ton/ ha^{-1}). However, the long-term monitoring to detect the changes of living organisms should be done. Then, the ecological knowledge can be applied for forest restoration program, including, to maintain the biodiversity for sustainable use in the future.

Keywords: Long-term ecological research, Plant diversity, Regeneration, Secondary deciduous dipterocarp forest

[1] The Siam Forestry Co., Ltd. Kanchanaburi, Thailand 71130

[2] Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[3] Cooperation Centre of Thai Forest Ecological Research Network, Kasetsart University, Bangkok 10900

***Corresponding author**: E-mail: kawlica_70@hotmail.com

คำนำ

ประเทศไทยกำลังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สืบเนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับโลกอันมีสาเหตุมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศพัฒนาแล้วในช่วงหลังปฏิวัติอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มากเกินกำลังผลิต รวมถึงการลดลงของพื้นที่ป่าในประเทศไทยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นตัวเร่งสำคัญที่ก่อให้เกิดการสั่งสมของปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gasses) ในชั้นบรรยากาศ โดยประเทศไทยมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจากกิจกรรมการพัฒนาประเทศจากข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2554 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ และจากการคาดการณ์ปริมาณการปล่อยมีสูงถึง 555 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2573 โดยภาคเศรษฐกิจที่มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ภาคพลังงาน รองลงมาคือ ภาคเกษตร กระบวนการทางอุตสาหกรรม และของเสีย (Office Of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2016) ส่งผลทำให้ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทวีความรุนแรงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ มีผลสะท้อนกลับมายังชีวิตและความเป็นอยู่ของทั้งมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าทรัพยากรป่าไม้เป็นสิ่งที่สำคัญแก่มนุษยชาติ ถือเป็นแหล่งนิเวศบริการ (Ecosystem services) ของโลกที่สำคัญ ทั้งทางด้านปัจจัยพื้นฐานต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมถึงการบริการด้านการควบคุมมลภาวะเป็นพิษต่าง ๆ และมีส่วนช่วยบรรเทาการเกิดสภาวะโลกร้อนได้เป็นอย่างดี โดยต้นไม้จะมีความสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและสร้างผลผลิตในรูปแป้งและน้ำตาล และถูกกักเก็บในรูปแบบของคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งในราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ (Timilsina *et al*., 2014) และเมื่อพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณที่ลดลงการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะลดลงตามไปด้วย (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2015)

โดยปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 321 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 31.68 ของเนื้อที่ประเทศ (Royal Forest Department, 2021) และมีนโยบายเพิ่มพื้นที่สีเขียวในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การปลูกป่าฟื้นฟู และการปลูกป่าเศรษฐกิจ ดำเนินการโดย หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน สถานศึกษาและชุมชน เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในประเทศ ซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการเดินทางไปสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ซึ่งจะดูการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทยที่มาจากหลายส่วน ได้แก่การใช้พลังงาน การขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร เมื่อมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาแล้วจะต้องมีการดูดซับกลับคืน ปัจจุบันส่วนงานที่เข้ามาช่วยในการดูดกลับคืนคือภาคป่าไม้ ในการปลูกต้นไม้ในพื้นที่ป่าดั่งเดิมการเพิ่มพื้นที่สีเขียว ขณะนี้ประเทศไทยมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนอยู่ที่ 90 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และในอนาคตมี

นโยบายที่จะเพิ่มปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 120 ล้านตันฯ และหากสามารถเพิ่มการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนได้ 120 ล้านตันฯ ก็จะสามารถปลดปล่อยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 120 ล้านตันฯ ในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งจะเกิดความเป็นกลางทางคาร์บอนได้ภายในปี ค.ศ. 2060 และจะเห็นได้ว่าเป้าหมายของประเทศไทยมีความท้าทายและต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วมช่วยกันดำเนินการ

บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด เป็นหน่วยงานภาคเอกชนที่มีการดำเนินงานในการปลูกสร้างสวนป่า และมีการจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (Conservation areas) ในแต่ละสวนป่าเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่สวนไม้ทั้งหมดที่รับผิดชอบเพื่อให้สอดคล้องกับการรับรองจาก FSC™ (Forest Stewardship Council) กลุ่มแรก คือ การรับรองการจัดการป่าไม้ (Forest Management Certificate) โดยสวนไม้กำแพงเพชร เป็นหนึ่งในสวนไม้ของ บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด มีพื้นที่ทั้งหมด 9,201.43 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ 923.54 ไร่ (ร้อยละ 10 ของพื้นที่สวนป่า) ที่ได้กันพื้นที่ออกมาจากพื้นที่ของบริษัทที่ใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ในการคงพื้นที่ป่าไม้และการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) ทั้งพืชพรรณและสัตว์ป่าให้ดำรงอยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ปัจจุบันพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในพื้นที่สวนป่าได้มีการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชพรรณและสัตว์ป่า แต่ยังขาดการศึกษาด้านการกักเก็บคาร์บอน (Carbon stork) ในปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass) ของพรรณไม้สังคมพืชในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ดั่งนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ป่าอนุรักษ์แห่งนี้ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างแผนการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน และติดตามนิเวศวิทยาระยะยาว (Long-term ecological research, LTER) ด้านพลวัตป่าไม้และการกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่สวนไม้กำแพงเพชร บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด ตั้งอยู่ที่ 91 หมู่ 8 ต.หนองหัววัว อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีพื้นที่ทั้งหมด 9,201.43 ไร่ มีใช้ประโยชน์พื้นที่ 5 ส่วน ดังนี้ (Figure 1-A)

1. พื้นที่ปลูกยูคาลิปตัส (Plantation area) รวมเนื้อที่ 7,708 ไร่ (83.77 %)

2. พื้นที่แปลงวิจัยและพัฒนาพันธุ์ไม้ พื้นที่ 189.29 ไร่ (2.05%)

3. พื้นที่วนเกษตร (Agroforestry area) พื้นที่ 285.10 ไร่ (3.10%)

4. พื้นที่สำนักงาน (Office area) พื้นที่ 95.22 ไร่ (1.03%)

5. พื้นที่อนุรักษ์ (Conservation area) พื้นที่ 923.54 ไร่ (10.04%)

พื้นที่ปกคลุมด้วยสังคมพืชป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) พบป่าชนิดนี้ได้ตั้งแต่ระดับพื้นราบ ในบริเวณที่ดินเป็นทรายจัด และบางพื้นที่ก็มีหินปะปนอยู่ จนกระทั่งถึงบริเวณเนินสูงที่สุดของพื้นที่ มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง มีไม้ขนาดกลางและขนาดเล็กขึ้นกระจัด

กระจาย ไม่แน่นทึบ ไม้พื้นล่างและเถาวัลย์มีน้อย ต้นไม้มีความสูงประมาณ 5 – 15 เมตร ผลัดใบในฤดูแล้ง ลักษณะทางปฐพีวิทยาของพื้นที่อนุรักษ์ของสวนไม้กำแพงเพชรทั้งหมด จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 49 เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียวปนลูกรัง พบชั้นหินทราย มีความชัน 1-2 % เป็นดินตื้นถึงตื้นมาก มีการระบายน้ำไม่ดี ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 2 เมตร มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ pH 5.0 - 6.5

ลักษณะภูมิประเทศ มีสภาพภูมประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบ มีที่สูงสลับอยู่บ้างเป็นตอน ๆ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชันหินดั้งเดิมเป็นหินตะกอน (Sedimentary rock) ที่ยังไม่อัดตัวกันแน่น ลักษณะภูมิอากาศ จัดอยู่ในลักษณะภูมิ มีฝนตกสลับแห้งแล้ง มีอุณหภูมิสูงตลอดปีและสภาพอากาศแห้งแล้งในฤดูร้อน ช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

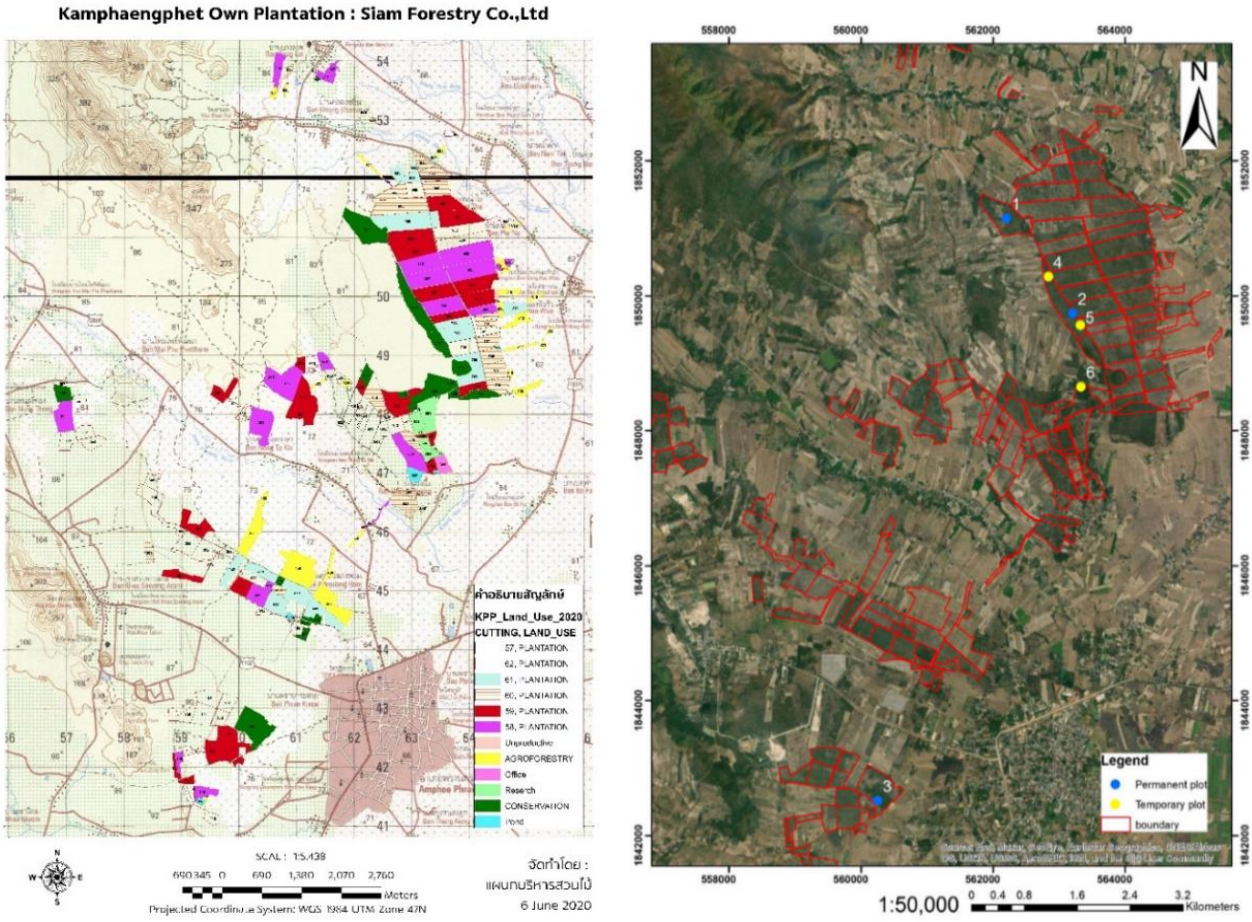


Figure 1 Map showing survey points in the conservation forest area of Kamphaeng Phet plantation Kamphaeng Phet Province = Permanent plot = Temporary plot

2. การเก็บข้อมูล

1) ภายในพื้นที่อนุรักษ์ของสวนป่า ทำการคัดเลือกพื้นที่ตัวแทนของสังคมพืชภายในพื้นที่ จากนั้นใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive random sampling) เพื่อวางแปลงถาวรและแปลงชั่วคราว ด้วยการระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global position system, GPS) รวมถึงมีการปักหมุดไว้ที่บริเวณมุมแปลงตัวอย่างเพื่อให้สามารถติดตามความ

หลากหลายทางชีวภาพในกลุ่มอื่น ๆ ภายในพื้นที่แปลงเดียวกันได้ (Figure 1-B)

2) ทำการวางแปลงถาวร (Permanent plot) ขนาด 20 เมตร x 50 เมตร จำนวน 3 แปลง และแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร พร้อมทำการสำรวจพรรณไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH, ระดับ 1.30 เมตร) ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ด้วยการติดหมายเลขต้น (Order tagged) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูงต้นไม้ บันทึกพิกัดของต้นไม้ในแปลง และวางแปลงชั่วคราว (Temporary plot) ขนาด 20 เมตร x 50 เมตร จำนวน 3 แปลง สำรวจพรรณไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงต้นไม้ พร้อมระบุชนิดพืชอ้างตาม Smitinand,. (2014) สำหรับพรรณไม้ที่ไม่สามารถทำการจำแนกชนิดได้ในภาคสนาม จะทำการเก็บตัวอย่างแห้ง (Plant specimens) จำนวนชนิดละ 3 ตัวอย่าง เพื่อนำมาระบุชนิดโดยเปรียบเทียบกับพรรณไม้ที่ระบุชนิดแล้ว ในหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

3) คัดเลือกพื้นที่แปลงถาวร เพื่อใช้เป็นตัวแทนศึกษาการจำแนกชั้นสังคมพืช (Plant community stratification) ด้วยการสร้างแผนภูมิชั้นเรือนยอด (Profile diagram) และแผนภูมิการปกคลุมเรือนยอด (Crown cover diagram) โดยคัดเลือกพื้นที่แปลงขนาด 10 x 50 เมตร เป็นตัวแทนการศึกษา จากนั้นแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 x 50 เมตร เพื่อศึกษาไม้ใหญ่ (DBH $\geq$ 4.5 ซม) ด้วยการวัดขนาดความสูงทั้งหมด ความสูงกิ่งแรก และร่างรูปทรงต้นไม้ทางด้านข้าง รวมถึงวัดความกว้างเรือนยอดทั้งสี่ด้าน เพื่อสร้างแผนภาพชั้นเรือนยอดและวิเคราะห์ร้อยละการปกคลุมเรือนยอด ตามลำดับ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ดัชนีค่าความสำคัญ (Importance value index, IVI) ดัชนีค่าความสำคัญของพรรณไม้โดยการคำนวนตาม Whittaker (1970) โดยดัชนีค่าความสำคัญของพรรรมไม้ คือ ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density, RD) ความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency, RF) และความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance, RDo) ของแต่ละชนิดไม้

$$IVI = RF + RD + RDo$$

3.2 ดัชนีความหลากชนิด (Diversity index) ดัชนีความหลากหลายพรรณพืชใช้สมการของ Shannon-Wiener index ($H^{/}$) (Shannon & Weaver, 1949) ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพได้ดี คำนวณได้ ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} (Pi)i \ln (Pi)$$

$H^{/}$ = ดัชนีความหลากหลาย

Pi = สัดส่วนของจำนวนในชนิดพันธุ์ที่ i (n_i) ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิด (N)

หรือ $Pi = \frac{n_i}{N}$,

i = 1,2,3,...,s

S = จำนวนชนิดทุกชนิดในสังคม

ln = ค่าลอการิทึมธรรมชาติ หรือ ฐาน e

3.3 มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass)

นำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและ ความสูงของต้นไม้ที่วัดได้ มาประเมินผลผลิตมวลชีวภาพต้นไม้ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของ Ogawa *et.al.* (1965) ดังนี้

สังคมพืชป่าเต็งรัง

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

$$WB = 0.00349 (D^2H)^{1.03}$$

$$WL = (28/ (WS + WB + 0.025)) -1$$

$$WT = WS + WB + WL$$

เมื่อ WS = มวลชีวภาพส่วนลำต้น (กิโลกรัม)

WB = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)

WL = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

3.4 การกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพ

คำนวณได้จากสูตร “การกักเก็บคาร์บอน (ตัน/เฮกแตร์) = มวลชีวภาพ (ตัน/เฮกแตร์) x ความเข้มข้นของคาร์บอน (ร้อยละ)” ขณะที่ IPCC (2006) เสนอว่ากรณีที่ไม่ทราบค่าความเข้มข้นของคาร์บอนสามารถใช้ค่ากลาง (Default value) พรรณไม้ป่าเขตร้อนที่ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.47 หรือร้อยละ 47 ของ น้ำหนักแห้ง

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้างและองประกอบพรรณไม้

ผลการสำรวจโครงสร้างป่าเพื่อตรวจสอบความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของโครงการซึ่งมีสภาพเป็นป่าเต็งรังรุ่นสอง และมีการกันไฟป่าในช่วงฤดูแล้ง จึงส่งผลให้มีจำนวนต้นไม้ค่อนข้างหนาแน่น โดยเฉพาะต้นไม้ขนาดเล็ก (DBH < 10 ซม) ทั้งจากการใช้แปลงชั่วคราวและแปลงถาวร สำหรับพรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร พบพรรณไม้ จำนวน 77 ชนิด 61 สกุล และ 32 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2,203 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 21.65 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (Appendix 1) มีค่าดัชนีความหลากหลายพรรณพืช จากดัชนีของ Shannon-Weiner ค่อนข้างสูงมีค่าเท่ากับ 3.66 ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญใน 10 ลำดับแรก ได้แก่ พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ติ้วส้ม (*Cratoxylum formosum*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) แดง (*Xylia xylocarpa*) มะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania lanzan*) กระทุ่มเนิน (*Mitragyna rotundifolia*) ยอเถื่อน (*Morinda citrifolia*) รักใหญ่ (*Gluta usitata*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และ รกฟ้า (*Terminalia alata*) มีค่าเท่ากับ 31.39, 19.70, 15.85, 15.38, 13.03, 9.65, 9.23, 9.16, 9.09 และ 8.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลดหลั่นกันไปในพรรณพืชชนิดอื่น ๆ (Appendix 1)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างป่าอนุรักษ์ บริเวณโดยรอบของสวนไม้กำแพงเพชร มีการปกคลุมเรือนยอดบริเวณสวนไม้กำแพงเพชรมีการปกคลุมของเรือนยอดมีลักษณะเป็นเรือนยอดปิด (Closed canopy) มีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอด 75.9 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่า พบกระจายอยู่บริเวณที่แห้งแล้ง ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ หน้าดินตื้นเป็นดินกรวด สามารถจำแนกได้ค่อนข้างชัดเจนเป็น 2 ชั้นเรือนยอด (Figure 2)

เรือนยอดชั้นบน (Top canopy layer) มีความสูงเรือนยอดระหว่าง 10-17 เมตร มีพื้นที่การปกคลุมเรือนยอดมีค่าเท่ากับ 24.8 เปอร์เซ็นต์ พรรณไม้เด่น เช่น พฤกษ์ (*Albizia lebbeck*) พลวงปอขาว (*Sterculia pexa*) มะกอกเกลื้อน หว้าขี้แพะ (*Syzygium cumini*) แดง เก็ดแดง (*Dalbergia assamica*) กระทุ่มเนิน ติ้วส้ม มะพอก (*Parinari anamensis*) แสลงใจ (*Strychnos nux-vomica*) และอินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) เป็นต้น เรือนยอดชั้นรอง (Middle canopy layer) มีความสูงเรือนยอดน้อยกว่า 10 *obtusa*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) รัง (*Shorea siamensis*) เหมือนโลด ยอป่า (*Merinda corela*) ส้มกบ (*Hymenodictyon orixense*) กรวยป่า (*Casearia grewiifolia*) กะเจียน (*Hubera cerasoides*) แข้งกวาง (*Wendlandia paniculata)* คำมอกหลวง (*Gardenia sootepensis)* แคชาญชัย (*Radermachera glandulosa)* ตะโกพนม (*Diospyros castanea)* ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa)* พะยอม (*Shorea roxburghii)* มะม่วงหัวแมงวัน (*Buchanania lanzan)* รักใหญ่ สารภีป่า (*Anneslea fragrans)* และมะเค็ด (*Catunaregam*

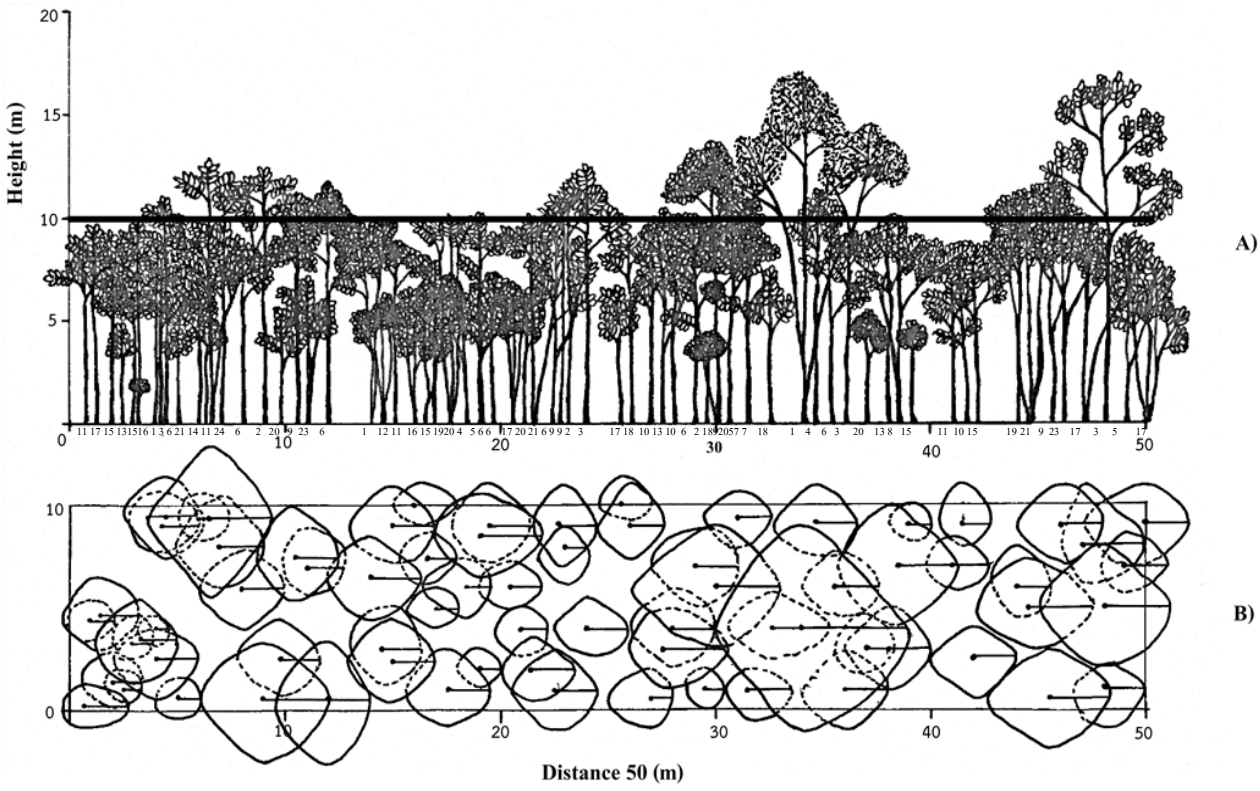


Figure 2 The stratification of deciduous dipterocarp forest at the conservation areas: (A) profile diagram and (B) crown cover diagram.

