



**KASETSART
UNIVERSITY**
FACULTY OF FORESTRY

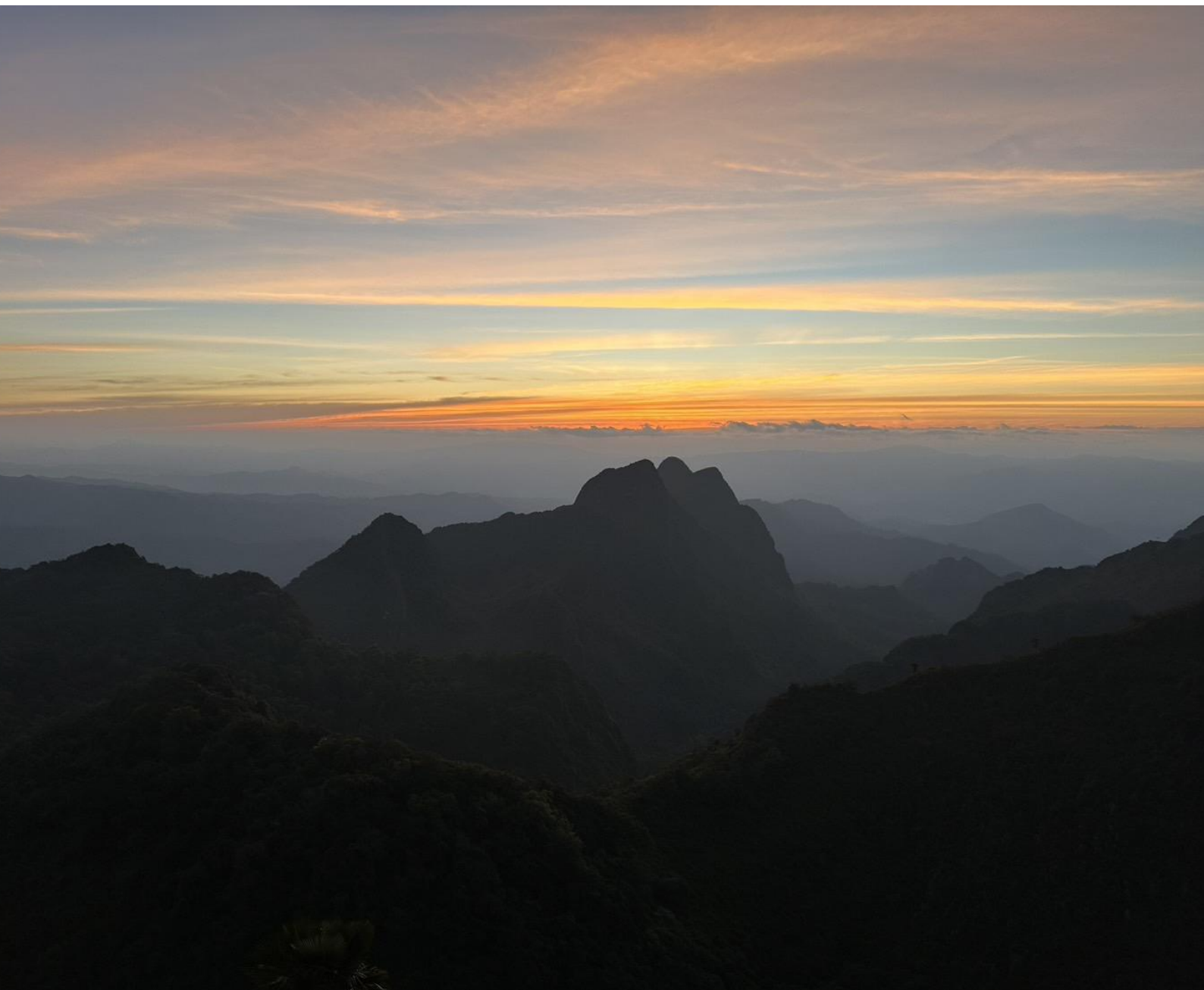
วารสารวนศาสตร์ไทย

THAI JOURNAL OF FORESTRY

ปีที่ ๔๔ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน ๒๕๖๘

Volume 44 Issue 1 January-June 2025

E-ISSN 2822-115X (Online)



[ภาพ: วรรณภา ชาวเอี้ย]

วารสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จัดพิมพ์โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ผู้พิจารณาผลงาน อย่างน้อย 3 ท่าน



วารสารวนศาสตร์ไทย

เจ้าของ

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ไตรสุรัตน์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ดอกรัก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต เวชกิจ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

รองศาสตราจารย์ ดร.ประทีป ดั่งแค

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมไทย อาษานอก

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ สุขสอาด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.รัตนวัฒน์ ไชยรัตน์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.รัชคนิน จงจิตวิมล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ สิทธิฉายา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ศราวุฒิ นิลสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิดา กาจินะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิววัฒน์ นาพิรุณ

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ดร.วรลนต์ แจ่มจำรูญ

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ดร.ศิริลักษณ์ ธรรมนุ

กรมป่าไม้

Prof. Dr.Futoshi Ishiguri

Utsunomiya University, Japan

Assist. Prof. Tomáš Zemánek

Mendel University in Brno, Czech Republic

ผู้จัดการ

นางวราภรณ์ ลำไย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น.ส.ละอองดาว เถาว์พิมาย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น.ส.ศิริภัสสร ชมเชย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0-2-5614761 E-mail: frc@ku.th Web site: tci.thaijo.org/index.php/tjf

วารสารวนศาสตร์ เริ่มก่อตั้งในปี พ.ศ. 2525 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น วารสารวนศาสตร์ไทย ในปี พ.ศ. 2563 ภายใต้การดำเนินงานของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตีพิมพ์ผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องทางด้านวนศาสตร์ เช่น นิเวศวิทยาป่าไม้ การจัดการป่าไม้ เศรษฐศาสตร์ป่าไม้ วนวัฒนวิทยา การจัดการลุ่มน้ำ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ สัตว์ป่า และสรีรวิทยาของพืชพรรณและสัตว์ป่า เป็นต้น ทั้งจากนักวิจัยทั้งในและนอกสถาบัน โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาเป็นผู้พิจารณาผลงาน อย่างน้อย 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อท่านและกัน และมีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ คือ เดือนมกราคม-มิถุนายน และเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม การส่งต้นฉบับ ติดต่อที่สำนักกองบรรณาธิการ หรือผ่าน E-mail: frc@ku.th

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
การแปรผันของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม ณ ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา) อนัญญา จ้อยชู, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, สมพร แม่ลิ้ม และศุริยะ สถาพร	1
ความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดอำนาจเจริญ คุณนันท รัตนันต์, ธนากร ลัทธินิธิ์สุวรรณ, ปิยะพัศ ขอนแก่น และทิศา โยธาทักดิ์	17
ความหลากหลายและมวลชีวภาพของพรรณไม้ต้นในป่าชายเลนบริเวณคลองกำพวน จังหวัดระนอง อรุณ ปานแดง, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ และชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง	27
การจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตาก จันทร์ธิดา นานแกง, นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เชียว และสุภัทรา ถิกลัตถิ์	44
ความหลากหลายชนิด สถานภาพพืช และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้ใหญ่ในคณะผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ อริสรา ทันทนาเขตต์, วณิดา ปัญญา, วิชญ์ภาส สังพาลี, จุฑามาศ อาจนาศะ และสุธีระ เหมอี	57
การประยุกต์ใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินร่วมกับปัจจัยกายภาพในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน ชิตชนก ปราปทุภัก, ปิยะพงษ์ ทองคีนอก และนฤมล แก้วจำปา	68
มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน จังหวัดเชียงราย อิงอร ศิริวงษ์, สันติ สุขสะอาด และอภิชาติ ภัทรธรรม	85
ความหลากหลายของแมลงผิวดินในพื้นที่ปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่สูง บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ สุรศักดิ์ มะเดื่อทอง, วัฒนชัย ตาเสน, สุธีร์ ดวงใจ และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์	95
การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่า ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง กิตติพงษ์ พรหมจักร, กมลพร ปานอ้อม, ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด และต่อลาภ คำโย	103
มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จังหวัดสมุทรปราการ กัลยา สุขสวัสดิ์, สันติ สุขสะอาด และอภิชาติ ภัทรธรรม	116
ความสัมพันธ์ของลักษณะโครงสร้างสังคมพืชกับปัจจัยดินบางประการและการเก็บกักคาร์บอน บริเวณป่าต้นน้ำดอยตุง จังหวัดอุตรดิตถ์ พัชรพล ขาวหัว, มณฑล นอแสงศรี, เพ็ญพิไลย์ เปียนคิด, กฤษดา พงษ์การณียภาส และแหลมไทย อาษานอก	127
ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา สุทธิวัฒน์ สุสิงห์, ประทีป ดั่งแค้น และอิงอร ไชยยศ	140

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู <i>ธงชัย นาราชภูร์, วราลี ศรีเกื้อ, กฤษฎดา พงษ์การัณยภาส, มณฑล นอแสงศรี และแหลมไทย อาษานอก</i>	151
นิเวศวิทยาบางประการ ปริมาณและมูลค่าของไฟในป่าเบญจพรรณของป่าชุมชนในอำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ <i>เอียรวิชัย มุสิกะวงศ์, พสุธา สุนทรห้าว และวัฒนชัย ตาเสน</i>	164
การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ <i>วรรณณา ชาวเอี้ย, ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ, ปิยะพิศ ขอนแก่น และทิมา โยธาทักดี</i>	175
บทวิจารณ์	
การส่งเสริมไม้เศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนความกลางทางคาร์บอน <i>ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์</i>	189

การแปรผันของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม ณ ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา)

Clonal Variations of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. Hybrid
at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

อัญญา จ้อยชู^{1,2}, สาทิศ ดิลกสัมพันธ^{3*}, สมพร แม่ลิ้ม³ และดุริยะ สถาพร²
Ananya Choichu^{1,2}, Sapit Diloksumpun^{3*}, Somporn Maelim³ and Duriya Staporn²

¹สาขาบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Forest Resource and Environmental Administration, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 10900

²Silvicultural Research Section Forest Research and Development Office, Royal Forest Department, Bangkok 10900, Thailand

³ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³Department of Silviculture Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail; sapit.d@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 27 ตุลาคม 2567

Received: 27 October 2024

รับแก้ไข 14 พฤศจิกายน 2567

Revised: 14 November 2024

รับลงพิมพ์ 18 พฤศจิกายน 2567

Accepted: 18 November 2024

ABSTRACT

Genetic improvement of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. hybrids have enhanced their growth potential and adaptability to planting sites. However, differences in stem characteristics, yield and growth are evident. Consequently, this study examined the variation in 23 clones of a 5-year-old *A. auriculiformis* hybrid that had been planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima) in terms of their growth, biomass and fresh weight, stem volume and carbon storage. The clonal test involved plots in a randomized complete block design with four replications. The diameter at breast height and total height of all trees were measured; subsequently, allometric equations were developed to estimate the biomass, carbon storage and stem fresh weight and volume of the trees.

Based on the results, there were highly significant differences ($p < 0.01$) for all variables examined among the 23 clones. The RFD 3-2 clone, which was registered as a new plant variety, produced the highest total biomass and carbon stored in biomass, with mean values of 99.03 and 47.20 t/ha, respectively. Furthermore, the stem fresh weight and volume of this clone were the highest, with mean values of 102.12 t/ha and 130.02 m³/ha, respectively, due to its straight stem and lack of forking at a low level. In addition, clones No. 12 and 13 were superior in terms of growth, biomass, stem fresh weight and stem volume, with values that were comparable to those of the RFD 3-2 clone. The findings suggested that these *A. auriculiformis* hybrid clones were suitable for reforestation and commercial plantations in Nakhon Ratchasima province and other regions with similar site conditions.

Keywords: Biomass; Volume; Allometric equation; *Acacia auriculiformis* hybrids; Carbon sequestration

บทคัดย่อ

กระถินณรงค์ลูกผสมมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเติบโตและการปรับตัวต่อพื้นที่ปลูกแต่ยังคงมีความแตกต่างระหว่างสายต้นในด้านการเติบโต ผลผลิต และรูปทรงของลำต้น การศึกษาครั้งนี้จึงวิเคราะห์การแปรผันระหว่างสายต้นของกระถินณรงค์ลูกผสมอายุ 5 ปี จำนวน 23 สายต้น ที่ปลูก ณ ศูนย์วิจัยวนาณวิทยาที่ 6 (นครราชสีมา) ทั้งในด้านการเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพและน้ำหนักสด ปริมาตร และการกักเก็บคาร์บอนในแปลงทดสอบสายต้นที่มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ทำการเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง นำมาสร้างสมการแอลโลเมตรีเพื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน และปริมาตรไม้ในแต่ละสายต้น

จากการศึกษา พบว่า กระถินณรงค์ลูกผสม 23 สายต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น ($p < 0.01$) ในทุกตัวแปรที่ศึกษา โดยสายต้น ปม.3-2 ซึ่งเป็นสายต้นที่ได้รับการจดทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ มีมวลชีวภาพรวม และการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.03 ตันต่อเฮกตาร์ และ 47.20 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ สายต้น ปม.3-2 ยังมีน้ำหนักสดของลำต้น และปริมาตรของลำต้นสูงที่สุดด้วยเช่นกันเนื่องจากมีลำต้นเปลาตรงและไม่มีการแตกงาที่ระดับต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102.12 ตันต่อเฮกตาร์ และ 130.02 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าสายต้น 12 และ 13 มีศักยภาพทั้งการเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ น้ำหนักสดและปริมาตรของลำต้น ที่สูงใกล้เคียงกับสายต้นปม.3-2 สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมเหล่านี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปส่งเสริมการปลูกเพื่อฟื้นฟู และเป็นการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและพื้นที่อื่นที่มีสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ ปริมาตรไม้ สมการแอลโลเมตรี กระถินณรงค์ลูกผสม อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คำนำ

ความต้องการไม้ของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งสถานการณ์การผลิตและความต้องการใช้ไม้แปรรูป เช่นเดียวกับประเทศไทย จากข้อมูลสถิติการใช้ไม้ทุกชนิดที่เคยสำรวจในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณ 66 ล้านลูกบาศก์เมตร (40 ล้านตัน) เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณ 87 ล้านลูกบาศก์เมตร (58 ล้านตัน) ในปี พ.ศ. 2559 และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 112 ล้านลูกบาศก์เมตร (75 ล้านตัน) ในปี พ.ศ. 2570 และ 128 ล้านลูกบาศก์เมตร (85 ล้านตัน) ในปี พ.ศ. 2580 ตามลำดับ (Faculty of Forestry, 2017) สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) ประเด็นยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดเป้าหมายการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้ได้ร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ โดยเป็นป่าอนุรักษ์ร้อยละ 25 และป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15 ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 31.47 ของพื้นที่ประเทศ (Royal Forest Department, 2023) โดยมีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ร้อยละ 22 ของพื้นที่ประเทศ ซึ่งใกล้เคียงกับเป้าหมาย ในขณะที่ป่าเศรษฐกิจที่กำหนดไว้เพื่อการผลิตไม้ และของป่าเพื่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจโดยตรงยังขาดอีก 26 ล้านไร่ (Faculty of Forestry, 2017) ความต้องการใช้ไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้พลังงานทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน รองลงมาเป็นไม้แปรรูป เยื่อกระดาษ ชันไม้สับ และไม้ประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความต้องการใช้ไม้โตเร็วเนื่องจากไม้โตเร็วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น การผลิตเยื่อกระดาษ ไม้พลังงาน ไม้แปรรูป และไม้เชื้อเพลิง

พรรณไม้สกุลอะคาเซีย (*Acacia* spp.) เป็นพรรณไม้ต่างถิ่นโตเร็ว (exotic fast growing tree species) ที่นิยมปลูกในประเทศมากรองจากยูคาลิปตัส ชนิดที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) และ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) แต่พรรณไม้ทั้งสองชนิดมีความแปรผันของการเติบโตและการปรับตัวในพื้นที่ค่อนข้างมาก โดยกระถินเทพามีความต้องการพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ในขณะที่กระถินณรงค์เป็นพรรณไม้ที่ปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่พื้นที่ที่มีความชื้นสูงถึงปานกลาง และเติบโตได้ดีในพื้นที่แห้งแล้งได้ดีกว่า ทั้งนี้ กรมป่าไม้ที่เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดการพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเศรษฐกิจ ได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของกระถินณรงค์ที่สามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่แห้งแล้งที่ถูกรบกวนหรือเสื่อมโทรมในอดีต จึงได้นำกระถินณรงค์ที่ได้นำเข้ามาปลูกครั้งแรกและได้ปลูกกันอย่างแพร่หลายในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 ซึ่งเป็นกระถินณรงค์จากถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติมีลักษณะลำต้นคดงอ แตกกิ่งก้านมาก และให้ผลผลิตเนื้อไม้ค่อนข้างต่ำ (Luangviriyasaeng, 2013) กรมป่าไม้จึงได้เริ่มโครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์กระถินณรงค์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2527 โดยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากรัฐบาลออสเตรเลียและได้รับเมล็ดพันธุ์จากถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ (provenance) 3 ถิ่นกำเนิด ได้แก่ Queensland (QLD), Northern Territory (NT) และ Papua New Guinea (PNG) ซึ่งมีลักษณะรูปทรงลำต้นที่เปลาตรง มีการเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง และทนแล้ง เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถปรับตัวให้เข้า

กับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี และได้ทำการผลิตลูกผสมจากการผสมพันธุ์แบบควบคุม (controlled pollination) ทั้งลูกผสมภายในชนิดเดียวกันของกระถินณรงค์ (intraspecific hybrid) และลูกผสมข้ามชนิดระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา (interspecific hybrid) (Luangviriyasaeng, 2002) ซึ่งลูกผสมที่ได้มีการเติบโตที่ดีกว่าต้นพ่อแม่ และ/หรือต้นแม่ (Kha *et al.* 1998; Royampaeng, 2001; Royampaeng, 2002) ต่อมากรรมป่าไม้จึงพัฒนาพันธุ์กระถินณรงค์และกระถินณรงค์ลูกผสมอย่างต่อเนื่อง ทั้งการทดสอบลูกหลาน (progeny test) และการทดสอบสายต้น (clonal test) เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์และสายต้นที่มีการเติบโตดีและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพพื้นที่ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น และเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย (Luangviriyasaeng, 2013) ทั้งนี้ สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมส่วนใหญ่ของกรรมป่าไม้เป็นแบบลูกผสมภายในชนิดเดียวกัน มีการปลูกทดสอบในพื้นที่ต่าง ๆ ในหลายภูมิภาค และสามารถคัดเลือกสายต้นที่มีศักยภาพสูงและได้รับการจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่จำนวน 5 สายต้น (Luangviriyasaeng, 2013) จากการศึกษาของ Diloksumpun *et al.* (2016) ในแปลงทดสอบสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมที่ปลูกในพื้นที่เหมืองแร่ร้างที่มีลักษณะเป็นดินทราย พบว่า สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมภายในชนิดเดียวกันมีการเติบโตต่ำกว่าสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา แต่ในทางตรงกันข้ามมีความสามารถในการทนแล้งได้ดีกว่าและขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตาม สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมภายในชนิดเดียวกันจะมีลักษณะทั้งในด้านการเติบโต การปรับตัวต่อพื้นที่ และลักษณะรูปทรงของลำต้นที่ดีกว่ากระถินณรงค์ทั่วไป แต่ก็ยังมีการแปรผันค่อนข้างสูงระหว่างสายต้นขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของต้นพ่อแม่ และ/หรือต้นแม่ และพื้นที่ปลูก (Choengsaad *et al.*, 2016; Diloksumpun and Wongprom, 2016; Diloksumpun *et al.*, 2016) ดังนั้น การคัดเลือกสายต้นให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ในการเริ่มต้นการส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจให้ประสบความสำเร็จ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเติบโต และผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพ น้ำหนักสดของลำต้น ปริมาตรไม้ และการกักเก็บคาร์บอนของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมจำนวน 23 สายต้นที่มีลักษณะทางพันธุกรรมของแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ที่ต่างกัน ซึ่งทำการศึกษาในแปลงทดสอบสายต้นอายุ 5 ปี ณ ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา) จังหวัดนครราชสีมา เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ใช้คัดเลือกสายต้นที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจได้เร็วต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา) ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยภูเขาที่มีความลาดชันเป็นภูเขาสูง ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 20 - 35 องศา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ประมาณ 200 - 770 เมตร สภาพภูมิอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2556 - 2565 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,300 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 25.2 องศาเซลเซียส ลักษณะดินเป็นดินร่วน มีอินทรีย์วัตถุจำนวนน้อย และดินชั้นบนเป็นกรดอย่างมาก โดยมีค่า pH ตั้งแต่ 3.85 - 4.24 (Staporn, 2022) ในอดีตพื้นที่ดังกล่าวเป็นป่าที่ถูกบุกรุกทำลายจนมีสภาพเป็นภูเขาหัวโล้นและทุ่งหญ้าคากรรมป่าไม้จึงได้มีการนำไม้โตเร็วต่างถิ่นเข้ามาปลูกเพื่อฟื้นฟูสภาพพื้นที่ โดยพรรณไม้ที่นำมาปลูกได้แก่ กระถินณรงค์และกระถินเทพา เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วสามารถเติบโตแข่งกับหญ้าคาได้ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในแปลงทดสอบสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแปลงปลูกทดลองปลูกพรรณไม้โตเร็วต่างถิ่น (Figure 1)

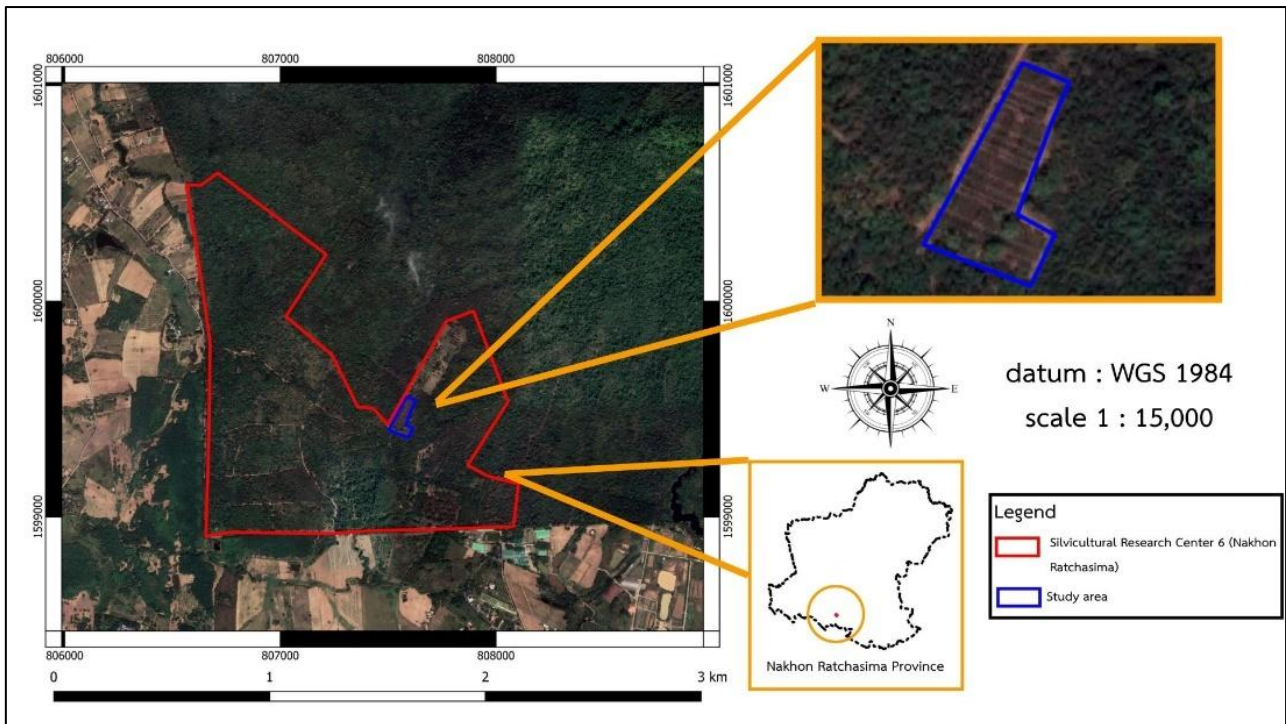


Figure 1 Clonal test site for *Acacia auriculiformis* hybrid at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

แหล่งพันธุ์กรรมและการวางแผนการทดลอง

แปลงทดสอบสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมปลูกเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 อายุ 5 ปี เนื้อที่ 9 ไร่ มีระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) มีสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมแบบภายในชนิดเดียวกัน (intraspecific

hybrid) จำนวน 23 สายต้น ซึ่งมีแหล่งพันธุ์กรรมที่แตกต่างกัน (Table 1) และมีรูปแบบการปลูกเป็นบล็อก (block) จำนวน 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบการปลูกที่ 1 ปลูก 1 แถว แถวละ 5 ต้น รูปแบบการปลูกที่ 2 ปลูก 2 แถวติดกัน แถวละ 5 ต้น รูปแบบการปลูกที่ 3 ปลูก 3 แถวติดกัน แถวละ 5 ต้น และรูปแบบการปลูกที่ 4 ปลูก 7 แถวติดกัน แถวละ 5 ต้น โดยมีระยะระหว่างบล็อก 5 เมตร (Figure 2)

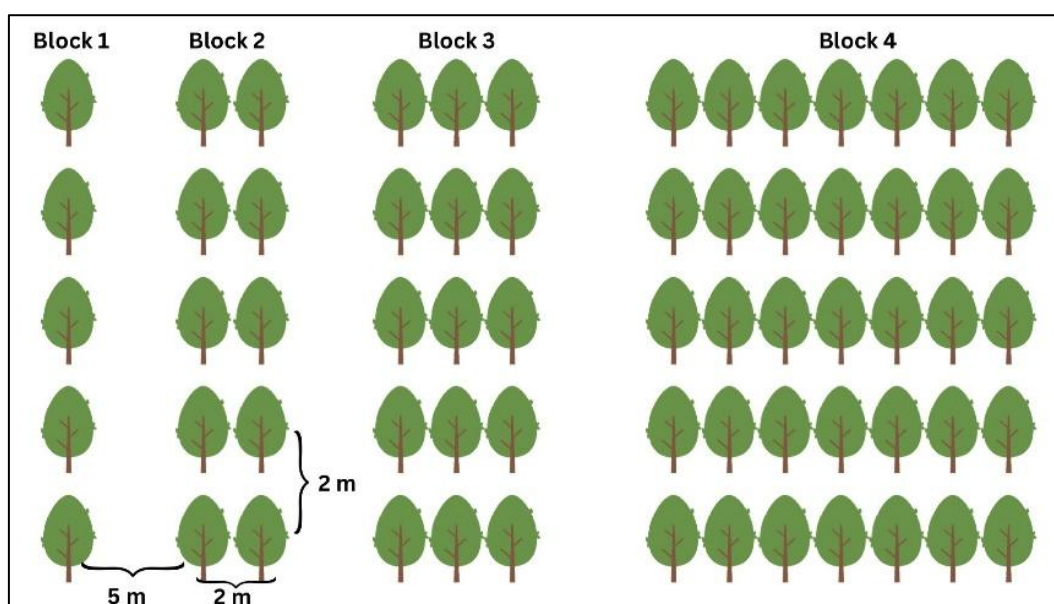


Figure 2 Planting layout of clonal test of *Acacia auriculiformis* hybrid at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

Table 1 Genetic background of 23 *Acacia auriculiformis* hybrid clones planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

Clone No.	Clone ID	Cross (Female x Male)
1	1/1/7	NT1 X QLD1
2	1/1/11	NT1 X QLD1
3	1/1/12	NT1 X QLD1
4	13/8/9	PNG1 X QLD2
5	13/8/11	PNG1 X QLD2
6	14/8/19	PNG1 X QLD2
7	24/13/28	PNG2 X QLD2
8	RFD 3-2 (ปม.3-2)	PNG2 X QLD2
9	25/14/19	QLD1 X NT2
10	27/15/21	QLD1 X PNG1
11	RFD 3-3 (ปม.3-3)	QLD1 X PNG1
12	28/16/15	QLD1 X QLD2
13	29/16/24	QLD1 X QLD3
14	29/16/28	QLD1 X QLD3
15	29/17/15	QLD1 X QLD3
16	30/17/16	QLD2 X NT3
17	RFD 3-4 (ปม.3-4)	QLD2 X NT3
18	31/18/10	QLD2 X NT3
19	RFD 3-1 (ปม.3-1)	QLD2 X NT3
20	33/19/3	QLD2 X PNG1
21	33/19/5	QLD2 X PNG1
22	33/19/8	QLD2 X PNG1
23	RFD 3-5 (ปม. 3-5)	QLD2 X PNG1

Remark: NT = Northern Territory, Australia; PNG = Papua New Guinea; QLD = Queensland, Australia;
RFD = Royal Forest Department

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

เก็บข้อมูลการเติบโตของกระถินณรงค์ลูกผสมทุกสายต้นทั้งหมดทุกต้นในแปลง โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) และวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (height, H) ด้วย (vertex hypsometer) นำค่า DBH มาแจกแจงความถี่เป็นอันตรภาคชั้น จากนั้นทำการเลือกต้นไม้ที่จะทำการตัดเพื่อพัฒนาสมการมวลชีวภาพและน้ำหนักสด จำนวนสายต้นละ 2 ต้น รวมเป็น 46 ต้น โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกต้นไม้ที่จะทำการตัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกใกล้เคียงค่าเฉลี่ยของแต่ละสายต้นและให้กระจายครอบคลุมทุกอันตรภาคชั้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก โดยการตัดต้นไม้ตัวอย่างที่ระดับขีดดิน (diameter at ground level, D₀) และทอนลำต้นเป็นท่อนทุก ๆ 1 เมตร จนถึงปลายยอด ทำการวัด DBH ที่ (โคนท่อนและปลายท่อน)

ในแต่ละท่อน แยกเป็นแต่ละส่วนเป็น ลำต้น กิ่ง ใบ บันทึกรน้ำหนักสดของทุกส่วนในแต่ละท่อน และรวมเป็นน้ำหนักสดทั้งหมดของต้นไม้ตัวอย่างแต่ละต้น ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนลำต้น กิ่ง และใบ (โดยการเก็บตัวอย่างในแต่ละส่วนนั้น จะมีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม) จากนั้นนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักสดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 - 80 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง (Viriyabuncha, 2003)

การพัฒนาสมการแอลโลเมตรี

คำนวณค่าร้อยละความชื้นของตัวอย่างจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เพื่อนำค่าร้อยละความชื้นไปคำนวณค่าน้ำหนักแห้งทั้งหมดของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ตัวอย่าง นำข้อมูลของต้นไม้ตัวอย่างชุดที่ 1 จำนวน 23 ต้น มาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และระหว่าง

น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร) กับขนาดของต้นไม้ในมิติต่าง ๆ เช่น DBH^2 , DBH^2H , D_0^2 , D_0^2H ในรูปแบบสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ตาม Sahunala (2009) ดังนี้

$$Y = aX^b$$

โดย Y = มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนเหนือพื้นดิน และน้ำหนักสด (กิโลกรัม)

X = parabolic volume ในรูปต่าง ๆ DBH^2 , DBH^2H , D_0^2 , D_0^2H (DBH และ D_0 , เซนติเมตร; H , เมตร)

a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการ

นำสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และระหว่างน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ กับขนาดของต้นไม้ในมิติต่าง ๆ ข้างต้น และเลือกสมการค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ที่มีค่าสูงที่สุดมาใช้ในการประเมินมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ (มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป) ของสายต้นทั้ง 23 สายต้น

วิเคราะห์ปริมาตรของต้นไม้ตัวอย่างที่ตัดทุก ๆ ท่อน ตั้งแต่ท่อนโคนจนถึงท่อนปลายที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดที่ใช้เป็นสินค้าได้ โดยใช้สูตรของ Smalian's formula (Avery, 1967) ดังนี้

$$V_s = \frac{B + b}{2} \times L$$

โดยที่ V_s = ปริมาตรไม้ของต้นไม้แต่ละท่อน (ลูกบาศก์เมตร)

B = พื้นที่หน้าตัด ณ โคนท่อน (ตารางเมตร)

b = พื้นที่หน้าตัด ณ ปลายท่อน (ตารางเมตร)

L = ความยาวของท่อนไม้ (เมตร)

นำข้อมูลของต้นไม้ตัวอย่างชุดที่ 1 จำนวน 23 ต้น มาสร้างสมการปริมาตรของลำต้นในรูปแบบสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ในรูปแบบของสมการยกกำลัง (power equation) ของปริมาตรของลำต้นกับขนาดของต้นไม้ (Sahunala, 2009)

$$Y = aX^b$$

โดย Y = ปริมาตรของลำต้นที่เป็นสินค้าได้ (ลูกบาศก์เมตร)

X = parabolic volume ในรูปต่าง ๆ DBH^2 , DBH^2H , D_0^2 , D_0^2H (DBH และ D_0 , เซนติเมตร; H , เมตร)

a และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ

นำสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ กับขนาดของต้นไม้ในมิติต่าง ๆ ข้างต้น และ

เลือกสมการค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ที่มีค่าสูงที่สุดมาใช้ในการประเมินปริมาตรของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้

นำข้อมูลชุดที่ 2 จำนวน 23 ต้น มาทดสอบสมการแอลโลเมตริกของมวลชีวภาพ น้ำหนักสดและปริมาตรของลำต้นที่เป็นสินค้าได้ โดยการคำนวณโดยใช้สมการที่เลือกเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำหนักและปริมาตรที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยการสร้างกราฟเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์

การประเมินมวลชีวภาพ น้ำหนักสด ปริมาตรลำต้น และการกักเก็บคาร์บอน

คำนวณมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ น้ำหนักสดและปริมาตรลำต้นของส่วนที่เป็นสินค้าได้ของกระถินณรงค์ลูกผสมทั้ง 23 สายต้น ด้วยสมการแอลโลเมตริกที่คัดเลือกและผ่านการทดสอบและคำนวณต่อหน่วยพื้นที่ (ต่อเฮกตาร์) คำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม โดยคำนวณมวลชีวภาพรวมจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน ซึ่งมวลชีวภาพส่วนใต้พื้นดินคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้ดินต่อมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (root/shoot ratio) เท่ากับ 0.13 และคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมจากปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยของไม้สกุลอะคาเซีย ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 47.66 ของน้ำหนักแห้ง (Faculty of Forestry, 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพ น้ำหนักสดและปริมาตรของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพระหว่างสายต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R (R Core Team, 2022)

ผลและวิจารณ์

การเติบโต

การศึกษาการเติบโตของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมจำนวน 23 สายต้น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่างสายต้น โดยสายต้น 12, 13 และสายต้นปม.3-2 มีค่าเฉลี่ยของ DBH สูงสุด เท่ากับ 12.25, 12.18 และ 11.80 เซนติเมตร ตามลำดับ และสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมที่มีค่าเฉลี่ย DBH ต่ำสุด ได้แก่ สายต้น 14, 4 และสายต้น 7 เท่ากับ 8.33, 8.79 และ 8.89 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สายต้น ปม.3-2, ปม.3-4 และสายต้น 15 มีค่าเฉลี่ยทางความสูงสูงสุด เท่ากับ 15.23, 14.43 และ 14.05 เซนติเมตร ตามลำดับ และสายต้น 21, 3 และสายต้น 14

มีค่าเฉลี่ยทางความสูงต่ำสุด เท่ากับ 11.21, 11.59 และ 11.76 เมตร ตามลำดับ ซึ่งความโตทาง (DBH) และความสูง (H) (Table 2) จากผลการศึกษาข้างต้นเห็นได้ว่าพื้นที่ของศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,300 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งถือว่ามีความค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ จึงมีผลทำให้กระถินณรงค์มีการเติบโตดี และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Choengsaad *et al.* (2016) ที่ได้ศึกษาการเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณสารอาหารของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม ที่มีการเติบโตดีจำนวน 6 สายต้น อายุ 4 ปี ในจังหวัดสระแก้ว พบว่า สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม สายต้น 14 (QLD x QLD) มีการเติบโตทาง DBH และความสูง เท่ากับ 11.34 เซนติเมตร และ 11.84 เมตร ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยทาง DBH และความสูงใกล้เคียงกับกระถินณรงค์ลูกผสม สายต้น ปม.3-2 (PNG x QLD) สายต้น 12, 13 ซึ่งเป็นลูกผสมจากถิ่นกำเนิด QLD เช่นกัน แต่ในการศึกษารังนี้มีความแตกต่างจากการศึกษาของ Diloksumpun *et al.* (2016) ซึ่งทดสอบสายต้นของกระถินลูกผสม ทั้งกระถินณรงค์ลูกผสมภายในชนิดเดียวกัน ลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา และลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ ที่ปลูกในพื้นที่ที่พื้นฟูเหมืองแร่ร้าง ณ สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา จังหวัดพังงา จำนวน 20 สายต้น พบว่า ในช่วง 2 ปีแรกสายต้นลูกผสมข้ามชนิดมีการเติบโตดีกว่าลูกผสมกระถินณรงค์ภายในชนิดเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษา Thepchatr *et al.* (2018) ที่พบว่ากลุ่มสายต้นกระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ อายุ 2 ปี ที่ปลูกใน 2 พื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ มีการเติบโตดีกว่ากลุ่มสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมอันเป็นผลมาจากความแตกต่างของพื้นที่ผิวใบเฉพาะซึ่งเป็นลักษณะเชิงหน้าที่สำคัญของใบ อย่างไรก็ตาม สายต้นของกระถินลูกผสมที่ปลูก ณ สถานีวิจัยวนศาสตร์พังงา ในปี 3 ซึ่งเกิดภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ปลูก พบว่า สายต้นจากลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพา และสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมจากถิ่นกำเนิด PNG x QLD มีการเติบโตดีกว่าสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมจากถิ่นกำเนิดอื่น ๆ

(Diloksumpun *et al.*, 2016) สอดคล้องกับการศึกษาของ Luangviriyasaeng *et al.* (1995) ที่พบว่าสายพันธุ์กระถินณรงค์ที่มีถิ่นกำเนิดจาก QLD และ PNG มีการเติบโตดีกว่าสายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดจาก NT และสายพันธุ์ดั้งเดิมในประเทศไทย

สมการมวลชีวภาพ น้ำหนักสดของลำต้น และปริมาตรของลำต้น

ในการพัฒนาสมการมวลชีวภาพมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่อยู่เหนือดิน และขนาดของต้นไม้ในรูปแบบ parabolic volume ได้แก่ DBH^2 , DBH^2H , D_o^2 , D_o^2H ในรูปแบบของสมการแอลโลเมตรี เช่นเดียวกับการพัฒนาสมการน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ และปริมาตรลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ พบว่า ทุกสมการที่ให้ค่า R^2 สูงสุด ได้แก่ การนำค่าความสูง (H) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกยกกำลังสอง (DBH^2) ในรูปของ Parabolic volume หรือ DBH^2H (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า ตัวแปร DBH^2H ในรูปของ parabolic volume จะทำให้สามารถประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากเป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรต้นไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพ หรือน้ำหนัก ทั้งนี้ Sahunala (2009) แนะนำว่า มวลชีวภาพ และน้ำหนักแห้งในส่วนลำต้นของต้นไม้จะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาตรของลำต้น และการใช้สมการแอลโลเมตรีในการประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้จะใช้ขนาดของต้นไม้ที่วัดได้จากส่วนต่าง ๆ เช่น ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก โดยจะวัดจากส่วนที่มีรูปทรงลักษณะทางเลขาคณิตอย่างง่าย และเป็นบริเวณที่วัดง่าย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Khotma *et al.* (2016) ที่ได้ศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และปริมาณธาตุอาหารในไม้เอนคาเซียลูกผสมสายต้นต่าง ๆ 6 สายต้น และเลือกสมการที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพในรูปแบบสมการแอลโลเมตรีทุกสมการได้จากสมการที่มีตัวแปร DBH^2H ซึ่งมีค่า R^2 สูงสุดมาใช้ในการคำนวณเช่นเดียวกัน

Table 2 Diameter at breast height (DBH) and height of *Acacia auriculiformis* hybrid clones planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima) (mean $\pm$ standard deviation)

Clone No.	Clone reference	DBH (cm)	Height (m)
1	1/1/7	11.47 $\pm$ 1.94 ^{fgh}	13.46 $\pm$ 1.34 ^{ef}
2	1/1/11	10.72 $\pm$ 2.28 ^{defg}	11.91 $\pm$ 1.55 ^{abc}
3	1/1/12	10.43 $\pm$ 1.88 ^{cdef}	11.59 $\pm$ 0.92 ^{ab}
4	13/8/9	8.79 $\pm$ 2.28 ^{ab}	12.32 $\pm$ 2.00 ^{bcd}
5	13/8/11	10.96 $\pm$ 2.14 ^{efg}	12.62 $\pm$ 1.53 ^{cde}
6	14/8/19	10.05 $\pm$ 2.06 ^{cde}	12.19 $\pm$ 1.82 ^{bc}
7	24/13/28	8.89 $\pm$ 1.40 ^{ab}	11.76 $\pm$ 1.61 ^{abc}
8	RFD 3-2	11.80 $\pm$ 1.87 ^{gh}	15.23 $\pm$ 1.19 ^h
9	25/14/19	10.23 $\pm$ 1.66 ^{cde}	13.69 $\pm$ 0.92 ^{fg}
10	27/15/21	9.78 $\pm$ 1.74 ^{bcd}	11.99 $\pm$ 1.58 ^{abc}
11	RFD 3-3	11.68 $\pm$ 1.76 ^{gh}	13.59 $\pm$ 2.11 ^{fg}
12	28/16/15	12.25 $\pm$ 2.03 ^h	13.92 $\pm$ 1.73 ^{fg}
13	29/16/24	12.18 $\pm$ 1.80 ^h	13.64 $\pm$ 0.73 ^{fg}
14	29/16/28	8.33 $\pm$ 1.55 ^a	11.78 $\pm$ 1.71 ^{abc}
15	29/17/15	10.18 $\pm$ 1.84 ^{cde}	14.05 $\pm$ 1.77 ^{fg}
16	30/17/16	10.13 $\pm$ 1.71 ^{cde}	13.47 $\pm$ 1.42 ^{efg}
17	RFD 3-4	10.49 $\pm$ 1.23 ^{gef}	14.43 $\pm$ 0.87 ^{gh}
18	31/18/10	9.29 $\pm$ 1.38 ^{abc}	13.25 $\pm$ 1.46 ^{ef}
19	RFD 3-1	10.16 $\pm$ 1.93 ^{cde}	13.17 $\pm$ 1.99 ^{def}
20	33/19/3	9.68 $\pm$ 1.56 ^{bcd}	12.62 $\pm$ 1.06 ^{cde}
21	33/19/5	10.73 $\pm$ 1.98 ^{defg}	11.21 $\pm$ 1.95 ^a
22	33/19/8	11.77 $\pm$ 2.20 ^{gh}	11.83 $\pm$ 1.70 ^{abc}
23	RFD 3-5	10.11 $\pm$ 1.30 ^{cde}	13.52 $\pm$ 1.25 ^{efg}
Mean $\pm$ S.D.		10.45 $\pm$ 2.06	12.96 $\pm$ 1.83
F-value		18.298	27.518
P-value		<0.01**	<0.01**

Remark: **Highly significant difference ($p < 0.01$)

การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกสมการมวลชีวภาพในรูปแบบของ DBH²H เนื่องจากมีค่า R² สูงสุด ทั้ง 3 สมการ โดยสมการประเมินมวลชีวภาพส่วนลำต้นมีค่า R² = 0.9744 มวลชีวภาพส่วนกิ่งมีค่า R² = 0.5639 มวลชีวภาพส่วนใบมีค่า R² = 0.7686 ทั้งนี้ สมการมวลชีวภาพของลำต้นให้ค่า R² สูงกว่า สมการมวลชีวภาพของกิ่ง และใบ อาจเนื่องมาจากต้นไม้ตัวอย่างมาจาก 23 สายต้น ซึ่งมีรูปทรงลำต้น การแตกกิ่ง และปริมาณใบที่แตกต่างกัน แตกต่างจากการศึกษาของ Choensaad *et al.* (2016) ซึ่งพัฒนาสมการเฉพาะของสายต้นกระถินณรงค์ ลูกผสม 6 สายต้น ทำให้ค่า R² ของสมการมวลชีวภาพของกิ่ง และใบมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงสร้างสมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพื่อประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ซึ่งมีค่า R² = 0.9617 มาใช้แทนผลรวมของมวลชีวภาพ

ของลำต้น กิ่ง และใบ จะเหมาะสมมากกว่า (Figure 3) สำหรับสมการน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ และปริมาตรส่วนที่เป็นสินค้าได้ เลือกตัวแปรรูปแบบของ DBH²H เนื่องจากมีค่า R² สูงสุด เช่นกัน โดยสมการน้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ มีค่า R² = 0.9812 และสมการปริมาตรลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ มีค่า R² = 0.9834 ซึ่งค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับสมการมวลชีวภาพของลำต้น (Figure 3) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Sriarkarin *et al.* (2022) ซึ่งทำการประเมินผลผลิตของไม้กระถินเทพาอายุ 6 ปี ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า สมการปริมาตรไม้ที่ทำเป็นสินค้าได้ของกระถินเทพา อายุ 6 ปี ใช้สมการแอลโลเมตรีที่มีตัวแปร DBH เพียงอย่างเดียว และเป็นสมการที่ให้ค่า R² สูงเช่นกัน (R² = 0.9430)

จากการทดสอบสมการทั้ง 6 สมการข้างต้น โดยใช้ข้อมูลชุดที่ 2 จำนวน 23 ต้น สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาคสนามและข้อมูลจากการคำนวณจากสมการ พบว่าสมการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับลำต้น ได้แก่ มวลชีวภาพส่วนลำต้น น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ และ ปริมาตรลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ ให้ค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 99 โดยสมการมวลชีวภาพส่วนลำต้นมีค่า $R^2 = 0.9923$ สมการ

น้ำหนักสดของลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ มีค่า $R^2 = 0.9946$ และสมการปริมาตรลำต้นส่วนที่เป็นสินค้าได้ มีค่า $R^2 = 0.9933$ ตรงข้ามกับสมการมวลชีวภาพส่วนกิ่ง และมวลชีวภาพส่วนใบซึ่งมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 85 (Figure 4) ดังนั้นการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินควรเลือกใช้สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดินซึ่งมีค่าความถูกต้องมากกว่า ($R^2 = 0.9479$) จึงมีความแม่นยำมากกว่า

Table 3 Allometric equations for biomass, stem fresh weight and stem volume of 23 *Acacia auriculiformis* hybrid clones planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

Y	X	Equation	R^2
Biomass	DBH ² H	$W_s = 0.0126(DBH^2H)^{1.0547}$	0.9744
		$W_b = 0.0020(DBH^2H)^{1.0930}$	0.5639
		$W_l = 0.0040(DBH^2H)^{0.8836}$	0.7686
		$W_{ABG} = 0.0177(DBH^2H)^{1.0464}$	0.9617
Stem fresh weight	DBH ² H	$W_f = 0.0245(DBH^2H)^{1.0481}$	0.9812
Stem volume	DBH ² H	$V_s = 0.000072(DBH^2H)^{0.9134}$	0.9834

Remarks: W_s = stem biomass (kg); W_b = branch biomass (kg); W_l = leaf biomass (kg); W_{ABG} = aboveground biomass (kg); W_f = stem fresh weight (kg); V_s = stem volume (m³); H = tree height (m); DBH = diameter at breast height (cm)

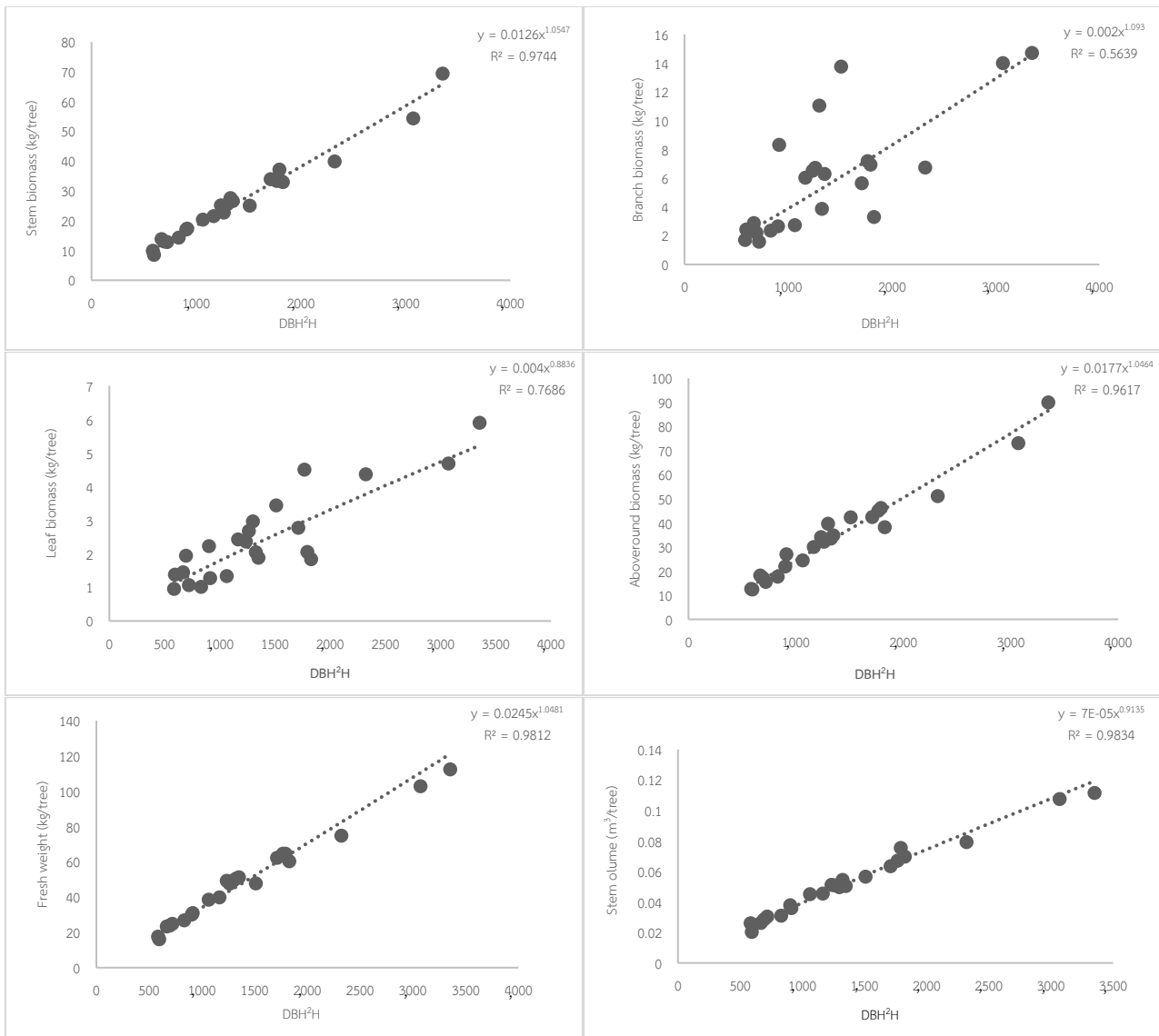


Figure 3 Relationship between biomass, stem fresh weight and stem volume of *Acacia auriculiformis* hybrid clones at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

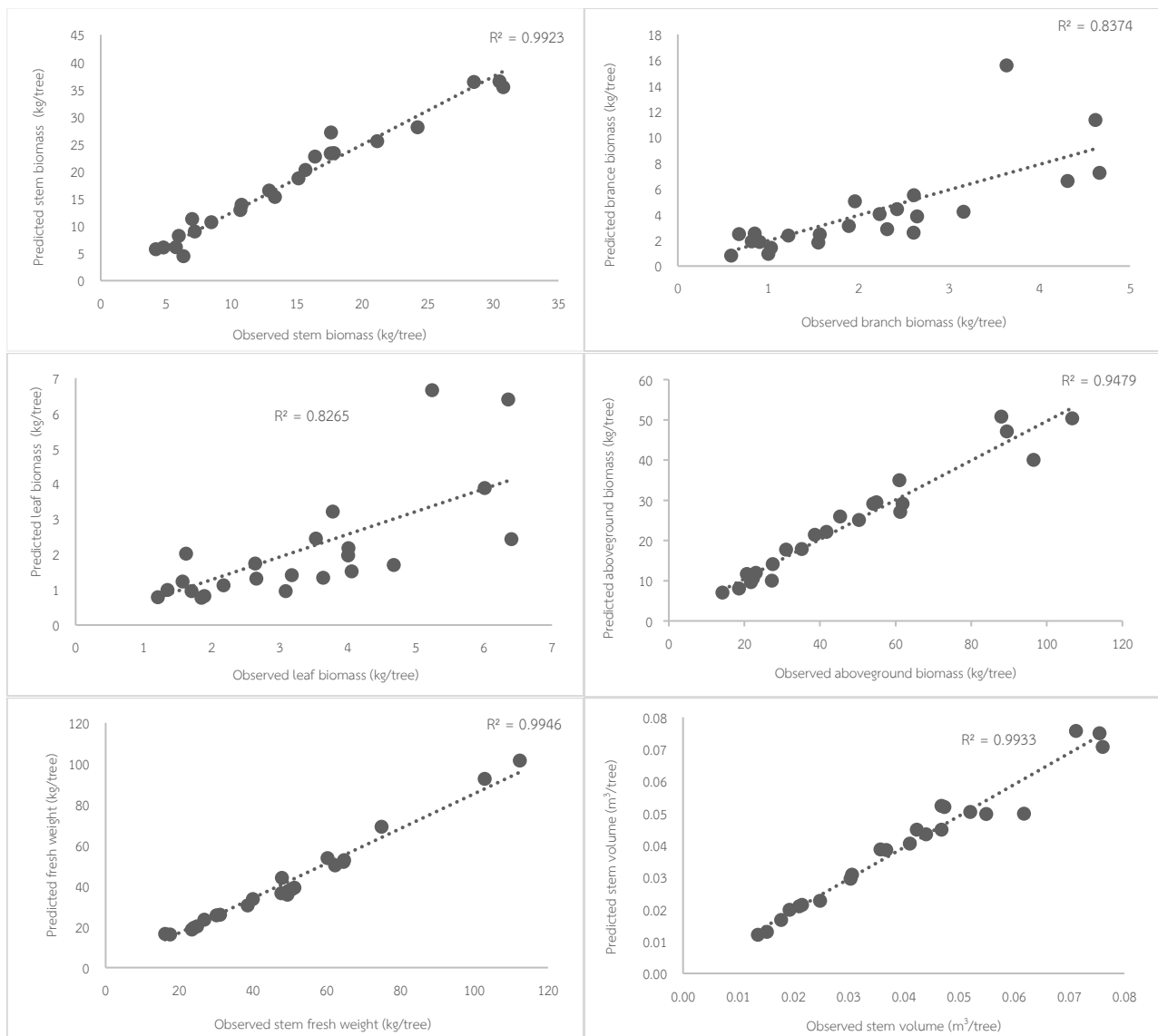


Figure 4 Relationship between observed and predicted values of biomass, stem fresh weight and stem volume of *Acacia auriculiformis* hybrid clones at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)

มวลชีวภาพ น้ำหนักสดของลำต้น และปริมาตรของลำต้น

การศึกษามวลชีวภาพของสายต้นกระถินณรงค์กลุ่มสมจำนวน 23 สายต้น พบว่า สายต้นปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพรวมสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนลำต้น มีค่าเท่ากับ 67.50, 64.96 และ 64.15 ตันต่อเฮกตาร์ มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนกิ่ง เท่ากับ 14.39, 13.84 และ 13.69 ตันต่อเฮกตาร์ มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนใบ เท่ากับ 5.75, 5.55 และ 5.44 ตันต่อเฮกตาร์ และมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงสุด เท่ากับ 87.64, 84.35 และ 83.27 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกัน พบว่า มวลชีวภาพส่วนลำต้นของสายต้น 14, สายต้น 6 และสายต้น 7 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 30.07, 30.08, และ 30.11 ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพส่วนกิ่งของสายต้น 14, 7 และ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 6.22, 6.24 และ 7.13 ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพส่วนใบของสายต้น 7,

สายต้น 14 และสายต้น 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2.91, 2.94 และ 3.24 ตันต่อเฮกตาร์ และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสายต้น 14, 7 และสายต้น 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 32.24, 39.26 และ 44.60 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการศึกษาน้ำหนักสดของลำต้น พบว่า สายต้นปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของลำต้นสูงสุดเท่ากับ 102.12, 98.31 และ 97.04 ตันต่อเฮกตาร์ และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 45.75, 45.78 และ 52.00 ตันต่อเฮกตาร์ ทั้งนี้ มวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม น้ำหนักสดของลำต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติระหว่างสายต้น ($p < 0.01$) (Table 4) และจากผลการศึกษามวลชีวภาพ น้ำหนักสดของลำต้น และปริมาตรของลำต้น มีค่าสูงก็เพราะว่ากระถินณรงค์กลุ่มสมจำนวน 23 สายต้นนั้นมีการเติบโตที่ติดตามค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และค่าความสูง (H) ที่ได้แสดงไว้ข้างต้น

Table 4 Biomass, stem fresh weight and stem volume of *Acacia auriculiformis* hybrid clones planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima) (mean $\pm$ standard deviation)

Clone No.	Clone reference	Biomass (t/ha)				Stem fresh weight (t/ha)	Stem volume (m ³ /ha)
		Stem	Branch	Leaf	Aboveground		
1	1/1/7	58.45 $\pm$ 28.38 ^g	12.41 $\pm$ 6.22 ^{hi}	5.07 $\pm$ 2.12 ^g	75.94 $\pm$ 36.70 ^g	88.50 $\pm$ 42.72 ^h	114.34 $\pm$ 49.06 ^{gh}
2	1/1/11	44.74 $\pm$ 26.28 ^{cdef}	9.43 $\pm$ 5.76 ^{cdefg}	4.02 $\pm$ 1.98 ^{cde}	58.16 $\pm$ 34.01 ^{cdef}	67.83 $\pm$ 39.60 ^{cdef}	90.10 $\pm$ 45.79 ^{cdef}
3	1/1/12	41.46 $\pm$ 18.89 ^{bcde}	8.69 $\pm$ 4.08 ^{bcdef}	3.81 $\pm$ 1.51 ^{bcde}	53.96 $\pm$ 24.47 ^{bcde}	62.91 $\pm$ 28.50 ^{bcde}	85.11 $\pm$ 34.52 ^{bcde}
4	13/8/9	34.23 $\pm$ 17.62 ^{ab}	7.13 $\pm$ 3.77 ^{ab}	3.24 $\pm$ 1.46 ^a	44.60 $\pm$ 22.85 ^{ab}	52.00 $\pm$ 26.64 ^{ab}	71.96 $\pm$ 33.16 ^{ab}
5	13/8/11	49.07 $\pm$ 21.38 ^{ef}	10.37 $\pm$ 4.65 ^{fg}	4.36 $\pm$ 1.65 ^{de}	69.79 $\pm$ 27.67 ^{ef}	74.36 $\pm$ 32.23 ^{ef}	97.90 $\pm$ 38.00 ^{ef}
6	14/8/19	30.08 $\pm$ 14.90 ^{bcd}	8.32 $\pm$ 3.83 ^{bcde}	3.64 $\pm$ 1.42 ^{bc}	51.63 $\pm$ 23.01 ^{bcd}	60.20 $\pm$ 26.83 ^{bcd}	81.35 $\pm$ 32.61 ^{bcd}
7	24/13/28	30.11 $\pm$ 13.94 ^a	6.24 $\pm$ 2.96 ^a	2.91 $\pm$ 1.20 ^a	39.26 $\pm$ 18.12 ^a	45.78 $\pm$ 21.11 ^a	64.44 $\pm$ 27.21 ^a
8	RFD 3-2	67.50 $\pm$ 21.51 ^h	14.39 $\pm$ 4.72 ⁱ	5.75 $\pm$ 1.61 ^h	87.64 $\pm$ 27.82 ^h	102.12 $\pm$ 32.69 ^h	130.02 $\pm$ 37.24 ⁱ
9	25/14/19	47.92 $\pm$ 23.54 ^{def}	10.09 $\pm$ 5.10 ^{defg}	4.31 $\pm$ 1.86 ^{de}	62.32 $\pm$ 30.49 ^{def}	72.65 $\pm$ 35.52 ^{def}	96.59 $\pm$ 42.71 ^{def}
10	27/15/21	39.79 $\pm$ 21.89 ^{bcd}	8.33 $\pm$ 4.70 ^{bcde}	3.68 $\pm$ 1.79 ^{bcd}	51.79 $\pm$ 28.39 ^{bcd}	60.39 $\pm$ 33.09 ^{bcd}	82.08 $\pm$ 40.81 ^{bcde}
11	RFD 3-3	59.51 $\pm$ 23.84 ^g	12.65 $\pm$ 5.22 ^{hi}	5.15 $\pm$ 1.79 ^{gh}	77.37 $\pm$ 30.84 ^{gh}	90.10 $\pm$ 35.90 ^{gh}	116.18 $\pm$ 41.37 ^{hi}
12	28/16/15	64.15 $\pm$ 22.95 ^g	13.69 $\pm$ 4.99 ^{hi}	5.44 $\pm$ 1.78 ^{gh}	83.27 $\pm$ 29.71 ^{gh}	97.04 $\pm$ 34.60 ^{gh}	123.14 $\pm$ 40.97 ^{hi}
13	29/16/24	64.96 $\pm$ 25.39 ^g	13.84 $\pm$ 5.55 ^{hi}	5.55 $\pm$ 1.92 ^{gh}	84.35 $\pm$ 32.85 ^{gh}	98.31 $\pm$ 38.24 ^{gh}	125.57 $\pm$ 44.50 ^{hi}
14	29/16/28	30.07 $\pm$ 14.90 ^{bcd}	6.22 $\pm$ 3.17 ^a	2.94 $\pm$ 1.26 ^a	32.24 $\pm$ 19.33 ^a	45.75 $\pm$ 22.55 ^a	81.20 $\pm$ 27.04 ^a
15	29/17/15	48.20 $\pm$ 20.36 ^{def}	10.16 $\pm$ 4.39 ^{efg}	4.32 $\pm$ 1.64 ^{def}	62.68 $\pm$ 26.38 ^{def}	73.07 $\pm$ 30.74 ^{def}	96.78 $\pm$ 37.57 ^{def}
16	30/17/16	42.79 $\pm$ 16.93 ^{bcdef}	8.99 $\pm$ 3.67 ^{bcdefg}	3.89 $\pm$ 1.32 ^{bcde}	55.68 $\pm$ 21.92 ^{bcdef}	64.90 $\pm$ 25.54 ^{bcdef}	87.06 $\pm$ 30.43 ^{bcdef}
17	RFD 3-4	50.32 $\pm$ 15.97 ^f	10.61 $\pm$ 3.45 ^g	4.52 $\pm$ 1.36 ^{ef}	65.42 $\pm$ 20.69 ^f	76.28 $\pm$ 24.10 ^f	101.03 $\pm$ 28.86 ^{fg}
18	31/18/10	37.71 $\pm$ 12.68 ^{abc}	7.86 $\pm$ 2.73 ^{abc}	6.56 $\pm$ 1.03 ^{bc}	49.16 $\pm$ 16.43 ^{abc}	57.20 $\pm$ 19.15 ^{abc}	79.07 $\pm$ 23.46 ^{bc}
19	RFD 3-1	45.68 $\pm$ 22.68 ^{cdef}	9.62 $\pm$ 4.89 ^{cdefg}	4.11 $\pm$ 1.82 ^{cde}	59.41 $\pm$ 29.38 ^{cdef}	69.26 $\pm$ 34.24 ^{cdef}	92.15 $\pm$ 41.60 ^{cdef}
20	33/19/3	39.25 $\pm$ 13.64 ^{bcd}	8.20 $\pm$ 2.94 ^{bcd}	3.67 $\pm$ 1.11 ^{bcd}	51.13 $\pm$ 17.68 ^{bcd}	59.62 $\pm$ 20.61 ^{bcd}	81.78 $\pm$ 25.27 ^{bcd}
21	33/19/5	39.98 $\pm$ 16.66 ^{bcd}	8.39 $\pm$ 3.61 ^{bcde}	3.66 $\pm$ 1.32 ^{bcd}	52.03 $\pm$ 21.58 ^{bcd}	60.66 $\pm$ 25.15 ^{bcd}	81.79 $\pm$ 30.22 ^{bcd}
22	33/19/8	46.14 $\pm$ 17.90 ^{cdef}	9.76 $\pm$ 3.91 ^{cdefg}	4.07 $\pm$ 1.36 ^{cde}	59.97 $\pm$ 23.17 ^{cdef}	69.96 $\pm$ 26.98 ^{cdef}	91.48 $\pm$ 31.45 ^{cdef}
23	RFD 3-5	43.64 $\pm$ 14.55 ^{cdef}	9.15 $\pm$ 3.13 ^{cdefg}	3.99 $\pm$ 1.19 ^{cde}	56.78 $\pm$ 18.85 ^{cdef}	74.28 $\pm$ 24.10 ^{cdef}	89.20 $\pm$ 27.04 ^{cdef}
Mean $\pm$ S.D.		41.21 $\pm$ 22.36	8.68 $\pm$ 4.86	3.70 $\pm$ 1.73	53.60 $\pm$ 28.95	62.49 $\pm$ 33.72	82.97 $\pm$ 39.94
F-value		15.268	15.486	13.948	15.232	15.228	14.218
P-value		<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**

Remark: **Highly significant difference ($p < 0.01$).

เมื่อเปรียบเทียบถึงมวลชีวภาพรวม (เหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน) พบว่า สายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 99.30, 95.32 และ 94.10 ต้นต่อเฮกตาร์ และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 มีค่าต่ำสุดเช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.34, 44.36 และ 50.40 ต้นต่อเฮกตาร์ และการศึกษาความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพรวม พบว่า สายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 19.81, 19.06 และ 18.82 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 8.86, 8.87 และ 10.08 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี เช่นกัน ทั้งนี้ มวลชีวภาพรวม และความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 5) เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของอะคาเซียลูกผสม 6 สายต้น อายุ 4 ปี ในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว พบว่า กระถินณรงค์ลูกผสมสายต้น 14 (QLD x QLD) มีมวลชีวภาพของลำต้นสูงสุด เท่ากับ 38.61 ต้นต่อเฮกตาร์ แต่สายต้น 1 (NT x QLD) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด เท่ากับ 76.22 ต้นต่อเฮกตาร์ เนื่องจากมีมวลชีวภาพของกิ่งและใบรวมกันมากกว่าร้อยละ 50 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ทั้งสองสายต้นมีความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพเหนือดิน 14.13 และ 19.06 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ (Choengsaad *et al.*, 2016) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับความเพิ่มพูนมวลชีวภาพของกระถินณรงค์ลูกผสมสายต้นที่เติบโตดีที่ทำการศึกษา (16.47–17.13 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี) ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นที่และปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกัน ในทางตรงข้าม Khotrma *et al.* (2016) ทำการศึกษามวลชีวภาพของอะคาเซียลูกผสม 6 สายต้น อายุ 4 ปี ที่ปลูกในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ลูกผสมกระถินณรงค์และกระถินเทพาสายต้น 3 (NT x *A. mangium*) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงสุด 25.14 ต้นต่อเฮกตาร์ และกระถินณรงค์ลูกผสมสายต้น 14 (QLD x QLD) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินต่ำสุดเพียง 19.19 ต้นต่อเฮกตาร์ และคิดความเพิ่มพูนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพียง 6.29 และ 4.80 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพพื้นที่ดินเสื่อมโทรมและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีเพียง 1,067 มิลลิเมตร

นอกจากนี้ ผลการศึกษาปริมาตรไม้ที่ใช้เป็นสินค้าได้ของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสม จำนวน 23 สายต้น พบว่า กระถินณรงค์ลูกผสมสายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าเฉลี่ยของปริมาตรไม้สูงสุด เท่ากับ 130.02, 125.57 และ 123.14 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และสายต้น 7, สายต้น 4 และสายต้น 14 เท่ากับ 64.44, 71.96 และ 81.20 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และปริมาตรไม้เฉลี่ยของกระถินณรงค์ลูกผสมแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 4) ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประเมินผลผลิตของไม้กระถินเทพาอายุ 6 ปี ในสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพบว่า ปริมาตรไม้กระถินเทพาที่ทำเป็นสินค้าได้เท่ากับ 70.81 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ หรือ 11.80 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (Sriarkarin *et al.*, 2022)

ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากชนิดที่ต่างกัน และรูปแบบสมการที่ใช้ประเมินปริมาตรแตกต่างกัน ซึ่งปริมาตรไม้กระถินเทพาประเมินจากสมการที่มี DBH เป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

การศึกษาค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เนื่องจากการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของสวนป่าส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมวลชีวภาพของสวนป่ามากกว่า ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (Diloksumpun, 2007) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า สายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด เท่ากับ 47.20, 45.43 และ 44.85 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 21.13, 21.14 และ 24.02 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของการกักเก็บคาร์บอนของสายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 9.44, 9.09 และ 8.97 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 มีค่าเท่ากับ 4.22, 4.23 และ 4.80 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี คิดเป็นอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสายต้น ปม.3-2, สายต้น 13 และสายต้น 12 เท่ากับ 34.61, 33.32 และ 32.88 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี และสายต้น 14, สายต้น 7 และสายต้น 4 เท่ากับ 15.49, 15.50 และ 17.61 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งสายต้น ปม.3-2 มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสองเท่าของสายต้น 14 ทั้งนี้ การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของการกักเก็บคาร์บอน และอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งทางสถิติระหว่างสายต้น ($p < 0.01$) (Table 5) จากการรวบรวมข้อมูลของ Faculty of Forestry (2011) เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของกระถินณรงค์ ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง และเหมาะสมน้อย พบว่า มีค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 8.64, 5.92 และ 3.91 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ หรือคิดเป็นอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 31.68, 27.71 และ 14.32 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งสายต้นที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด 3 ลำดับแรก มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (32.88 - 34.61 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี) มากกว่ากระถินณรงค์ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก ในทำนองเดียวกัน สายต้นที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด 3 ลำดับแรก มีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (15.49 - 17.61 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี) สูงกว่ากระถินณรงค์ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยเพียงเล็กน้อย ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการเลือกสายต้น และลักษณะทางพันธุกรรมของกระถินณรงค์ลูกผสมให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก

Table 5 Total biomass, mean annual increment (MAI), carbon storage and sequestration of *Acacia auriculiformis* hybrid clones planted at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima) (mean $\pm$ standard deviation)

Clone No.	Clone reference	Total biomass (t/ha)	MAI (t/ha/yr)	Carbon storage (t C/ha)	Carbon sequestration (t C/ha/yr)	Carbon sequestration (t CO ₂ /ha/yr)
1	1/1/7	85.81 $\pm$ 41.48 ^g	17.16 $\pm$ 8.30 ^g	40.89 $\pm$ 19.77 ^g	8.18 $\pm$ 3.95 ^g	29.99 $\pm$ 14.50 ^g
2	1/1/11	65.75 $\pm$ 38.43 ^{cdef}	13.05 $\pm$ 7.69 ^{cdef}	31.33 $\pm$ 18.32 ^{cdef}	6.27 $\pm$ 3.66 ^{cdef}	22.98 $\pm$ 13.43 ^{cdef}
3	1/1/12	60.97 $\pm$ 27.66 ^{bcde}	12.19 $\pm$ 5.53 ^{bcde}	29.06 $\pm$ 13.18 ^{bcde}	5.81 $\pm$ 2.64 ^{bcde}	21.31 $\pm$ 9.67 ^{bcde}
4	13/8/9	50.40 $\pm$ 25.81 ^{ab}	10.08 $\pm$ 5.16 ^{ab}	24.02 $\pm$ 12.03 ^{ab}	4.80 $\pm$ 2.46 ^{bcd}	17.61 $\pm$ 9.02 ^{ab}
5	13/8/11	72.08 $\pm$ 31.27 ^{ef}	14.42 $\pm$ 6.25 ^{ef}	34.35 $\pm$ 14.90 ^{ef}	6.87 $\pm$ 2.98 ^{ef}	25.19 $\pm$ 10.93 ^{ef}
6	14/8/19	58.35 $\pm$ 26.01 ^{bcd}	11.67 $\pm$ 5.20 ^{bcd}	27.81 $\pm$ 12.39 ^{bcd}	5.56 $\pm$ 2.48 ^{bcd}	20.39 $\pm$ 9.09 ^{bcd}
7	24/13/28	44.36 $\pm$ 20.45 ^a	8.87 $\pm$ 4.09 ^a	21.14 $\pm$ 9.75 ^a	4.23 $\pm$ 1.95 ^a	15.50 $\pm$ 7.15 ^a
8	RFD 3-2	99.03 $\pm$ 31.44 ^h	19.81 $\pm$ 6.29 ^h	47.20 $\pm$ 14.99 ^h	9.44 $\pm$ 3.00 ^h	34.61 $\pm$ 10.99 ^h
9	25/14/19	70.42 $\pm$ 34.45 ^{def}	14.08 $\pm$ 6.89 ^{def}	33.56 $\pm$ 16.42 ^{def}	6.71 $\pm$ 3.28 ^{def}	24.61 $\pm$ 12.04 ^{def}
10	27/15/21	58.53 $\pm$ 32.08 ^{bcd}	11.71 $\pm$ 6.42 ^{bcd}	27.89 $\pm$ 15.29 ^{bcd}	5.58 $\pm$ 3.06 ^{bcd}	20.46 $\pm$ 11.21 ^{bcd}
11	RFD 3-3	87.36 $\pm$ 34.85 ^{gh}	17.47 $\pm$ 6.97 ^{gh}	41.63 $\pm$ 16.61 ^{gh}	8.33 $\pm$ 3.32 ^{gh}	30.53 $\pm$ 12.18 ^{gh}
12	28/16/15	94.10 $\pm$ 33.57 ^{gh}	18.82 $\pm$ 6.71 ^{gh}	44.85 $\pm$ 16.00 ^{gh}	8.97 $\pm$ 3.20 ^{gh}	32.88 $\pm$ 11.73 ^{gh}
13	29/16/24	95.32 $\pm$ 37.12 ^{gh}	19.06 $\pm$ 7.42 ^{gh}	45.43 $\pm$ 17.69 ^{gh}	9.09 $\pm$ 3.54 ^{gh}	33.32 $\pm$ 12.97 ^{gh}
14	29/16/28	44.34 $\pm$ 21.84 ^a	8.86 $\pm$ 4.37 ^a	21.13 $\pm$ 10.41 ^a	4.22 $\pm$ 2.08 ^a	15.50 $\pm$ 7.63 ^a
15	29/17/15	70.83 $\pm$ 29.81 ^{def}	14.17 $\pm$ 5.96 ^{def}	33.76 $\pm$ 14.21 ^{def}	6.75 $\pm$ 2.84 ^{def}	24.75 $\pm$ 10.42 ^{def}
16	30/17/16	62.90 $\pm$ 24.77 ^{bcdef}	12.58 $\pm$ 4.95 ^{bcde}	29.98 $\pm$ 11.81 ^{bcdef}	6.00 $\pm$ 2.36 ^{bcdef}	21.99 $\pm$ 8.66 ^{bcdef}
17	RFD 3-4	73.93 $\pm$ 23.38 ^f	14.79 $\pm$ 4.68 ^f	35.23 $\pm$ 11.14 ^f	7.05 $\pm$ 2.23 ^f	25.84 $\pm$ 8.17 ^f
18	31/18/10	55.51 $\pm$ 18.56 ^{abc}	11.10 $\pm$ 3.71 ^{abc}	26.46 $\pm$ 8.85 ^{abc}	5.29 $\pm$ 1.77 ^{abc}	19.40 $\pm$ 6.49 ^{abc}
19	RFD 3-1	67.14 $\pm$ 33.20 ^{cdef}	13.43 $\pm$ 6.64 ^{cdef}	32.00 $\pm$ 15.82 ^{cdef}	6.40 $\pm$ 3.16 ^{cdef}	23.46 $\pm$ 11.60 ^{cdef}
20	33/19/3	57.77 $\pm$ 19.98 ^{bcd}	11.55 $\pm$ 3.99 ^{bcd}	27.54 $\pm$ 9.52 ^{bcd}	5.51 $\pm$ 1.90 ^{cdef}	20.19 $\pm$ 6.98 ^{bcd}
21	33/19/5	58.79 $\pm$ 24.38 ^{bcd}	11.76 $\pm$ 4.88 ^{bcd}	28.02 $\pm$ 11.62 ^{bcd}	5.60 $\pm$ 2.32 ^{bcd}	20.55 $\pm$ 8.52 ^{bcd}
22	33/19/8	67.77 $\pm$ 26.18 ^{cdef}	13.55 $\pm$ 5.24 ^{cdef}	32.30 $\pm$ 12.48 ^{cdef}	6.46 $\pm$ 2.50 ^{cgef}	23.68 $\pm$ 9.15 ^{cdef}
23	RFD 3-5	64.16 $\pm$ 21.30 ^{cdef}	12.83 $\pm$ 4.26 ^{cdef}	30.58 $\pm$ 10.15 ^{cdef}	6.12 $\pm$ 2.03 ^{cdef}	22.42 $\pm$ 7.45 ^{cdef}
Mean $\pm$ S.D.		60.57 $\pm$ 32.71	12.11 $\pm$ 6.54	28.87 $\pm$ 15.59	5.77 $\pm$ 3.11	23.83 $\pm$ 11.43
F-value		15.232	15.232	15.232	15.232	15.232
P-value		<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**

Remark: **Highly significant difference ($p \leq 0.01$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนของกระถินณรงค์ลูกผสม 23 สายต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสายต้น สายต้น ปม.3-2 ซึ่งเป็นสายต้นที่ได้รับการจดทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ และสายต้น 12 และสายต้น 13 มีศักยภาพทั้งการเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด ตามลำดับ โดยที่ทั้ง 3 สายต้นนี้ก็มีลักษณะรูปทรงลำต้นเปลาตรง ไม่มีการแตกนางที่ระดับต่ำ และมีกิ่งขนาดใหญ่จำนวนน้อย ทำให้มีน้ำหนักสดและปริมาตรของลำต้นที่ใช้เป็นสินค้าได้สูงที่สุดด้วยเช่นกัน ทั้ง 3 สายต้นนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะปลูกโดยใช้รอบตัดฟันยาวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นไม้แปรรูป นอกจากนี้ยังพบว่า สายต้นที่มีศักยภาพเหล่านี้มีมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ และอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสองเท่าของสายต้นที่มีศักยภาพต่ำ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการเลือกสายต้น และลักษณะทางพันธุกรรมของกระถินณรงค์ลูกผสมให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก (site matching) ดังนั้น สายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมเหล่านี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่อื่นที่มีสภาพใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ลักษณะดิน สภาพภูมิอากาศ และพืชพรรณตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพ ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ของสายต้นกระถินณรงค์ลูกผสมในการศึกษานี้มีรูปแบบการปลูกที่ต่างกันทำให้แต่ละรูปแบบมีความหนาแน่นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษานี้จึงแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 รูปแบบ จึงควรมีการวิเคราะห์ความแตกต่างของการเติบโต มวลชีวภาพ น้ำหนักสด ปริมาตร และการกักเก็บคาร์บอน ในการปลูกแต่ละรูปแบบ เพื่อวิเคราะห์รูปแบบที่ให้ศักยภาพของการเติบโตและผลผลิตสูงสุด และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์แต่ละประเภทต่อไป

คำนิยาม

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีคณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ คุณนรินทร์ เทศสร หัวหน้าศูนย์วนวัฒนวิจัยที่ 6 (นครราชสีมา) และคณะเจ้าหน้าที่ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และให้ความคิดเห็นและคำแนะนำที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

Avery, T. E. 1967. **Forest Measurements**. McGraw - Hill Inc. New York, USA.

Choengsaad, J., Poolsiri, R., Diloksumpun, S. 2016. Growth, biomass and nutrient content of *Acacia hybrid* clones in Sa Kaeo province. **Journal of Forestry**, 35(2): 54-65. (in Thai)

Diloksumpun, S. 2007. Carbon storage in forests and global warming. **Journal of Soil and Water Conservation**, 22(3): 40-49. (in Thai)

Diloksumpun, S., Wongprom, J. 2016. **Clonal Test of *Acacia auriculiformis* Hybrids on Mining Rehabilitation Area at Phang-Nga Forestry Research Station, Phang-Nga Province**. Final Report, Kasetsart University Research and Development Institute, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Diloksumpun, S., Wongprom, J., A-kakhun, S. 2016. Growth and phyllode functional traits of *Acacia hybrid* clones planted on a post mining rehabilitation site in southern Thailand. In: **Proceedings of SEAMEO BIOTROP 2nd International Conference on Tropical Biology "Ecological Restoration in Southeast Asia: Challenges, Gains, and Future Directions"**, SEAMEO BIOTROP, Bogor-INDONESIA, 12-13 October 2015, pp. 98-112.

Faculty of Forestry. 2011. **Handbook on the Potential of Tree Species for Promotion under the A/R Clean Development Mechanism Project**. Aksorn Siam, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Faculty of Forestry. 2017. **Strategy and Action Plan for Extension of Integrated Economic Trees (2018-2036)**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Kha, L.D., Nguyen N.D., Hai D., Vinh H.Q. 1998. Clonal Tests and Propagation Options for Natural Hybrids between *Acacia mangium* and *A. auriculiformis*. In: Turnbull JW (Ed.), **Advances in Tropical Acacia Research**. Proceedings of an international workshop held in Bangkok, Thailand, 11-15 February 1991. pp. 203-210.

Khotrma, R., Poolsiri, R., Haruthaithanasan, M. 2016. Aboveground biomass and nutrient content of various *Acacia hybrid* clones planted on degraded soil at Kanchanaburi province. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 34: 21-30. (in Thai)

Kira, T., Shidei, T. 1967. Primary production and turnover of organic matter in difference forest ecosystems of the Western Pacific. **Japanese Journal of Ecology**, 17(2): 70-87.

- Luangviriyasaeng, V. 2002. Breeding *Acacia* species for commercial plantations. In: **The Proceedings of the 7th Silviculture Seminar, “Silviculture for the Development of Economic Forest Plantations”** Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 1-10. (in Thai)
- Luangviriyasaeng, V. 2013. **Economic Fast-growing Tree Improvement for Farmers and Community.** Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Luangviriyasaeng, V., Pinyopusarerk, K., Pitpreecha, K., Simsiri, A., Kiatvuttinand, B. 1995. Early growth of *acacia auriculiformis* progeny trials. **Journal of Forestry**, 14: 81-93. (in Thai)
- R Core Team. 2022. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** <https://www.R-project.org/>, 17 November 2023.
- Royal Forest Department. 2023. **Forest Area Statistics.** <https://data.forest.go.th/dataset/> <https-www-forest-go-th-land>, 18 August 2024. (in Thai)
- Royampaeng, S. 2001. **Physiology of Intraspecific and Interspecific Hybrids of *Acacia auriculiformis*** A. Cunn. E Benth. Ph.D. Thesis, Northern Territory University, Australia.
- Royampaeng, S. 2002. Growth and physiological performance of *Acacia auriculiformis* x *A. mangium* hybrids. In: **Proceedings of the 7th Silviculture Seminar. “Silviculture for the Development of Economic Forest Plantations”** Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 370-382. (in Thai)
- Sahunala, P. 2009. Biomass estimation of plants and forests. **Forestry Management Journal**, 3(5): 63-88. (in Thai)
- Sriarkarin, S., Suksard, S., Khunrattanasiri, W., Jundang, W., Junkerd, N., Tuklang, S. 2022. Yield assessment and financial return analysis of 6 years old *Acacia mangium* Willd. at Wang Nam Khiao Forestry Research and Student Training Station, Nakhon Ratchasima province. **Thai Journal of Forestry**, 41(2): 63-74. (in Thai)
- Staporn, D. 2022: **Ecological Application and Silvicultural Practices for Rehabilitation at Sakaerat Silvicultural Research Station Northeastern Thailand.** Ph.D. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thepchatrri, T, Diloksumpun, S. Haruthaithanasan, M. 2018. Clonal variations in growth and some leaf functional traits of *Acacia* hybrids in Fang District, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry**, 37(1): 84-95. (in Thai)
- Viriyabuncha, C. 2003. **Manual for Estimation of Forest Biomass Production.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)

ความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ
อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน
Plant Diversity in Nam Liab Watershed Management Unit,
Thung Chang District, Nan Province, Thailand

दनननर रररर¹, रनरर लररररररर¹, ररररर ररररर¹ ररररर ररररर^{2*}
Danunan Rigan¹, Thanakorn Lattirasuvan¹, Piyapit Khonkaen¹ and Teeka Yotapakdee^{2*}

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹ Department Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

² สาขาการตลาดดิจิทัล มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

² Department of Digital Marketing, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: teekasom@gmail.com

รับต้นฉบับ 9 กรกฎาคม 2567

Received: 9 July 2024

รับแก้ไข 20 สิงหาคม 2567

Revised: 20 August 2024

รับลงพิมพ์ 29 สิงหาคม 2567

Accepted: 29 August 2024

ABSTRACT

Forest restoration in the Nam Liab Watershed Management Unit has increased the diversity of plant species on a continuing basis. This study explored and classified plant diversity in the Nam Liab Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province, Thailand based on line transect plot sampling across the altitudinal range in the study area. All collected data were analyzed using the importance value index (IVI) and the Shannon-Weiner index (H') for dominant species and diversity grading, respectively. Based on the results for the study area, there were 93 species in 82 genera and 59 families of plants. Based on IVI, the top-three tree species were *Pterocarpus macrocarpus*, *Shorea obtusa* and *Dalbergia dongnaiensis*, while the top-three sapling species were *Eurya acuminata*, *Croton persimilis* and *Macaranga denticulata* and the top-three seedling species were *Croton persimilis*, *Eurya acuminata* and *Castanopsis argyrophylla*. Furthermore, the top-three undergrowth species were *Lygodium polystachyum*, *Chromolaena odorata* and *Dioscorea birmanica*. Bamboo were represented by *Gigantochloa albociliata* and *Bambusa nutans*. The H' values for the tree, sapling, seedling, undergrowth and bamboo species were 3.53, 2.57, 2.73, 2.35 and 0.47, respectively, indicating that the forest restoration activities produced successful succession with greater diversity of tree stage species. However, the sapling, seedling undergrowth and bamboo species had been affected by forest fires and cattle grazing that had resulted in poor survival rates for saplings and seedlings. The results should provide useful information for forest restoration management in setting community rules for awareness and conservation in the upper watershed areas. In addition, such action will provide an appropriate response to the policy of the Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation to not only integrate conservation but to also obtain more suitable outputs and outcomes for the Nam Liab Watershed Management Unit.

Keywords: Plant diversity; Watershed management; Nan province

บทคัดย่อ

การฟื้นฟูป่าไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ส่งผลให้ในปัจจุบันมีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ ซึ่งทำให้ป่ามีการฟื้นตัวอย่างต่อเนื่อง การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและศึกษาจำแนกความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ตำบลทุ่งช้าง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ดำเนินการวิจัยด้วยการวางแผนตามแนวเส้น ตามชั้นระดับความสูงเหนือน้ำทะเล เก็บข้อมูลพรรณพืชมาวิเคราะห์ ค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (IVI) และค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener Index (H') เพื่อแสดงชนิดไม้เด่นและระดับของความหลากหลายชนิด ตามลำดับ ผลการศึกษา พบพรรณไม้ทั้งหมด 93 ชนิด 82 สกุล 59 วงศ์ ในพื้นที่ศึกษา โดยชนิดไม้ในชั้นอายุไม้ต้น ที่มีค่าดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา สูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) เต็ง (*Shorea obtusa*) และ เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis*) ชั้นอายุไม้รุ่น (sapling) 3 ลำดับแรก ได้แก่ ปลายसान (*Eurya acuminata*) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) และ ปอตองเตบ (*Macaranga denticulata*) ชั้นอายุกล้าไม้ (seedling) 3 ลำดับแรก ได้แก่ เปล้าใหญ่ ปลายसान และ ก่อหยม (*Castanopsis argyrophylla*) พืชพื้นล่าง (undergrowth) 3 ลำดับแรก ได้แก่ กูดก้อง (*Lygodium polystachyum*) สาบเสือ (*Chromolaena odorata*) และ เครือมันนก (*Dioscorea birmanica*) ไม้ไผ่ (Bamboo) ได้แก่ ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) และไผ่บง (*Bambusa nutans*) โดยค่าดัชนีความหลากหลายชนิดเท่ากับ 3.53, 2.57, 2.73, 2.35 และ 0.47 ตามลำดับ สำหรับชนิดไม้ในชั้นอายุไม้ต้น ไม้รุ่น กล้าไม้ พืชพื้นล่างและไม้ไผ่ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมในการฟื้นฟูป่าสามารถทำให้พรรณไม้มีการทดแทนและมีความหลากหลายชนิดของไม้ในชั้นอายุไม้ต้นสูงขึ้น ตรงกันข้ามกับชนิดไม้ในชั้นอายุไม้รุ่น และกล้าไม้ ที่ได้รับผลกระทบจากไฟป่า และการเลี้ยงสัตว์ที่ปล่อยเข้าไปหากินในพื้นที่ป่า ทำให้กล้าไม้และลูกไม้ส่วนใหญ่ไม่สามารถอยู่รอดได้ ดังนั้น ข้อมูลจากผลการศึกษาในครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการนำไปใช้บริหารจัดการฟื้นฟูป่าไม้ โดยใช้กฎระเบียบของชุมชนเพื่อร่วมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน ที่สอดคล้องกับนโยบายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพรรณพืช ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นการบริหารจัดการพื้นที่อนุรักษ์แบบบูรณาการเท่านั้น แต่ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการพื้นที่ของหน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ การจัดการพื้นที่ต้นน้ำ จังหวัดน่าน

คำนำ

พื้นที่ต้นน้ำน้ำเลียบ ตำบลทุ่งช้าง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน เป็นลำน้ำสาขาของลำน้ำน่าน ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา (Nam Laib Watershed Management Unit, 2023) ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดน่านยังถูกบุกรุกทำลายอย่างต่อเนื่อง จากการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดน่าน ระหว่างปี พ.ศ. 2562-2563 มีพื้นที่ป่าลดลง 6,920.38 ไร่ (1,107.26 เฮกตาร์) คิดเป็น ร้อยละ 0.15 ระหว่างปี 2563-2564 มีพื้นที่ป่าลดลงถึง 7,031.27 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.15 และระหว่างปี 2564-2565 มีพื้นที่ป่าลดลง 5,978.92 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.13 (RFD, 2022) สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตรในพื้นที่ป่าต้นน้ำ ซึ่งการทำการเกษตรบนพื้นที่ดังกล่าวเป็นการใช้ทรัพยากรที่ไม่เหมาะสม จนทำให้ป่าไม้เกิดความเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างรุนแรง เช่น เกิดปัญหาอุทกภัย และเกิดวาตภัย ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ฤดูแล้งมีช่วงระยะเวลายาวนานมากขึ้น แต่ในฤดูฝนมักเกิดปัญหาน้ำท่วม (Khempet and Jongkaewwattana, 2021) ซึ่งปัญหายุทธศาสตร์ดังกล่าว มีแนวโน้มที่จะเกิดความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญระดับประเทศที่ต้องแก้ไข โดยข้อเสนอแนะแนวทางการเตรียมความพร้อม

สำหรับภัยพิบัติของประเทศไทย (Pitchdumrong and Pumtong, 2012) คือ การจัดทำแผนเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติแห่งชาติ การกำหนดหน่วยงานที่ทำหน้าที่ประสานความร่วมมือ เพื่อให้ทิศทางการรับความช่วยเหลือสอดคล้องกับการแก้ปัญหาของประเทศ การจัดตั้งระบบข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ทั้งข้อมูลในประเทศและต่างประเทศ การสร้างความรู้ความเข้าใจในการเตรียมพร้อมรับมือภัยธรรมชาติให้แก่ทุกภาคส่วนอย่างกว้างขวาง ด้วยการสื่อสารในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และการส่งเสริมเครือข่ายอาสาสมัครให้เข้มแข็ง

ป่าไม้ในพื้นที่ต้นน้ำน้ำเลียบ มีชุมชนที่อยู่อาศัยโดยรอบทั้งหมด 4 หมู่บ้าน คือ บ้านทุ่งช้าง บ้านห้วยยาง บ้านทุ่งผึ่ง และบ้านแพะกลาง โดยชุมชนเหล่านี้อยู่ในพื้นที่ที่มีการอนุรักษ์ร่วมกันระหว่างชุมชนและภาครัฐ เกี่ยวกับการอนุรักษ์ป่าและการใช้ประโยชน์ร่วมกัน เนื่องจากพื้นที่มีสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรมและไม่สามารถฟื้นคืนสภาพป่าได้เองตามธรรมชาติ หรือการฟื้นคืนสภาพป่าต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน จึงมีการดำเนินการปลูกฟื้นฟูสภาพป่าด้วยหน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ โดยให้พิจารณาชนิดไม้พื้นถิ่นเป็นอันดับแรก และชนิดไม้เบิกนำ (pioneer species) ให้ปลูกคละกันไม่น้อยกว่า 5 ชนิด โดยคำนึงถึงการผสมผสานกันระหว่างชนิดไม้ที่มีเรือนยอดในชั้นอายุไม้ต้น ไม้รุ่น และไม้พื้นล่าง ในสัดส่วนที่เหมาะสมด้วย (Protected Areas Regional office 15 Chiang Rai, 2021)

ดังนั้น หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ จึงได้ดำเนินการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำลำธารให้เกิดความสมบูรณ์ โดยเป็นโครงการที่มีความยั่งยืน และเปิดโอกาสให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาป่า ซึ่งได้ดำเนินการฟื้นฟูป่าไม้ในพื้นที่เรื่อยมาจนถึง ปี พ.ศ. 2566 นับเป็นเวลา 22 ปี โดยชุมชนที่อยู่รอบ ๆ ป่า ได้ให้ความร่วมมือในการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าค่อนข้างดี ทำให้ป่าไม่มีการฟื้นตัวที่ดีขึ้น แต่ยังคงขาดความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากยังมีการใช้ประโยชน์จากของป่าบางชนิดมากเกินไป และยังขาดการส่งเสริมถึงชนิดไม้ที่เหมาะสมเพื่อปลูกในพื้นที่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาถึงความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ตำบลทุ่งช้าง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกชนิดไม้ที่ควรส่งเสริมให้ปลูกป่า และการวางแผนบริหารจัดการอนุรักษ์ฟื้นฟูป่า ในพื้นที่ป่าต้นน้ำน้ำเลียบได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ตั้งอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำน้ำเลียบ หมู่ที่ 5 ตำบลทุ่งช้าง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน

มีพื้นที่ดำเนินการ 35,041 ไร่ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่าภูคาและป่าผาแดง และเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชัน สลับซับซ้อน อยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1A ลุ่มน้ำชั้นที่ 2, 3, 4 และชั้นที่ 5 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 350 - 1,332 เมตร (Nam Liab Watershed Management Unit, 2023)

การวางแผนสำรวจ

วางแผนตัวอย่างสำรวจความหลากหลายชนิดแบบเจาะจง โดยใช้เกณฑ์ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลทุก 200 เมตร เนื่องจากบริบทของป่าต้นน้ำน้ำเลียบมีความต่างของประเภทป่าในทุก 200 เมตร ตามชั้นความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยมีการวางแผน คือ จำนวน 1 แปลง ในทุก ๆ 200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จำนวน 5 แปลง (Figure 1) ซึ่งแต่ละแปลงตัวอย่างมีขนาด 20 เมตร x 50 เมตร จากนั้นแบ่งเป็นแปลงย่อย ที่มุมด้านล่างซ้าย หรือมุมใดมุมหนึ่ง ให้เหมือนกันทุกแปลง ขนาด 10 เมตร x 10 เมตร, 5 เมตร x 5 เมตร, 2 เมตร x 2 เมตร ตามลำดับ มีจำนวนแปลงย่อยอย่างละ 10 แปลง (Figure 2)

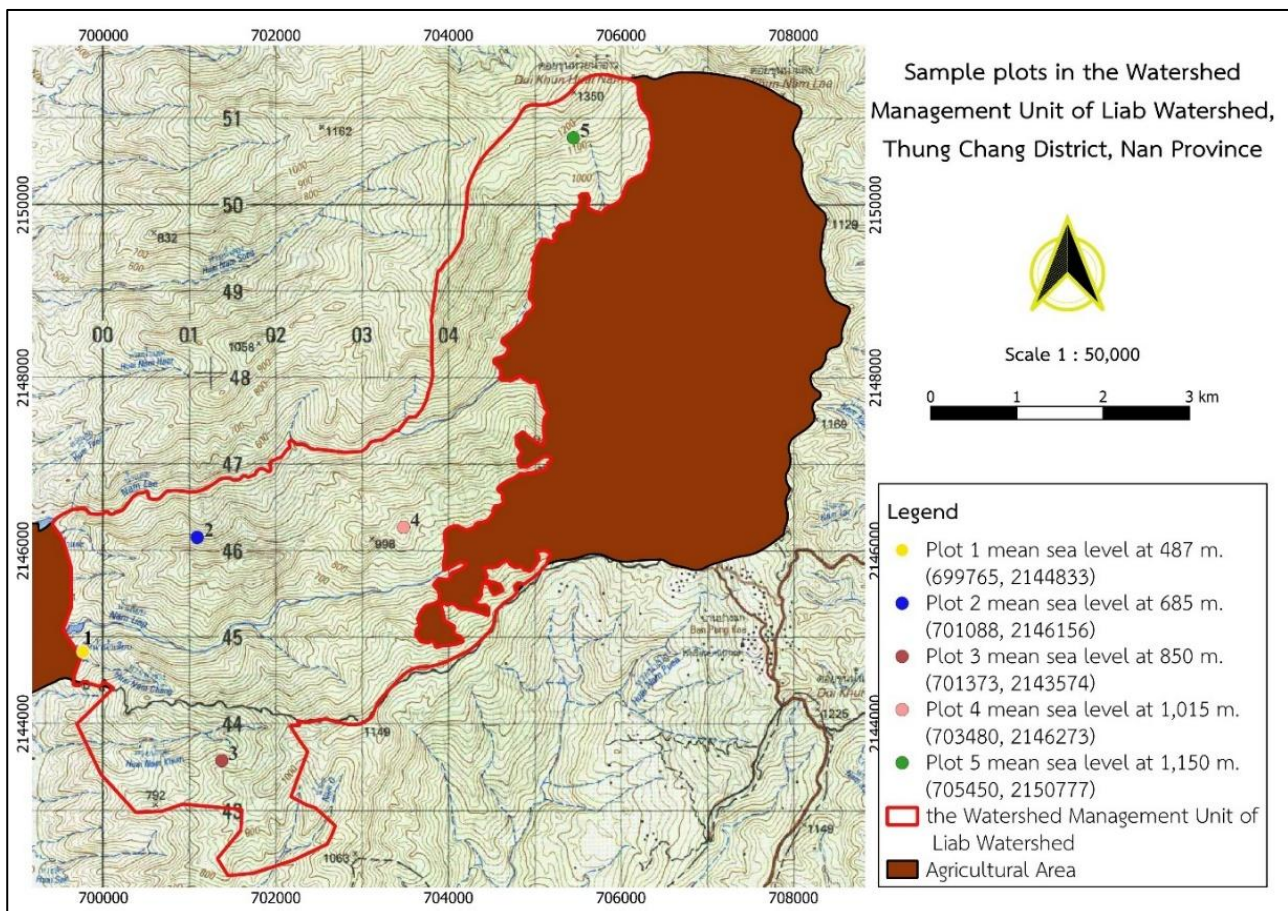


Figure 1 Sample plot positions in Nam Liab Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province, Thailand

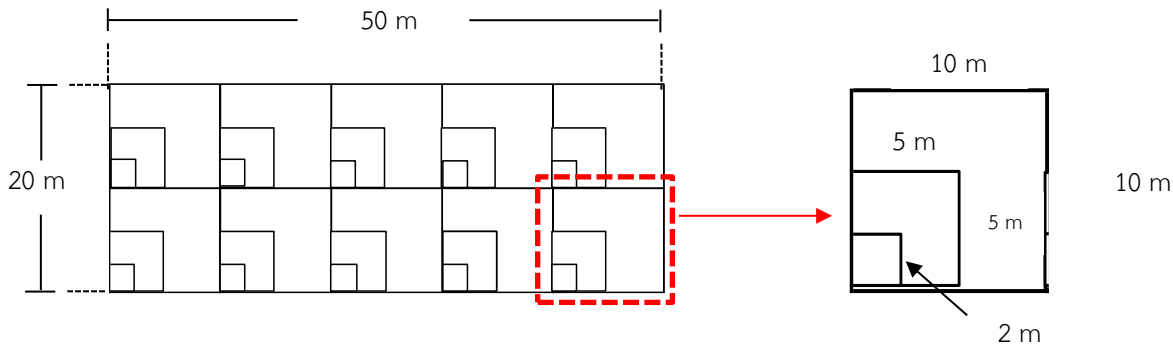


Figure 2 Sample plots in Liab Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province, Thailand

การเก็บข้อมูล

ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้

1. ในแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 10 แปลง ทำการวัดความโตของไม้ต้น (tree) ที่ความสูงเพียงอก (1.30 เมตร) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ชนิด จำนวน ความโต ความสูง และเก็บข้อมูลไม้ไผ่ (bamboo) โดยนับกอและจำนวนลำในแต่ละกอ ทำการสุ่มจำนวน 3 ลำต่อกอ ทำการบันทึกข้อมูลความโตและความสูงเช่นเดียวกับไม้ต้น

2. แปลงย่อยขนาด 5 เมตร x 5 เมตร จำนวน 10 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลไม้รุ่น (sapling) ที่ความสูงเพียงอก (1.30 เมตร) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร ทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ชนิด จำนวน ความโต ความสูง

3. แปลงย่อยขนาด ขนาด 2 เมตร x 2 เมตร จำนวน 10 แปลง บันทึกชนิดและจำนวนของกล้าไม้ (seedling) และพืชพื้นล่าง (undergrowth) ที่มีขนาดความสูงน้อยกว่า (1.30 เมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ระบุชนิดไม้ที่สำรวจ ตามรูปแบบของสำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพรรณพืช

2. ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ การวิเคราะห์สังคมพืช โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวางแปลงตัวอย่าง มาคำนวณหาค่าความหนาแน่น (density, D) ความถี่ (frequency, F) ความเด่น (dominance, Do) จากนั้นนำค่าความหนาแน่น ความถี่ และความเด่น ไปหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative dominant, RD) ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo) และค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index, IVI) ตามสูตรของ Kutintara (1999) ดังต่อไปนี้

ความหนาแน่น คือ จำนวนต้นไม้มทั้งหมดของชนิดไม้ที่กำหนดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

$$D = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของชนิดไม้ที่กำหนดที่ปรากฏในตัวอย่าง}}{\text{หน่วยพื้นที่ทั้งหมดของแปลงตัวอย่างที่สำรวจ}}$$

จากนั้นนำความหนาแน่นไปหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ ความหนาแน่นสัมพัทธ์โดยหาได้จาก

$$RD_A(\%) = \frac{(\text{ความหนาแน่นของชนิดไม้ A})}{\text{ความหนาแน่นของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100$$

ความถี่ หมายถึง อัตราร้อยละของจำนวนแปลงตัวอย่างที่ปรากฏพันธุ์ไม้ชนิดนั้นต่อจำนวนแปลงที่ทำการสำรวจ

$$F = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้นั้นปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจ}} \times 100$$

จากนั้นนำความถี่ที่ได้ไปหาความถี่สัมพัทธ์ เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ ความถี่สัมพัทธ์หาได้จาก

$$RF_A = \frac{(\text{ความถี่ของชนิดไม้ A})}{\text{ความถี่ของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100$$

ความเด่น ในที่นี้ใช้ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (basal area, BA) ของลำต้นไม้ที่ได้จากการวัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดินต่อพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

$$BA = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ที่ทำการสำรวจ}} \times 100$$

จากนั้นนำความเด่นที่ได้ไปหาความเด่นสัมพัทธ์ เพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ความเด่นสัมพัทธ์ หาได้จาก

$$RDo = \frac{(\text{ความเด่นของชนิดไม้ A})}{\text{ความเด่นของไม้ทุกชนิดในสังคม}} \times 100$$

ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ คือผลรวมของค่าความสัมพัทธ์ต่าง ๆ ของชนิดไม้ในสังคมนั้นซึ่งหาได้จากสูตร

$$IVI = RD + RF + RDo$$

ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) วัดจากจำนวนชนิดไม้ที่ปรากฏในสังคมและจำนวนต้นที่มีในแต่ละชนิด โดยใช้ค่าดัชนีของ Shannon and Weiner; H' (1949) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

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

โดยที่ H' = ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมด

P_i = จำนวนสัดส่วนของจำนวนต้นของชนิดไม้ที่ i ต่อจำนวนต้นไม้ทั้งหมด

3. การเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ ระหว่างปี พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2566 ได้แก่ การเปรียบเทียบไม้ต้น ไม้รุ่ม กล้าไม้

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ

จากการสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่ป่าของพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน พบพรรณไม้ทั้งหมด 93 ชนิด 82 สกุล 59 วงศ์ โดยจำแนกเป็น ไม้ต้น พบจำนวน 69 ชนิด 60 สกุล 42 วงศ์ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1,082 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ต้นเท่ากับ 3.53 (Table 1) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ 5 อันดับแรก ปอทองแตบ เกิดแดง ประดู่ เต็ง และก่อแป้น มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 10.54, 9.43, 6.47, 5.55 และ 2.77 ตามลำดับ โดยมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 1.72, 3.45, 2.59, 2.59 และ 3.45 ตามลำดับ และมีค่าความเด่นสัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 3.10, 6.99, 13.17, 12.59 และ 6.74 ตามลำดับ แต่เมื่อสังเกตชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ เต็ง เกิดแดง ปอทองแตบ และก่อแป้น มีค่าเท่ากับร้อยละ 22.22, 20.72, 19.86, 15.36 และ 12.96 ตามลำดับ (Table 2) เห็นได้ว่า ปอทองแตบ มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ มากที่สุด แต่มีค่าความถี่สัมพัทธ์และค่าความเด่นสัมพัทธ์น้อยกว่า ประดู่ เต็ง และเกิดแดงตามลำดับ แสดงถึงปอทองแตบ มีจำนวนต้นมากที่สุดในพื้นที่ แต่มีการกระจายตัวน้อยกว่าและมีขนาดของลำต้นที่เล็กกว่า ประดู่ เต็ง และเกิดแดง ตามลำดับ

ไม้รุ่ม พบจำนวน 22 ชนิด 21 สกุล 18 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 624 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลาย

ชนิดของไม้รุ่มเท่ากับ 2.57 (Table 1) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุด คือ ปลายสาน รองลงมา ได้แก่ เปล้าใหญ่ และปอทองแตบ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 25.64, 10.26 และ 10.26 ตามลำดับ มีค่าความถี่สัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 14.29, 10.20 และ 8.16 ตามลำดับ และมีค่าความเด่นสัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ ตามลำดับ 20.28, 17.02 และ 11.85 ตามลำดับ (Table 2) จากข้อมูลความหนาแน่นสัมพัทธ์ ร้อยละ ค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ และค่าความเด่นสัมพัทธ์ มีความสอดคล้องกัน จึงทำให้ผลรวมของค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามมีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลายสาน เปล้าใหญ่ ปอทองแตบ นมแฮด และอุณปา มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 60.21, 37.48, 30.27, 27.37 และ 26.23 ตามลำดับ (Table 2) แสดงถึงพรรณไม้รุ่มที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลายสาน เปล้าใหญ่ ปอทองแตบ นมแฮด และอุณปา

กล้าไม้ พบจำนวน 23 ชนิด 22 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 3,500 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของกล้าไม้เท่ากับ 2.73 (Table 1) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุด คือ เปล้าใหญ่ รองลงมา ได้แก่ ปลายสาน ก่อหุ้ม ส้มผด และมะขามป้อม มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 20.00, 12.86, 11.43, 8.57 และ 5.71 ตามลำดับ มีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ ตามลำดับ 16.13, 11.29, 11.29, 8.06 และ 6.45 ตามลำดับ จากข้อมูลความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ ค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ มีความสอดคล้องกัน จึงทำให้ผลรวมของค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามมีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 อันดับแรก ได้แก่ เปล้าใหญ่ รองลงมา ได้แก่ ปลายสาน ก่อหุ้ม ส้มผด และมะขามป้อม มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 36.13, 24.15, 22.72, 16.64 และ 12.17 ตามลำดับ (Table 2)

พืชพื้นล่าง พบจำนวน 16 ชนิด 17 สกุล 14 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 5,200 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของพืชพื้นล่างเท่ากับ 2.35 (Table 1) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุด คือ กูดก่องรองลงมา ได้แก่ สาบเสือ เครือมันนก กัง และหญ้าสามเหลี่ยม มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 22.12, 15.38, 14.42, 11.54 และ 9.62 ตามลำดับ มีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ ตามลำดับ 14.08, 14.08, 12.68, 11.27 และ 9.86 ตามลำดับ จากข้อมูลมีความสอดคล้องกัน จึงทำให้ผลรวมของค่าความสัมพัทธ์ทั้งสามมีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ กูดก่องรองลงมา ได้แก่ สาบเสือ เครือมันนก กัง และหญ้าสามเหลี่ยม มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 36.20, 29.47, 27.10, 22.81 และ 19.47 ตามลำดับ

ไม้ไผ่ พบจำนวน 2 ชนิด 2 สกุล 1 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 24 กอต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของพืชพื้นล่างเท่ากับ 0.47 (Table 1) มีค่าดัชนี

ความสำคัญ ได้แก่ ไผ่ไร่ และไผ่บง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 156.90 และ 43.10 ตามลำดับ

ดังนั้น ค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ใช้เกณฑ์ลำดับการพบ ได้แก่ 1) ระดับน้อยมาก (very rare) พบการปกคลุมน้อยกว่าร้อยละ 1 2) ระดับพบน้อย (rare) พบการปกคลุมอยู่ในช่วงระดับร้อยละ 1-5, 5-10 และ 10-25 3) ระดับพบพอประมาณ (occasional) พบการปกคลุมอยู่ในช่วงระดับร้อยละ 25-35 และร้อยละ 33-50 4) ระดับพบมาก (abundant) พบการปกคลุมมากกว่าร้อยละ 50-75 และ 5) ระดับพบมากมาย (very abundant) พบการปกคลุมมากกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป ใช้เกณฑ์ของ Mueller-Dombois and Ellenberg (1974) โดยอ้างอิงจาก Marod and Kutin (2009) จากผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นเท่ากับ 3.53 จัดอยู่ในระดับพอประมาณ (occasional) ไม้รุ่นเท่ากับ 2.57 จัดอยู่ในระดับน้อย (rare) ไม้พื้นล่างเท่ากับ 2.73 จัดอยู่ในระดับพอประมาณ (occasional) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาโครงสร้างป่าของไม้ยืนต้นในป่า

บริเวณพื้นที่จังหวัดน่าน พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นที่ใกล้เคียงกัน โดยหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน Kawinpolasa *et al.* (2023) พบค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นเท่ากับ 3.31 ค่าความหนาแน่นของไม้ต้น เท่ากับ 803 ต้นต่อเฮกตาร์ พบชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ก่อพวง (*Lithocarpus fenestratus* (Roxb.) Rehder) เหมือดโลด (*Aporosa villosa* Baill.) เปล้าใหญ่ ประดู่ และทะเลี (*Schima wallichii* Korth.) พบค่าดัชนีค่าความสำคัญเท่ากับร้อยละ 20.29, 20.20, 19.87, 18.39 และ 17.82 ตามลำดับ และในพื้นที่ป่าเบญจพรรณของพื้นที่ลุ่มน้ำขุนสมุนในพื้นที่บ้านกาไสและบ้านละแบ่ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน Techa (2005) ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์จำนวน 3 แปลง มีค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นแปลงที่ 1 เท่ากับ 3.29 แปลงที่ 2 เท่ากับ 3.17 แปลงที่ 3 เท่ากับ 3.04 แสดงให้เห็นถึงการฟื้นฟูป่าที่มีการอนุรักษ์ด้วยระบบการบริหารจัดการที่ดี ส่งผลให้พบความหลากหลายของไม้ต้นในพื้นที่จังหวัดน่านที่เป็นป่าต้นน้ำมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

Table 1 Taxonomic distribution by group and diversity index of plants in Liab Watershed

Vegetation structure	Species	Genus	Family	Shannon-Wiener index (H')	Stem density (no/ha)
Tree	69	60	42	3.53	1,082
Sapling	22	21	18	2.57	624
Seedling	23	22	17	2.73	3,500
Undergrowth	17	16	14	2.35	5,200
Bamboo	2	2	1	0.47	24 (clumps/ha)

Table 2 Species of tree, sapling, seedling, undergrowth and bamboo in Liab Watershed

Ranking (based on IVI)	Scientific name	Common name	RD	RF	RDo	IVI
Tree			(%)	(%)	(%)	(%)
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Burmese rosewood	6.47	2.59	13.17	22.22
2	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	Teng	5.55	2.59	12.59	20.72
3	<i>Dalbergia dongnaiensis</i> Pierre	Blackwood	9.43	3.45	6.99	19.86
4	<i>Macaranga denticulata</i> (Blume) Mull.Arg.	-	10.54	1.72	3.10	15.36
5	<i>Castanopsis diversifolia</i> (Kurz) King ex Hook.f.	-	2.77	3.45	6.74	12.96
	Others		65.24	86.20	57.41	208.88
Total			100	100	100	300
Sapling						
1	<i>Eurya acuminata</i> DC.	-	25.64	14.29	20.28	60.21
2	<i>Croton persimilis</i> Mull. Arg.	-	10.26	10.20	17.02	37.48

Table 2 (Continued)

Ranking (based on IVI)	Scientific name	Common name	RD	RF	RDo	IVI
	Tree		(%)	(%)	(%)	(%)
3	<i>Macaranga denticulata</i> (Blume) Müll.Arg.	-	10.26	8.16	11.85	30.27
4	<i>Mitrephora tomentosa</i> Hook.f. & Thomson.	-	8.97	8.16	10.23	27.37
5	<i>Viburnum sambucinum</i> Bl. var. <i>tomentosum</i> Hallier f.	-	7.69	8.16	10.37	26.23
	Others		37.18	51.03	30.25	118.44
	Total		100	100	100	300
	Seedling					
1	<i>Croton persimilis</i> Müll. Arg.	-	20.00	16.13	-	36.13
2	<i>Eurya acuminata</i> DC.	-	12.86	11.29	-	24.15
3	<i>Castanopsis argyrophylla</i> King ex Hook.f.	-	11.43	11.29	-	22.72
4	<i>Rhus chinensis</i> Mill.	-	8.57	8.06	-	16.64
5	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Indian gooseberry	5.71	6.45	-	12.17
	Others		41.43	46.77	-	88.20
	Total		100	100	-	200
	Undergrowth					
1	<i>Lygodium polystachyum</i> Wall. ex Moore	-	22.12	14.08	-	36.20
2	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King & H. Rob.	Siam weed	15.38	14.08	-	29.47
3	<i>Dioscorea birmanica</i> Prain & Burkill	-	14.42	12.68	-	27.10
4	<i>Thysanolaena latifolia</i> (Roxb. ex Hornem.) Honda	-	11.54	11.27	-	22.81
5	<i>Cyperus malaccensis</i> Lam.	-	9.62	9.86	-	19.47
	Others		26.92	38.03	-	64.95
	Total		100	100	-	200
	Bamboo					
1	<i>Gigantochloa albociliata</i> (Munro) Kurz	-	81.90	75.00	-	156.90
2	<i>Bambusa nutans</i> Wall. ex Munro	-	18.10	25.00	-	43.10
	Total		100	100	-	200

Remarks: relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo), importance value index (IVI)

จากการสำรวจความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน โดยวางแผนตัวอย่างสำรวจตามความสูงจากระดับน้ำทะเล จำนวน 5 แปลง พบพรรณไม้ทั้งหมด 93 ชนิด 82 สกุล 59 วงศ์ พบว่าไม้ยืนต้นในชั้นอายุไม้รุ่นมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้และมีค่าความหนาแน่น น้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า การทดแทนของป่าของชนิดไม้ ในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ มีการฟื้นตัวได้ไม่ดีเท่าที่ควร ส่งผลให้ไม้ยืนต้นทั้ง 3 กลุ่มมีค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ สูงสุดเป็น 5 อันดับแรก ไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ เมื่อสังเกตจากขอบเขตพื้นที่ป่าโดยรอบเขต (Figure 1) พบว่าพื้นที่ป่าไม่มีขอบเขตติดกับพื้นที่เกษตรกรรมของราษฎรตามเป็นแนวยาว (Doi Phu Kha National Park, 2021) ส่งผลให้เกิดไฟป่าขึ้นบ่อยครั้ง รวมทั้งมีการเลี้ยงปศุสัตว์แบบปล่อยเข้าไปในพื้นที่ป่า เกิดการเหยียบย่ำและแทะเล็มกล้าไม้ ลูกไม้ เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ไม้รุ่นและกล้าไม้ ไม่สามารถทดแทนเป็นไม้ต้นในอนาคตได้ ดังนั้นจึงทำให้ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้รุ่น และกล้าไม้ มีค่าน้อยกว่าไม้ต้น แต่เมื่อเทียบกับความหลากหลายชนิดของไม้ต้น ในสภาพป่าเบญจพรรณพื้นที่ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรดิตถ์ Sengbuntan *et al.* (2023) ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ต้นเท่ากับ 2.54 และมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 765.63 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดและชนิด มีค่าน้อยกว่า มีความแตกต่างจากป่าในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ และเมื่อเปรียบเทียบกับความหลากหลายชนิดของไม้ป่า ในพื้นที่โครงการพัฒนาป่าไม้ตามแนวพระราชดำริบ้านห้วยวาก อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ศึกษาโดย Thiemtaisong (2017) พบว่ามีพรรณไม้ทั้งหมด 128 ชนิด 92 สกุล 49 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ต้น เท่ากับ 3.32 จะเห็นว่าพื้นที่ที่ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าในจังหวัดน่าน มีค่าความหลากหลายชนิดของไม้ต้นและชนิดไม้ใกล้เคียงกันกับข้อมูลที่สำรวจในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ

การเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดไม้ต้นในพื้นที่ ระหว่างปี พ.ศ. 2555 และ ปี พ.ศ. 2566

การเปรียบเทียบโครงสร้างป่าและความหลากหลายชนิดไม้ต้นในพื้นที่ป่าต้นน้ำ หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ จากผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2566 กับผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2555 ของ Lattirasuvan (2012) พบว่า พื้นที่แปลงตัวอย่าง ได้แก่ แปลงที่ 1 (MSL. 519 m.) แปลงที่ 2 (MSL. 613 m.) แปลงที่ 3 (MSL. 1,009 m.) พบว่า มีชนิดไม้ต้นเท่ากับ 57 ชนิด มีค่าความหลากหลายชนิดของไม้ต้น เท่ากับ 3.27 (Table 3) ค่าความหนาแน่นของไม้ต้น เท่ากับ 1,240, 1,380 และ 1,830 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของไม้รุ่น เท่ากับ 440, 760 และ 760 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของกล้าไม้และพืชพื้นล่าง เท่ากับ 19,500, 15,500, และ 19,500 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ด้านข้อมูลในปี พ.ศ. 2566 พบว่า ได้แก่ แปลงที่ 1 P1 (MSL. 487 m.) แปลงที่ 2 P2 (MSL. 685 m.) และแปลงที่ 3 P4 (MSL. 1,015 m.) มีระดับความสูงที่สามารถเทียบกับข้อมูลเดิมได้นั้น พบว่า ค่าความหนาแน่นของไม้ต้น เท่ากับ 920, 1,080 และ 1,240 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของไม้รุ่น ในแปลงที่ 1 เท่ากับ 680 ต้นต่อเฮกตาร์ ในแปลงที่ 3 เท่ากับ 1,120 ต้นต่อเฮกตาร์ สาเหตุที่ไม้พบไม้รุ่นในแปลงที่ 2 เนื่องจาก 1) มีพื้นที่ที่ติดต่อกับพื้นที่การเกษตร ทำให้ชาวบ้านเข้าไปใช้พื้นที่ส่วนนี้ในการเพาะปลูกพืช มีการไถเตรียมดินเพาะปลูกส่งผลให้ไม้พบไม้รุ่น 2) การมีไฟป่าเข้าพื้นที่ เพื่อการกำจัดวัชพืชในพื้นที่เกษตร เพื่อเตรียมแปลงเพาะปลูก ทำให้กล้าไม้โดนไฟเผาตาย และการเผาป่าเพื่อให้มีการงอกของหญ้าที่แหล่งอาหารของวัวที่เลี้ยงส่งผลให้ไม้พบไม้รุ่น และ 3) มีการทำปศุสัตว์ในพื้นที่ส่วนนี้ โดยการปล่อยวัวเข้าไปหากินในพื้นที่ป่า ซึ่งวัวกินไม้พื้นล่าง ทำให้กล้าไม้ไม่สามารถทดแทนเป็นไม้รุ่นได้ ส่วนค่าความหนาแน่นของกล้าไม้ และพืชพื้นล่าง เท่ากับ 19,750 16,750 12,750 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ชนิดไม้ต้นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด แปลงที่ 1 ได้แก่ ขี้มด (*Glochidion assamicum* Hook. f.) เน่าโน (*Ilex umbellulate* Loes.) ตั้ว (*Cratogeomys formosum* Byer subsp.) เหมือดคน (*Helicia robusta* R. Br. ex Wall.) ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima* Rehd.) ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) ปอดทองแดง ส้าน (*Dillenia grandifolia* Wall ex Hook. f.) กว้าว (*Mitragyna brunonis* Craib) และ ทะโล้

แปลงที่ 2 ได้แก่ ตั้ว ทะโล้ มะห้ำ (*Syzygium cumini* Druce) มะมื่น (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.) เหมือดโลด ก่อแป้น มะก้อ (*Lithocarpus ceriferus* A. Camus) มะกั้ม (*Canarium subulatum* Guill.) ส้มกบ (*Hymenodictyon excelsum* Wall.) และ แก้มอ้น (*Memecylon lilacinum* Zoll. & Mor.)

แปลงที่ 3 ได้แก่ ประดู่ เกิดแดง เปล้า (*Croton oblongifolius* Roxb.) ตั้ว ทะโล้ เหมือดโลด ก่อแป้น ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) มะก้อ มะกอก (*Spondias pinnata* Kurz.)

การเปรียบเทียบพบว่าในระยะเวลา 12 ปีที่ผ่านมา ในพื้นที่ป่าของหน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ มีจำนวนชนิดไม้ต้นเพิ่มขึ้น มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้ต้นสูงกว่าค่าความหนาแน่นของไม้ต้น ทั้ง 3 แปลง มีค่าน้อยกว่าค่าความหนาแน่นของไม้รุ่น มีค่าสูงกว่า ยกเว้น แปลงที่ 2 (MSL. 632 m.) ไม้พบไม้รุ่น และค่าความหนาแน่นของไม้พื้นล่าง มีค่าสูงกว่า ยกเว้น แปลงที่ 3 (MSL. 1,030 m.) มีค่าน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าในการดูแล ปกป้อง อนุรักษ์ พื้นฟูพื้นที่จากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นระยะเวลา 12 ปี ป่ามีชนิดของไม้ต้นใน

พื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ มีการทดแทนที่ดี และมีความหลากหลายของไม้ต้นสูงชัน ส่วนความหนาแน่นของไม้ต้นที่มีค่าน้อยลง เนื่องจากช่วงแรกของการฟื้นฟูป่า ชนิดไม้เบิกนำจะเติบโตได้ดี ทำให้พบจำนวนความหนาแน่นต่อพื้นที่สูงกว่าชนิดไม้ท้องถิ่น แต่เมื่อผ่านระยะเวลา 12 ปี (พ.ศ. 2555-2566) ของการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ต้นน้ำน้ำเลียบ ไม้ท้องถิ่นสามารถเติบโตและมีเรือนยอดที่กว้าง ทำให้จำนวนไม้ท้องถิ่นที่ขึ้นในป่าปกคลุมพื้นที่ทดแทนไม้เบิกนำ และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากป่าถูกรบกวนจากมนุษย์ด้วยหลายสาเหตุที่กล่าวมาในข้างต้น จึงพบว่าค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นสูงชัน และความหนาแน่นลดลง ดังนั้น ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนบริหารจัดการในพื้นที่ป่าต้นน้ำน้ำเลียบ ได้แก่ 1) การส่งเสริมการเพาะชำพรรณไม้ให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ป่าไม้ โดยสามารถแนะนำพรรณไม้ท้องถิ่นและพรรณไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่ เช่น ประดู่ เต็ง เกิดแดง ก่อแป้น

เป็นต้น 2) การส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์และฟื้นฟู โดยการทำความเข้าใจ ความร่วมมือระหว่างชาวบ้านและเจ้าหน้าที่ของรัฐในพื้นที่ ในการไม่นำสัตว์เข้าไปปล่อยหรือเลี้ยงในพื้นที่ต้นน้ำ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับกล้าไม้และไม้รุ่น 3) ด้านการส่งเสริมพรรณไม้ป่าที่เป็นแหล่งความมั่นคงทางอาหารที่ชาวบ้านสามารถนำไปปลูกในพื้นที่ได้ และ 4) การป้องกันไฟป่า ต้นน้ำลำธารที่มีภาพเสื่อมโทรมกลับสู่ความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมกับพื้นที่ต้นน้ำ ตลอดจนจัดระเบียบชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำและส่งเสริมการมีส่วนร่วมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับนโยบายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพรรณพืช ในเรื่องการบริหารจัดการพื้นที่อนุรักษ์แบบบูรณาการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการพื้นที่ของหน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

Table 3 Change in stem density in Liab watershed between 2012 and 2023

2012	2023	Tree		Sapling		Seedling	
		2012	2023	2012	2023	2012	2023
MSL. 519 m	P1 (MSL. 487 m)	1,240	920	440	680	19,500	19,750
MSL. 613 m	P2 (MSL. 685 m)	1,380	1,080	760	-	15,500	16,750
MSL. 1,009 m	P4 (MSL. 1,015 m)	1,830	1,240	760	1,120	19,500	12,750

Remark: MSL is mean sea level

Source: Data at 2012 from Lattirasuvan (2012)

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวางแผนสำรวจพรรณไม้ พบพรรณไม้ทั้งหมด 93 ชนิด 82 สกุล 59 วงศ์ ซึ่งไม้ต้น พบพรรณไม้ 69 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.53 และชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ เต็ง เกิดแดง ปอตอง แดบ และก่อแป้น ตามลำดับ แสดงถึงเป็นพรรณไม้ต้นที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศในพื้นที่ป่าของพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบ ไม้รุ่น พบพรรณไม้ 22 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.57 และชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลายसान เปล้าใหญ่ ปอตองแดบ นมแฮด และอุณปา ตามลำดับ แสดงถึงเป็นพรรณไม้รุ่นที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ และสามารถที่จะทดแทนพรรณไม้ต้นในอนาคตได้ กล้าไม้ พบพรรณไม้ 23 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.73 และชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ เปล้าใหญ่ ปลายसान ก่อหุยม ส้มผด และมะขามป้อม ตามลำดับ แสดงถึงกล้าไม้ที่มีความสำคัญและอิทธิพลในสังคมของกล้าไม้ พืชพื้นล่าง พบจำนวน 16 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของพืชพื้นล่างเท่ากับ 2.35 และชนิดที่มีค่าดัชนี

ความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ กูดก่อง สาบเสือ เครือมันนก กัง และหญ้าสามเหลี่ยม ตามลำดับ ไม้ไผ่ พบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ไผ่ไร่ และไผ่บง และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดเท่ากับ 0.47 และจากการวิเคราะห์ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ยืนต้น พบว่า ไม้ต้น มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ กล้าไม้ และน้อยที่สุด คือ ไม้รุ่น แสดงถึง ไม้ต้นในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบในปัจจุบันมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่า ไม้รุ่น และกล้าไม้ อาจเป็นเพราะว่า ไม้รุ่น และกล้าไม้ ถูกรบกวนจากไฟป่าที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กล้าไม้ที่จะโตเป็น ไม้รุ่น ไม่สามารถทดแทนเป็นไม้ต้นในอนาคตได้ จึงทำให้ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดมีค่าน้อยกว่า ไม้ต้น ดังนั้น ผลลัพธ์ของการศึกษาสามารถช่วยในการวางแผนบริหารจัดการในพื้นที่ป่าต้นน้ำน้ำเลียบ โดยการส่งเสริมพรรณไม้ท้องถิ่นและพรรณไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่ เช่น ประดู่ เต็ง เกิดแดง ก่อแป้น เป็นต้น การทำความเข้าใจ ความร่วมมือระหว่างชาวบ้านและเจ้าหน้าที่ของรัฐในพื้นที่ ในการไม่นำสัตว์เข้าไปปล่อยหรือเลี้ยงในพื้นที่ต้นน้ำ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับกล้าไม้และไม้รุ่น การส่งเสริมพรรณไม้ป่าที่เป็นแหล่งความมั่นคงทางอาหารที่ชาวบ้านสามารถนำไปปลูกในพื้นที่ได้ และการป้องกันไฟป่า

ซึ่งการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคประชาชนจึงมีส่วนสำคัญในการเผยแพร่ข้อมูลให้กับชุมชนทราบมูลค่าของป่าเพื่อให้ชุมชนตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้ และมีส่วนร่วมในการวางแผนบริหารจัดการการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ของหน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบต่อไป

คำนิยาม

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยจัดการต้นน้ำน้ำเลียบอำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน และเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิชาการสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่) ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล

REFERENCES

- Doi Phu Kha National Park, 2021. **Annual Report 2021 of Doi Phu Kha National Park, Nan Province.** Protected Areas Regional Office 13 Phrae, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Kawinpolasa, K., Lattirasuvan, T., Yatapakdee, T., Howpinjai, I. 2023. Forest Structure and Carbon Storage of trees in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang District, Nan Province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2):199-213 (in Thai)
- Khempet, S., Jongkaewwattana, S. 2021. Loss of forest area in Nan province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(2):312-322 (in Thai)
- Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry.** Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lattirasuvan, T. 2012. **Forest Structure and Plants Diversity in Forest of Huai Liab Watershed Management Unit Thung Chang District, Nan Province.** Watershed Management Division, Protected Areas Regional Office 13 Phrae, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Marod, D., Kutin, U. 2009. **Forest Ecology.** Aksorn Siam, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. 1974. **Aims and Methods of Vegetation.** Ecology John Wiley and Sons, New York, 547 p.
- Nam Liab Watershed Management Unit. 2023. **Annual Report 2023 of Liab Watershed Management Unit Thung Chang District, Nan Province.** Watershed Management Division, Protected Areas Regional Office 13 Phrae, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Pitchdumrong, N., Pumtong, W. 2012. Preparation for natural disaster in the future. **Journal of Economic and Social**, 49(2): 3-5. (in Thai)
- Protected Areas Regional office 15 (Chiang Rai). 2021. **Types of Trees Should Be Known Before Planting to Retore Forest Conditions in Protected Areas of Affiliated Agencies Protected Areas Regional Office 15 Chaing Rai.** <http://dnp15.com/old/new/km/> , 5 February 2023.
- Royal Forest Department (RFD). 2022. **Executive Summary of the Project to Prepare Information on the Condition of Forest Areas in the Year 2022.** <https://forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=1>, 27 January 2023.
- Sengbuntan, B., Diloksumpun, P., Diloksumpun, S. 2023. Species Diversity and Carbon Storage in Biomass of Tree and Sapling in the Ban Nong Kwang Community Forest, Uttaradit Province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2):155-168 (in Thai)
- Shannon, C.E., Weiner, W. 1949. **The Mathematical Theory of Communication.** University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Techa, S. 2005. **Forest Structure, Composition and Utilization in Khun Samun Watershed: a Case Study of Kasai and Labaoya Villages, Nan Province.** M.S. Thesis, Maejo University. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Thiemtaison, W. 2017. **The Edible Wildplants and Wildlife Conservation at Hauikhwak Royal Initiative Forest Development Project, Bokluea District, Nan Province.** M.S. Thesis, Maejo University. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

ความหลากหลายชนิดและมวลชีวภาพของพรรณไม้ต้นในป่าชายเลน
บริเวณคลองกำพวน จังหวัดระนอง

Species Diversity and Biomass of Mangrove Tree
at Khlong Kam Phuan in Ranong Province

อรุณ ปานแดง¹, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์^{1*} และชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง¹
Arun Pandaeng¹, Yongyut Trisurat^{1*} and Chakrit Na takuathung¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforyyt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 8 พฤษภาคม 2567

Received: 8 May 2024

รับแก้ไข 21 มิถุนายน 2567

Revised: 21 June 2024

รับลงพิมพ์ 19 กรกฎาคม 2567

Accepted: 19 July 2024

ABSTRACT

At the time of the 2004 tsunami geological disaster, the area around the Kamphuan Canal area, Ranong province, Thailand was extensively damaged, especially the plants in the mangrove forest. Later, the area was preserved in its existing natural state. Currently, government agencies and the private and public sectors are placing increased importance on biological diversity, with Thailand having the goal of carbon neutrality by 2050. The objectives of this study were to assess diversity and to estimate the biomass of tree species in the mangrove forest at Khlong Kam Phuan, Ranong Province, Thailand. A permanent plot (40 m x 300 m) was established and later divided into 10 m x 10 m square sub-plots, resulting in a total of 120 plots. Tree data were collected on all plants with a diameter at breast height (dbh) ≥ 3.2 cm. For tree species that produced large pneumatophores, such as *Rhizophora apiculata* and *R. mucronata*, the measurement was conducted at 20 cm above the root collar. In addition, a sub-plot size of 4 m x 4 m was sampled for the sapling stage (dbh < 3.2 cm but total height ≥ 1.3 m). Finally, a plot size of 1 m x 1 m was used to collect seedling data (total height < 1.3 m).

Based on the analysis of the results, there were 1,422 individuals in the study area, consisting of 1,294 trees, 52 saplings and 76 seedlings. Based on identification and classification, the individuals belonged to 5 families, 7 genera and 11 species. Based on plant habit, there were 7 tree species; 3 small tree species and 1 shrub species. The Rhizophoraceae was the most dominant family, represented by 5 species. The species diversity index or Shannon-Wiener index (H') was less than 1.22 based on the variety of plant species. In addition, the species richness and species evenness were 1.39 and 0.51 respectively. *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* and *Bruguiera cylindrica* were the top-3 species with order of importance index values of 165.02, 72.46 and 24.96%, respectively. The averages of height and dbh of the trees were 11.18 cm and 9.31 m, respectively. The total biomass was 459.70 t ha⁻¹, consisting of 359.03 t ha⁻¹ of above ground biomass and 100.67 t ha⁻¹ of underground biomass.