Remark ; 1) *Albizia lebbeck* 2) *Dipterocarpus tuberculatus* 3) *Sterculia pexa* 4) *Canarium subulatum* 5) *Syzygium cumini* 6) *Xylia xylocarpa* 7) *Dalbergia assamica* 8) *Shorea obtusa* 9) *Pterocarpus macrocarpus* 11) *Shorea siamensis* 12) *Aporusa villosa* 13) *Merinda corela* 14) *Hymenodictyon orixense* 15) *Casearia grewiifolia* 16) *Hubera cerasoides* 17) *Wendlandia paniculata* 18) *Gardenia sootepensis* 19) *Radermachera glandulosa* 20) *Diospyros castanea* 21) *Grewia eriocarpa* 22) *Shorea roxburghii* 23) *Buchanania lanzan*

2. การสืบต่อพันธุ์ภายในป่าอนุรักษ์

เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ของพรรณพืชภายในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของสวนไม้กำแพงเพชร จากข้อมูลการสำรวจภายในแปลงชั่วคราวและแปลงถาวร โดยใช้รูปแบบการกระจายของต้นไม้ตามขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter class distribution) สำหรับต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 2 ซม. (Figure 3) มีรูปแบบการกระจายเป็นแบบชี้กำลังเชิงลบ (Negative exponential growth form) หรือรูปตัวแอล (L-shape) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพง สามารถรักษาโครงสร้างของป่าได้อย่างสมดุล และมีการสืบต่อพันธุ์เป็นปกติตามธรรมชาติที่ดี คือมีต้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมากที่พร้อมเจริญทดแทนเป็นไม้ใหญ่ในอนาคต เมื่อไม้ใหญ่มีล้มตายในพื้นที่ หรือมีการจัดการเอาไม้ออกไปใช้ประโยชน์ ก็ยังมีไม้รุ่นที่จะขึ้นมาทดแทนได้ (Bunyavejchewin *et al.,* 2001)

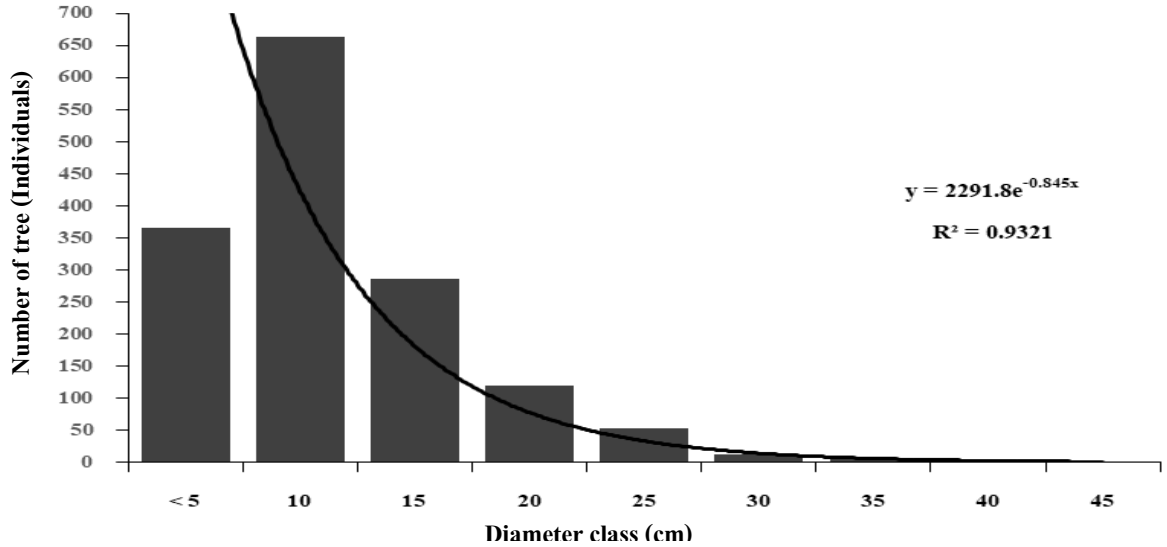


Figure 3 Total trees diameter class distribution (DBH $\geq$ 2 cm) in conservation areas

เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายตามขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกของชนิดไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ พบว่า แดง มีรูปแบบการกระจายเป็นแบบการเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังลบ (Negative exponential growth, NE) หรือแบบ L-Shape (Figure 4-A) แสดงให้เห็นว่าไม้ดังกล่าวมีการสืบต่อพันธุ์เป็นปกติตามธรรมชาติที่ดี คือมีต้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมากที่พร้อมเจริญทดแทนเป็นไม้ใหญ่ในอนาคต เมื่อไม้ใหญ่มีล้มตายในพื้นที่ หรือมีการจัดการเอาไม้ออกไปใช้ประโยชน์ ก็ยังมีไม้รุ่นที่จะขึ้นมาทดแทนได้ (Bunyavejchewin *et al.,* 2001) โดยพรรณไม้ดั้งเดิมในป่าเต็งรัง เช่น พลวง (Figure 4-B) ติ้วส้ม (Figure 4-C) เต็ง (Figure 4-D) รัง (Figure 4-E) และมะม่วงหัวแมงวัน (Figure 4-F) มีรูปแบบการกระจายเป็นเป็นรูประฆังคว่ำ (Unimodal shape) แสดงให้เห็นถึงการสืบต่อพันธุ์ที่ไม่มีความต่อเนื่องของต้นไม้ในแต่ละชั้นอายุ โดยเฉพาะในไม้ขนาดเล็กที่มีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มไม้ขนาดกลางและใหญ่ ส่งผลให้การรักษาโครงสร้างประชากรในธรรมชาติเป็นไปได้ไม่ดี อาจเป็นไปได้ว่าพืชกลุ่มนี้มีความต้องการปัจจัยแวดล้อมเฉพาะเพื่อการตั้งตัวในสภาพธรรมชาติ (Kuchler & Sawwer, 1967)

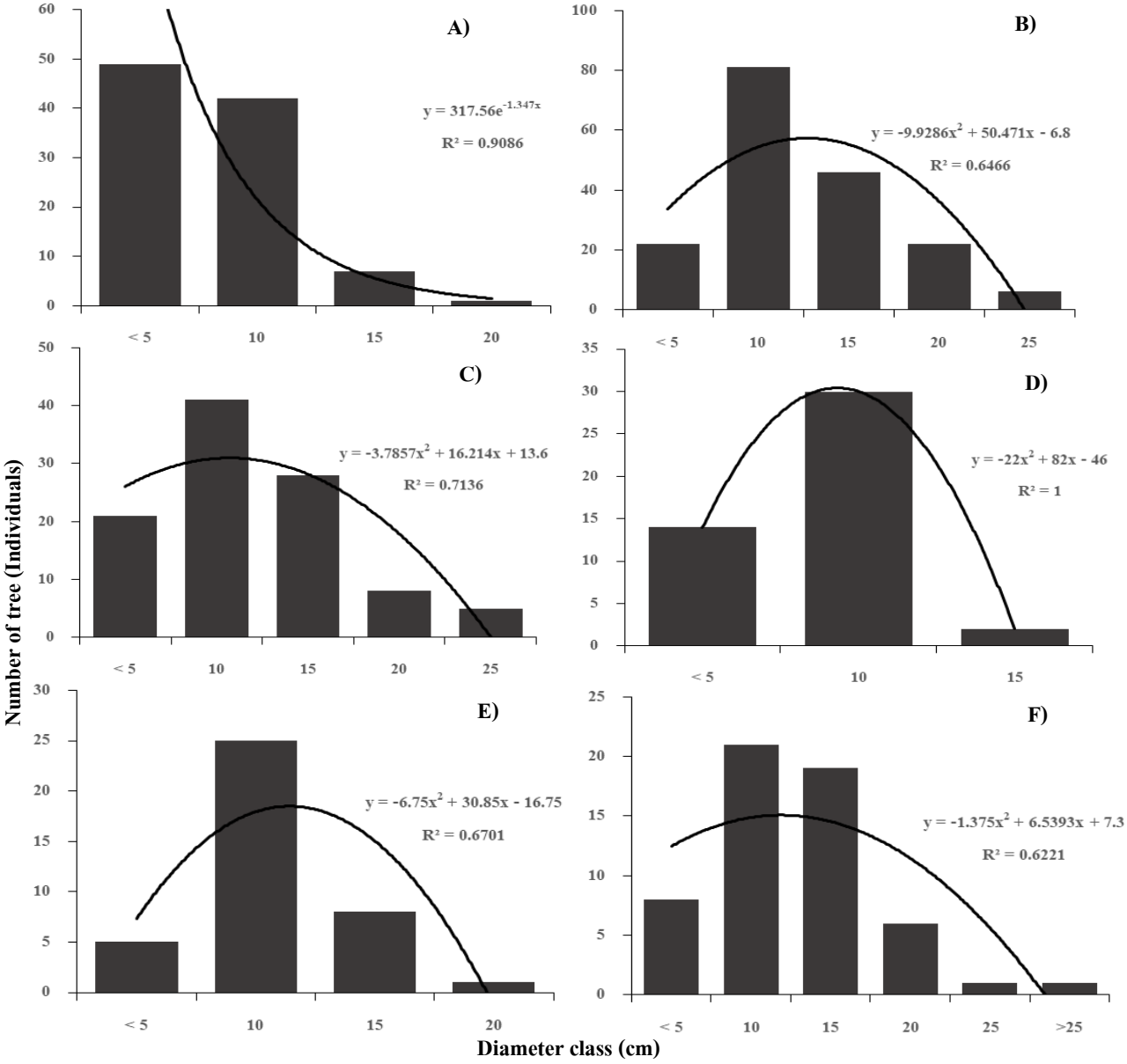


Figure 4 Diameter class distribution of some dominance trees species in conservation areas; A) *Xylia xylocarpa*, B) *Dipterocarpus tuberculatus*, C) *Cratoxylum formosum*, D) *Shorea obtusa*, E) *Shorea siamensis*, F) *Buchanania lanzan*

3. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของสวนไม้กำแพงเพชร สำหรับต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่า 4.5 ซม. พบว่า จำนวนไม้ต้น (Tree) ทั้งหมด 1,224 ต้น มีขนาดความโตเฉลี่ยเท่ากับ 10.25 ± 5.25 ซม. และมีความสูงของต้นไม้เฉลี่ยเท่ากับ 8.41 ± 3.14 เมตร

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีค่าเท่ากับ 16,390.39 ตันต่อพื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมด (147.77 เฮคแตร์ หรือ 923.54 ไร่) หรือ เท่ากับ 110.92 ตันต่อเฮกแตร์ โดยชนิดต้นไม้ที่มีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด 10 อันดับได้แก่ พลวง (14.22 ตันต่อเฮกแตร์) มะกอกเกลื้อน

(11.61 ตันต่อเฮกแตร์) ติ้วส้ม (9.70 ตันต่อเฮกแตร์) มะม่วงหัวแมงวัน (5.50 ตันต่อเฮกแตร์) กุ๊ก (4.45 ตันต่อเฮกแตร์) มะกอกป่า (3.78 ตันต่อเฮกแตร์) รักใหญ่ (3.76 ตันต่อเฮกแตร์) มะพอก (3.53 ตันต่อเฮกแตร์) ยอเถื่อน (3.51 ตันต่อเฮกแตร์) และพฤกษ์ (3.24 ตันต่อเฮกแตร์) ตามลำดับ ส่วนชนิดไม้อื่น ๆ มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินลดหลั่นกันลงไป (Appendix 1)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้เหนือพื้นดินทั้งหมดในพื้นที่ป่าอนุรักษ์มีค่าเท่ากับ 7,703.48 ตันคาร์บอนต่อพื้นที่อนุรักษ์ทั้งหมด (147.77 เฮคแตร์) หรือ เท่ากับ 52.13 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ชนิดต้นไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด 10 อันดับ ได้แก่ พลวง 6.68 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ มะกอกเกลื้อน (5.46 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) ติ้วส้ม (4.56 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) มะม่วงหัวแมงวัน (2.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) กุ๊ก (2.09 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) มะกอกป่า (1.78 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) รักใหญ่ (1.77 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) มะพอก (1.66 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) ยอเถื่อน (1.65 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) และพฤกษ์ (1.62 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์) ตามลำดับ ชนิดไม้อื่น ๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้เหนือพื้นดินลดหลั่นกันไป (Appendix 1)

เมื่อพิจารณาผลผลิตรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังบริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของสวนไม้กำแพงเพชร มีค่าค่อนข้างสูงกว่า (110.92 ตันต่อเฮกแตร์ และ 52.13 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังในพื้นที่อื่น ๆ พบว่ามีความผันแปรระหว่างพื้นที่ จากรายงานของ Nilkeaw & Arsanok (2015) พบว่าป่าเต็งรัง บริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่มีค่าเท่ากับ 98.00 ตันต่อเฮกแตร์ และ 46.06 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อนุรักษ์ในเขตป่าเศรษกิจแห่งนี้มีค่าน้อยกว่าบริเวณป่าเต็งรังบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความแปรผันของมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนอยู่ระหว่าง 123.38 ตันต่อเฮกแตร์และ 60.94 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ (Chaiwong *et al.,* 2013) และรวมถึงในป่าเต็งรังที่เป็นป่าชุมชน ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีค่ามวลชีวภาพของพรรณไม้ค่อนข้างสูง (125.49 ตันต่อเฮกแตร์) และคิดเป็นการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 72.18 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (Phongkhamphanh *et al*., 2015) เนื่องจากพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ มีการฟื้นตัวจนใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติเดิม ขณะที่ป่าเต็งรังในป่าชุมชนตำบลแม่ท่านั้น มีการอนุรักษ์และดูแลโครงสร้างป่าให้ปลอดการรบกวนตามกติการของการใช้ประโยชน์ป่าชุมชนได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นว่าป่าเต็งรังพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของสวนไม้กำแพงเพชรกำลังอยู่ในช่วงของการทดแทนจำเป็นต้องมีมาตรการจัดการพื้นที่เพื่อส่งเสริมการเพิ่มจำนวนต้นไม้และการเติบโตของต้นไม้ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพื้นที่ป่าเพื่อการกักเก็บคาร์บอนในการลดผลกระทบอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงการรักษาผืนป่าแห่งนี้ไว้ย่อมเป็นการส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์ผืนป่าไว้เป็นทุนทางทรัพยากรธรรมชาติ (Natural resource

capital) เพื่อศักยภาพการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต รวมถึงการบริการด้านการควบคุมของนิเวศวิทยาบริการ โดยเฉพาะการกักเก็บคาร์บอนและการลดปริมาณ CO_2 ที่ผืนป่าแห่งนี้จะช่วยเก็บกักได้มากขึ้น นอกจากนี้การจัดการพื้นที่อนุรักษ์ที่ดีสามารถช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน และช่วยในการกักเก็บคาร์บอนภายในดินอีกรูปแบบหนึ่ง อันจะมีส่วนช่วยให้เกิดการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปกป้องระบบดินและน้ำ ตลอดจนเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต (Bennet, 2008)

สรุป

พื้นที่ป่าอนุรักษ์ภายในสวนไม้ จัดเป็นป่าเต็งรังรุ่นสอง ที่ผ่านการถูกรบกวนจากชุมชนในบริเวณพื้นที่รอบข้างและอยู่ระหว่างการทดแทน มีพื้นที่หน้าตัดและความหนาแน่นของต้นไม้ (DBH $\geq$ 2 ซม) เท่ากับ 21.65 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ และ 2,203 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีระดับความหลากหลายทางชีวภาพค่อนข้างสูง ($H^{/}$ = 3.66) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ใหญ่ (DBH $\geq$ 4.5 ซม) เท่ากับ 16,390.39 ตัน และ 52.13 ตันคาร์บอน ตามลำดับ ดังนั้น การอนุรักษ์ผืนป่าแห่งนี้ไว้ ให้มีการฟื้นตัวหรือทดแทนเข้าสู่สังคมถาวรได้เร็วขึ้น ย่อมเป็นการส่งเสริมให้มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากขึ้น นอกเหนือจากการตั้งตัวของชนิดไม้ดั้งเดิมซึ่งถือว่าเป็นทุนทางทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ที่มีส่วนช่วยให้มีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และช่วยสนับสนุนนโยบายการสร้างความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) ในประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้ได้การสนับสนุนจาก บริษัท สยาม ฟอเรส ทรี จำกัด ผ่านกรรมการผู้จัดการบริษัท คุณมหาศาล ธีรวรุตม์ และพนักงานบริษัทฯ ทุกท่าน ขอขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยาป่าไม้ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

Bennett, A. J. 2008. **Sustainable Land Use: Interdependence between Forestry and Agriculture**. National Digital Library of India. Available source: http://www.metla.fi/iufro/iufro95abs/key3.htm (Accessed: November 2, 2021)

Bunyavejchewin, S., P.J. Baker, J.V. Lafrankie & P.S. Ashton. 2001. Stand structure of a seasonal dry evergreen forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, western Thailand. **Natural History Bulletin of the Siam Society**. 49: 89 – 106.

Chaiwong, C., S. Khamyong, N. Anongrak, P. Wangphakhaphatthanawong & S. Paramee, 2013. **Carbon storage assessment in difference forest communities at Huai Hong Khrai Royal Development Study Center, Chiang Mai province**, pp. 136-144. *In* Proceedings of the 2nd Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN). Mae Jo University, 24-26 January 2013 (in Thai)

IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change, Japan. Available source: https://www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/ (Accessed: November 2, 2021)

Küchler, A. W. & J. O Sawyer, J. O. 1967. A study of the vegetation near Chiangmai, Thailand. **Transactions of the Kansas Academy of Science** 70(3): 281-348.

Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok, Thailand: department of Forest Biology. Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)

Nilkeaw, S. & L. Arsanok, 2015. **Vegetation structure and carbon storage evaluation in natural forest at Maejo University Phrae campus**, pp. 108-114. *In* Proceedings of the 5nd Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN). Kasetsart University, 16-17 December 2015 (in Thai)

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2016. **Annual Report 2016**. Available source: https:/www.onep.go.th/ebook/annualreport/annualreport2016.pdf (Accessed: November 2, 2021) (in Thai)

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino & T. Kira. 1965. Comparative Ecological Study on Three Main Type of Forest Vegetation in Thailand II Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 49-80.

Phongkhamphanh, T., S. Khamyong & K. Sri-ngernyuang. 2015. Comparison on Tree Height-Stem Diameter Allometric Equations and Biomass Carbon Estimation of Two Dry Dipterocarp Forests in Northern Thailand. **Khon Kean University Science Journal** 46(3): 546-559.

Royal Forest Department. 2021. **Project for preparing information on the condition of forest areas 2020**. Available source: https://shorturl.asia/VpseF (Accessed: November 3, 2021) (in Thai).

Timilsina, N., C. L. Staudhammer, F. J. Escobedo & A. Lawrence. 2014. Tree biomass, wood waste yield, and carbon storage changes in an urban forest. **Landscape and Urban Planning** 127, 18-27.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2015. **A reference manual for the development of the Voluntary Greenhouse Gas Reduction Project according to the standards of Thailand in the forest and agriculture sector**. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Nonthaburi Province (in Thai)

Smitinand, T. 2014. **Thai Plant Names** (Revision). The Forest Herbarium. Royal Forest Department, Bangkok.

Shannon, C. E. & W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. Illinois, United States of America: University of Illinois Press.

Whittaker, R.H. 1975. **Communities and Ecosystem** (2nd eds). McMil Publicaion, New York.

Appendix 1 Species list based on IVI in Conservation Areas of Kamphaeng Phet Plantation; Density (D), Basal area (BA), Above Ground Biomass **(**AGB**),**

No	Thai name	Scientific name	Family	Density (ind.ha^{-1})	Do (m^2.ha^{-1})	AGB (tons.ha^{-1})	Carbon Storage (ton C.ha^{-1})	IVI (%)
1	พลวง	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	Dipterocarpaceae	2.80	282	14.22	6.68	31.39
2	ติ้วส้ม	*Cratoxylum formosum* (Jacq.) Benth. & Hook. f.	Hypericaceae	1.72	165	9.70	4.56	19.70
3	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	Burseraceae	1.91	70	11.61	5.46	15.85
4	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. var. xylocarpa	Fabaceae	0.49	157	1.79	0.84	15.38
5	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania lanzan* Spreng.	Anacardiaceae	1.14	90	5.50	2.58	13.03
6	กระทุ่มเนิน	*Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze	Rubiaceae	0.44	80	1.79	0.84	9.65
7	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	Rubiaceae	0.77	53	3.51	1.65	9.23
8	รักใหญ่	*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou	Anacardiaceae	0.75	60	3.76	1.77	9.16
9	เหมือดโลด	*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.	Phyllanthaceae	0.49	78	1.61	0.75	9.09
10	รกฟ้า	*Terminalia alata* B. Heyne ex Roth	Combretaceae	0.37	83	1.40	0.66	8.61
11	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	Dipterocarpaceae	0.25	75	0.74	0.35	7.82
12	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	Dipterocarpaceae	0.36	65	1.35	0.63	7.75
13	สารภีป่า	*Anneslea fragrans* Wall.	Pentaphylacaceae	0.35	63	1.26	0.59	7.32
14	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	Anacardiaceae	0.72	33	4.45	2.09	6.68
15	ขว้าว	*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale	Rubiaceae	0.51	33	3.04	1.43	5.71
16	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	Loganiaceae	0.24	48	0.94	0.44	5.57
17	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	Chrysobalanaceae	0.64	20	3.53	1.66	5.14
18	เก็ดดำ	*Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.	Fabaceae	0.55	37	3.20	1.50	5.05
19	มะกอกป่า	*Spondias bipinnata* Airy Shaw & Forman	Anacardiaceae	0.62	20	3.78	1.78	4.76
20	แคหัวหมู	*Markhamia stipulata* (Wall.) Seem. var. stipulata	Bignoniaceae	0.34	48	1.69	0.79	4.61
21	แหนนา	*Terminalia glaucifolia* Craib	Combretaceae	0.41	18	2.80	1.31	3.86
22	ตะแบกเลือด	*Terminalia mucronata* Craib & Hutch.	Combretaceae	0.14	28	0.51	0.24	3.81
23	หว้าขี้แพะ	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	Myrtaceae	0.23	22	0.96	0.45	3.77
24	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	Salicaceae	0.14	28	0.70	0.33	3.66
25	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	Rubiaceae	0.27	17	1.40	0.66	3.45
26	ยอป่า	*Morinda coreia* Buch.-Ham.	Rubiaceae	0.25	20	1.07	0.50	3.33
27	ปอขาว	*Sterculia pexa* Pierre	Malvaceae	0.26	18	1.58	0.74	3.31
28	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A. Juss.	Phyllanthaceae	0.16	20	0.70	0.33	3.21
29	คำมอกน้อย	*Gardenia obtusifolia* Roxb. ex Hook. f.	Rubiaceae	0.08	23	0.21	0.10	3.15

Appendix 1 (continued)

No	Thai name	Scientific name	Family	Density (ind.ha^{-1})	Do (m^{2}.ha^{-1})	AGB (tons.ha^{-1})	Carbon Storage (ton C ha^{-1})	IVI (%)
30	พะยอม	*Shorea roxburghii* G. Don	Dipterocarpaceae	0.12	30	0.42	0.20	3.06
31	ตะโกพนม	*Diospyros castanea* (Craib) H. R. Fletcher	Ebenaceae	0.11	25	0.40	0.19	2.91
32	ประดู่ป่า	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	Fabaceae	0.21	15	1.41	0.66	2.91
33	แคทราย	*Stereospermum fimbriatum* (Wall. ex G. Don) A. DC.	Bignoniaceae	0.18	20	0.90	0.42	2.88
34	กะเจียน	*Hubera cerasoides* (Roxb.) Chaowasku	Annonaceae	0.11	23	0.48	0.23	2.83
35	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq. var. siamensis	Fabaceae	0.22	20	0.95	0.45	2.76
36	รัก Sp.	*Gluta* sp.	Anacardiaceae	0.14	17	0.65	0.30	2.53
37	เก็ดแดง	*Dalbergia assamica* Benth.	Fabaceae	0.11	18	0.45	0.21	2.48
38	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G. Don	Ebenaceae	0.15	15	0.71	0.33	2.36
39	พฤก	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	Fabaceae	0.41	3	3.24	1.52	2.32
40	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	Sapindaceae	0.05	18	0.15	0.07	2.07
41	ส้มกบ	*Hymenodictyon orixense* (Roxb.) Mabb.	Rubiaceae	0.08	15	0.32	0.15	2.05
42	มะเค็ด	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	Rubiaceae	0.06	17	0.17	0.08	2.03
43	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A. Juss.	Meliaceae	0.16	10	0.99	0.46	2.03
44	ปอแก่นเทา	*Grewia eriocarpa* Juss.	Malvaceae	0.07	15	0.27	0.13	2.00
45	ส้านใหญ่	*Dillenia obovata* (Blume) Hoogland	Dilleniaceae	0.16	8	0.90	0.42	1.84
46	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz. var. chebula	Combretaceae	0.08	12	0.36	0.17	1.60
47	กางขี้มอด	*Albizia odoratissima* (L. f.) Benth.	Fabaceae	0.12	10	0.75	0.35	1.59
48	ตะคอง	*Ziziphus cambodiana* Pierre	Rhamnaceae	0.18	7	0.88	0.41	1.55
49	ขางหัวหมู	*Miliusa velutina* (Dunal) Hook. f. & Thomson	Annonaceae	0.08	13	0.34	0.16	1.54
50	มะดูก	*Siphonodon celastrineus* Griff.	Celastraceae	0.07	13	0.23	0.11	1.51
51	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	Ochnaceae	0.04	10	0.15	0.07	1.51
52	ฉนวน	*Dalbergia nigrescens* Kurz	Fabaceae	0.13	17	0.65	0.31	1.51
53	แข้งกวาง	*Wendlandia paniculata* (Roxb.) DC.	Rubiaceae	0.16	7	0.96	0.45	1.46
54	กาสามปีก	*Vitex peduncularis* Wall. ex Schauer	Lamiaceae	0.12	7	0.77	0.36	1.42
55	อินทนิลบก	*Lagerstroemia macrocarpa* Wall. ex Kurz	Lythraceae	0.07	10	0.36	0.17	1.21
56	ชิงชัน	*Dalbergia oliveri* Gamble ex Prain	Fabaceae	0.04	8	0.23	0.11	1.13
57	เหมือดจี้	*Memecylon scutellatum* (Lour.)	Melastomataceae	0.07	7	0.22	0.10	1.08
58	มะหาด	*Artocarpus thailandicus* C. C. Berg	Moraceae	0.07	5	0.35	0.16	0.96
59	Ficus Sp.	*Ficus* Sp.	Moraceae	0.14	2	0.72	0.34	0.89

Appendix 1 (continued)

No	Thai name	Scientific name	Family	Density (ind./ha^{-1})	Do (m^2/ha^{-1})	AGB (tons/ha^{-1})	Carbon Storage (ton C /ha^{-1})	IVI (%)
60	สะเดา	*Azadirachta indica* A. Juss.	Meliaceae	0.10	3	0.59	0.28	0.88
61	สะแกแสง	*Cananga brandisiana* (Pierre) I. M. Turner	Annonaceae	0.09	3	0.44	0.21	0.86
62	กัดลิ้นลิง	*Walsura robusta* Roxb.	Meliaceae	0.01	5	0.03	0.01	0.70
63	ปีบ	*Millingtonia hortensis* L. f.	Bignoniaceae	0.04	5	0.18	0.08	0.69
64	แครกฟ้า	*Heterophragma sulfureum* Kurz	Bignoniaceae	0.04	5	0.15	0.07	0.68
65	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	Phyllanthaceae	0.04	3	0.14	0.07	0.62
66	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	Lecythidaceae	0.08	2	0.47	0.22	0.59
67	ขี้อ้าย	*Terminalia nigrovenulosa* Pierre	Combretaceae	0.02	3	0.08	0.04	0.53
68	เม่าไข่ปลา	*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.	Phyllanthaceae	0.02	3	0.08	0.04	0.52
69	ตะแบกเกรียบ	*Lagerstroemia cochinchinensis* Pierre.	Lythraceae	0.02	3	0.09	0.04	0.52
70	งิ้วป่า	*Bombax anceps P*ierre	Malvaceae	0.06	2	0.27	0.13	0.49
71	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm. f.) Merr.	Salicaceae	0.02	2	0.08	0.04	0.32
72	ฝีหมอบ	*Beilschmiedia roxburghiana* Nees	Lauraceae	0.02	2	0.06	0.03	0.30
73	คำรอก	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	Connaraceae	0.01	2	0.06	0.03	0.28
74	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	Rubiaceae	0.01	2	0.02	0.01	0.25
75	ก่อแซะ	*Anacolosa ilicoides* Mast.	Olacaceae	0.01	2	0.01	0.01	0.24
76	โมกมัน	*Wrightia arborea* (Dennst.) Mabb.	Apocynaceae	0.01	2	0.01	0.01	0.24
77	แคชาญชัย	*Radermachera glandulosa* (Blume) Miq.	Bignoniaceae	0.00	2	-	-	0.23
				21.65	**2,203**	**110.92**	**52.13**	**300.00**

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 47-58 (2565)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนาดีและกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

พัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล[1*] และสุภัทรา ถึกสถิตย์[1]

รับต้นฉบับ 11 สิงหาคม 2565 ฉบับแก้ไข 3 ตุลาคม 2565 รับลงพิมพ์ 6 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติในหลายด้าน รวมทั้งการกักเก็บน้ำในดิน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง H08 ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา ในการประเมินการเติมน้ำใต้ดินจากสถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลการศึกษา พบว่า สถานการณ์ปัจจุบัน สถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน 10% และสถานการณ์จำลองการลดลงของปริมาณน้ำฝน 10% มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ย 5 ปี (พ.ศ. 2559-2563) เท่ากับ $7.33x10^{-4}$, $7.35x10^{-4}$, $7.32x10^{-4}$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งอัตราการเติมน้ำใต้ดินจากสถานการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย คือ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 63.07 และลดลง -31.54 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 0.22 และ -0.10 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยจากสถานการณ์ปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเติมน้ำใต้ดินของทั้ง 3 สถานการณ์ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการเติมน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูแล้ง และค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน จากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการเติมน้ำใต้ดิน แต่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝน 10% นั้น ยังไม่ส่งผลต่อการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเติมน้ำใต้ดิน แบบจำลอง H08

[1]ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[*]**ผู้รับผิดชอบบทความ:** E-mail: fforprc@ku.ac.th

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 47-58 (2565)

ORIGINAL ARTICLE

The Effect of Climate Change on Groundwater Recharge at Nadi and Kabinburi districts, Prachinburi Province

Patchares Chacuttrikul[1*] and Supattra Thueksathit[1]

Received 11 August 2022 Revised 3 October 2022 Accepted 6 October 2022

ABSTRACT

Due to climate change problems that affect natural resources in many aspects including soil water storage, thus, this research aimed to study the impact of climate change on groundwater recharge at Nadi and Kabinburi district, Prachinburi province by applying the H08 model, which is a hydrological model, to assess groundwater recharge from climate change scenarios.

The results suggested that the current situation, the scenario that increase 10% of rainfall, and scenario that decrease 10% of rainfall, had the 5-year average (2016-2020) groundwater recharge $7.33x10^{-4}$, $7.35x10^{-4}$, $7.32x10^{-4}$ m^3/s. The groundwater recharge from the climate change scenarios were slightly increase or decrease, which was an increase of 63.07 and a decrease of -31.54 m^3/year, or 0.22 and -0.10% of the average groundwater recharge from the current situation. However, the average monthly groundwater recharge of all 3 situations trended to the same direction. The groundwater recharge trended to decrease from the dry season and slowly increased in the rainy season. Thus, it can be concluded that rainfall affects groundwater recharge but climate change under a 10% increase or decrease in rainfall simulation has not clearly affected groundwater recharge in the study area.

Keywords: climate change, groundwater recharge, H08 model

[1] Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

[*] **Corresponding Author:** E-mail: fforprc@ku.ac.th

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช แต่น้ำส่วนใหญ่ในโลกกว่า 96% เป็นน้ำทะเลที่มนุษย์ไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภค และบริโภคในชีวิตประจำวันได้ และมีไม่ถึง 1% ของน้ำในโลกที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (Shiklomanov, 1993) ซึ่งน้ำใต้ดินถือเป็นแหล่งกักเก็บน้ำจืดทางธรรมชาติที่สำคัญ น้ำใต้ดินเป็นน้ำที่ซึมผ่านชั้นดินลงสู่ระดับน้ำใต้ดิน และถูกเก็บกักไว้ในดินในรูปแบบของน้ำใต้ดิน (Niyom, 1992) เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำในช่วงฤดูฝน ลดโอกาสการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน เป็นแหล่งเติมน้ำในลำธารในช่วงฤดูแล้ง มีส่วนช่วยบรรเทาและแก้ไขปัญหาความแห้งแล้ง ป้องกันการรุกล้ำของน้ำทะเล โดยเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินจะทำให้มีแรงดันมากพอผลักดันน้ำเค็มออกไปจากชายฝั่ง (Department of Groundwater Resources, 2018) จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน อากาศทั่วโลกผันแปร เหตุเกิดจากทั้งปัจจัยทางธรรมชาติและกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ถือเป็นตัวเร่งที่สำคัญ ส่งผลต่อ การดำรงชีวิตประจำวันของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมโดยรวม (FAO, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรน้ำ ซึ่งน้ำใต้ดิน ก็เป็นทรัพยากรหนึ่งที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเนื่องจากความผันแปรของปัจจัยสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน

นอกจากนี้ อำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรีซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ถูกประกาศเป็นเขตพื้นที่แล้งซ้ำซากและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง เนื่องมาจากความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้นของประชาชนในพื้นที่ รวมถึงความผันแปรของปริมาณน้ำฝน จนเป็นเหตุให้ปริมาณน้ำทั้งน้ำในลำธารและน้ำใต้ดินไม่เพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ โดยจากรายงานสถานการณ์น้ำบาดาลประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 พบว่า บริเวณแอ่งน้ำบาดาลปราจีนบุรี-สระแก้ว มีการใช้น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นมากจากอดีต และระดับน้ำบาดาลลดระดับต่ำจากระดับน้ำผิวดินมาก (Department of Groundwater Resources, 2015) ในต่างประเทศมีงานวิจัยมากมายที่กล่าวถึงความสำคัญของน้ำใต้ดิน และความสำคัญของอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำใต้ดิน (Owor *et al*., 2009; Kotchoni *et al*., 2019; Maroubo *et al*., 2021; Hussain *et al*., 2022) และมีงานวิจัยบางส่วนที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำใต้ดิน เช่น Moeck *et al*. (2016) ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างของแบบจำลองต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดินภายใต้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบรุนแรงส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการจำลองสถานการณ์ของแต่ละแบบจำลอง และ Dehghani *et al*. (2022) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระดับน้ำใต้ดินของประเทศอิหร่าน โดยใช้แบบจำลอง Modern meta-heuristic และพบว่าในอนาคตระดับน้ำใต้ดินจะลดลงประมาณ 1-1.5 เมตร อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับน้ำใต้ดินในประเทศไทยยังมีน้อยมาก เนื่องจากหลายข้อจำกัด ได้แก่ ข้อมูลน้ำใต้ดิน อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย

เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง H08 ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่มีประสิทธิภาพ และสามารถจำลองสถานการณ์ได้ทั้งการไหลของน้ำในธรรมชาติ และการไหลของน้ำที่มีอิทธิพลมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (Mateo *et al*., 2014; Chacuttrikul *et al*., 2018) มาใช้ในการประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนาดีและกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยนำเข้าหลักด้านสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการเติมน้ำใต้ดินและปริมาณน้ำใต้ดิน (Fernandez *et al*., 2017; Kadhem & Zubari, 2020) โดยทำการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระยะยาว จาก Climate rick country profile: Thailand 2021 โดย The World Bank Group and the Asian Development Bank (WBG & ADB, 2021) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนและการบริหารจัดการน้ำเพื่อการบรรเทาปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนและวิธีการศึกษาแสดงใน Figure 1 และมีรายละเอียดดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา

คัดเลือกพื้นที่ศึกษา อำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ทั้งหมด 2,611.8 ตารางกิโลเมตร (Figure 2) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกประกาศให้เป็นเขตประสบภัยแล้งซ้ำซากและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง (Office for Prevention and Mitigation Prachinburi, 2019) ซึ่งจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2563 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก ๆ คือ พื้นที่ป่า ไม้ยืนต้น พืชไร่ นาข้าว พื้นที่ชุมชน และพื้นที่เกษตรอื่นๆ 763.5, 491.3, 467.9, 324.4, 176.3 และ 168.1 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 29.2, 18.8, 17.9, 12.4, 6.8 และ 6.4 ของพื้นที่ตามลำดับ

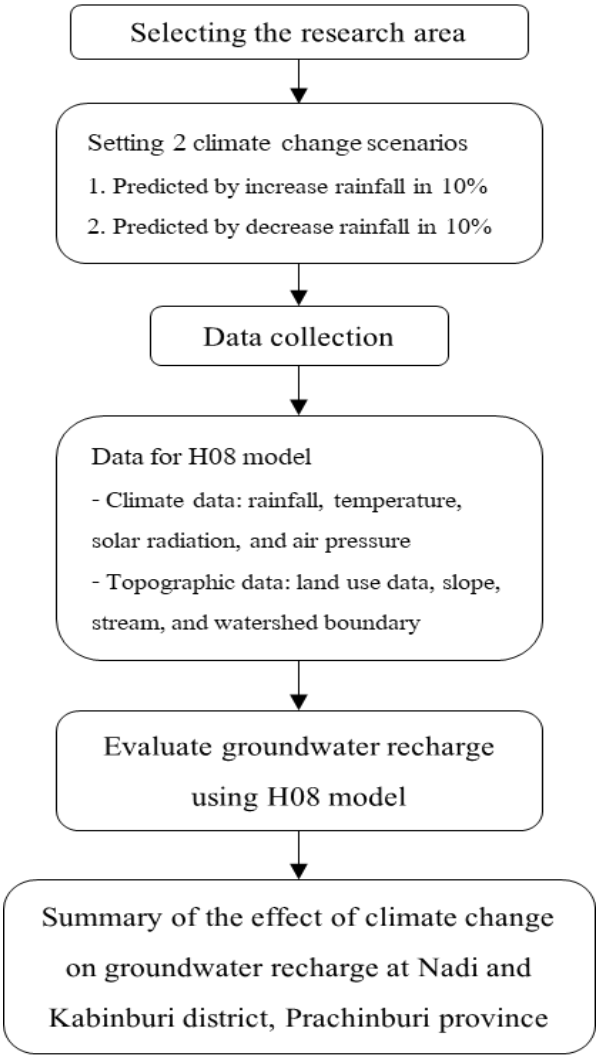


Figure 1 The processes of this research.