Keywords: Mangrove forest; Species diversity; Biomass; Khlong Kam Phuan Ranong province

บทคัดย่อ

จากเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ ในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่บริเวณคลองกำพวน ซึ่งได้รับความเสียหายไปด้วย โดยเฉพาะพรณไม้ป่าชายเลน ในเวลาต่อมาพื้นที่ดังกล่าวได้ถูกอนุรักษ์ไว้ให้มีสภาพตามธรรมชาติ ทั้งในปัจจุบันหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน ให้ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะประเทศไทยกับเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) ในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายชนิดและมวลชีวภาพของพรณไม้ต้นในป่าชายเลน บริเวณคลองกำพวน จังหวัดระนอง โดยการวางแผนสำรวจรูปแบบ ขนาด 40 เมตร X 300 เมตร จากนั้นแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร X 10 เมตร รวมจำนวน 120 แปลง ระบุชนิดและบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ต้น ในแปลงตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) > 3.2 เซนติเมตร ขึ้นไป สำหรับโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) และโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ที่มีรากค้ำยันขนาดใหญ่ ให้วัดขนาดความสูง 20 เซนติเมตร เหนือคอราก แปลงขนาด 4 เมตร X 4 เมตร เก็บข้อมูลไม้รุ่น ที่มีขนาด dbh น้อยกว่า 3.2 เซนติเมตร แต่มีความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตร ขึ้นไป ส่วนแปลงขนาด 1 เมตร X 1 เมตร เก็บข้อมูลกล้าไม้ ที่มีขนาดความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร นำข้อมูลทางชนิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ต้นที่ได้มาคำนวณดัชนีความหลากหลายชนิด และมวลชีวภาพ

ผลการศึกษาพบว่า ในบริเวณพื้นที่ศึกษาพบพรณไม้ จำนวน 1,422 ต้น จำแนกเป็นไม้ต้น 1,294 ต้น ไม้รุ่น 52 ต้น และกล้าไม้ 76 ต้น จาก 5 วงศ์ 7 สกุล 11 ชนิด เมื่อพิจารณาตามวิสัยพืช จำแนกเป็นไม้ต้น 7 ชนิด ไม้ต้นขนาดเล็ก 3 ชนิด และไม้พุ่ม 1 ชนิด วงศ์ที่มีชนิดของพรณไม้มากที่สุด คือ วงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ชนิด มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon-Wiener index; H') มีค่าต่ำมากเพียง 1.22 เพราะว่าพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีจำนวนแตกต่างกันมาก ค่าดัชนีความชุกชุม เท่ากับ 1.39 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ เท่ากับ 0.51 โดย โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) เป็นชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) มากที่สุด 3 อันดับแรก เท่ากับ ร้อยละ 165.02, 72.46 และ 24.96 ตามลำดับ โดยไม้ใหญ่มีขนาดความโตและความสูงเฉลี่ย 11.18 ± 4.08 เซนติเมตร และ 9.31 ± 2.42 เมตร ตามลำดับ มีมวลชีวภาพรวม 459.70 ต้นต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 359.03 ต้นต่อเฮกตาร์ และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน เท่ากับ 100.67 ต้นต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ: ป่าชายเลน ความหลากหลายชนิด มวลชีวภาพ คลองกำพวน จังหวัดระนอง

คำนำ

ป่าชายเลน (mangrove forest) หรือ “ป่าโกงกาง” เป็นสังคมพืชที่พบได้เฉพาะบริเวณดินเลนริมฝั่งแม่น้ำ คลอง ทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว ที่มีน้ำทะเลท่วมถึง และได้รับอิทธิพลของน้ำกร่อย ดังนั้นพรณไม้ที่ขึ้นเจริญเติบโตในป่าชายเลน จึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่วิกฤติหรือผันแปรตลอดเวลา ได้แก่ การมีรากหายใจ (pneumatophore) รากอากาศ (aerial root) และรากค้ำยัน (prop root) รวมไปถึงความสามารถในการงอกของต้นกล้าตั้งแต่อยู่บนดิน (vivipary) Du (1962) กล่าวว่า พรณไม้ในป่าชายเลนมีใบเขียวตลอดปี (evergreen species) พบในเขตร้อน (tropics) และกึ่งร้อน (sub-tropics) ประกอบด้วย สังคมพืชและสัตว์หลากหลายชนิด จึงเป็นระบบนิเวศเฉพาะตัวที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (Aksornkaew, 1998; Department of Marine and Coastal Resources, 2021) ทั้งยังมีประโยชน์ช่วยป้องกันการกัดเซาะพังทลายแนวชายฝั่ง ช่วยชะลอความเร็วของกระแสน้ำ ที่พัดพาตะกอนจากแผ่นดินและนอกชายฝั่งเข้ามาทับถม ทำให้เกิดการงอกของแผ่นดินใหม่ นอกจากนี้ป่าชายเลนยังช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในอากาศโดยการตรึงคาร์บอนเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ดังนั้นความสมบูรณ์ของป่าชายเลนจึงช่วยแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน

(global warming) ที่กำลังทวีความรุนแรงอยู่ในขณะนี้ได้อีกทางหนึ่ง (Hongxiao et al., 2013; Meepol, 2010) รวมทั้งป่าชายเลนยังเป็นแหล่งวัตถุดิบ และสร้างรายได้ในท้องถิ่น โดยเฉพาะผลผลิตที่ไม่ใช่เนื้อไม้ซึ่งมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชนเป็นอย่างมาก (Walters et al., 2008)

จากการสำรวจพบป่าชายเลนทางภาคใต้ชายฝั่งทะเลอันดามัน มีพื้นที่ป่าชายเลนมากที่สุดในประเทศไทย จากข้อมูลป่าชายเลนของไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ 1,133,633 ไร่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ 1,172,741 ไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้น 39,108 ไร่ หรือร้อยละ 3.33 (Department of Marine and Coastal Resources, 2021) รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพโดยเฉพาะพื้นที่สงวนชีวมณฑลจังหวัดระนอง มีความหลากหลายและมีระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์สูงสุด เมื่อเทียบกับป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย และเมื่อครั้งเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ พัดถล่มภาคใต้ชายฝั่งทะเลอันดามัน ในปี พ.ศ. 2547 ได้นำความเสียหายมาให้ แต่ในพื้นที่ดังกล่าวซึ่งมีป่าชายเลนหนาแน่นได้รับความเสียหายแค่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนพื้นที่ใกล้เคียงถดถอยไปใน อำเภอสุราษฎร์ธานีและพื้นที่รอบ ๆ ได้รับความเสียหาย เกิดการทับถมของทรายที่พัดมากับคลื่น ส่งผลให้พรณไม้ขนาดเล็กถูกทับถมอยู่ภายใต้สันดอนทราย (Kasetsart University, 2007)

พื้นที่ป่าชายเลนคลองกำพวน ตำบลกำพวน อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดระนอง ปัจจุบันได้ถูกอนุรักษ์ไว้ให้มีสภาพตามธรรมชาติ (Research Station for Andaman Coast Development, 2014) ผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีประวัติและมีความสำคัญมาทำการศึกษาวิจัยด้านความหลากหลายทางชนิดของพรรณไม้ป่าชายเลน แต่ไม่ได้ติดตามข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน ตระหนักถึงความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะรัฐบาลไทยกับเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ในปี ค.ศ. 2050 ดังนั้น การศึกษาวิจัยเรื่องความหลากหลายชนิดและมวลชีวภาพของพรรณไม้ต้นในป่าชายเลน ซึ่งมีพลวัต (dynamic) และอัตราการเจริญเติบโตสูง สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการสนับสนุนให้ประชาชนและสังคม ได้ตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของป่าชายเลน และยังเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ใน

พื้นที่อื่น ๆ รวมถึงเป็นการต่อยอดงานวิจัยในขั้นต่อไปเพื่อให้เกิดความยั่งยืน สืบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความหลากหลายชนิดและมวลชีวภาพของพรรณไม้ต้นในป่าชายเลน บริเวณคลองกำพวน ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลกำพวน อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดระนอง (Figure 1) อยู่บริเวณด้านหลังสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามันมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในเขตอุทยานแห่งชาติแหลมสน มีพื้นที่โดยประมาณ 5,088 ไร่ ซึ่งปัจจุบันได้ถูกอนุรักษ์ไว้ให้มีสภาพตามธรรมชาติ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ความหลากหลายชนิด และมวลชีวภาพ โดยทำการศึกษา ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

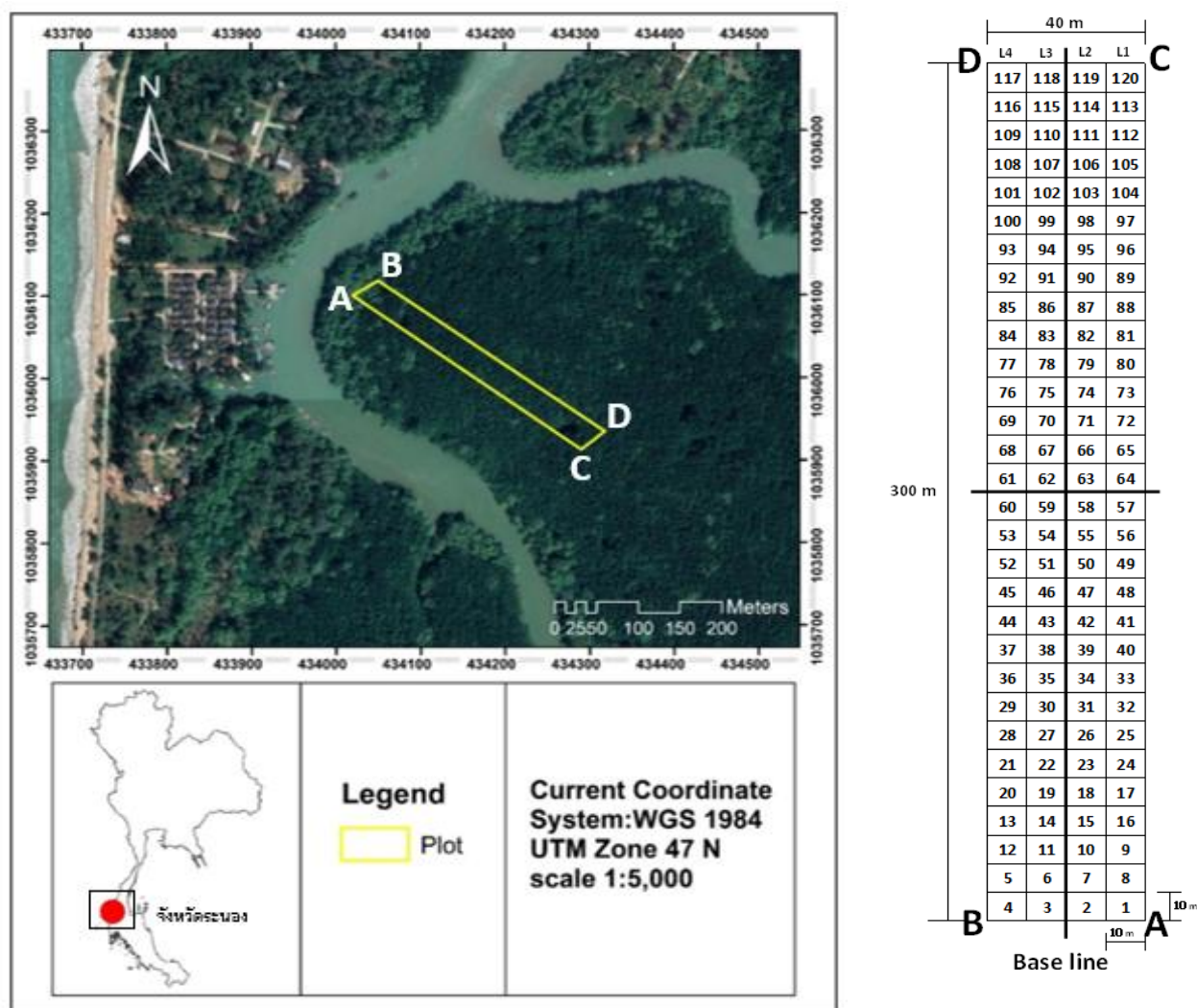


Figure 1 Study area and permanent plot of 40 m x 300 m subdivided into 120 subplots at Khlong Kam Phuan in Ranong province

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. การศึกษาความหลากหลายชนิดและมวลชีวภาพของพรรณไม้ต้นในป่าชายเลน ทำการวางแปลงตัวอย่างถาวร (permanent plots) ขนาด 40 เมตร x 300 เมตร (1.2 เฮกตาร์) ตั้งฉากไปกับแนวชายคลอง ตามระดับการท่วมของน้ำทะเล

1.1) แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 120 แปลง (Figure 1) เพื่อเก็บข้อมูลไม้ยืนต้น (tree) ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (dbh) ตั้งแต่ 3.2 เซนติเมตรขึ้นไป ระบุชนิด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง สำหรับไม้โกงกางที่มีรากค้ำยันขนาดใหญ่ ให้วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเหนือคอราก (root collar) ขึ้นมา 20 เซนติเมตร ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้แตกต่างไปจากปากบ่ที่ใช้ขนาด 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป เหตุเพราะว่า พันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีจำนวนน้อยรวมถึงขนาดความโตที่ไม่สูงมากเหมือนปากบ่ จึงเลือกใช้ขนาดให้ต่ำกว่าเพื่อจะได้ข้อมูลนำมาวิเคราะห์ได้มากยิ่งขึ้น

1.2) จากแปลงในข้อ 1.1 ให้แบ่งแปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร และแปลงย่อยขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ซ้อนทางด้านมุมซ้ายของแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เพื่อเก็บไม้รุ่น (sapling) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง น้อยกว่า 3.2 เซนติเมตร แต่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และกล้าไม้ (seedling) ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร ตามลำดับ ระบุชนิด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง และนับจำนวนต้น

2. นำข้อมูลชนิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลชีวภาพของไม้ต้น จากข้อ 1. มาคำนวณหามวลชีวภาพ (biomass) โดยใช้สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และได้ดินตามชนิดของพันธุ์ไม้ที่มีผู้ทำการศึกษไว้แล้ว ตาม Table 1. (Tamai *et al.*, 1986; Pongpam *et al.*, 2002; Comley and McGuinness, 2005; Komiyama *et al.*, 2005; Department of Marine and Coastal Resources, 2016)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แสดงรายชื่อพรรณไม้ที่ปรากฏอยู่ในแปลงตัวอย่าง ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อพื้นเมือง (vernacular name) ชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) สกุล (genus) และวงศ์ (family) และลักษณะนิสัย (habit)

2. คำนวณค่าดัชนีความสำคัญ (importance value index, IVI) ซึ่งเป็นการรวมค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo) เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งแสดงถึงความสำคัญทางนิเวศของชนิดไม้ต้นที่ขึ้นปรากฏในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถ คำนวณได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI \%)} = \text{RD\%} + \text{RF\%} + \text{RDo\%}$$

2.1 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD)

$$\text{RD} = \frac{\text{ค่าความหนาแน่นของชนิด a (D)} \times 100}{\text{ผลรวมของค่าความหนาแน่นของทุกชนิด}}$$

$$\text{เมื่อ D} = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของชนิด a ที่พบในแปลง}}{\text{ขนาดพื้นที่ของแปลงสำรวจ}}$$

2.2 ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF)

$$\text{RF} = \frac{\text{ความถี่ของชนิด a (F)} \times 100}{\text{ผลรวมของค่าความถี่ของต้นไม้ทุกชนิด}}$$

$$\text{เมื่อ F} = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่พบชนิด a} \times 100}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจ}}$$

2.3 ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo)

$$\text{RDo} = \frac{\text{ความเด่นของชนิด a} \times 100}{\text{ผลรวมของค่าความเด่นของทุกชนิด}}$$

$$\text{เมื่อ Do} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดของชนิด a}}{\text{พื้นที่ของแปลงตัวอย่าง}}$$

พื้นที่หน้าตัด (basal area) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{พื้นที่หน้าตัด} = \pi D^2 / 4$$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก 1.30 เมตร ในกรณีไม้โกงกางวัดที่ระดับ 20 เซนติเมตรเหนือคอราก

3. คำนวณค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดของแซนนอน-ไวเยเนอร์ (Shannon-Wiener diversity index, H')

คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$H = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

เมื่อ H = ดรรชนีความหลากหลาย

P_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นของพรรณไม้หนึ่ง (i) ต่อจำนวนต้นของพรรณไม้ทั้งหมดในแปลง

S = จำนวนชนิดพรรณไม้ทั้งหมด

ln = ล็อกการิทึมฐานธรรมชาติ (e = 2.718)

4. คำนวณค่าดัชนีความร่ำรวยทางชนิดพรรณหรือค่าความชุกชุม (species richness) โดยใช้ดัชนีของมาร์กาเลฟ (Margalef's index: d) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$d = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

เมื่อ S = จำนวนชนิดพรรณพืชทั้งหมด

N = จำนวนต้นไม้ทั้งหมด

ln = ล็อกการิทึมฐานธรรมชาติ (e = 2.718)

5. คำนวณค่าดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิดพรรณ (species evenness) ของพื้ (Pielou's Evenness) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

เมื่อ H' = Shannon' Index: H'

$$H_{\max} = \ln S$$

$\ln$ = ล็อกการิทึมฐานธรรมชาติ ($e = 2.718$)

S = จำนวนชนิดที่พบในแปลงถาวร

โดยการหาค่าดัชนีต่างๆ ในข้อ 2-5 ได้ทำตามรูปแบบ

การวิเคราะห์ของ Department of Marine and Coastal Resources (2016)

6. การประมาณมวลชีวภาพซึ่งได้จากการนำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของพรรณไม้ป่าชายเลนที่พบในแปลงศึกษามาแทนค่าในสมการ Allometric equation การประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และใต้พื้นดินตามชนิดของพรรณไม้โดยเลือกพื้นที่ที่ใกล้เคียงและเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ที่มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว โดยใช้สมการมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของ Department of Marine and Coastal Resources (2016) ส่วนมวลชีวภาพของรากใต้ดิน ใช้สมการแต่ละชนิดของพรรณไม้ป่าชายเลนจากนักวิจัยหลายท่าน โดยการรวบรวมของ Komiyama *et al.* (2008) (ดังแสดงใน Table 1)

Table 1 Allometric equations for mangrove species found in Ranong province

Species	Allometric equations	Coefficient of determination (R^2)
^{1/} <i>Rhizophora apiculata</i>	$\log W_s = -1.117143 + 0.881750 (\log D^2 H)$	0.9899
	$\log W_b = -1.745870 + 0.951062 (\log D^2 H)$	0.9216
	$\log W_l = -1.072607 + 0.600880 (\log D^2 H)$	0.8521
	$\log W_{pr} = -1.601333 + 0.938298 (\log D^2 H)$	0.9486
	^{2/} $WR = 0.00974 (D^2 H)^{1.05}$	0.9500
^{1/} <i>R. mucronata</i>	$\log W_s = -1.259330 + 0.935224 (\log D^2 H)$	0.9729
	$\log W_b = -1.409218218 + 0.786635 (\log D^2 H)$	0.9178
	$\log W_l = -1.246857 + 0.622163 (\log D^2 H)$	0.9030
	$\log W_{pr} = -1.122568 + 0.808034 (\log D^2 H)$	0.9098
	^{2/} $WR = 0.00974 (D^2 H)^{1.05}$	0.9500
^{1/} <i>Bruguiera cylindrica</i>	$\log W_s = -1.173820 + 0.890752 (\log D^2 H)$	0.9905
	$\log W_b = -1.958986 + 0.960582 (\log D^2 H)$	0.8775
	$\log W_l = -1.398221 + 0.725531 (\log D^2 H)$	0.9466
	^{3/} $WR = 0.0188D^{0.909}$	0.9500
^{1/} <i>Ceriops tagal</i>	$\log W_s = -0.8446348 + 0.7468525 (\log D^2 H)$	0.9743
	$\log W_b = -2.3159916 + 1.1352985 (\log D^2 H)$	0.9596
	$\log W_l = -2.042828 + 0.746842 (\log D^2 H)$	0.9466
	^{3/} $WR = 0.159D^{1.95}$	0.8700
^{1/} <i>Avicennia alba</i>	$\log W_s = -2.935441 + 1.301256 (\log D^2 H)$	0.9108
	$\log W_b = -1.264194 + 0.893776 (\log D^2 H)$	0.9953
	$\log W_l = -2.042828 + 0.746842 (\log D^2 H)$	0.9573
	^{3/} $WR = 1.28D^{1.17}$	0.8000
^{1/} <i>Xylocarpus moluccensis</i>	$\log W_s = -0.867407 + 0.775906 (\log D^2 H)$	0.9484
	$\log W_b = -1.724536 + 0.959918 (\log D^2 H)$	0.9396

Table 1 (continued)

Species	Allometric equations	Coefficient of determination (R^2)
^{1/} <i>Bruguiera parviflora</i>	$\log W_l = -0.518597 + 0.385954 (\log D^2 H)$	0.8789
	${}^4/WR = 0.145D^{2.55}$	0.9900
	$\log W_s = -0.941214 + 0.789253 (\log D^2 H)$	0.9721
	$\log W_b = -2.132710 + 1.096157 (\log D^2 H)$	0.9101
^{1/} <i>Avicennia officinalis</i>	$\log W_l = -1.443254 + 0.752373 (\log D^2 H)$	0.8854
	${}^2/WR = 0.0188D^{0.909}$	0.9500
	$\log W_s = -1.267919 + 0.897218 (\log D^2 H)$	0.9939
	$\log W_b = -2.712308 + 1.242563 (\log D^2 H)$	0.8939
^{1/} <i>Xylocarpus granatum</i>	$\log W_l = -2.317307 + 0.844606 (\log D^2 H)$	0.8496
	${}^3/WR = 1.28D^{1.17}$	0.8000
	$\log W_s = -0.867407 + 0.775906 (\log D^2 H)$	0.9484
	$\log W_b = -1.724536 + 0.959918 (\log D^2 H)$	0.9396
^{1/} <i>Aegiceras corniculatum</i>	$\log W_l = -0.518597 + 0.385954 (\log D^2 H)$	0.8789
	${}^4/WR = 0.145D^{2.55}$	0.9900
	$\log W_s = -0.917362 + 0.809971 (\log D^2 H)$	0.9256
	$\log W_b = -2.213311 + 1.021904 (\log D^2 H)$	0.8905
^{1/} <i>Heritiera littoralis</i>	$\log W_l = -1.397838 + 0.599885 (\log D^2 H)$	0.8494
	${}^5/WR = 0.199p^{0.899}D^{2.22}$	0.9500
	$\log W_s = -1.212497 + 0.875603 (\log D^2 H)$	0.9812
	$\log W_b = -2.750265 + 1.238747 (\log D^2 H)$	0.9755
^{1/} <i>Heritiera littoralis</i>	$\log W_l = -2.573129 + 0.923686 (\log D^2 H)$	0.9411
	${}^5/WR = 0.199p^{0.899}D^{2.22}$	0.9500

Remarks: W_s = Stem biomass (kg) W_b = Branch biomass (kg)
 W_l = Leaf biomass (kg) W_{pr} = Prop root biomass (kg)
 WR = Below-ground root biomass (kg) D = Diameter (cm)
 H = height (m) P = Average 0.53 t ha⁻¹ (530 kg/m³)

Sources: ^{1/}Department of Marine and Coastal Resources (2016); ^{2/}Tamai *et al.* (1986); ^{3/}Comley and McGuinness (2005); ^{4/}Poungpam *et al.* (2002); ^{5/}Komiyama *et al.* (2005)

ผลและวิจารณ์

ชนิดไม้

พบชนิดไม้ตามลักษณะวิสัย (habit) ในแปลงถาวร จำแนกได้เป็น ไม้ต้น (tree, T) ไม้ต้นขนาดเล็ก (shrubby tree, ST) และไม้พุ่ม (shrub, S) แบ่งออกเป็น 5 วงศ์ 7 สกุล 11 ชนิด โดยเป็นชั้นอายุไม้ใหญ่ จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) แสมขาว (*Avicennia alba*) ตะบูนดำ

(*Xylocarpus moluccensis*) ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) แสมดำ (*Avicennia officinalis*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) เล็บมือนาง (*Aegiceras corniculatum*) และ หงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*) (Table 2) ไม้รุ่น จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ แสมขาว เล็บมือนาง ถั่วขาว โปรงแดง โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และ ตะบูนดำ ส่วนกล้าไม้ จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ แสมขาว ถั่วดำ โกงกางใบเล็ก และ โกงกางใบใหญ่ (Table 3) จากการศึกษา พบว่า ภายในแปลงถาวร ขนาด 1.2 เฮกเตอร์ พบพันธุ์ไม้ใหญ่ทั้งหมด 11 ชนิด จาก 5 วงศ์ จำนวนทั้งสิ้น 1,294 ต้น โดยมีวงศ์ Rhizophoraceae

เป็นวงศ์ที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.57 โดยเฉพาะ สกุล *Rhizophora* ที่มีโกงกางใบเล็ก จำนวน 772 ต้น และ โกงกางใบใหญ่ จำนวน 279 ต้น ส่วนอันดับรองลงไป คือสกุล *Bruguiera* ได้แก่ ถั่วขาว และถั่วดำ สำหรับชนิดไม้อื่น ๆ พบในวงศ์ Acanthaceae และวงศ์ Meliaceae วงศ์ละ 2 ชนิด ทั้งนี้ชนิดพันธุ์ไม้ที่พบในแปลงถาวร เกือบทั้งหมดล้วนเป็นชนิดที่เป็นพรรณไม้ป่าชายเลนที่แท้จริงทั้งหมด ยกเว้น หงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*) ที่เป็นพันธุ์ไม้ป่าบกที่เข้ามาเจริญเติบโตได้ในบริเวณชายขอบของป่าชายเลน

(Zich *et al.*, 2020) สาเหตุที่หงอนไก่ทะเลมีน้อย ซึ่งพบเพียง 1 ต้น สืบเนื่องมาจากเป็นชนิดพันธุ์ไม้ที่มักพบในบริเวณรอยต่อของแนวหลังป่าชายเลนกับป่าบก ทั้งบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีไม้ใหญ่ อย่างสกุลไม้โกงกางปกคลุมเรือนยอดอย่างหนาแน่นทำให้ความสามารถในการงอกของกล้าไม้ชนิดนี้มีน้อย รวมถึงมีกระแสน้ำค่อนข้างแรง พัดพาผลและกล้าไม้ออกไปนอกบริเวณจากการสำรวจพบมีกลุ่มไม้ต้นขนาดเล็ก รวม 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วขาว โปรงแดง และตะบูนขาว และกลุ่มไม้พุ่ม มี 1 ชนิด ได้แก่ เล็บมือนาง

Table 2 Species list of mangrove plants, habit, presence in plots and number of individuals in Klong Kam Phuan, Ranong province

Species	Genus	Family	Habit	No of plots	No of individuals
<i>Avicennia alba</i>	<i>Avicennia</i>	Acanthaceae	tree	12	26
<i>A. officinalis</i>	<i>Avicennia</i>	Acanthaceae	tree	1	2
<i>Aegiceras corniculatum</i>	<i>Aegicera</i>	Primulaceae	shrub	9	73
<i>Bruguiera cylindrica</i>	<i>Bruguiera</i>	Rhizophoraceae	small tree	47	104
<i>B. parviflora</i>	<i>Bruguiera</i>	Rhizophoraceae	tree	4	4
<i>Ceriops tagal</i>	<i>Ceriops</i>	Rhizophoraceae	small tree	24	26
<i>Rhizophora apiculata</i>	<i>Rhizophora</i>	Rhizophoraceae	tree	116	772
<i>R. mucronata</i>	<i>Rhizophora</i>	Rhizophoraceae	tree	85	279
<i>Xylocarpus granatum</i>	<i>Xylocarpus</i>	Meliaceae	small tree	1	1
<i>X. moluccensis</i>	<i>Xylocarpus</i>	Meliaceae	tree	6	6
<i>Heritiera littoralis</i>	<i>Heritiera</i>	Malvaceae	tree	1	1
Total (11)	7	5	3	-	1,294

จากการกระจายพรรณไม้ในแต่ละชนิดในแปลงถาวร พอสรุปได้ออกมาเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) บริเวณขอบคลองของแปลง 2) บริเวณตอนกลางของแปลง และ 3) บริเวณตอนบนของแปลง (Figure 2-4) ดังนี้

หนึ่งขอบคลอง พบว่า จะมีไม้เบิกนำอย่างแซมขาว ขึ้นอยู่บริเวณขอบคลอง รวมถึงเล็บมือนางที่ขึ้นตลอดแนวสำรวจ ทั้งนี้จะมีถั่วดำขึ้นอยู่บ้าง มี 2 ต้น จาก 2 แปลง

สองตอนกลาง พบว่า ถั่วขาวและโปรงแดงมีลักษณะแวดล้อมและสัดส่วนใกล้เคียงกัน โดยมีตะบูนดำขึ้นแทรกจับกลุ่มอยู่ โดยมีไม้โกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ขึ้นครอบครองพื้นที่

สามตอนบน พบว่า ถั่วขาวมีความสมบูรณ์กว่าโปรงแดง อยู่มาก ส่วนแซมดำและตะบูนดำมีอย่างละ 2 ต้น บริเวณขอบ

แปลงล่าง รวมถึง ตะบูนขาวมี 1 ต้น ส่วนหงอนไก่ทะเลพบบริเวณด้านบนสุดของแปลง มี 1 ต้น ซึ่งทั้ง 3 บริเวณที่กล่าวมาสามารถเปรียบเทียบการศึกษาของ Tusinski and Verhagen (2014) ในพื้นที่ป่าชายเลน ประเทศเวียดนาม พบว่าครอบคลุมทั้ง 3 บริเวณนี้เช่นกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 Zonation ดังนี้ เริ่มตั้งแต่บริเวณขอบคลอง ที่มีไม้แซมเป็นไม้เด่นเนื่องจากบริเวณนี้ลักษณะเป็นดินเลนงอกใหม่ น้ำจะท่วมถึงทุกครั้ง ขึ้น-ลง สมอ และบริเวณตอนกลางของแปลง พบว่ามีไม้โกงกางครอบครองพื้นที่ เป็นดินเลน น้ำท่วมถึงเป็นประจำ สุดท้ายบริเวณตอนบนของแปลงซึ่งอยู่ติดกับเขตป่าบก ที่มีไม้สกุลถั่วและไม้ตะบูนเป็นไม้เด่น บริเวณนี้ดินค่อนข้างแข็งน้ำจะท่วมถึงไม่สม่ำเสมอ

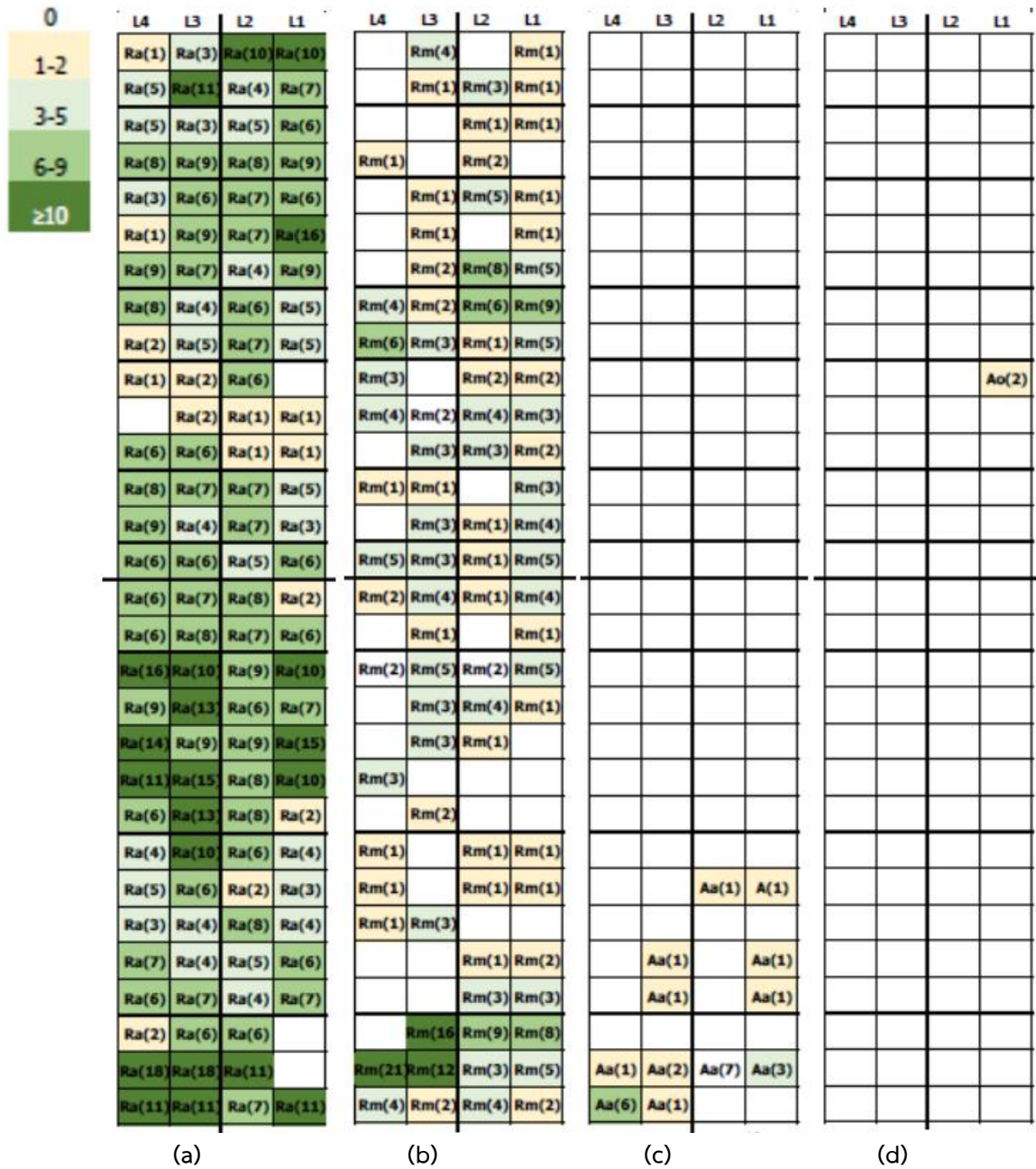


Figure 2 Distribution of (a) *Rhizophora apiculata*, Ra (b) *R. mucronata*, Rm (c) *Avicennia alba*, Aa (d) *A. officinalis*, Ao

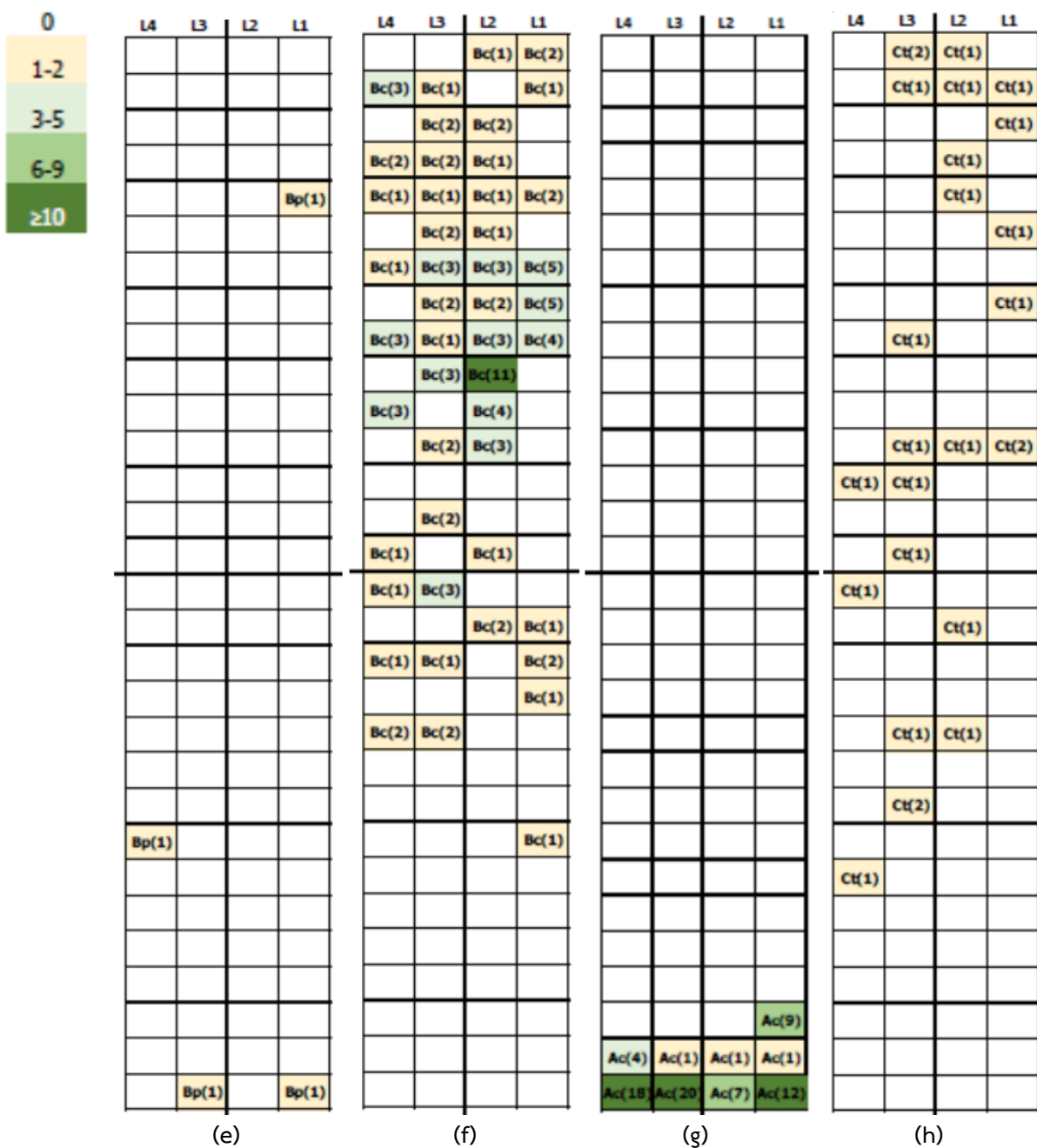


Figure 3 Distribution of (e) *Bruguiera parviflora*, Bp (f) *B. Cylindrica*, Bc (g) *Aegiceras corniculatum*, Ac (h) *Ceriops tagal*, Ct

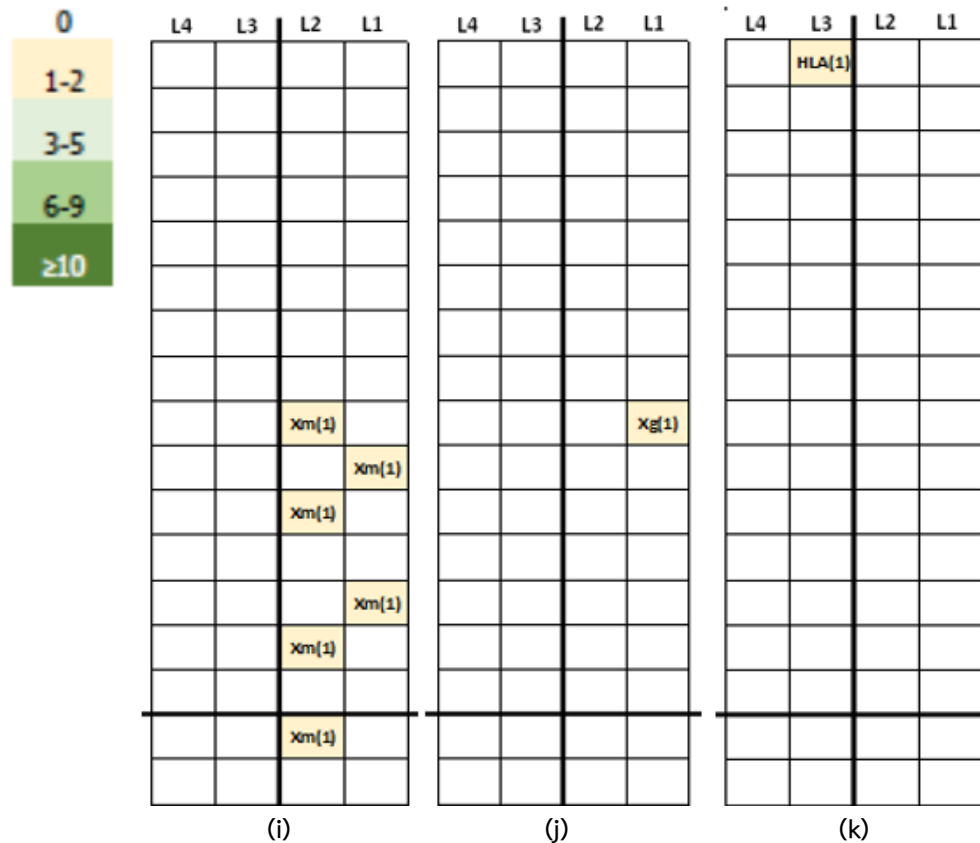


Figure 4 Distribution of (i) *Xylocarpus moluccensis*, *Xm* (j) *Xylocarpus granatum*, *Xg* (k) *Heritiera*

ความหนาแน่นของพรรณไม้

ไม้ต้น มีความหนาแน่น เท่ากับ 1,078 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยโก้งกางใบเล็ก มีความหนาแน่นสูงสุด 643 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ โก้งกางใบใหญ่ 233 ต้นต่อเฮกตาร์ ทั้งสองชนิด คิดเป็นร้อยละ 81.26 (Table 3) ของไม้ต้นที่พบในแปลง ซึ่งถ้าพิจารณาค่าความหนาแน่นในพื้นที่แห่งนี้ จะพบว่าเป็นรูปแบบป่าชายเลนที่พบตามฝั่งแม่น้ำและร่องน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลมาจากต้นน้ำอย่างสม่ำเสมอ มีพันธุ์ไม้เด่นอย่างไม้สกุลโก้งกางขึ้นครอบครองพื้นที่อย่างหนาแน่น อีกทั้งพื้นที่ดังกล่าวยังปราศจากภัยธรรมชาติและการลบกวนแต่อย่างใด มีการทดแทนทางธรรมชาติ ภายหลังจากการบุกรุกทำไม้มาก่อนหน้านี้และเหตุภัยพิบัติคลื่นยักษ์สึนามิในปี พ.ศ. 2547 จึงเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์มากในปัจจุบัน ซึ่งใกล้เคียงกับ บริเวณศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) มีความหนาแน่น 1,016 ต้นต่อเฮกตาร์ (Chumriang *et al.*, 2021) และ ป่าชายเลนบริเวณเกาะยาวน้อยและเกาะยาวใหญ่ จังหวัดพังงา 1,270 ต้นต่อเฮกตาร์ (Yamprasai, 2021) แต่น้อยกว่าป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑล จังหวัดระนอง ซึ่งพบว่ามี ความหนาแน่นเฉลี่ย 1,905 ต้นต่อเฮกตาร์ (Meepol, 2010) และ 1,983 ต้นต่อเฮกตาร์ (Department of Marine and Coastal Resources, 2016)

ในระดับไม้รุ่น จำนวน 7 ชนิด มีความหนาแน่น 104 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยโก้งกางใบเล็ก มีความหนาแน่นมากที่สุด เท่ากับ 54 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือ โก้งกางใบใหญ่ เท่ากับ 27 ต้นต่อเฮกตาร์ จากการสำรวจ พบว่า มีไม้รุ่นขึ้นกระจายอยู่ค่อนข้างน้อยตลอดแนวพื้นที่ศึกษา สืบเนื่องมาจากพรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่ เป็นไม้ใหญ่และมีเรือนยอดปกคลุมต่อกันตลอดทั่วทั้งพื้นที่ แต่พรรณไม้ป่าชายเลนเป็นไม้ที่ชอบแสง (light demanding) ยกเว้นบริเวณที่ไม่มีไม้ใหญ่ปกคลุมหรือช่องว่างระหว่างป่า (forest gap) บริเวณแปลงย่อยที่ 33 ที่มีการล้มขอนนอนไพรตามธรรมชาติ เนื่องจากลมพายุ และฟ้าผ่า ทำให้มีการกระจายของไม้ใหญ่ขึ้นน้อย คาดว่าในอนาคตสังคมพืชในบริเวณนี้ จะถูกปกคลุมด้วยไม้ใหญ่มีความคล้ายคลึงกับสังคมป่าในปัจจุบันที่มีโก้งกางใบเล็ก เป็น องค์ประกอบหลัก

ในระดับกล้าไม้ มีจำนวน 4 ชนิด โดยมีความหนาแน่นของกล้าไม้ 1,025 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยโก้งกางใบเล็ก มีความหนาแน่นมากที่สุด 892 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ โก้งกางใบใหญ่ 83 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยภาพรวมพบว่า ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา มีแนวโน้มพลัดน้อย มีการทดแทนของไม้รุ่นและกล้าไม้น้อย ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากป่าชายเลนบริเวณดังกล่าวมีไม้ใหญ่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นทำให้ความสามารถในการงอกของกล้าไม้มีน้อย และมีกระแสน้ำค่อนข้างแรง พัดพาผลและกล้าไม้ แตกต่างจากผลการศึกษาใน

พื้นที่อื่น เช่น การศึกษาของ Meepol (2010) ในพื้นที่สงวนชีวมณฑล จังหวัดระนอง มีความหนาแน่นของไม้รุ่น เท่ากับ 1,105 ต้นต่อเฮกตาร์ และกล้าไม้ เท่ากับ 22,762 และ Pattanasingh *et al.* (2012) ศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนชุมชน

บ้านเปรีตโน จังหวัดตราด มีความหนาแน่นของไม้รุ่น เท่ากับ 7,222 ต้นต่อเฮกตาร์ และกล้าไม้ เท่ากับ 8,333 ต้นต่อเฮกตาร์ ทั้งนี้ เนื่องจากป่าชายเลนบ้านเปรีตโน เป็นป่าชายเลนที่ฟื้นตัวจากการทำนาเกลือ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2526-2537

Table 3 Stand density by species in mangrove forest at Khlong Kam Phuan, Ranong province

Species	Density (individuals/ha)			
	Tree	Sapling	Seedling	Total
<i>Avicennia alba</i>	22	1	33	56
<i>A. officinalis</i>	2	-	-	2
<i>Aegiceras corniculatum</i>	61	13	-	74
<i>Bruguiera cylindrica</i>	87	6	-	93
<i>B. parviflora</i>	3	-	17	20
<i>Ceriops tagal</i>	22	4	-	26
<i>Rhizophora apiculata</i>	643	54	892	1,589
<i>R. mucronata</i>	233	27	83	343
<i>Xylocarpus granatum</i>	1	-	-	1
<i>X. moluccensis</i>	5	1	-	6
<i>Heritiera littoralis</i>	1	-	-	1
Total species	11	7	4	-
Total individuals	1,078	106	1,025	2,211

ขนาดของไม้ต้น

ไม้ต้นจำนวน 11 ชนิด มีความสูงเฉลี่ย 9.31 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 11.18 เซนติเมตร หากจำแนกเป็นแต่ละชนิด พบว่า แสมขาว มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 16.9 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 30.99 เซนติเมตร และตะบูนขาว มีค่าเฉลี่ยของความสูงน้อยสุด 4 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.6 เซนติเมตร แสมขาวมีความสูงมากกว่าไม้ชนิดอื่น เนื่องมาจากเป็นไม้ป่าชายเลนที่พบอยู่บริเวณริมคลอง มีความสามารถตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น ความเค็มของน้ำทะเล การขึ้นลงของระดับน้ำทะเล รวมถึงสภาพดิน ทำให้พรรณไม้ชนิดดังกล่าวมีการเติบโตที่มากกว่าไม้ชนิดอื่น และผลการศึกษารังนี้ มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Meepol (2010) ที่รายงานค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง เท่ากับ 10.13 เซนติเมตร และ 12.05 เมตร และการศึกษาของ Yamprasai (2021) พบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง เท่ากับ 12.58 เซนติเมตร และ 12.15 เมตร

ค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น

ดัชนีความสำคัญ (importance value index, IVI) เป็นดัชนีที่บ่งบอกความสำคัญของชนิดไม้แต่ละชนิดที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ ซึ่งเป็นผลรวมของค่าร้อยละสัมพัทธ์ความหนาแน่น ค่าร้อยละสัมพัทธ์ความถี่ และค่าร้อยละสัมพัทธ์ความเด่นของพืชแต่ละชนิด และเมื่อพิจารณาดัชนี IVI ของพรรณไม้ในพื้นที่

ศึกษา พบว่า พรรณไม้ที่มีค่าดัชนี IVI สูงสุดคือ โกงกางใบเล็ก เท่ากับ ร้อยละ 165.02 รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว แสมขาว และโปรงแดง มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.46, 24.96, 12.75 และ 10.08 ตามลำดับ แสดงรายละเอียดไว้ใน (Table 4) โกงกางใบเล็กจึงเป็นชนิดพรรณไม้ที่มีอิทธิพลต่อบริเวณพื้นที่ศึกษาและเป็นชนิดพรรณไม้ที่สามารถครอบครองและกระจายพรรณในพื้นที่ดีกว่าพรรณไม้ชนิดอื่น และจากผลของค่าดัชนี IVI เห็นได้ชัดว่ามีความสอดคล้องกับป่าชายเลนที่สมบูรณ์ในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น จากการศึกษาของ Meepol (2010) พบว่า ไม้โกงกางใบเล็ก มีค่าดัชนี IVI สูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 96.33 รองลงมาได้แก่ ถั่วดำ โกงกางใบใหญ่ ถั่วขาว และโปรงแดง ตามลำดับ เท่ากับร้อยละ 77.0, 49.33, 34.50 และ 16.33 ตามลำดับ และ จากการศึกษาของ Chumriang *et al.* (2021) พบว่า โกงกางใบเล็กมีค่า IVI สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 146.17 รองลงมา คือ พังกาหัวสุมดอกแดง ถั่วขาว และตะบูนดำ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 35-45 ส่วนพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ จะมีค่าดัชนีความสำคัญน้อยกว่าร้อยละ 25 แต่ผลการศึกษาของ Pattanasingh *et al.* (2012) พบว่า โปรงแดงมีค่าดัชนี IVI สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 86.27 รองลงมาได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ตาตุ่มทะเล ถั่วขาว ตามลำดับเท่ากับร้อยละ 54.79, 17.53, 11.80 และ 8.81 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นป่าชายเลนที่อยู่ระหว่างการฟื้นตัวจากนาเกลือทิ้งร้าง ซึ่งจะแตกต่างไปจากพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ที่มีค่าดัชนี IVI สูงที่สุด คือ โกงกางใบเล็ก

Table 4 Importance value index (IVI) of mangrove forest at Khlong Kam Phuan, Ranong province

Species	Relative density (RD %)	Relative frequency (RF%)	Relative dominance (RDo%)	Importance value index (IVI%)
<i>Rhizophora apiculata</i>	59.66	37.90	67.45	165.02
<i>R. mucronata</i>	21.56	27.77	23.12	72.46
<i>Bruguiera cylindrica</i>	8.03	15.35	1.56	24.96
<i>Avicennia alba</i>	2.00	3.92	6.82	12.75
<i>Ceriops tagal</i>	2.00	7.84	0.22	10.08
<i>Aegiceras corniculatum</i>	5.64	2.94	0.32	8.90
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	0.46	1.96	0.08	2.50
<i>Bruguiera parviflora</i>	0.30	1.30	0.22	1.84
<i>Avicennia officinalis</i>	0.15	0.32	0.14	0.63
<i>Heritiera littoralis</i>	0.07	0.32	0.006	0.41
<i>Xylocarpus granatum</i>	0.07	0.32	0.004	0.40
	100	100	100	300

Shannon-Wiener diversity index: $H' = 1.22$

Margalef's index: $d = 1.39$

Pielou's evenness: $J' = 0.51$

ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้

จากการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ โดย Shannon-Wiener ที่ประกอบไปด้วยไม้ใหญ่จำนวน 11 ชนิด มีค่าเท่ากับ 1.22 ดัชนีความร่ำรวยของชนิดหรือความชุกชุม (species richness) เท่ากับ 1.39 ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด (species evenness) เท่ากับ 0.51 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษาดังกล่าวมีความหลากหลายทางชนิดพรรณต่ำ แตกต่างจากสภาพพื้นที่โดยรอบโดยเฉพาะในแปลงศึกษา พรรณไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ พื้นที่หน้าตัดมาก มีการปกคลุมเรือนยอดอย่างหนาแน่นตลอดแนวพื้นที่ โดยเฉพาะไม้สกุลโกงกาง เห็นได้ว่ามีค่าดัชนี IVI สูงเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทย ซึ่งกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งได้มีการรายงานไว้ และสูงกว่ามากกับชนิดไม้ อันดับรองลงมาในแปลงศึกษา โดยค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดพรรณที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะใกล้เคียงกับการศึกษาของ Meepol (2010) เท่ากับ 0.71 แต่พบน้อยกว่าการศึกษาของ Chumriang *et al.* (2021) เท่ากับ 1.39 โดย Shimwell (1971) กล่าวว่า ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดพรรณเป็นการแสดงค่าที่รวมความสม่ำเสมอเอาไว้ รวมถึงความมากมายของชนิดพรรณเข้าไว้ด้วยกัน ด้วยเหตุผลที่ว่า ถ้าในแต่ละชนิดพรรณมีจำนวนต้นใกล้เคียงกันก็เท่ากับว่าค่าดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดพรรณจะมีค่าสูงไปด้วย แต่ถ้าหากจำนวนในแต่ละชนิดพรรณมีความแตกต่างกันมากก็จะส่งผลทำให้ค่าดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดพรรณจะต่ำไปด้วยเช่นกัน

จากผลความอุดมสมบูรณ์ทางชนิดพรรณต่อการกระจายพรรณไม้ทั้ง 11 ชนิดที่พบในแปลงศึกษา โดยการ

เปรียบเทียบข้อมูลของ Aksornkaew (1998) พบว่ามีรูปแบบกระจายแบ่งเขตพรรณไม้ (zonation) ครอบคลุมทุกกลุ่ม เริ่มตั้งแต่ริมชายฝั่งที่มีกระแสน้ำลงของน้ำทะเล สามารถพบไม้แสมและไม้ลำพูซึ่งเป็นไม้เบิกนำ แต่ในบางพื้นที่พบไม้โกงกาง ขึ้นอยู่แทน ส่วนกลางแปลงจะพบโกงกาง ถั่ว และโปรง ตามลำดับ ส่วนด้านในสุดของป่าชายเลนที่มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นครั้งคราว จะพบกลุ่มไม้ผาด ไม้ตะบูน และไม้ตาตุ่มขึ้นอยู่ โดยเฉพาะไม้แสมและไม้โกงกางมักขึ้นตามริมน้ำซึ่งเป็นดินเลนลึกและมีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นประจำ ถัดไปด้านหลังสุดของป่าชายเลนที่ติดกับป่าบก จะพบว่า มีกลุ่มไม้ตะบูน ไม้ผาด ไม้หนองไก่ และไม้ตาตุ่ม ขึ้นอยู่ในพื้นที่เลนแข็ง พื้นที่สูง และน้ำทะเลท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น

ผลการศึกษาที่ได้สามารถแบ่งกลุ่มพรรณไม้ออกเป็น 3 โซน ดังนี้ 1.) โซนไม้แสม (*Avicennia* zone) ซึ่งมีระบบรากหายใจ (pneumatophore root) เนื่องจากบริเวณนี้ลักษณะเป็นดินเลนงอกใหม่ (unconsolidated zone) ออกซิเจนในดินต่ำ รากจึงต้องปรับตัวให้โผล่เหนือพื้นดินเพื่อรับอากาศ บริเวณนี้น้ำจะท่วมถึงทุกครั้งขึ้น-ลง สม่าเสมอ อยู่ในเขตนํ้าลงต่ำสุด (subtidal zone) ขึ้นร่วมกับพรรณไม้ชนิดอื่น ได้แก่ ถั่วดำ โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ โดยจะพบเลื้อยมีอนาง กระจายพรรณเป็นกลุ่มลักษณะคล้ายแสมขาวที่อยู่บริเวณชายคลอง 2.) โซนไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* zone) ซึ่งมีระบบรากค้ำยัน (prop/knee root) เพื่อการจับยึดและค้ำยัน และยกตัวสูงให้พ้นระดับน้ำทะเล เนื่องจากเป็นดินเลน และบริเวณนี้น้ำจะท่วมถึงเป็นประจำ (regularly flooded) ขึ้นร่วมกับพรรณไม้ชนิดอื่น ได้แก่ แสมขาว ถั่วดำ

โก่งกางใบใหญ่ แต่มีถั่วขาว และโปรงแดง เป็นชนิดที่มีการกระจายพันธุ์เพิ่มเติมเข้ามามากขึ้น 3.) โซนสกุลไม้ถั่วและไม้ตะบูน (*Bruguiera* spp. & *Xylocarpus* zone) ซึ่งมีระบบรากพูพอน (buttress root) หรือระบบรากปกติ เนื่องจากอยู่บริเวณดินแข็ง บริเวณนี้น้ำจะท่วมถึงไม่สม่ำเสมอ (irregularly flooded) ขึ้นร่วมกับพันธุ์ไม้ชนิดอื่น ได้แก่ แสมดำ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และหอนไก่ทะเล โดยมีโปรงแดง เป็นชนิดพันธุ์ที่โดดเด่นเพิ่มเติมเข้ามา ซึ่งในโซนนี้ จะมีความหนาแน่นมาก ใกล้เคียงกับถั่วขาว นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการกระจายของพันธุ์ไม้ในสามโซนที่กล่าวมา จะพบว่ามีโก่งกางใบเล็ก และโก่งกางใบใหญ่ เป็นไม้เด่นกระจายหนาแน่นครอบคลุมพื้นที่ทุกโซน (Figure 5) มากถึง

ร้อยละ 81.22 ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าโซนไม้โก่งกาง *Rhizophora* มีดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิดค่อนข้างต่ำกว่าทุกโซน มีค่าเท่ากับ 0.23 เป็นเพราะว่าไม้โก่งกางเป็นไม้ไม่ทนร่ม หรือชอบแสง (light demanding) ทำให้ลูกไม้ที่อยู่ด้านล่างไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี และไม้ชนิดอื่นที่เข้ามาแทรกบริเวณนี้ทั้งที่มีจำนวนชนิดสูงแต่กับการกระจายไม่มากนักทำให้ความสม่ำเสมอไม่สูงตามเหมือนโซนอื่น ๆ และยังทำให้ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดมีค่าต่ำไปด้วย รวมถึงเมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของมวลชีวภาพรวม พบว่าทั้ง 3 โซน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ทั้งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน (ดังแสดงใน Table 5)

Table 5 Diversity indices and biomass according to zoning of plant species in the Khlong Kam Phuan, Ranong province

	<i>Avicennia</i>	<i>Rhizophora</i>	<i>Bruguiera</i> & <i>Xylocarpus</i>
Diversity index			
Shannon-Wiener (H')	1.28	0.57	1.05
Species richness			
Margalef's index: d	0.69	0.95	1.19
Species evenness			
Pielou's evenness: J'	0.53	0.23	0.44
Total Species	5	6	9
Biomass (t ha⁻¹)			
Above-ground	234.59	342.04	388.66
Below-ground	41.32	93.09	114.78

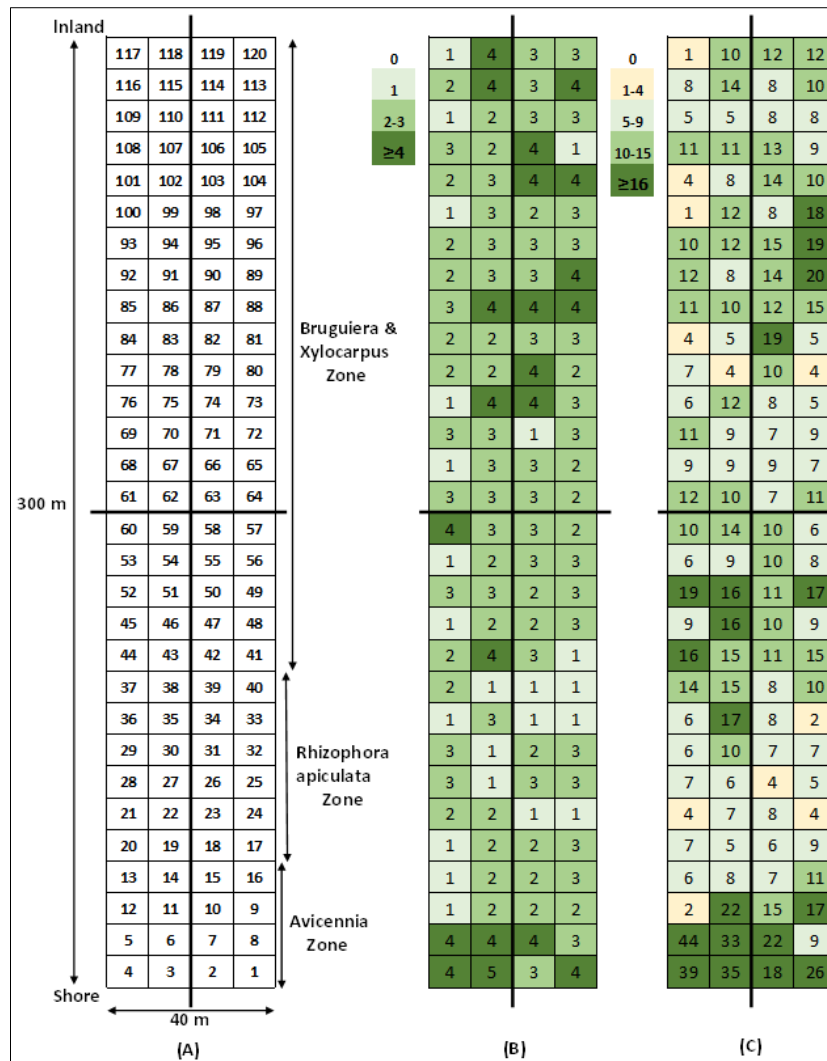


Figure 5 Distribution of plant species and density zonation in Khlong Kam Phuan (A) sub-plots according to tree species zonation (B) number of species in each plot (C) number of trees in each plot

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน

จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินของไม้ใหญ่ในป่าชายเลน บริเวณคลองกำพวน โดยใช้สมการ Allometric equation ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน Table 6 พบว่ามวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ป่าชายเลน มีค่าเท่ากับ 459.70 ตันต่อเฮกตาร์ โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีปริมาณ เท่ากับ 359.03 (78.10%) ตันต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีค่าเท่ากับ 185.41 (ร้อยละ 51.64), 72.28 (ร้อยละ 20.13), 13.82 (ร้อยละ 3.84) และ 87.50 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ร้อยละ 24.37) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแยกเป็นแต่ละชนิด พบว่า ชนิดไม้ที่มีมวลชีวภาพสูงสุดได้แก่ โกงกางใบเล็ก มีค่าเท่ากับ 251.69 ตันต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 70.10) รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว ถั่วขาว และเล็บมือนาง มีค่าเท่ากับ 81.45 (ร้อยละ 22.68), 22.16 (ร้อยละ 6.17), 2.59 (ร้อยละ 0.72) และ 0.33 ตันต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 0.09) ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพของไม้ต้นในป่าชายเลน คลองกำพวนกับพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า มีค่ามากกว่า Meepol (2010) และ Chumriang *et al.* (2021) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 119.76 และ 278 ตันต่อเฮกตาร์ แต่มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Department of Marine and Coastal Resources (2016) และ Ogino *et al.* (1983) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 329.23 และ 496.4 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับการศึกษาของ Komiyama *et al.* (2008) เท่ากับร้อยละ 20-30 แต่มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Department of Marine and Coastal Resources (2016), Comley and McGuinness (2005) และ Rozainah *et al.* (2018) เท่ากับร้อยละ 40.27, 29-57 และ 44.9-48.1 ตามลำดับ ทั้งนี้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพ พบว่าสัดส่วนความมากขึ้นอยู่กับป่าชายเลนของแต่ละประเภทตามภูมิภาคและภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป (Meng *et al.*, 2021) จากการศึกษามวลชีวภาพในครั้ง

นี้ทำให้ทราบว่า โกงกางใบเล็กมีมวลชีวภาพมากกว่าพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความสำคัญ (IVI)

เหตุผลสำคัญที่ทำให้มวลชีวภาพในพื้นที่ป่าชายเลนคลองกำพวนมีค่าสูงนั้นมีค่าสูงนั้น เนื่องจากถูกอนุรักษ์ไว้และฟื้นฟูให้มีสภาพตามธรรมชาติหลังเหตุการณ์คลื่นยักษ์สึนามิเมื่อเวลาผ่านไปนาน จึงมีการทดแทนตามธรรมชาติเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยไม่มีการบุกรุกหรือรบกวนแต่อย่างใด สอดคล้องกับข้อมูลที่พบว่ามีส่วนของไม้ขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากในแปลงศึกษา สำหรับมวลชีวภาพของราก มีค่า

เท่ากับ 100.67 ตันต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 21.90) และเมื่อแยกเป็นแต่ละชนิด พบว่า ชนิดไม้ที่มีมวลชีวภาพสูงสุดคือโกงกางใบเล็ก มีค่าเท่ากับ 73.23 ตันต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 72.74) รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว เล็บมือนาง และตะบูนดำ มีค่าเท่ากับ 25.32 (ร้อยละ 25.15), 1.57 (ร้อยละ 1.55), 0.18 (ร้อยละ 0.17) และ 0.15 ตันต่อเฮกตาร์ (ร้อยละ 0.14) ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนมวลชีวภาพ พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพใต้ดิน คิดเป็นร้อยละ 21.90 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

Table 6 Biomass of mangrove species at Khlong Kam Phuan, Ranong province

Species	Above ground biomass (t ha ⁻¹)					Below ground biomass (t ha ⁻¹)	Total biomass (t ha ⁻¹)
	Stem	Branch	Leaf	Stilt root	Total	Root	
<i>Avicennia alba</i>	12.99	8.84	0.32	0.00	22.16	1.574	23.73
<i>Avicennia officinalis</i>	0.16	0.12	0.009	0.00	0.30	0.058	0.35
<i>Aegiceras corniculatum</i>	0.28	0.03	0.002	0.00	0.33	0.184	0.51
<i>Bruguiera cylindrica</i>	1.77	0.48	0.33	0.00	2.59	0.009	2.59
<i>Bruguiera parviflora</i>	0.05	0.03	0.01	0.00	0.10	0.0003	0.1003
<i>Ceriops tagal</i>	0.18	0.06	0.03	0.00	0.28	0.120	0.40
<i>Rhizophora apiculata</i>	120.76	53.88	10.26	66.78	251.69	73.23	324.92
<i>R. mucronata</i>	49.11	8.78	2.82	20.71	81.45	25.32	106.77
<i>Xylocarpus granatum</i>	0.003	0.0011	0.0014	0.00	0.006	0.005	0.01
<i>X. moluccensis</i>	0.07	0.03	0.01	0.00	0.12	0.154	0.27
<i>Heritiera littoralis</i>	0.005	0.0012	0.0010	0.00	0.01	0.003	0.013
Total	185.41	72.28	13.82	87.50	359.03	100.67	459.70

สรุป

ป่าชายเลนบริเวณคลองกำพวน จังหวัดระนอง เป็นป่าชายเลนที่พบตามฝั่งแม่น้ำและร่องน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลมาจากต้นน้ำอย่างสม่ำเสมอ และเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบพันธุ์ไม้ในชั้นอายุไม้ใหญ่ ทั้งหมด 1,294 ต้น จำแนกได้ 5 วงศ์ 11 ชนิด โดยวงศ์ของพันธุ์ไม้ที่พบกระจายพันธุ์ในพื้นที่มากที่สุด คือวงศ์ Rhizophoraceae มีจำนวน 1,185 ต้น หรือร้อยละ 91.57 และชนิดพันธุ์ไม้ที่พบล้วนเป็นชนิดที่เป็นพรรณไม้ป่าชายเลนที่แท้จริงทั้งหมดจากการรายงานในประเทศไทย ยกเว้น หงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*) ที่มีการศึกษาในประเทศออสเตรเลีย พบว่าเป็นพันธุ์ไม้ป่าบกที่เข้ามาเจริญเติบโตได้ในบริเวณชายขอบของป่าชายเลนเท่านั้นมีมวลชีวภาพรวม เท่ากับ 459.70 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีปริมาณค่าที่สูงมากแห่งหนึ่งในประเทศไทยทำเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 359.03 ตันต่อเฮกตาร์ หรือร้อยละ 78.10 ของ

มวลชีวภาพรวม และมวลชีวภาพใต้ดินเท่ากับ 100.67 ตันต่อเฮกตาร์ หรือร้อยละ 21.90 ของมวลชีวภาพรวม

ผลจากงานวิจัยที่ได้ในครั้งนี้ ล้วนเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญเพื่อบอกความสามารถในการผลิตของป่าชายเลนในพื้นที่น่าไปเป็นข้อมูลการประเมินซื้อขายคาร์บอนเครดิต รวมไปถึงการเปรียบเทียบเพื่อตรวจติดตามเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงการแบ่งเขตของพรรณไม้ (zonation) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน ที่เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งต่อการอยู่รอดของพรรณไม้ป่าชายเลน นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลสำหรับฟื้นฟูป่าชายเลนพื้นที่อื่น ๆ ให้กลับมามีสภาพดั้งเดิมในอนาคตอันใกล้ รวมถึงเป็นการต่อยอดงานวิจัยในครั้งต่อไป เช่น การเพิ่มพื้นที่แปลงตัวอย่าง หรือนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยอย่างโดรน (drone) เข้ามาสำรวจร่วม เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและแม่นยำยิ่งขึ้น ทั้งนี้อุทยานแห่งชาติแหลมสนสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่อื่น ๆ ที่มี

ศักยภาพ เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนให้มีความอุดมสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นเหมือนในพื้นที่แห่งนี้ ซึ่งในอดีตเคยเป็นป่าชายเลนที่มีการบุกรุก ทั้งยังเกิดภัยพิบัติ แต่หลังจากนั้น ชุมชนได้ตระหนัก และเห็นความสำคัญมีการร่วมแรงร่วมใจวางระเบียบการเข้าใช้ประโยชน์อย่างรัดกุมมีแบบแผน พร้อมได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างดี พื้นที่ดังกล่าวจึงมีความอุดมสมบูรณ์มาก ณ ปัจจุบัน

REFERENCES

- Aksornkaew, S. 1998. **Mangrove Forest Ecology and Management**, 2nd ed. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand (in Thai)
- Comley, B.W.T., McGuinness, K.A. 2005. Above-and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves. **Australian Journal of Botany**, 53(5): 431-436.
- Chumriang, P., Nanthikan, P., Nattakarnnda, D. 2021. Structural and dynamics of mangrove forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun). **Journal of Thai Forest Ecological Research**, 5(1): 53-64. (in Thai)
- Department of Marine and Coastal Resources. 2016. **Biodiversity in the Mangrove Forest 1 Decade of Resources Biology in the Mangrove Forest (2006-2015)**. Agricultural Cooperative Community Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of Marine and Coastal Resources. 2021. **Knowledge Manual about Mangrove Forest**. 7th ed. Ploy media Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Du, L. V. 1962. **Ecology and Silviculture of Mangrove**. Yale Univ. School of Forest. Unpublished mimeo. 26 pp.
- Hongxiao, L., Hai, R., Dafeng, H., Wenqing, W., Baowen, L., Qingxian, C. 2013. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forest of China. **Journal of Environmental Management**, 133: 86-93.
- Kasetsart University. 2007. **Ranong Coastal Resources Research Station, Prapas Beach and Kampuan Canal: Impact and management of tsunami**. Aksorn Siam Printing Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Komiyama, A., Ong, J.E., Pongpam, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany**, 89: 128-137.
- Komiyama, A., Pongpam, S., Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. **Journal of Tropical Ecology**, 21: 471-477.
- Meepol, W. 2010. Carbon sequestration of mangrove forests at Ranong Biosphere Reserve. **Journal of Forest Management**, 4(7): 33-47. (in Thai)
- Meng, Y., Bai, J., Gou, R., Cui, X., Feng, J., Dai, Z., Diao, X., Zhu, X., Lin, G. 2021. Relationships between above- and below-ground carbon stocks in mangrove forests facilitate better estimation of total mangrove blue carbon. **Carbon Balance and Management**, (2021) 16:8. doi.org/10.1186/s13021-021-00172-9
- Ogino, K., Tamai, S., Tabuchi, R., Nakasuga, T. 1983. In: **Forest Ecological Studies of Mangrove Ecosystem: Biomass of Mangrove Forest, Ranong, Southern Thailand**. Thai-Japanese Cooperative Research Project on Mangrove Productivity and Development. March 1983, Japan.
- Pattanasingh, N., Phuangjit, L., Chamroenphruek, M. 2012. Biomass production, litterfall and litter decomposition Prednai Community Mangrove Forest of Trat province. **Journal of Thai Forestry**, 31(3): 15-24. (in Thai)
- Pongpam, S., Komiyama, A., Jintana, V., Piriyaota, S., Sangtuan, T., Tanapermpool, P., Patanaponpaiboon, P., Kato, S. 2002. Aquantitative analysis on the root system of a mangrove, *Xylocarpus granatum* Koenig. **Tropics**, 12: 35-42.
- Research Station for Andaman Coast Development. 2014. **Research Master Plan for Ecosystem Development Suksamran District, Ranong Province 2015-2020**. Aksorn Siam Printing Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Rozainah, M.Z., Nazri, M.N., Sofawi, A.B., Hemati, Z., Juliana, W.A. 2018. Estimation of carbon pool in soil, above and belowground vegetation at different types of mangrove forests in Peninsular Malaysia. **Marine Pollution Bulletin**, 137(2018): 237-245.
- Shimwell, D.W. 1971. **The Description and Classification of Vegetation**. Sidgwick and Jackson, London, England.
- Tamai, S., Nakasuga, T., Tabuchi, R., Ogino, K. 1986. Standing biomass of mangrove forests in southern Thailand. **Journal of the Japanese Forest Society**, 68: 384-388.
- Tusinski, A., Verhagen, H.J. 2014. The use of mangroves in coastal protection. In: **Proceedings of COPEDEC 2012, 20-24 February 2012**. COPEDEC 2012, IIT Madras, Chennai, INDIA.
- Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E., Dahdouh-Guebas, F. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. **Aquatic Botany**, 89: 220-236.
- Yamprasai, S. 2021. **Biodiversity of Mangrove Species of Koh Yao Noi and Kho Yao Yai at Phang Nga Province**. <https://www.dmcrtth.dmcg.go.th>, 6 July 2023. (in Thai)
- Zich, F.A., Hyland, B.P.M., Whiffen, T., Kerrigan, R.A. 2020. ***Heritiera littoralis*. Australian Tropical Rainforest Plants Edition 8 (RFK8)**. Centre for Australian National Biodiversity Research (CANBR), Australian government, Acton ACT, Australia.
-

การจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตาก Classification of Recreation Opportunity Spectrum of National Parks in Tak Province

จันทร์ธิดา นานแกง^{1,2}, นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว^{2*} และสุภัทรา ถึกสถิตย์²
Chantida Nankeang¹, Noppawan Tanakanjana Phongkhieo^{2*} and Supattra Thueksathit²

¹สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4 (ตาก) กรมป่าไม้ ตำบลป่ามะม่วง อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

¹Office of Forest Resources Management 4 (Tak), Royal Forest Department, Pa Mamuang Subdistrict, Mueang Tak District, Tak Province 63000 Thailand

²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900

²Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fformwt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 15 มีนาคม 2567

Received: 15 March 2024

รับแก้ไข 26 มิถุนายน 2567

Revised: 26 June 2024

รับลงพิมพ์ 16 กรกฎาคม 2567

Accepted: 16 July 2024

ABSTRACT

Classification of recreational opportunities involves defining recreation based on differences in recreational environmental elements to provide visitors with a meaningful recreational experience that satisfies as many of their needs as possible. The objectives of this study were to study the recreational settings and to classify the recreation opportunity spectrum (ROS) of the recreation areas in 6 national parks at 24 sites in Tak province, Thailand. The indicators used to classify the ROS classes were composed of 7 groups: access, remoteness, naturalness, social encounter, visitor management, facilities and site management and visitor impacts. The indicators were collected during November 2022–April 2023. A logistic regression equation was used in the analysis. Based on the results, most the studied areas in the national parks in Tak Province were categorized as modified natural area (MN; 41.67%), followed by values that were similar for the primitive area (P; 25.00%) and semi-primitive motorized area (SPM; 20.83%). Considering the national parks according to the ROS: 1) most recreation areas in Lan Sang National Park were classified as semi-primitive motorized (SPM); 2) the areas in Taksin Maharat National Park were in the SPM and primitive (P) classes; 3) the areas in Khun Phra Wo National Park were in the modified natural area (MN) and P classes; 4) most areas in Mae Moei National Park were in the MN and semi-primitive non-motorized (SPNM) classes; 5) most areas in Namtok Pha Charoen National Park were in the MN class; and 6) most areas in Doi Soi Malai National Park for Petrified Wood were in the SPNM class.

Keywords: Recreation Opportunity Spectrum (ROS); National parks; Tak province

บทคัดย่อ

การจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ มีจุดมุ่งหมายในจำแนกพื้นที่นันทนาการตามความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์นันทนาการที่มีคุณค่าตรงตามความต้องการมากที่สุด ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการและจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ 6 แห่ง 24 แหล่งนันทนาการในจังหวัดตาก โดยใช้ตัวชี้วัดในการจำแนกทั้งหมด 7 กลุ่ม คือ การเข้าถึง ความห่างไกล ความเป็นธรรมชาติ โอกาสในการพบปะผู้คน การจัดการนักท่องเที่ยว สิ่งอำนวยความสะดวกและการจัดการพื้นที่ และผลกระทบจากกิจกรรมนักท่องเที่ยว เก็บข้อมูลตัวชี้วัดในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2565 ถึง เมษายน 2566 และใช้สมการถดถอยโลจิสติกในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าแหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตากจัดอยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง ร้อยละ 41.67 รองลงมาคือใกล้เคียงกันคือ อยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติสันโดษและพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษใช้ยานยนต์ ร้อยละ 25.00 และ 20.83 ตามลำดับ หากจำแนกเป็นแต่ละอุทยานแห่งชาติ พบว่า แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติลานสางจัดอยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง 2) แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช อยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษใช้ยานยนต์และพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ 3) แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติขุนพะวออยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลงและพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ 4) แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติแม่เมยอยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลงและพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษไม่ใช้ยานยนต์ 5) แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ อยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง 6) แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย - ไม้กลายเป็นหิน อยู่ในกลุ่มพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษไม่ใช้ยานยนต์

คำสำคัญ: ช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ อุทยานแห่งชาติ จังหวัดตาก

คำนำ

การท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักเดินทางท่องเที่ยวทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ โดยเป็นการเดินทางจากที่อยู่อาศัยเป็นการชั่วคราวไปยังสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติเพื่อประกอบกิจกรรมนันทนาการในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งนักท่องเที่ยวก็จะได้รับประสบการณ์นันทนาการในแง่ของการได้ใกล้ชิดกับธรรมชาติ การได้หลีกเลี่ยงจากความแออัดและเสียงอึกทึกของเมือง การได้พบเห็นธรรมชาติที่สวยงาม รวมถึงประสบการณ์นันทนาการในรูปแบบอื่น ๆ ดังนั้น การจัดการนันทนาการทางธรรมชาติ นอกจากจะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับศักยภาพของทรัพยากรนันทนาการแล้ว ต้องสอดคล้องและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว และนำไปสู่การสร้างควมพึงพอใจและประสบการณ์ด้านนันทนาการที่มีคุณภาพด้วย (Phongkhieo, 2012; 2018) ซึ่งการจัดการนันทนาการทางธรรมชาติที่ดีจะต้องรักษาความหลากหลายทางนันทนาการที่ถือว่าเป็นหัวใจของการจัดการนันทนาการทางธรรมชาติให้มีความเหมาะสมภายใต้เงื่อนไขของทรัพยากร สภาพการจัดการพื้นที่ และความหลากหลายของผู้ประกอบกิจกรรมและรูปแบบกิจกรรมนันทนาการ โดยเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในการจัดการนันทนาการทางธรรมชาติ คือ การจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ (recreation opportunity spectrum, ROS) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในจำแนกพื้นที่นันทนาการตามความแตกต่างของ

ปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์นันทนาการที่มีคุณค่าตรงตามความต้องการมากที่สุด โดยระบบ ROS ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยกลุ่มนักวิจัยและวางแผนของกรมป่าไม้ของประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงทศวรรษที่ 1970 และได้ถูกนำไปต่อยอดขยายผลในหลายประเทศ ทั้งสำหรับการวางแผนด้านนันทนาการในพื้นที่คุ้มครองและการวางแผนการท่องเที่ยวในระดับภูมิภาค ที่มีบริบทการจัดการที่หลากหลาย (Tanakanjana *et al.*, 1998; 2006; USDA Forest Service, 2017; Xiao *et al.*, 2018; Suksmawati *et al.*, 2021)

จังหวัดตากซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีทรัพยากรนันทนาการและการท่องเที่ยวที่อุดมสมบูรณ์และหลากหลาย อีกทั้งยังเป็นทางผ่านสู่เมืองท่องเที่ยวหลักที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันการพัฒนาและประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในเมืองรองหรือเมืองทางผ่านให้เป็นที่รู้จักเป็นสิ่งทีหน่วยงานด้านการท่องเที่ยวของประเทศไทยให้ความสำคัญ โดยมุ่งเน้นให้เกิดการกระตุ้นเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและระดับท้องถิ่น เป็นการกระจายรายได้สู่ภาคประชาชนอย่างทั่วถึง ทำให้ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการเกิดวิกฤติโควิด มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวชาติเดินทางมาท่องเที่ยวที่จังหวัดตาก สูงถึง 2,255,255 คน (Ministry of Tourism and Sports, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่อุทยานแห่งชาติที่มีนักท่องเที่ยวเดินทางมาเยือนสูงถึง 268,363 คน (Department of National Parks, Wildlife and

Plant Conservation, 2019) และเมื่อวิกฤติโรคระบาดคลี่คลาย จำนวนนักท่องเที่ยวก็ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสูงถึง 216,744 คน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2023) ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ กำหนดการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการแหล่งนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติของ จังหวัดตาก และเนื่องจากในแต่ละอุทยานแห่งชาติของจังหวัด ตากยังไม่เคยมีการศึกษาการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้าน นันทนาการมาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงจะทำให้เกิดความเข้าใจ และได้ข้อมูลที่ใช้ในการจัดการการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ ของจังหวัดตากให้มีความถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ สามารถเอื้ออำนวยให้เกิดประสบการณ์นันทนาการที่หลากหลาย และมีคุณภาพแก่นักท่องเที่ยว และช่วยลดผลกระทบจากการ ท่องเที่ยวที่อาจเกิดขึ้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปัจจัยแวดล้อม ด้านนันทนาการ และจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ (ROS) ในพื้นที่แหล่งนันทนาการ 24 แห่งในอุทยานแห่งชาติทั้ง 6 แห่ง ของจังหวัดตาก ประกอบด้วย อุทยานแห่งชาติลานสาง อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ อุทยานแห่งชาติแม่เมย อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ) อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย - ไม่กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ)

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในอุทยานแห่งชาติ 6 แห่งใน จังหวัดตาก ซึ่งมีที่ตั้งและอาณาเขตดัง Figure 1 และรายละเอียด ดังนี้

อุทยานแห่งชาติลานสาง ตั้งอยู่ในตำบลแม่ท้อ อำเภอเมือง จังหวัดตาก มีเนื้อที่ประมาณ 65,000 ไร่ มีแนวเทือกเขาถนนธงชัยตั้งอยู่กึ่งกลางอุทยานแห่งชาติ การเข้าถึงอุทยานแห่งชาติ สามารถทำได้ทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ โดยอุทยานแห่งชาติ ลานสางได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวเนื่องจากเป็นอุทยาน แห่งชาติที่อยู่ใกล้กับตัวเมืองตากมากที่สุด ปัจจุบันภายในอุทยาน แห่งชาติมีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ ประโยชน์จากนักท่องเที่ยว โดยมีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจำนวน 8 แห่ง เช่น น้ำตกลานสาง น้ำตกผาผึ้ง และน้ำตกลานเลี้ยงม้า เป็นต้น

อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช ตั้งอยู่ในตำบลพระวอ อำเภอแม่สอด และตำบลแม่ท้อ อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก มีเนื้อที่ 163,750 ไร่ การเข้าถึงอุทยานแห่งชาติสามารถทำได้ทั้ง รถยนต์และรถจักรยานยนต์ ปัจจุบันภายในอุทยานแห่งชาติมี การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จาก

นักท่องเที่ยว ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวประกอบกิจกรรมในพื้นที่ลาน กางเต็นท์ โดยมีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจำนวน 2 แหล่ง คือ น้ำตกปางอ้ายน้อย และเส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่

อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ ตั้งอยู่ในอำเภอแม่ระมาด และ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีเนื้อที่ 247,957 ไร่ การเข้าถึง อุทยานแห่งชาติสามารถทำได้ทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ อุทยานแห่งชาติขุนพะวออยู่ไกลจากตัวเมืองตากระยะทาง ประมาณ 133 กิโลเมตร นอกจากนี้ภายในอุทยานแห่งชาติมีการ พัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จาก นักท่องเที่ยว ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวนิยมประกอบกิจกรรมในพื้นที่ ลานกางเต็นท์ แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของอุทยานแห่งชาติ ขุนพะวอมีจำนวน 2 แหล่ง คือ น้ำตกขุนพะวอ และเส้นทางศึกษา ธรรมชาติ

อุทยานแห่งชาติแม่เมย ตั้งอยู่ในตำบลแม่สอง และ ตำบลแม่อุสุ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก มีเนื้อที่ 115,800 ไร่ การเข้าถึงอุทยานแห่งชาติสามารถทำได้ทั้งรถยนต์และ รถจักรยานยนต์ โดยอุทยานแห่งชาติแม่เมยเป็นอุทยานแห่งชาติที่ อยู่ไกลจากตัวเมืองตากมากที่สุดระยะทางประมาณ 208 กิโลเมตร ปัจจุบันภายในอุทยานแห่งชาติมีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จากนักท่องเที่ยว โดยมีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจำนวน 5 แห่ง เช่น ม่อนครูบาใส ม่อนพูนสุตา และถ้ำแม่อุสุ เป็นต้น

อุทยานเขื่อนลำนคราใหญ่ (เตรียมการฯ) ตั้งอยู่ใน อำเภอพบพระ จังหวัดตาก มีเนื้อที่ 534,375 ไร่ การเข้าถึง อุทยานแห่งชาติสามารถทำได้ทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ อุทยานแห่งชาติเขื่อนลำนคราใหญ่ (เตรียมการฯ) อยู่ไกลจากตัว เมืองตากระยะทางประมาณ 120 กิโลเมตร นอกจากนี้ภายใน อุทยานแห่งชาติมีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับ การใช้ประโยชน์จากนักท่องเที่ยว ปัจจุบันเป็นอุทยานแห่งชาติที่มี จำนวนนักท่องเที่ยวเข้ามาใช้บริการมากที่สุดในจังหวัดตาก เนื่องจากมีน้ำไหลตลอดทั้งปี อยู่ติดกับแหล่งชุมชนและไม่มี การเก็บค่าธรรมเนียมนำเข้าพื้นที่ แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจำนวน 3 แห่ง คือ เขื่อนลำนคราใหญ่ เส้นทางศึกษาธรรมชาติ และบ่อน้ำพุ ร้อนห้วยน้ำนก

อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย-ไม่กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ) ตั้งอยู่ในตำบลตากออก อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก มีเนื้อที่ประมาณ 200,009 ไร่ การเข้าถึงสามารถทำได้ทั้งรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ อยู่ใกล้กับตัวเมืองตากระยะทางประมาณ 28 กิโลเมตร ปัจจุบันภายในอุทยานแห่งชาติมีการพัฒนาสิ่ง อำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จากนักท่องเที่ยว และไม่มี การเก็บค่าธรรมเนียมนำเข้าพื้นที่ แหล่งท่องเที่ยวที่ สำคัญจำนวน 4 แห่ง เช่น ชากดึกดำบรรพ์ไม่กลายเป็นหิน ดอยหลวงตาก และดอยสอยดาว เป็นต้น (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2015)

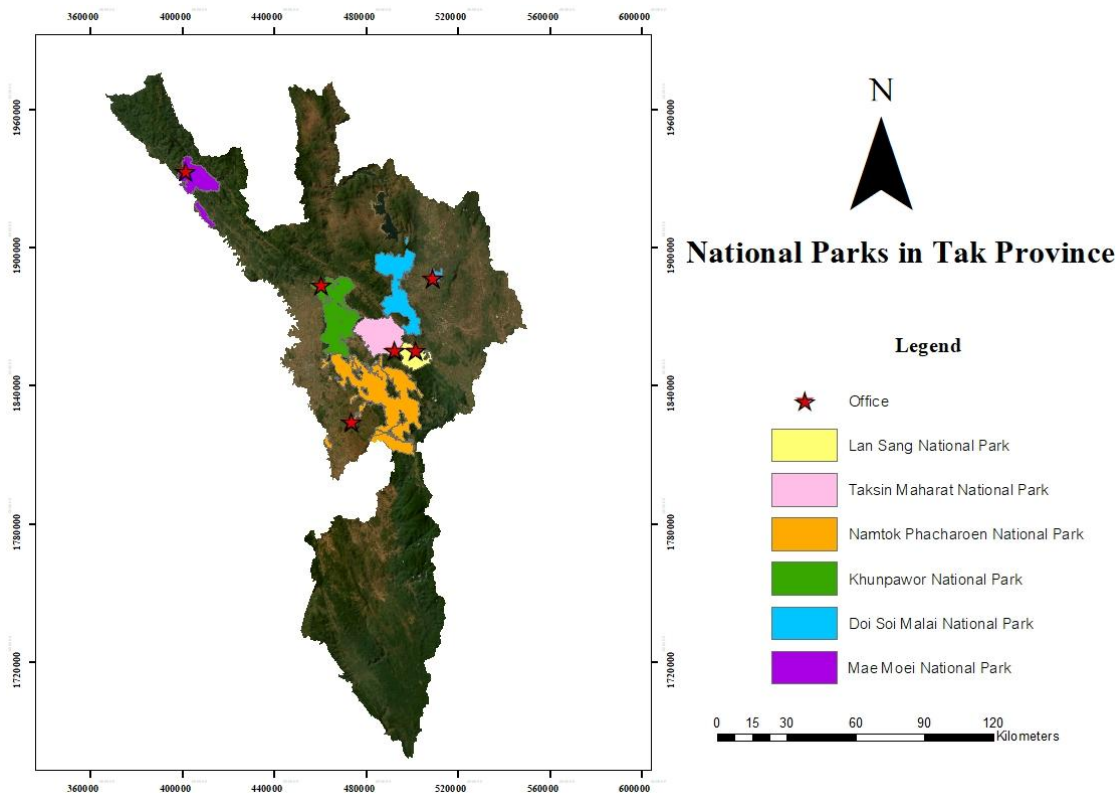


Figure 1 Map of locations and boundaries of six National Parks in Tak province

สำหรับเครื่องมือในการสำรวจข้อมูลทางกายภาพในภาคสนาม ได้แก่ ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ เครื่องกำหนดพิกัดทางภูมิศาสตร์ (global positioning system, GPS) อุปกรณ์รังวัดพื้นที่ เครื่องนับจำนวน กล้องถ่ายภาพ แบบสอบถาม สำหรับสอบถามการรับรู้ของนักท่องเที่ยวต่อปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการทางสังคม เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

การกำหนดขอบเขตของแหล่งนันทนาการและตัวชี้วัดในการศึกษา

สำรวจสภาพทั่วไปของพื้นที่และกำหนดขอบเขตแหล่งนันทนาการของอุทยานแห่งชาติทั้ง 6 แห่ง โดยกำหนดให้ครอบคลุมบริเวณที่เป็นฐานทรัพยากรหลัก (key resource) แต่ละประเภทที่พบในพื้นที่ศึกษา คือ 1) น้ำตก 2) ลำน้ำ 3) น้ำพุร้อนหรือบ่อน้ำร้อน 4) จุดชมวิว และ 5) เส้นทางศึกษาธรรมชาติ รวมถึงบริเวณเส้นทางเข้าถึง พื้นที่บริการผู้มาเยือน และพื้นที่ธรรมชาติที่ล้อมรอบฐานทรัพยากรในรัศมี 100 เมตร โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ และ GPS ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตัวชี้วัดและเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการกำหนด ROS ออกเป็น 7 กลุ่ม คือ 1) การเข้าถึง 2) ความห่างไกล 3) ความเป็นธรรมชาติ 4) การพบปะนักท่องเที่ยว กลุ่มอื่น ๆ ขณะประกอบกิจกรรมนันทนาการในพื้นที่

5) การจัดการนักท่องเที่ยว 6) สิ่งอำนวยความสะดวกและการจัดการพื้นที่ และ 7) ร่องรอยผลกระทบจากกิจกรรมนักท่องเที่ยว ซึ่งอ้างอิงจาก Tanakanjana *et al.* (2006)

การสำรวจข้อมูลตามตัวชี้วัด

ใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตามตัวชี้วัด ROS ทั้ง 7 กลุ่ม ดังนี้

1. การเข้าถึงพื้นที่ กำหนดเกณฑ์การวัดการเข้าถึงพื้นที่ก่อนถึงแหล่งนันทนาการในระยะ 1,500 เมตรด้วยการใช้ข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจภาคสนามโดยใช้เครื่อง GPS

2. ความห่างไกล สำรวจระยะห่างจากแหล่งนันทนาการกับบริเวณที่มียานพาหนะสัญจรโดยใช้เครื่อง GPS

3. ความเป็นธรรมชาติ ใช้ GPS ในการหมายขอบเขตพื้นที่ที่มีการพัฒนา เพื่อคำนวณหาสัดส่วนพื้นที่ธรรมชาติที่เหลือในขอบเขตแหล่งนันทนาการ

4. โอกาสในการพบปะผู้คน ทำการวัดการรับรู้ของนักท่องเที่ยวต่อปริมาณนักท่องเที่ยวที่พบในพื้นที่นันทนาการเดียวกัน โดยใช้แบบสอบถามกับนักท่องเที่ยว จำนวน 400 ตัวอย่าง กระจายเป็นสัดส่วนตามจำนวนนักท่องเที่ยวที่ไปเยือนอุทยานแห่งชาติแต่ละแห่ง ทั้ง 6 แห่ง ซึ่งแบบสอบถามที่ใช้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในส่วนของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและ

เชิงโครงสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทำการทดสอบก่อนเก็บข้อมูลจริง (try out) กับนักท่องเที่ยวจำนวน 30 ตัวอย่าง นำมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach' Alpha) ได้ค่าเท่ากับ 0.917 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูงตามหลักวิชาการ จากนั้นนำไปใช้ในการเก็บข้อมูล จากนั้นทำการเก็บข้อมูลด้วยการสุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวที่มีอายุไม่น้อยกว่า 19 ปี ที่พบในแต่ละอุทยานแห่งชาติตลอดระยะเวลาที่มีการเก็บข้อมูลภาคสนาม ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2565 – เมษายน 2566 แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละพื้นที่เทียบกับค่าระดับตามเกณฑ์ที่อ้างอิง

5. ร່องรอยผลกระทบจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์พื้นที่ของนักท่องเที่ยว ได้แก่ ปริมาณขยะ ร່องรอยการหักเห็ดกิ่งไม้ ร່องรอยการขีดเขียน ปริมาณรากไม้ที่โผล่พื้นผิวดิน โดยเก็บข้อมูลครั้งเดียวเพื่อประเมินสภาพที่เป็นอยู่จริง ณ ขณะนั้น ใช้วิธีการสังเกตและการตรวจวัดโดยตรง

6. สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาพการจัดการแหล่ง ใช้วิธีการสำรวจเจนนับจำนวนและประเภทสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีในแหล่งนันทนาการ เพื่อประเมินให้ค่าระดับการพัฒนาตามเกณฑ์ที่อ้างอิง

7. การจัดการนักท่องเที่ยว ใช้วิธีการสำรวจเจนนับจำนวนสื่อประเภทป้ายในขอบเขตของแหล่งนันทนาการ แล้วทำการประเมินให้ค่าระดับการควบคุมนักท่องเที่ยว ทั้ง 2 ตัวชี้วัดคือ ควบคุมทางตรงโดยเจ้าหน้าที่ และควบคุมทางอ้อมโดยใช้โปรแกรมสื่อความหมาย

ก่อนการแทนค่าข้อมูลในสมการของแต่ละตัวชี้วัดที่ได้จากสภาพพื้นที่จริง จะทำการคิดค่าน้ำหนักตัวชี้วัดย่อยตามเปอร์เซ็นต์ของความสำคัญในเชิงเปรียบเทียบ (relative importance) ซึ่งประยุกต์ใช้จากเปอร์เซ็นต์ของความสำคัญของตัวชี้วัดย่อยในการประเมินช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการประเภทจุดชมวิว จาก Tanakanjana *et al.* (2006) และนำค่าที่ได้มาใช้ในการจัดช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ 5 ช่วงชั้น ซึ่งแต่ละประเภทแหล่งนันทนาการก็จะมีช่วงคะแนนที่ตกในแต่ละช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตามตัวชี้วัดทั้ง 7 กลุ่ม มาประเมินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติก (Tanakanjana *et al.*, 2006) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมในการวิเคราะห์ ดังสมการนี้

$$ROS = 3.672 + 0.462X_1 + 0.677X_2 + 1.073X_3 + 0.483X_4 - 0.162X_5 + 0.303X_6 + 0.189X_7$$

เมื่อ X_1 = การเข้าถึงพื้นที่

X_2 = ความห่างไกล

X_3 = ความเป็นธรรมชาติ

X_4 = โอกาสในการพบปะผู้คน

X_5 = ร່องรอยผลกระทบจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์

X_6 = สิ่งอำนวยความสะดวกและสภาพการจัดการแหล่ง

X_7 = การจัดการนักท่องเที่ยว

โดยมีเกณฑ์คะแนนการแบ่งกลุ่ม ROS ดัง Table 1

Table 1 Score ranges for classification of recreation opportunity spectrum (ROS) of recreation areas in national parks, Tak province, Thailand

Score range	ROS class
16.554–19.157	Primitive area (P)
13.951–16.553	Semi-primitive non-motorized area (SPNM)
11.346–13.950	Semi-primitive motorized area (SPM)
8.743–11.345	Modified natural area (MN)
6.139–8.742	Urban area (U)

ผลและวิจารณ์

ปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการ

อุทยานแห่งชาติลานสาง

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญจำนวน 8 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทน้ำตก จำนวน 6 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทเส้นทางศึกษาธรรมชาติ จำนวน 2 แห่ง พบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการน้ำตกผาลาด

น้ำตกลานเลี้ยวม้า น้ำตกลานสาง และเส้นทางศึกษาธรรมชาติ (ค่ายพักแรม-น้ำตกลานสาง) มีการเข้าถึงที่สะดวกมาก เส้นทางเดินเท้าถึงแหล่งนันทนาการระยะทางไม่เกิน 1,500 เมตร ส่วนการเข้าถึงแหล่งนันทนาการอื่นๆ ค่อนข้างลำบากเพราะเส้นทางเดินเท้ามีระยะทางมากกว่า 1,500 เมตร ความห่างไกลของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติลานสางส่วนใหญ่มีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วย

ยานพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 1-4 กิโลเมตร ในพื้นที่ขอบเขตของแหล่งนันทนาการของอุทยานแห่งชาติลานสาง จำนวน 3 แหล่งมีพื้นที่ธรรมชาติมากกว่าร้อยละ 95 ของพื้นที่แหล่งนันทนาการ คือน้ำตกผาผึ้ง น้ำตกผาน้อย และน้ำตกผาเท ส่วนการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ขณะท่องเที่ยว พบว่า บริเวณน้ำตกผาลาด น้ำตกลานเลี้ยงม้า และน้ำตกลานสาง มีนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้ประมาณ 5-10 กลุ่ม ด้านการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในบางพื้นที่แหล่งนันทนาการมีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวและบางพื้นที่มีการใช้ป้ายสื่อความหมาย และด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า น้ำตกลานสาง น้ำตกผาลาด และเส้นทางศึกษาธรรมชาติ มีการพัฒนาสูง มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อป้องกันสภาพแวดล้อม ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับนักท่องเที่ยว และเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการประกอบกิจกรรมท่องเที่ยว ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกผาผึ้ง น้ำตกผาน้อย และน้ำตกผาเท มีการพัฒนาน้อยมาก โดยพัฒนาเฉพาะเส้นทางเดินเท้าเท่านั้น และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า น้ำตกลานสางมีปริมาณขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมมากที่สุด จำนวน 5 ชิ้นต่อ 10 ตารางเมตรและมีปริมาณของรากไม้ที่โผล่พื้นผิวดินร้อยละ 14 ของความยาวเส้นทาง

อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญจำนวน 2 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทน้ำตก จำนวน 1 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทเส้นทางศึกษาธรรมชาติ จำนวน 1 แห่ง พบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่ มีการเข้าถึงสะดวกมาก ทางเดินเท้าถึงฐานทรัพยากรระยะทางไม่เกิน 100 เมตร ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกปางอ้าน้อย มีลักษณะการเข้าถึงค่อนข้างลำบากเส้นทางเดินเท้า ระยะทางประมาณ 1.2 กิโลเมตร ความห่างไกลของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราชมีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 3-4 กิโลเมตร ในพื้นที่ขอบเขตแหล่งนันทนาการน้ำตกปางอ้าน้อย มีพื้นที่ธรรมชาติมากกว่าร้อยละ 97.95 ของพื้นที่แหล่งนันทนาการ และเส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่ มีพื้นที่ธรรมชาตร้อยละ 81.22 ส่วนการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ขณะท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้มีน้อยกว่า 5 กลุ่ม ส่วนด้านการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในพื้นที่แหล่งนันทนาการไม่มีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวและบางพื้นที่มีการใช้ป้ายสื่อความหมายและด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า

เส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่ มีการพัฒนาน้อย มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อป้องกันสภาพแวดล้อม และป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับนักท่องเที่ยว ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกปางอ้าน้อย มีการพัฒนาน้อยมาก โดยพัฒนาเฉพาะเส้นทางเดินเท้าเท่านั้น และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า เส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่มีปริมาณขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมมากที่สุด จำนวน 17 ชิ้นต่อ 10 ตารางเมตรมีปริมาณร่องรอยการหักกิ่งไม้ในพื้นที่ประกอบกิจกรรม จำนวน 5 รอยต่อความยาวของเส้นทาง และมีปริมาณของรากไม้ที่โผล่พื้นผิวดินร้อยละ 5.4 ของความยาวเส้นทาง ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกปางอ้าน้อยมีปริมาณของรากไม้ที่โผล่พื้นผิวดิน ร้อยละ 5.4 ของความยาวเส้นทาง

อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญจำนวน 2 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทน้ำตก จำนวน 1 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทเส้นทางศึกษาธรรมชาติ น้ำตกขุนพะวอ จำนวน 1 แห่ง พบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติ มีการเข้าถึงสะดวกมาก ทางเดินเท้าถึงฐานทรัพยากรระยะทางไม่เกิน 50 เมตร แต่ในช่วงฤดูฝนไม่สามารถเปิดให้นักท่องเที่ยวใช้บริการได้ เนื่องจากสภาพเส้นทางไม่เหมาะต่อการเดินศึกษาธรรมชาติ ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกขุนพะวอ มีลักษณะการเข้าถึงยากลำบากมาก เส้นทางเดินเท้าระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตร ความห่างไกลของแหล่งนันทนาการ พบว่า เส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกขุนพะวอมีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 0.7 กิโลเมตร ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกขุนพะวอจะมีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 3 กิโลเมตร ในพื้นที่ขอบเขตแหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกขุนพะวอ และน้ำตกขุนพะวอ มีพื้นที่ธรรมชาตร้อยละ 95.99 และ 79.71 ส่วนการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ขณะท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้มีน้อยกว่า 5 กลุ่ม ส่วนด้านการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในพื้นที่แหล่งนันทนาการไม่มีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวและบางพื้นที่มีการใช้ป้ายสื่อความหมายและด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า เส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกขุนพะวอ มีการพัฒนาน้อย มีสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐาน ได้แก่ ป้ายสื่อความหมายและม้านั่ง ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกขุนพะวอมีการพัฒนาน้อยมาก โดยพัฒนาเฉพาะเส้นทางเดินเท้าเท่านั้น และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า เส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตก

ขุนพะวอมีปริมาณขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมมากที่สุด จำนวน 5 ขึ้นต่อ 10 ตารางเมตร มีร่องรอยการขีดเขียนในพื้นที่ประกอบกิจกรรมมากกว่า 100 รอยต่อความยาวของเส้นทาง และมีปริมาณของรากไม้ที่ไผ่ล้มพื้นผิวดินร้อยละ 5.4

อุทยานแห่งชาติแม่เมย

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญ จำนวน 5 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทน้ำตก จำนวน 1 แห่ง แหล่งนันทนาการประเภทจุดชมวิว จำนวน 3 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทถ้ำ จำนวน 1 แห่งพบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ มีการเข้าถึงสะดวกมาก ทางเดินเท้าถึงฐานทรัพยากรระยะทางไม่เกิน 100 เมตร ความห่างไกลของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติแม่เมยส่วนใหญ่อยู่ติดกับบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ในพื้นที่ขอบเขตแหล่งนันทนาการ มีพื้นที่ธรรมชาติมากกว่า ร้อยละ 95 ของพื้นที่แหล่งนันทนาการ จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ ม่อนพูนสุตาและน้ำตกแม่ระเมิง ส่วนแหล่งนันทนาการที่มีพื้นที่ธรรมชาติน้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่แหล่งนันทนาการ จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ ม่อนครูบาใสกับม่อนกิ่วลม ด้านการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ณะท่องเที่ยวพบว่า นักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นๆ ที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้มีน้อยกว่า 5 กลุ่ม ส่วนด้านการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในพื้นที่แหล่งนันทนาการไม่มีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวและบางพื้นที่มีการใช้ป้ายสื่อความหมายส่วนด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า ม่อนครูบาใส ม่อนพูนสุตา น้ำตกแม่ระเมิง และถ้ำแม่สุ มีการพัฒนาน้อย มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อป้องกันสภาพแวดล้อม และป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับนักท่องเที่ยวเท่านั้น และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า บริเวณน้ำตกแม่ระเมิงมีปริมาณขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมมากที่สุด จำนวน 118 ขึ้นต่อ 10 ตารางเมตร รองลงมาเป็นแหล่งนันทนาการม่อนครูบาใสกับม่อนพูนสุตา มีปริมาณขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมประมาณ 50 ขึ้นต่อ 10 ตารางเมตร แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่ในอุทยานแห่งชาติแม่เมยไม่มีร่องรอยการหักกิ่งไม้ ร่องรอยการขีดเขียน ร่องรอยการชะล้างพังทลายของดินและรากไม้ที่ไผ่ล้มพื้นผิวดิน

อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ)

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญ จำนวน 3 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทน้ำตก จำนวน 1 แห่ง แหล่งนันทนาการประเภทเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกพาเจริญ จำนวน 1 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทบ่อน้ำพุร้อน จำนวน 1 แห่ง พบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการทั้ง 3 แห่ง มีการเข้าถึงสะดวกมาก ทางเดินเท้าถึงฐานทรัพยากร

ระยะทางไม่เกิน 50 เมตร ด้านความห่างไกลของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ) พบว่า แหล่งนันทนาการทั้ง 3 แห่ง มีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 0.7 กิโลเมตร ในพื้นที่ขอบเขตแหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกพาเจริญ มีพื้นที่ธรรมชาติมากที่สุดร้อยละ 87.21 ส่วนการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ณะท่องเที่ยวพบว่า บริเวณน้ำตกพาเจริญมีนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นๆ ที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้มากที่สุดประมาณ 5-10 กลุ่ม ส่วนด้านการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในพื้นที่แหล่งนันทนาการน้ำตกพาเจริญกับบ่อน้ำพุร้อนมีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวตลอดเวลาและทุกบริเวณมีการใช้ป้ายสื่อความหมายและด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า แหล่งนันทนาการน้ำตกพาเจริญและบ่อน้ำพุร้อนมีการพัฒนาสูง มีสิ่งอำนวยความสะดวกได้แก่ ร้านอาหาร บ้านพัก ป้ายสื่อความหมายห้องน้ำ บ้านพักและจุดแช่น้ำพุร้อนนอกอาคาร และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า บริเวณน้ำตกพาเจริญมีร่องรอยการชะล้างพังทลายของดินตรงบริเวณที่ไม่มีการป้องกัน ร้อยละ 9.47 ต่อความยาวของเส้นทาง และมีรากไม้ที่ไผ่ล้มพื้นผิวดินร้อยละ 6.76 ส่วนเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกพาเจริญ พบว่ามีขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรม จำนวน 12 ขึ้นต่อ 10 ตารางเมตร มีร่องรอยการชะล้างพังทลายของดินตรงบริเวณที่ไม่มีการป้องกัน ร้อยละ 0.36 และปริมาณของรากไม้ที่ไผ่ล้มพื้นผิวดินร้อยละ 3.6

อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย - ไผ่กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ)

จากการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดแหล่งนันทนาการที่สำคัญ จำนวน 4 แห่ง มีแหล่งนันทนาการประเภทจุดชมวิว จำนวน 3 แห่ง และแหล่งนันทนาการประเภทซากดึกดำบรรพ์ไผ่กลายเป็นหิน จำนวน 1 แห่ง พบว่า ลักษณะการเข้าถึงแหล่งนันทนาการดอยหลวงตาก ยากลำบาก โดยมีเส้นทางเดินเท้า มีระยะทาง 11 กิโลเมตร ส่วนแหล่งนันทนาการดอยสอยมาลัยกับดอยสอยดาว การเข้าถึงไม่ลำบาก ด้านความห่างไกลของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย - ไผ่กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ) พบว่า แหล่งนันทนาการประเภทจุดชมวิวทั้ง 3 แห่ง มีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 9-10 กิโลเมตร ส่วนแหล่งนันทนาการซากดึกดำบรรพ์ไผ่กลายเป็นหินมีระยะทางจากบริเวณฐานทรัพยากรถึงบริเวณที่มีการสัญจรด้วยพาหนะต่าง ๆ ประมาณ 1.9 กิโลเมตร ในพื้นที่ขอบเขตแหล่งนันทนาการซากดึกดำบรรพ์ไผ่กลายเป็นหิน มีพื้นที่ธรรมชาติร้อยละ 61 ส่วนแหล่งนันทนาการดอยหลวงตากกับ

ดอยสอยมาลัยมีพื้นที่ธรรมชาติมากกว่าร้อยละ 85 ส่วนการพบปะกับนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่น ๆ ขณะท่องเที่ยว พบว่า บริเวณดอยหลวงตาก ดอยสอยมาลัย และดอยสอยดาว มีนักท่องเที่ยวกลุ่มอื่นที่ประกอบกิจกรรมภายในแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้ประมาณ 5-10 กลุ่ม ส่วนการจัดการนักท่องเที่ยว พบว่าในพื้นที่แหล่งนันทนาการตรงบริเวณดอยหลวงตาก ดอยสอยมาลัยไม่มีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวและไม่มีการใช้โปรแกรมสื่อความหมาย ส่วนแหล่งนันทนาการซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน มีเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลนักท่องเที่ยวตลอดเวลาและทุกบริเวณมีการใช้ป้ายสื่อความหมาย และด้านการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก พบว่า แหล่งนันทนาการซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินมีการพัฒนาสูง มีสิ่งอำนวยความสะดวกได้แก่ ห้องน้ำ ร้านอาหาร ป้ายสื่อความหมาย และม้านั่ง ส่วนแหล่งนันทนาการประเภทจุดชมวิวทั้ง 3 แห่ง มีการพัฒนาน้อยมาก โดยพัฒนาเฉพาะเส้นทางเดินเท้าเท่านั้น และจากการสำรวจร่องรอยผลกระทบจากนักท่องเที่ยว พบว่า บริเวณดอยสอยมาลัยกับดอยสอยดาวมีขยะบริเวณพื้นที่ประกอบกิจกรรมจำนวน 10 ชิ้นต่อ 10 ตารางเมตรเท่านั้น

การจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ

อุทยานแห่งชาติลานสาง

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติลานสางจำนวน 8 แห่ง พบว่า น้ำตกผาลาด น้ำตกลานสาง น้ำตกลานเลี้ยวม้า และเส้นทางศึกษาธรรมชาติ (ค่ายพักแรม-น้ำตกลานสาง) อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง โดยมีค่าคะแนน 9.891, 10.075, 10.113 และ 10.726 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Tanakanjana *et al.* (2006) ที่พบว่าแหล่งนันทนาการน้ำตกลานสางอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษโดยใช้ยานยนต์ โดยมีค่าคะแนน 13.8635 เนื่องจากปัจจุบันนี้ภายในแหล่งนันทนาการได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความเป็นธรรมชาติในพื้นที่แหล่งนันทนาการลดลงจากร้อยละ 96.09 เหลือร้อยละ 80.4 และการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีการพัฒนาในระดับสูงมากจากเดิมที่มีการพัฒนาในระดับปานกลาง และเส้นทางศึกษาธรรมชาติ (ศูนย์บริการฯ-น้ำตกผาเท) อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษโดยใช้ยานยนต์ โดยมีค่าคะแนน 12.846 ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกผาผึ้ง น้ำตกผาน้อย น้ำตกผาเท อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ โดยน้ำตกผาผึ้ง น้ำตกผาน้อยมีค่าคะแนนเท่ากันที่ 17.476 และน้ำตกผาเทมีค่าคะแนน 18.615 ตามลำดับ ดังนั้น แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่จึงอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้าน

นันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง ซึ่งให้ประสบการณ์กับกลุ่มท่องเที่ยวทางธรรมชาติทั่วไปที่มีทักษะในการประกอบกิจกรรมทางธรรมชาติเพียงเล็กน้อยและต้องการประสบการณ์นันทนาการที่หลากหลาย และความสะดวกสบายในระดับปานกลาง-สูง และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแหล่งนันทนาการของอุทยานแห่งชาติลานสางกับจำนวนกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่ศึกษาได้ในพื้นที่ พบว่ามีความหลากหลายทางนันทนาการในระดับปานกลาง อาจไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้หลากหลายกลุ่มเป้าหมายแม้จะมีแหล่งนันทนาการในพื้นที่อยู่มากพอสมควร รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 2

อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราชจำนวน 2 แห่ง พบว่า แหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติต้นกระบากใหญ่ อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษใช้ยานยนต์ โดยมีค่าคะแนน 11.720 ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกปางอ้ายน้อย อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ มีค่าคะแนน 17.211 โดยพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสันโดษใช้ยานยนต์ควรสนับสนุนกลุ่มนักท่องเที่ยวทางธรรมชาติทั่วไป ที่มีทักษะในการประกอบกิจกรรมในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ ควรสนับสนุนนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้รักธรรมชาติอย่างแท้จริง และมีทักษะในการประกอบกิจกรรมนันทนาการทางธรรมชาติระดับสูง และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแหล่งนันทนาการของอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราชกับจำนวนกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่ศึกษาได้ในพื้นที่ พบว่ามีความหลากหลายทางนันทนาการค่อนข้างสูง สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ทั้งสองกลุ่มเป้าหมายที่มีความแตกต่างกัน รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 2

อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนพะวอจำนวน 2 แห่ง พบว่า แหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกขุนพะวอ อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง โดยมีค่าคะแนน 10.955 ส่วนแหล่งนันทนาการน้ำตกขุนพะวอ อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ โดยมีค่าคะแนน 17.716 โดยพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลงควรสนับสนุนกลุ่มนักท่องเที่ยวทั่วไปที่มีทักษะในการประกอบกิจกรรมนันทนาการทางธรรมชาติเพียงเล็กน้อย ต้องการประสบการณ์นันทนาการที่หลากหลาย ส่วนพื้นที่ธรรมชาติสันโดษ ควรสนับสนุนนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้รัก

ธรรมชาติอย่างแท้จริง และมีทักษะในการประกอบกิจกรรม นันทนาการทางธรรมชาติระดับสูง ซึ่งผลในส่วนของความหลากหลายทางนันทนาการจึงค่อนข้างสูง สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ทั้งกลุ่มนักท่องเที่ยวทั่วไปและนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้รักธรรมชาติเช่นเดียวกับอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 2

อุทยานแห่งชาติแม่เมย

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่เมยจำนวน 5 แห่ง พบว่า ม่อนครูบาใส และม่อนกิ่วลม อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง โดยมีค่าคะแนน 9.687 และ 9.838 แหล่งนันทนาการถ้ำแม่สุ อยู่กลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ โดยมีค่าคะแนน 12.202 ส่วนแหล่งนันทนาการม่อนพูนสุดากับน้ำตกแม่ระเมิง อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ โดยมีค่าคะแนนเท่ากัน คือ 14.282 ดังนั้น แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่จึงอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลงและพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ โดยพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลงควรสนับสนุนกลุ่มนักท่องเที่ยวทั่วไปที่มีทักษะในการประกอบกิจกรรมนันทนาการทางธรรมชาติเพียงเล็กน้อย ส่วนพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ควรสนับสนุนนักท่องเที่ยวกลุ่มผู้รักธรรมชาติ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแหล่งนันทนาการของอุทยานแห่งชาติแม่เมยกับจำนวนกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่ศึกษาได้ในพื้นที่พบว่ามีความหลากหลายทางนันทนาการค่อนข้างต่ำ จึงไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้หลากหลายกลุ่มเป้าหมาย รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 3

อุทยานเขื่อนลำนาน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ)

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ ในพื้นที่อุทยานเขื่อนลำนาน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ) จำนวน 3 แห่ง พบว่า แหล่งนันทนาการน้ำตกพาเจริญและบ่อน้ำพุร้อน อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง โดยมีค่าคะแนน 9.219 และ 9.697 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tanakanjana *et al.* 2006 ที่ศึกษาพบว่าแหล่งนันทนาการ

น้ำตกพาเจริญจัดอยู่ในพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง ส่วนแหล่งนันทนาการเส้นทางศึกษาธรรมชาติน้ำตกพาเจริญอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ โดยมีค่าคะแนน 11.525 ดังนั้น แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่จึงอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง ซึ่งให้ประสบการณ์กับกลุ่มท่องเที่ยวทางธรรมชาติทั่วไป ที่มีทักษะในการประกอบกิจกรรมทางธรรมชาติเล็กน้อย ต้องการประสบการณ์นันทนาการที่หลากหลายและความสะดวกสบายในระดับปานกลาง-สูง และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแหล่งนันทนาการของอุทยานเขื่อนลำนาน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ) กับจำนวนกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่ศึกษาได้ในพื้นที่ พบว่ามีความหลากหลายทางนันทนาการค่อนข้างต่ำ จึงไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้หลากหลายกลุ่มเป้าหมาย รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 3

อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย-ไม้กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ)

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสอยมาลัย-ไม้กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ) จำนวน 4 แห่ง พบว่า แหล่งนันทนาการชาดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติดัดแปลง โดยมีค่าคะแนน 10.071 ส่วนแหล่งนันทนาการดอยสอยดาวอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ ค่าคะแนน 13.689 ดอยหลวงตากอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติกึ่งสนโดซ์ไชยานยนต์ ค่าคะแนน 16.229 และแหล่งนันทนาการดอยสอยมาลัยอยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการพื้นที่ธรรมชาติสนโดซ์ไชยานยนต์ มีค่าคะแนนเท่ากัน คือ 18.464 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนแหล่งนันทนาการของอุทยานเขื่อนลำนาน้ำตกพาเจริญ (เตรียมการฯ) - ไม้กลายเป็นหิน (เตรียมการฯ) กับจำนวนกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการที่ศึกษาได้ในพื้นที่ซึ่งพบว่ามีช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการแตกต่างกันถึง 4 ช่วงชั้นหรือสรุปได้ว่ามีความหลากหลายทางนันทนาการค่อนข้างสูง สามารถตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้หลากหลายกลุ่มเป้าหมาย รายละเอียดผลการจำแนกปรากฏตาม Table 3

Table 2 Results from recreation opportunity spectrum (ROS) classification of recreation areas in Lan Sang National Park, Taksin Maharat National Park and Khunpawor National Park

Recreation area	ROS indicator							Classification score	ROS class
	Access	Remoteness	Naturalness	Social encounter	Visitor impact	Facilities and site management	Visitor management		
Lan Sang National Park									
- Pa Lad Waterfall	1	2	1	4	1.5	2	5	9.891	MN
- Lan Raeng Ma Waterfall	1	2	1	4	2	3	5	10.113	MN
- Lan Sang Waterfall	1	3	2	2	1	1	3	10.075	MN
- Pa Pueng Waterfall	4	3	5	5	2.5	5	5	17.476	P
- Pa Noi Waterfall	4	3	5	5	2.5	5	5	17.476	P
- Pa Tay Waterfall	5	4	5	5	2.5	5	5	18.615	P
- trail (Lan Sang waterfall)	1	2	2	4	2.5	2	4.6	10.726	MN
- trail (Pha Thae Waterfall)	1	3	3	5	2.5	2	4	12.846	SPM
Taksin Maharat National Park									
- Ton Krabak Yai Trail	1	3	2	5	4	3	3.4	11.720	SPM
- Pang Ah Noi Waterfall	4	3	5	5	2.5	5	3.6	17.211	P
Khunpawor National Park									
- Khunpawor Trail	1	1	2	5	2	4	3.2	10.955	MN
- Khun Phra Wo Waterfall	5	3	5	5	2	4	5	17.716	P

Remark: ROS class = recreation opportunity spectrum class

Table 3 Results from recreation opportunity spectrum (ROS) classification of recreation areas in Mae Moei National Park, Namtok Phacharoen National Park and Doi Soi Malai National Park

Recreation area	ROS indicator							Classification score	ROS class
	Access	Remoteness	Naturalness	Social encounter	Visitor impact	Facilities and site management	Visitor management		
Mae Moei National Park									
- Mon Kru Ba Sai	1	1	1	5	2.5	3	4.2	9.687	MN
- Mon Poonsuda	1	1	5	5	2.5	4	4.2	14.282	SPNM
- Mae Ramoeng Waterfall	1	1	5	5	2.5	4	4.2	14.282	SPNM
- Mon Kiw Lom	1	1	1	5	2.5	3	5	9.838	MN
- Mae U Su Cave	2	2	2	5	2.5	4	4.2	12.202	SPM
Namtok Phacharoen National Park									
- Hot spring	1	1	1	5	1.5	2	5	9.697	MN
- Namtok Phacharoen	1	1	1	4	1	2	4.6	9.219	MN
- Namtok Phacharoen Trail	2	1	2	5	2.5	4	4.2	11.525	SPM
Doi Soi Malai National Park									
- Petrified Wood Fossils	1	2	1	5	1.5	1	5	10.071	MN
- Doi Soi Malai	5	4	5	5	2.5	5	4.2	18.464	P
- Doi Soi Dao	5	4	1	4	2.5	5	4.2	13.689	SPM
- Doi Luang Tak	5	4	3	4	1	5	5	16.229	SPNM

Remark: ROS class = recreation opportunity spectrum class

จากผลการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการโดยรวมของแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตาก พบว่ามีความแตกต่างของช่วงชั้น ROS อยู่ในระดับปานกลาง หรือมีความหลากหลายทางนันทนาการไม่สูงมาก แม้จะมีอุทยานแห่งชาติมากถึง 6 แห่งในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความเป็นธรรมชาติภายในแหล่ง และความห่างไกลของแหล่งนันทนาการจากบริเวณที่มีการสัญจรด้วยยานพาหนะโดยรวม ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักค่อนข้างสูง มีความแตกต่างกันไม่มากนักในระหว่างแหล่งนันทนาการแต่ละแห่ง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Tanakanjana (2007) และ Xiao *et al.* (2018) ในส่วนของการเข้าถึงพื้นที่และสัญจรด้วยยานพาหนะที่ส่งผลต่อช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการและประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวที่ได้รับจากการไปเยือนแหล่ง ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้โดยภาพรวมนอกจากจะนำไปสู่การจัดการแหล่งนันทนาการในอุทยานแห่งชาติที่เป็นพื้นที่ศึกษา ยังสามารถยืนยันถึงความสอดคล้องกับหลักการจัดการนันทนาการฐานทรัพยากรธรรมชาติในระดับสากลที่ต้องมีการจำแนกช่วงชั้นของแหล่งนันทนาการเพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางนันทนาการ และเพื่อให้ประสบการณ์นันทนาการที่หลากหลายกับผู้ใช้ประโยชน์แหล่งนันทนาการแต่ละแหล่ง ที่ในหลายประเทศยังคงให้ความสำคัญแม้แนวคิดเรื่อง ROS จะได้รับการพัฒนามากว่า 4 ทศวรรษ (Warzecha *et al.*, 2001; Oishi, 2013; Xiao *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2021) กับปัจจุบันในประเทศไทยเอง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ก็กำหนดไว้ชัดเจนในนโยบายการจัดการอุทยานแห่งชาติให้มีการจำแนกช่วงชั้น ROS แหล่งท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2020) ผลงานวิจัยครั้งนี้จึงช่วยหนุนเสริมการดำเนินการตามนโยบายดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

สรุปและข้อเสนอแนะ

อุทยานแห่งชาติในจังหวัดตากมีแหล่งนันทนาการทางธรรมชาติทั้งสิ้นรวม 24 แห่ง โดยแหล่งนันทนาการส่วนใหญ่เข้าถึงได้สะดวก มีความเป็นธรรมชาติอยู่ในระดับปานกลาง มีโอกาสในการพบปะผู้คนในระดับปานกลาง-ต่ำ พบร่องรอยผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวในระดับปานกลาง-ต่ำ มีการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวกและพื้นที่ในระดับปานกลาง-สูง และมีการควบคุมนักท่องเที่ยวโดยมาตรการทางอ้อมโดยใช้ป้ายสื่อความหมายมากกว่าการใช้เจ้าหน้าที่ควบคุม

จากการจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ 24 แห่งพบว่า แหล่งนันทนาการส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการประเภทพื้นที่ที่ธรรมชาติดัดแปลง ร้อยละ 41.67

ซึ่งให้ประสบการณ์กับนักท่องเที่ยวในด้านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและความสะดวกสบายในการประกอบกิจกรรมจากสิ่งอำนวยความสะดวกที่ให้บริการภายในพื้นที่แหล่งนันทนาการมากกว่าการพึ่งพาตนเองในการประกอบกิจกรรม การเรียนรู้ ศึกษารธรรมชาติ และการสัมผัสกับความสงบสันโดษ

จากการศึกษาได้ทำการศึกษาปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการ และจำแนกช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ (ROS) ในพื้นที่แหล่งนันทนาการ 24 แห่ง ของอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตาก ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของแต่ละอุทยานแห่งชาติ โดยสามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติในจังหวัดตาก ทั้ง 6 แห่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกในการประกอบกิจกรรมให้กับนักท่องเที่ยว ชดเชยกับประสบการณ์นันทนาการที่อาจไม่หลากหลายจากการไปเยือนอุทยานแห่งชาติเพียงแห่งใดแห่งหนึ่ง สามารถทำได้โดยการจัดตั้งเครือข่ายเชิงพื้นที่ในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารด้านการท่องเที่ยว และมีการจัดกิจกรรมด้านการท่องเที่ยวร่วมกันในระดับจังหวัด ระหว่างอุทยานแห่งชาติ หน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ ภาคเอกชน ชุมชนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมด้านนันทนาการ ช่วงชั้นโอกาสด้านนันทนาการ กิจกรรมที่สามารถประกอบได้ และประสบการณ์ที่จะได้รับการไปเยือนแหล่งนันทนาการในแต่ละอุทยานแห่งชาติ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรนำข้อมูลดังกล่าวมาเผยแพร่ประชาสัมพันธ์อย่างเป็นระบบ ผ่านช่องทางการสื่อสารที่เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายทุกกลุ่มอย่างกว้างขวาง เพื่อให้นักท่องเที่ยวเลือกไปเยือนแหล่งนันทนาการที่ให้ประสบการณ์ตรงตามที่ตนปรารถนา

REFERENCES

- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2015. **National Parks in Thailand**. <https://portal.dnp.go.th/p/nationalpark>, 2 5 February 2021. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2019. **National Park Revenue and Number of Tourists and Vehicles**. <http://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=11191>, 27 February 2021. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2020. **National Park Management Policy**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2023. **National Park Revenue and Number of Tourists and Vehicles**. <https://catalog.dnp.go.th/dataset/stat-tourism>, 24 June 2024. (in Thai)
- Gomes, C.R., Figueiredo, M.d.A., Salvio, G.M.M. 2021. Recreational opportunities offered in protected natural areas: analysis of the most visited national parks in Brazil and the United States of America in 2017. **Sociedade & Natureza**, 33: 1–13. doi: 10.14393/SN-v33-2021-58518
- Ministry of Tourism and Sports. 2020. **Tourism Statistics**. https://mots.go.th/more_news_new.phpcid=411, 31 March 2021. (in Thai)
- Oishi, Y. 2013. Toward the improvement of trail classification in national parks using the recreation opportunity spectrum approach. **Environmental Management**, 51: 1126-1136. doi: 10.1007/s00267-013-0040-x
- Phongkhieo, N. T. 2012. **Parks Recreation and Nature Tourism**. Department of Conservation Science, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Phongkhieo, N. T. 2018. **Parks Recreation and Nature Tourism, 2nd ed.** Department of Conservation Science, Faculty Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Suksmawati, H., Rahmatin, L. S., Firdaus, P. 2021. Recreation opportunity spectrum analysis of strategic area tourism destination Pelang region. **E-Journal of Tourism**, 8(2): 172-183.
- Tanakanjana, N. 2007. Recreation opportunity classification and challenges in maintaining recreation diversity in Thailand's national parks. In: **Rethinking Protected Areas in a Changing World: Proceeding of the 2007 George Wright Society Biennial Conference on Parks, Protected Areas, and Cultural Sites**. The George Wright Society, Hancock, MI, USA.
- Tanakanjana, N., Arunpraparat, W., Nuampakdee, R., Phongpattananurak, N., Chumsaengsri, T. 2006. **Decision Support System for Sustainable Management Planning of Nature-based Recreation Areas, Phase I**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tanakanjana, N., Chettamart, S., Emphandhu, D., Pitchakum, N., Singhavorawut, S., Termtrakul, L., Rachkiri, S. 1998. **Manual for Ecotourism Facility Design and Development**. Tourism Authority of Thailand and Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- USDA Forest Service. 2017. **National Recreation Opportunity Spectrum (ROS) Inventory Mapping Protocol**. USDA Forest Service, Washington, USA.
- Warzecha, C., Manning, R., Lime, D., Freimund, W. 2001. Diversity in outdoor recreation planning and managing a spectrum of visitor opportunities in and among parks. **The George Wright Forum**, 18(3): 99-111.
- Xiao, X., Manning, R., Lawson, S., Valliere, W., Krymkowski, D. 2018. Indicators for a transportation recreation opportunity spectrum in national parks. **Journal of Park and Recreation Administration**, 36: 90-112.

ความหลากหลายชนิด สถานภาพพืช และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้ใหญ่
ในคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

Species Diversity, Status of Plants and Assessment of their
Above Ground Biomass as Carbon Stock at Faculty of Agricultural Production,
Maejo University, Chiang Mai Province

อริสรา ทันนาเขตต์¹, วณิดา ปัญญา¹, วิชญ์ภาส สังपालี², จุฑามาศ อาจนาสีว² และสุธีระ เหมฮึก^{2*}
Arissara Tunnaket¹, Wanida Panya¹, Witchaphart Sungpalee², Chuthamat Atnaseo²
and Sutheera Hermhuk^{2*}

¹สาขาการพัฒนากฎมั่งคั่งอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹Department of Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province 50290, Thailand

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²Department of Agriculture Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province 50290, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: sutheera@mju.ac.th

รับต้นฉบับ 4 กรกฎาคม 2567

Received: 4 July 2024

รับแก้ไข 7 พฤศจิกายน 2567

Revised: 7 November 2024

รับลงพิมพ์ 19 พฤศจิกายน 2567

Accepted: 19 November 2024

ABSTRACT

Conservation and expansion of green space in city areas not only provides aesthetic value but also has ecosystem values. This research assessed the diversity of large trees and evaluated the carbon storage capacity in their biomass. The study was conducted in three areas, totaling 16 rai (2.56 ha) within the Faculty of Agricultural Production at Maejo University, Chiang Mai province, Thailand. The data were collected using a tree census survey that included the trunk diameter of trees with a diameter ≥ 50 cm and total tree height measured using laser rangefinder. The amounts of biomass and carbon storage were calculated using allometric equations. Based on the results of the study, there were 33 species of trees from 29 genera in 15 families. The total basal area of the 424 trees surveyed was 40.48 m². The species diversity value according to the Shannon-Wiener index was 2.64. Dominant plant species included *Lagerstroemia macrocarpa*, *Dipterocarpus alatus* and *Lagerstroemia speciosa*. Of the 33 species identified, 31 were on the IUCN Red List, with 1 species being Critically Endangered (CR), 2 species Endangered (EN), 2 species Vulnerable (VU) and 26 species with Least Concern (LC) status. The total biomass was 335.67 t mostly contained in the trunk (271.82 t). The total carbon stored in all plant species was 159.23 t content of 583.84 tCO₂.