และจากข้อมูลสภาพอากาศจังหวัดปราจีนบุรี ของศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา พบว่าสภาพอากาศของจังหวัด

ปราจีนบุรีอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ 1) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพาความหนาวเย็นจากประเทศจีนมาสู่ประเทศไทยในช่วงฤดูหนาว ทำให้อากาศเย็นและแห้งแล้งตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ และ 2) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝน ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ทำให้มีฝนและอากาศชุ่มชื้น

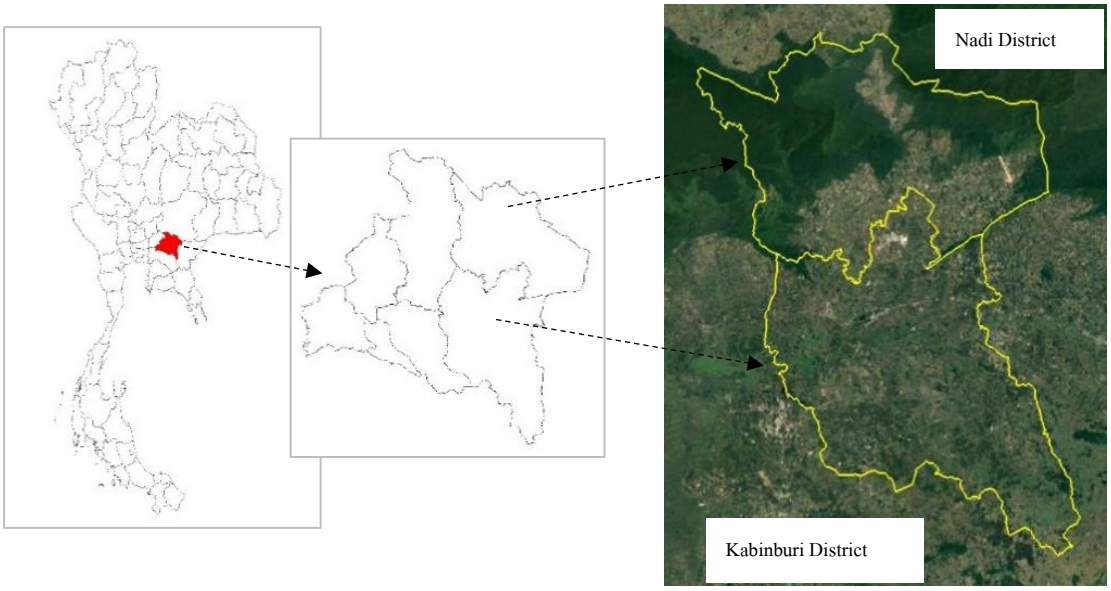


Figure 2 Location of study area, Nadi and Kabinburi district, Prachinburi province

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ทำการรวบรวมข้อมูลสำหรับคาดการณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน โดยใช้แบบจำลอง H08 ได้แก่

2.1.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

- ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 - 2561 ของสถานีปราจีนบุรี และสถานีกบินทร์บุรี ซึ่งเก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ในการศึกษาสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ จากสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ศึกษา ที่เก็บรวบรวมโดยกรมชลประทาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2563 เพื่อใช้ในการคาดการณ์ผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน โดยใช้แบบจำลอง H08

2.1.2 ข้อมูลอื่นๆ

- ขอบเขตพื้นที่ศึกษา จากแผนที่สภาพภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร

- ข้อมูลการใช้ที่ดิน จากแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2563

- ข้อมูลความสูงและความลาดชันของพื้นที่ศึกษา จากแผนที่สภาพภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร

- ข้อมูลความชื้นดิน เนื้อดิน และความลึกดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 11 จุด จุดละ 1 ซ้ำ รวม 33 ตัวอย่าง ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและชุดดินที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

- ข้อมูลเกี่ยวกับบ่อน้ำบาดาล เช่น ความลึกบ่อและระดับน้ำในบ่อ จากกรม

ทรัพยากรน้ำบาดาล ในพื้นที่ศึกษามีบ่อบาดาลสังเกตุการณ์ที่สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองได้ทั้งสิ้น 2 บ่อ โดย กรมทรัพยากรน้ำบาดาลทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความลึกและระดับน้ำในบ่อ ณ วันที่ทำการขุดบ่อ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคาดการณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน ดังนี้

3.1 การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แบบจำลอง H08 จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันในการประเมินอัตราการเติมน้ำใต้ดิน และเพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน จึงทำการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี พ.ศ. 2559-2563 ตามการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระยะยาว จาก Climate rick country profile: Thailand 2021 โดย The World Bank Group and the Asian Development Bank (WBG & ADB, 2021) ใน 2 สถานการณ์ คือ 1) การจำลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน โดยเพิ่มปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันขึ้น 10% และ 2) การจำลองการลดลงของปริมาณน้ำฝน โดยลดปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันลง 10%

3.2 การคาดการณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน โดยใช้แบบจำลอง H08 มีขั้นตอนดังนี้

1) การประเมินการเติมน้ำใต้ดินจากข้อมูลการใช้ที่ดิน (ปี พ.ศ. 2563) และสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2559-2563) ซึ่งใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน

2) ปรับเทียบแบบจำลองการปรับเทียบแบบจำลอง H08 เป็นการปรับพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวหรือเกี่ยวข้องกับปริมาณและการเติมน้ำใต้ดิน ได้แก่ ความลึกของชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater depth) เป็นต้น ซึ่งการการปรับเทียบแบบจำลอง H08 ต้องนำข้อมูลน้ำใต้ดินที่ได้จากการตรวจวัดจริง เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากแบบจำลอง เพื่อปรับแก้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง (Hanasaki *et al.*, 2010; Mateo *et al.*, 2014; Hanasaki *et al.*, 2018)

3) ประเมินผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปัจจุบันควบคู่กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่จำลองขึ้นจาก 2 สถานการณ์

ผลและวิจารณ์

1. สภาพภูมิอากาศของจังหวัดปราจีนบุรี

จากข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี พบว่า สามารถแบ่งฤดูกาลของจังหวัดปราจีนบุรีออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจังหวัดปราจีนบุรีมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,687 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน และต่ำสุดในเดือนธันวาคม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 330 และ 4.4 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.2 –

30.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอากาศร้อนสุดในเดือนเมษายน มีอุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย และต่ำสุดเฉลี่ย เท่ากับ 36.9 และ 20.9 องศาเซลเซียส

2. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากผลการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ช่วง 5 ปี (พ.ศ. 2559-2563) พบว่า อำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน โดยในสถานการณ์ปัจจุบัน (Current situation) สถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน 10% (Scenario 1) และ สถานการณ์การลดลงของปริมาณน้ำฝน 10% (Scenario 2) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 336, 370 และ 303 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในเดือนกันยายน เท่ากับ 335, 369 และ 302 มิลลิเมตร ตามลำดับ และต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 1.2, 1.4 และ 1.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งสถานการณ์ปัจจุบัน สถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้น และสถานการณ์จำลองการลดลงของปริมาณน้ำฝน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,724, 1,897 และ 1,552 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3. ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน

การประเมินอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้แบบจำลอง H08 บริเวณอำเภอนาดีและกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี พบว่า อัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยรายเดือนจากทุกสถานการณ์ ทั้งสถานการณ์ปัจจุบันและสถานการณ์จำลอง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ อัตราการเติมน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูแล้ง ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ก่อนจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงอีกในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม (Table 1)

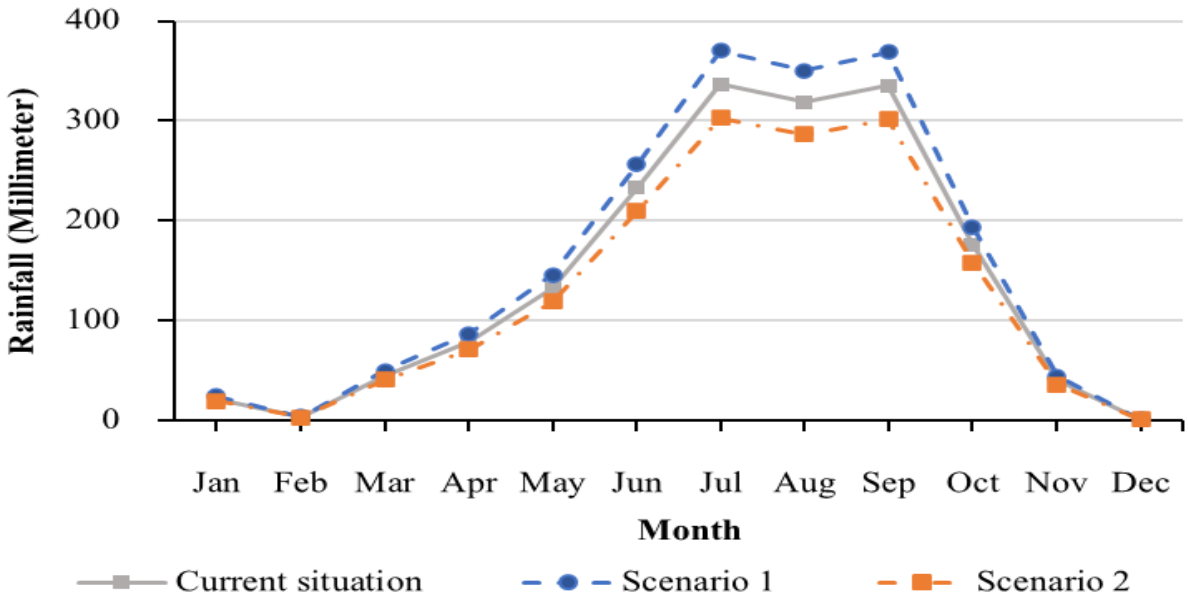


Figure 3 Average monthly rainfall for 5 years (2016-2020) and rainfall from scenarios 1 and 2

Table 1 The groundwater recharge estimation from H08 model

	Groundwater recharge (x10^{-4} m^3/s)					
	Current situation		**Scenario 1** (increased rainfall)		**Scenario 2** (decreased rainfall)	
	Min - Max	**Average**	Min - Max	**Average**	Min - Max	**Average**
January	2.20 - 12.76	**7.30**	2.24 - 12.76	**7.31**	2.15 – 12.76	**7.29**
February	2.07 - 12.83	**7.29**	2.10 - 12.83	**7.30**	2.02 - 12.83	**7.28**
March	1.93 – 12.90	**7.28**	1.96 - 12.90	**7.29**	1.90 – 12.90	**7.27**
April	1.85 – 12.96	**7.28**	1.88 - 12.96	**7.28**	1.81 - 12.96	**7.27**
May	1.79 - 13.01	**7.27**	1.83 - 13.01	**7.28**	1.74 – 13.01	**7.26**
June	1.95 – 13.06	**7.29**	2.00 - 13.06	**7.30**	1.86 - 13.06	**7.27**
July	2.24 - 13.10	**7.33**	2.30 - 13.10	**7.34**	2.15 – 13.10	**7.32**
August	2.53 - 13.13	**7.38**	2.59 - 13.13	**7.39**	2.44 - 13.13	**7.36**
September	2.69 – 13.16	**7.41**	2.74 - 13.16	**7.42**	2.61 – 13.16	**7.39**
October	2.75 - 13.19	**7.43**	2.81 - 13.19	**7.44**	2.68 - 13.19	**7.42**
November	2.53 - 13.03	**7.39**	2.60 - 13.21	**7.43**	2.49 – 13.21	**7.41**
December	2.27 - 12.62	**7.31**	2.38 - 13.00	**7.37**	2.22 - 12.78	**7.32**
Average		**7.33**		**7.35**		**7.32**

ปัจจัยสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการเติมน้ำใต้ดิน คือ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าหลักที่ช่วยเติมน้ำลงสู่ดิน ก่อนจะซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลกลายเป็นแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งจากสถานการณ์ปัจจุบันและจากสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำฝน พบว่าอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยรายเดือนของทั้ง 3 สถานการณ์ มีค่ามากที่สุดในเดือนตุลาคม และน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงรอยต่อระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน เนื่องจากในช่วงเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายน เป็นช่วงแล้งฝนจึงไม่มีน้ำฝนเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน มีเพียงน้ำที่ค้างอยู่ในชั้นดินที่ไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินอย่างช้าๆ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ย 5 ปี (พ.ศ. 2559-2563) ของทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่า อัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยของสถานการณ์ปัจจุบัน สถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำฝน มีค่าเท่ากับ $7.33x10^{-4}$, $7.35x10^{-4}$ และ $7.32x10^{-4}$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือเท่ากับ 23,115.89, 23, 178.96 และ 23,084.35 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยรายเดือนของการเติมน้ำใต้ดิน พบว่าสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝน 10% มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยมากกว่าสถานการณ์ปัจจุบันเล็กน้อย ในขณะที่อัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยของสถานการณ์จำลองการลดลงของปริมาณน้ำฝน 10% มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยไม่แตกต่างจากสถานการณ์ปัจจุบันมากนัก โดยมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน (Figure 4)

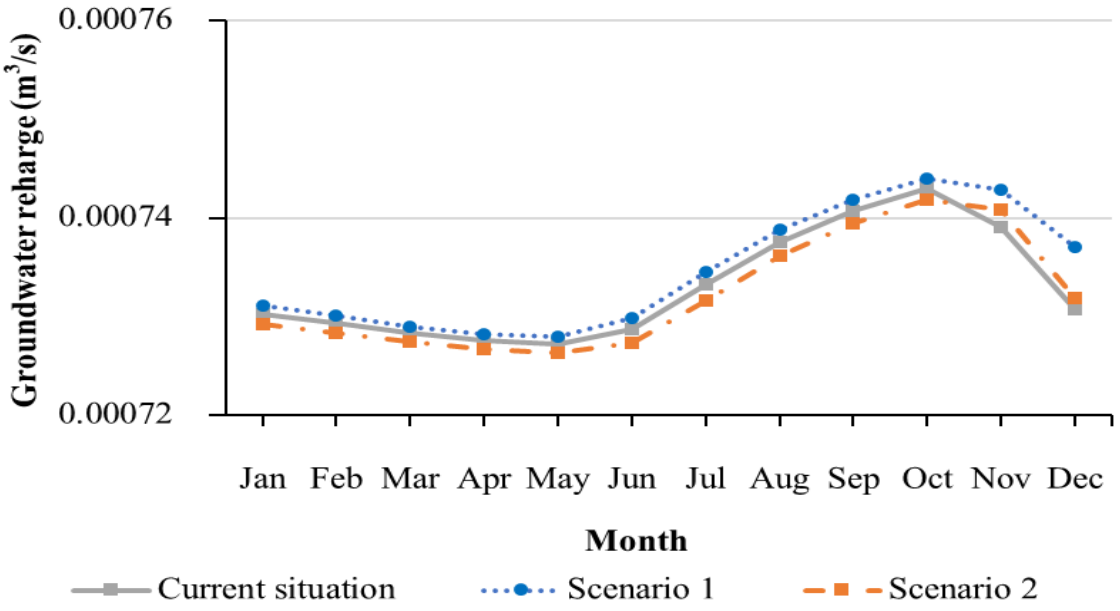


Figure 4 Monthly groundwater recharge from current situation and climate change scenarios

อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จำลองการลดลงของปริมาณน้ำฝน พบว่า ในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่สูงกว่าสถานการณ์ปัจจุบันเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากความหนักเบาของฝนที่ส่งผลต่ออัตราการซึมน้ำของดินและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินในแบบจำลอง จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนในการศึกษาครั้งนี้ส่งผลต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดินไม่มากนัก อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเกินไป สอดคล้องกับการศึกษาของ Kotchoni *et al.* (2019) ที่พบว่า ปริมาณน้ำฝนต่อการเติมน้ำใต้ดินตามฤดูกาลของเบนินมีความสัมพันธ์กัน แต่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนที่ต่ำกว่า 15 มิลลิเมตรต่อวันนั้น ไม่ส่งผลต่อปริมาณการเติมน้ำใต้ดินอย่างชัดเจน โดยค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลต่อปริมาณการเติมน้ำใต้ดิน คือ 140-250 มิลลิเมตรต่อปี

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างหรือค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเติมน้ำใต้ดิน โดยการเปรียบเทียบอัตราการเติมน้ำใต้ดินจากสถานการณ์ปัจจุบันกับอัตราการเติมน้ำใต้ดินจากสถานการณ์จำลอง พบว่า อัตราการเติมน้ำใต้ดินจากสถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นและลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำฝนรายวัน ส่งผลให้ทั้ง 2 สถานการณ์มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ย 5 ปี เพิ่มขึ้นและลดลงไม่มากนัก คือ เพิ่มขึ้น 63.07 และลดลง -31.54 ลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็น 0.22 และ -0.10 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยจากสถานการณ์ปัจจุบัน

สรุป

อำเภอนาดีและอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี เป็นพื้นที่ที่ถูกประกาศเป็นเขตประสบภัยแล้งซ้ำซากและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ดังกล่าว จากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการ

จำลองสถานการณ์การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณน้ำฝน พบว่า สถานการณ์จำลองการเพิ่มน้ำฝน 10% มีอัตราการเติมน้ำใต้ดินดีกว่าสถานการณ์ปัจจุบันเพียงเล็กน้อย และสถานการณ์การลดลงของปริมาณน้ำฝน 10% ทำให้การเติมน้ำใต้ดินลดลงจากเดิมเพียงเล็กน้อยเช่นกัน นอกจากนี้ อัตราการเติมน้ำใต้ดินเฉลี่ยรายเดือนของทุกสถานการณ์ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการเติมน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูแล้ง และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดิน โดยอัตราการเติมน้ำใต้ดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการศึกษาครั้งนี้ส่งผลต่ออัตราการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาไม่ชัดเจนนัก เพราะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนยังคงน้อยเกินไป ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเติมน้ำใต้ดินและปริมาณน้ำใต้ดิน ส่งผลต่อปริมาณน้ำในลำธารในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำใต้ดินถือเป็นแหล่งน้ำสำรองที่ช่วยเติมน้ำให้ลำธารแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ

ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าปัจจัยสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อปริมาณน้ำใต้ดินในพื้นที่ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังคงจำเป็นต้องมุ่งเน้นเรื่องการวางแผนการจัดการน้ำผิวดิน และการบริหารการใช้น้ำของประชาชน ให้เกิดความสมดุลกับทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้รวมทั้งการวางแผนการใช้ที่ดิน เพื่อสนับสนุนการบรรเทาปัญหาภัยแล้งซ้ำซากของพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2563 รหัสโครงการ ร-ม 7.63 ขอขอบคุณกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Chacuttrikul, P., M. Kiguchi & T. Oki. 2018. Impacts of climate and land use changes on river discharge in a small watershed: a case study of the Lam Chi subwatershed, Northeast Thailand. **Hydrological Research Letters** 12: 7–13.

Dehghani, R., H.T Poudeh & Z. Izadi. 2022. The effect of climate change on groundwater level and its prediction using modern meta-heuristic model. **Groundwater for Sustainable Development** 16. Doi: 10.1016/j.gsd.2021.100702.

Department of Groundwater Resources. 2015. **Report of groundwater situation in Thailand: Project to establish an observation network to monitor the situation of groundwater, the fiscal year 2015**. Bureau of Groundwater Conservation and Restoration, Department of Groundwater Resources, Bangkok. (in Thai)

Department of Groundwater Resources. 2018. **The benefits of groundwater recharge**. Available source: http://www.dgr.go.th/bgr9/th /newsAll/305/5155. (Accessed: July 27, 2022) (in Thai)

FAO. 2017. FAO's work on climate change. **United Nations Climate Change Conference 2017**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

Fernandez, C. C., L. Candela, N. T Fuentes, M. G. P. Herrera, M. Paniw & E.G Mazo. 2017. Effects of extreme rainfall events on the distribution of selected emerging contaminants in surface and groundwater: the Guadalete river basin (SW, Spain). **Science of The Total Environment** 605-606: 770-783.

Hanasaki, N. & T. Yamamoto. 2010. **H08 Manual User's Edition. National Institute for Environmental Studies**, Tsukuba, Japan.

Hanasaki, N., S. Yoshikawa, Y. Pokhrel & S. Kanae. 2018. A global hydrological simulation to specify the sources of water used by humans. **Hydrology and Earth System Sciences** 22: 789-817.

Hussain, F., R. S. Wu & D. S. Shih. 2022. Water table response to rainfall and groundwater simulation using physics-based numerical model: WASH123D. **Journal of Hydrology** 39: 1-27.

Kadhem, G. M. & W. K. Zubari. 2020. Identifying Optimal Locations for Artificial Groundwater Recharge by Rainfall in the Kingdom of Bahrain. **Earth Systems and Environment** 4: 551–566.

Kotchoni, D .O. V., J. M. Vouillamoz, F. M. A. Lawson, P. Adjomayi, M. Boukari & R. G. Taylor. 2019. Relationships between rainfall and groundwater recharge in seasonally humid Benin: a comparative analysis of long-term hydrographs in sedimentary and crystalline aquifers. **Hydrogeology Journal** 27: 447-457.