Keywords: Green university; Plant species status; Urban forestry

บทคัดย่อ

การอนุรักษ์และการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองนอกจากการให้ความสวยงามแล้วยังให้ประโยชน์ด้านนิเวศบริการด้านอื่น ๆ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความหลากหลายชนิดของต้นไม้ใหญ่ และประเมินการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่ในรูปของมวลชีวภาพของต้นไม้ใหญ่ โดยทำการศึกษาในพื้นที่ของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 3 พื้นที่ รวมทั้งหมด 16 ไร่ (2.56 เฮกตาร์) ทำการเก็บข้อมูลด้วยวิธีสำมะโนประชากรต้นไม้ (tree census survey) โดยมีการเก็บข้อมูลคือ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่เส้นรอบวงที่มากกว่า 50 เซนติเมตร วัดความสูงต้นไม้ทั้งหมด จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้สมการแอลโลเมตรี ผลการศึกษาพบชนิดไม้ต้น (tree) ที่เป็นองค์ประกอบของชนิดไม้ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 33 ชนิด 29 สกุล ใน 15 วงศ์ คิดเป็นพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดในพื้นที่รวม 40.48 ตารางเมตร โดยมีจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 424 ต้น มีความหลากหลายชนิดตามสูตร Shannon-Wiener เท่ากับ 2.64 ชนิดไม้เด่น เช่น อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) และอินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) เป็นต้น เมื่อตรวจสอบสถานภาพพืชตามบัญชีแดงของ IUCN พบพบ 31 ชนิด ได้แก่ สถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Critically Endangered, CR) 1 ชนิด สถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered-EN) 2 ชนิด สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable-VU) 2 ชนิด และสถานภาพเป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern - LC) 26 ชนิด พิจารณาปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งหมด เท่ากับ 335.67 ตัน ซึ่งในส่วนของลำต้นมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด เท่ากับ 271.82 ตัน และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในองค์ประกอบของพันธุ์ไม้ทั้งหมด เท่ากับ 159.23 ตัน เมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้พบว่า 583.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์

คำสำคัญ: มหาวิทยาลัยสีเขียว สถานภาพพืช ป่าไม้ในเมือง

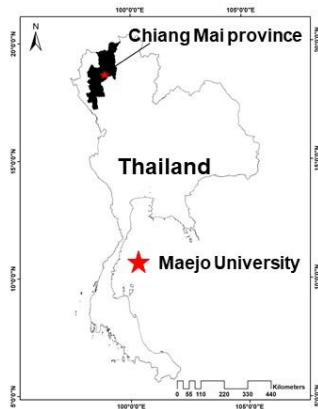
คำนำ

ประเทศไทยยังถูกจัดให้เป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงเป็นลำดับที่ 10 ของโลก (Eckstein *et al.*, 2017) จากรายงานข้างต้นจึงอาจสรุปได้ว่าประเทศไทยกำลังจะเผชิญกับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่รุนแรงในอนาคต นอกจากนี้ IPCC (2006) ได้ประเมินความสามารถในการดูดซับคาร์บอนของป่าไม้ ว่าสามารถดูดซับคาร์บอนประมาณ 2.6 พันล้านตัน แต่หากป่าถูกทำลายหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าจะทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนประมาณ 1.6 พันล้านตัน ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าการมีทรัพยากรป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นเป็นวิธีการช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้ดี เนื่องจากป่าไม้ช่วยกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) ในเนื้อไม้และส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ และราก โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) (Redondo-Brenes and Montagnini, 2006; Zhu *et al.*, 2008) จากนั้นพืชจะนำมาเก็บไว้ในส่วนเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) และใต้ดิน (below-ground biomass) ทำให้คาร์บอนถูกตรึงอยู่ในต้นไม้ได้นาน (Viriyabuncha, 2003) ประเทศไทยได้ลงนามต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อ ค.ศ. 1994 และลงนามให้สัตยาบันในพิธีสารเกียวโต เมื่อ ค.ศ. 2002 จากการให้สัตยาบันครั้งนั้นได้ส่งผลให้ประเทศไทยสามารถเข้าร่วมลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (clean development mechanism, CDM) และได้รับหนังสือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (issuance of CERs) ซึ่งส่งผล

ให้สามารถนำคาร์บอนเครดิตไปทำการขายในตลาดคาร์บอนได้ โดยในปัจจุบันนี้สถานะของโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดในประเทศไทยมีจำนวน 66 โครงการที่ได้รับรองคาร์บอนเครดิต คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 14,170,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2022) อย่างไรก็ตาม Office of the National Economic and Social Development Council (2017) ได้ให้ความสำคัญต่อมิติด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในเรื่องของการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังปรากฏในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564) รวมไปถึงการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและป่าไม้ จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ซึ่งได้กำหนดการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 40 ของประเทศ กลับพบว่ายังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในแผนพัฒนาฯ ปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าในปี พ.ศ. 2563 พบว่าพื้นที่ป่าลดลงเหลือร้อยละ 31.64 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่อนุรักษ์ที่มีการใช้ประโยชน์ป่าอย่างเข้มข้น (Hermhuk *et al.*, 2020) ดังนั้นการผลักดันในเรื่องของการเพิ่มพื้นที่ป่าตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติจึงเป็นเรื่องสำคัญในการนำประเทศไทยไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตตั่งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ในปัจจุบัน

การศึกษาในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้เลือกพื้นที่ทั้งหมดของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่เนื่องจากเป็นคณะหลักของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่มีพื้นที่ดูแลมาก

ที่สุดและมีการอนุรักษ์พรรณไม้ป่าดั้งเดิมที่เป็นพรรณไม้ของป่าผสมผลัดใบ ตลอดจนยังขาดข้อมูลการสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ ดังนั้นจากที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้มีการขอใช้พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยภายใต้ระเบียบกรมป่าไม้จึงทำการสำรวจพรรณไม้ใหญ่ที่มีขนาดเส้นรอบวงมากกว่า 50 เซนติเมตรเพื่อเป็นพื้นฐานต่องานวิจัยอื่น ๆ จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์การศึกษาคือการสำรวจความหลากหลายชนิด สถานภาพพรรณไม้ตาม IUCN red list และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อพื้นที่ โดยผลการศึกษาสามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจวัดคาร์บอนในรูปของเนื้อไม้ และแนวทางการอนุรักษ์ชนิดพรรณไม้และรูปแบบการอนุรักษ์ตามสถานภาพพรรณไม้แบบเข้มข้นต่อไป



Map of survey zone in Faculty of Agricultural Production at Maejo University

Figure 1 Map of 3 zones in study area in Faculty of Agricultural Production at Maejo University, Chiang Mai province, Thailand

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการเก็บข้อมูลแบบการสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยวิธีสำมะโนประชากรของต้นไม้ (tree census survey) โดยการสำรวจทั้งพื้นที่ ในพื้นที่ที่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีในการประเมินค่าเชิงปริมาณของสังคมพืชตัวแทนได้ จำนวน 3 พื้นที่รวมทั้งหมด 16 ไร่ (เก็บตัวอย่างไม้ต้นขนาดใหญ่ที่มีขนาดเส้นรอบวงมากกว่า 50 เซนติเมตร) (Regulations of the National Forest Reserve Utilization Consideration Committee, 2022) เก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ต้นโดยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบวง (diameter tape) ยี่ห้อ PROMA ETC. รุ่น LEO 250 และวัดความสูงโดยกล้องวัดระยะ (laser rangefinder) ยี่ห้อ Nikon รุ่น Forestry Pro II ประเทศญี่ปุ่น จำแนกและตรวจสอบชื่อพรรณไม้โดยใช้หนังสือชื่อพรรณไม้แห่ง

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 16 ไร่ แบ่งเป็น 3 พื้นที่ ตามการแบ่งของถนนคือ 1) พื้นที่ตึกพืชศาสตร์และเทคโนโลยี และฟาร์มสาขาวิชาพืชไร่ (zone 1) จำนวน 6 ไร่ 2) โซนตึกรัตนโกสินทร์ 200 ปี จำนวน 4 ไร่ (zone 2) และ 3) โซนสาขาวิชาพืชผัก และฟาร์มเห็ด จำนวน 6 ไร่ (zone 3) (Figure 1)

ประเทศไทย (Pooma and Suddee, 2014) และระบุชื่อทางพฤกษศาสตร์ตามหนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย (Flora of Thailand) และตรวจสอบสถานภาพพืชตามบัญชีแดงตาม The IUCN Red List of Threatened Species (2012)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นที่มีขนาดเส้นรอบวงมากกว่า 50 เซนติเมตร คือ Shannon-Wiener Index หรือ Shannon's Index (H') ตามวิธีการของ Shannon and Weaner (1949)

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

โดย $H' =$ ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener

P_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นไม้ชนิดที่ i ต่อ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดในแปลง

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในแปลงที่ศึกษา

การวิเคราะห์สังคมพืช ตามวิธีการศึกษาของ Marod and Kutintara (2009) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคำนวณค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ความหนาแน่น (density, D) คือ จำนวนพรรณพืชชนิดใดต่อหน่วยพื้นที่ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$D = \frac{\text{จำนวนต้นของพืชชนิดนั้นในแปลงตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่รวมของแปลงตัวอย่างที่ศึกษา}}$$

2. การคำนวณพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้มีการคำนวณดังนี้พื้นที่หน้าตัดของพรรณพืชแต่ละต้น (basal area) (ตารางเมตร)

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของพรรณพืช} = \frac{\pi DBH^2}{4}$$

การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) กรณีชนิดพรรณไม้ผลัดใบ (deciduous plant species) คำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรายต้นของไม้ต้นโดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณชนิดไม้ผลัดใบ ใช้สมการของปาเบญจพรรณของ Ogawa *et al.* (1965) ดังสมการ

$$\text{มวลชีวภาพส่วนลำต้น} (W_s) = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนกิ่ง} (W_b) = 0.003487 (D^2H)^{1.027}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนใบ} (W_l) = (28.0/W_{tc} + 0.025)^{-1}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนราก} (W_r) = 0.026 (D^2H)^{0.775}$$

ชนิดไม้ไม่ผลัดใบใช้สมการของปาติบแล้งของ Tsutsumi *et al.* (1983) ดังสมการ

$$\text{มวลชีวภาพส่วนลำต้น} (W_s) = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนกิ่ง} (W_b) = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนใบ} (W_l) = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$$

$$\text{มวลชีวภาพส่วนราก} (W_r) = 0.0313 (D^2H)^{0.805}$$

โดยมวลรวมมวลชีวภาพทั้งหมด $WT = W_s + W_b + W_l$

3. ข้อมูลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ตาม T-VER-S-TOOL-01-01 version 01 และ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) ได้กำหนดว่าประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน จึงมีสมการดังนี้

$$CS = GB \times 0.47$$

เมื่อ 0.47 คือ ร้อยละ 47 โดยน้ำหนักของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ

โดย CS คือ การกักเก็บคาร์บอน

GB คือ มวลชีวภาพทั้งหมดของต้นไม้

4. การคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent) เป็นผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (ecosystem carbon stock: EC stock) คูณด้วยค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 : มวลโมเลกุล = 44) และคาร์บอน (C: มวลโมเลกุล = 12) คือ 44/12 หรือ 3.67 (Community Forest Management Office, 2014) ได้สมการดังนี้

$$CO_2 \text{ absorption} = EC_{\text{stock}} \times CO_2 \text{ CF}$$

โดย $CO_2 \text{ absorption}$ = ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบนิเวศ ($tCO_2e/ไร่$)

EC_{stock} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ ($tC/ไร่$)

$CO_2 \text{ CF}$ = ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน หรือ 44/12

5. คำนวณการคาดการณ์คาร์บอนที่สะสมในต้นไม้ที่เพิ่มพูนขึ้นในปีต่อไป โดยใช้ค่ากลางเฉลี่ยตามการรายงานของ Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) and Faculty of Forestry (2011) ซึ่งมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 9.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

6. การประเมินค่าคาร์บอนเครดิต (carbon credit) คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บในต้นไม้สามารถซื้อขายได้ เพื่อผู้ซื้อนำไปใช้หักลบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเผาผลาญน้ำมันดิบในโรงงาน หรือจากการยานพาหนะ การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ราคาอ้างอิงจากราคาตลาดการซื้อขายคาร์บอนรายสัปดาห์ (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2022) ตลาดภาคสมัครใจในรัฐแคลิฟอร์เนีย (U.S. California Carbon Market) เมษายน พ.ศ. 2565 มีค่าเท่ากับ 31.47 ดอลลาร์สหรัฐ/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ 1,142.36 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ (1 ดอลลาร์สหรัฐ มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.3 บาท) ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินต่างประเทศโดยเฉลี่ยรายวันในเดือนเมษายน 2567 (Bank of Thailand, 2024) โดยในที่นี้จะประเมินมูลค่าจากการคาดการณ์คาร์บอนที่สะสมในต้นไม้ที่เพิ่มพูนขึ้นในข้อที่ 4 โดยพิจารณาจากปีฐานไปอีก 5 ปีข้างหน้า (2572)

ผลและวิจารณ์

การวิจัยเรื่อง ความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ใหญ่ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ ในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. สถานภาพ และความหลากหลายชนิดของต้นไม้ในพื้นที่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
2. ปริมาณของมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ในพื้นที่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

สถานภาพของต้นไม้ในพื้นที่

จากการสำรวจสถานภาพของป่าไม้ในพื้นที่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในแปลงตัวอย่างที่เป็นตัวแทนสำรวจจำนวน 3 พื้นที่ ได้แก่ โชนสำรวจดักพืชศาสตร์และเทคโนโลยี โชนตึกรัตนโกสินทร์ 200 ปี และโชนสาขาวิชาพืชผัก พบชนิดไม้ต้น (tree) ที่เป็นองค์ประกอบของชนิดไม้ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 33 ชนิด 29 สกุล ใน 15 วงศ์ คิดเป็นพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดในพื้นที่รวม 40.48 ตารางเมตร โดยมีจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 424 ต้น มีค่าความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon-Wiener Index หรือ Shannon's Index (H') เท่ากับ 2.64 และเมื่อพิจารณาตามบัญชีการอนุรักษ์ตามสถานภาพพืชระดับโลก (IUCN Red List of Threatened Species) พบ 30 ชนิด (Appendix table 1) ดังนี้ สถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง

(critically endangered, CR) 1 ชนิด ได้แก่ พะยุง (*Dalbergia cochinchinensis*) สถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Endangered-EN) 2 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ สัก (*Tectona grandis*) สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable-VU) 2 ชนิด ได้แก่ พะยอม (*Shorea roxburghii*) และยางนา (*Dipterocarpus alatus*) สถานภาพเป็นกังวลน้อยที่สุด (Least Concern-LC) 26 ชนิด ได้แก่ กระท้อน (*Sandoricum koetjape*) จามจุรี (*Albizia saman*) ชี้เหล็กบ้าน (*Senna siamea*) คูณ (*Cassia fistula*) จำปา (*Magnolia champaca*) ชมพูแก้มแหม่ม (*Syzygium samarangense*) ชมพูพันธุ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea*) ตีนเป็ด (*Alstonia scholaris*) ไทรย้อยใบแหลม (*Ficus benjamina*) พูกษ์ (*Albizia lebbek*) พิกุล (*Mimusops elengi*) มะขาม (*Tamarindus indica*) มะขามเทศ (*Pithecellobium dulce*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) หว้าชี้แพะ (*Syzygium cumini*) โสภน้ำ (*Saraca indica*) สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) สะเดา (*Azadirachta indica*) หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia*) นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) มะฮอกกานีใบใหญ่ (*Swietenia macrophylla*) ป๊อบ (*Millingtonia hortensis*) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) และอินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) และไม่พบบัญชีการอนุรักษ์ตามสถานภาพพืชระดับโลก (IUCN Red List of Threatened Species) 2 ชนิด ได้แก่ ตะโกนา (*Diospyros rhodocalyx*) และตะแบกนา (*Lagerstroemia floribunda*) (Figure 2; Appendix table 1)

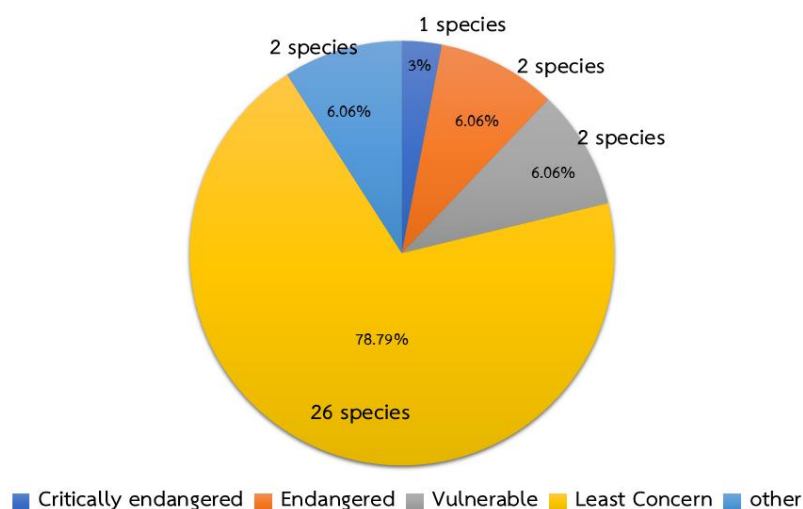


Figure 2 Statistics on IUCN red list of threatened species in study area, based on IUCN (2012)

โดยสามารถบรรยายตามรายละเอียดแต่ละพื้นที่ดังนี้

พื้นที่ที่ 1 พบชนิดไม้ทั้งหมด 25 ชนิด 21 สกุล ใน 15 วงศ์ มีพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมด 17.41 ตารางเมตร พบจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 176 ต้น และมีค่าความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon-Wiener Index เท่ากับ 2.62

เมื่อพิจารณาวงศ์เด่นจากจำนวนต้นรวม (total number of species) 4 วงศ์แรก ได้แก่ วงศ์ตะแบก (Lythraceae) วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์ถั่ว (Fabaceae) และวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาวงศ์เด่นจากจำนวนชนิดรวม (total species of family) 4 วงศ์แรก ได้แก่ วงศ์ตะแบก (Lythraceae) วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์ถั่ว (Fabaceae) และวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) โดยมีเปอร์เซ็นต์รวมของจำนวนวงศ์เด่นเท่ากับ 33, 24, 24 และ 7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

พื้นที่ที่ 2 พบชนิดไม้ทั้งหมด 15 ชนิด 13 สกุล ใน 9 วงศ์ มีพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมด 11.46 ตารางเมตร พบจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 103 ต้น และมีค่าความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon-Wiener Index เท่ากับ 1.95

เมื่อพิจารณาวงศ์เด่นจากจำนวนต้นรวม (total number of species) 5 วงศ์แรก ได้แก่ วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์ขนุน (Moraceae) วงศ์กะท้อน (Meliaceae) วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาวงศ์เด่นจากจำนวนชนิดรวม (total species of family) 5 วงศ์แรก ได้แก่ วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์ขนุน (Moraceae) วงศ์กะท้อน (Meliaceae) วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) โดยมีเปอร์เซ็นต์รวมของจำนวนวงศ์เด่นเท่ากับร้อยละ 38, 22, 15, 6 และ 6 ตามลำดับ

พื้นที่ที่ 3 พบชนิดไม้ทั้งหมด 10 ชนิด 9 สกุล ใน 6 วงศ์ มีพื้นที่หน้าตัดรวมทั้งหมด 11.61 ตารางเมตร พบจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 145 ต้น และมีค่าความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon-Wiener Index เท่ากับ 1.62

เมื่อพิจารณาวงศ์เด่นจากจำนวนต้นรวม (total number of species) 3 วงศ์แรก ได้แก่ วงศ์ตะแบก (Lythraceae) วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) และวงศ์ถั่ว (Fabaceae) โดยมีเปอร์เซ็นต์รวมของจำนวนวงศ์เด่นเท่ากับร้อยละ 66, 17 และ 12 ตามลำดับ

ปริมาณของมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ในพื้นที่

ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้

ปริมาณมวลชีวภาพในองค์ประกอบของพรรณไม้ พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพรวม 335.67 ตัน (131.12 ตันต่อเฮกตาร์) ซึ่งในส่วนของลำต้นมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด เท่ากับ 241.41 ตัน (94.30 ตันต่อเฮกตาร์) รองลงมาเป็นส่วนของกิ่ง เท่ากับ 58.21 ตัน (22.74 ตันต่อเฮกตาร์) ส่วนของราก 30.44 ตัน (11.89 ตันต่อเฮกตาร์) และส่วนของใบ เท่ากับ 5.61 ตัน (2.19 ตันต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ

ปริมาณมวลชีวภาพของชนิดไม้ พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ คณะพลิตกรรมกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่มากที่สุด 5 อันดับชนิดไม้ ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) มะฮอกกานี (*Swietenia mahogany*) และนนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) เท่ากับ 24.50, 22.64, 14.54, 10.27 และ 9.59 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Figure 3)

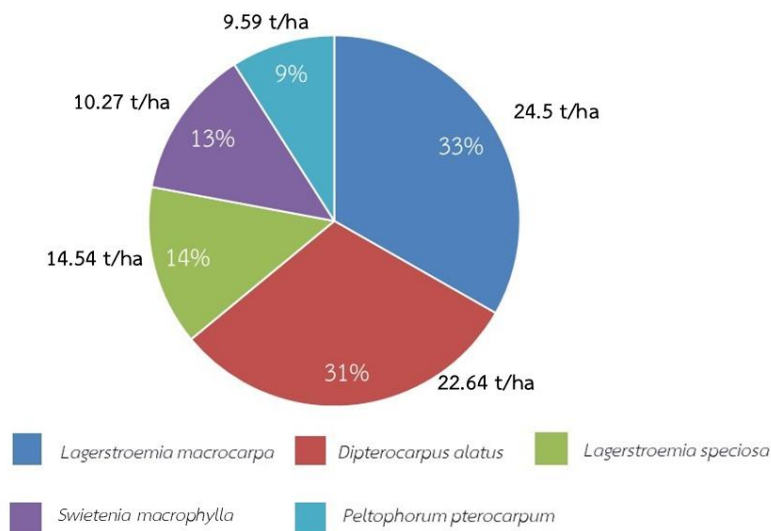


Figure 3 Tree biomass content based on dominant tree species in study area

การกักเก็บคาร์บอนในองค์ประกอบของชนิดไม้ พบว่า มีการกักเก็บคาร์บอนภาพรวม 157.76 ตัน (61.63 ตันต่อเฮกตาร์) ซึ่งในส่วนของลำต้นมีการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 44.32 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาเป็นส่วนของกิ่ง 10.68 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนของราก 5.59 ตันต่อเฮกตาร์ และส่วนของใบ เท่ากับ 1.02 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent) เท่ากับ 578.99 ตัน หรือคิดเป็น 226.17 ตันต่อเฮกตาร์

เมื่อพิจารณาการกักเก็บคาร์บอนของแต่ละชนิดไม้ พบว่า มีการกักเก็บคาร์บอนของชนิดไม้ในพื้นที่ คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มากที่สุด 5 อันดับชนิดแรกซึ่งสอดคล้องกับมวลชีวภาพ ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) ยางนา (*Dipterocarpus alatus*) ไทรย้อยใบแหลม (*Ficus benjamina*) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) และมะฮอกกานี (*Swietenia mahogany*) เท่ากับ 11.51, 10.64, 6.83, 4.82 และ 4.50 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ผลการศึกษาโดยรวมพบว่า ในพื้นที่ศึกษามีไม้ยืนต้นทั้งหมด ทั้งหมด 33 ชนิด คิดเป็นพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดในพื้นที่

รวม 40.48 ตารางเมตร โดยมีจำนวนต้นที่สำรวจพบทั้งหมด 424 ต้น หรือคิดเป็นความหนาแน่นเฉลี่ย เท่ากับ 141 ต้น (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้บางต้นมีการแตกลำต้นใหม่เนื่องจากถูกตัดฟัน ขณะที่บางต้นมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เช่นนั้นคือ มีการแตกลำต้นเป็นหลายนาง ไม่ได้เป็นลำต้นเดี่ยว ๆ (โดยต้นไม้ที่ทำการนับหาค่าความหนาแน่นที่มีหลายนางนับเป็น 1 ต้น) ไม้ยืนต้นชนิดที่พบมากที่สุดในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) จำนวน 109 ต้น รองลงมาเป็นยางนา (*Dipterocarpus alatus*) จำนวน 69 ต้น สำหรับไม้ยืนต้นชนิดอื่น ๆ ส่วนใหญ่พบได้น้อยกว่า 40 ต้น เช่นอินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) จำนวน 39 ต้น พะยอม (*Shorea roxburghii*) จำนวน 35 ต้น ไทรย้อยใบแหลม (*Ficus benjamina*) จำนวน 27 ต้น และมะฮอกกานี (*Swietenia mahogany*) จำนวน 16 ต้น เป็นต้น และค่าความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon-Wiener Index เท่ากับ 2.64 ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายชนิดในระดับปานกลาง

Table 1 Quantitative ecological values of plant species found in Agricultural Production Faculty area, Maejo University Chiang Mai province, Thailand

Area (ha)	Number of species	Number of stems	Density (trees/ha)	Basal area (m ²)	H'	Total biomass t, (t/ha)	CS t, (t/ha)
1 (0.96)	25	176	1,145.83	17.41	2.62	54.33, (52.16)	25.54, (24.52)
2 (0.64)	15	103	1,005.86	11.46	1.95	68.00, (43.52)	31.97, (20.46)
3 (0.96)	10	145	944.01	11.61	1.62	36.90, (35.42)	17.34, (16.65)
Mean		141.33	1,031.90	13.49			
Total		424		40.48	2.64	159.23 (131.12)	74.85 (61.63)

Note H' = Diversity Index (Shannon and Weaver, 1949)

CS = Carbon storage in biomass

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของชนิดพรรณไม้

จากผลการวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นทั้งหมดในปีฐานคือปี 2567 พื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตรจำนวนทั้งหมด 33 ชนิดที่ 74.85 ต้นต่อพื้นที่ทั้งหมด (16 ไร่ หรือ 2.56 เฮกตาร์) หรือคิดเป็น 61.62 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 226.17 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ และเมื่อคาดการณ์จากค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2572) คาดการณ์ว่าต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร 424 ต้นนั้น มีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 20,140 กิโลกรัม หรือ 20.14 ต้น คิดเป็น 7.87 ต้นต่อเฮกตาร์

ประเมินมูลค่าโดยอ้างอิงจากราคาตลาดการซื้อขายคาร์บอนรายสัปดาห์ (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2022) ตลาดภาคสมัครใจในรัฐแคลิฟอร์เนีย (L.S. California Carbon Market) มีค่าเท่ากับ 31.47 ดอลลาร์สหรัฐต่อต้นคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ 1,142.35 บาทต่อต้นคาร์บอนไดออกไซด์ (1 ดอลลาร์สหรัฐ มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36.3 บาท) ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินต่างประเทศโดยเฉลี่ยรายวันในเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 (Bank of Thailand, 2024) พบว่ามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์จากการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2572 ของไม้ยืนต้นทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่ศึกษามีมูลค่าเท่ากับ 23,006.93 บาท หรือ 8,987.08 บาทต่อเฮกตาร์

ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ใหญ่ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ ในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ แบบไม่ใช้แปลงสำรวจตัวอย่าง ทั้ง 3 พื้นที่ของคณะผลิตกรรมการเกษตรรวมทั้งหมด 16 ไร่ พบว่า จำนวนต้นไม้และลักษณะทางนิเวศวิทยามีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่สรุปได้ดัง Table 1 ซึ่งพบว่า พื้นที่ที่ 1 มีลักษณะเชิงปริมาณต่าง ๆ มากที่สุด เพราะไม้ยืนต้นที่พบในพื้นที่ศึกษานี้มีความหนาแน่นสูง และ

พบร่องรอย (การปลูกเป็นแถว-แนวชัดเจน) ของการปลูกเพิ่มของชนิดไม้ต่างถิ่น เช่น จามจุรี (*Albizia saman*) และมะขาม (*Tamarindus indica*) เป็นต้น จึงมีส่วนส่วนของชนิดพันธุ์ไม้มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่า พื้นที่ที่ 2 มีจำนวนลำต้นน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ พื้นที่ที่ 1 และพื้นที่ที่ 3 แต่มีจำนวนชนิดไม้มากกว่าพื้นที่ที่ 3 เนื่องจากพื้นที่ที่ 2 เป็นพื้นที่ที่มีการสร้างตึก และอาคารเรียน จึงมีร่องรอยของการถูกตัดฟัน และมีการปลูกชนิดไม้เพิ่มในบางส่วนเพื่อเพิ่มความร่มรื่น และความสวยงามทางภูมิทัศน์ของพื้นที่ เช่น ไทรย้อยใบแหลม (*Ficus benjamina*) และมะฮอกกานีใบใหญ่ (*Swietenia macrophylla*) เป็นต้น

เมื่อนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพและความหลากหลายชนิดในป่าชุมชนที่มีปลูก ตัด และใช้ประโยชน์ พบว่า มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ พบไม้ต้นจำนวน 33 ชนิด 29 สกุล ใน 15 วงศ์ มีปริมาณมวลของไม้ต้น เท่ากับ 131.11 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าเบญจพรรณ ในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี (Boontoon *et al.*, 2020) เท่ากับ 246.11 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ปล่อยให้ระบบนิเวศป่าไม้เกิดการทดแทน การฟื้นตัวตามธรรมชาติ และเมื่อเปรียบเทียบมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ เท่ากับ 2.64 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในพรรณพืชในป่าชุมชนภูประดู่เฉลิมพระเกียรติ อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครราชสีมา (Chooapan, 2019) มีค่าเท่ากับ 2.91 ซึ่งป่าชุมชนนี้เป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิม แต่มีการเข้าใช้ประโยชน์ของชุมชนอย่างต่อเนื่อง แต่ป่าชุมชนแห่งนี้มีระเบียบในการจัดการป่าเพื่ออนุรักษ์ อาจเป็นผลให้มีความหลากหลายชนิดมากกว่าพื้นที่ศึกษา และเมื่อเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ ในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ กับพื้นที่มวลชีวภาพและ

การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชและคืนสัตว์สู่ป่าในมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ (พื้นที่นามน) (Temwut and Chaitieng 2021) ที่เป็นพื้นที่มหาวิทยาลัยที่มีการหลงเหลือของไม้ปาธรรมชาติ และมีการเข้าใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใกล้เคียงกันที่ประมาณ 61 ตันต่อเฮกตาร์ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ศึกษานั้นมีการปฏิบัติต่อต้นไม้อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะการตัดแต่งกิ่ง (pruning) หรือการตัดยอดต้นไม้ (step-top pruning) เพื่อลดความอันตรายของผู้ใช้ประโยชน์ของพื้นที่อาจทำให้การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพนั้นน้อยลง สอดคล้องกับการรายงานของ Worawetchakun *et al.* (2024) พบว่าการตัดแต่งกิ่งชนิดไม้ในต้นไม้เด่นของอุทยานหลวงราชพฤกษ์ จังหวัดเชียงใหม่ส่งผลให้การสะสมมวลชีวภาพของในเนื้อไม้ลดลง โดยเฉพาะต้นไม้ที่มีการตัดแต่งกิ่งหรือตัดยอดที่เกิดจากการปฏิบัติอย่างเข้มข้น และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการกักเก็บคาร์บอนในไม้ยืนต้นของป่าชุมชนเขาวง จังหวัดชัยภูมิ พบว่ามีค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่มากกว่า ที่ค่า 105.08 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ (Ounkerd *et al.*, 2015) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างเข้มข้นจากการสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามทางคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่มุ่งเน้นไปที่มหาวิทยาลัยสีเขียว ยังทำการอนุรักษ์และประเมินพื้นที่แหล่งกักเก็บคาร์บอนภาคป่าในเมืองไว้เพื่อเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบพื้นที่อื่น ๆ ของมหาวิทยาลัย และพื้นที่ที่มีรูปแบบการจัดการคล้ายคลึงกันต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

ชนิดไม้ใหญ่ที่พบในพื้นที่คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จากพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่พบว่า มีชนิดไม้ทั้งหมด 33 ชนิด 29 สกุล ใน 15 วงศ์ มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 131.12 ตันต่อเฮกตาร์ ในส่วนของการกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 61.62 ตันต่อเฮกตาร์ และเมื่อคำนวณค่าคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมีค่าเท่ากับ 226.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ และจากการคาดการณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2572) พบว่าการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นไม้ใหญ่ทั้งหมด 424 ตัน จะเพิ่มขึ้นจากปีฐาน (พ.ศ. 2567) ที่ 20.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ และเมื่อคิดเป็นอัตราการแลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิตที่เพิ่มขึ้นเป็นมูลค่าเท่ากับ 23,006.93 บาท ตามลำดับ ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการต่อยอดแนวทางการอนุรักษ์พรรณไม้แบบเข้มข้นต่อไปในอนาคต

คำนิยาม

ขอขอบคุณทุนวิจัยภายใต้ความสนับสนุนงานบริการวิชาการและวิจัย ของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในรหัสโครงการ มจ. 2-66-036 และนักศึกษาวิชาปัญหาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

REFERENCES

- Bank of Thailand. 2024. **Rate of Exchange of Commercial Bank in Bangkok Metropolis.** https://www.bot.or.th/Thai/FinancialMarkets/_layouts/Application/ExchangeRate/ExchangeRate.aspx#, 10 April 2024. (in Thai)
- Boontoon, P., Suanpaga, W., Maelim, S. 2020. Estimation of carbon stock value of woody plants in mixed deciduous forest in Erawan National Park, Kanchanaburi province. **Thai Journal of Forestry**, 39(2): 27-40. (in Thai)
- Chooan, T. 2019. Plants in Phu Pra Du Community Forest, Khon Buri district, Nakhon Ratchasima province. **KKU Science Journal**, 47(4): 673-690. (in Thai)
- Community Forest Management Office. 2014. **A Guide to Exploring Carbon Sequestration and Biodiversity in Community Forests.** Community Forest Management Office, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.
- Eckstein, D., Hutfils, M.L., Wings, M. 2017. Berlin: German watch. International Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Synthesis Report. **Global Climate Risk Index 2019.** <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syrl>, 2 November 2022.
- Hermhuk, S., Chaiyes, A., Thinkampheang, S., Danrad, N., Marod, D. 2020. Land use and above-ground biomass changes in a mountain ecosystem, northern Thailand. **Journal of Forestry Research**, 37(5); 1733-1742. doi: 10.1007/s11676-019-00924-x
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National

- Greenhouse Gas Inventories Programme International Panel on Climate Change (IPCC). 2007. **Synthesis Report Climate Change 2007**: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syrl>, 2 November 2023.
- Marod, D., Kutintara, U. 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. 2017. **National Economic and Social Development Plan Vol.12 (2018-2021)**. Office of the Prime Minister, Thailand. (in Thai)
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Kira, T. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia**, 4: 49-80.
- Ounkerd, K., Sunthornhao, P., Puangchit, L. 2015. Valuation of carbon stock in trees at Khao Wong Community Forest, Chaiyaphum province. **Thai Journal of Forestry**, 34(1): 29-38. (in Thai)
- Pooma, R., Suddee, S. 2014. **Thai Plant Names Tem Smitinand Revised Edition 2014**. Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 828 p. (in Thai)
- Regulations of the National Forest Reserve Utilization Consideration Committee. 2022. **National Reserved Forest Act B.E. 2019**. Volume 139 (Special episode 118)
- Redondo-Brenes, A., Montagnini, F. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, 232(1-3): 168-187. doi: 10.1016/j.foreco.2006.05.067
- Shannon, C. E., Weaver, W. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, USA.
- Temwut, T., Chaitieng, T. 2021. Biomass and carbon stock of trees in the Plant Genetic Conservation and Returning of Wild Animals Project in Kalasin University (Namon area). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 12(1): 150-159. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2022. **Carbon Market Weekly April, 2022**. <http://carbonmarket.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=bmV3c2xldHRlcg==&action=ZGV0Ywls¶m=MTU4>. 3 May 2022. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) and Faculty of Forestry. 2011. **Potential Guide of Plant Species for promotion under the Clean Development Mechanism in the Forest Sector**. Aksorn Siam Limited Partnership, Bangkok, Thailand.
- The IUCN Red List of Threatened Species. 2012. **IUCN Red List**. <https://www.iucnredlist.org/>. 22 May 2024.
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Prachaiyo, B. 1983. **Forest: Felling, Burning and Regeneration**. In **Shifting Cultivation**. An experiment at NamPhrom, Thailand and its implications for upland farming in the monsoon Tropics. Edited by K. Kyuma and C. Pairintra. p. 13-62.
- Viriyabuncha, C. 2003. **Handbook of Stand Biomass Estimation**. Forestry and Botanical Research Division, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Worawetchakun, W., Wongnan, N., Saywongjai, V., Sangruan, P., Puinta, K., Butsithong, T., Pasutham, T., Meepanya, P., Somwang, K., Theera-athiyut, P., Niruntayakul, A., Hermhuk, S., Sungpalee, W. 2024. The effect of tree pruning on growth and potential of carbon storage in aboveground biomass in Royal Park Rajapruek in Chiang Mai province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 8(1): 281-292. (in Thai)
- Zhu, X.G., Long, S.P., Ort, D.R. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass. **Current Opinion in Biotechnology**, 19(2): 153-159. doi: 10.1016/j.copbio.2008.02.004

Appendix table 1 List of tree species found in all study areas in Agricultural Production Faculty area, Maejo University, Chiang Mai province, Thailand

Family	Scientific name	Condition (IUCN)
Apocynaceae	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R. Br.	LC
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A. DC.	LC
	<i>Millingtonia hortensis</i> L.	LC
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	LC
Dipterocarpaceae	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	VU
	<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb.	VU
Ebenaceae	<i>Diospyros rhodocalyx</i> Kurz	-
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell	LC
Fabaceae	<i>Senna siamea</i> (Lam.) H. S. Irwin & Barneby	LC
	<i>Cassia fistula</i> L.	LC
	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	LC
	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	LC
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	EN
	<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	LC
	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	CR
	<i>Tamarindus indica</i> L.	LC
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	LC
	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. ex Miq. var. <i>siamensis</i>	LC
	<i>Saraca indica</i> L.	LC
	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	LC
Lamiaceae	<i>Tectona grandis</i> L.	EN
Lythraceae	<i>Lagerstroemia floribunda</i> Jack	-
	<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	LC
	<i>Lagerstroemia macrocarpa</i> Wall. ex Kurz	LC
Magnoliaceae	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre var. <i>champaca</i>	LC
Meliaceae	<i>Sandoricum koetjape</i> (Burm. f.) Merr.	LC
	<i>Swietenia macrophylla</i> King	LC
	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	LC
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	LC
Myrtaceae	<i>Syzygium samarangense</i> (Blume) Merr. & L. M. Perry	LC
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	LC
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus emblica</i> L.	LC
Sapotaceae	<i>Mimusops elengi</i> L.	LC

Remark: IUCN = Global conservation accounting for plant status, CR = Critically Endangered, EN = Endangered, VU = Vulnerable, LC = Least Concern

การประยุกต์ใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินร่วมกับปัจจัยกายภาพในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่ฮ่อมองหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Application of Antecedent Precipitation Index and Topography Factor
for Landslide Risk Area Assessment in Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed,
Mae Hong Son Province, Thailand

ชิดชนก ปราบทุข^{1,2}, ปิยพงษ์ ทองดินอก^{1*} และนฤมล แก้วจำปา¹
Chidchanok Prabtook^{1,2}, Piyapong Tongdeenok^{1*} and Naruemol Kaewjampa¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

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

รับต้นฉบับ 8 มิถุนายน 2567

Received: 8 June 2024

รับแก้ไข 19 กรกฎาคม 2567

Revised: 19 July 2024

รับลงพิมพ์ 1 สิงหาคม 2567

Accepted: 1 August 2024

ABSTRACT

A landslide is a natural disaster caused by the rapid movement of a mass of soil or rock down a slope. This phenomenon is influenced by slope and heavy rainfall, which act as catalysts for landslide occurrence. Currently, land use on steep slopes, particularly in high–quality watershed forests (classes 1 and 2), is an important issue. Primarily, such conversion involves the encroachment and clearing of upland forest areas for monoculture farming, especially for crops. Climate change and increased rainfall affect the amount of moisture and the area's ability to hold water. This study focused on the application of the antecedent precipitation index (API) for assessing landslide risk areas within the Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed, Mae Hong Son province, Thailand. Variations in the API were analyzed, with the findings being integrated with critical landslide risk factors using a weighted index factor derived from the pairwise comparison method. The assessment included the study of landslide risk under conditions of land use change and climate change, with verification conducted against the landslide assessment maps provided by the Department of Mineral Resources using the overall accuracy method.

Based on the results of the study, the maximum API reached 487.18 mm in September, while the minimum API was 10.90 mm in January, with an average API of 243.33 mm. Landslide risk areas at a very high level constituted 8.71% in August, followed by September and July at 2.04% and 1.43%, respectively. The verification accuracy was 90.91%. Projections for the year 2027 suggested that landslide risk areas will increase by 31.11% in upper agricultural lands, with the 5–year and 10–year rainfall return periods indicating increases in landslide risk areas by 8.71% and 8.44%, respectively. In conclusion, rainfall exerted a more significant influence on landslide occurrences than land use. Consequently, a balanced watershed management structure is imperative to mitigate the impacts of climate change and reduce landslide occurrences within the watershed.

Keywords: Antecedent precipitation index (API); Landslide; Landslide risk area assessment; Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed; Climate change

บทคัดย่อ

ดินถล่ม เป็น ภัยพิบัติที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลดินหรือหินที่ไหลลงมาตามที่ลาดเขาอย่างรวดเร็ว โดยได้รับอิทธิพลจากความลาดชัน และปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดดินถล่ม ปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงชัน ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และ 2 จากการบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าต้นน้ำเพื่อทำเกษตรเชิงเดี่ยวจำพวกพืชไร่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อปริมาณความชื้นและความสามารถในการรองรับน้ำได้ของพื้นที่ การศึกษานี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (antecedent precipitation index, API) เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในบริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยวิเคราะห์ความผันแปรของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน และนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับปัจจัยเสี่ยงภัยดินถล่ม โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบปัจจัยรายคู่และการถ่วงน้ำหนักในการประเมินความเสี่ยง ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ตรวจสอบความถูกต้องของผลการประเมิน โดยการเปรียบเทียบกับแผนที่การประเมินความเสี่ยงภัยดินถล่มของกรมทรัพยากรธรณี โดยใช้วิธีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)

ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินมีค่าสูงสุดที่ 487.18 มิลลิเมตรในเดือนกันยายน และมีค่าต่ำสุดที่ 10.90 มิลลิเมตรในเดือนมกราคม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 243.33 มิลลิเมตร พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับสูงมากมีอัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 8.71 ในเดือนสิงหาคม ในเดือนกันยายนและกรกฎาคมมีอัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 2.04 และ 1.43 ตามลำดับ การตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.91 นอกจากนี้ การคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2570 พบว่าพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.11 ในพื้นที่เกษตรกรรมบนพื้นที่สูง และรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี และ 10 ปี พบว่าพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.71 และ 8.44 ตามลำดับ ผลการศึกษาสรุปลได้ว่า ปริมาณน้ำฝนมีผลกระทบต่อการเกิดดินถล่มมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นควรมีการจัดการโครงสร้างของระบบนิเวศลุ่มน้ำให้อยู่ในสถานภาพสมดุล เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและลดการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำ

คำสำคัญ: ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) ดินถล่ม การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำนำ

ประเทศไทยประสบกับภัยพิบัติดินถล่มบ่อยครั้งและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยภัยพิบัติดินถล่มเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดจากการที่ดินสูญเสียเสถียรภาพจนเกิดการเคลื่อนที่ของวัสดุ ไหลไปตามแนวลาดชันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มักเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดน้ำป่าไหลหลากในพื้นที่ที่มีฝนตกหนักโดยพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมักเป็นพื้นที่ลาดเชิงเขา ที่ได้รับอิทธิพลจากความลาดชันเป็นตัวเร่งกระบวนการเกิดดินถล่ม (Soralump and Niumak, 2013) ดังเช่น เหตุภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากดินถล่มที่เกิดขึ้นบริเวณที่ราบเชิงเขาห้วยแม่อุ้มองหลวง อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อปี พ.ศ. 2548 ที่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรง ส่งผลให้มี บ้านน้ำริน มีผู้เสียชีวิต 10 คน สูญหาย 3 คน และจากการรวบรวมสถิติการเกิดดินถล่มในอดีต พบว่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ มีการเกิดดินถล่มซ้ำในพื้นที่ และบริเวณโดยรอบ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 จนถึงปี พ.ศ. 2557 (Department of Mineral Resources, 2011) จากปัญหาปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น จากเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสม ทำให้ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก-ดินถล่ม ยังคงสร้างความเสียหายต่อชีวิต และทรัพย์สินของราษฎรตามที่ได้เกิดดินถล่มในปี พ.ศ.2563 จนถึง พ.ศ. 2566 (Naewna Post, 2020;2022;2023) ซึ่งสร้างความเสียหาย

การเข้าใจและการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดความเสียหายและความสูญเสียได้ อย่างไรก็ตาม การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยในอดีตมักขาดความแม่นยำและการคาดการณ์ที่ทันทั่วถึง ทำให้ไม่สามารถเตรียมความพร้อมในการรับมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิจัยนี้เสนอวิธีการประยุกต์ใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (antecedent precipitation index, API) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน จากการสะสมของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาก่อนหน้า เป็นค่าที่มีบทบาทสำคัญที่ใช้ประเมินความสามารถในการรองรับน้ำของดินในพื้นที่ โดยปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะลดเสถียรภาพของดินในพื้นที่ทำให้ดินมีเสถียรภาพต่ำ และอ่อนตัวลง เมื่อความชุ่มชื้นของดินถึงจุดวิกฤต มักนำไปสู่การเกิดภัยพิบัติดินถล่ม (Soralump et al., 2007) ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน จึงมีบทบาทสำคัญที่นำไปสู่การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยที่มีความถูกต้อง แม่นยำและความรวดเร็วในการเตือนภัยดินถล่มล่วงหน้ามากยิ่งขึ้น โดยสอดคล้องกับนโยบาย BCG (bio-circular-green economy) ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืนของประเทศไทย วิธีการนี้เน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างมูลค่าเพิ่มจากการใช้ทรัพยากรชีวภาพ โดยการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 2022) นอกจากนี้ ยังสนับสนุนการพัฒนา

เศรษฐกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 11: เมืองและชุมชนที่ยั่งยืน (sustainable cities and communities) และเป้าหมายที่ 13: การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate action) การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจะช่วยให้เมืองและชุมชนสามารถเตรียมตัวและปรับตัวต่อภัยพิบัติลดความเสี่ยงและสูญเสียจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเสริมสร้างความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม (Centre for SDG Research and Support: SDG Move, 2022)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผันแปรของดัชนีความชุ่มชื้นของดินและประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (weighted index method) เพิ่มความแม่นยำในการประเมินและเตือนภัยล่วงหน้า พร้อมทั้งเสนอแนวทางการจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มภายใต้นโยบาย BCG และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) การวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย เพื่อสร้างเมืองและชุมชนที่ยั่งยืนและลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวง อยู่ที่อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีขนาดเนื้อที่ 30.97 ตารางกิโลเมตร เป็นลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำแม่ปายตอนล่าง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำสาละวิน มีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับการเกิดดินถล่มเพื่อทำความเข้าใจและพัฒนาแนวทางในการป้องกันและลดความเสี่ยงจากการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ด้วยเหตุผลหลายประการดังนี้

ลักษณะภูมิประเทศ

เป็นภูเขาสูงชันทางทิศตะวันออก มีความลาดชันสูงถึง 56 องศา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมักมีแนวโน้มที่จะเกิดดินถล่มได้ง่ายเมื่อมีปัจจัยเร่ง เช่น ฝนตกหนักหรือกิจกรรมมนุษย์

ลักษณะภูมิอากาศ

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่มากกว่าเท่ากับ 1,071.97 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนที่สามารถกระตุ้นให้เกิดดินถล่มได้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่ปริมาณน้ำฝนมีความเข้มข้นสูง

สภาพทางธรณีวิทยา

พื้นที่ประกอบด้วยหินกรวดมนซึ่งมีความมั่นคงต่ำและง่ายต่อการถูกกัดเซาะ ดินในพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam, SCL) ที่มีคุณสมบัติในการระบายน้ำได้ดี แต่มักสูญเสียความมั่นคงเมื่อน้ำมาก

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

มีการใช้ที่ดินในหลายรูปแบบ เช่น พื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกพืชไร่ และพื้นที่ปลูกไม้ผล โดยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินและเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม โดยเฉพาะเมื่อมีการทำไร่หมุนเวียนหรือการตัดไม้ทำลายป่า (Figure 1)

ความสูงจากระดับน้ำทะเล

พื้นที่นี้ระดับความสูงตั้งแต่ 695–1,788 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความสูงนี้ส่งผลต่อการไหลของน้ำและความเสถียรของดิน

วิธีการ

การวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน 2) การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม 3) การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ภายใต้แบบเหตุการณ์จำลอง (scenario) (Figure 2)

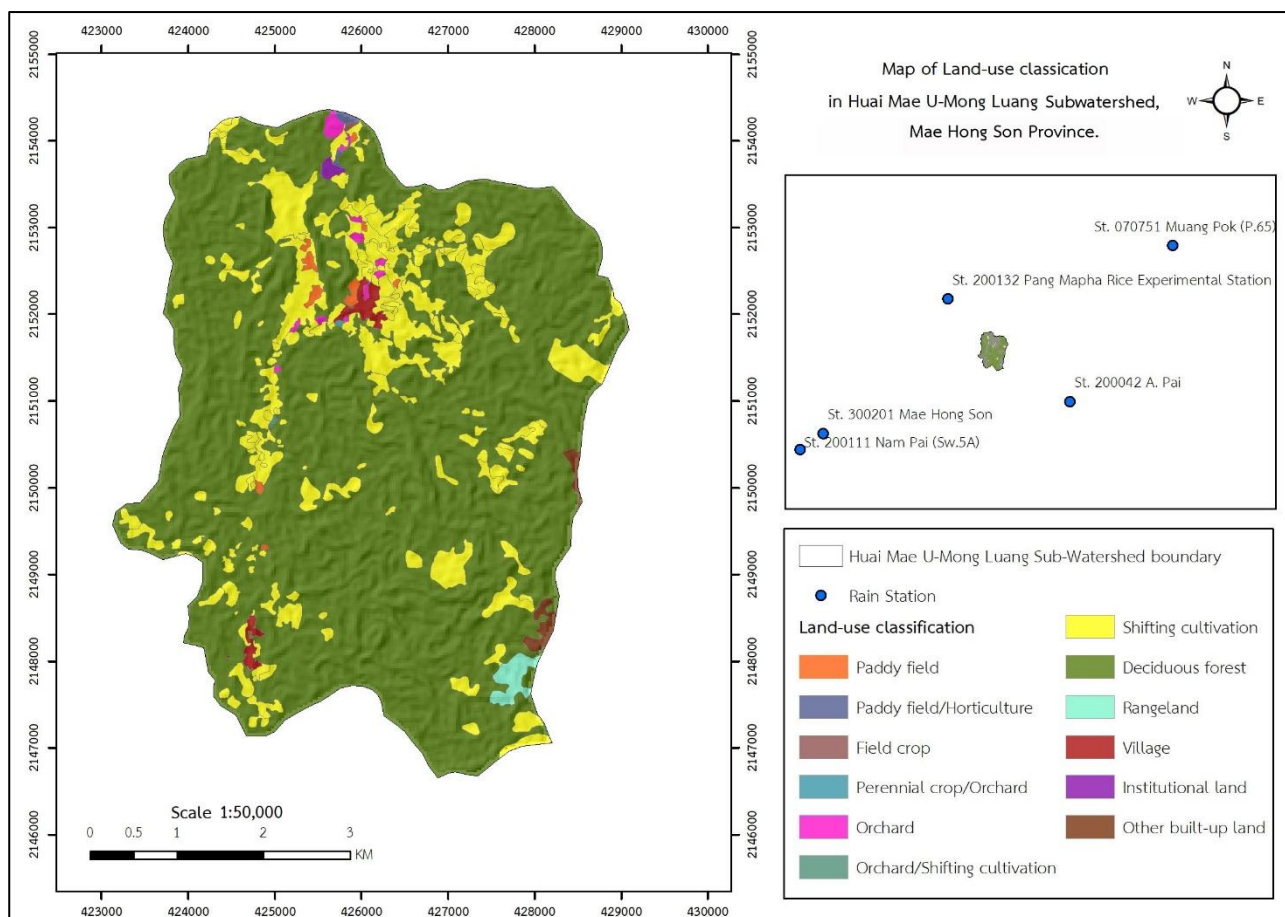


Figure 1 Land-use classification in 2021 in Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son Province and location of nearest 5 weather stations

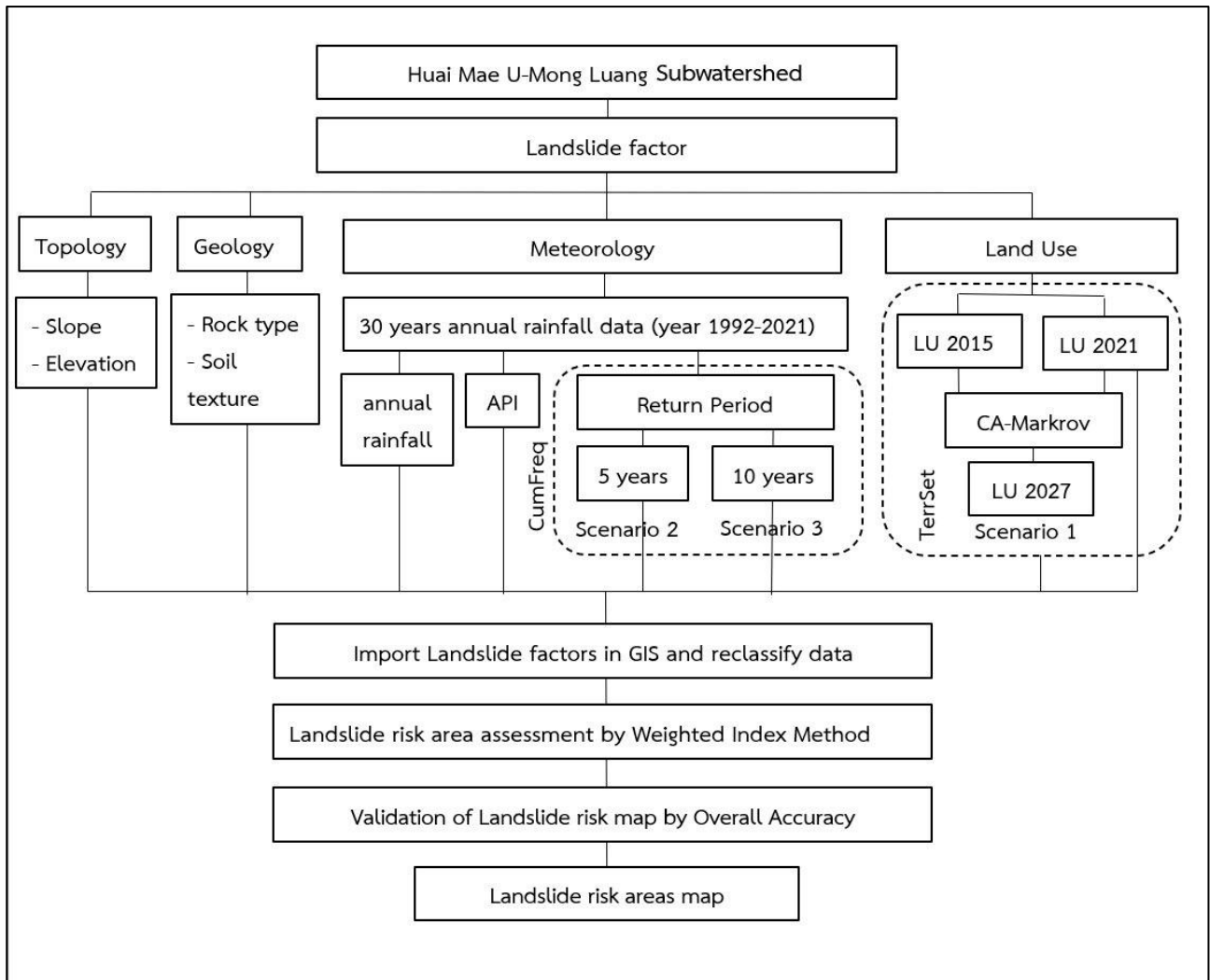


Figure 2 Process of landslide risk areas assessment

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน

ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความชื้นที่มีอยู่ในดิน โดยเป็นความชื้นที่เกิดจากการตกของฝนในวันก่อนหน้า ซึ่งปริมาณน้ำบางส่วนได้ระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศและเป็นความชื้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ บางส่วนไหลลงสู่ลำธาร คงเหลือเป็นปริมาณความชื้นที่สะสมอยู่ในดิน โดยปกติมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากฝนหยุดตก ตามรูปแบบสมการของ (Linsley *et al.*, 1982) ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$API_t = API_0 \times K_t \quad (1)$$

เมื่อ API_0 = ค่าเริ่มต้นของ API

P_t = ค่าของ API_0 ที่ลดลงตามเวลา t

K_t = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ

$$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t \quad (2)$$

เมื่อ API_t = ค่า API ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)

API_{t-1} = ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (มิลลิเมตร)

P_t = ค่าปริมาณน้ำฝน ณ เวลาใด ๆ (มิลลิเมตร)

K_t = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใด ๆ ซึ่งค่า K หาได้จากสมการที่ (3)

$$K_t = \exp(-E_t/W) \quad (3)$$

เมื่อ E_t = การคายระเหย ณ เวลาใด ๆ

W = ค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการคายระเหยน้ำ หรือ maximum soil water available (มิลลิเมตร) สามารถหาได้จากสมการที่ (4) ดังนี้

$$W = (WHC/100) \times (B.D. \times 100) \quad (4)$$

เมื่อ WHC = ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ)

$B.D.$ = ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินวิกฤต ($API_{critical}$) เป็นค่าที่แสดงถึงศักยภาพสูงสุดของพื้นที่ในการรับรองได้ของดิน โดยสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ (5) Soralump and Thaiyuenwong (2009)

$API_{critical}$

= ความลึกของดิน $\times$ ความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (5)

วิเคราะห์ความผันแปรของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน โดยการทดสอบทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ วิธี Mann-Kendall (MK) เพื่อศึกษาแนวโน้มของค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินและปริมาณน้ำฝน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินและค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน ด้วยวิธี Pearson correlation

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยวิธีปัจจัยร่วม

รวบรวมข้อมูลและกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม Soralump and Thaiyuenwong (2009) ได้รวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม จำนวนทั้งสิ้น 29 ปัจจัย ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ ได้เลือกปัจจัยเพื่อนำมาใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน ชนิดของหิน ลักษณะของเนื้อดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับความสูง และปริมาณน้ำฝนสะสม โดยประยุกต์ร่วมกับค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา

นำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา ได้แก่ สถานี 300201 สถานีตรวจวัดอากาศแม่ฮ่องสอน สถานี 200042 สถานีอำเภอป่าสัก 200111 สถานีน้ำปาย (Sw.5A) สถานี 200132 สถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาวปางมะผ้า สถานี 07051 สถานีม่วงป๋อก (P.65) ทำการกำหนดตำแหน่งตามพิกัดภูมิศาสตร์ ในรูปแบบของจุด (point) แทรกค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ลงในตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (attribute data) บันทึกข้อมูลในรูปแบบข้อมูลเวกเตอร์ (vector) ทำการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ (raster) ความละเอียดของข้อมูลเท่ากับ 30 เมตร $\times$ 30 เมตร และทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ให้อยู่ในระบบกริดด้วยวิธี Inverse distance weighting (IDW)

นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละปัจจัยในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS version 10.4) จัดรูปแบบของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (raster) ความละเอียดของข้อมูลเท่ากับ 30 เมตร $\times$ 30 เมตร และนำเข้าโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำการแบ่งตามชั้นข้อมูล (reclassify) ของปัจจัยทั้งหมดที่ได้จัดเตรียมไว้ตาม

เกณฑ์การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ของ Chantasorn (2012); Khiaosalap (2015); Jitpratum (2016) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้งหมดพร้อมทั้งแก้ไขและปรับปรุงให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน (พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 47N)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม (weighted index method) โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ให้ค่าถ่วงน้ำหนัก (weighting) ในแต่ละปัจจัยตามความสำคัญ และให้ค่าคะแนนและนำมาคำนวณรวมกับค่าถ่วงน้ำหนัก ผลการคำนวณแต่ละปัจจัยนำมารวมกันแล้วนำไปเปรียบเทียบกับระดับโอกาสเกิดดินถล่ม

กำหนดค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลัก โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (analytic hierarchy process, AHP) เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกปัจจัยที่ดีที่สุด ในการกำหนดค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลักได้จากการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกิดดินถล่มในหน่วยงานต่างๆ เป็นผู้ประเมินโดยทำการเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ (pairwise comparison) ครบทุกคู่ของทุกปัจจัยในรูปแบบเมทริกซ์ (pairwise comparison matrix) ในการให้ค่าคะแนนระดับความสำคัญหรือความมีอิทธิพลต่อกันมีทั้งหมด 9 ระดับ ตามเกณฑ์ของ Saaty and Vargas (1980) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล (consistency) โดยนำผลการให้คะแนนความสำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบของแต่ละท่านมาทำการตรวจสอบจากสัดส่วนความสมเหตุสมผล (consistency; CR)

การคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ (weight) ในแต่ละชั้นคำนวณหาค่ารวมของทุกสดมภ์ และมาหารด้วยค่ารวมของแต่ละสดมภ์ โดยผลรวมแต่ละสดมภ์ต้องเท่ากับ 1 จากนั้นคำนวณผลรวมของแต่ละแถวและหารด้วยจำนวนปัจจัย จึงได้คำตอบออกมาเป็นค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก และเมื่อเรียงลำดับผลลัพธ์ของน้ำหนักแต่ละปัจจัยตามคะแนนจากมากไปน้อย ปัจจัยที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด

กำหนดค่าคะแนนความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยย่อยที่ใช้ในการประเมิน ทำการจำแนกรายละเอียดของแต่ละปัจจัยตามอิทธิพลที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยจำแนกจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุดไปจนถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มน้อยที่สุด กำหนดลำดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม รายละเอียดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากจะมีค่าลำดับความสำคัญมาก และรายละเอียดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มน้อย จะมีค่าลำดับความสำคัญน้อย (Table 1)

Table 1 Weighting factors affecting landslide susceptibility

Factor	Weighting	Importance Value		Source
		Detail	Ranking	
1. Slope (degree)	0.24	> 40°	5	Royal Thai Survey Department (2021)
		31°–40°	4	
		21°–30°	3	
		10°–20°	2	
		< 10°	1	
2. Geology	0.06	Biotite granite	5	Department of Mineral Resources (2021) Mairaing <i>et al.</i> (2007)
		Limestone	4	
		Phyllite	3	
		Conglomerate	2	
3. Soil unit	0.08	Soil unit 62	5	Land Development
		Soil unit 29E	4	Department (2022)
4. Land use	0.13	Field crop/ Shifting cultivation/	5	Land Development Department (2023)
		Paddy field/ Paddy field and Horticulture/	4	
		Perennial crop and Orchard/	3	
		Orchard/ Orchard and Shifting cultivation		
		Deciduous forest/ Rangeland	2	
		Village/ Institutional land/ Other built-up land	1	
5. Elevation (meter)	0.07	> 1,400	5	Earth Data (2021)
		1,201–1,400	4	
		1,001–1,200	3	
		801–1,000	2	
		< 800	1	
6. Average Rainfall (mm/month)	0.27	> 200	5	Royal Irrigation Department (2021) and Meteorological Department (2021)
		151–200	4	
		101–150	3	
		50–100	2	
		< 50	1	
7. API (mm)	0.15	> 300	5	Royal Irrigation Department (2021) and Meteorological Department (2021)
		251–300	4	
		201–250	3	
		151–200	2	
		< 150	1	

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ค่าคะแนน
ระดับพื้นที่ดินถล่มคำนวณจากค่าน้ำหนักปัจจัยหลักคูณ
กับค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยย่อย หาผลรวมของ
คะแนนทั้งหมดของทุกปัจจัย แสดงดังสมการที่ (6)

$$S = (W_1R_1) + (W_2R_2) + (W_3R_3) + \dots + (W_nR_n) \quad (6)$$

เมื่อ S = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

W_n = ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก

R_n = ค่าคะแนนตามลำดับความสำคัญของ
รายละเอียดปัจจัยย่อย

n = จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

โดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถจัดทำได้
จากนำผลรวมของคะแนนทั้งหมด มาแบ่งช่วงตามระดับพื้นที่

เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม นำคะแนนสูงสุด และต่ำสุดมาจัดชั้นข้อมูล โดยกำหนดความกว้างอันตรภาคชั้นเท่ากัน 5 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงสูงมาก พื้นที่เสี่ยงสูง พื้นที่เสี่ยงปานกลาง พื้นที่เสี่ยงต่ำ และพื้นที่เสี่ยงต่ำมาก

การตรวจสอบความถูกต้องและความคลาดเคลื่อน โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม เปรียบเทียบกับข้อมูลแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ของกรมทรัพยากรธรณี ปี 2564 ประเมินค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ดังสมการในสมการที่ 7

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{จำนวนกริดที่ประเมินถูกต้อง}}{\text{จำนวนกริดทั้งหมด}} \quad (7)$$

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ภายใต้แบบจำลองเหตุการณ์ (Scenario)

การศึกษาในครั้งนี้ ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม 2 ภาพเหตุการณ์ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) กรณีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตอีก 7 ปี ข้างหน้า ด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2564 ที่ได้จากการรวบรวมของกรมพัฒนาที่ดิน มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2570 โดยใช้แบบจำลอง Markov Chain ในโปรแกรม TerrSet ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ในการวิเคราะห์รูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ.2570 Eastman (2003) ได้กล่าวว่า แบบจำลองนี้สามารถใช้ได้ดีในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง และการสร้างภาพฉายอนาคตสำหรับประเมินสถานการณ์ในอนาคตได้เป็นอย่างดี

2) กรณีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2535-2564) ทั้งหมด 4 สถานี โดยรอบบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวงจากกรมชลประทาน ได้แก่ สถานี 20042 อำเภอบาย สถานี 200111 น้ำปาย (Sw.5A) สถานี 200132 ศูนย์ทดลองและวิจัยข้าวไร่ เมืองหนาวปางมะผ้า อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน สถานี 07751 เมืองป๊อก (P.65) เพื่อวิเคราะห์รอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดใน 5 ปีและ 10 ปี ในโปรแกรมวิเคราะห์ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการกระจายความน่าจะเป็น (CumFreq)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาดัชนีความชุ่มชื้นของดินเพื่อประยุกต์ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณลุ่มน้ำย่อย

ห้วยแม่อุ้มองหลวง อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการศึกษารายละเอียดของข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2564 สามารถอธิบายผลการศึกษาดังรายละเอียด ต่อไปนี้

การวิเคราะห์ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน

ปัจจัยทางด้านปริมาณน้ำฝนในพื้นที่

จากการศึกษาข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2535-2564) มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 1,175.20 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคม โดยมีค่าเท่ากับ 236.23 มิลลิเมตร ซึ่งส่งผลให้ดินในช่วงนี้มีความชุ่มชื้นสูงสุดและเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มเนื่องจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำ เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดของปีคือเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 5.86 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ดินมีความชุ่มชื้นต่ำสุดในช่วงนี้และมีความเสี่ยงต่ำในการเกิดดินถล่ม โดยพบว่า ความชุ่มชื้นของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวงมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกหนักเช่นเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มสูงสุด

ความผันแปรของดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (antecedent precipitation index, API)

1) การวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) รายเดือนพบว่า ค่า API เฉลี่ยรายเดือนเท่ากับ 243.33 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 487.18 มิลลิเมตร รองลงมา คือ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม ซึ่งมีค่า API เท่ากับ 466.47 และ 423.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเดือนที่มีค่า API ต่ำที่สุดคือ เดือนมกราคม โดยมีค่าเท่ากับ 10.90 มิลลิเมตร โดยพบว่า ค่า API มีความสอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมตั้งแต่พฤษภาคมจนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคมเท่ากับ 236.23 มิลลิเมตร รองลงมาคือเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 194.22 และ 187.98 มิลลิเมตรตามลำดับ ทำให้ค่า API ในเดือนกันยายนมีค่าสูงที่สุดเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมอย่างต่อเนื่องในช่วงฤดูฝน ทำให้ดินมีปริมาณความชุ่มชื้นสูง ค่า API จึงมีค่าสูงตามไปด้วย ส่วนช่วงฤดูแล้งฝน พบว่า ค่าปริมาณฝนที่ตกหลังเดือนตุลาคมต่อเนื่องเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม มีค่าน้อย จึงทำให้ค่าความชื้นที่สะสมในดินมีค่าลดลง ส่งผลให้เดือนมกราคมมีค่า API ต่ำที่สุดเท่ากับ 10.90 มิลลิเมตร โดยค่า API มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และค่าคงที่คูณลด ค่า API มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำฝน และค่าคงที่คูณลดเพิ่มขึ้น และเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกสะสมกันเป็นระยะเวลาสั้น ค่าคงที่คูณลดมีค่าสูง จะส่งผลให้ค่า API มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ปัจจัยของ ปริมาณน้ำฝน และค่าคงที่คูณลด จึงเป็นปัจจัย

สำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝน และค่าคงที่คูณลด มีบทบาทสำคัญในการควบคุมค่า API

2) การศึกษาค่า API รายฤดูกาลแสดงให้เห็นถึงความผันแปรที่ชัดเจน โดยในช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤษภาคมถึงตุลาคม) ค่า API มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝนและค่าคงที่คูณลด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 369.67 มิลลิเมตร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 204.13 ถึง 487.18 มิลลิเมตร ในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฝนแรก ค่า API เท่ากับ 204.13 มิลลิเมตร จากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนสิงหาคม โดยมีค่า API เดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคมเท่ากับ 272.28, 364.3 และ 466.47 มิลลิเมตร ตามลำดับ ก่อนจะมีค่าเพิ่มสูงสุดในเดือนกันยายน โดยมีค่าเท่ากับ 487.18 มิลลิเมตร เนื่องจากการตกสะสมของปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องในช่วงฤดูฝน และการเพิ่มขึ้นของค่าคงที่คูณลดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือน

สิงหาคม จากนั้นปริมาณน้ำฝนจะเริ่มลดลง ทำให้ค่า API ลดลงเล็กน้อยในเดือนตุลาคม โดยมีค่าเท่ากับ 423.69 มิลลิเมตร ส่วนในช่วงฤดูแล้งฝน (พฤศจิกายนถึงเมษายน) พบว่าค่า API มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณน้ำฝน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 12.79 ถึง 333.05 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 116.98 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ทำให้ค่าความชื้นของดินจึงลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 10.19 มิลลิเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lekprasoet *et al.* (2021) ที่พบว่าค่า API รายวันมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำฝนของวันที่ทำการศึกษาและความชื้นที่มีอยู่ในดินก่อนหน้านี้ โดยเมื่อมีฝนตกจะทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น หากอัตราการคายระเหยน้ำลดลงจะส่งผลให้ค่าคงที่คูณลดรายวันสูงขึ้น ทำให้ค่า API สูงขึ้น (Figure 3)

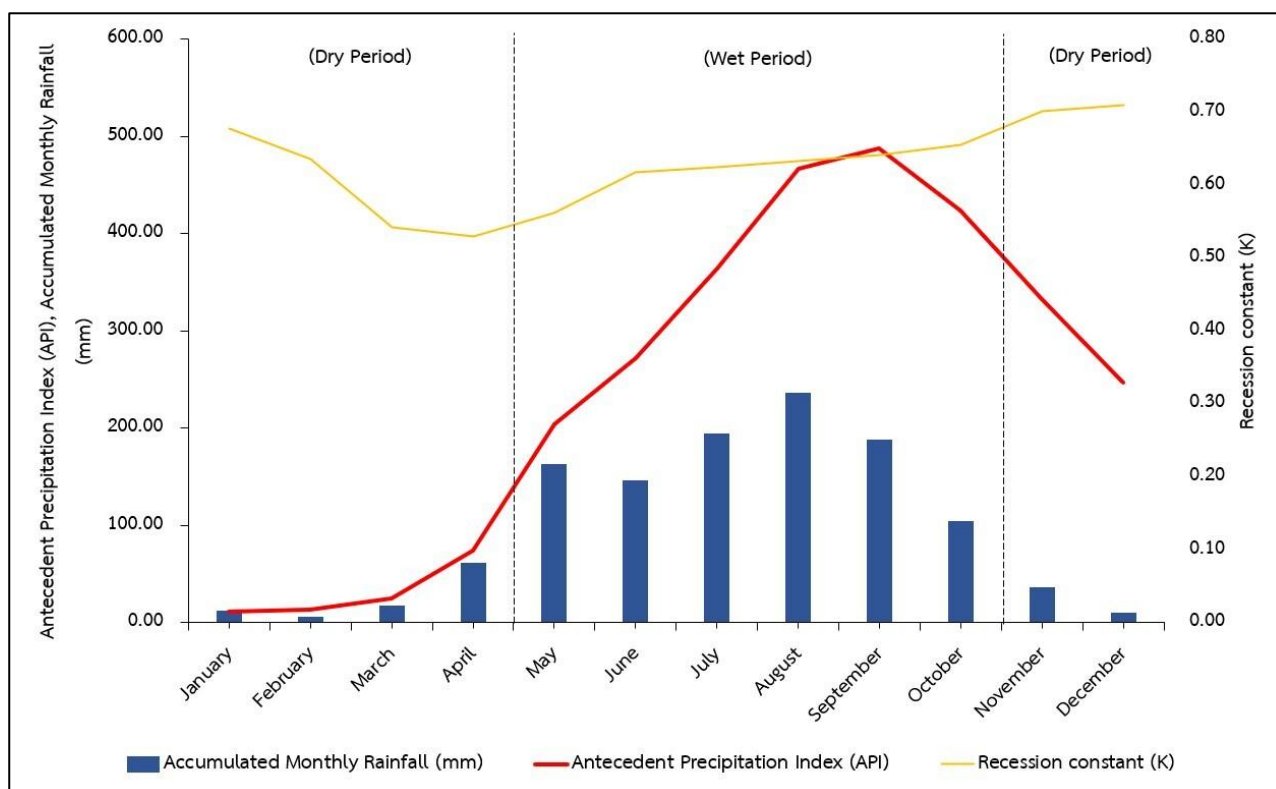


Figure 3 Variation of antecedent precipitation Index (API) and accumulated monthly rainfall (mm) in 2021 at Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son province

การวิเคราะห์แนวโน้มค่า API รายวันในปี พ.ศ. 2564 ในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี Mann-Kendall (MK) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่า API และค่าปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า z เท่ากับ 4.95 และ 4.26 ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า API และค่าปริมาณน้ำฝนด้วยวิธี Pearson correlation พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.78 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึง

ความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณน้ำฝนและค่า API โดยเฉพาะในช่วงฤดูน้ำหลากค่า API มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำฝน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lekprasoet *et al.* (2021) ที่พบว่าค่า API เปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดินก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าความชื้นในดินมีบทบาทสำคัญในกระบวนการระเหย ซึ่งส่งผลต่อระดับความร้อนและความชื้นในบรรยากาศ

การประยุกต์ใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.27 รองลงมาได้แก่ ความลาดชัน ค่า API การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะของเนื้อดิน ระดับความสูง และชนิดของหิน โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.24, 0.15, 0.13, 0.07, 0.06 และ 0.06 ตามลำดับ

ปริมาณน้ำฝนมีผลโดยตรงต่อปริมาณความชื้นในดิน เมื่อปริมาณน้ำฝนเข้าสู่ช่องว่างในดิน ดินจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ส่งผลให้น้ำหนักมวลมากกว่าแรงต้านทานการไหล ซึ่งนำไปสู่การเกิดดินถล่มในเวลาต่อมา Jumruang *et al.* (2022) พบว่าการเคลื่อนตัวของมวลดินระดับตื้น (0.5–1.0 เมตร) จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนสะสม 600 มิลลิเมตรในช่วงเวลา 3 เดือน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Mtibaa and Tsunetaka (2023) ที่พบว่าความชื้นของฝน ระยะเวลา และการกระจายตัวของฝน มีผลต่อการเกิดแผ่นดินถล่มอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าคะแนนระดับพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่ม

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มรายเดือนของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวง โดยใช้ดัชนีความชุ่มชื้นของดินมาประยุกต์ ด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม สามารถแบ่งระดับความเสี่ยงภัยออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงมาก (4.22–4.93) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง (3.50–4.21) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง (2.78–3.49) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำ (2.06–2.77) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำมาก (1.34–2.05) (Table 2)

Table 2 Landslide hazard scores in Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed, Mae Hong Son province

Landslide hazard level	Score
Very high risk	4.22–4.93
High risk	3.50–4.21
Moderate risk	2.78–3.49
Low risk	2.06–2.77
Very low risk	1.34–2.05

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

จากการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม พบว่า เดือนสิงหาคมมีระดับความเสี่ยงสูงที่สุดในการเกิดดินถล่ม รองลงมาคือเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน โดยมีค่าการกระจายพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับสูงมากต่อพื้นที่เท่ากับร้อยละ 8.71 2.04 และ 1.43 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามลำดับ (Figure 4) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุดเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นที่ ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน จึงพบว่าค่าดัชนีความชุ่มชื้นในดินมีค่ามากที่สุดในเดือนสิงหาคมเช่นกัน นอกจากนี้ พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 30 องศาและความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,201–1,400 เมตร ยังเป็นปัจจัยคงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม Yongsiri *et al.* (2023) พบว่า ความลาดชันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะมีโอกาสสูญเสียเสถียรภาพและเกิดดินถล่มได้ง่ายกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Rajabian (2023) ที่พบว่า องศาของความลาดชันมีผลต่อการเกิดและรูปแบบของดินถล่ม โดยความลาดชันที่ 30–35 องศาส่งผลให้เกิดดินถล่มเนื่องจากสูญเสียเสถียรภาพ Duangpiiboon (2010) กล่าวว่า ความสูงมีความสอดคล้องกับความลาดชัน โดยบริเวณที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากจะเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง โอกาสเกิดดินถล่มได้ง่าย Kohno and Higuchi (2023) ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในหมู่เกาะญี่ปุ่น พบว่า ที่ระดับความสูง 400–2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีพื้นที่ดินถล่มประมาณร้อยละ 7–8 โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อิทธิพลจากชนิดหินที่ประกอบไปด้วยหินกรวดมนขนาดใหญ่จะจัดกระจายตามพื้นผิว ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างดินมาก ประกอบกับลักษณะของเนื้อดินแบบดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้พื้นที่สามารถกักเก็บความชื้นไว้ในดินได้ค่อนข้างมาก โดยอัตราการคายระเหยในเดือนดังกล่าวมีค่าต่ำ สอดคล้องกับ Ahmad *et al.* (2022) พบว่าเนื้อดินมีผลต่อภัยพิบัติทางอุตุนิยมวิทยา เป็นปัจจัยที่มีทำให้เกิดดินถล่มมากขึ้น

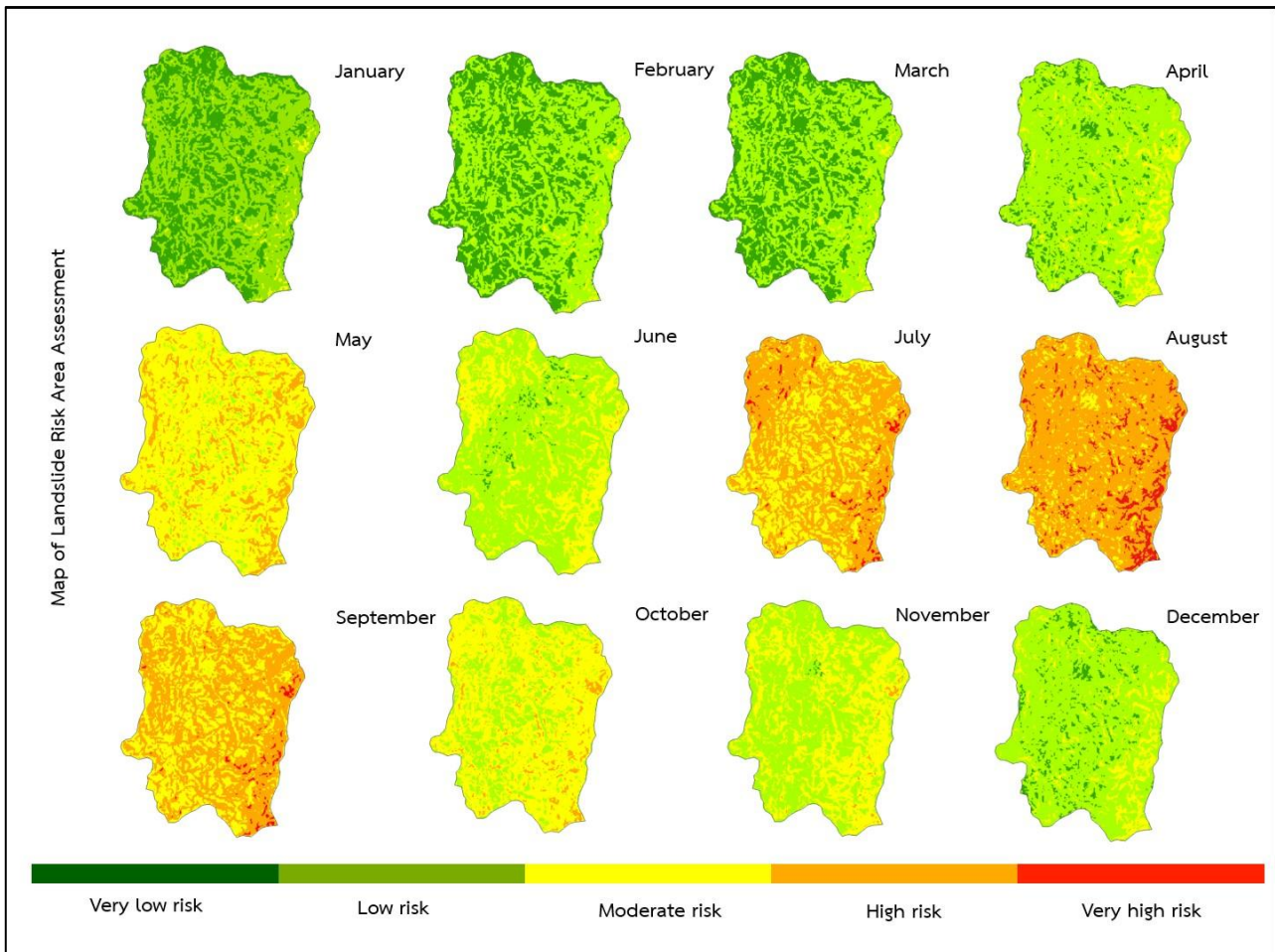


Figure 4 Landslide hazard areas by risk class using weight factor index method in Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son province

พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับสูงและสูงมากได้รับอิทธิพลจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบไร่หมุนเวียนที่มีการเปิดพื้นที่และถูกปล่อยพักไว้เพื่อรอการทำการเกษตรกรรม ส่งผลให้พื้นที่ขาดสิ่งปกคลุมดิน สอดคล้องกับ Hu et al. (2023) ที่ได้ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ และพบว่าอัตราการการเกิดดินถล่มมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับประเภทการใช้ที่ดินหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 นอกจากนี้ ประเภทการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ เช่น พืชพรรณที่เพาะปลูก มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดดินถล่มในช่วงฤดูฝน โดยพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมบนเนินเขามีแนวโน้มที่จะเกิดแผ่นดินถล่มได้ง่าย (Xu et al., 2023) เมื่อพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดดินถล่ม ความชื้นในดินของวันก่อนหน้าทำให้ดินมีน้ำหนักรวมมากขึ้นจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา พื้นที่ไม่สามารถรับน้ำหนักของมวลดินได้ ทำให้หน่วยแรงผลักดันจากน้ำหนักดิน (shear stress) มีค่ามากกว่าหน่วยแรงต้านทานการไถตามแนวพังทลาย (shear strength) ส่งผลให้ค่าปัจจัยความปลอดภัย (factor of

safety, FS) ต่ำ และเกิดดินถล่มได้ Thummasorn (2020) สอดคล้องกับ Chatsudarat (2021) พบว่า ปริมาณฝนก่อนหน้าที่มีปริมาณมากที่สุดและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงที่สุด

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน ความสูงของพื้นที่ และลักษณะของเนื้อดินต่อการเกิดดินถล่ม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในเดือนสิงหาคมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้ความชุ่มชื้นในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด และพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงมีโอกาสเกิดดินถล่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Yongsiri et al., 2023; Rajabian, 2023; Kohno and Higuchi, 2023) นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้เน้นถึงผลกระทบของการใช้ที่ดินแบบไร่หมุนเวียนที่ส่งผลให้พื้นที่ขาดสิ่งปกคลุมดิน ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงขึ้น การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของระบบ GIS ยังยืนยันว่าประเภทการใช้ที่ดินมีความสัมพันธ์กับการเกิดดินถล่มอย่างมีนัยสำคัญ (Hu et al., 2023; Xu et al., 2023)

การตรวจสอบความถูกต้อง

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มองหลวงด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมเปรียบเทียบกับแผนที่เสี่ยงภัยที่ประเมินจากกรมทรัพยากรธรณี ตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ด้วยการใช้ค่า Overall accuracy เป็นดัชนีตรวจสอบเพื่อวัดความสอดคล้องทางสถิติพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มีค่า Overall accuracy อยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่าเท่ากับ 0.91 หรือร้อยละ 90.91 แสดงว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม มีการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยบนพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ภายใต้แบบจำลองเหตุการณ์ (scenario)

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2570

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี พ.ศ. 2558 จนถึงปี พ.ศ. 2570 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2558 พื้นที่เกษตรกรรมมีขนาด 5.47 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.66 ต่อมาในปี พ.ศ. 2564 ขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 5.53

ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.87 และในปี พ.ศ. 2570 พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นอีกเป็น 5.55 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.92 ในทางกลับกัน พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2558 มีขนาดพื้นที่ 0.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.40 ลดลงเหลือ 0.40 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ. 2564 คิดเป็นร้อยละ 1.29 และในปี พ.ศ. 2570 ลดลงเหลือ 0.36 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.18 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2570 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมมีการขยายตัวมากที่สุด จากร้อยละ 17.66 ในปี พ.ศ. 2558 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.92 ในปี พ.ศ. 2570 การเพิ่มขึ้นนี้เกิดจากลักษณะการทำเกษตรกรรมของชาติดินร่วนซุยหรือกลุ่มชาติดินชั้นบนพื้นที่สูงที่ใช้ระบบหมุนเวียนธาตุอาหารตามธรรมชาติ (ไร่หมุนเวียน) ซึ่งเน้นการผลิตรายละและปล่อยให้พักระยะยาวจนดินฟื้นคืนความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉลี่ยแล้วมีการพักพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 7-12 ปี การทำการเกษตรเช่นนี้ทำให้พื้นที่เกษตรกรรมถูกปล่อยร้างและขาดสิ่งปกคลุมดิน ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มได้ง่าย (Boonchai, 2016) (Table 3)

Table 3 Land-use classification areas in 2015, 2021 and 2027 in Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son province

Land-use classification	2015		2021		2027	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Agriculture land	5.47	17.66	5.53	17.87	5.55	17.92
Forest land	24.88	80.35	24.86	80.27	24.87	90.31
Miscellaneous land	0.18	0.58	0.18	0.58	0.18	0.59
Urban and built-up land	0.43	1.40	0.40	1.29	0.36	1.18
Total	30.97	100.00	30.97	100.00	30.97	100.00

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในปี พ.ศ. 2564 พบว่าในปี พ.ศ. 2570 มีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับต่ำ ปานกลาง และระดับสูงเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงเพิ่มจาก 4.59 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2564 เป็น 4.60 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2570 คิดเป็นร้อยละ 0.03 การเพิ่มขึ้นของระดับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มทั้งหมดในปี

พ.ศ. 2570 มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 3.98 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 31.11 เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบนสภาพภูมิประเทศภูเขาสูงชัน ลักษณะหินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ และการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ทำให้พื้นที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มเพิ่มขึ้น (Rita *et al.*, 2023) (Table 4)

Table 4 Proportion of landslide hazard areas in Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed, Mae Hong Son province and change from 2021 to 2027

Landslide hazard	2021		2027		Landslide hazard change 2021–2027	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Very high risk	1.70	5.49	1.70	5.49	0.00	0.00
High risk	4.59	14.82	4.60	14.85	+ 0.01	+ 0.03
Moderate risk	7.28	23.54	7.31	23.60	+ 0.03	+ 0.10
Low risk	10.54	34.03	10.60	34.23	+ 0.06	+ 0.19
Very low risk	6.86	6.79	6.76	21.83	– 0.10	– 0.32
Total	30.97	100.00	30.97	100.00		

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศต่อการประเมินความเสี่ยงดินถล่ม การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะการทำการเกษตรแบบหมุนเวียนของชาวชาติพันธุ์กะเหรี่ยง เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมถูกปล่อยร้างและขาดสิ่งปกคลุมดิน ทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงขึ้น นอกจากนี้ การลดลงของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างยังชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในลักษณะการใช้ที่ดินที่อาจส่งผลต่อความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baiku *et al.* (2021) พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน และส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแควน้อยตอนบนเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rita *et al.* (2023) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การปลูกพืช มีบทบาทสำคัญในการประเมินและลด

ความเสี่ยงจากการเกิดดินถล่ม การใช้ข้อมูลย้อนหลังและการคาดการณ์ในอนาคตเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรอบการเกิดซ้ำปี 5 และปีที่ 10

จากการประมาณค่ารอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบ 5 ปี โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2535–2564) จาก 4 สถานีรอบพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่อุ้มมองหลวง พบว่า รอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบ 5 ปี มีโอกาสเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ระหว่าง 67.11–99.95 มิลลิเมตรต่อวัน อย่างน้อย 1 ครั้งในรอบ 5 ปี ส่วนในรอบ 10 ปี มีโอกาสเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ระหว่าง 81.5–118.44 มิลลิเมตรต่อวัน อย่างน้อย 1 ครั้งในรอบ 10 ปี เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันในรอบปีการเกิดซ้ำปีที่ 5 และปีที่ 10 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันเฉลี่ย 76.48 มิลลิเมตรต่อวัน และ 91.19 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Figure 5)

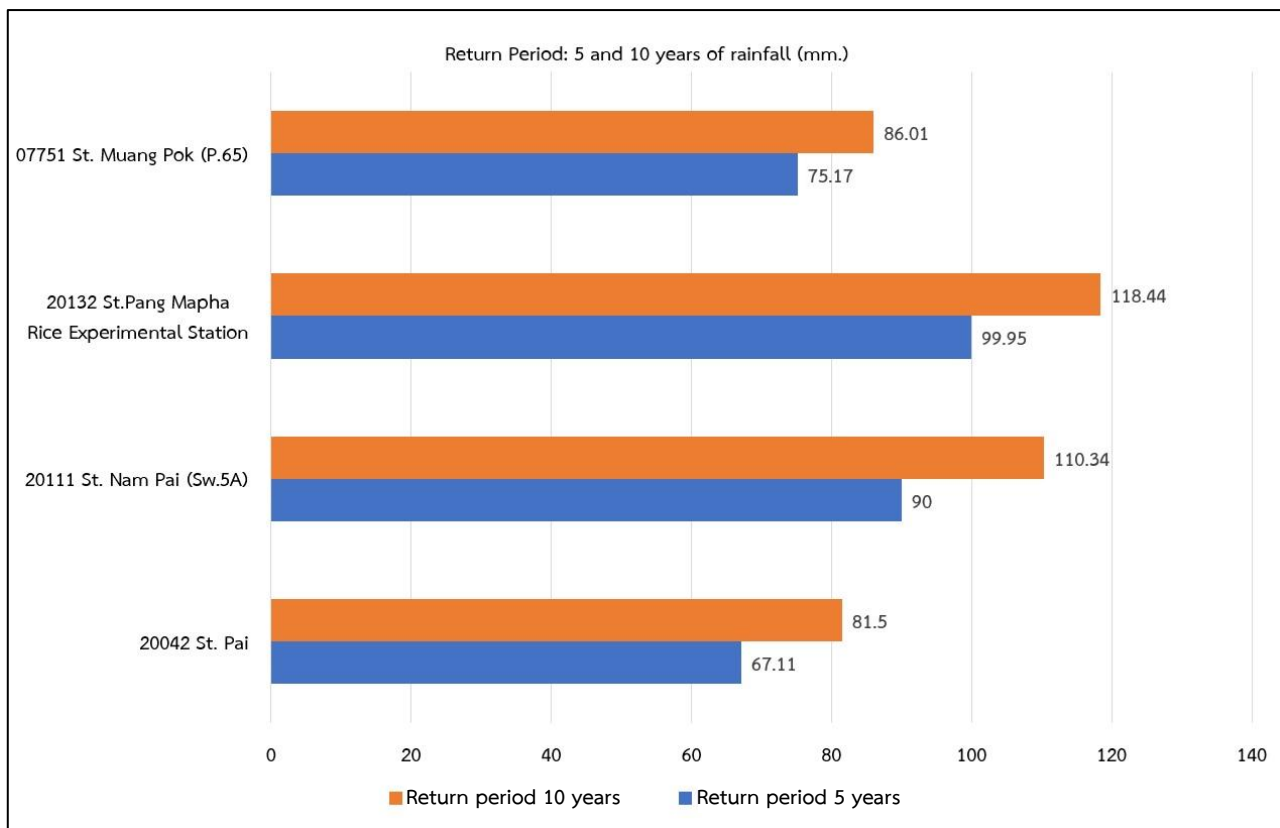


Figure 5 Return period for 5 and 10 years of rainfall data in Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son province

การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจากการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปีและ 10 ปี สามารถอธิบายได้ดังนี้

ในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี พบว่าพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลางครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 10.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.32 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับต่ำ คิดเป็นเนื้อที่ 8.12 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.22 ส่วนในรอบการเกิดซ้ำ 10 ปี พบว่าพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในระดับเสี่ยงภัยปานกลางครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 9.81 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 31.68 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับต่ำ เนื้อที่ 8.68 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.03 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในปี พ.ศ. 2564 (Table 5) พบว่า ในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี และ 10 ปี มีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับสูงและสูงมากมีพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีพื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 เท่ากับร้อยละ 51.63 และ 37.04 ตามลำดับ และในระดับเสี่ยงภัยสูงมากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพิ่มขึ้นจาก

ปี พ.ศ. 2564 เท่ากับร้อยละ 2.94 และ 26.47 ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้คิดเป็นร้อยละ 38.47 และ 34.18 ของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ปี พ.ศ. 2564 โดยพบว่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันในรอบการเกิด 5 ปี และ 10 ปี ส่งผลให้พื้นที่ศึกษาเกิดการกระจายเชิงพื้นที่ของระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในระดับสูงและสูงมากกว่าในปี พ.ศ. 2564 ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันจึงเป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ค่า API ที่แปรผันตามปริมาณน้ำฝนทำให้ความเสี่ยงในการเกิดดินถล่มเพิ่มมากขึ้น ผลศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์รอบการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดต่อการประเมินความเสี่ยงดินถล่ม การเก็บข้อมูลย้อนหลัง 30 ปีช่วยให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มและคาดการณ์ความเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปีและ 10 ปี เน้นถึงความจำเป็นในการจัดการโครงสร้างของกลุ่มน้ำให้อยู่ในสถานภาพสมดุล เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและลดการเกิดดินถล่ม โดยปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม (Table 5)

Table 5 Proportion of landslide hazard areas in Huai Mae U–Mong Luang Sub–watershed, Mae Hong Son province in 2021 and return periods (5 and 10 years)

Landslide hazard	2021		Return period 5 years		Return period 10 years	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Very high risk	1.70	5.49	1.75	5.65	2.15	6.94
High risk	4.59	14.82	6.96	22.47	6.29	20.31
Moderate risk	7.28	23.51	10.01	32.32	9.81	31.68
Low risk	10.54	34.03	8.12	26.22	8.68	28.03
Very low risk	6.86	22.15	4.13	13.34	4.04	13.04
Total	30.97	100.00	30.97	100.00	30.97	100.00

สรุป

การประยุกต์ใช้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่ฮ่อมองหลวง อำเภอบางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน บริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยแม่ฮ่อมองหลวง อยู่ระหว่าง 10.19 – 487.18 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 243.33 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน และต่ำสุดในเดือนมกราคม จากการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมเดือนสิงหาคม มีพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เดือนกรกฎาคม และเดือนกันยายน ตามลำดับ โดยมีค่าการกระจายพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับสูงมากต่อพื้นที่เท่ากับ ร้อยละ 8.71, 2.04 และ 1.43 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้อง (overall accuracy) เท่ากับ 90.91 จากการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มภายใต้ภาพจำลองเหตุการณ์ 2 กรณี พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการเกิดดินถล่มมากกว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยพบว่า ในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี และ 10 ปี พบว่าพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับสูงและสูงมาก เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 ร้อยละ 38.47 และ 34.18 ตามลำดับ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2570 มีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับต่ำ ปานกลาง และสูงมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2564 โดยมีเนื้อที่เท่ากับ 0.06 0.03 และ 0.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.19 0.10 และ 0.03 ตามลำดับ จากผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและได้รับปริมาณน้ำฝนมาก ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและลดความเสี่ยงจากการเกิดดินถล่มในอนาคต และควรมีการใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศเพิ่มเติม และขยายการศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่และปัจจัยต่าง ๆ มากขึ้นจะช่วยเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาในอนาคต

REFERENCES

- Ahmad, A., Farida, M., Juita, N. 2022. Spatial analysis of soil texture on risk assessment of hydrometeorology disaster in Rubia–Kelara district of Jeneponto Regency. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 1 0 (1) : 4 2– 5 4 . doi.org/10.14710/jwl.10.1.42–54
- Baiku, P., Tongdeenok, P., Kaewjampa, N. 2021. Application of SWAT and CLUE–S model in streamflow and land use prediction in the upper Khwae–Noi Subwatershed, Nakhonchai district, Phitsanulok province. *Thai Journal of Forestry*, 40(2): 39–55. (in Thai)
- Boonchai, K. 2016. Rotational farming: cultural rights for ecological and social practice. *Journal of Social Development*, 18(Special Issue): 145–155. (in Thai)
- Chantasorn, M. 2012. Comparison of Methodologies for Landslide Susceptibility Assessment at Huai Maeplum Watershed, Uttaradit Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Chatsudarat, S. 2021. An Analysis of Spatial Susceptibility and Probability of Rainfall Pattern Inducing Landslides in Northern Thailand with Tropical Rainfall Measuring Mission Data Using GIS. M.S. Thesis, Naresuan University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Centre for SDG Research and Support: SDG Move. 2022. Introduction of SCGs. <https://www.sdgmovement.com/intro-to-sdgs/>, 2 6 April 2022. (in Thai)

- Department of Mineral Resources. 2011. **Knowledge of Landslide**. http://www.dmr.go.th/download/Landslide/what_landslide1.htm, 26 April 2022. (in Thai)
- Department of Mineral Resources. 2021. **Data Landslide of Maehongson**. <https://www.dmr.go.th/en/departement-of-mineral-resources-thailand/>, 28 Mar 2024. (in Thai)
- Duangpi boon, S. 2010. **Modeling and Spatial Database for Flood and Landslide Risk Assessment: A Case Study of the Lang Suan Watershed, Southern Thailand**. M.S. Thesis, Prince of Songkla University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Eastman, J.R. 2003. **TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System**. Clark University. New York, United States.
- Earth Data. 2021. **Earthdata Search**. <https://www.earthdata.nasa.gov/>, 2 September 2020. (in Thai)
- Hu, J., Yu, Y., Gui, R., Zheng, W., Guo, A. 2023. Spatial distribution analysis of landslide deformations and land-use changes in the three gorges reservoir area by using interferometric and polarimetric SAR. **Remote Sensing**, 15(2302): 1–21. doi.org/10.3390/rs15092302
- Jitpratum, J. 2016. **Antecedent Precipitation Index for Early Warning Flood and Landslide in Different Types of Land Use at Huai Mafueang Sub-Watershed, Mueang District, Rayong Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Jumruang, W., Jotisankasa, A., Chayprakykaew, S. 2022. Development of warning system for landslide hazard area with IoT system (internet of things). In: **The 27th National Convention on Civil Engineering**. Chiang Rai, Thailand, pp. 12–1 – 12–6. (in Thai)
- Khiaosalap, P. 2015. **Flash Flood and Landslide Risk Area Assessment in Huai Mae Saroi Watershed, Phrae Province and Khlong Tha Thon Watershed, Nakhon Si Thammarat Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kohno, M., Higuchi, Y. 2023. Landslide susceptibility assessment in the Japanese Archipelago based on a landslide distribution map. **International Journal of Geo-Information**, 12(3 7) : 1–25. doi.org/10.3390/ ijgi12020037
- Land Development Department. 2022. **Soil Unit Map**. <https://dinonline.ddd.go.th/>, 1 8 September 2021. (in Thai)
- Land Development Department. 2023. **Land Use 2024**. <https://dinonline.ddd.go.th/>, 6 June 2023. (in Thai)
- Lekprasoet, R., Tuankruea, V., Kheereemangkla, Y. 2021. Influences of rainfall and antecedent precipitation index on surface runoff generation in Na Luang Sub-watershed, Nan province. **Thai Journal of Science and Technology**, 10(4): 403–415. (in Thai)
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., Paulus, J. 1982. **Hydrology for Engineers McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering**. McGraw-Hill International, New York, NY, USA.
- Mairaing, W., Sorlump, S., Jotisankas, A. 2007. **Landslides, a Danger that can be Prevented**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Meteorological Department. 2021. **Rainfall Data 2021**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Mtibaa, S., Tsunetaka, H. 2023. Revealing the relation between spatial patterns of rainfall return levels and landslide density. **Earth Surface Dynamics**, 11: 461–474. doi.org/10.5194/esurf–11–461–2023
- Naewna Post. 2020. **Depression Maehongson Constantly Heavy Rainfall Flash Floods–Landslide**. <https://www.naewna.com/local/513521>, 7 July 2024. (in Thai)
- Naewna Post. 2022. **Heavy rainfall – Flash Floods in Pang Mapha District**. <https://www.naewna.com/local/672149>, 7 July 2024. (in Thai)
- Naewna Post. 2023. **Maehongson Warning Flash Floods–Landslide**. <https://www.naewna.com/local/748714>, 7 July 2024. (in Thai)
- National Science and Technology Development Agency (NSTDA). 2022. **What is BCG**. <https://www.bcg.in.th/>, 26 April 2022. (in Thai)
- Rajabian, A. 2023. Effect of initial failure geometry on the progress of a retrogressive seepage-induced landslide. **International**

- Journal of Geo-Engineering**, 14(11): 1–16.
doi.org/10.1186/s40703-023-00189-8
- Rita, M.D.P.S., Santos, A.L.B., Velloso, M.M. 2023. The use of a booklet in schools to promote landslide prevention. **Crossref**, 1–10.
doi10.56238/sevedi76016-001
- Royal Irrigation Department. 2021. **Rainfall Data 2021**. <https://hydro-1.net/>, 2 September 2021. (in Thai)
- Royal Thai Survey Department. 2021. **Topographic Maps 2021**. Mae Hong Son, Mae Hong Son province, Thailand. (in Thai)
- Saaty, T.L., Vargas, L.G.. 1980. **Model, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. Austin State University, Texas, United States.
- Soralump, S., Hunsuwan, B., Torviwat, W. 2007. Analysis of critical API using for warning of heavy rainfall-induced landslide. In: **The 12th National Convention on Civil Engineering**. Phitsanulok, Thailand, pp. 466 – 473. (in Thai)
- Soralump, S., Thaiyuenwong, S. 2009. **Study of Landslide-Flood Behavior in the Selected Area for Developing of Warning Method and Criteria (Phase III)**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Soralump, S., Nuimak, T. 2013. Estimation of statistical critical rainfall envelope for landslide warning. In: **The 18th National Convention on Civil Engineering**. Chiang Mai, Thailand, pp. 322 – 330. (in Thai)
- Thummasorn, S. 2020. **Coulomb with Physics of Landslide**. <http://www.thaiphysoc.org/article/227/>, 26 April 2024. (in Thai)
- Xu, B., Zhang, C., Liu, W., Huang, J., Su, Y., Yang, Y., Jiang, W., Sun, W. 2023. Landslide identification method based on the FKGRNet model for remote sensing images. **Remote Sensing**, 15(3407): 1–25. doi.org/10.3390/rs15133407
- Yongsiri, P., Soyong, P., Laongmanee, W., Uthaisri, P. 2023. Analysis of areas at risk of landslides by applying geospatial technology together with the highest daily rainfall data in 30 years in the Northern Thailand. **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 8(9): 184–199. (in Thai)

มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน จังหวัดเชียงราย Recreation Value of Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park, Chiang Rai Province

อิงอร ศิริวงษ์^{1,2}, สันติ สุขสอาด^{1*} และอภิชาติ ภัทรธรรม¹
Ingon Sirawong^{1,2}, Santi Suksard^{1*} and Apichart Pattaratuma¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 15 (เชียงราย) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เชียงราย 57000

²Protected Area Regional Office 15 (Chiang Rai), Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Chiang Rai 57000

* Corresponding Author; E-mail: fforsss@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 12 มีนาคม 2567

Received: 12 March 2024

รับแก้ไข 7 พฤษภาคม 2567

Revised: 7 May 2024

รับลงพิมพ์ 15 พฤษภาคม 2567

Accepted: 15 May 2024

ABSTRACT

The socio-economic and general information were studied regarding visitor recreation at Thum Luang Khun–Nam Nang Non National Park. In addition, the recreational value of this national park was estimated based on the individual travel cost method (ITCM) and the contingent valuation method (CVM) using willingness to pay (WTP). The designed questionnaire was distributed to 400 visitors to this national park during June–November 2023. Based on the results of the study, the majority of visitors were female with an average age of 35 years. Most of the visitors were Buddhists, single, and had graduated with at least a bachelor's degree. The major occupation was Government officer with an average income of THB 20,343.56/month. The majority of tourists were visiting this national park for the first time for a one day trip for recreational purposes with their family. They had traveled in personal vehicles, with an average of 4 persons/group. The main objective of the visitors was recreational purposes, with visitor satisfaction ranked overall at the high level ($\bar{X} = 4.08$).

The recreation value of the Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park in 2023 was estimated using an individual travel cost method, with the factors affecting travel to this national park being level of education, total travel cost, and visitor age. The recreational value was estimated at 946,033,575.85 Baht/year. The recreational value of this national park estimated using the contingent valuation method identified that the satisfaction level and visitor age affected willingness to pay, with the recreational value estimated at 11,011,056.97 Baht per year. The results of this study should provide information to inform the setting of policies and guidelines for area management, as well as providing information to determine the National Park entrance fee for tourists.

Keywords: Recreation value; Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของ ผู้มาเยือน และเพื่อประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับ บุคคล และวิธีสมมติเหตุการณ์โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ใช้แบบสัมภาษณ์ผู้มาเยือนระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 จำนวน 400 คน จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 35 ปี นับถือศาสนาพุทธ สถานภาพโสด จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ มีรายได้เฉลี่ย 20,343.56 บาท ต่อเดือน เดินทางมาเป็นครั้งแรก ท่องเที่ยวแบบมาเช้า-เย็นกลับ เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล มากับกลุ่มครอบครัว สมาชิกเฉลี่ย 4 คนต่อกลุ่ม วัตถุประสงค์เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ มีระดับความพึงพอใจต่อการมาท่องเที่ยวอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.08$)

การประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนครั้งที่มาท่องเที่ยว คือ ระดับการศึกษา ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และอายุ มูลค่านันทนาการเท่ากับ 946,033,575.85 บาทต่อปี และการประเมินมูลค่าด้านนันทนาการด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย คือ ระดับความพึงพอใจ และอายุ มูลค่านันทนาการมีค่าเท่ากับ 11,011,056.97 บาทต่อปี การศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดนโยบาย แนวทางการบริหารจัดการพื้นที่ และใช้ประกอบการพิจารณากำหนดอัตราค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: มูลค่าด้านนันทนาการ อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน

คำนำ

อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ตำบลโป่งผา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย เดิมเป็นวนอุทยานถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน มีทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์และสวยงาม มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ได้แก่ ขุนน้ำนางนอน ถ้ำพญานาค ถ้ำเสี่ยงผา และถ้ำหลวง ซึ่งถ้ำหลวงเป็นถ้ำที่มีขนาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 10.9 กิโลเมตร เป็นถ้ำที่มีความยาวเป็นอันดับ 4 ของประเทศไทย (Ellis, 2023) ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2561 เกิดเหตุการณ์นักฟุตบอลทีมหมูป่า อะคาเดมี่ แม่สาย จำนวน 13 คน ได้เข้าไปเที่ยวชมในถ้ำหลวงและไม่สามารถหาทางออกได้เนื่องจากน้ำท่วมภายในถ้ำ จังหวัดเชียงรายจึงได้ประกาศเป็นเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน พร้อมทั้งได้จัดตั้งศูนย์บัญชาการเพื่อปฏิบัติการค้นหาให้ความช่วยเหลืออย่างเร่งด่วนจากทุกภาคส่วนทั้งจากในประเทศและต่างประเทศจนสามารถช่วยเหลือและนำทั้ง 13 ชีวิตออกจากถ้ำได้อย่างปลอดภัย เหตุการณ์ดังกล่าวถือเป็นประวัติศาสตร์ของการช่วยเหลือและกู้ภัยจึงทำให้วนอุทยานถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนได้รับความสนใจและเป็นที่รู้จักของคนทั่วโลก (National Parks Division, n.d.) ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2562 มีนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมสูงถึง 1,421,957 คน (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2019) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้เล็งเห็นคุณค่าความสำคัญของพื้นที่ทั้งด้านการเป็นแหล่งท่องเที่ยว นันทนาการ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และด้าน การศึกษาวิจัย จึงประสานความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กระทรวงมหาดไทย เร่งยกระดับพื้นที่อนุรักษ์จากวนอุทยานเป็นอุทยานแห่งชาติ (National Parks Division, n.d.)

ปัจจุบันอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนอยู่ระหว่างขั้นตอนการเตรียมประกาศเป็นอุทยานแห่งชาติตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 และเปิดให้บริการด้านการท่องเที่ยวแก่ประชาชนโดยไม่มี การเก็บค่าธรรมเนียมการเข้าพื้นที่ (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, n.d.) ดังนั้น การประเมินมูลค่าด้านนันทนาการจึงเป็นการหามูลค่าหรือประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้านการเป็นแหล่งนันทนาการในรูปของตัวเงิน เพื่อแสดงให้เห็นคุณค่าเชิงเศรษฐกิจและมูลค่าการใช้ประโยชน์ (Suksard, 2009) โดยผลการศึกษาสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการจัดทำแผนพัฒนาการบริหารจัดการอุทยานแห่งชาติ การกำหนดนโยบายหรือแนวทางการบริหารจัดการพื้นที่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพ และยั่งยืน ทั้งด้านการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการบริการท่องเที่ยวและนันทนาการภายใต้การตระหนักรู้ถึงคุณค่าและมูลค่าของทรัพยากร ตลอดจนเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนต่อไป

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษา ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน และ 2) เพื่อประเมินมูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล (individual travel cost method, ITCM) และวิธีสมมติเหตุการณ์ (contingent valuation method, CVM) โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย (willingness to pay)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ได้จากการรวบรวมเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย สถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ การประเมินมูลค่าทางนันทนาการ และข้อมูลอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนซึ่งได้จากหน่วยงานราชการ สถาบันการศึกษา และองค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ได้จากการใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยสัมภาษณ์ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนชาวไทยระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 จำนวน 400 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (systematic sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมการท่องเที่ยว โดยเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม ส่วนที่ 2 กิจกรรมการท่องเที่ยวและระดับความพึงพอใจ ส่วนที่ 3 การเดินทางและค่าใช้จ่ายในการมาท่องเที่ยว และส่วนที่ 4 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน

ทำการทดสอบแบบสัมภาษณ์เบื้องต้น (pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนจำนวน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้คำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า Alpha โดยวิธีการ Cronbach's Alpha โดยค่าความเชื่อมั่นจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.8 (Thaweerat, 2000) ทั้งนี้ จากการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.9

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยคำนวณจากข้อมูลจำนวนประชากร คือ ผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2565 ทั้งหมดจำนวน 207,369 คน (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2024) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 0.05 โดยใช้สูตรของ Yamane (Yamane, 1973) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ รายได้ ระดับการศึกษา ข้อมูลด้านนันทนาการ กิจกรรมการท่องเที่ยว ความพึงพอใจต่อการท่องเที่ยว และความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่อหาค่าความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum)

ความพึงพอใจต่อการท่องเที่ยว กำหนดความหมายของค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ คะแนน 1.00–1.80 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด คะแนน 1.81–2.60 หมายถึง พึงพอใจน้อย คะแนน 2.61–3.40 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง คะแนน 3.41–4.20 หมายถึง พึงพอใจมาก และคะแนน 4.21–5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

2. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล

2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติกับตัวแปรอิสระที่กำหนด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละบุคคล (Isvilanonda, 1997; Suksard, 2003; Pornpinetpong, 2005) ดังสมการ (1)

$$V_i = f(TC_i, A_i, I_i, E_i, L_i, S_i) \quad (1)$$

โดยที่ V_i = จำนวนครั้งที่มาเที่ยวของผู้มาเยือน (ครั้ง/ปี)
 TC_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไป-กลับของผู้มาเยือน (บาท/ครั้ง)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

I_i = รายได้เฉลี่ยของผู้มาเยือน (บาท/เดือน)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา)

L_i = ระยะทางในการเดินทางมาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (กิโลเมตร)

S_i = เพศของผู้มาเยือน (ชาย = 0, หญิง = 1)

I = บุคคลที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 400$ (จำนวนตัวอย่างคือ 400 ตัวอย่าง)

นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของอัตราการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ กับตัวแปรอิสระโดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) และนำมาประมาณการเส้นอุปสงค์การท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน

2.2 การประเมินมูลค่านันทนาการจากความพอใจส่วนเกินจากผู้มาเยือน โดยนำสมการอุปสงค์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการเดินทางท่องเที่ยวกับค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว เพื่อคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภค (consumer surplus, CS)

คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (chock price) ของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือน หาได้จากการนำค่าใช้จ่ายการท่องเที่ยวทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนแต่ละคนเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด กำหนดเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของข้อมูลค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวทั้งหมดของกลุ่ม

ตัวอย่างผู้มาเยือน (Thailand Development Research Institute, 2000)

นำสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำท่องเที่ยวของบุคคลที่ i กับตัวแปรต่าง ๆ ทางเศรษฐกิจและสังคมต่อครั้งของบุคคลที่ i มาคำนวณหาส่วนเกินของผู้บริโภคทั้งหมด โดยหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ด้วยวิธี Definite Integrate ระหว่างค่าใช้จ่ายในการทำท่องเที่ยวเฉลี่ยของแต่ละบุคคล ถึงค่าใช้จ่ายในการทำท่องเที่ยวสูงสุดของแต่ละบุคคล ดังสมการ (2)

$$CS_i = \int_{\bar{TC}}^{TC_{(max)}} f(TC_i, A_i, I_i, E_i, L_i, S_i) dTC_i \quad (2)$$

โดยที่ CS = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด (บาทต่อปี)

$TC_{(max)}$ = ค่าใช้จ่ายในการทำท่องเที่ยวสูงสุด (บาท)

$\bar{TC}$ = ค่าใช้จ่ายในการทำท่องเที่ยวเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือน (บาท)

คำนวณหาส่วนเกินของผู้บริโภคของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนเฉลี่ยต่อครั้ง (average consumer surplus, ACS) ดังสมการ (3)

$$ACS = \frac{CS_i}{V_i} \quad (3)$$

โดยที่ ACS = ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนเฉลี่ยต่อครั้ง (บาท/คน/ครั้ง/ปี)

CS_i = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด (บาท/ปี)

V_i = จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวของแต่ละบุคคล

คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนทั้งหมด (มูลค่านันทนาการ) โดยนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) คูณด้วยจำนวนผู้มาเยือนในปี พ.ศ. 2566 (N) มีจำนวน 317,413 คน (Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, 2024) ที่มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ดังสมการ (4)

$$CS = ACS \times N \quad (4)$$

โดยที่ CS = มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (บาท/ปี)

N = จำนวนผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนในปี พ.ศ. 2566 (คน)

3. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ (Contingent valuation method, CVM) โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย (willingness to pay) ใช้แบบสัมภาษณ์นำเสนอเหตุการณ์สมมติกรณีอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนปัจจุบันอยู่ระหว่างขั้นตอนการเตรียมการประกาศเป็นอุทยานแห่งชาติจึงยังไม่มี การเก็บค่าธรรมเนียม หากในอนาคตมีการเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อเป็นการสนับสนุนงบประมาณในการบริหารจัดการพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพ ทั้งด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และด้านท่องเที่ยว ให้ผู้มาเยือนที่มีความเต็มใจจะจ่ายเสนอจำนวนเงินสูงที่สุดที่ยินดีจะจ่ายค่าธรรมเนียม ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ของผู้มาเยือนกับตัวแปรอิสระที่กำหนด (Isvilanonda, 1997; Suksard, 2003) ดังสมการ (5)

$$WTP = f(I_i, E_i, A_i, T_i, M_i, L_i, TC_i, S_{ai}) \quad (5)$$

โดยที่ WTP = ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนของผู้มาเยือน (บาทต่อครั้ง)

I_i = รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท/เดือน)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

T_i = จำนวนครั้งที่มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (ครั้ง)

M_i = จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่มาในครั้งนี (คน)

L_i = ระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (กิโลเมตร)

TC_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท)

S_{ai} = ความพึงพอใจ (คะแนน)

นำค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนของผู้มาเยือนต่อครั้ง

3.2 หามูลค่าด้านนันทนาการโดยนำค่าเฉลี่ยของความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้มาเยือนต่อครั้ง คูณจำนวนผู้มาเยือนในปี พ.ศ. 2566 ดังสมการ (6)

$$V = WTP \times N \quad (6)$$

โดยที่ V = มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ
ถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (บาท)

WTP = ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้า
อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน เฉลี่ยต่อครั้ง (บาท)

N = จำนวนผู้มาเยือนในปี พ.ศ. 2566 (จำนวน
317,413 คน)

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน

เพศ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ
55.50 และเป็นเพศชายร้อยละ 44.50

อายุ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีช่วงอายุ 30-39 ปี
ร้อยละ 26.25 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 40-49 ปี อายุ 20-29 ปี
อายุ 50-59 ปี น้อยกว่า 20 ปี และ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ
26.00, 24.75, 10.00, 9.75 และ 3.25 ตามลำดับ โดย
ผู้มาเยือนที่มีอายุน้อยที่สุดคือ 15 ปี อายุมากที่สุดคือ 75 ปี
และอายุเฉลี่ย 35.74 ปี แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้มาเยือนส่วนใหญ่
จะอยู่ในวัยทำงาน

อาชีพ พบว่า ผู้มาเยือนประกอบอาชีพข้าราชการ/
พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ มากที่สุด ร้อยละ 38.75 รองลงมา
คือ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว รับจ้างทั่วไป/ฟรีแลนซ์ นักเรียน/
นักศึกษา พนักงานบริษัทเอกชน พ่อบ้าน/แม่บ้าน/ว่างงาน
เกษียณ และ อื่น ๆ ได้แก่ เกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 21.75,
12.50, 11.50, 10.75, 3.00, 1.25 และ 0.50 ตามลำดับ

ศาสนา พบว่า ผู้มาเยือนนับถือศาสนาพุทธมากที่สุด
ร้อยละ 89.75 รองลงมา คือ ศาสนาคริสต์ และศาสนาอิสลาม
คิดเป็นร้อยละ 8.75 และ 1.50 ตามลำดับ ซึ่งผลดังกล่าว
สะท้อนถึงความหลากหลายทางศาสนาของผู้มาเยือน

สถานภาพ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีสถานภาพโสด
ร้อยละ 56.50 รองลงมาคือ สถานภาพสมรส และสถานภาพ
หย่าร้าง/หม้าย/แยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 40.00 และ 3.50
ตามลำดับ

ระดับการศึกษา พบว่า ผู้มาเยือนจบการศึกษาระดับ
ปริญญาตรีมากที่สุด ร้อยละ 50.75 รองลงมาคือ มัธยมศึกษา
ตอนปลาย/ปวช. อนุปริญญา/ปวส. ปริญญาโท มัธยมศึกษาต้น
ประถมศึกษา ปริญญาเอก และไม่ได้รับการศึกษา คิดเป็น
ร้อยละ 17.50, 9.25, 9.25, 8.00, 4.00, 0.75 และ 0.50
ตามลำดับ

รายได้ต่อเดือน พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีช่วงรายได้
10,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 30.00 รองลงมาคือ
รายได้ 15,001-20,000 บาท มากกว่าหรือเท่ากับ 30,000
บาท 5,001-10,000 บาท น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท
25,001-30,000 บาท และ 20,001-30,000 บาท คิดเป็น

ร้อยละ 15.75, 15.75, 14.75, 8.50, 8.50, และ 6.75
ตามลำดับ โดยมีรายได้เฉลี่ย 20,343.56 บาทต่อเดือน

ข้อมูลด้านการนันทนาการ กิจกรรมการท่องเที่ยว และระดับความพึงพอใจ

ประสบการณ์ในการท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือน
ส่วนใหญ่มาท่องเที่ยวเป็นครั้งแรก คิดเป็นร้อยละ 59.50
รองลงมาคือเคยมาแล้ว 2-5 ครั้ง มากกว่า 10 ครั้ง และ 6-9
ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 36.25, 3.25 และ 1.00 ตามลำดับ
โดยจำนวนครั้งของการมาเยี่ยมเยือนน้อยที่สุดคือ 1 ครั้ง
มากที่สุดจำนวน 20 ครั้ง และจำนวนครั้งเฉลี่ยคือ 2.17 ครั้ง

แหล่งข้อมูลที่ทำให้ผู้มาเยือนรู้จักอุทยานแห่งชาติ
ถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ได้แก่ อินเทอร์เน็ต ร้อยละ 58.00
รองลงมาคือ โทรทัศน์/วิทยุ เพื่อน/ครอบครัว/ญาติ สื่อสิ่งพิมพ์/
หนังสือพิมพ์/นิตยสาร การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย อื่น ๆ
(เป็นแหล่งท่องเที่ยวใกล้บ้าน ผู้มาเยือนคือจิตอาสาสร้าง
สถานการณ์กู้ภัยนักฟุตบอล 13 หมูป่า และรู้จักกับนักฟุตบอล
13 หมูป่า) และรู้จักผ่านบริษัทนำเที่ยว คิดเป็นร้อยละ 52.50,
49.75, 21.00, 20.50, 12.50, 3.75 และ 1.00 ตามลำดับ

รูปแบบการท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่
เดินทางมาท่องเที่ยวแบบ มาเช้า-เย็นกลับ ร้อยละ 95.50
พักค้างคืนและกลับมาเที่ยวซ้ำ ร้อยละ 4.50 อาจเป็นเพราะว่า
อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน มีแหล่งท่องเที่ยวที่
น่าสนใจหลายแหล่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียง สามารถเข้าถึงพื้นที่
ได้ง่าย การเดินทางคมนาคมสะดวกทำให้นักท่องเที่ยวนิยมมา
ท่องเที่ยวแบบมาเช้า-เย็นกลับ

กลุ่มของการท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่
เดินทางมาท่องเที่ยวเป็นกลุ่มโดยมีสมาชิก 4-6 คน ร้อยละ
45.00 รองลงมา ได้แก่ กลุ่ม 1-3 คน และกลุ่ม 7 คนขึ้นไป
คิดเป็นร้อยละ 35.25 และ 16.75 ตามลำดับ โดยเดินทางน้อย
ที่สุด 1 คน มากที่สุด 50 คน และเฉลี่ย 4 คน

บุคคลร่วมเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เดินทาง
มาท่องเที่ยวพร้อมกับครอบครัว ร้อยละ 51.25 รองลงมา ได้แก่
กลุ่มเพื่อน มาคนเดียว และสถานศึกษา/หน่วยงาน คิดเป็น
ร้อยละ 36.25, 6.50 และ 6.00 ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ในการเดินทางท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือน
ส่วนใหญ่มาท่องเที่ยวเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 65.50
รองลงมา คือ ตั้งใจมาดูสถานที่เกิดเหตุการณ์กู้ภัย 13 ชีวิตนัก
ฟุตบอลทีมหมูป่า ตั้งใจมาศึกษาธรรมชาติ/ธรณีสัณฐานของถ้ำ
/พรรณไม้/สัตว์ป่า แวะมาเพราะเป็นทางผ่าน เป็นแหล่ง
ท่องเที่ยวใกล้บ้าน ทัศนศึกษา/อบรม/สัมมนา และอื่น ๆ
เช่น พาเพื่อนหรือครอบครัวมาท่องเที่ยว คิดเป็นร้อยละ 55.50,
26.50, 17.00, 16.00, 10.00, และ 1.50 ตามลำดับ แสดงให้

เห็นว่า ผู้มาเยือนมาเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ เนื่องจากเป็นพื้นที่ธรรมชาติที่มีความโดดเด่น สวยงาม มีทัศนียภาพเหมาะแก่การพักผ่อนคลาย

แหล่งท่องเที่ยวที่ผู้มาเยือนเข้าไปเที่ยวชม คือบริเวณถ้ำหลวง ร้อยละ 89.50 รองลงมาได้แก่ ขุนน้ำนางนอน ถ้ำจำลองสภาพภายในถ้ำหลวง อาคารจัดแสดงภาพวาด THE HERO อาคารนิทรรศการ “รวมใจเป็นหนึ่งเดียว” เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติป่าพรุ-ปูดอกข้อแดง ถ้ำพระ ถ้ำพญานาค และถ้ำเสี่ยงผา คิดเป็นร้อยละ 65.25, 62.75, 53.75, 43.50, 25.50, 24.75, 19.00 และ 13.50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ถ้ำหลวงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ผู้มาเยือนให้ความสนใจเข้าไปเที่ยวชมมากที่สุด สอดคล้องกับลักษณะการประกอบกิจกรรมนันทนาการคือการเข้าชมถ้ำ

ลักษณะการประกอบกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือน ส่วนใหญ่คือการเข้าชมถ้ำ ร้อยละ 70.50 รองลงมาได้แก่ การพักผ่อนหย่อนใจ ถ่ายรูป สักการะศาลเจ้าแม่ นางนอน เดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติ และซื้ออาหาร/เครื่องดื่ม/ของที่ระลึก คิดเป็นร้อยละ 70.00, 70.00, 43.00, 36.00 และ 22.00 ตามลำดับ

ระดับความพึงพอใจต่อการท่องเที่ยว ประกอบด้วย ความโดดเด่นและความสวยงามของแหล่งท่องเที่ยว ความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ การให้บริการของเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติ การให้ข้อมูลและการสื่อความหมาย ความเหมาะสมและเพียงพอของสิ่งอำนวยความสะดวก การรักษาความสะอาดของแหล่งท่องเที่ยว การดูแลความปลอดภัย และความเหมาะสมของระยะเวลาในการเปิด-ปิดการให้บริการของอุทยานแห่งชาติ พบว่า ผู้มาเยือนมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 อยู่ในระดับมาก

ข้อมูลด้านการเดินทางและค่าใช้จ่าย

ระยะทางในการเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่พักอาศัยอยู่ห่างจากอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนเป็นระยะทาง 100 กิโลเมตรขึ้นไปจำนวนร้อยละ 34.00 รองลงมาคือ 41-60 กิโลเมตร 61-80 กิโลเมตร 81-100 กิโลเมตร น้อยกว่า 20 กิโลเมตร และ 21-40 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.75, 20.50, 10.75, 8.75 และ 5.25 ตามลำดับ

ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาในการเดินทางมาท่องเที่ยวอยู่ในช่วงระยะเวลา 1-3 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 61.75 รองลงมาคือ ไม่เกิน 1 ชั่วโมง 6 ชั่วโมงขึ้นไป และ 4-6 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 17.50, 12.25 และ 8.50 ตามลำดับ โดยใช้เวลาน้อยที่สุดคือ 5 นาที มากที่สุดคือ 22 ชั่วโมง และมีค่าเฉลี่ยที่ 3 ชั่วโมง

พาหนะในการเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ใช้รถยนต์ส่วนบุคคลในการเดินทางท่องเที่ยวจำนวนร้อยละ

83.75 รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์ รถโดยสาร เช่าเหมารถ รถมอเตอร์ไซด์ รถจักรยาน คิดเป็นร้อยละ 6.75, 3.50, 3.00, 2.00 และ 1.00 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ผู้มาเยือนนิยมเลือกเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล เนื่องจากสะดวกสบาย ความเป็นส่วนตัว และเส้นทางการคมนาคมสามารถเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้ง่าย

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 500 บาท จำนวนร้อยละ 53.75 รองลงมาคือ 501-1,000 บาท มากกว่า 2,000 บาท 1,001-1,500 บาท และ 1,501-2,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22.50, 13.25, 5.50 และ 5.00 ตามลำดับ โดยมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ย 1,180.29 บาท

ความเต็มใจในการจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ยินดีที่จะจ่ายจำนวนร้อยละ 90.25 โดยส่วนใหญ่ยินดีที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเป็นเงินจำนวน 11-20 บาท คิดเป็นร้อยละ 31.25 รองลงมาคือ 41-50 บาท 21-30 บาท มากกว่า 50 บาท 31-40 บาท และ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 บาท คิดเป็นร้อยละ 22.00, 14.50, 9.00, 8.25 และ 5.25 ตามลำดับ จำนวนผู้มาเยือนที่ไม่ยินดีที่จะจ่าย ร้อยละ 9.75 โดยให้เหตุผลว่า อุทยานแห่งชาติเป็นสถานที่ท่องเที่ยวของทางราชการไม่ควรเก็บค่าธรรมเนียม ทั้งนี้ ผู้มาเยือนมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเฉลี่ย 34.67 บาท

มูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล

การนำข้อมูลปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการท่องเที่ยวมาวิเคราะห์ในรูปสมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อจำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนของผู้มาเยือน (V_i) ได้แก่ ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (E_i) อายุ (A_i) และค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว (TC_i) (Table 1) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jaemkrajang (2018) กรณีการศึกษามูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี โดยวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล โดยปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยว คือ จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา อายุ และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และผลการศึกษาของ La-onkham (2003) กรณีการศึกษามูลค่านันทนาการของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าผาแต้ม จังหวัดพิบูลย์โลก พบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการมาท่องเที่ยว คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

Table 1 Coefficients for regression equation with number of visits and the independent variable

Independent variable	Coefficient	t-Value	p-Value
Constant	6.12050	10.03825	0.00000***
E_i	-0.20041	-5.46888	0.00000***
A_i	-0.02107	-2.19030	0.02909***
TC_i	-0.00028	-4.37017	0.00001***
F = 21.98484 p-value = 0.00000*** $R^2 = 0.14277$ Adj. $R^2 = 0.13628$			

Remark: *** = Significant at test level of 0.01

R^2 = Coefficient of multiple determination; Adj. = Adjusted

จาก Table 1 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ได้ดังสมการที่ (7)

$$V = 6.12050 - 0.20041E_i - 0.02107A_i - 0.00028TC_i \quad (7)$$

จาก Table 1 พบว่า ค่า F มีค่าเท่ากับ 21.98494 โดยที่ p -value < 0.01 คือมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) มีค่า 0.14277 หมายความว่า ตัวแปรอิสระดังกล่าว สามารถอธิบายความสำคัญของจำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนได้ ร้อยละ 14.277 และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามสามารถอธิบายได้ดังนี้

ระดับการศึกษาของผู้มาเยือนที่ i (E_i) มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ -0.20041 หมายความว่า หากผู้มาเยือนมีระดับการศึกษาเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.20041 ครั้ง

อายุของผู้มาเยือนที่ i (A_i) มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ -0.02107 หมายความว่า หากผู้มาเยือนมีอายุเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.02107 ครั้ง

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวของผู้มาเยือนที่ i (TC_i) มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับจำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.00028 หมายความว่า หากผู้มาเยือนมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จะทำให้จำนวนครั้งในการมาท่องเที่ยวลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.00028 ครั้ง

คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (choke price) ของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของข้อมูล จะได้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวสูงสุดของบุคคลที่ i ($TC_{i(max)}$) เท่ากับ 5,193.13 บาท

คำนวณจำนวนค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยแทนค่าระดับการศึกษาของบุคคลที่ i (E_i) ด้วยระดับการศึกษาเฉลี่ย เท่ากับ 14.29 ปี และแทนค่าอายุของบุคคลที่ i (A_i) ด้วยอายุเฉลี่ย เท่ากับ 35.74 ปี ในสมการที่ (7) จะได้สมการที่ (8) ดังนี้

$$V_i = 2.50400 - 0.00028TC_i \quad (8)$$

แทนค่าด้วยค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว (TC_i) ด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยของบุคคลที่ i เท่ากับ 1,180.29 บาทจะได้อัตราในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน เท่ากับ 2.17 ครั้งต่อปี

คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภค (CS) โดยการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ด้วยวิธีปริพันธ์ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ยของผู้มาเยือน ($\overline{TC}$) ถึงค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด ($TC_{i(max)}$) แทนค่าในสมการที่ (2) จะได้สมการที่ (9)

$$CS_i = \int_{1,180.29}^{5,193.13} f(2.504 - 0.00028TC_i) dTC_i \quad (9)$$

ส่วนเกินผู้ของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน มีค่าเท่ากับ 6,467.58 บาทต่อคนต่อปี จากนั้นคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) โดยแทนค่าตามสมการที่ (3) ได้ดังสมการที่ (10)

$$ACS = 6,467.58/2.17 \quad (10)$$

จะได้ส่วนเกินผู้บริโภคที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) เท่ากับ 2,980.45 บาทต่อครั้ง นำมาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมดของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยการนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคเฉลี่ยต่อครั้ง คูณด้วยจำนวนผู้มาเยือนในปี พ.ศ. 2566

จำนวน 317,413 คน จะได้มูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล เท่ากับ 946,033,575.85 บาท

มูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย

การนำปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายมาวิเคราะห์ โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเต็มใจที่จะจ่าย ได้แก่ ระดับความพึงพอใจ (Sa_i) และอายุ (A_i) รายละเอียดดัง Table 2 จาก Table 2 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ได้ดังสมการที่ (11)

$$WTP = -17.10247 + 9.60168Sa_i + 0.35307A_i \quad (11)$$

เมื่อพิจารณา Table 2 พบว่า ค่า F มีค่าเท่ากับ 14.25493 โดยที่ p -value < 0.01 คือนี้นัยสำคัญทางสถิติ

แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) มีค่า 0.067 หมายความว่า ตัวแปรอิสระดังกล่าวสามารถอธิบายความสำคัญความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนของได้ ร้อยละ 6.70 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามสามารถอธิบายได้ดังนี้

ระดับความพึงพอใจของผู้มาเยือนที่ i (Sa_i) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเต็มใจที่จะจ่าย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 9.60168 กล่าวคือ เมื่อระดับความพึงพอใจของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 หน่วย จะทำให้มีค่าความเต็มใจที่จะจ่ายเพิ่มขึ้นหรือลดลง 9.60168 บาท

อายุของผู้มาเยือนที่ i (A_i) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเต็มใจที่จะจ่าย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.35307 กล่าวคือ เมื่ออายุของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้ความเต็มใจที่จะจ่ายเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.35307 บาท

Table 2 Coefficients for regression equation for relationship between willingness to pay and independent variable

Independent variable	Coefficient	t	p-value
Constant	-17.10247	-1.69346	0.09115*
Sa_i	9.60168	4.32156	0.00002***
A_i	0.35307	3.45850	0.00060***
F = 14.25493		p -value = 0.00000***	$R^2 = 0.06700$
			Adj. $R^2 = 0.06230$

Remark: * = Significant at test level of 0.10

*** = Significant at test level of 0.01

R^2 = Coefficient of multiple determination; Adj. = Adjusted

การหาค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายโดยนำค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยของผู้มาเยือน เท่ากับ 4.08 และอายุของผู้มาเยือน เท่ากับ 35.74 แทนค่าในสมการที่ (11) ได้ดังสมการที่ (12) ดังนี้

$$WTP = -17.10247 + 9.60168(4.08) + 0.35307(35.74) \quad (12)$$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่าย มีค่าเท่ากับ 34.69 บาทต่อครั้ง จากนั้นคำนวณมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยการนำค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) คูณจำนวนเฉลี่ยของผู้มาเยือนอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 317,413 คน นำมาแทนค่าในสมการที่ (6) ได้ดังนี้

$$V = 34.69 \times 317,413 \quad (13)$$

ดังนั้น มูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม มีค่าเท่ากับ 11,011,056.97 บาท

จากการศึกษาเห็นได้ว่า การประเมินมูลค่าด้านนันทนาการด้วยวิธีอ้อมค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล มีค่าสูงกว่าการประเมินมูลค่านันทนาการด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายค่อนข้างมาก ทั้งนี้ เหตุการณ์ประวัติศาสตร์การกักขัง 13 นักฟุตบอลทีมชาติไทย เมื่อปี พ.ศ. 2561 ซึ่งส่งผลให้อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนเป็นที่รู้จักและได้รับความสนใจจากคนทั่วประเทศ กลายเป็นสิ่งดึงดูดให้นักท่องเที่ยวจากต่างจังหวัดเดินทางมาท่องเที่ยวจำนวนมาก ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางค่อนข้างมาก และด้วยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคลเป็นการหามูลค่า

นันทนาการจากค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวของแต่ละบุคคลที่เป็นพฤติกรรมจริง มูลค่าด้านนันทนาการจึงมีมูลค่าสูงกว่าวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม เนื่องจากพฤติกรรมของบุคคลเมื่อมีการให้ประมาณค่า กรณีหากจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเข้ารับบริการ ผู้ตอบมักจะให้ค่าต่ำเสมอ (Wechvitan *et al.*, 2023)

ผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Kaewmora *et al.* (2023) กรณีการศึกษามูลค่าด้านนันทนาการของวนอุทยานเขานางพันธุรัต โดยมูลค่าที่ได้จากวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคลเท่ากับ 70,742,501.20 บาทต่อปี และมูลค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย เท่ากับ 1,071,951.90 บาทต่อปี และการศึกษาของ Wechvitan *et al.* (2023) กรณีการศึกษามูลค่าด้านนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สกุโณทยาน โดยมูลค่าที่ได้จากวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคลเท่ากับ 11,658,634.90 บาทต่อปี และมูลค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย เท่ากับ 1,188,832.08 บาทต่อปี จะเห็นได้ว่าวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางจะมีมูลค่าสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย อย่างไรก็ตามการสอบถามเกี่ยวกับความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเป็นความคิดเห็นของบุคคล และเป็นเพียงค่าใช้จ่ายบางส่วนของการเดินทางมาท่องเที่ยวเท่านั้น ประกอบกับประชาชนอาจยังตระหนักยังไม่มากพอต่อมูลค่าการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้ประโยชน์

สรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน พบว่าผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 35 ปี ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ มีสถานภาพโสด จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพข้าราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ มีรายได้เฉลี่ย 20,343.56 บาทต่อเดือน ผู้มาเยือนรู้จักอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนผ่านทางอินเทอร์เน็ต ส่วนใหญ่เดินทางมาท่องเที่ยวเป็นครั้งแรก มีรูปแบบการเดินทางมาท่องเที่ยวแบบมาเช้า-เย็นกลับ เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล ส่วนใหญ่มาเป็นกลุ่มโดยมีจำนวนสมาชิกเฉลี่ย 4 คนต่อกลุ่ม วัตถุประสงค์ในการเดินทางมาท่องเที่ยวส่วนใหญ่เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ โดยสถานที่ที่ผู้มาเยือนเข้าไปเยี่ยมชมมากที่สุด คือ ถ้ำหลวง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการมาประกอบกิจกรรมส่วนใหญ่ คือ การเข้าชมถ้ำ ผู้มาเยือนมีระดับความพึงพอใจในการมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.08$) โดยมีความต้องการกลับมาท่องเที่ยวอีก มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางท่องเที่ยวเฉลี่ย 1,180.29 บาท และมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม 34.67 บาท

การประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน โดยวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน คือ ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวของผู้มาเยือน และอายุของผู้มาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) เท่ากับ 0.14277 มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้วิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล มีค่าเท่ากับ 946,033,575.85 บาท

การประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอนด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจที่จะจ่าย คือ ระดับความพึงพอใจของผู้มาเยือน และอายุของผู้มาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) เท่ากับ 0.067 มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน ในปี พ.ศ. 2566 ด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติ มีค่าเท่ากับ 11,011,056.97 บาท

จากผลการศึกษา มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. มูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน พิจารณาเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับด้านนันทนาการเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้รวมมูลค่าด้านอื่น ๆ เช่น คุณค่าในการเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ คุณค่าการเป็นแหล่งต้นน้ำ คุณค่าการเป็นแหล่งสำหรับใช้ประโยชน์จากป่าไม้เพื่อการดำรงชีพ เป็นต้น ดังนั้น หากต้องการทราบถึงมูลค่าทั้งหมดของอุทยานแห่งชาติอาจต้องศึกษามูลค่าด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย

2. การประเมินมูลค่าด้วยมูลค่านันทนาการด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน สามารถนำไปประกอบการพิจารณากำหนดค่าธรรมเนียมเข้าอุทยานแห่งชาติได้อย่างเหมาะสม โดยความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม มีค่า 34.69 บาท ทั้งนี้ ควรศึกษาเกี่ยวกับความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมของผู้มาเยือนชาวต่างชาติเพิ่มเติม

3. มูลค่าด้านนันทนาการที่ได้จากการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงงบประมาณที่เหมาะสมที่หน่วยงานภาครัฐควรจัดสรรให้แก่อุทยานแห่งชาติ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการ ดูแล และพัฒนาพื้นที่ให้มีศักยภาพ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้มาเยือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประกอบการจัดทำแผนพัฒนาการบริหารจัดการอุทยานแห่งชาติ เพื่อการบริหารจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสม

4. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สามารถนำมาใช้เพื่อวางแผนการบริหารจัดการพื้นที่ให้เหมาะสมต่อบริบทพื้นที่และพฤติกรรมนันทนาการของผู้มาเยือน เช่น จัดรูปแบบกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเชื่อมโยงแหล่งนันทนาการใกล้เคียงเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวให้กลับมาเที่ยวซ้ำ เพิ่มความน่าสนใจให้แก่ผู้มาเยือน ตลอดจนเป็นการเพิ่มและกระจายรายได้ให้แก่แหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ใกล้เคียง

REFERENCES

- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2019. **Tourism Statistics 2019**. <http://webreg.dnp.go.th/park/index3.php?Submit=1&task=Report19v2&YYYY=2562&type=all&Page=7>, 16 March 2023. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. n.d. **Tham Luang-Khun Nam Nang Non National Park**. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=11653>, 20 July 2023. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2024. **Statistics Report of Service fee, Tourism and Vehicle**. <http://webreg.dnp.go.th/park/index3.php?task=Report31>, 1 March 2024. (in Thai)
- Ellis, M. 2023. **Longest Cave in Thailand**. <http://www.thailandcaves.shepton.org.uk/longest-caves>, 20 July 2023.
- Isvilanonda, S. 1997. **Economics of Natural Resource and Environment: Principles and Theories**, 2nd ed. Faculty of Economic. Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Jaemkrajang, A. 2018. **Recreational Values of Khao Khitchakut National Park, Chanthaburi Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kaewmora, J., Suksard, S., Pattaratuma, A., Sriarkarin, S. 2023. Recreational value of the Khao Nang Phanthurat forest park, Phetchaburi province. **Thai Journal of Forestry**, 42(1): 46–57. (in Thai)
- La-ongkham, J. 2003. **An Evaluation of Recreation Value of Tham Pha Tha Phon Non-Hunting area, Noen-Maprang District, Phitsanulok Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Parks Division. n.d. **The Rescue Knowledge of 13 Wild Boars Football Academy in Tham Luang Khun Nam Nang Non National Park**. Protected Area Regional Office 15. Chiang Rai, Thailand. (in Thai)
- Pornpinetpong, K. 2005. Economic valuation of recreation site: single site model case. **Thai Journal of Public Administration**, 3(2): 13–32. (in Thai)
- Suksard, S. 2003. **Forest Valuation**. Department of Forest Management Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Suksard, S. 2009. Valuation of forest resources. **Journal of Forest Management**, 3(6): 122–133. (in Thai)
- Thailand Development Research Institute. 2000. **Environmental Impact Assessment Development Study Guide in Economics Environment**. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thaweerat, P. 2000. **Behavioral and Social Science Research Methods**, 8th ed. Chulalongkorn Wittayalai. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wechvitan, S., Suksard, S., Pisuttipiched, S. 2023. Recreational value of Sakunothayan Botanical Garden, Phitsanulok province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2): 1–12. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis**, 3rd ed. Harper International Edition, Tokyo.