Maroubo, L. A., M. R. Moreira-Silva, J. J. Teixeira & M. F. S Teixeira. 2021. Influence of Rainfall Seasonality in Groundwater Chemistry at Western Region of Sao Paulo State, Brazil. **Water** 13: 1-18.

Mateo, C., N. Hanasaki, D. Komori, K. Tanaka, K. Yoshimura, M. Kiguchi, A. Champathong, T. Sukhapunnaphan, D. Yamazaki & T. Oki. 2014. Assessing the impacts of reservoir operation to floodplain inundation by combining hydrological, reservoir management, and hydrodynamic models. **Water Resources Research** 50: 7245-7266.

Moeck, C., P. Brunner & D. Hunkeler. 2016. The influence of model structure on groundwater recharge rates in climate-change impact studies. **Hydrogeology Journal** 24: 1171-1184.

Niyom, W. 1992. **Forest Hydrology**. Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Owor, M., R. G. Taylor, C. Tindimugaya & D. Mwesigwa. 2009. Rainfall intensity and groundwater recharge: empirical evidence from the Upper Nile Basin. **Environmental Research Letters** 4: 1-7.

Pidwirny, M. 2006. **"Causes of Climate Change"**. *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*. Date Viewed. http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7y.html

Shiklomanov, L. A. 1993. World Freshwater Resources. pp. 13-24. *In* Gleick, P.H., ed. **Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources**. Oxford University Press, New York.

World Bank Group and the Asian Development Bank. 2021. **Climate Risk Country Profile: Thailand (2021)**. the World Bank Group (WBG) and the Asian Development Bank (ADB). USA.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 59-78 (2565)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา

มนต์นรินทร์ เรืองจิตต์[1] สุธีระ เหิมฮึก[1*] จุฑามาศ อาจนาเสียว[1] และนครินทร์ สุวรรณราช[2]

รับต้นฉบับ: 14 พฤศจิกายน 2565 ฉบับแก้ไข: 7 ธันวาคม 2565 รับลงพิมพ์: 8 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) เป็นไม้เศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมไม้ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามยางนาจัดเป็นไม้กลุ่มโตช้ามีรอบตัดฟันที่ 20 ถึง 30 ปี ทำให้มีระยะเวลารอคอยจนถึงรอบตัดฟันค่อนข้างนาน การนำเชื้อเห็ดเศรษฐกิจกลุ่มเอคโตไมคอร์ไรซามาใช้ในกระบวนการผลิตต้นกล้าอาจเป็นแนวทางในการส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของยางนาได้ ดังนั้นจึงทำการทดสอบผลของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจกลุ่มเอคโตไมคอร์ไรซา 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดระโงก (*Amanita vaginata*) และเห็ดเผาะหนัง (*Astraeus odoratus*) และเห็ดกลุ่มย่อยสลายอินทรียสาร 1 ชนิด คือ เห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา โดยปลูกเชื้อเห็ดทั้ง 3 ชนิดให้กับต้นกล้าอายุ 6 เดือน แล้วทำการวัดการเติบโตทุก ๆ เดือนเป็นเวลา 6 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า การใส่เชื้อเห็ดทั้งสามชนิดในกล้ายางนา มีผลต่อการเติบโตด้านความโตคอรากและความสูงทั้งหมดมากกว่ากล้าที่ไม่ใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กล่าวคือ กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดระโงกมีความโตคอรากเฉลี่ยในระยะเวลา 6 เดือนมากที่สุด รองลงมาคือ กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะ และกล้าที่ไม่ใส่เชื้อเห็ดมีค่าเท่ากับ 73.6±3.3, 70.5±2.5, 68.2±3.1 และ 66.6±2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ด้านความสูงทั้งหมดพบว่า กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่ามีความสูงทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะ กล้าที่ใส่เชื้อเห็ดระโงก และกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 41.89±0.75, 40.95±1.66, 40.37±1.10, 36.54±0.37 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการตรวจวิเคราะห์การเข้าอาศัยของเอคโตไมคอร์ไรซาในรากจากห้องปฏิบัติการพบว่า ต้นกล้าที่มีการใส่เชื้อเห็ดทั้ง 3 ชนิดมีการเข้าอาศัยบริเวณปลายราก โดยพบเส้นใยที่ปลายรากเกิดใหม่ ในกรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อเห็ดระโงก และเชื้อเห็ดตับเต่า พบการเจริญของเส้นใยเข้าสู่รากชั้น epidermis ที่ 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงความสามารถของเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาในการเข้ากันได้กับรากพืชอาศัย

คำสำคัญ: กล้ายางนา เอคโตไมคอร์ไรซา เห็ดตับเต่า เห็ดระโงก เห็ดเผาะ

[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50202

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: Email: h.sutheera@gmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 6 (2): 59-78 (2565)

ORIGINAL ARTICLE

Efficacy of Economic Mushrooms on the Growth Promotion of *Dipterocarpus alatus* Seedlings

Monnarin Rueangjit[1], Sutheera Hermhuk[1*], Chuthamat Atnaseo[1] and Nakarin Suwannarach[2]

Received: 14 November 2022 Revised: 7 December 2022 Accepted: 8 December 2022

ABSTRACT

Dipterocarpus alatus is an economically important tree species currently in demand within the wood product industry. However, *D. alatus* has a slow growth rate and will take 20-30 years before timber can be cut to harvest. Implementing the use of ectomycorrhizal fungi in its seedling production has potential to improve *D. alatus* growth. Therefore, effects of two species of ectomycorrhizal fungi, *Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus*, and one species of saprotraphic fungus, *Phlebopus portentosus*, on growth of *D. alatus* were evaluated by inoculating 6-month old seedlings with each fungus and monitored growth monthly for 6 months.

The results showed that applications of ectomycorrhizal fungi significantly (95% confidence) increased root collar diameter and total height of *D. alatus*. After 6 months, *D. alatus* seedlings treated with *A. vaginata* had the highest root collar diameter of 73.6±3.3 mm followed by those treated with *P. portentosus*, *A. odoratus* and without fungal treatment at 70.5±2.5, 68.2±3.1 and 66.6±2.0 mm, respectively. In terms of total height, *D. alatus* seedlings treated with *P. portentosus* had the highest total height at 41.89±0.75 cm followed by *A. odoratus*, *A. vaginata* and without fungal treatment at 40.95±1.66, 40.37±1.10, 36.54±0.37 cm, respectively. Laboratory analysis for root colonization by ectomycorrhizal fungi indicated that the 3 fungi colonized *D. alatus* seedlings at the tips of new roots. Inoculation with *A. vaginata* and *P. portentosus* resulted in 10 and 30 % colonization in the epidermis indicated compatibility between the fungi and *D. alatus*.

Keyword: *Dipterocarpus alatus* seedling, Ectomycorrhiza (ECM), *Phlebopus portentosus*, *Amanita vaginata*, *Astraeus odoratus*.

[1]Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province 50290

[2]Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai Province 50202

[*]**Corresponding author**: h.sutheera@gmail.com

คำนำ

ป่าที่มีระบบนิเวศที่อุดมสมบูรณ์ จะพบว่ามีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบของต้นไม้ที่ดีด้วย ทั้งปัจจัยที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ สมบัติดิน และสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยที่มีชีวิต ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ในระบบรากของพืชทุกชนิดจะมีจุลินทรีย์หรืออราอาศัยในแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) (Inyod *et al*., 2022) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างรากพืชและรากลุ่มไมคอร์ไรซา (Moyersoen, 2006; Aggangan *et al*., 2013) โดยจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ การเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุ ส่งผลให้ต้นไม้สามารถดูดซึมและสะสมอาหารได้มากขึ้น (Sangthian & Sangwanit, 1994) นอกจากช่วยให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดีแล้วยังช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Mungklarat *et al.,* 2001) เนื่องจากเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยในระบบรากมีคุณสมบัติดูดซับน้ำ (Sim and Eom, 2006) และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชอาศัย พืชที่มีไมคอร์ไรซาอาศัยช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่มีไมคอร์ไรซา (Nuangmek and Titayavan, 2020) รวมถึงช่วยลดสภาวะเครียดของพืชเมื่อเกิดสภาวะแห้งแล้งหรือขาดน้ำ (Cairney, 2011) โดยไมคอร์ไรซามีกิจกรรมในกระบวนการย่อยสลายและการหมุนเวียนของสารอาหารในดิน โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสที่ไมคอร์ไรซาช่วยในการเข้าถึงโดยการช่วยทำให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Tarah, 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ Suksawang (2014) จากการศึกษาผลการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะสิรินธรกับต้นกล้ายางนาให้ผลการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอรากมากกว่าต้นยางนาที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดเผาะหนัง (*Astraeus odoratus*)

ตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ที่ทรงแนะนำให้นำพรรณไม้ประจำถิ่นมาใช้ในการปลูกป่าทดแทนฟื้นฟูสภาพป่าไม้ที่เสื่อมโทรม และการสร้างป่าชุมชนเพื่อพัฒนาป่าไม้อย่างยั่งยืน โดยไม้ป่าวงศ์ยางเป็นพรรณไม้เด่นของป่าเขตร้อนในภูมิภาคเอเชีย และเป็นไม้ประจำถิ่นของประเทศไทยที่มีความสำคัญต่อวัฒนธรรมและใช้ในวิถีชีวิตของคนไทยมาอย่างยาวนาน และยังเป็นชนิดไม้สำคัญที่เป็นพืชอาศัยของเห็ดไมคอร์ไรซาและเห็ดป่าที่เป็นที่นิยมบริโภค เช่น เห็ดเผาะหนัง (*Astraeus odoratus*) เห็ดระโงก (*Amanita vaginata*) และเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) โดยเห็ดระโงกและเห็ดเผาะหนังเป็นกลุ่มเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา สำหรับเห็ดตับเต่าเดิมเคยเชื่อกันว่าเป็นกลุ่มเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซานั้น แต่จากรายงานวิจัยของ Zhang *et al*. (2017) พบว่ามีบทบาทเป็นเห็ดผู้ย่อยสลายอินทรียสาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Kumla *et al*. (2016) ได้รายงานผลการรวบรวม *Phlebopus portentosus* sporocarps จากพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยและจำแนกตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและโมเลกุลพบการสร้างโครงสร้างคล้าย Ectomycorrhizal (ECM) ปกคลุมเหนือผิวรากของพืชอาศัยจึงไม่มีความชัดเจนว่า *Phlebopus portentosus* เป็นเชื้อรา Saprotrophic, parasitic หรือ ECM เช่นเดียวกับ Thongklang *et al*. (2010) ในการศึกษาสภาพการเพาะเลี้ยงการผลิตหัวเชื้อ

และการตอบสนองของโฮสต์ต่อเห็ดป่า *Phlebopus portentosus* สายพันธุ์ CMUHH121-005 พบว่า การผลิตมวลชีวภาพในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่ผสมด้วยสารละลาย Murashige และ Skoog ภายใน 30 วัน หลังการใส่เชื้อ *Phlebopus portentosus* และทำการบ่มโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C เป็นเวลา 60 วันในที่มืดเกิดการรวมตัวของ Mycelium และมีการสร้าง Fruiting bodies โดยไม่ต้องอาศัยโฮสต์ สำหรับไม้ยางนามีความหลากหลายในการเกิดเห็ดป่า และเป็นเห็ดป่าที่ชุมชนนิยมรับประทานอาทิ เห็ดไคล เห็ดระโงก เห็ดแดง เห็ดน้ำหมาก เป็นต้น (Unphim *et al*., 2017) ซึ่งมีการสำรวจชนิดเห็ดที่เกิดในป่าชุมชนดอนปู่ตา ของหมู่บ้านโพธิ์ชัย อำเภอยางสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม (Charoenmahavit, 2018) พบเห็ดที่กินได้มากกว่า 20 ชนิด โดยเห็ดแต่ละชนิดมีลักษณะการเกิดร่วมกับต้นไม้รวมถึงมีช่วงเวลาที่เกิดแตกต่างกัน เช่น เห็ดเผาะหนัง มักพบเกิดกับต้นไม้คือ ยางนา เต็ง รัง กุง พะยอม ในช่วงต้นของฤดูฝน ปัจจุบันชนิดไม้วงศ์ยางบางชนิดเป็นไม้หายากและใกล้สูญพันธุ์ เนื่องจากเป็นไม้ที่มีการเจริญเติบโตช้าและไม่นิยมปลูกทดแทน ดังนั้นการฟื้นฟูป่าและการปลูกป่าทดแทนไม้วงศ์ไม้ยางจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างเร่งด่วน โดยด้านฟื้นฟูป่าและด้านการสร้างแหล่งอาหารนั้น สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หมวดที่ 1 สร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนบนสังคมเศรษฐกิจสีเขียว (Office of the Secretary of the National Strategy Committee and the Office of the National Economic and Social Development Board, 2018) จากแนวพระราชดำริและแผนยุทธศาสตร์ชาติทำให้ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมและรณรงค์ให้มีการปลูกต้นไม้ อาทิ การใช้ไม้เป็นหลักประกันเงินกู้ การขายคาร์บอนเครดิต ตลอดจนความต้องการไม้ใช้สอยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประชาชนมีความต้องการกล้าไม้เพิ่มขึ้น โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ หรือ อ.อ.ป เป็นหน่วยงานหลักในการแจกจำหน่ายกล้าไม้สู่ประชาชนมียอดการผลิตกล้าไม้เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน จึงทำให้เกิดตลาดกล้าไม้จำหน่ายไม้ป่าชนิดต่างๆ อีกทั้งการปลูกไม้ในภาคเอกชนเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้เนื้อไม้หรือจำหน่ายนั้นพบว่ามีระยะเวลารอคอยให้ไม้โตถึงรอบตัดฟันในไม้รอบตัดฟันสั้นที่ 5 ปีเป็นต้นไป จึงทำให้เกิดแนวคิดในการใช้เห็ดป่าที่มีมูลค่าในระยะกล้าต้นยางนาเพื่อช่วยในการสะสมอาหารให้ระบบราก รวมทั้งเป็นการสร้างอาหารหรือรายได้ให้กับผู้ทำการปลูกไม้ในช่วงที่รอรอบตัดฟัน และเป็นการเพิ่มมูลค่าของต้นกล้าไม้ยางนาที่เป็นไม้เศรษฐกิจ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของยางนาต่อการใส่เชื้อเห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง เห็ดระโงก และไม่ใส่เชื้อเห็ดในสภาพโรงเรือน พื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งทั่วไปเป็นพื้นที่ป่าเต็งรัง โดยพื้นที่ป่าในปัจจุบันมีความเสื่อมโทรมจากการถูกทำลายจึงมีความสนใจในการศึกษาการเจริญเติบโตของไม้วงศ์ยาง โดยการใช้เชื้อเห็ดป่าคือ เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง และเห็ดระโงก เพื่อให้เป็นอาหารและตอบสนองต่อการรักษาสมดุลภาพไว้ระหว่างผลตอบแทนกับความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเป็นต้นแบบการ

ผลิตกล้าไม้ยางนาที่มีเชื้อเห็ดเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่ากล้าไม้จากมูลค่าพื้นฐานในท้องตลาดในการจำหน่าย หรือช่วยให้มีคุณภาพด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตทางอ้อมมากขึ้น และสามารถสร้างรายได้ในช่วงการรอคอยให้ไม้เจริญเติบโตจนถึงรอบตัดฟัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วิธีการลงเชื้อเห็ดป่าในกล้าต้นยางนา

ใช้ต้นกล้ายางนาอายุ 6 เดือน จากหน่วยป้องกันรักษาป่าที่ ลพ. 2 (บ้านโฮ่ง) ทำการทดลองโดยใช้ถุงดินมีขนาด 3×9 เซนติเมตร มีส่วนผสมดินปลูก 5 ส่วน คือ แกลบ 3 ส่วน ปุ๋ยหมัก 1 ส่วน และดินทราย 2 ส่วน รดน้ำ 1 ครั้งในเวลา 8:00 น. ของทุกวัน ทำการวัดความสูงต้นจากระดับคอรากถึงปลายยอดในทุก Treatment ก่อนการใส่เชื้อเห็ด ขั้นตอนการลงเชื้อเห็ด ทั้งสามชนิดคือ เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง และเห็ดระโงก ดำเนินการตามกรรมวิธีของ Inyod *et al.* (2022) โดยทำการลงเชื้อ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลังจากทำการวัดความสูงต้นก่อนการลงเชื้อเห็ด ครั้งที่ 2 หลังจากใส่เชื้อครั้งแรกแล้ว 1 เดือน โดยใช้เห็ดสดของเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะหนัง อย่างละ 1 กิโลกรัม นำเห็ดแต่ละชนิดทำการปั่นแยกชนิดด้วยเครื่องปั่นผสมน้ำที่ผ่านการกรองและพักทิ้งไว้ 1 วัน ปริมาณ 1 ลิตร โดยก่อนการลงเชื้อเห็ดให้น้ำต้นกล้ายางนาในช่วงเช้าคือ 8:00 น. และให้น้ำในช่วงเย็นเวลา 17:00 ก่อนการใส่เชื้อ 1 วัน ทำการใส่เชื้อเห็ดในวันถัดไปและงดให้น้ำในวันที่ทำการใส่เชื้อเห็ดเพื่อให้ดินสามารถดูดซับเชื้อเห็ดได้ดีขึ้น จากนั้นทำการราดเชื้อเห็ดตับเต่าใน Treatment ที่ 2 เชื้อเห็ดระโงกใน Treatment ที่ 3 และเชื้อเห็ดเผาะหนังใน Treatment ที่ 4 ใช้เชื้อเห็ดปั่นปริมาณ 20 มิลลิลิตร ลงกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาณด้วยน้ำสะอาดให้เป็น 100 มิลลิลิตร และราดรอบโคนต้นกล้ายางนา ทำเช่นเดียวกันในการลงเชื้อเห็ดในครั้งที่ 2

2. การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้

2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของไม้ยางนาร่วมกับการใส่เชื้อเห็ดป่า 3 ชนิด (เห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะหนัง) ซึ่งวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 4 Treatment โดย 1 Treatment มี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น การจัดวางแบบกระจายซ้ำทั่วพื้นที่ ใช้ต้นกล้ายางนาในการทดลองจำนวน 200 ต้น ในแต่ละ Treatment ดังนี้

Treatment 1 กล้าไม้ยางนาปกติ (Control)

Treatment 2 กล้าไม้ยางนา ร่วมกับเห็ดตับเต่า 20 มิลลิลิตร

Treatment 3 กล้าไม้ยางนา ร่วมกับเห็ดเผาะหนัง 20 มิลลิลิตร

Treatment 4 กล้าไม้ยางนา ร่วมกับเห็ดระโงก 20 มิลลิลิตร

2.2 ทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตโดยทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (Root collar diameter) ด้วยตลับเมตร และความสูงจากระดับคอรากถึงปลายยอดก่อนราดเชื้อเห็ดทั้ง 4 Treatment หลักจากนั้นทำการวัดซ้ำทุกเดือนเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำการวัดความยาวราก โดยทำการสุ่มตัวอย่างต้นยางนาจำนวน 5 ต้นของแต่ละ Treatment จากนั้นทำการเอาดินออกจากราก ล้างรากให้สะอาดเช็ดรากให้แห้งและทำการวัดความยาวจากระดับคอรากจนถึงปลายราก ทำการสำรวจราคากล้ายางนาอายุไล่เลี่ยกันที่มีการใส่เชื้อ

เห็ดป่าในท้องตลาด เปรียบเทียบราคาขายกล้าปกติที่ไม่ราดเชื้อเห็ด ประเมินราคากล้ายางนาที่ใส่เชื้อเห็ดเบื้องต้น ในการเป็นแนวทางสำหรับการเพิ่มมูลค่าของกล้าไม้ยางนา

3. **การตรวจการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดบริเวณรากของกล้ายางนาในห้องปฏิบัติการ**