ความหลากหลายของแมลงผิวดินในพื้นที่ปลูกป่าฟื้นฟูบนพื้นที่สูง
บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

Ground-Dwelling Insect Diversity in Highland Reforestation
at Angkhang Royal Agricultural Station, Chaing Mai Province, Thailand

สุรศักดิ์ มะเดื่อทอง^{1,2}, วัฒนชัย ตาเสน^{1*}, สุธีร์ ดวงใจ¹ และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์¹
Surasak Maduatong^{1,2}, Wattanachai Tasen^{1*}, Sutee Duangjai¹ and Sapit Diloksumpun¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เชียงใหม่ 50100

²Protected Area Regional Office 16 (Chiang Mai), Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Chiang Mai 50100

*Corresponding Author; E-mail: fforwct@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 6 มิถุนายน 2567

Received: 6 June 2024

รับแก้ไข 13 กันยายน 2567

Revised: 13 September 2024

รับลงพิมพ์ 18 กันยายน 2567

Accepted: 18 September 2024

ABSTRACT

Ground-dwelling insect diversity assemblages were studied in the highland reforestation project of the Royal Project Foundation at the Angkhang Royal Agricultural Station, Chiang Mai province, Thailand. The study sites were classified into 3 types: 1) natural regeneration; 2) exotic mixed; and 3) exotic mixed native. During August 2019 to June 2020, ground dwelling insects were surveyed using pitfall traps and Winkler extractors. In total, 235 species, 74 families and 14 orders were identified, with the greatest number species in the order Coleoptera, followed by the Hymenoptera and Hemiptera (81, 75 and 24 species, respectively). The natural regeneration stand (3.92) had a higher Shannon's diversity index than the exotic mixed stand (3.82) and the exotic mixed native stand (3.33), respectively. Based on the results of the cluster analysis, the reforestation, natural regeneration and exotic mixed native stands were classified in the same group, indicating that the pattern of reforestation influenced the recovery of the ground-dwelling insects.

Keywords: Reforestation; Highland; Ground-dwelling insect; Insect

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงผิวดินในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาในพื้นที่โครงการปลูกป่าบนพื้นที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวง บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้แบ่งรูปแบบการปลูกป่าพื้นฟูบนพื้นที่สูงออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ ป่าฟื้นตัวตามธรรมชาติ การปลูกพื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น และการปลูกพื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง การสำรวจแมลงผิวดินใช้วิธีวางกับดักหลุม และกับดักถุงผ้า ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ผลการศึกษาพบแมลงผิวดินทั้งสิ้น 235 ชนิด 74 วงศ์ 14 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Coleoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุด รองลงมาเป็นอันดับ Hymenoptera และ Hemiptera จำนวน 81, 75 และ 24 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบการพื้นฟูในพื้นที่ป่าฟื้นตัวตามธรรมชาติพบค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดมากที่สุด (3.92) รองลงมาเป็นพื้นที่การปลูกป่าพื้นฟูไม้ต่างถิ่นผสมไม้พื้นเมือง (3.82) และพื้นที่การปลูกป่าพื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น (3.33) ตามลำดับ เมื่อนำมาจัดกลุ่มของแมลงผิวดิน ในพื้นที่ปลูกป่าพื้นฟูแต่ละรูปแบบพบว่าแมลงผิวดินในพื้นที่ป่าฟื้นตัวตามธรรมชาติ และพื้นที่การปลูกพื้นฟูไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมืองถูกจัดอยู่กลุ่มเดียวกัน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของการพื้นฟูป่ามีผลต่อการกลับคืนของแมลงผิวดิน

คำสำคัญ: การปลูกป่า พื้นที่สูง แมลงผิวดิน แมลง

คำนำ

การอาศัยอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตมากมายหลากหลายชนิดหรือสายพันธุ์ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งบนโลก จัดเป็นความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) มีทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายชนิด และความหลากหลายของระบบนิเวศ (Iberdrola, 2022) ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะ และมีความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหรือภายในชนิดเดียวกันมีการเชื่อมโยงกันในแต่ละระบบนิเวศของสังคมในพื้นที่นั้น ๆ (Marod, 2009; Sakchuwong *et al.*, 2014) บทบาทของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ได้แก่ ผู้บริโภคปฐมภูมิ (primary consumer) ผู้บริโภคทุติยภูมิ (secondary consumer) และผู้ย่อยสลาย (decomposer) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ย่อยสลายซากของสิ่งมีชีวิตที่ตายหรือเน่าเปื่อยแล้ว (Kutintara, 1998) ซึ่งแมลงมีหลายบทบาทหน้าที่แตกต่างกัน โดยแมลงป่าไม่มีความหมายรวมถึง แมลงทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในป่าในทุกสภาพ ทุกพื้นที่ของป่า ความสำคัญมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง ลักษณะพื้นที่ และพืชพันธุ์ในป่านั้น (Hutacharern, 1990) แมลงแต่ละชนิดมีการปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแหล่งที่อยู่อาศัยในแต่ละพื้นที่ ซึ่งลักษณะของพื้นที่อาจมีทั้งพื้นที่ราบระดับต่ำและพื้นที่สูง ในส่วนของแมลงผิวดินมีบทบาทที่เชื่อมโยงกับคุณภาพของดินในแต่ละพื้นที่ และกิจกรรมของแมลงผิวดินหลายชนิดช่วยรักษาโครงสร้างของดิน เนื่องจากการย่อยสลายสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน เพื่อเป็นอาหาร เช่น มดบางชนิดที่อาศัยในดิน ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน หมุนเวียนธาตุอาหารต่าง ๆ ลงสู่ดิน (Buamas and Wiwatwittaya, 2005) การใช้แมลงในดินและแมลงผิวดินเป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์หรือการกลับคืนมาของสภาพป่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญ (Wiwatwittaya and Takeda, 2005; Seekhiew *et al.*, 2020) ถือได้ว่าแมลงผิวดินเป็นดัชนีชี้วัดถึงความเสียหายต่อระบบนิเวศทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

กิจกรรมการปลูกป่าหรือการพื้นฟูป่า หมายถึงการพัฒนาพื้นที่ป่าที่มีความเสื่อมโทรมหรือแปรเปลี่ยนสภาพไป ให้เกิดชนิดของพืชป่าที่มีลักษณะเหมือนกับสภาพป่าดั้งเดิม สามารถทำได้โดยการปลูก การโปรยเมล็ดพันธุ์ รวมถึงการช่วยให้ชนิดพันธุ์สืบพันธุ์ในธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น (Nooyim, 2004) เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของแมลง (Wiwatwittaya, 1991) จึงเป็นส่วนสำคัญในการฟื้นฟูสภาพป่าให้กลับคืนสมบูรณ์โดยเร็วมากยิ่งขึ้น เกิดประโยชน์ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การศึกษาค้นคว้าวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบแมลงผิวดินในพื้นที่ปลูกป่าพื้นฟูบนพื้นที่สูงบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ตัวอย่างของการพัฒนาการปลูกป่าบนพื้นที่สูงของภาคเหนือที่สำคัญ โดยได้เริ่มโครงการปลูกป่าบนพื้นที่สูงในนามป่าไม้ได้หวั่น โดยได้รับความร่วมมือจากคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และประเทศสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) ภายใต้การสนับสนุนของมูลนิธิโครงการหลวง และในปี พ.ศ.2525 ได้ดำเนินการปลูกป่า คัดเลือกชนิดไม้ และทดลองรูปแบบการฟื้นฟูป่าให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่ รวมถึงส่งเสริมสาธิตการปลูก และพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม้ต่างถิ่นที่นำเข้ามาปลูกด้วย (Thaiutsa, 2003) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบถึงผลจากการปลูกป่าที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงผิวดินในพื้นที่ โดยข้อมูลนี้จะเป็แนวทางในการจัดการทรัพยากรป่าไม้บนพื้นที่สูง รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านการเปลี่ยนแปลงแทนที่ (ecological succession) ในการปรับรูปแบบการฟื้นฟูป่ากลับคืนสู่ระบบนิเวศตามธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เป็นสถานีวิจัยแห่งแรกของโครงการหลวง ตั้งอยู่บนดอยอ่างขาง ทิวเขาแดนลาว

อยู่ในเขตหมู่บ้านคุ้ม ตำบลแม่ฮ่องสอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,400 เมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,989 ไร่ ตั้งอยู่ประมาณละติจูดที่ $19^{\circ}50'$ ถึง $19^{\circ}57'$ เหนือ และลองจิจูดที่ $99^{\circ}01'$ ถึง $99^{\circ}03'$ ตะวันออก ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้มีการเลือกพื้นที่ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่ป่าพื้นต้นตามธรรมชาติ พื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง เช่น นางพญาเสือโคร่ง (*Prunus cerasoides*) มะแขว่น (*Zanthoxylum rhetsa*) และอบเชย (*Cinnamomum iners*) เป็นต้น และพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น เช่น กระถินดอย จันทน์ทองเทศ เมเปิ้ลหอม การบูร และสนหนาม เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกพื้นที่ที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่ป่าพื้นต้นตามธรรมชาติ พื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง และพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น โดยใช้การเก็บตัวอย่าง 2 วิธีการ คือกับดักหลุม (pitfall-trap) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับศึกษากลุ่มแมลงที่มีพฤติกรรมหากินและอาศัยตามผิวดินได้ดี (Gordh and Headrick, 2001) โดยใช้แก้วพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร ขุดหลุมฝังให้ขอบถ้วยอยู่ในระดับผิวดิน และรินสารละลายแอลกอฮอล์ 95% น้ำ และน้ำยาล้างจาน (อัตรา 50:45:5) ลงไปในถ้วยประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรถ้วย วางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (Seekhiew *et al.*, 2020) แต่ละพื้นที่วางกับดักด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายกระจายทั่วพื้นที่จำนวน 20 จุด แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร และกับดักถุงผ้า (Winkler extractor) ขนาด 19 เซนติเมตร $\times$ 23 เซนติเมตร เป็นชุดกับดักที่ใช้สำหรับศึกษาแมลงที่อาศัยและหาอาหารตามผิวดิน หน้าดินและตามเศษซากพืชซากสัตว์ (Forest and Plant Conservation Research Office, 2016; Tasen, 2019) โดยทำการวางแปลงย่อยในแต่ละพื้นที่ขนาด 50 เซนติเมตร $\times$ 50 เซนติเมตร จำนวน 10 แปลงย่อย เก็บเศษใบไม้ ซากพืชและผิวดินลึก 3–5 เซนติเมตร ใส่ถุงผ้าดิบจากแปลงตัวอย่าง นำมาร่อนใส่ถุงตาข่าย และ แขนงไว้ในชุดกับดักถุงผ้าเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำแมลงที่ได้จากกับดักทั้งสองชนิดใส่ขวดบรรจุแอลกอฮอล์ 70% เพื่อนำมาจัดจำแนกความแตกต่างทางลักษณะสัณฐานภายนอก (morphospecies) ในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการเก็บ

ตัวอย่าง ในแต่ละประเภทพื้นที่ทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 โดยใช้การสำรวจในแปลงเดิมทุกครั้งที่สำคัญ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโครงสร้างทางสังคมแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon–Wiener index, H') ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness index) (Ludwig and Reynolds, 1988) และค่าดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index) (Sorensen, 1948) เปรียบเทียบชนิดแมลงที่พบเพื่อนำมาจัดกลุ่มชนิด (cluster analysis) โดยใช้ดัชนีความคล้ายคลึงของ Sorensen จัดกลุ่มโดยใช้วิธี Sorensen Distance

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดของแมลงผิวดิน

จากผลการศึกษาพบแมลงผิวดินจำนวน 235 ชนิด 74 วงศ์ 14 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Coleoptera (กลุ่มด้วง) พบจำนวนชนิดมากที่สุด จำนวน 81 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 34.47 ของชนิดแมลงที่พบทั้งหมด รองลงมาได้แก่อันดับ Hymenoptera (กลุ่มมด) และอันดับ Hemiptera (กลุ่มมวน และเพลี้ย) จำนวน 74 และ 24 ชนิด ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 31.91 และ 10.21 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด ตามลำดับ ในด้านจำนวนตัวของแมลงที่พบในพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 5,251 ตัวพบว่าแมลงในอันดับ Hymenoptera มีจำนวนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.36 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด รองลงมาได้แก่อันดับ Collembola และ Coleoptera คิดเป็นร้อยละ 21.33 และ 12.28 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนแมลงในอันดับ Embioptera พบว่ามีจำนวนตัวน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด (Table 1) จากผลการศึกษาจะเห็นว่าพวกด้วงในอันดับ Coleoptera มีความหลากหลายของชนิดสูงที่สุดในพื้นที่ศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seekhiew *et al.* (2020) ที่พบจำนวนชนิดของด้วงในพื้นที่ป่าทุ่งหญ้าจังหวัดสระบุรี ซึ่งพวกด้วงเป็นอันดับที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดในบรรดาชนิดแมลงทั้งหมด สำหรับจำนวนตัวเป็นพวกมดวงศ์ Formicidae ในอันดับ Hymenoptera ที่พบจำนวนมากที่สุด อาจเนื่องจากมดเป็นแมลงสังคมมักพบอยู่อาศัยเป็นกลุ่มใหญ่ (Jaitrong, 2011) ซึ่งมดหลายชนิดสามารถอาศัยและปรับตัวได้ทั้งในพื้นที่ที่เปียกและเปิดโล่งได้ดี (Wiwatwitaya, 1991; Seekhiew *et al.*, 2020)

Table 1 Number of ground-dwelling insects by taxonomic order at Angkhang Royal Agricultural Station, Chiang Mai province, Thailand

No.	Order	Number of species			Total species	% Individuals
		Exotic stand	Exotic mixed native stand	Natural stand		
1	Archaeognatha	1	1	1	1	0.34
2	Blattodea	5	6	6	10	0.86
3	Coleoptera	40	47	57	82	12.28
4	Collembola	2	2	2	2	21.33
5	Dermaptera	–	–	1	1	0.06
6	Diptera	19	15	15	22	10.63
7	Embioptera	1	–	–	1	0.02
8	Hemiptera	14	9	15	24	1.60
9	Hymenoptera	51	48	61	74	43.36
10	Isoptera	1	1	1	1	0.11
11	Orthoptera	8	11	8	12	5.48
12	Phasmatodea	1	–	1	2	0.04
13	Psocoptera	1	1	1	1	0.91
14	Thysanoptera	2	2	2	2	2.97
Total		146	143	171	235	100

จากข้อมูลทั้งหมดนำมาเปรียบเทียบพื้นที่ในแต่ละรูปแบบการปลูกป่าฟื้นฟู พบว่าแมลงผิวดินในพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติมีจำนวนชนิดมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น และพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง จำนวน 171, 146 และ 143 ชนิดตามลำดับ ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดโดยใช้สูตรของ Shannon's diversity index พบว่าในบริเวณป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดมากที่สุดเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 3.92 รองลงมาคือในพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นผสมไม้พื้นเมือง มีค่าเท่ากับ 3.82 ส่วนในพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดน้อยที่สุดเท่ากับ 3.33 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบความหลากหลายทางชนิดในแต่ละพื้นที่ พบว่า พื้นที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าแม้มีลักษณะของรูปแบบการปลูกฟื้นฟูแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน แต่ยังมีปัจจัยแวดล้อมบางปัจจัยมีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากพบว่าเป็นพื้นที่ที่มีการฟื้นฟูปานานมากกว่า 40 ปี ซึ่งสถานีเกษตรหลวงอ่างขางได้ดำเนินการโครงการปลูกป่าบนพื้นที่สูงมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 มีการนำไม้ต่างถิ่นหลายชนิดมาทดลองปลูก (Thaiutsa, 2003; Kongram, 2019) ซึ่งหลังจากนั้น Wiwatwitaya (2003) ได้ศึกษาแมลงในแปลงปลูกไม้ต่างถิ่นในพื้นที่ดังกล่าวพบว่ามีความหนาแน่นของแมลงในดินเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่

ในระดับที่ต่ำ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Janbooppa *et al.* (2023) ที่พบโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินที่พบในพื้นที่การปลูกไม้ในรูปแบบสวนป่าและป่าธรรมชาติบริเวณสวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้วมีความหลากหลายทางชนิดไม่แตกต่างกันเช่นกัน ทั้งนี้ Zhao and Liu (2013) ยังได้พบว่าการปลูกเพื่อเลียนแบบป่าธรรมชาตินั้นมีผลต่อความหลากหลายของโครงสร้างของสังคมแมลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากการที่มีพืชคลุมดินเพิ่มมากขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและการดำรงชีวิตของแมลงมากขึ้น (Wiwatwitaya, 1996)

การปรากฏและการจัดกลุ่มของแมลงผิวดิน

จากการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งระดับการปรากฏของชนิดแมลงผิวดินโดยใช้ค่าร้อยละการปรากฏในพื้นที่ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่พบน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 50) กลุ่มที่พบบานกลาง (ร้อยละ 50–75) และกลุ่มที่พบบ่อย (มากกว่าร้อยละ 75) โดยแมลงผิวดินส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่พบน้อยมีจำนวนถึง 154 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 65.53 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด ชนิดแมลงที่สามารถพบมากที่สุดในกลุ่มนี้ได้แก่ ตัวงักกระดก (Staphylinidae unknown sp.15) รองลงมาคือ ตัวงักผลไม้ (Nitidulidae unknown sp.1) ในอันดับ Coleoptera กลุ่มแมลงผิวดินที่พบบานกลางมีจำนวน 33 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 14.04 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด โดยมีชนิดที่สามารถพบมากที่สุดในกลุ่มนี้ได้แก่

แมลงวันบ้าน (Muscidae unknown sp.1) ในอันดับ Diptera รองลงมาคือ มดมัน (Carebara castanea) ในอันดับ Hymenoptera ส่วนกลุ่มแมลงผิวหนังที่พบบ่อยมีจำนวน 33 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 14.04 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด โดยมีแมลงผิวหนังที่สามารถพบมากที่สุดในกลุ่มนี้ ได้แก่ แมลงหางดีด (Paronellidae unknown sp.1) ในอันดับ Collembola รองลงมาคือ มด (*Brachyponera chinensis*) ในอันดับ Hymenoptera ซึ่งกลุ่มแมลงที่พบได้บ่อยหรือทั่วไป มีหลายชนิดในกลุ่มนี้ ที่ส่วนใหญ่เป็นพวกมดในวงศ์ Formicidae สอดคล้องกับผลการศึกษาของหลายรายงานวิจัยที่พบว่าพวกมดสามารถพบกระจายได้หลายพื้นที่ของกลุ่มแมลงผิวหนัง (Wiwatwitaya, 1996, Seekhiew *et al.*, 2020; Janbooppa *et al.*, 2023)

เมื่อพิจารณาข้อมูลของแมลงผิวหนังในแต่ละเดือนพบว่า ในเดือนมิถุนายนพบจำนวนชนิดมากที่สุด 138 ชนิด รองลงมาคือเดือนธันวาคม พบจำนวนชนิด 109 ชนิด ถัดมาได้แก่เดือนตุลาคม พบจำนวนชนิด 97 ชนิด เดือนที่พบจำนวนชนิดน้อยที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์พบเพียง 83 ชนิด ในด้านของจำนวนตัวของชนิดแมลงที่พบในแต่ละเดือนนั้น พบว่าในเดือนมิถุนายนพบจำนวนตัวของแมลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.90 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด (Figure 1) ส่วนเดือนที่พบจำนวนตัวของแมลงน้อยที่สุดคือเดือนกุมภาพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 12.19 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ของแต่ละเดือนพบว่า จำนวนชนิดของแมลงในช่วงเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วง

ต้นฤดูฝนมีแนวโน้มมากที่สุดในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับ Janbooppa *et al.* (2023) ที่พบว่าในฤดูฝนมีค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่าฤดูแล้ง อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าฤดูกาลมีผลต่อความหลากหลายของแมลงผิวหนังในแต่ละพื้นที่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Seekhiew *et al.* (2020) ที่พบว่าในช่วงฤดูฝน ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดจะสูงกว่าฤดูแล้งเนื่องจากแมลงบางกลุ่มต้องการถิ่นอาศัยที่มีความชื้นเพียงพอและเหมาะสม ทั้งช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน จึงทำให้พบแมลงแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Sangnummon *et al.*, 2021) แสดงให้เห็นว่าความชื้นและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล มีผลต่อการดำเนินกิจกรรมและการย้ายที่อยู่อาศัยของแมลงผิวหนัง โดยในบริเวณพื้นที่ป่าพื้นตัวตามธรรมชาติ มีจำนวนชนิดแมลงมากที่สุด คือ 90 ชนิด รองมาเป็นพื้นที่การปลูกพืชไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง พบจำนวน 70 ชนิด พื้นที่ที่พบจำนวนชนิดน้อยที่สุดคือพื้นที่การปลูกพืชแบบผสมไม้ต่างถิ่น พบจำนวน 68 ชนิด (Figure 2) จะเห็นว่าพื้นที่ป่าพื้นตัวตามธรรมชาติ มีจำนวนชนิดของแมลงมากกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากเป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิมที่มีการพื้นตัวตามธรรมชาติถูกกันพื้นที่เป็นป่าอนุรักษ์มานานหลายปี ทำให้มีสภาพพื้นที่คล้ายป่าธรรมชาติในระดับหนึ่ง เป็นผลให้มีความหลากหลายของพรรณพืชมากกว่าพื้นที่อื่น (Kongram, 2019) ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตทั้งเป็นแหล่งอาหาร และที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมของแมลงหลายชนิดได้

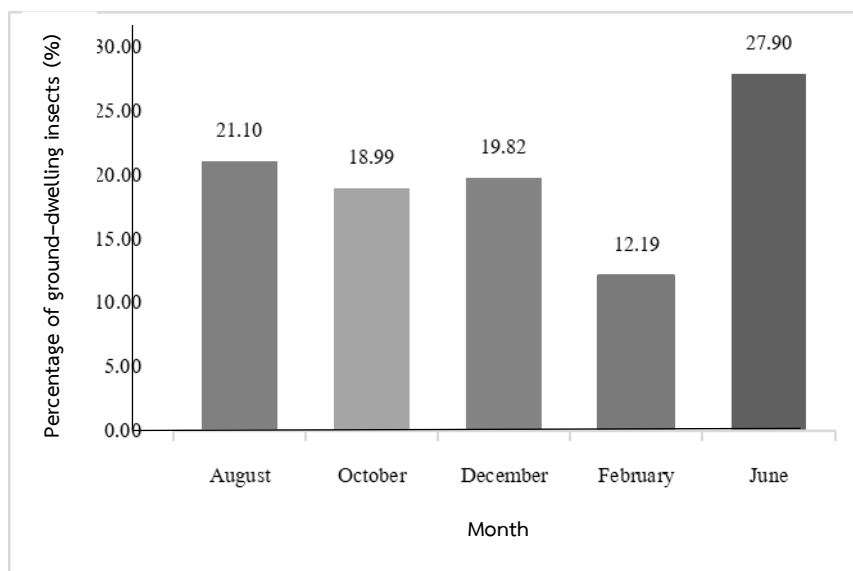


Figure 1 Percentage of ground-dwelling insects in different months

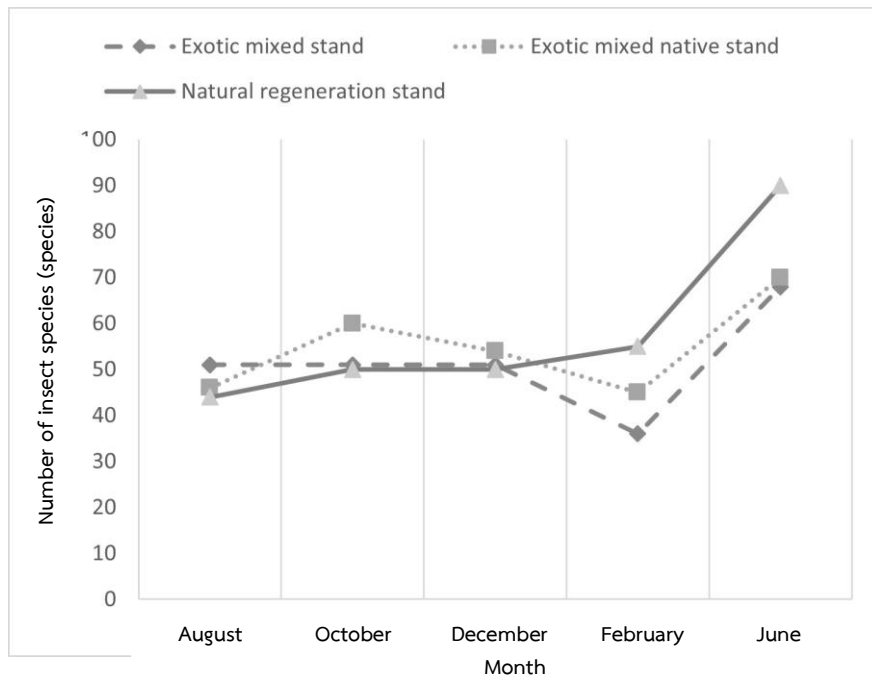


Figure 2 Number of ground-dwelling insect species in different months for each area

การจัดกลุ่มพื้นที่โดยใช้ชนิดแมลงผิวดินที่พบในแต่ละพื้นที่ทั้งหมด นำมาวิเคราะห์โดยใช้ Cluster Analysis สามารถจำแนกกลุ่มแมลงที่มีความคล้ายคลึงมากที่สุดเป็นกลุ่มเดียวกัน เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของพื้นที่ที่ระดับร้อยละ 75 สามารถจัดกลุ่มแมลงผิวดินตามพื้นที่ได้ 2 กลุ่ม (Figure 3) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ แมลงผิวดินที่พบในพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น พบจำนวน 146 ชนิด โดยแมลงผิวดินที่พบได้เฉพาะกลุ่มนี้ ได้แก่ มอดแป้ง (*Laena* sp.2) แมลงวันขายาว (*Condyllostylus longicornis*) แมลงวันขายน้ำ (Ephydriidae unknown sp.1) แมลงบ้นใย (Embiidae unknown sp.1) เพลี้ยจักจั่น (Cicadellidae unknown sp.1) เพลี้ยแป้ง (Pseudococcidae unknown sp.1) มดปากส้อม (*Calyptomyrmex* sp.1) มดลาย (*Myrmecina* sp.1) มดฮี้ (*Crematogaster* sp.2) มดขนปก (*Trogaspidia* sp.1) ตั๊กแตนหนวดยาว (*Oedaleus abruptus*) และ ตั๊กแตนกิ่งไม้ (Phamatidae unknown sp.2)

กลุ่มที่ 2 คือ แมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ และพื้นที่การปลูกฟื้นฟูไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง พบชนิดแมลงจำนวน 171 และ 143 ชนิด ตามลำดับ โดยมี 101 ชนิด ที่พบได้ทั้งสองพื้นที่ ในจำนวนนี้พบแมลงที่มีจำนวนตัวมากที่สุดคือ มดคัน (*Pheidole* sp.1) แมลงผิวดินที่พบได้เฉพาะกลุ่มนี้ ได้แก่ แมลงสาบ (*Blattella* sp.1) ตัวกินใบ (*Onthophagus* sp.) มอดไม้ (Scolytidae unknown sp.1, sp.2, sp.5, *Ambrosiodermos* sp.) มอดพื้นเลื้อย (Silvanidae unknown sp.1) ตัวกินกระดก (*Gyrophaena* sp.1) แมลงวันกระโดด (Empididae unknown sp.1)

มวนดอกกรัก (Lygaeidae unknown sp.1) มวนหญ้า (Miridae unknown sp.2) มวนเพชฌฆาต (*Ectomocoris* sp.) มดคัน (*Pheidole* sp.2) มดทหาร (*Stigmatomma recliratum*) มดพิษ (*Ponera* sp.) มดไฟป่า (*Leptogenys kettle*) มดหลุม (*Gnamptogenys binghamii*) แตน (Torymidae unknown sp.4) จิ้งหรีด (*Velarifictorus* sp.1, *Gryllus* sp.3) ทำให้เห็นว่าการปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง มีแนวโน้มของการกลับคืนมาของแมลงผิวดินที่มีความคล้ายคลึงและใกล้เคียงกับพวกที่อยู่ในพื้นที่ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติมากกว่าพื้นที่ที่ปลูกแบบไม้ต่างถิ่น สอดคล้องการศึกษาของ Kongram (2019) ที่รายงานว่า การปลูกป่าแบบไม้ต่างถิ่นผสมไม้พื้นเมืองในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีอัตราการสะสมคาร์บอนในดินสูงกว่าการปลูกป่าแบบไม้ต่างถิ่นที่ปลูกแบบเชิงเดี่ยว เนื่องจากมีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ทั้งชนิดไม้ต่างถิ่นและไม้พื้นเมือง แสดงถึงลักษณะของชนิดพืชที่ใช้ในการปลูกฟื้นฟูบนพื้นที่สูงมีผลต่อปัจจัยแวดล้อมของพื้นที่ และยังส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพต่าง ๆ ทำให้เกิดความสัมพันธ์กันทางระบบนิเวศทั้งความหลากหลายชนิด ความมากมายและการปรากฏของชนิดในพื้นที่หนึ่งในสังคม (Marod and Kutintara, 2009) นอกจากนี้ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Seekhiew (2020) ที่พบว่าป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณซึ่งเป็นป่าธรรมชาติด้วยกันจะมีแนวโน้มความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินมากกว่าพื้นที่ป่าที่เริ่มทำการฟื้นฟูกับป่าธรรมชาติ นอกจากนี้ระยะเวลาและความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ฟื้นฟูป่ายังมีผลต่อการกลับคืนมาของแมลงผิวดินด้วยเช่นกัน (Janbooppa et al., 2023)

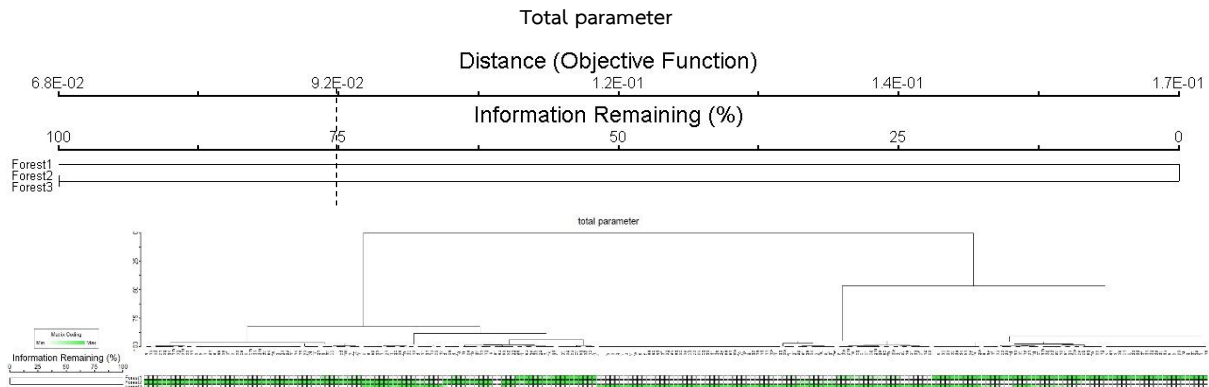


Figure 3 Cluster analysis of ground-dwelling insects in each area

Remarks: Forest1 = exotic mixed stand, Forest2 = exotic mixed native stand and Forest3 = natural regeneration stand

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงผิวดินในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ พบแมลงจำนวน 235 ชนิด 74 วงศ์ 14 อันดับ (อันดับ Archaeognatha, Blattodea, Collembola, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Embioptera, Hymenoptera, Hemiptera, Isoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Psocoptera และอันดับ Thysanoptera) ซึ่งแมลงในอันดับ Coleoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุด จำนวน 81 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 34.89 ของแมลงที่พบทั้งหมด ความมากมายของแมลงที่พบในพื้นที่ทั้งหมดพบว่าแมลงในอันดับ Hymenoptera มีจำนวนตัวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.36 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าพื้นต่ำตามธรรมชาติพบจำนวนชนิดมากที่สุด จำนวน 171 ชนิด และพบจำนวนตัวของแมลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.65 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ในเดือนมิถุนายนพบจำนวนชนิดมากที่สุด 138 ชนิด และในเดือนนี้ยังพบจำนวนตัวของแมลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.90 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ทั้งนี้พื้นที่ป่าพื้นต่ำตามธรรมชาติในช่วงเดือนมิถุนายนมีจำนวนชนิดแมลง 90 ชนิดโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน พบว่าพื้นที่ป่าพื้นต่ำตามธรรมชาติมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.92 พื้นที่ป่าปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่นมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.33 และเมื่อทำการจัดกลุ่มพื้นที่โดยใช้ชนิดแมลงที่พบในแต่ละพื้นที่ นำมาวิเคราะห์โดยใช้ Cluster Analysis จำแนกกลุ่มแมลงที่มีความคล้ายคลึงมากที่สุดเป็นกลุ่มเดียวกัน สามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 กลุ่ม เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของพื้นที่ที่ระดับร้อยละ 75 ดังต่อไปนี้ กลุ่มที่ 1 แมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ป่าปลูกฟื้นฟูแบบผสมไม้ต่างถิ่น กลุ่มที่ 2 คือ แมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ป่าพื้นต่ำตามธรรมชาติ และพื้นที่การปลูกฟื้นฟูแบบไม้ต่างถิ่นร่วมกับไม้พื้นเมือง จะเห็นได้ว่าการปลูกฟื้นฟูป่าบนพื้นที่สูงด้วย

วิธีการที่แตกต่างกัน มีผลต่อการกลับคืนของแมลงผิวดิน ซึ่งแมลงผิวดินจัดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดระดับการฟื้นฟูป่าในแต่ละพื้นที่ได้อีกกลุ่มหนึ่ง

คำนิยม

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2562 และได้รับความช่วยเหลือพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกจากคุณชจร สุริยะ เจ้าหน้าที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

REFERENCES

- Buamas, C., Wiwatwittaya, D. 2005. Species diversity of ants at Huay Khayeng. Thong Pha Phum district, Kanchanaburi province. **Thai Journal of Forestry**, 24(1–2): 59–72. (in Thai)
- Forest and Plant Conservation Research Office. 2016. **Methods of Studying Insect Biodiversity**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Gordh, G., Headrick, D.H. 2001. **A Dictionary of Entomology**. CABI Publishing, UK.
- Hutacharern, C. 1990. **Forest Insects of Thailand**. 2nd printing. Saengthian Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Iberdrola. 2022. **Biodiversity Report 2022**. https://www.iberdrola.com/documents/20125/41593/IB_Biodiversity_Report_2022.pdf, 20 February 2024.
- Jaitrong, W. 2011. **Key to the Ant Genera in Thailand**. Natural History Museum of the

- National Science Museum, Ministry of Science and Technology, Pathum Thani, Thailand. (in Thai)
- Janbooppa, S., Tasen, W., Duangjai, S. 2023. The community structure of ground dwelling insects at Wang Nam Yen Botanical Garden, Sakaeo province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2): 145–154. (in Thai)
- Kongram, S. 2019. **Biomass and Soil of the Highland Reforestation at the Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kutintara, U. 1998. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ludwig, J.A., Reynolds, J.F. 1988. **Statistical Ecology**. John Wiley & Sons, New York Academy Press, Washington, DC, USA.
- Marod, D., Kutintara, U. 2009. **Forest Ecology**. Aksornsiam Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nooyim, T. 2004. **Manual for Planting and Restoring Peat Swamp Forests, 2nd ed.** Royal Initiative Project and Security Section. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Narathiwat province, Thailand. (in Thai)
- Sakchuwong, W., Pachae, N., Monsawang, S., Baobang, P., Kreuhong, M., Supharatulthon, T., Jaikla, S. 2014. **Guide to Surveying Insects in Nature Trail, 2nd ed.** Forest and Plant Conservation Research Office. Department of National Parks and Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sangnummon, N., Tasen, W., Trisurat, Y. 2021. Environmental factors and community structure of ground-dwelling insects in different land uses, Pathum Thani province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 5(1): 79–90. (in Thai).
- Seekhiew, A., Tasen, W., TeejunTuk, S. 2020. Effect of forest rehabilitation on ground dwelling insect community in limestone mining area, Saraburi Province. **Thai Journal of Forestry**, 31(1): 1–10. (in thai)
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of Equal Amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish Commons. **Biologiske Skrifter/Kongelige Danske Videnskabernes Selskab**, 5(4): 1–34.
- Tasen, W. 2019. **Key Morphological Characters of Insect Orders: in Tropical Forests**. Forest Textbook Publishing Fund, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thaiutsa, B. 2003. Highland reforestation project: A forest project of the Royal Project Foundation. In: Thaiutsa, B., Puangjit, L. (Eds.). In: **Proceedings of the 20th Anniversary Taiwan/Angkhang Forest Project**. 22–24 December 2002, Thailand. pp. 1–15.
- Wiwatwitaya, D. 1991. **Effects of Forest Fires on Surface Insects at Doi Angkhang, Chiang Mai Province**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wiwatwitaya, D. 1996. Diversity of soil insects in hill evergreen forest, Doi Angkhang, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 15: 132–137. (in Thai)
- Wiwatwitaya, D., Takeda, H. 2005. Seasonal change in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of North-east Thailand, with special reference to collembolan communities. **Ecological Research**, 20(1): 59–70. (in Thai)
- Wiwatwitaya, D. 2003. Diversity of forest insects at Doi Angkhang: Butterflies. In: **Proceedings of 20th Anniversary Taiwan/Angkhang Forest Project**. 22–24 December 2002, Thailand. pp.54–62.
- Zhao, H.L., Liu, R.T. 2013. The “bug island” effect of shrubs and its formation mechanism in Horqin Sand Land, Inner Mongolia. **Catena**, 105: 69–74

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง

Application of Geographic Information System to Study Land Use Change Patterns
in Response to Forest Fires in Doi Luang National Park

กิตติพงษ์ พรหมจักร¹, กมลพร ปานง่อม², ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด³ และต่อลาภ คำโย^{4*}
Kittipong Promjak¹, Kamonporn Panngom², Thanyarat Chuesaard³ and Torlarp Kamy^{4*}

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่-เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

¹ Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

² สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

² Department of Applied Biology, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

³ กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

³ Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

⁴ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

⁴ Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: torlarp66@gmail.com

รับต้นฉบับ 17 พฤษภาคม 2567

Received: 17 May 2024

รับแก้ไข 25 กรกฎาคม 2567

Revised: 25 July 2024

รับลงพิมพ์ 30 กรกฎาคม 2567

Accepted: 30 July 2024

ABSTRACT

Land use change patterns and their effects on forest fire occurrence were studied in Doi Luang National Park using data in a geographic information system for 2015, 2019 and 2023. Based on the results of the study, Doi Luang National Park had an area of 1,204.85 square kilometers. The land use was classified into 6 patterns: agricultural areas, evergreen forest, deciduous forest, water body, urban and built-up land, and miscellaneous. From 2015 to 2019, there was a total change of 9.08 square kilometers, with the greatest decrease in deciduous forest (about 4.35 square kilometers), while agricultural areas increased by 3.41 square kilometers. In 2019, there were 1,805 hotspots, of which 279 were in areas with changing land use patterns between 2015 and 2019. The greatest number of hotspots (230) occurred in deciduous forests that had been converted to agricultural areas, representing 82.44%. From 2019 to 2023, there was a total change of 12.16 square kilometers, with the greatest decrease in deciduous forest (about 3.49 square kilometers), while agricultural areas increased by 5.15 square kilometers. In 2023, there were 1,812 hotspots, of which 285 occurred in areas with changing land use patterns between 2019 and 2023. The greatest number of hotspots (255) occurred in deciduous forest, representing 78.95%.

Keywords: Geographic information system; Land use changes; Forest fires; Doi Luang National Park

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าในอุทยานแห่งชาติดอยหลวง มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าในช่วงปี พ.ศ. 2558, พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 ซึ่งอุทยานแห่งชาติดอยหลวง มีพื้นที่ทั้งหมด 1,204.85 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ พื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ผลการศึกษา พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 9.08 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าผลัดใบ ลดลงมากที่สุด 4.35 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่เกษตรกรรม 3.41 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2562 เกิดจุดความร้อนขึ้น 1,805 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 เกิดขึ้น 279 จุด โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เกิดจุดความร้อนมากที่สุด จำนวน 230 จุด คิดเป็นร้อยละ 82.44 และระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 12.16 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าผลัดใบ ลดลงมากที่สุด 3.49 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่เกษตรกรรม 5.15 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2566 เกิดจุดความร้อนขึ้น 1,812 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 เกิดขึ้น 285 จุด โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเกิดจุดความร้อนมากที่สุด จำนวน 225 จุด คิดเป็นร้อยละ 78.95

คำสำคัญ : การประยุกต์สารสนเทศภูมิศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงใช้ประโยชน์ที่ดิน ไฟป่า อุทยานแห่งชาติดอยหลวง

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าในประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดไฟป่ามากขึ้น เนื่องจากการใช้ไฟเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วที่สุดในการบุกรุกพื้นที่ป่า อีกทั้งยังสามารถประหยัดเวลาและงบประมาณอีกด้วย ไฟป่าจึงเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการลดลงของพื้นที่ป่าอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันระดับของการเกิดไฟป่าในประเทศไทยกลายเป็นปัจจัยที่รบกวนสมดุลของระบบนิเวศอย่างรุนแรง (Forest Protection and Fire Control Office, 2021) โดยมีการบุกรุกแผ้วถางเผาป่าเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยอย่างต่อเนื่องและมากมาย (Royal Forest Department, 2021) และส่งผลกระทบต่อทั้งในเรื่องหมอกควันและปัญหาฝุ่น PM 2.5 ที่เป็นปัญหาระดับภูมิภาคและระดับชาติ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อนุรักษ์ที่เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ การดูแลของเจ้าหน้าที่ไม่ทั่วถึงเนื่องจากจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ดูแลในแต่ละพื้นที่มีจำนวนน้อย ทำให้จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวางแผนการจัดการให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งในปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือหลักที่ใช้วางแผนการจัดการต่าง ๆ ของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รวมทั้งสามารถสร้างความร่วมมือสำหรับหน่วยงานต่าง ๆ ในการวางแผนนโยบายจัดการไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพได้

อุทยานแห่งชาติดอยหลวง เป็นอุทยานแห่งชาติในลำดับที่ 61 ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่รอยต่อ 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา และลำปาง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

753,031.58 ไร่ หรือ 1,204.85 ตาราง กิโลเมตร มีชุมชนที่อยู่อาศัยทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง และโดยรอบ 118 หมู่บ้าน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2022) ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวงเป็นพื้นที่อาศัยทำกินอย่างไม่ถูกต้องตามกฎหมาย มีการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภททำเกษตรกรรมในลักษณะของการปลูกพืชเชิงเดี่ยวบนพื้นที่สูงชัน (ป่าต้นน้ำ) ใช้สารเคมีจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดสารเคมีตกค้างในพื้นที่ป่าต้นน้ำ อีกทั้งการใช้ไฟในการเตรียมพื้นที่เพื่อทำการเพาะปลูก นำมาซึ่งปัญหาไฟป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ โดยมีสาเหตุมาจากการเผาในพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่ได้มีการควบคุมที่ดีจนเกิดการลุกลามของไฟจากพื้นที่การเกษตรสู่พื้นที่ป่า ทั้งนี้สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ได้รายงานสถิติจุดสะสมความร้อน (hotspot) ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2563–2565 จากดาวเทียม Suomi National Polar-Orbiting Partnership ระบบ VIIRS พบว่าในพื้นที่ ป่าอนุรักษ์พบจุดสะสมความร้อนมากที่สุดคือภาคเหนือ โดยจังหวัดที่เกิดจุดความร้อนสะสมมากที่สุดคือ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน เชียงราย พะเยาแพร่ น่าน และตาก ตามลำดับ (Forest Protection and Fire Control Office, 2022) รวมถึงการผูกขาดทางการตลาดของผลผลิตเกษตรกรรมที่ต้องใช้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงแต่กลับได้ผลตอบแทนทางตัวเงินไม่คุ้มทุนในบางครั้ง เป็นปัจจัยผลักดันให้ราษฎรจำเป็นต้องขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากขึ้น อันนำมาซึ่งการบุกรุกป่าเพิ่มเติมในบางพื้นที่ รวมถึงปัญหาไฟป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการลุกลามของไฟในพื้นที่เกษตรกรรมสู่พื้นที่ป่าในช่วงฤดูการเตรียมพื้นที่เพื่อการเพาะปลูก จากแนวทางการ

ดำเนินการแก้ปัญหาการบุกรุกที่ดินของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ผสมกับปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินและ ปัญหาไฟป่าที่เกิดขึ้นในอุทยานแห่งชาติดอยหลวง จึงจำเป็นต้องมีศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปอันส่งผลต่อการเกิดไฟป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และเป็นประโยชน์ในการใช้ข้อมูลต่อการจัดทำแผนการจัดการ อุทยานแห่งชาติดอยหลวงให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ พื้นที่ดังกล่าว เพื่อให้การดำเนินงานในด้านการอนุรักษ์ป้องกัน รักษาป่าเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และเกิดประสิทธิภาพ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการศึกษา รูปแบบการ เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าใน เขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง โดยใช้ระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดทำแผนการบริหาร จัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยหลวง ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ Multispectral Instrument (MSI) ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร โดยเลือกข้อมูลภาพที่มีร้อยละการบดบังของเมฆน้อยกว่า ร้อยละ 20 และทำการบันทึกข้อมูลภาพเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2558 มีร้อยละการบดบังของเมฆ 0.02 วันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 มีร้อยละการบดบังของเมฆ 0.06 และ วันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2566 มีร้อยละการบดบังของเมฆ 1.19 PATH 130 และ ROW 47 ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา ผลลัพธ์ ข้อมูลเป็นแบบ Level-2 (L2) ซึ่งเป็นรูปแบบของข้อมูลภาพ ดาวเทียมที่ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี และความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบเป็นระบบ (systematic radiometric and geometric accuracy) โดยข้อมูลภาพ ดาวเทียม Landsat 8 พ.ศ. 2558 มีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 1.82, Sun Elevation LORA เท่ากับ 44.04 Sun Azimuth LORA เท่ากับ 142.81 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 พ.ศ. 2562 มีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 4.64, Sun Elevation LORA เท่ากับ 46.27 Sun Azimuth LORA เท่ากับ 139.63 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 พ.ศ. 2566 มีค่า Geometric RMSE Model เท่ากับ 5.11 Sun Elevation LORA เท่ากับ 43.77 Sun Azimuth LORA เท่ากับ 143.44

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การแปลตีความและการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis) นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ที่ทำการปรับแก้ข้อมูลทางเรขาคณิตแล้ว ทั้ง 3 ช่วงเวลา ได้แก่ปี พ.ศ. 2558, พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 เข้าสู่

กระบวนการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าผลัดใบ พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด

การประเมินความถูกต้องในการจำแนกประเภท ข้อมูล (accuracy assessment)

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล การใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยใช้ ข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่อง GPS ในปี พ.ศ. 2566 ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก การใช้ที่ดิน การกำหนดจำนวนจุดตรวจสอบความถูกต้อง ด้วยการคำนวณจุดตรวจสอบ (Congalton and Green, 1999) กำหนดให้โอกาสที่จะเกิดความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85 และกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มยอมรับได้ ไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยจำนวน จุดตรวจสอบกระจายทุกชั้นข้อมูล ใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) ในแต่ละประเภทของการใช้ ประโยชน์ที่ดิน และไม่ซ้ำกับจุดที่ใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่าง สำหรับการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นข้อมูล ในอดีต การประเมินความถูกต้องเป็นการประเมินด้วยสายตา เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2}$$

เมื่อ n คือ จำนวนจุดตรวจสอบที่เหมาะสม

p คือ โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1)

q คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (มีค่าเท่ากับ 1-p)

z คือ ค่ามาตรฐาน

e คือ ค่าความจำแนกผิดพลาดจากการสุ่ม (ที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจะได้ค่า e = 0.05)

คำนวณหาค่าความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) โดยใช้ตาราง Error Matrix เพื่อแสดง ความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่มีความสอดคล้องตรงกัน ระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิง คิดเป็นร้อยละของจุด ตรวจสอบทั้งหมด และคำนวณสัมประสิทธิ์ Kappa เพื่อแสดง ความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพิจารณาลักษณะของ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน Error Matrix โดยใช้สัมประสิทธิ์ Kappa มาประเมินความถูกต้อง โดยพิจารณาทั้งความสอดคล้อง ระหว่างข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลจำแนก วิเคราะห์ควบคู่ไปกับค่า ความถูกต้องผลการจำแนกโดยรวม (Lillesand *et al.*, 2015)

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

แสดงผลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติ ดอยหลวงปี พ.ศ. 2558, พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 และ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2558-2562 และระหว่างปี พ.ศ. 2562-2566 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ (overlay analysis) ด้วยโปรแกรม ประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และวิเคราะห์ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและ คำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละ ประเภทรหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 และปี พ.ศ. 2562-2566

ข้อมูลจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำเข้าข้อมูลจุดความร้อนปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 จากดาวเทียม Suomi National Polar-Orbiting Partnership (Suomi-npp) ระบบ VisibleInfrared

Imaging Radiometer Suite เพื่อศึกษาข้อมูลการเกิดไฟป่า ในพื้นที่แต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Nation Aeronautics and Space Administration, 2024) โดยนำ ข้อมูลสถิติการเกิดไฟป่า พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 มาซ้อนทับกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลการเกิดไฟป่า ในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยนำสถิติการเกิดไฟป่าหรือจุดความร้อนปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 มาซ้อนทับกับข้อมูลแผนที่การเปลี่ยนแปลง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 และ พ.ศ. 2562-2566 ผลลัพธ์ที่ได้ คือข้อมูลการเกิดไฟป่าในพื้นที่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปีนั้น ๆ ดังแสดงใน Figure 1

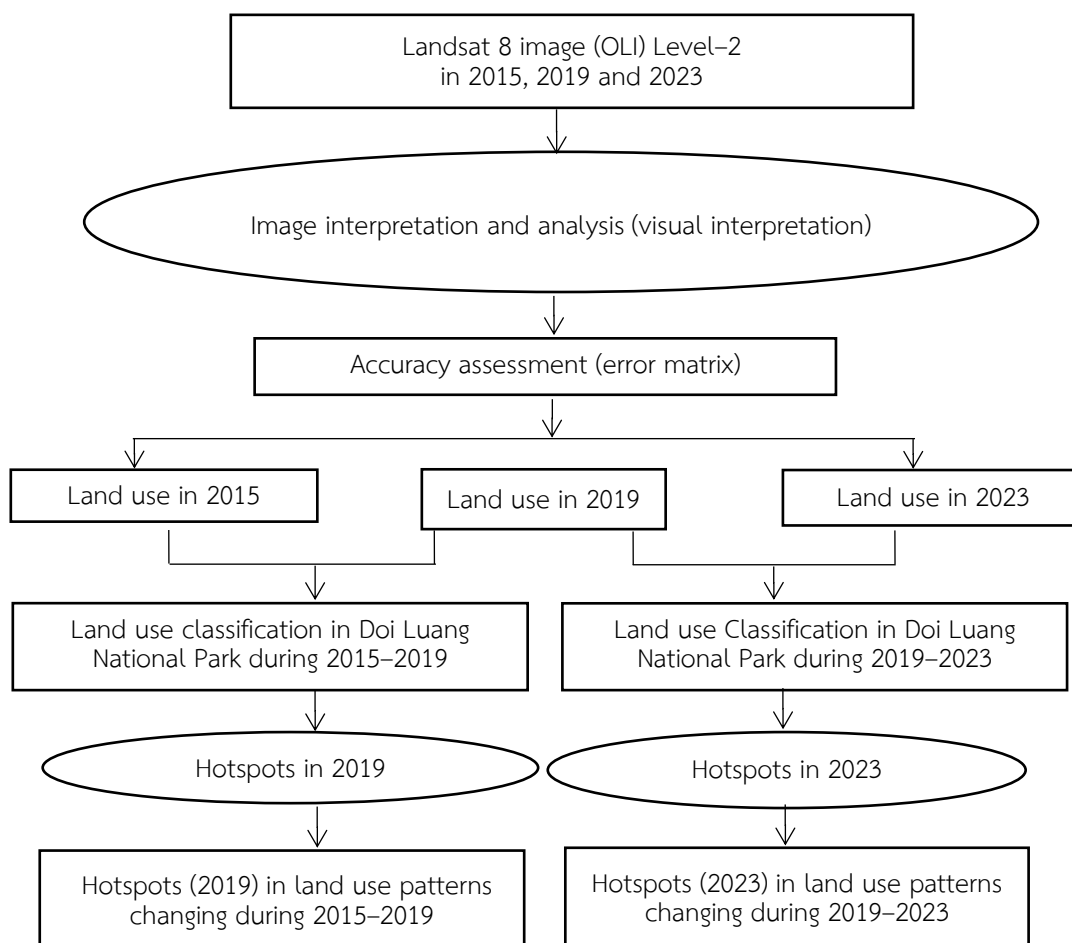


Figure 1 Research process

ผลและวิจารณ์

การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม
ปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง ปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 เนื้อที่ 753,031.58 ไร่ หรือ 1,204.85 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 7 อำเภอ ได้แก่ อำเภอพาน อำเภอแม่สรวย อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัด เชียงราย อำเภอแม่ใจ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา อำเภองาว อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง โดยในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้เกณฑ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับที่ 1 ในส่วนของพื้นที่ป่าไม้ใช้เกณฑ์การใช้ประโยชน์ที่ดินระดับที่ 2 (Land Development Department, 2003) เนื่องจากพื้นที่ป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ มีความเข้มข้นของการเกิดไฟฟ้าที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ 6 ประเภท คือ 1) พื้นที่เกษตรกรรม 2) พื้นที่ป่าผลัดใบ 3) พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ 4) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 5) พื้นที่แหล่งน้ำ 6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด จากข้อมูลการแปลภาพดาวเทียมปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ป่าผลัดใบ และป่าไม่ผลัดใบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 2

1) พื้นที่เกษตรกรรม พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 212.58 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.64 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 215.99 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ

17.93 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 221.14 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 18.35 ของพื้นที่ศึกษา

2) พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 45.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.81 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 45.76 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.80 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 43.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.58 ของพื้นที่ศึกษา

3) พื้นที่ป่าผลัดใบ พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 936.07 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 77.69 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 931.72 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 77.33 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 928.23 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 77.04 ของพื้นที่ศึกษา

4) พื้นที่แหล่งน้ำ พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 2.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 2.26 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.19 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 2.29 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.19 ของพื้นที่ศึกษา

5) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 3.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.32 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 4.06 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 4.15 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ศึกษา

6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด พบว่า ปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ 4.20 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.35 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ 5.05 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.42 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2566 มีเนื้อที่ 5.86 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.49 ของพื้นที่

Table 1 Land use classification in Doi Luang National Park in 2015, 2019 and 2023

Land use type	Land use in 2015		Land use in 2019		Land use in 2023	
	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
Agricultural land	212.58	17.64	215.99	17.93	221.14	18.35
Evergreen forest	45.95	3.81	45.76	3.80	43.17	3.58
Deciduous forest	936.07	77.69	931.72	77.33	928.23	77.04
Water bodies	2.17	0.18	2.26	0.19	2.29	0.19
Urban and built-up land	3.87	0.32	4.06	0.34	4.15	0.34
Miscellaneous	4.20	0.35	5.05	0.42	5.86	0.49
Total	1,204.85	100.00	1,204.85	100.00	1,204.85	100.00

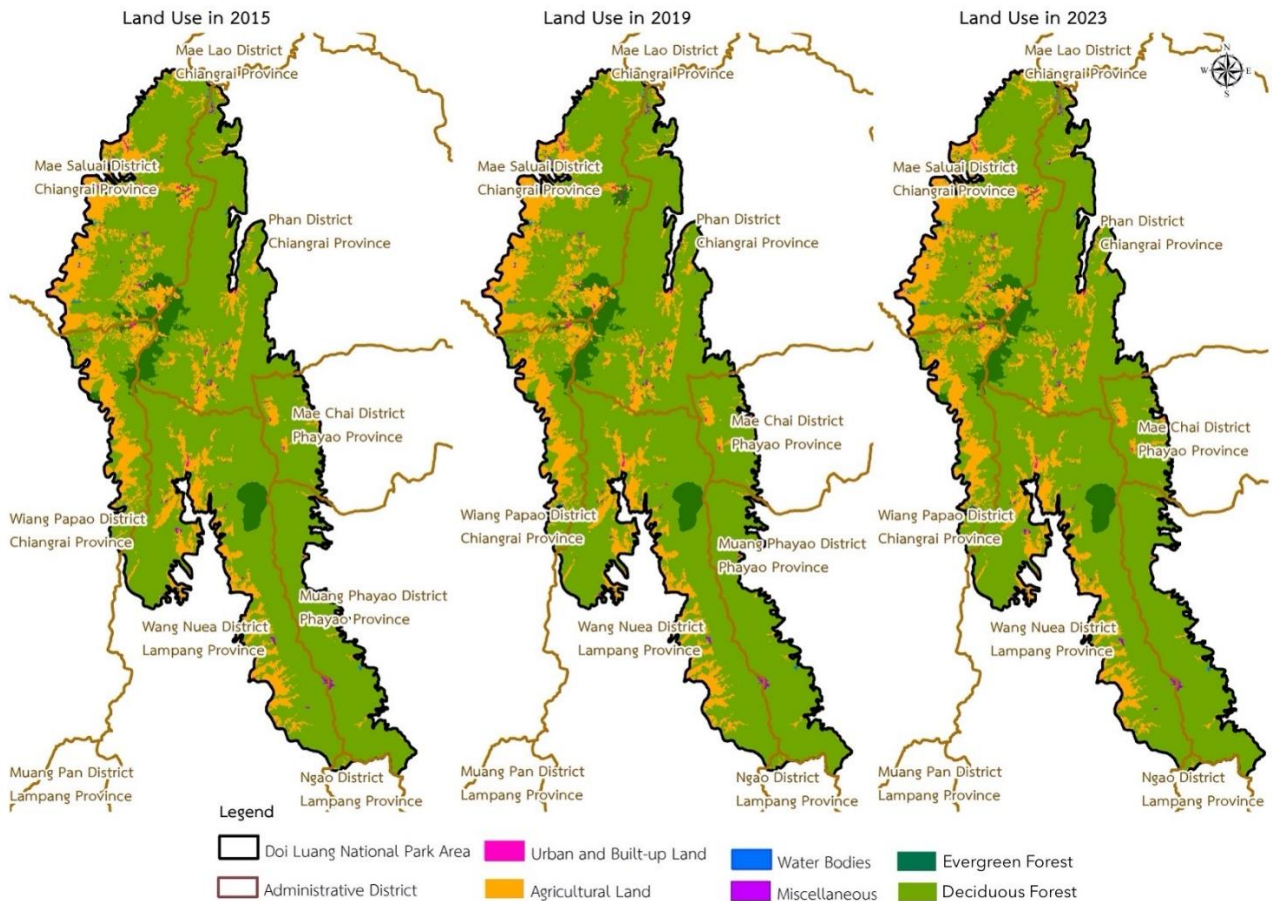


Figure 2 Land use classification in Doi Luang National Park in 2015, 2019 and 2023