ทำการสุ่มกล้ายางนาจาก 4 Treatment ในเดือนที่ 6 Treatment ละ 5 ต้น ตามกรรมวิธีของ Kumla *et al*. (2016) เพื่อทำการตรวจการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดบริเวณรากของกล้ายางนาในห้องปฏิบัติการ โดยทำการดูลักษณะปลายราก การเข้าปกคลุมของเส้นใยบริเวณรอบปลายราก และทำการดูการเข้าอาศัยของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาภายในเซลล์ของรากต้นยางนา โดยวิธีการคือ นำตัวอย่างที่ทำการสุ่มทำการเอาดินออกจากราก จากนั้นทำความสะอาดราก แช่รากในบีกเกอร์ 1 ตัวอย่างต่อ 1 บีกเกอร์ แช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ดินอิ่มตัวและละลายออกจากราก ในระหว่างที่ทำการแช่ให้ทำการเขย่าต้นยางนา 3-4 ครั้ง เมื่อครบ 1 ชั่วโมง ให้ทำการเปลี่ยนน้ำบีกเกอร์เป็นน้ำกลั่น นำตัวอย่างดูลักษณะรากผ่านน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา (Light microscope) ใช้ Tissue Forceps ตัดชิ้นส่วนของ Root tip ที่พบการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดลงใน Petri dish ที่ใส่น้ำกลั่น Treatment ละ 20 ชิ้นส่วน ภายใต้กล้อง Stereo microscope (Olympus TL3, Japan) นำชิ้นส่วนรากที่ได้เข้าดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ Phase contrast microscope (Olympus CX51, Japan) เลือกชิ้นส่วนที่แสดงการเข้าอาศัยของรา และทำการตัดตามแนวขวาง treatment ละ 10 ชิ้น จากนั้นนำเอาส่วนรากที่ทำการเลือกตัดตามแนวขวางของรากวางบนกระจกสไลด์ใช้สาร Lactophenol หยดลงบนชิ้นส่วนที่ทำการตัด ทำการตรวจดูลักษณะ Root Colonization ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชีวภาพ Biological Microscope (Nikon ECLIPSE E200LED-T-C, Japan) ทำการบันทึกภาพ และบันทึกผลของเส้นใยทั้งเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะที่เข้าสู่ระบบรากต้นกล้ายางนา โดยแบ่งเป็นการเข้า 2 ระดับ คือ ระดับที่ 1 การปกคลุมบริเวณผิวด้านนอกของรากต้นกล้ายางนาเรียกว่า Mantle โดยทำการนับการเข้าอาศัยกับรากพืชจากชิ้นส่วนรากที่ทำการสุ่ม 20 ชิ้นส่วน ด้วยกล้อง Stereo microscope สำหรับระดับที่ 2 คือ เส้นใยบางส่วนแผ่เข้าไปในชั้น Epidermis ทำการตรวจดูลักษณะ Root colonization ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชีวภาพ Biological Microscope จากชิ้นส่วนรากที่ตัดตามขวาง Treatment ละ 10 ชิ้นส่วน

4. **การสำรวจราคากล้ายางนาในตลาดกล้าไม้ป่าพื้นที่ จังหวัดชียงใหม่ และจังหวัดลำปาง**

ทำการสำรวจราคากล้ายางนาในตลาดกล้าไม้ป่าอายุไล่เลี่ยกันที่มีการใส่เชื้อเห็ดป่าในท้องตลาด เพื่อเปรียบเทียบราคาขายกล้าปกติที่ไม่ราดเชื้อเห็ด และราดเชื้อเห็ด เพื่อประเมินราคากล้ายางนาที่ใส่เชื้อเห็ดเบื้องต้น แบบฟอร์มการเก็บข้อมูล (Figure 1)

5. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

5.1 ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดความโตระดับคอราก ความสูงต้นยางนาจากระดับคอรากถึงปลายยอด และความยาวรากจากระดับคอรากถึงปลายรากของทั้ง 4 Treatment โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรมแกรม Star 2.0.1

5.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ (R) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าสหสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางลบ (-) และทิศทางบวก (+) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 0 และ 0 ถึง +1 โดยสามารถแปลความหมายจากระดับความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้ เพื่อหาแนวความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการเจริญเติบโตของความโต ความสูง และความยาวรากในแต่ละเดือนกับปริมาณของเชื้อเห็ดแต่ละชนิด

5.3 การหาร้อยละของ Root colonization โดยการปกคลุมผิวราก Treatment ละ 20 ชิ้นต่อ Treatment และการ Colonization ในชั้น Epidermis Treatment ละ 10 ชิ้น ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

เมื่อ N = จำนวนชิ้นส่วนราก

สัญลักษณ์ 0 = ไม่พบการเข้าอาศัยของเส้นใยเห็ดในรากของต้นกล้ายางนา

1 = มีการเข้าอาศัยของเส้นใยในรากของต้นกล้ายางนา

Date.....			Study site……	
Number	Name of shop	Age of seedling	Ectomycorrhizal fungi	Price of seedling

Figure 1 Price survey form of *Dipterocarpus alatus* seedlings with wild mushroom spawn inoculating.

ผลและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของกล้ายางนา

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ายางนาหลังการใส่เชื้อเห็ดป่าชนิดเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะหนัง เปรียบเทียบกับ Treatment ที่ไม่มีการให้เชื้อเห็ด (Control) โดยทำการวัดในทุกเดือนเป็นระยะเวลา 6 เดือน และในเดือนที่ 6 หลังการให้เชื้อเห็ดทำการสุ่มตัวอย่างกล้ายางนาจำนวน 5 ต้นของทั้ง 4 Treatment ทำการวัดความยาวรากที่ระดับคอรากถึงปลายรากได้ผลดังนี้

1.1 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก พบว่าขนาดของลำต้นที่ระดับคอรากของต้นกล้าในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 ทุกกรรมวิธีไม่พบความแตกต่างทางสถิติ สำหรับเดือนที่ 6 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอรากใน Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดระโงกมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุด รองลงมาคือ Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง และกรรมวิธีที่ไม่มีการให้เชื้อเห็ด (Control) ที่ 73.6, 70.5, 68.2 และ 66.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Table 1 and Figure 2 A)

Table 1 Average growth of collar root diameter of *Dipterocarpus alatus* seedlings after inoculating of *Phlebopus portentosus, Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus* compared with non-inoculating (control).

Treatment	Collar root diameter (mm)					
	1	2	3	4	5	6
Control	48.4±3.1	52.7±3	55.6±2.1	58.2±1.5	61.5±2.1	66.6±2c[1/]
Phlebopus portentosus	47.5±4	50.7±4.3	53.5±4.7	56.4±5.2	62.1±3.3	70.5±2.5ab
Amanita vaginata	50±2.4	53±1.6	55.1±1.7	57.4±1.5	64±1.8	73.6±3.3a
Astraeus odoratus	46.7±3	50.9±3.5	52.6±3.6	55±4.6	60±3.9	68.2±3.1bc
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**
p-value	0.4373	0.5841	0.4430	0.5424	0.2253	0.0060
CV (%)	6.61	6.28	6.05	6.41	4.73	3.97

** Results are means ± SD of 5 replicates. Data with different letters within the same column indicate a significant difference at $p \leq 0.01$ according to LSD test.

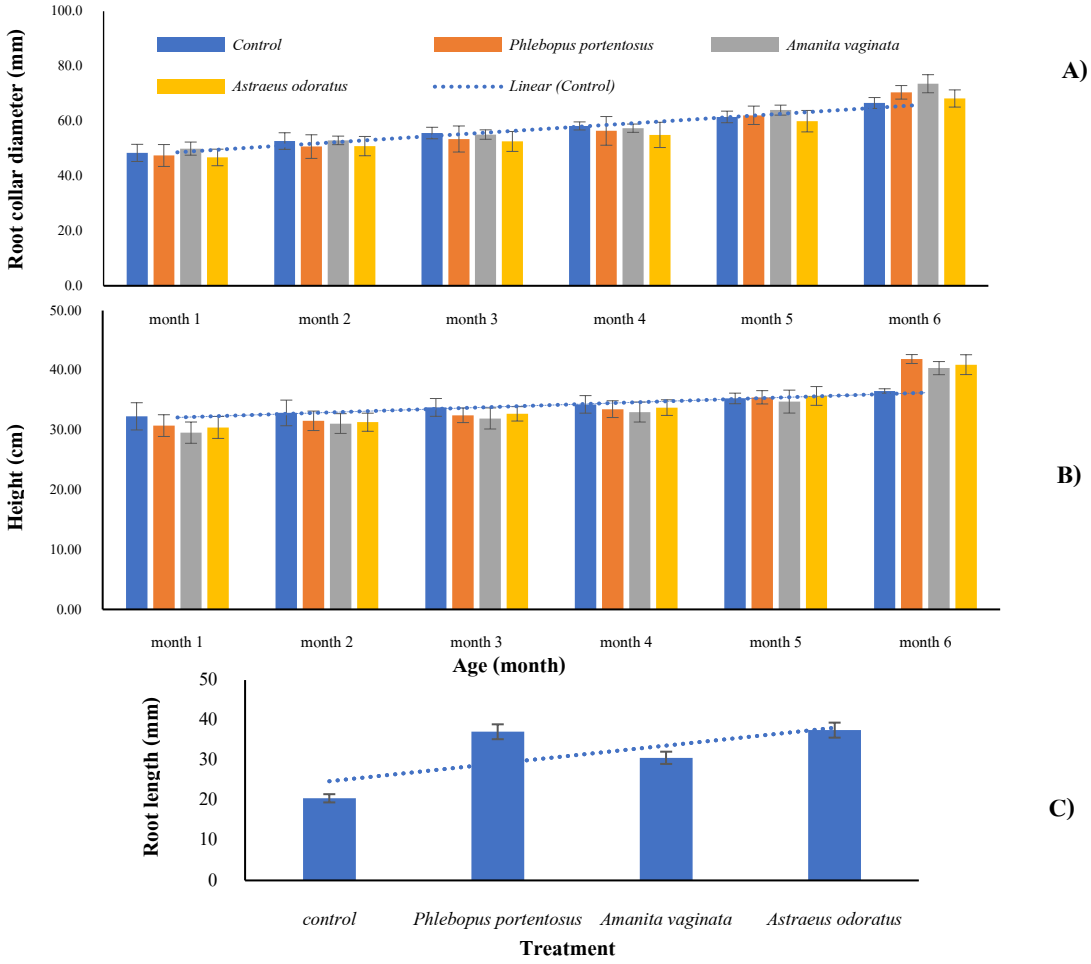


Figure 2 Monthly growth average of *Dipterocarpus alatus* seedling after inoculating of *Phlebopus portentosus*, *Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus* compared with non-inoculating; A) average of root collar dimeter, B) average of height, and C) average root length.

1.2 การเติบโตด้านความสูงทั้งหมด พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 ขณะที่เดือนที่ 6 ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล้ายางนามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ใน Treatment ที่ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นสูงที่สุดคือ Treatment ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า 41.89 เซนติเมตร รองลงมาคือ Treatment ใส่เชื้อเห็ดเผาะหนังที่ 40.95 เซนติเมตร เห็ดระโงกที่ 40.37 เซนติเมตร และ Treatment ที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ด (Control) มีค่าเฉลี่ยความสูงน้อยที่สุดที่ 36.54 เซนติเมตร (Table 2 and Figure 2 B)

1.3 การเติบโตด้านความยาวรากที่ระดับคอรากถึงปลายราก จากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ต้นของทั้ง 4 Treatment พบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวรากกล้ายางนาที่มีการใส่เชื้อเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะหนัง คือ 37.1, 37.1 และ 37.5 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3) โดย Treatment ที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ด (Control) มีค่าเฉลี่ยความยาวรากที่ 20.5 เซนติเมตร ความยาวรากของกล้ายางนาที่ใส่เชื้อเห็ดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Treatment ที่มีการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะมีความยาวรากมากกว่า Treatment ที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) (Figure 2 C and Figure 3)

Table 2 Average growth of height of *Dipterocarpus alatus* seedlings after inoculating of *Phlebopus portentosus*, *Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus* compared with non-inoculating (control).

Treatment	Total height (cm)					
	1	2	3	4	5	6
Control	32.30±2.28	32.87±2.14	33.80±1.49	34.30±1.47	35.30±0.88	36.54±0.37c[1/]
Phlebopus portentosus	30.75±1.82	31.55±1.63	32.48±1.22	33.51±1.40	35.49±1.11	41.89±0.75a
Amanita vaginata	29.57±1.78	31.10±1.66	31.95±1.76	33.02±1.67	34.77±1.92	40.37±1.10b
Astraeus odoratus	30.40±1.84	31.32±1.52	32.72±1.20	33.76±1.31	35.72±1.57	40.95±1.66ab
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	***
p-value	0.2031	0.4033	0.2648	0.5880	0.8046	0.0000
CV (%)	6.30	5.53	4.40	4.36	4.29	2.70

*** Results are means ± SD of 5 replicates. Data with different letters within the same column indicate a significant difference at $p \leq 0.001$ according to LSD test.

1.4 ผลการสำรวจราคากล้ายางนาของตลาดกล้าไม้ป่า พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำปาง ที่ทำการใส่เชื้อเห็ดป่า ทำการเก็บข้อมูลวันที่ 29 สิงหาคม 2565 สถานที่เก็บข้อมูล ตลาดคำเที่ยง จังหวัดเชียงใหม่ และวันที่ 1 กันยายน ที่ตลาดต้นไม้ จังหวัดลำปาง (สำรวจทั้งหมด 6 ร้าน) พบว่าชนิดเห็ดที่มีการนำมาใส่ลงกล้าไม้ป่ามีเห็ดเผาะหนัง เห็ดระโงก เห็ดตับเต่า เห็ดแดงน้ำหมาก และเห็ดด่าน ราคาขายต้นกล้าที่มีเชื้อเห็ดเฉลี่ยที่ 66.7 บาท และต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดมีราคาเฉลี่ยที่ 27.5 บาท ราคาขึ้นอยู่กับขนาดความสูงของต้นกล้า (Table 4)

Table 3 Average of root length of *Dipterocarpus alatus* seedlings after inoculating of *Phlebopus portentosus*, *Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus* compared with non-inoculating (control).

Treatment	Root length (cm)	
	Maximum - Minimum	Mean
Control	29 - 10.5	20.5±7.57b[1/]
Phlebopus portentosus	55 - 26.5	37.1±11.22a
Amanita vaginata	33 - 24	30.6±3.78ab
Astraeus odoratus	31 - 45.5	37.5±10.35a
F-test	-	**
p-value	-	0.0090
CV (%)	-	24.23

** Results are means ± SD of 5 replicates. Data with different letters within the same column indicate a significant difference at $p \leq 0.01$ according to LSD test.

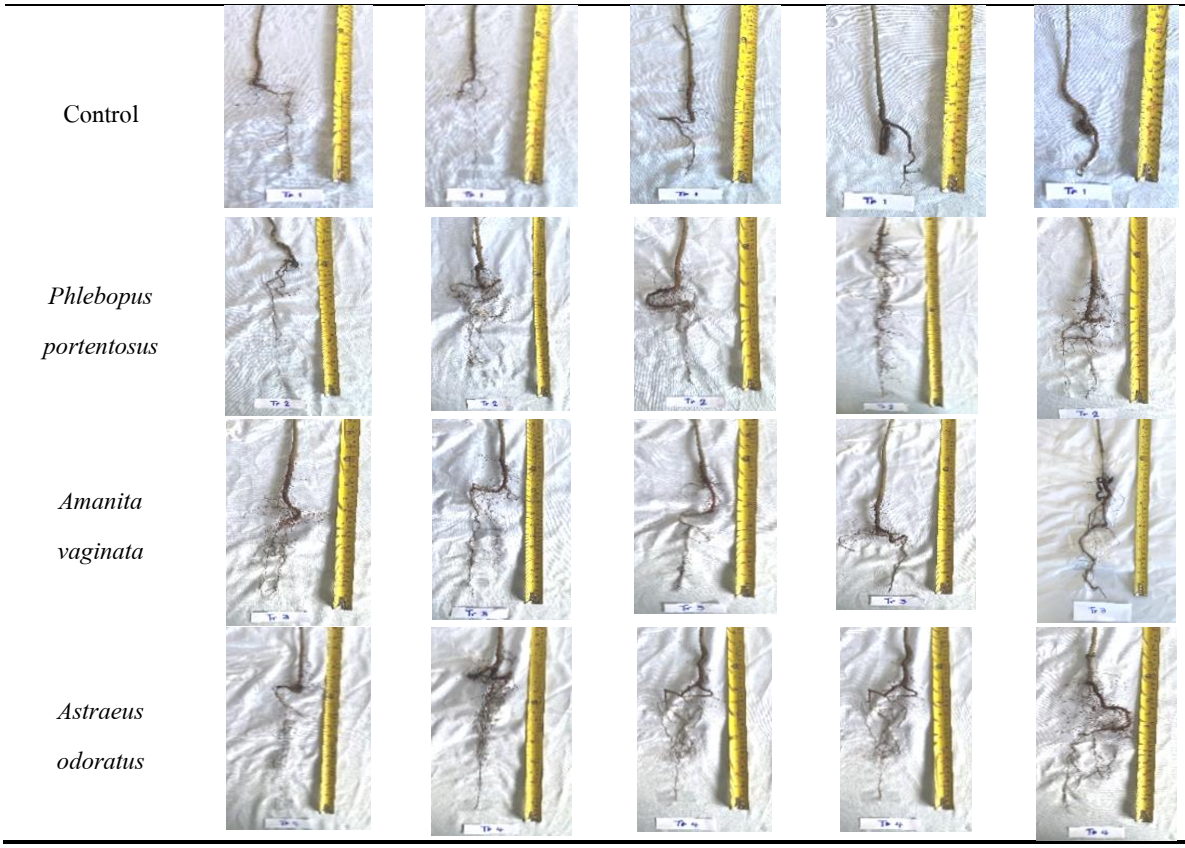


Figure 3 Root length and characteristics of *Dipterocarpus alatus* seedlings after inoculating by wild mushroom at 6-month old.

1.5 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางและความ

ยาวรากของต้นกล้าที่ใส่เชื้อเห็ดป่าชนิดเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะหนัง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความยาวรากและเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่า P-value > 0.05 ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสังเกตมีไม่เพียงพอในระดับที่สรุปได้ว่าตัวแปรความยาวรากและเส้นผ่านศูนย์กลางมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง สำหรับด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากมีค่า R 0.574 โดย P-value ≤ 0.05 ที่ 0.0325 ซึ่งค่าสังเกตมีเพียงพอในระดับที่สรุปได้ว่าตัวแปรด้านความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความยาวรากที่มีค่า R 0.969 และค่า P-value ≤ 0.05 ที่ 0.0374 ค่าสังเกตมีเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าตัวแปรความสูงและความยาวรากมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

Table 4 The price of *Dipterocarpus alatus* seedling which were inoculated by wild mushroom spawn in the tree market areas, Chiang Mai and Lampang Province.

No.	Stores	Type	Seedling size (cm)	Price of seedlings (baht)	
				without mushroom	inoculated with mushroom
1	Yothin Phanmai Shop	*P. portentosus*, *R. virescens*	75	15	25
2	Pongphatcharin shop	*A. odoratus, A. vaginata*	80	20	30
3	Suan Chaiyaphruek Shop	A. odoratus, *A. vaginata*, *R. emetica*	80-90	25	50
4	Natchaya Garden	*A. odoratus*	150	35	100
5	Suksawat tree shop	*A. vaginata, P. portentosus*	90	35	75
6	Suan Sukjai	*A. odoratus*	100	35	120

จากนั้นทำการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ระหว่างตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อกัน โดยมีผลคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ เส้นผ่านศูนย์กลาง = 0.0746 ความสูง + 3.987 ค่า R^2 = 0.3294 เมื่อความสูงต้นเพิ่มขึ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้านความสัมพันธ์ระหว่างความยาวยากและความสูง พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ความสูง = 0.272 ความยาวราก + 30.948 ค่า R^2 = 0.9392 กล่าวคือ เมื่อความยาวรากเพิ่มขึ้นความสูงก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Figure 4)

2. การตรวจสอบการเข้าอาศัยของเชื้อไมคอร์ไรซาในห้องปฏิบัติการ

การตรวจสอบการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดป่าบริเวณรากของกล้ายางนาในห้องปฏิบัติการ โดยทำการดูลักษณะรากด้วยกล้องจุลทรรศน์ การเข้าปกคลุมของเส้นใยบริเวณรอบปลายราก

ลักษณะรากที่มีการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ด และทำการดูการเข้าอาศัยภายในเซลล์ของรากต้นยางนาจากการสุ่มกล้ายางนาจาก 4 Treatment หลังให้เชื้อ 6 เดือน มีผลดังนี้ ลักษณะของรากที่มีการเข้าอาศัย และการปกคลุมของเส้นใยเห็ดบริเวณรอบผิวด้านนอกของรากต้นยางนา (Figure 5) พบว่ารากที่มีการเข้าอาศัยของราพบมีลักษณะบวมโตเมื่อเทียบกับรากที่ไม่มีการเข้าอาศัยของรา และเกิดขึ้นบริเวณปลายรากในส่วนเซลล์ขนราก (Root hair cell)

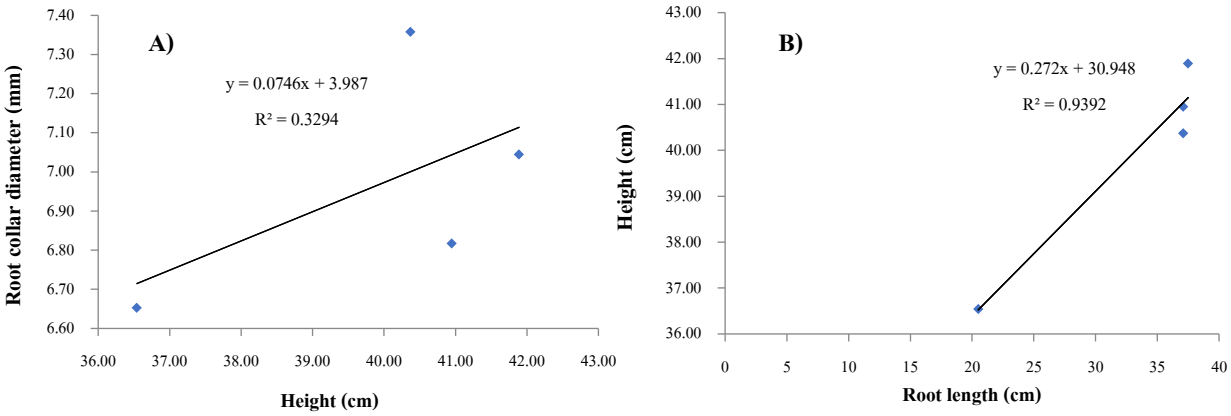


Figure 4 Regression analysis between correlated variables; A) height and root collar diameter, and B) root length and height.

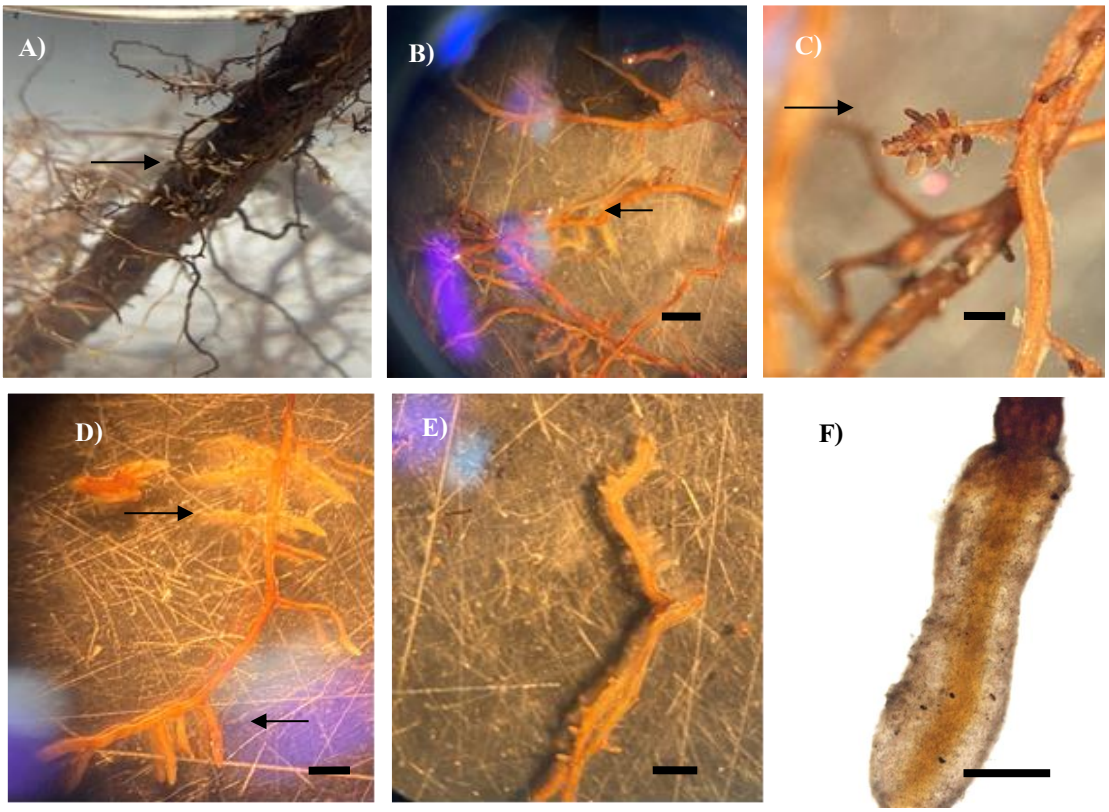


Figure 5 Morphological characteristics of *Dipterocarpus alatus* seedling on roots colonized with tomycorrhiza; A) naked eye view of *Astraeus odoratus*, B and C) colonized with *Phlebopus portentosus*, D) colonized with *Amanita vaginata*, E) colonized with *Astraeus odoratus*, and F) root tip with inoculated by *Astraeus odoratus*. (Scale bars: B-E 50 mm; F 20 µm)

ลักษณะการปกคลุมของเส้นใยบริเวณรอบผิวด้านนอกของรากต้นยางนา พบว่า Treatment ที่มีการใส่เชื้อเห็ดทั้ง 3 Treatment มีเส้นใยเข้าปกคลุมผิวด้านนอกของรากทุก Treatment (Table 4) โดยพบมีเส้นใยเจริญปกคลุมผิวด้านนอกของรากและมีการแผ่ของเส้นใยออกมาภายนอกราก โดยภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นการเรียงตัวเป็นรูปแบบจำเพาะบนผิวราก (Mantle layer) บริเวณปลายรากที่เกิดใหม่ สำหรับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดไม่พบการเข้าปกคลุมของเส้นใยบริเวณผิวราก (Figure 6)

2.2 การแผ่เส้นใยของเชื้อเห็ดในชั้นเซลล์ Epidermis และชั้นเซลล์ Cortex เมื่อทำการดูการลักษณะเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า Treatment ที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดไม่พบการเข้าอาศัยของเส้นใยเชื้อเห็ด โดย Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดทั้ง 3 Treatment ไม่พบการแผ่เส้นใยเข้าไปในชั้น Cortex เซลล์ สำหรับเซลล์ชั้น Epidermis พบว่า Treatment ที่มีการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าไม่มีการแผ่เส้นใยเข้าสู่เซลล์ชั้น Epidermis โดย Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดระโงกมีการแผ่นเส้นใยเข้าสู่เซลล์ Epidermis 10 เปอร์เซ็นต์ และ Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะมีการแผ่เส้นใยเข้าเซลล์ชั้น Epidermis 30 เปอร์เซ็นต์ ใน Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะยังพบลักษณะของเซลล์ชั้นบนสุดของเส้นใยใน Pileus ของเชื้อราที่เรียกว่า *Pileipellis hyphae* โดยการเข้าอาศัยของราในเซลล์ชั้น Epidermis เป็นการเจริญเข้าสู่ชั้นเซลล์เพียงชั้นแรกของชั้นเซลล์ Epidermis ซึ่งเป็นการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดระยะเริ่มต้นหลังจากมีการปกคลุมเส้นใยบริเวณรอบผิวราก (Table 5 and Figure 7)

Table 5 Colonization of hyphae in the root system covering the root surface and epidermis cell in plant

Treatment	Colonized (%)	
	mantle layer	epidermis
Control	0	0
Phlebopus portentosus	100	0
Amanita vaginata	100	10
Astraeus odoratus	100	30

ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนาที่ทำการใส่เชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจ คือเห็ดตับเต่า เห็ดระโงก และเห็ดเผาะ จากการทดลองใส่เชื้อเห็ดป่าให้กับกล้ายางนาอายุ 6 เดือน ทำการใส่เชื้อจำนวน 2 ครั้ง มีระยะห่างของการใส่เชื้อครั้งแรกและครั้งที่ 2 ห่างกัน 1 เดือน และเก็บผลการเจริญเติบโตเป็นเวลา 6 เดือน นับจากการใส่เชื้อ พบว่า Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดป่าทุก Treatment มีความแตกต่างทางสถิติในเดือนที่ 6 สำหรับเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 การเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง ความโตระดับคอราก และความยาวรากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ Treatment ควบคุมที่ไม่มีการใส่เชื้อ สอดคล้องกับการรายงานของ Thongjiem *et al*. (2018) ที่ศึกษาการเพาะเลี้ยงเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดกินได้ในกล้าไม้โตเร็ว พบว่าการใส่เชื้อเห็ดเผาะหนัง (*Astraeus odoratus*) ในกล้าไม้กระถินเทพา (*Acacia mangium*) และไผ่ซางนวล

(*Bambusa bambos*) อายุ 1 เดือนเมื่อครบ 4 เดือน ทั้งกระถินเทพาและไผ่ซางนวลมีการเจริญเติบโต ดีกว่าการไม่ใส่เชื้อเห็ด แต่ไม่พบการฟอร์มเส้นใยไมคอร์ไรซาในรากกระถินเทพาและไผ่ซางนวล

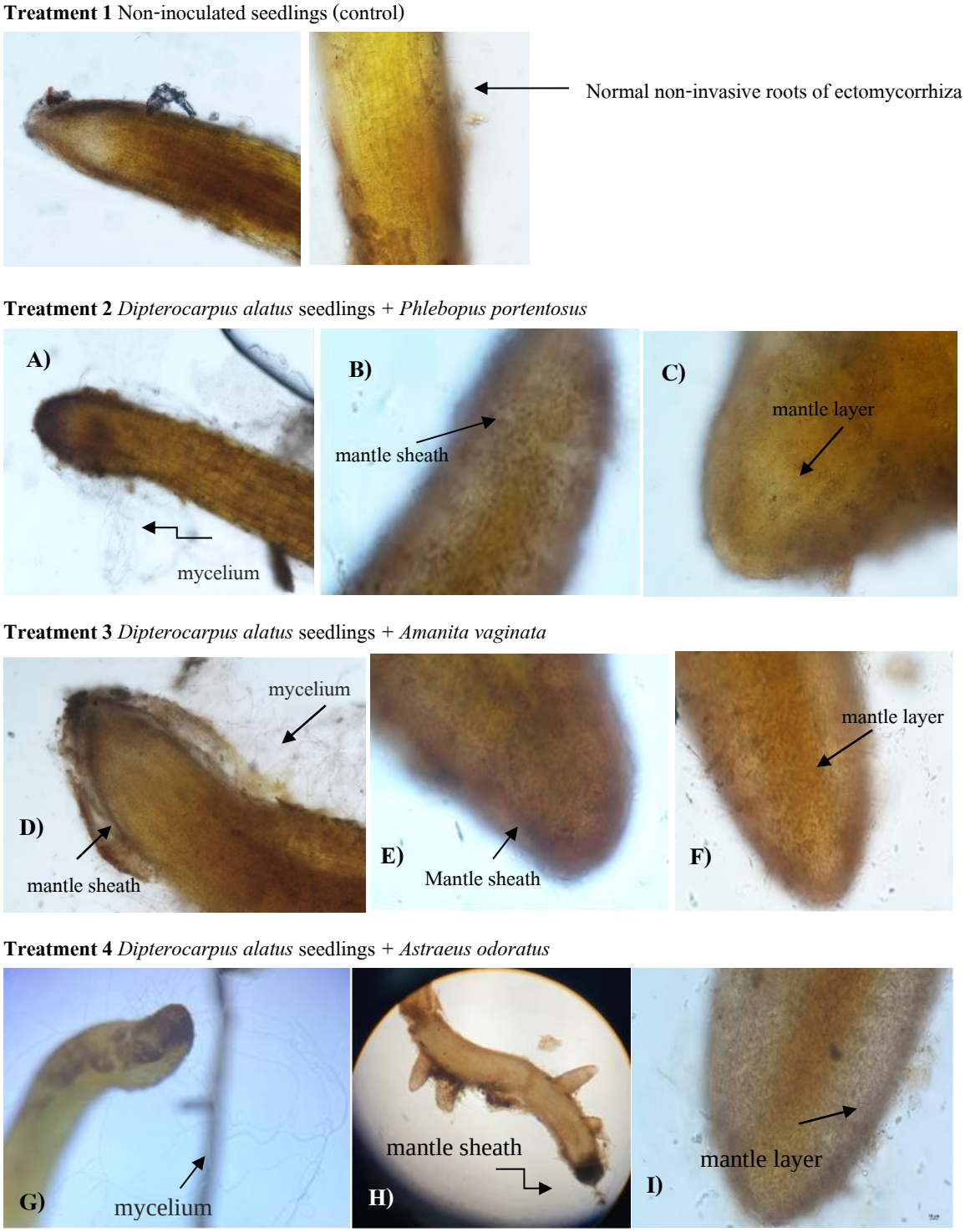


Figure 6 The root characteristics of *Dipteocarpus alatus* seedling, 6-month old, after inoculating by mycorrhiza, *Phlebopus portentosus*, *Amanita vaginata* and *Astraeus odoratus*; A), D), and G) hyphae grown outside the root surface (mycelium), B), E) and H) mycorrhizal hyphae form covered of root surface (mantle sheath), C), F), and I) specific patterns of mycorrhizal hyphae (mantle layer) covered of root surface. (Scale bars: A-C 20 µm).

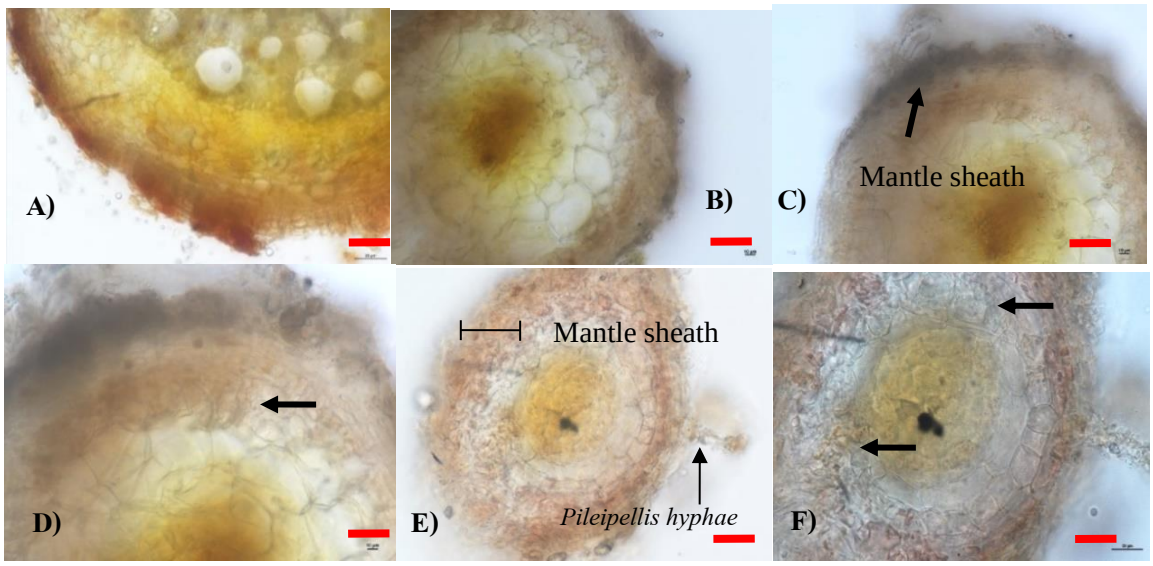


Figure 7 Characteristics of mycorrhiza mycelium from root tip cross-section of *Dipterocarpus alatus* seedling (6-month old) compared between inoculating and non-inoculated (control) mycorrhiza treatment. A) non-inoculated mycorrhiza (control), B) inoculated with *Phlebopus portentosus* and filamentous roots covered only outer root surface which had no developed into the epidermis cell, C) inoculated with *Amanita vaginata* which the mantle sheath colonized around the root surface, D) *Amanita vaginata* mycelium extended into the epidermis, E) mantle sheath mycelium around the outer root surface and appearance of the top layer of mycelium in the fungal pileus (*Pileipellis hyphae*), and F) *Astraeus odoratus* mycelium extended into the epidermis. (Scale bars: 10 µm)

เช่นเดียวกับการรายงานผลของเอคโตไมคอร์ไรซาจากเห็ดเผาะหนังและเห็ดตับเต่าต่อการเจริญของไม้ป่าและไม้ต่อเร็วบางชนิดในสภาพแปลงธรรมชาติของ Inyod *et al.* (2021) พบว่ากล้าไม้มีการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะหนังและตับเต่า 180 วัน มีผลต่อการเจริญด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ด โดยการศึกษาของ Liu *et al.* (2015) รายงานผลการศึกษาการปลูกถ่ายเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซากับรากของสน (*Pinus massoniana*) โดยทำการให้เชื้อเอตโตไมคอร์ไรซาเมื่ออายุต้นกล้า 1 เดือน ทำการใส่เชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา 3 ครั้ง มีระยะเวลาในการใส่เชื้อห่างกันในแต่ละครั้งที่ 20 วัน เมื่ออายุต้นกล้า 90 วันทำการย้ายปลูก ต้นกล้าสนที่มีการใส่เชื้อมีอัตราการรอดตายสูงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อ ด้านการเจริญเติบโตของชีวมวลส่วนบนของต้นกล้าที่มีการใส่เชื้อเอคโตไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อ และเมื่ออายุต้นกล้า 1 ปี มีอัตราการเจริญของชีวมวลเหนือดินสูงขึ้นถึง 7 เท่า เมื่อเทียบกับต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อ เนื่องจากรากพืชและราต้องการเวลาในการสร้างความสัมพันธ์จึงมีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืชอาศัยอย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน ขึ้นอยู่กับปัจจัยของดินและการเติมธาตุอาหารในดินที่ใช้เพาะปลูก สำหรับด้านการเข้าอาศัยในระบบรากจากการ

ตรวจลักษณะการเข้าอาศัยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของต้นกล้ายางนาในเดือนที่ 6 พบว่าในทุก Treatment ที่มีการใส่เชื้อเห็ดป่ามีการเจริญของเส้นใยปกคลุมบริเวณผิวรากในทุก Treatment โดยเส้นใยมีการเจริญเข้าสู่ชั้น Epidermis มีเพียง Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดระโงกที่ 10 เปอร์เซ็นต์ และ Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะหนังที่ 30 เปอร์เซ็นต์โดยลักษณะเส้นใยที่แผ่เข้าภายในรากเป็นการเจริญในระยะแรก ซึ่งผลการตรวจสอบการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาในห้องปฏิบัติการพบว่าการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาจะเกิดบริเวณปลายราก หรือรากที่เกิดใหม่ที่มีผนังบางอ่อนนุ่ม (Harley and Smith, 1983) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tawaraya *et al*. (2007) พบว่าการปลูกถ่ายเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซาลงในกล้าไม้ที่อายุน้อยมีร้อยละการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาถึงร้อยละ 96 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ติดเชื้อเพียงร้อยละ 6 และการทดลองครั้งนี้เป็นการทดสอบในถุงเพาะกล้าที่จำกัดปริมาณดิน ส่งผลให้ธาตุอาหารในดินมีปริมาณจำกัดควรนำต้นกล้าทำการปลูกลงดิน หรือควรมีการเพิ่มธาตุอาหารในถุงเพาะกล้า (Treseder, 2013) โดยมีการศึกษาพบว่าอายุต้นกล้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดเอคโตไมคอร์ไรซา โดยการทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่ากับอายุพืชอาศัยของ Inyod *et al*. (2021) ที่ทำการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าลงในกล้าต้นหว้า (*Syzygium cumini* L.) ทำการปลูกต้นกล้าที่ใส่เชื้อลงดินในเรือนทดลองปลูกพืชเมื่ออายุกล้าหลังการใส่เชื้อคือ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน ผลที่ได้คือต้นหว้าที่มีการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าและมีการย้ายปลูกที่อายุ 7 เดือน มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่เชื้อกับต้นกล้าและทำการย้ายปลูกในช่วงอายุอื่น ๆ

จากผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าเห็ดป่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นยางนา โดยต้นยางนาเป็นไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่มไม้โตช้า หลังจากทำการปลูกต้นยางนาจะสามารถใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้ได้ช่วงอายุไม้ปีที่ 5 ในการนำมาใช้ด้านพลังงาน ด้านการใช้ประโยชน์เนื้อไม้เชิงอุตสาหกรรมและในครัวเรือน ต้นยางนามีอายุรอบตัดฟันที่เหมาะสมในปีที่ 15 ถึงปีที่ 30 จึงมีช่วงเวลาในการรอคอยให้ถึงรอบตัดฟันที่นาน (Royal Forest Department, 2018) ในการเพาะเชื้อเห็ดป่ากับกล้ายางนาจึงเป็นการช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโต (Cairney, 2011; Aggangan *et al*., 2013) ช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายให้ต้นกล้า นอกจากผลทางตรงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอาศัย ยังมีผลทางอ้อมคือเมื่อมีการสะสมเส้นใยของเชื้อเห็ดในระบบรากมากพอและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการสร้างดอกเห็ดได้จะเป็นแรงจูงใจที่ทำให้มีการหันมาอนุรักษ์ฟื้นฟูป่าไม้วงศ์ยางหรือใช้ไม้ยางนาปลูกป่าทดแทนมากขึ้น (Royal Forest Department and Kasetsart University, 2017; Royal Forest Department, 2018) และผลผลิตที่ได้จากเห็ดยังสามารถนำมาบริโภคหรือจำหน่ายเป็นประโยชน์ตลอดช่วงระยะเวลารอคอยให้ไม้ยางนาเจริญเติบโตจนถึงระยะเวลารอบตัดฟัน ด้านมูลค่าของกล้าไม้ยางนา พบว่าราคาต้นกล้าที่มีการใส่เชื้อเห็ดมีราคาสูงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดป่าถึง 1.5 เท่า โดยราคาขายต้นกล้าที่มีเชื้อเห็ดเฉลี่ยที่ 66.7 บาท และต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดมีราคาเฉลี่ยที่ 27.5 บาท ซึ่งการให้ข้อมูลจากผู้

จำหน่ายกล้าไม้ป่าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำปาง พบว่าไม่สามารถยืนยันได้ว่ากล้าไม้ที่มีการใส่เชื้อเห็ดป่าที่จำหน่ายนั้นมีการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดป่าในระบบรากจริง ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้ใส่เชื้อเห็ดป่าตามชนิดที่มีความนิยมบริโภค โดยเลือกทำการใส่เชื้อกับต้นกล้าตามวิธีที่มีความนิยมซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวกในการปลูกเชื้อเห็ดป่า เพื่อเป็นการทวนสอบวิธีการและเป็นแนวทางในการนำไปใช้ปลูกเชื้อเห็ดป่ากับกล้าไม้ โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ต้นกล้ายางนาอายุ 6 เดือน ในการทดลองทำการใส่เชื้อ 2 ครั้ง และทำการอนุบาลกล้าเป็นเวลา 6 เดือน ผลการตรวจการเข้าอาศัยของราในระบบรากต้นกล้ายางนา พบว่าการเข้าอาศัยของราในรากชั้น Epidermis มีเพียงร้อยละ 10 ในเห็ดระโงก และร้อยละ 30 ในเห็ดเผาะหนัง เนื่องจากเชื้อราของเห็ดและรากของพืชอาศัยต้องการเวลาในการสร้างความสัมพันธ์ จึงควรเลือกใช้ต้นกล้าอายุ 1-2 เดือนในการเริ่มการใส่เชื้อเห็ดป่า และควรทำการอนุบาลกล้าจนครบ 1 ปี จึงเหมาะสมต่อการนำต้นกล้าจำหน่าย เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้าไม้ป่าวงศ์ยางได้ สำหรับเห็ดตับเต่าไม่มีการตรวจพบการเข้าอาศัยในรากชั้น Epidermis ในห้องปฏิบัติการโดยตรวจพบเส้นใยปกคลุมเพียงผิวรากด้านนอกของต้นกล้ายางนา ซึ่งเป็นไปตามการรายงานของ Kumla *et al.* (2020) ที่รายงานถึงการสร้าง Fruiting bodies ได้โดยไม่ต้องมีพืชอาศัย และสามารถผลิตเห็ดตับเต่าโดยใช้วิธีเพาะด้วยวัสดุเพาะในถุงชำ จากการทดลองนี้เส้นใยเห็ดตับเต่าสามารถปกคลุมวัสดุเพาะอย่างสมบูรณ์หลังจากการใส่เชื้อเห็ดตับเต่าใน 90-95 วัน ภายใต้สภาพโรงเรือนเพาะเห็ด หรือสามารถทำการเพาะใต้ร่มเงาของต้นไม้ชนิดต่าง ๆ ได้ ดังนั้นสำหรับเห็ดตับเต่าจึงเหมาะสมในการนำมาเพาะในแปลงปลูกกล้าไม้ยางนา หรือในป่าชุมชน เพื่อให้เกิดดอกเห็ดเป็นอาหารหรือรายได้ช่วงที่ต้นยางนาเติบโต

สรุป

ผลการทดลองใส่เชื้อเห็ดป่าที่เป็นเห็ดเศรษฐกิจ โดยใช้ดอกเห็ดเป็นแม่เชื้อกับต้นกล้ายางนา ผลที่ได้สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง และเห็ดระโงก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้าไม้ยางนาที่ไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกับทางสถิติกับต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ดป่าโดยผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากต้นกล้าที่ใส่เชื้อเห็ดระโงกมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุด รองลงมาคือ Treatment ที่ใส่เชื้อเห็ดตับเต่า เห็ดเผาะหนัง ด้านความสูงเห็ดตับเต่าให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นสูงที่สุด รองลงมาคือ Treatment ใส่เชื้อเห็ดเผาะหนังและเห็ดระโงก ด้านความยาวรากต้นกล้ายางนาที่ใส่เชื้อเห็ดเผาะมีผลความยาวรากสูงที่สุด เห็ดตับเต่าและเห็ดระโงกมีผลความยาวรากเท่ากัน โดยต้นกล้ายางนาที่มีการใส่เชื้อเห็ดมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่ากล้ายางนาที่ไม่มีการใส่เชื้อเห็ด โดยมีผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีนัยสำคัญหลังการใส่เชื้อเห็ดป่าในเดือนที่ 6 ต้นกล้าที่ใส่เชื้อเห็ด และจากการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อดูการเข้าอาศัยในระบบรากผ่านกล้องจุลทรรศน์พบเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ชนิดเกาะบริเวณผิวรากโดยมีการเข้าอาศัยบริเวณปลายราก

ใหม่ของต้นยางนาทุก Treatment ที่มีการใส่เชื้อแต่มีการเข้าอาศัยในชั้น Epidermis ยังไม่ดีพอ ดังนั้นการใส่เชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ายางนาได้ ช่วยเพิ่มมูลค่ากล้ายางนาจากมูลค่าพื้นฐานในท้องตลาดได้ โดยระยะเวลาในการอนุบาลกล้าไม้ยางนาที่มีการใส่เชื้อเห็ดป่าที่เหมาะสมคือ 1 ปี เพื่อให้ราและรากกล้าไม้มีระยะเวลาในการสร้างปฏิสัมพันธ์ต่อกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยป้องกันและรักษาป่าที่ ลพ. 2 (บ้านโฮ่ง) ในความอนุเคราะห์กล้าไม้ และทุนสนับสนุนการศึกษา โครงการขยายผลทุนปริญญาตรี เพื่อพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ ร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จากสำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

Aggangan, N. S., P. Mitzi, B. Jeremoas & G. Joan. 2013. Growth of *Shorea contorta* Vid. Inoculated with Eucalypt Ectomycorrhizal Fungi in the Nursery and in a Logged-Over Dipterocarp Forest in Surigao, Philippines. **American Journal of Plant Sciences** 4: 896-904.

Cairney, J. W. G. 2011. Ectomycorrhizal fungi: the symbiotic route to the root for phosphorus in forest soils. **Plant Soil** 344: 51–71.

Charoenmahavit, B. 2018. Don Pu Ta: Northeast Cultural Forest Related to the Local and the Forest. **Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)** 11(2): 2203-2016. (in Thai).

Ji, K.P, Y. Cao, C.X. Zhang, M.X. He, J. Liu, W.B. Wang & Y. Wang. 2011. Cultivation of *Phlebopus portentosus* in southern China. **Mycological Progress** 10: 293–300.

Harley, J. L. & S. E Smith. 1983. **Mycorrhizal symbiosis**. Advances in Bioscience and Biotechnology. Cambridge University.

Inyod, T., T, Lattirasuvan, K, Chawananorasest, T, Toemarrom, C, Konee, S, Yatsom, S, Bualoi & P, Eamprasong. 2021. The study of the Suitable Aging of *Syzygium cumini* (L.) Skeels for Promoting Growth of *Phlebopus portentosus* (Berk. and Broome) Boedijn under Greenhouse Conditions. **Naresuan Agriculture Journal** 18(1): 1-13. (in Thai)

Inyod, T., T. Lattirasuvan, T. Termarom, C. Konee, S. Chaimongkhon & W. Fongthiwong. 2021. Effects of Ectomycorrhiza from *Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus* on some Species of Forest Trees and Fast-Growing Trees in Natural Conditions. **King Mongkut's Agricultural Journal** 39(3): 215 -223. (in Thai)

Inyod, T., T. Lattirasuvan, T. Termarom, C. Konee, S. Yatsom, P. Eamprasong, N. Srihanant & A. Gabjun. 2022. Examination of Host Plants and Quantity of Ectomycorrhiza (*Astraeus odoratus*) Suitable for Promoting Ectomycorrhiza Rooting of Dipterocarpaceae Seedlings under Greenhouse Conditions. **King Mongkut's Agricultural Journal** 40(1): 28 – 37. (in Thai)

Kumla, J., A. Erik, N. Suwannarach & S. Lumyong. 2016. The ectomycorrhizal status of a tropical black bolete, *Phlebopus portentosus*, assessed using mycorrhizal synthesis and isotopic analysis. **Mycorrhiza** 26: 333–343.

Kumla, J., N. Suwannarach & S. Lumyong. 2020. A New Report on Edible Tropical Bolete, *Phlebopus spongiosus* in Thailand. **Mycobiology** 48(4): 263-275.

Liu, Y., X. F. Wang & Y. Z. Zhinan. 2015. **China CN 105861315 B**. Jinpu Garden Co., Ltd.

Moyersoen, B. 2006. Pakaraimaea Dipterocarpaceae is ectomycorrhizal in dicating an ancient Gondwanaland origin for the ectomycorrhizal habit in Dipterocarpaceae. **The New Phytologist**, 172, 753–762.

Mungklarat, J., C. Kanchanaburangura & P. Petrmak. 2001. **Species trial of 8 dipterocarpaceae at Thong Pha Phum Forest tree seed station in Kanchanaburi province**. Office of Forestry Academics, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

Nuangmek, W. & M. Titayavan. 2020. Cereal grain for spawn production of Astraeus sp. and the effects of host plants. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(1): 1173-1180. (in Thai)

Office of the Secretary of the National Strategy Committee and the Office of the National Economic and Social Development Board. 2018. **National Strategy 2018-2037 (short version)**. Office of the National Economic and Social Development Council, Bangkok. (in Thai)

Royal Forest Department and Kasetsart University. 2017. **Economically valuable wood "Knowledge for promoting the cultivation of economically valuable trees", Reforestation Promotion Office,** Royal Forest Department. (in Thai)

Royal Forest Department. 2018. **Sustainable Economic Forest Plantation Management Manual, forest economics bureau,** Royal Forest Department. (in Thai)

Sangthian, T. & U. Sangwanit. 1994. Growth of *Dipterocapus alatus* Roxb. Seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. **Thai Journal of Forestry** 13: 22-28. (in Thai)

Sim, M. Y. & A. H. Eom. 2006. Effects of Ectomycorrhizal Fungi on Growth of

Seedlings of *Pinus densiflora*. **Mycobiology** 34(4): 191-195.

Suksawang, S. 2014. Long-term ecological studies in the national park: The permanent plot in tropical forests. pp 146-106. ***In*** **Proceedings of the Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN): Ecological Knowledge for Adaptation on Climate Change**. January 23-24, 2014. Faculty of Forestry, Kasetsart University. (in Thai)

Tarah, S. S. 2017. **Soil acidity impacts beneficial soil microorganism**. Washington State University.

Tawaraya, K., M. Turjaman & H. A. Ekamawanti. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization on nitrogen and phosphorus uptake and growth of *Aloe vera* l. **HortScience** 42(7): 1737-1739.

Thongklang, N., D. H. Kevin, B. Bussaban & S. Lumyong. 2010. Culture condition, inoculum production and host response of a wild mushroom, *Phlebopus portentosus* strain CMUHH121-005**. Maejo International Journal of Science and Technology** 5(3): 413-425.

Thongjiem, N., I. Panthasu, P. Kalthiyanant, P. Yingkum & N. Kumtago. 2018. Production of edible ectomycorrhizal seedling in fast growing species. **Research and development to sustainable forest management and utilization**. Royal Forest Department. Bangkok. (in Thai).

Treseder, K. K. 2013. The extent of mycorrhizal colonization of roots and its influence on plant growth and phosphorus content**. Plant and Soil** 371(1): 1-13.

Unphim, U., S. Sophapol, R. Chaiherunkit & C. Pookhit. 2017. Knowledge Management of Local Mushrooms Wisdom in Ubon Ratchathani Province. **Humanity and Social Science Journal, Ubon Ratchathani University** 8(2): 156-176 (in Thai).

Zhang, C., H. Mingxia, L. Jing, X. Xinjing, C. Yang, F. Gao, F. Yiwei, W. Wenbing & W. Yun. 2017. Brief Introduction to a Unique Edible Bolete—Phlebopus portentosus in Southern China. **Journal of Agricultural Science and Technology** B7: 386-394.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (Thai Forest Ecological Research Journal, TFERJ) ISSN 2586-9566 จัดทำโดย ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย (Thai Forest Ecological Research Network, T-FERN) ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รับบทความจากผู้เขียนทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยฯ รวมทั้งภายนอกประเทศ บทความที่เสนอเพื่อขอรับการพิจารณาอาจเขียนได้ทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่บทคัดย่อต้องมีทั้งสองภาษา และเอกสารอ้างอิงต้องเป็นภาษาอังกฤษ นโยบายการจัดพิมพ์ของวารสารฯ เพื่อเป็นสื่อกลางเผยแพร่ผลงานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานและการประยุกต์ทางป่าไม้ ได้แก่ นิเวศวิทยาป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ การจัดการป่าไม้ วนวัฒนวิทยา ความสัมพันธ์เชิงระบบ และลักษณะทางสันฐานและทางกายภาพของพืชและสัตว์ป่า วารสารฯ จัดพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม) โดยมีกำหนดออกในเดือนมิถุนายนและธันวาคม

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ **(1) บทความวิจัย หรือนิพนธ์ต้นฉบับ (Research/original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง **(2) บทความสั้น (Short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่าบทความวิจัย และ **(3) บทความวิชาการ (Review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นบทความวิจัย และบทความสื่อสารอย่างสั้นจะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ผ่านการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วน ความยาวไม่เกิน 15 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
5. ใส่หมายเลขบรรทัดในแต่ละหน้า

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

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

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

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ (Abstract) สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ และต้องมีบทคัดย่อภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งระบุคำสำคัญ (Keywords) ไม่เกิน 5 คำ ในตอนท้ายของบทคัดย่อ

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

3. อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods) โดยเขียนให้กระชับและชัดเจน ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)

4. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion) เสนอผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน

5. **สรุป (Conclusion)** ระบุใจความสำคัญที่ได้รับและรวมถึงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ

7. เอกสารอ้างอิง (Reference) เรียบเรียงเอกสารอ้างอิงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมด *ในกรณีเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า* (in Thai) การเรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามตัวอักษรของนามสกุลผู้แต่งคนแรก ตามด้วยคำย่อชื่อ และชื่อกลาง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง หรือใช้ชื่อเต็มหน่วยงาน แล้วตามด้วยปีที่ตีพิมพ์ ทั้งนี้ ผู้แต่งต้องตรวจสอบจำนวนเอกสารอ้างอิงให้ตรงกับในเนื้อหา มีหลักเกณฑ์การเขียนเอกสารอ้างอิงแต่ละประเภท ดังนี้

7.1 การอ้างอิง (Citation) ในเนื้อหาใช้ระบบชื่อและปี (Name-and-year system) ในการอ้างอิง กรณีอ้างอิงมากกว่า 2 บทความให้ใช้เครื่องหมายอัฒภาค (Semi-colon) กั้นระหว่างชื่อที่อ้างอิง และให้จัดเรียงตามลำดับช่วงเวลาจากอดีตมาปัจจุบัน

7.2 การเรียงลำดับ ต้องเรียงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย

7.3 เอกสารอ้างอิง **ชื่อผู้เขียนให้เขียนนามสกุลก่อนและตามด้วยชื่ออื่น ๆ** ย่อเฉพาะอักษรตัวแรก

หนังสือ และตำรา

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants**. Academic Press, Inc., 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 7th of silvicultural seminar:

Silviculture for Commercial Plantations. 12 – 14 December, 2001. Kasetsart University, Bangkok. (*in Thai*)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์

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/hosttrial/ligin.htm, March 27, 1998.

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

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ **http:// www.tferj.forest.ku.ac.th** ซึ่ง**ผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้โดย กรอกชื่อ-สกุล Email address พร้อมกำหนดรหัส (Password)** จากนั้นส่งบทความ (Manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณา ประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟลล์ .doc หรือ .docx และไฟลล์ .pdf

2. ไฟล์รูปภาพ (ถ้ามี) ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น .tiff หรือ .jpeg เท่านั้น กำหนดให้ใช้ภาพขาวดำและภาพสีที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป

3. ไฟล์แบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย (**สามารถดาวน์โหลดได้ http:// www.tferj.forest.ku.ac.th**) และหากมีปัญหาในการใช้ระบบ กรุณาติดต่อมาที่ E-mail address: dokrak.m@ku.ac.th

4. ให้ผู้เขียนแนะนำชื่อและ Email ของผู้ทรงคุณวุฒิที่ผู้เขียนต้องการให้ทางวารสารพิจารณาคัดเลือกอย่างน้อย 3 ชื่อ ในระบบวารสารออนไลน์ด้วย ทั้งนี้การคัดเลือกผู้ทรงของทางวารสารนั้นอาจไม่ใช่รายชื่อที่ผู้เขียนนำเสนอ

กระบวนการพิจารณาบทความ

เจ้าของบทความต้องเสนอชื่อ ที่อยู่และอีเมลล์ (E-mail address) ของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ จำนวน 3 ท่าน มาพร้อมกับต้นฉบับบทความ ทั้งนี้ กองบรรณาธิการอาจจะพิจารณาเลือกผู้ทรงคุณวุฒิที่เจ้าของบทความแนะนำมาหรือไม่ก็ได้ ต้นฉบับที่ส่งมาตีพิมพ์จะนำเข้าสู่กระบวนการพิจารณาดังนี้

1. การพิจารณากลั่นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้**ผู้ทรงคุณวุฒิ (Referee)** ในแต่ละสาขาทำการ**พิจารณากลั่นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ** ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ ยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) บทความ การพิจารณาทบทวนบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือนนับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

2. บทความที่ถูกปฏิเสธ (Rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนผ่านระบบรับส่งวารสารออนไลน์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

3. บทความที่ได้รับการยอมรับ (Accepted manuscripts) กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วให้ผู้เขียนเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (draft proof) **ทั้งนี้จะต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ และหากไม่มีการติดต่อกลับภายในระยะเวลาที่กำหนด** ทางกองบรรณาธิการถือว่าบทความนั้นถูกต้องและครบถ้วนแล้ว จากนั้นจะทำการตีพิมพ์และเผยแพร่บทความผ่านทางเวปไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (http:// www.tferj.forest.ku.ac.th) ซึ่งผู้เขียนหรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

4. การจ่ายค่าธรรมเนียมการเผยแพร่บทความวิจัย (Article charge) นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2566 เป็นต้นไป สำหรับบทความที่ได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ (Acceptance paper) ต้องจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์ให้กับทางศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย **จำนวน 2,500 บาทต่อเรื่อง** และ**ผู้เขียนไม่สามารถเรียกเงินดังกล่าวคืนได้ภายหลังการชำระเงินเสร็จสิ้นแล้ว**

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

บรรณาธิการและกองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสาร ฯ ด้วยเหตุนี้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (https://publicationethics.org/) ทั้งในส่วนของบทบาทผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา บทบาทผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบทบาทของบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องดำเนินการให้การพิจารณาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ

ลิขสิทธิ์ของบทความ

บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย จะต้องเป็นบทความที่ไม่ลอกเลียนบทความอื่นที่ตีพิมพ์แล้ว และเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของ ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นเสียแต่ว่าได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบ เนื้อหาของต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย นั้น จะเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้จะไม่รวมความผิดพลาดที่เกิดจากเทคนิคการพิมพ์

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย
Thai Forest Ecological Research Journal
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2: กรกฎาคม – ธันวาคม 2565
Volume 6 Number 2: July - December 2022
ISSN 2586-9566

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

อิทธิพลของแนวกันลมต่อโครงสร้างป่า บริเวณสันทรายบางเบิด อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร **1**

พูลศรี วันธงไชย พันธิวาห์ หลอดคำ จักรพงษ์ ทองสวี นพคุณ แดนราช ถาวร ก่อเกิด วงศธร พุ่มพวง และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

นิเวศวิทยาบางประการและการกระจายของต้องแล่งเขาใหญ่ **17**

ศิริพรรณ อุ่นอินทร์ วัฒนชัย ตาเสน สุธีร์ ดวงใจ และเสกสรร ไกรทองสุข

โครงสร้างสังคมพืชและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์สวนไม้กำแพงเพชร **31**

พัฒนา ชมภูวิเศษ พิสิทธิ์ โรยสกุล ภาณุวัฒน์ นิลอ่อน และสถิตย์ ถิ่นกำแพง

ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนาดีและกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี **47**

พัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล และสุภัทรา ถึกสถิตย์

ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา **59**

มนต์นรินทร์ เรืองจิตต์ สุธีระ เหิมฮึก จุฑามาศ อาจนาเสียว และนครินทร์ สุวรรณราช