การประเมินความถูกต้องในการจำแนกประเภทข้อมูล (accuracy assessment)

ประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้ข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่อง GPS ในปี พ.ศ. 2566 ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ที่ดิน แล้วคำนวณหาความถูกต้องโดยใช้ตาราง Error Matrix การกำหนดจุดตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้วิธีการ Stratified Random Sampling โดยกำหนดโอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง เท่ากับ 0.85 และโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด เท่ากับ 0.15 จะได้จุด

ตรวจสอบภาคสนามจำนวนทั้งสิ้น 202 จุด โดยแบ่งจำนวนจุดตรวจสอบให้ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 6 ประเภท (Table 2) ผลการประเมินความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2566 กับจุดตรวจภาคสนาม ปี พ.ศ. 2566 สามารถประเมินความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับ ร้อยละ 90.59 และค่าสถิติแคปปา Kappa Statistics เท่ากับร้อยละ 78.00 โดยมีรายละเอียดดัง Table 3 มีค่าความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2565 ที่จัดทำโดยกรมป่าไม้มีค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับ ร้อยละ 96.97 (Royal Forest Department, 2022)

Table 2 Field survey point determination (stratified random sampling)

Land use type	Area		Number of field survey points
	(km ²)	(%)	
Agricultural land	216.80	17.99	36
Evergreen forest	43.31	3.59	8
Deciduous forest	933.84	77.51	152
Water bodies	2.18	0.18	2
Urban and built-up land	4.02	0.33	2
Miscellaneous	4.71	0.39	2
Total	1,204.85	100.00	202

Table 3 Accuracy assessment of land use categorization based on Landsat satellite images in 2023 for Doi Luang National Park

Land use type		Reference data							User Accuracy (%)
		AL	EF	DF	WB	UBL	ML	Total	
Classification data	AL	34	–	–	–	1	1	36	94.44
	EF	–	5	3	–	–	–	8	62.50
	DF	10	4	138		–	–	152	90.79
	WB	–	–	–	2	–	–	2	100.00
	UBL	–	–	–	–	2	–	2	100.00
	ML	–	–	–	–	–	2	2	100.00
Total		44	9	141	2	3	3	202	–
Produced Accuracy (%)		77.27		97.87	100	66.67	66.67	–	90.59
Overall Accuracy		= 90.59 % Kappa statistic = 78 %							

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous, UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอุทยานแห่งชาติดอยหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 9.08 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าผลัดใบลดลงมากที่สุด 4.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 47.91 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบลดลง 0.19 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.10 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่เกษตรกรรม 3.41 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.54 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้น 0.85 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.37 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 0.09 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.98 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 0.19 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.10 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดแสดงดัง Table 4

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอุทยานแห่งชาติดอยหลวง ระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 12.16 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าผลัดใบลดลงมากที่สุด 3.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.70 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบลดลง 2.59 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 21.31 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่เกษตรกรรม 5.15 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 42.34 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้น 0.81 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น 0.09 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.74 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 0.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.25 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด แสดงดัง Table 5

ข้อมูลจุดความร้อนในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง
ปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566

นำเข้าข้อมูลจุดความร้อนของปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2562
และ พ.ศ. 2566 ที่ได้จากดาวเทียม Suomi National Polar-

Orbiting Partnership (Suomi-npp) ระบบ Visible Infrared
Imaging Radiometer Suite มาซ้อนทับกับแนวเขตอุทยาน
แห่งชาติดอยหลวงเพื่อศึกษาจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นใน
แต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ข้อมูล ดังแสดงใน
Table 6 และ Figure 3

Table 4 Land use classification in Doi Luang National Park in 2015 and 2019

Land use type		Land use in 2019 (sq.km.)						Total
		AL	EF	DF	WB	UBL	ML	
Land use in 2015 (km ²)	AL	210.91	0.61	0.04	0.08	0.13	0.81	212.58
	EF	0.77	45.15	–	–	0.01	0.02	45.95
	DF	4.02	–	931.68	0.03	0.04	0.30	936.07
	WB	0.02	–	–	2.15	–	–	2.17
	UBL	–	–	–	–	3.87	–	3.87
	ML	0.27	–	–	–	0.01	3.92	4.20
Total		215.99	45.76	931.72	2.26	4.06	5.05	1,204.84

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous,
UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

Table 5 Land use classification in Doi Luang National Park in 2019 and 2023

Land use type		Land use in 2023 (km ²)						Total
		AL	EF	DF	WB	UBL	ML	
Land use in 2019 (km ²)	AL	215.69	–	0.02	0.01	0.01	0.26	215.99
	EF	1.95	43.17	–	0.06	0.04	0.54	45.76
	DF	3.46	–	928.21	–	0.04	0.01	931.72
	WB	0.04	–	–	2.22	–	–	2.26
	UBL	–	–	–	–	4.06	–	4.06
	ML	–	–	–	–	–	5.05	5.05
Total		221.14	43.17	928.23	2.29	4.15	5.86	1,204.84

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous,
UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

Table 6 Hotspots by land use type and province in Doi Luang National Park in 2015, 2019 and 2023

Land use type	Hotspots in 2015 (points)			Hotspots in 2019 (points)			Hotspots in 2023 (points)		
	Chiang Rai	Phayao	Lampang	Chiang Rai	Phayao	Lampang	Chiang Rai	Phayao	Lampang
AL	92	2	38	278	26	91	251	58	69
EF	10	–	7	29	–	9	29	–	11
DF	171	110	113	688	356	293	964	219	172
WB	–	–	–	–	–	–	–	–	–
UBL	1	–	–	3	–	–	2	–	–
ML	–	–	1	18	5	9	28	1	8
Total	274	112	159	1,016	387	402	1,274	278	260
Grand total	545			1,805			1,812		

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous,
UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

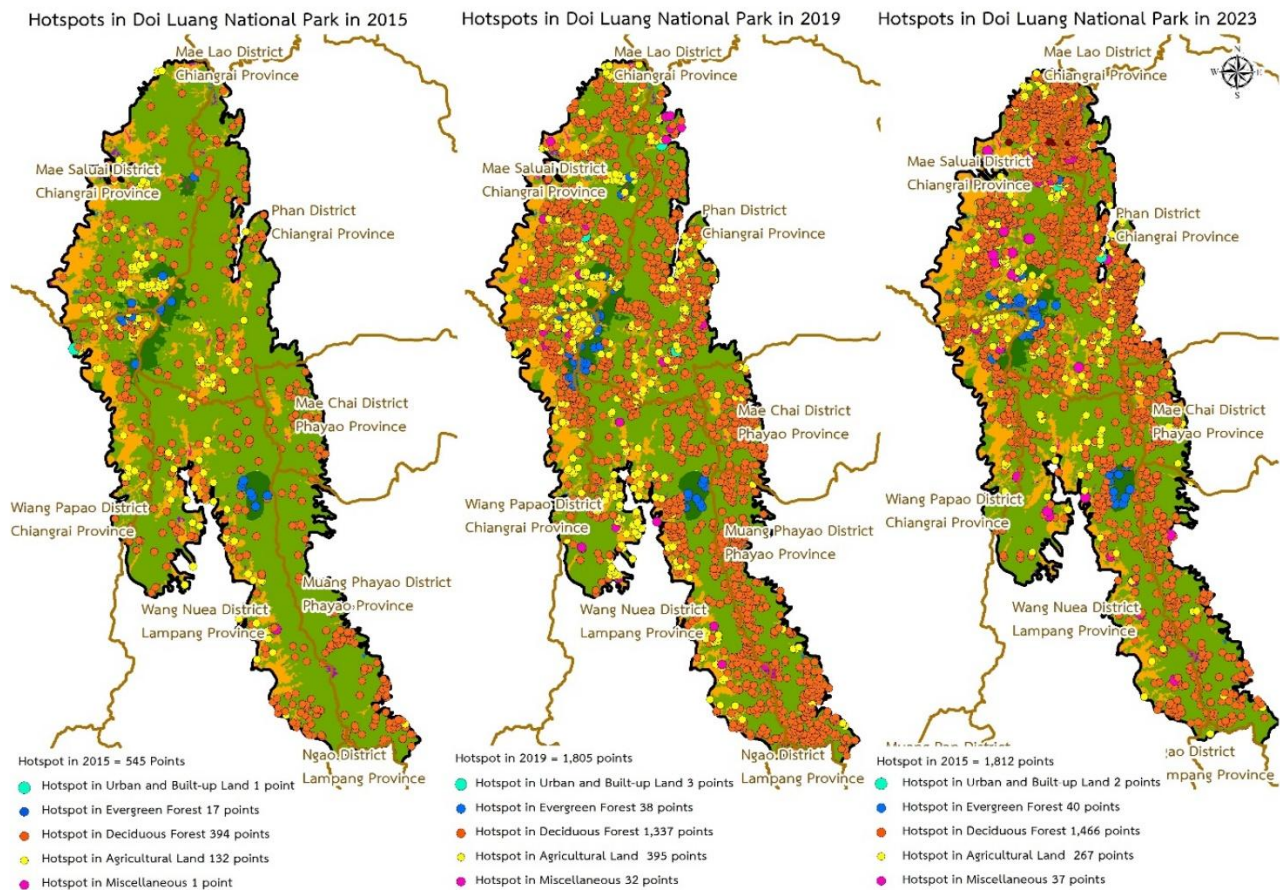


Figure 3 Hotspots in Doi Luang National Park in 2015, 2019 and 2023

ข้อมูลจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำเข้าข้อมูลจุดความร้อนของปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 มาซ้อนทับกับข้อมูลในพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 และปี พ.ศ. 2562–2566 ได้จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ข้อมูล ดังแสดงใน Table 7, Table 8 และ Figure 4

Table 7 Hotspots (2019) in land use patterns changing during 2015–2019

Land use type		Land use in 2019 (km ²)					
		AL	EF	DF	WB	UBL	ML
Land use 2015 (km ²)	AL	–	4	–	–	–	–
	EF	16	–	–	–	–	–
	DF	230	–	–	–	1	23
	WB	–	–	–	–	–	–
	UBL	–	–	–	–	–	–
	ML	3	–	–	–	–	–
Total		249	4	0	0	1	23

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous, UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในเขตอุทยานแห่งชาติ ดอยหลวงปี พ.ศ. 2562 ตั้งแต่ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม ตรวจพบ จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 1,805 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 ตั้งแต่ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม ตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 279 จุด คิดเป็นร้อยละ 15.46 ของการเกิดจุดความร้อนทั้งหมดในปี พ.ศ. 2562 ดังแสดงใน Table 7 โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเกิดจุด

ความร้อนมากที่สุดจำนวน 230 จุด คิดเป็นร้อยละ 82.44 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน รองลงมาคือพื้นที่ป่าผลัดใบถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด เกิดจุดความร้อนจำนวน 23 จุด คิดเป็นร้อยละ 8.24 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเกิดจุดความร้อน จำนวน 16 จุด คิดเป็นร้อยละ 5.73 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Table 8 Hotspots (2023) in land use patterns changing during 2019–2023

Land use type		Land use in 2023 (km ²)					
		AL	EF	DF	WB	UBL	ML
Land use 2019 (km ²)	AL	–	3	–	–	–	1
	EF	23	–	–	–	1	–
	DF	225	–	–	–	–	32
	WB	–	–	–	–	–	–
	UBL	–	–	–	–	–	–
	ML	–	–	–	–	–	–
Total		248	3	0	0	1	33

Remarks: AL = Agricultural land, EF = Evergreen forest, DF = Deciduous forest, ML = Miscellaneous, UBL = Urban and built-up land, WB = Water bodies

จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในเขตอุทยานแห่งชาติ ดอยหลวงปี พ.ศ. 2566 ตั้งแต่ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม ตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 1,812 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 ตั้งแต่ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม ตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 285 จุด คิดเป็นร้อยละ 15.73 ของการเกิดจุดความร้อนทั้งหมดในปี พ.ศ. 2566 ดังแสดงใน Table 8 โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เกิดจุดความร้อน

มากที่สุด จำนวน 225 จุด คิดเป็นร้อยละ 78.95 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน รองลงมาคือพื้นที่ป่าผลัดใบถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด เกิดจุดความร้อน จำนวน 32 จุด คิดเป็นร้อยละ 11.23 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เกิดจุดความร้อนจำนวน 23 จุด คิดเป็นร้อยละ 8.07 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

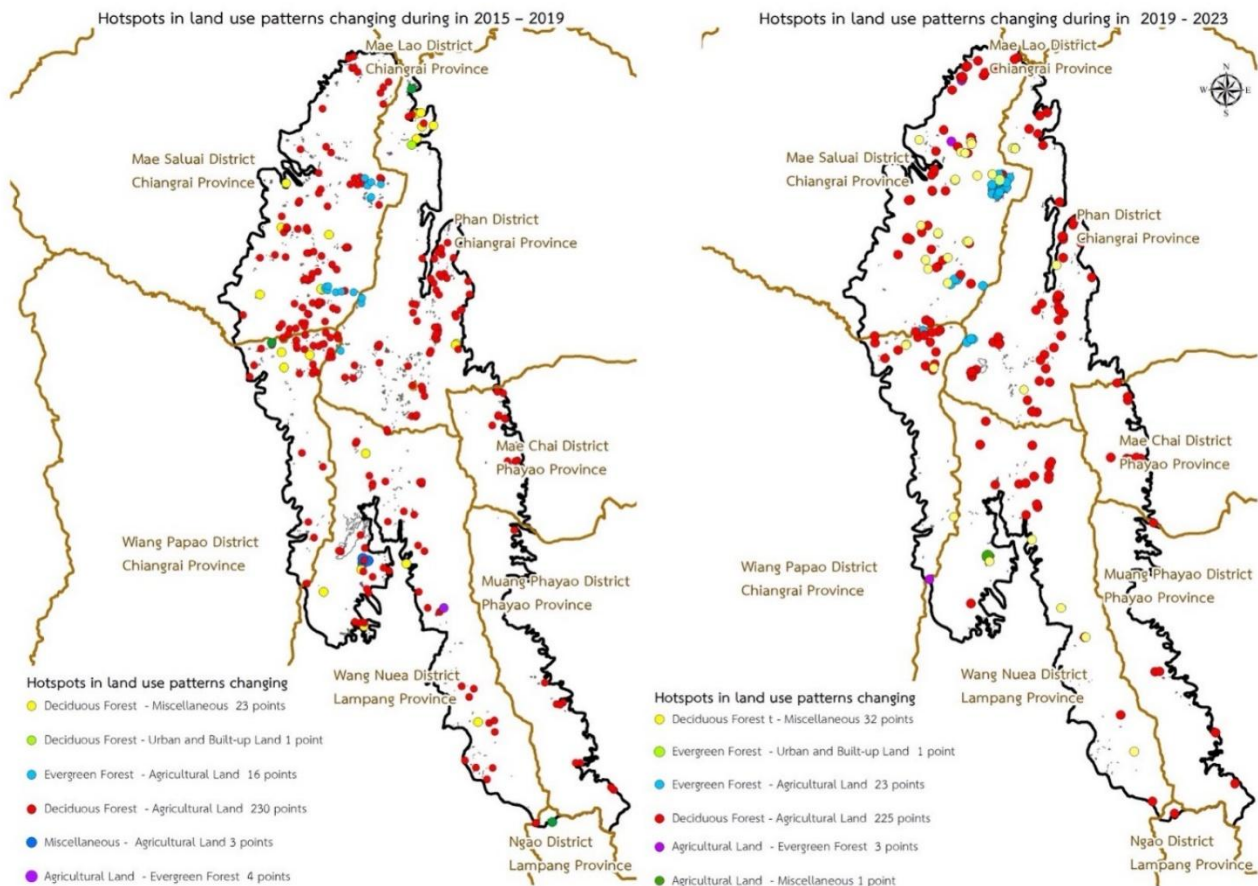


Figure 4 Hotspots in land use patterns changing during 2015–2019 and 2019–2023

จากการศึกษาครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวงระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 และระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2562 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 9.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.75 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าผลัดใบลดลงมากที่สุด 4.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 47.91 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ในทางตรงกันข้ามกันพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะเพิ่มขึ้น 3.41 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.54 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ระหว่างปี พ.ศ. 2562–2566 พบว่ามีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 12.16 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.00 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าผลัดใบลดลงมากที่สุด 3.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.70 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่เกษตรกรรม 5.15 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 42.34 ของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการติดตามตรวจสอบและการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ Land Change Modeler ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2556–2560 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในช่วงปี พ.ศ. 2556–2560 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 17.46 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่

ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เกษตรผสมผสาน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นร้อยละ 46.45, 0.74, 2.69 และ 0.12 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลงร้อยละ 44.16 และ 5.84 ตามลำดับ (Sinrodtanakorn *et al.*, 2020) เช่นเดียวกับการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2552–2557 พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้นร้อยละ 43.50, 4.45 และ 2.05 ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 50.00 แหล่งน้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขณะที่การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างปี พ.ศ. 2557–2562 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.18 และ 14.82 ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมลดลงร้อยละ 40.39 และ 9.61 ตามลำดับ และแหล่งน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Kongsawi *et al.*, 2020)

ในส่วนการศึกษาการเกิดไฟป่าในเขตอุทยานแห่งชาติดอยหลวง จะสังเกตเห็นได้ว่าพบจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่ป่าผลัดใบของทั้ง 3 ปี พ.ศ. และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากในจังหวัดเชียงราย โดยในปี พ.ศ. 2562 ตรวจพบ จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 1,805 จุด จำนวนจุดความ

ร้อนที่เกิดขึ้น พบมากที่สุด ในพื้นที่ป่าผลัดใบมากที่สุด 1,337 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2562 ตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 279 จุด โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เกิดจุดความร้อนมากที่สุดจำนวน 230 จุด คิดเป็นร้อยละ 82.44 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2566 ตรวจพบ จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 1,812 จุด จำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น พบมากที่สุด ในพื้นที่ป่าผลัดใบจำนวน 1,355 จุด ซึ่งจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2562-2566 ตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 285 จุด คิดเป็นร้อยละ 15.73 ของการเกิดจุดความร้อนทั้งหมดในปี พ.ศ. 2566 โดยพื้นที่ป่าผลัดใบที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเกิดจุดความร้อนมากที่สุด จำนวน 225 จุด คิดเป็นร้อยละ 78.95 ของจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Suwanwaree and Phayungwiwatthanakoon (2015) ที่ได้ศึกษาผลกระทบของไฟป่าต่อความสมบูรณ์ของป่าไม้และคุณภาพอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจุดเกิดไฟป่ากับปัจจัยด้านภูมิประเทศและลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) ของจังหวัดเชียงใหม่ช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 รวมถึงการประเมินผลกระทบของไฟป่า ต่อการสูญเสียหรือเสื่อมสภาพของพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ จะพบจุดไฟป่ามากที่สุดในเดือนมีนาคม โดยพบในป่าเบญจพรรณมากที่สุด ร้อยละ 53.90 รองลงมา คือพื้นที่เกษตรกรรม ร้อยละ 23.80 และในป่าไม้สมบูรณ์ ร้อยละ 16.20 จุดไฟส่วนใหญ่อยู่ใกล้แนวถนนระยะไม่เกิน 1 กิโลเมตร ร้อยละ 71.00 บ่งชี้ว่าน่าจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์นอกจากนั้น ยังพบว่ามีจำนวนจุดไฟอยู่ในเขตที่สูงมาก (อาทิต > 1000 เมตร) อยู่มากพอควร ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการทำไร่เลื่อนลอย จากการตรวจสอบพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ (burned area) พบว่าอยู่ในเขตป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงไปคือเขตป่าสมบูรณ์และพื้นที่เกษตรกรรมในจำนวนใกล้เคียงกัน สิ่งนี้บ่งชี้ว่าการเกิดไฟรุนแรงในเขตป่าไม้ อาจทำให้เกิดผลกระทบเชิงนิเวศอย่างสำคัญของป่าขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Zea-kow *et al.* (2022) ที่ได้ศึกษาวิเคราะห์เชิงสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าในจังหวัดน่าน พบว่าการเกิดไฟป่ามีความสัมพันธ์กับเดือนในปี โดยเฉพาะเดือนมีนาคมและเมษายนในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์จากวันในสัปดาห์ และพบความถี่สูงของการเกิดไฟป่าในช่วงเวลากลางวันสำหรับปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่าทั้ง 4 เขตพื้นที่คือระยะห่างจากถนนและพื้นที่เกษตรกรรมเนื่องจากจุดไฟป่ามากกว่าร้อยละ 80 มักเกิดที่

ระยะห่างจากถนนและพื้นที่เกษตรกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร ซึ่งจำนวนความถี่จะลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังพบอีกว่าไฟป่าส่วนใหญ่มักเกิดที่ระดับความสูงและความชันใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไฟป่ามีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางการเกษตรของมนุษย์ เช่น การเตรียมพื้นที่เกษตรที่มีอยู่แล้วและการขยายพื้นที่การเกษตรของทั้ง 4 เขต ดังนั้น อุทยานแห่งชาติดอยหลวง ควรมีมาตรการในการป้องกันดูแลรักษาพื้นที่ป่าไม้ที่เสี่ยงต่อการบุกรุกเพื่อใช้ในการเกษตร หรือพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ซ้ำซากจนกลายเป็นป่าเสื่อมโทรมที่ง่ายต่อการบุกรุกเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และ 2 ที่เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำ ซึ่งไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่ต้องมีการใช้สารเคมี และใช้ไฟในการเตรียมพื้นที่ในการเพาะปลูก หรือการจัดการเศษวัสดุหลังการเกี่ยวในพื้นที่ดังกล่าว มีการสร้างความเข้าใจ และความตระหนักรู้ในเรื่องของการใช้ประโยชน์พื้นที่ในป่าอนุรักษ์ให้เหมาะสมตามบริบทของพื้นที่เพื่อให้คนกับป่าสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างสมดุล และนำไปสู่ความยั่งยืนในการจัดการทรัพยากร

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาดังกล่าว สรุปได้ว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีการแปรสภาพจากพื้นที่ป่าผลัดใบไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด ซึ่งตรวจพบจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2566 ในพื้นที่ป่าผลัดใบที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เกิดจุดความร้อนมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่าผลัดใบถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่สูงชัน ซึ่งยากต่อการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกหรือการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงมีความจำเป็นต้องใช้ไฟในการจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้ตรวจพบจุดความร้อนในพื้นที่ดังกล่าวมากที่สุด จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าไม้ที่เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีความเกี่ยวข้องส่งผลต่อการเกิดไฟป่า ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการเกิดปัญหาบุกรุกพื้นที่ป่า และปัญหาไฟป่า ควรมีการจัดทำแนวเขตให้ชัดเจน ทั้งแนวเขตอุทยานแห่งชาติ และพื้นที่ถือครองของราษฎรในพื้นที่ สร้างข้อตกลง และความเข้าใจร่วมกันระหว่างชุมชนและอุทยานแห่งชาติ โดยใช้แนวทางการจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์อย่างมีส่วนร่วมเพื่อให้คนกับป่าอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืน

คำนิยาม

ขอขอบคุณอุทยานแห่งชาติดอยหลวงที่ให้ข้อมูลสนับสนุนในการวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

- Congalton, R.G., Green, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices**. Lewis Publisher, Boca Raton, USA.
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2022. **Doi Luang National Park Management Plan**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Protection and Fire Control Office. 2021. **Measures to Solve Forest Fire Problems in 2021**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Protection and Fire Control Office. 2022. **Hotspot Statistics of Thailand in 2020–2022**. <https://portal.dnp.go.th/Content/firednp?contentId=15705/>, 15 January 2023.
- Kongsawi, V., Arunpraparut, W., Rianthakool, L. 2020. Application of geo-informatics in predicting forest land use at the Doi Inthanon National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 39(2): 77–90. (in Thai)
- Land Development Department. 2003. **Land Use Classification Document**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J. 2015. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Wiley, New York, USA.
- Nation Aeronautics and Space Administration. 2024. **Fire Information for Resource Management System**. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>, 1 January 2024.
- Royal Forest Department. 2021. **Project to Prepare Information on the Condition of Forest Areas in the Year 2020–2021**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2022. **Project to Prepare Information on the Condition of Forest Areas in the Year 2021–2022**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sinrodtanakorn, C., Arunpraparut, W., Pongpattananurak, N. 2020. Monitoring and predicting land use tendency using land change modeler at Doi Suthep–Pui National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 110–124. (in Thai)
- Suwanwaree, T., Phayungwiwatthanakoon, C. 2015. **Impacts of Forest Fire on the Forest Fertility and Air Quality in Chiang Mai Province**. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Zea-kow, C., Rachdawong, P., Charoenpol, K. 2022. Statistical analysis of factors affecting the onset of forest fires in Nan province. **Chulachomklao Royal Military Academy Journal**, 20(1): 1–11. (in Thai)

มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จังหวัดสมุทรปราการ
Recreational Value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan, Samut Prakan Province

กัลยา สุขสวัสดิ์^{1,2}, สันติ สุขสอาด^{1*} และอภิชาติ ภัทรธรรม¹
Kanlaya Suksawat^{1,2}, Santi Suksard^{1*} and Apichart Pattaratuma¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²สำนักเศรษฐกิจการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Forest Economic Bureau Office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforss@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 10 เมษายน 2567
Received: 10 April 2024

รับแก้ไข 13 มิถุนายน 2567
Revised: 13 June 2024

รับลงพิมพ์ 24 มิถุนายน 2567
Accepted: 24 June 2024

ABSTRACT

The objectives of this study were: 1) to study basic economic and social information and the satisfaction level of visitors to Suan Sri Nakhon Khuean Khan; 2) to evaluate the recreational value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan based on the contingent valuation method using willingness to pay; and 3) to evaluate the recreational value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan based on the individual travel cost method. Data were collected using a designed questionnaire filled out by 416 Suan Sri Nakhon Khuean Khan Thai visitors during June–July 2023. Analysis was based on the frequency, percentage, minimum and maximum statistics and on multiple regression using the stepwise method in relationship analysis.

Based on the results of this study, the majority of the visitors to Suan Sri Nakhon Khuean Khan were female (54.8%) and the average age of visitors was 37 years, with most being Buddhists (94.2%), single (51.4%) and having a bachelor's degree (61.1%). The main occupation was company employees (32.5%), with an average income of 30,617.7 baht/month. There was an average of 3 members per visiting group. The average cost of traveling to visit Suan Sri Nakhon Khuean Khan was 417.84 baht per trip and many respondents said they would return.

Suan Sri Nakhon Khuean Khan is a public park in an urban area with 271,978 visitors in 2023. The recreational value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan based on the contingent value method and using willingness to pay was 6,826,647.80 baht/year and the recreational value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan based on the individual travel cost method was 44,705,023.86 baht/year. Therefore, relevant agencies should be preparing an annual budget and site allocation management plan for the visitors who come to use the recreational services and to further develop the services and facilities in Suan Sri Nakhon Khuean Khan.

Keywords: Recreational value; Suan Sri Nakhon Khuean Khan; Willingness to pay; Individual travel cost method

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคมและความพึงพอใจของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ 2) ประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยใช้วิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย และ 3) ประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือน ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 416 คน นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติ เช่น ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และใช้สมการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธี Stepwise ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.8 อายุเฉลี่ย 37 ปี ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 94.2 สถานภาพโสด ร้อยละ 51.4 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 61.1 อาชีพหลักเป็นพนักงานบริษัท ร้อยละ 32.5 มีรายได้เฉลี่ย 30,617.7 บาทต่อเดือน มีจำนวนสมาชิกต่อกลุ่มที่มาเยือนเฉลี่ย 3 คน มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เฉลี่ย 417.84 บาทต่อครั้งและจะกลับมาอีกในอนาคต

สวนศรีนครเขื่อนขันธ์เป็นสวนสาธารณะในเขตเมืองที่มีผู้มาเยือนในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 271,978 คน จากการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์พบว่า มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในปี พ.ศ. 2566 โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้มาเยือนมีมูลค่า 6,826,647.80 บาทต่อปี และมูลค่าทางนันทนาการโดยใช้วิธีต้นทุนในการเดินทางของบุคคลของผู้มาเยือนมีมูลค่า 44,705,023.86 บาทต่อปี ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการพื้นที่ให้มีความสามารถในการรองรับผู้มาเยือนที่เข้ามาใช้บริการด้านนันทนาการเพื่อพัฒนาการบริการ และสิ่งอำนวยความสะดวกในสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ต่อไป

คำสำคัญ: มูลค่าทางด้านนันทนาการ สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ความเต็มใจที่จะจ่าย ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล

คำนำ

แผนแม่บทยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561–2580 ประเด็นที่ 18 การเติบโตอย่างยั่งยืน มีเป้าหมายเพื่อปรับสภาพแวดล้อมของประเทศให้มีคุณภาพดีขึ้นอย่างยั่งยืน สนับสนุนการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมผ่านการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติทั้งทางบกและทางทะเล เพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดยุทธศาสตร์ที่ 4.1 เรื่องการสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืนเศรษฐกิจสีเขียว และในข้อที่ 4.1.4 รักษาและเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกำหนดพื้นที่สีเขียวทุกประเภทให้ได้ร้อยละ 55 ภายในปี พ.ศ. 2580 โดยเป็นพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองและชนบทร้อยละ 5 เพื่อสร้างระบบรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Office of the National Economic and Social Development Board, 2018) ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของเขตเมือง เพื่อรองรับจำนวนประชากรที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดยการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของประชากร ล้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดมลพิษ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากร และสิ่งแวดล้อม จึงมีการสร้างพื้นที่สีเขียวในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ สวนสาธารณะ สวนพฤกษศาสตร์ สวนรุกขชาติ การเพิ่มจำนวนต้นไม้ในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มการดูดซับมลพิษทางอากาศ บรรเทาความเลวร้ายของมลพิษหมอกควัน ในเขตเมือง เป็นพื้นที่ให้ประชากรในเขตเมืองได้เข้ามาพักผ่อนหย่อนใจรับอากาศที่บริสุทธิ์

สวนศรีนครเขื่อนขันธ์เป็นพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง มีพื้นที่กว่า 148 ไร่ (Royal Forest Department, n.d) และเป็นพื้นที่อนุรักษ์ธรรมชาติ ซึ่งพื้นที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ช่วยดูดซับมลพิษทางอากาศ นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านระบบนิเวศที่สำคัญ มีพรรณไม้และสัตว์นานาชนิด อีกทั้งยังเป็นแหล่งนันทนาการของคนเมือง ที่สามารถเข้ามาพักผ่อนหย่อนใจและทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การปั่นจักรยานตามเส้นทางศึกษาธรรมชาติ หอดูนก จุดชมวิว ออกกำลังกาย ฯลฯ ด้วยสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่สมบูรณ์ อากาศที่บริสุทธิ์ และเป็นพื้นที่ที่สามารถรองรับกิจกรรมที่หลากหลายจากสถิติผู้มาเยือนต่อปี ในปี พ.ศ. 2565 พบว่ามีจำนวนผู้มาเยือน 226,539 คน (Sri Nakhon Khuean Khan Park, 2023) นับได้ว่าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ เป็นสวนสาธารณะขนาดใหญ่ในเขตเมืองที่มีผู้มาเยือนเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ สิ่งอำนวยความสะดวก ปัญหาขยะ ความสะอาด ฯลฯ ตามมา รวมถึงการพัฒนาคุณภาพของการบริการในด้านต่าง ๆ ให้เพียงพอตอบสนองต่อความต้องการใช้บริการของผู้มาเยือน ในขณะเดียวกันการจัดให้มีสวนสาธารณะไว้บริการประชาชนนั้นมีค่าใช้จ่าย โดยมีหน่วยงานภาครัฐเป็นผู้รับผิดชอบ จึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรงบประมาณในการดูแลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการให้บริการของสวนสาธารณะไม่มีราคาในระบบตลาด แต่สวนสาธารณะมีประโยชน์แก่ประชาชน ในทางเศรษฐศาสตร์ จึงมีการศึกษาหามูลค่าการใช้ประโยชน์ทางด้านนันทนาการของสวนสาธารณะในเขตเมืองหลายแห่ง อาทิ Suksard et al. (2019) ได้ทำการศึกษามูลค่าทางนันทนาการของสวนหลวง ร.9 โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้

ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย และวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษามูลค่าทางด้านการนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย และวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล ออกมาเป็นมูลค่าหรือประโยชน์ในรูปแบบของตัวเงิน โดยใช้วิธีการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมูลค่าทางด้านการนันทนาการที่ศึกษาได้นั้น จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการของประชาชนว่าให้ความสำคัญ และมีความต้องการใช้บริการพื้นที่สวนสาธารณะสวนศรีนครเขื่อนขันธ์มากน้อยเพียงใด โดยหน่วยงานภาครัฐสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ พัฒนารูปแบบกิจกรรมนันทนาการ และสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อรองรับผู้มาเยือนให้เกิดความพึงพอใจสูงสุดในการเข้ารับบริการ อีกทั้งยังเป็นการศึกษาแนวทางเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรแผนงานและงบประมาณในการบริหารจัดการและพัฒนาพื้นที่สีเขียวให้เป็นแหล่งนันทนาการที่มีศักยภาพได้รับมาตรฐานเพื่อสร้างระบบรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามนโยบายรัฐบาล

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจากการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการประเมินมูลค่าทรัพยากรป่าไม้ แนวคิดทางด้านนันทนาการ แนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง แนวคิดเกี่ยวกับสวนสาธารณะ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ และสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ถึงจำนวนสถิติผู้มาเยือน

ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ กับกลุ่มตัวอย่าง จากผู้มาเยือนชาวไทยที่เข้ามาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2566 จำนวน 416 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือในการสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาบทความวิชาการ หนังสือรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารต่าง ๆ ตลอดจนสอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบสัมภาษณ์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยสร้างคำถามเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลมาศึกษาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งคำถามออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ 2) ลักษณะการเข้าร่วม

กิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ 3) การเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ และค่าใช้จ่ายในการมาเยือน 4) ความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ และ 5) ความยินดีที่จะจ่ายของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

นำแบบสัมภาษณ์ไปทำการทดสอบเบื้องต้น (pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนในพื้นที่สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จำนวน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (reliability) ของคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ คำนวณหาค่าแอลฟาด้วยวิธี Cronbach ทั้งนี้ความเชื่อมั่นจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.80 (Thaweerat, 2000) ซึ่งจากการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง จากผู้มาเยือนชาวไทยที่เข้ามาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2566 โดยได้ทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (simple size) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 0.05 โดยใช้สูตรของ Yamane (1973) คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 226,539 คน (Sri Nakhon Khuean Khan Park, 2023) จะได้กลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนที่ทำการศึกษาคือ 399.29 คน โดยกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนที่ทำการศึกษาคือนี้ กำหนดที่จำนวน 416 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ได้แก่ เพศ อายุ ศาสนา สถานภาพสมรส การศึกษา อาชีพ รายได้ และจังหวัดที่พักอาศัย ข้อมูลลักษณะการเข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ได้แก่ การรู้จักสถานที่วัตถุประสงค์ของการมาเยือน ช่วงเวลาในการมาเยือน ระยะเวลาในการมาเยือน จำนวนครั้งในการมาเยือนต่อปี เหตุผลในการเดินทางมาเยือน สมาชิกในกลุ่มต่อการเดินทางมาเยือน วิธีการเดินทางมาเยือน ระยะทางจากที่พัก ค่าใช้จ่ายในการมาเยือน ความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในด้านต่าง ๆ ความยินดีที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมสูงสุดในการเข้าพื้นที่นันทนาการ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative analysis) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมีขั้นตอน ดังนี้

1. ประเมินมูลค่าทางด้านการนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จากวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า (contingent valuation method: CVM) โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย (willingness to

pay, WTP) (Suksard, 2006) โดยคิดเฉพาะค่าธรรมเนียมผ่านประตูเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จากการใช้คำถามในแบบสัมภาษณ์ว่า “สวนศรีนครเขื่อนขันธ์เป็นสวนสาธารณะที่มีผู้คนจำนวนมากเข้ามาใช้ประโยชน์ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อการชำระค่าค่าธรรมเนียมของสิ่งอำนวยความสะดวกตามจุดบริการต่าง ๆ เช่น ป้ายสื่อความหมาย ป้ายบอกทาง หอชมนกห้องน้ำ พื้นที่บริเวณต่าง ๆ ฯลฯ จำเป็นต้องมีการทำความสะอาดจัดการดูแล แต่เนื่องจากการได้รับงบประมาณที่จำกัดไม่เพียงพอ ถ้ามีการเก็บค่าธรรมเนียมผ่านประตูเพิ่มขึ้นเพื่อนำรายได้ไปปรับปรุงภูมิทัศน์ สิ่งอำนวยความสะดวกจุดบริการต่าง ๆ” วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความเต็มใจที่จะจ่ายกับปัจจัยต่าง ๆ ดังสมการ (1) โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณด้วยวิธี Stepwise ดังนี้

$$WTP = f(I_i, E_i, A_i, Q_i, G_i, K_i, C_i) \quad (1)$$

โดยที่ WTP = ความเต็มใจที่จะจ่าย (บาทต่อครั้ง)

I_i = รายได้ต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีที่ใช้ในการศึกษา)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

V_i = จำนวนครั้งที่มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของผู้มาเยือน (ครั้งต่อปี)

G_i = จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่มาในครั้งนี้ (คน)

K_i = ระยะทางในการเดินทาง (กิโลเมตร)

C_i = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (บาท)

เมื่อได้ความสัมพันธ์ระหว่าง WTP กับปัจจัยต่าง ๆ แล้ว จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับ WTP มาแทนค่าในสมการ (1) เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมค่าเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ (WTP) เพื่อการนันทนาการต่อครั้ง นำมาคูณจำนวนผู้มาเยือนต่อปี ในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 271,978 คน (Sri Nakhon Khuean Khan Park, 2023.) ดังสมการ (2) เพื่อหามูลค่าทางนันทนาการ (V)

$$V = WTP \times N \quad (2)$$

2. การประเมินมูลค่าของแหล่งนันทนาการ โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล (individual travel cost method, ITCM) จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ (Hoamuangkaew, 2010) ดังสมการ (3) โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธี Stepwise ดังนี้

$$V_i = f(I_i, A_i, E_i, OP_i, C_i) \quad (3)$$

โดยที่ V_i = จำนวนครั้งที่มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของผู้มาเยือน (ครั้งต่อปี)

I_i = รายได้ต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีการศึกษา)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

OP_i = ค่าใช้จ่ายของผู้มาเยือนในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการอื่นสามารถทดแทนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ (บาท/ครั้ง)

C_i = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (บาทต่อครั้ง)

โดยในกรณีนี้ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (C_i) คิดรวมค่าเสียโอกาสของเวลาด้วย โดยค่าเสียโอกาสของเวลาเท่ากับ 1/3 หรือ 0.33 ของอัตราค่าจ้างที่ผู้มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ได้รับจากการทำงานหรือจากรายได้ที่ได้รับ (Cesario and Knetsch, 1976) และกรณีที่ผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ไม่มีรายได้จากการทำงาน จะกำหนดให้รายได้มีค่าเท่ากับค่าจ้างขั้นต่ำ โดยกำหนดให้ 1 เดือน มีวันทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 20 วัน และทำงานเฉลี่ยวันละ 8 ชั่วโมง คิดมูลค่าเวลาเป็นนาฬิกาจะได้ดังสมการ (4)

$$C_i = C1_i + C2_i + \frac{0.33I_i (T1_i + T2_i)}{20 \times 8} \quad (4)$$

โดยที่ C_i = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (บาท/ครั้ง)

$C1_i$ = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท/ครั้ง)

$C2_i$ = ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท/ครั้ง)

I_i = รายได้ต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท/เดือน)

$T1_i$ = มูลค่าของเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

$T2_i$ = มูลค่าของเวลาในการใช้บริการ (ชั่วโมง)

20 = วันทำงานเฉลี่ยต่อเดือน

8 = เวลาทำงานเฉลี่ย (ชั่วโมง)

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์กับตัวแปรอิสระที่ถูกกำหนดให้คงที่ โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธี Stepwise โดยพิจารณาจากค่าสถิติ F ค่าสถิติ t และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงซ้อน (coefficient of multiple determination, R^2) และนำมาทำการประมาณการเส้นอุปสงค์ของการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

โดยการประเมินมูลค่าทางด้านนันทนาการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จากส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ด้วยการคำนวณพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ซึ่งเป็นตัวแทนของมูลค่าประโยชน์ทางด้านนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาโดยนำสมการอุปสงค์ซึ่งก็คือสมการที่แสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการมาเยือนสวนศรีนคร-
เขื่อนขันธ์ กับค่าตัวแปรอิสระต่าง ๆ มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายใน
การเดินทางสูงสุด (choke price) ($C_{i(max)}$) ที่ผู้มาใช้บริการ
ทางด้านนันทนาการจะไม่เดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
เมื่อแทนค่าจำนวนครั้งในการเดินทางเท่ากับ 0 และตัวแปร
อิสระอื่นคงที่เพื่อหาค่า $C_{i(max)}$ จากนั้นนำสมการที่แสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการมาเยือนสวนศรีนคร
เขื่อนขันธ์ของบุคคลกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยต่อครั้ง
ของบุคคลมาคำนวณส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด โดยทำการหา
พื้นที่ใต้เส้น อุปสงค์ด้วยวิธีการอินทิกรัลจำกัดเขต (definite
integral) ระหว่างค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยเฉลี่ยของ
บุคคล (C_i) ถึงค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงสุดของบุคคล $C_{i(max)}$
ในการศึกษานี้ จะใช้ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยเป็น
ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อครั้งของบุคคล ดังนั้น ค่าที่ได้จาก
อินทิกรัลจำกัดเขต แสดงถึงส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรี-
นครเขื่อนขันธ์ หรือความพอใจส่วนเกินของบุคคล (individual
consumer surplus, CS) ที่เดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
ได้ดังสมการ (5)

$$CS_i = \int_{C_i}^{C_{i(max)}} f(C_i, I_i, A_i, E_i, OP_i) dC_i \quad (5)$$

โดยที่ CS_i = ส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

คำนวณหาส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
เฉลี่ยต่อครั้ง (average consumer surplus, ACS) โดย
คำนวณจากส่วนเกินของผู้มาเยือนต่อบุคคลหารด้วยจำนวนครั้ง
ในการเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เฉลี่ยของบุคคล
(Q_i) ได้ดังสมการ (6)

$$ACS = CS_i / Q_i \quad (6)$$

โดยที่ ACS = ส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
เฉลี่ยต่อคนต่อการเดินทาง 1 ครั้ง (บาท/คน/ครั้ง/ปี)

คำนวณหาผลรวมส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนคร-
เขื่อนขันธ์ ทั้งหมดดังสมการ (7) จากการนำค่า ACS คูณด้วย
จำนวนประชากรที่เดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
ทั้งหมด (N) ในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2566

$$CS = ACS \times N \quad (7)$$

โดยที่ CS = ส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์
ทั้งหมด (บาท/ปี)

ในการคำนวณหาส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนคร-
เขื่อนขันธ์ หรือความพอใจส่วนเกินของผู้มาเยือนสวนศรีนคร-
เขื่อนขันธ์ ทั้งหมด ซึ่งก็คือ มูลค่าทางด้านนันทนาการของ
สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยการประมาณการหาพื้นที่ใต้
เส้นอุปสงค์ เพื่อการอธิบายถึงความพึงพอใจของผู้มาเยือน
สวนศรีนครเขื่อนขันธ์

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน สวนศรีนครเขื่อนขันธ์

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน พบว่า
ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยเป็น
เพศหญิง ร้อยละ 54.8 และเป็นเพศชายร้อยละ 45.2 มีอายุ
21-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.5 รองลงมาเป็นผู้มาเยือนที่มี
อายุ 31-40 ปี 41-50 ปี มากกว่า 60 ปี น้อยกว่า 21 ปี และ
51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 25.7, 18.0, 9.2, 8.9, และ 7.7
ตามลำดับ โดยมีอายุน้อยที่สุด 18 ปี มากที่สุด 78 ปี และเฉลี่ย
37 ปี นับถือศาสนาพุทธ คิดเป็นร้อยละ 94.2 รองลงมานับถือ
ศาสนาคริสต์ ศาสนาอิสลาม และอื่น ๆ (ไม่นับถือศาสนาใด)
คิดเป็นร้อยละ 2.9, 2.2 และ 0.7 ตามลำดับ มีสถานภาพโสด
คิดเป็นร้อยละ 51.4 รองลงมา มีสถานภาพสมรส และหม้าย/
อย่าร้าง/แยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 43.5 และ 5.1 ตามลำดับ
จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 61.1 รองลงมา
คือระดับสูงกว่าปริญญาตรี มัธยมศึกษา ปวช. อนุปริญญา/
ปวส. มัธยมศึกษาตอนต้น ประถมศึกษา และไม่ได้เรียน คิดเป็น
ร้อยละ 12.9, 9.9, 8.7, 5.8, 1.4 และ 0.2 ตามลำดับ มีอาชีพ
พนักงานบริษัทมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.5 รองลงมาคือ
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ข้าราชการ/พนักงานของรัฐหรือ
รัฐวิสาหกิจ พ่อบ้าน/แม่บ้าน/ว่างงาน/เกษียณ นักเรียน/
นักศึกษา รับจ้างทั่วไป และอาชีพอิสระ/ฟรีแลนซ์ คิดเป็น
ร้อยละ 19.9, 14.7, 12.3, 12.0, 6.7 และ 1.9 ตามลำดับ
มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ
29.8 รองลงมาเป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-30,000 บาท
รายได้เฉลี่ยต่อเดือนไม่เกิน 10,000 บาท รายได้เฉลี่ยต่อเดือน
30,001-40,000 บาท รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 40,001-50,000
บาท และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 50,000 บาท คิดเป็น
ร้อยละ 20.2, 15.9, 13.2, 13.0 และ 7.9 ตามลำดับ โดยรายได้
เฉลี่ยต่อเดือนต่ำสุด 3,000 บาท สูงสุด 200,000 บาท
และเฉลี่ย 30,617.67 บาท

ข้อมูลการมาเยือน พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่พักอาศัย
อยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ คิดเป็นร้อยละ 65.4 รองลงมาอยู่
ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 26.9 และจังหวัด
อื่น ๆ (นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร นครปฐม และอยุธยา)
คิดเป็นร้อยละ 7.7 รู้จักสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ด้วยตนเอง
คิดเป็นร้อยละ 49.8 รองลงมา มีผู้แนะนำให้รู้จัก รู้จักจาก
โซเชียลมีเดีย และรู้จักจากใบปลิว/ป้ายโฆษณา คิดเป็นร้อยละ
26.7, 23.3 และ 0.2 ตามลำดับ วัตถุประสงค์หลักของ
การมาเยือนเพื่อมาพักผ่อนหย่อนใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ
80.5 รองลงมา มาปั่นจักรยาน เดิน/วิ่ง ศึกษาธรรมชาติ และ
กิจกรรมอื่นๆ (กายบริหาร/ทำกิจกรรมกับหน่วยงาน/ประชุม/
นัดคุยงาน) คิดเป็นร้อยละ 55.8, 38.9, 26.0, 15.9 และ 6.3

ตามลำดับ มีการมาเยือน 1-10 ครั้ง มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.2 รองลงมา มีการมาเยือนจำนวนมากกว่า 30 ครั้ง 11-20 ครั้ง และ 21-30 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 28.1, 8.7 และ 6.0 ตามลำดับ โดยจำนวนครั้งในการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ต่อปีมากที่สุด 365 ครั้ง น้อยที่สุด 1 ครั้ง เฉลี่ย 53 ครั้ง และ ความถี่สูงสุด 1 ครั้ง เหตุผลในการเลือกมาเยือนสวนศรีนคร-เขื่อนขันธ์แทนสวนสาธารณะอื่นเพราะบรรยากาศดี/ร่มรื่น/สวยงาม มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.9 รองลงมาคือ เงียบสงบ มีพื้นที่เหมาะสมกับกิจกรรม เดินทางสะดวก ใกล้ที่พัก ปลอดภัย สิ่งอำนวยความสะดวกมีความพร้อม และอื่น ๆ (มาสถานที่อื่นใกล้เคียง/มีคนพา) คิดเป็นร้อยละ 65.6, 64.2, 36.3, 26.9, 12.3, 9.6 และ 6.0 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มากับ ครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 45.9 รองลงมา คือ มากับเพื่อน/แฟน และมาคนเดียว คิดเป็นร้อยละ 44.7 และ 9.4 ตามลำดับ มีจำนวนสมาชิกในกลุ่มที่มาเยือน 1-3 คน คิดเป็นร้อยละ 54.8 รองลงมา มีจำนวน 4-6 คน 7-10 คน และมีจำนวนมากกว่า 10 คน คิดเป็นร้อยละ 38.5, 4.3 และ 2.4 ตามลำดับ โดยกลุ่มของผู้มาเยือนน้อยที่สุด 1 คน มากที่สุด 12 คน และเฉลี่ย 3 คน

ข้อมูลการเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เดินทางมายังสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยรถยนต์ส่วนบุคคล คิดเป็นร้อยละ 57.9 รองลงมาเป็นรถจักรยานยนต์ รถโดยสารประจำทาง /รถรับจ้าง จักรยาน และเดิน คิดเป็นร้อยละ 15.6, 15.4, 7.5 และ 3.6 ตามลำดับ ระยะทางในการเดินทางมายังสวนศรีนคร-เขื่อนขันธ์จากที่พักอาศัยไม่เกิน 10 กิโลเมตร มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30.5 รองลงมา มีระยะทาง 11-20 กิโลเมตร 21-30 กิโลเมตร 31-40 กิโลเมตร 41-50 กิโลเมตร และมากกว่า 50 กิโลเมตรขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 28.1, 14.2, 13.7, 10.8 และ 2.2 ตามลำดับ โดยมีระยะทางน้อยที่สุด 0.5 กิโลเมตร มากที่สุด 90 กิโลเมตร และเฉลี่ย 22.29 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ อยู่ในช่วง 101-500 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.9 รองลงมา อยู่ในช่วง 501-1,000 บาท ไม่เกิน 100 บาท และ 1,001 บาท ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 23.6, 6.6 และ 4.3 ตามลำดับ โดยอัตราค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 4.6 บาท มากที่สุด 2,540.6 บาท และเฉลี่ย 417.84 บาท ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปสวนสาธารณะอื่นทดแทนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ไม่เกิน 100 บาท มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.6 รองลงมา อยู่ในช่วง 101-500 บาท และ 501-1,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 43.5 และ 1.9 ตามลำดับ โดยอัตราค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด 0 บาท มากที่สุด 750 บาท และเฉลี่ย 122.5 บาท และจากการศึกษากลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือน เมื่อจำแนกตามการเดินทางไปสถานที่อื่น ทดแทนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ พบว่าส่วนใหญ่เดินทางไปสวนสุขภาพลัดโพธิ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.5 รองลงมา เดินทางไปสวนหลวง ร.9 สวนเบญจทัศ (สวนรถไฟ) สวนลุมพินี

สวนจตุจักร และสวนเบญจกิติ คิดเป็นร้อยละ 21.4, 11.1, 7.9, 6.3, 4.3 และ 3.6 ตามลำดับนอกจากนี้ยังมีการเดินทางไปสถานที่ทดแทนอื่น ๆ เช่น สวนลัดหลวง สวนบางหญ้าแพรก ฯลฯ คิดเป็นร้อยละ 9.6 และไม่ไปสถานที่ทดแทนใดเลย คิดเป็นร้อยละ 17.5

ความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในด้านต่าง ๆ ของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนคร-เขื่อนขันธ์เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.11) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระดับความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในด้านต่าง ๆ ในระดับมากที่สุด ได้แก่

1.1 ความร่มรื่น สวยงาม บรรยากาศดีของพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.53) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.6 รองลงมา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 41.8 และ 2.6 ตามลำดับ

1.2 ความเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.26) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.2 รองลงมา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 37.0 และ 10.8 ตามลำดับ

1.3 การมีแหล่งศึกษาธรรมชาติที่สมบูรณ์ของพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.51) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.3 รองลงมา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ระดับปานกลาง และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 40.6, 3.8 และ 0.2 ตามลำดับ

1.4 ความเหมาะสมของระยะเวลาในการเปิด-ปิด ให้บริการ 05.00-19.00 น. พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.41) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.3 รองลงมา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 44.2 และ 7.5 ตามลำดับ

2. ระดับความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนคร-เขื่อนขันธ์ในด้านต่าง ๆ ในระดับมาก ได้แก่

2.1 ความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.03) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.8 รองลงมา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ระดับปานกลาง และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 24.0, 19.0 และ 1.2 ตามลำดับ

2.2 การให้บริการและอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.63) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 42.8 รองลงมามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ระดับมากที่สุด ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.9, 13.7, 2.9 และ 0.7 ตามลำดับ

2.3 การให้ข้อมูลแนะนำสถานที่จากป้ายสื่อความหมาย พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.81) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 54.1 รองลงมามีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ระดับมากที่สุด ระดับน้อย และระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.6, 15.1, 2.9 และ 0.2 ตามลำดับ

2.4 สิ่งอำนวยความสะดวกที่รองรับผู้มาเยือน เช่น ห้องน้ำ ถึงขยะ ม้านั่ง ร้านค้าบริเวณใกล้เคียง ฯลฯ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.67) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 47.1 รองลงมามีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ระดับมากที่สุด และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 33.2, 13.2 และ 6.5 ตามลำดับ

2.5 การดูแลรักษาความสะอาดของพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.20) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 62.5 รองลงมามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 28.87 และ 8.7 ตามลำดับ

2.6 การดูแลรักษาความปลอดภัยของพื้นที่ พบว่า ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.02) โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 54.1 รองลงมามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ระดับปานกลาง และระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 24.5, 20.7 และ 0.7 ตามลำดับ

มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือน พบว่า ผู้มาเยือนมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมผ่านประตูเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จำนวน 412 คน คิดเป็นร้อยละ 99.0 และผู้มาเยือนที่ไม่เต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 1.0 โดยมีความเต็มใจที่จะจ่ายเฉลี่ย 25.1 บาท การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (I_i) อายุของผู้มาเยือน (A_i) ระดับการศึกษา (E_i) จำนวนครั้งในการมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ (V_i) จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือน (N_i) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (C_i) กับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณด้วยวิธี Stepwise ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และรายได้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Table 1)

Table 1 Coefficients for multiple regression equation for relationship between willingness to pay and independent variables

Independent variable	Coefficient	t	p-Value
Constant	9.846863	8.318***	0.000
C_i	0.026678	8.917***	0.000
I_i	0.000134	3.911***	0.000
F = 124.423***		Adjusted R ² = 0.373	
p-Value = 0.000		R ² = 0.376	

Remark: *** = Significant at level of 0.001; R² = Coefficient of determination

จาก Table 1 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณดังสมการข้างล่าง

$$WTP = 9.846863 + 0.026678C_i + 0.000134I_i$$

เมื่อพิจารณาค่าสถิติ F มีค่าเท่ากับ 124.423 p-value ของ F มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด 0.01 แสดงว่าตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือน และรายได้ของผู้มาเยือนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์

เท่ากับ 0.026678 และ 0.000134 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 หรืออธิบายได้ว่า เมื่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท ความเต็มใจที่จะจ่ายจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.026678 บาท ในทิศทางเดียวกัน และเมื่อรายได้ของผู้มาเยือน เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จะทำให้ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.000134 บาท ในทิศทางเดียวกัน เมื่อปัจจัยอื่นคงที่ สำหรับค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.376 อธิบายได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้มาเยือน และรายได้ของผู้มาเยือน สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ได้ ร้อยละ 37.6

ที่เหลืออีกร้อยละ 62.4 ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่ไม่ได้นำมาพิจารณา

มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์สามารถคำนวณได้โดยนำค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทาง (C_i) 417.8 บาท และรายได้ของผู้มาเยือน (I_i) 30,617.7 บาทต่อเดือน มาแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ แล้วนำค่า WTP ที่ได้ไปคูณกับจำนวนผู้มาเยือนในปี 2566 (N) 271,978 คน (Sri Nakhon Khuean Khan Park, 2024) ซึ่งมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย (V) คำนวณได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} WTP &= 9.846863 + 0.026678(417.84) + \\ &\quad 0.000134(30,617.67) \\ &= 25.10 \end{aligned}$$

$$\text{แทนค่าใน } V = WTP \times N$$

$$V = 25.10 \times 271,978$$

$$V = 6,826,647.80$$

ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย มีค่าเท่ากับ 6,826,647.80 บาทต่อปี

มูลค่าทางนันทนาการโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล

จากการศึกษามูลค่าทางนันทนาการโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของบุคคล (C_i) อายุของบุคคล (A_i) รายได้ต่อเดือนของบุคคล (I_i) และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการทดแทนของผู้มาเยือน (OP_i) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Table 2)

Table 2 Coefficients for multiple regression equations for numbers of visitor and independent variables

Independent variable	Coefficient	t	p-Value
Constant	51.049	3.811***	0.000
C_i	- 0.171	- 9.561***	0.000
A_i	1.561	5.171***	0.000
I_i	0.001	4.332***	0.000
OP_i	- 0.096	- 3.183***	0.000
F = 42.839***	p-value = 0.000	R² = 0.294	Adjusted R² = 0.287

Remark: *** = Significant at level of 0.001; R² = Coefficient of determination

จาก Table 2 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณ ดังสมการข้างล่าง

$$V_i = 51.049 - 0.171C_i + 1.561A_i + 0.001I_i - 0.096OP_i$$

เมื่อพิจารณาค่าสถิติ F มีค่าเท่ากับ 42.839 ค่า p-value ของ F มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด 0.001 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของบุคคลของผู้มาเยือนมีค่าสัมประสิทธิ์ -0.171 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 อธิบายได้ว่า เมื่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของบุคคลของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จำนวนครั้งในการมาเยือนจะเปลี่ยนแปลง 0.171 ครั้งต่อปี ในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อปัจจัยอื่นคงที่ อายุของผู้มาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์ 1.565 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 อธิบายได้ว่า เมื่ออายุของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการมาเยือนจะเปลี่ยนแปลง 1.56 ครั้งต่อปี ในทิศทางเดียวกัน เมื่อปัจจัยอื่นคงที่ รายได้ของผู้มาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.001

ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 อธิบายได้ว่า เมื่อรายได้ของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จำนวนครั้งในการมาเยือนจะเปลี่ยนแปลง 0.001 ครั้งต่อปี ในทิศทางเดียวกัน เมื่อปัจจัยอื่นคงที่ และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการทดแทนของผู้มาเยือน มีค่าสัมประสิทธิ์ -0.096 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 อธิบายได้ว่า เมื่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการทดแทนของผู้มาเยือนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จะทำให้จำนวนครั้งในการมาเยือนจะเปลี่ยนแปลง 0.096 ครั้งต่อปี ในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อปัจจัยอื่นคงที่ สำหรับค่า R² เท่ากับ 0.294 หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางมาเยือนของผู้มาเยือน อายุของผู้มาเยือน รายได้ของผู้มาเยือน และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการทดแทนของผู้มาเยือน สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ได้ร้อยละ 29.40 ที่เหลือร้อยละ 70.60 ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่ไม่ได้นำมาพิจารณา

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ สามารถหาได้จากการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยมีขั้นตอนในการประเมินมูลค่าทางนันทนาการดังนี้

1. คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงสุด ($C_{i(max)}$) ที่ทำให้ผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ไม่เดินทางมาใช้บริการ โดยแทนค่าจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของบุคคลต่อปี (V_i) เท่ากับ 0 และ อายุของบุคคล เท่ากับ 37 ปี รายได้ของผู้มาเยือน เท่ากับ 30,617.67 และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปยังสถานที่นันทนาการทดแทนของผู้มาเยือนเท่ากับ 122.5 บาท จากนั้นแก้สมการเพื่อหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงสุด ดังนี้

$$V_i = 51.049 - 0.171C_i + 1.561(37) + 0.001(30,617.67) - 0.096(122.5)$$

$$C_{i(max)} = 746.571 \text{ บาท}$$

2. คำนวณหาจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยการแทนค่าตัวแปรอิสระลงในสมการอุปสงค์ของการมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ได้จำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ เท่ากับ 56.213 ครั้งต่อปี Figure 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ กับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เพื่อนำมาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์

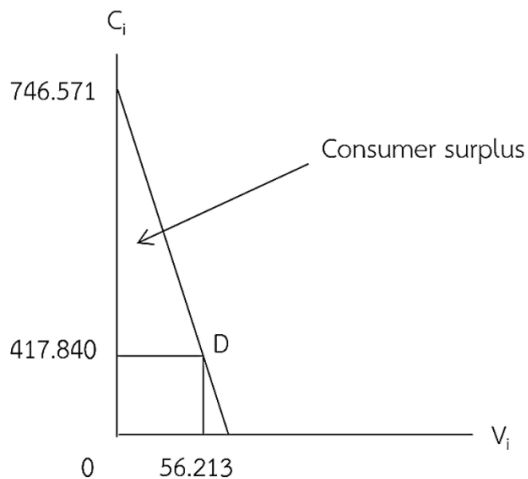


Figure 1 Demand curve (D) showing relationship between number of trips (V_i) and cost of traveling to Suan Sri Nakhon Khuean Khan (C_i).

3. นำสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งในการมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของบุคคล กับตัวแปรต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยต่อครั้งของบุคคล มาคำนวณส่วนเกินของผู้บริโภคทั้งหมด โดยทำการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์

ด้วยวิธีการอินทิกรัลจำกัดเขต (definite integral) ระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยต่อครั้งของบุคคล ถึงต้นทุนในการเดินทางสูงสุดของบุคคลเพื่อหาส่วนเกินผู้บริโภค ดังสมการข้างล่าง

$$CS_i = \int_{C_i}^{C_{i(max)}} f(127.667 - 0.171C_i) dC_i$$

$$CS_i = \int_{417.840}^{746.571} (127.667 - 0.171C_i) dC_i$$

ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้เดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ต่อคนต่อปี มีค่าเท่ากับ 9,239.596 บาทต่อคนต่อปี จากนั้นคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เฉลี่ยของบุคคลต่อครั้ง โดยคำนวณจากความพอใจส่วนเกินผู้บริโภคสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ต่อบุคคล หาดด้วยจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ของบุคคล (V_i) ซึ่งเท่ากับ 56.213 ครั้ง ได้ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ เฉลี่ยของบุคคล มีค่าเท่ากับ 164.37 บาทต่อครั้ง คำนวณหามูลค่านันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ (CS) จากการนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เฉลี่ยของบุคคลต่อครั้ง คูณด้วยจำนวนผู้มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ทั้งหมด (N) ที่มาสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในปี พ.ศ. 2566 จำนวน 271,978 คน (Sri Nakhon Khuean Khan Park, 2024) ดังนั้นมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ปี พ.ศ. 2566 มีมูลค่าเท่ากับ 44,705,023.86 บาทต่อปี

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่า การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย มีค่าต่ำกว่าการประเมินมูลค่าทางนันทนาการ โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewmora *et al* (2023); Suksard *et al* (2019); Wechvitan *et al* (2023) ที่ได้ทำการศึกษามูลค่าทางนันทนาการ โดยมูลค่าที่ได้จากวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจจะจ่ายมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่ได้จากการประเมินมูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีอาศัยค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมโดยธรรมชาติของผู้มาเยือนโดยทั่วไป เมื่อถูกสอบถามถึงการเสียค่าใช้จ่าย มักให้ค่าต่ำเสมอ แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องได้รับผลตอบแทนสูงสุดจากการจ่ายค่าบริการนั้น ๆ ด้วย อีกทั้งยังเป็นการสอบถามเกี่ยวกับความเต็มใจที่จะจ่ายเฉพาะค่าธรรมเนียมผ่านประตูซึ่งเป็นเพียงค่าใช้จ่ายบางส่วนของการเดินทางเท่านั้น ประกอบกับประชาชนยังคงให้ความสำคัญในการประเมินมูลค่าทรัพยากรป่าไม้ต่ำ และยังไม่ทราบถึงผลกระทบหากใช้ทรัพยากรป่าไม้จนมีสภาพเสื่อมโทรม จึงทำให้การรณรงค์และการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับรู้ถึงข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้และเข้าใจถึงประโยชน์ที่จะเกิดจากการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เพิ่มมากขึ้น

จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีค่าสูงขึ้นอีกด้วย ดังนั้น วิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นวิธีเหมาะสมสำหรับการประเมินมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียม

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนพบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.8 มีอายุเฉลี่ย 37 ปี ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 94.2 สถานภาพโสด ร้อยละ 51.4 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 61.1 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท ร้อยละ 32.5 มีรายได้เฉลี่ย 30,617.7 บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่พักอาศัยอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ ร้อยละ 65.4 รู้จักสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ด้วยตนเอง ร้อยละ 49.8 วัตถุประสงค์หลักของการมาเยือนพบว่า ส่วนใหญ่มาเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 80.5 จำนวนครั้งในการมาเยือนเฉลี่ย 53 ครั้งต่อปี เหตุผลในการที่ผู้มาเยือนเลือกมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์แทนที่จะไปสวนสาธารณะอื่นเนื่องจากบรรยากาศดี/ร่มรื่น/สวยงาม ร้อยละ 89.9 ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มากับครอบครัว ร้อยละ 45.9 สมาชิกในกลุ่มของผู้มาเยือนเฉลี่ย 3 คนต่อกลุ่ม การเดินทางมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จากที่พักอาศัย พบว่าส่วนใหญ่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล คิดเป็นร้อยละ 57.9 ซึ่งมีระยะทางในการเดินทางมายังสวนศรีนครเขื่อนขันธ์จากที่พักอาศัยของผู้มาเยือนเฉลี่ย 22.29 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางมาเยือนเฉลี่ย 417.84 บาท ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางไปสวนสาธารณะอื่นทดแทนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เฉลี่ย 122.5 บาท ส่วนใหญ่มีการเดินทางไปสวนสาธารณะอื่นทดแทนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ได้แก่ สวนสุขภาพลัดโพธิ์ หลวง ร.9 สวนลุมพินี ฯลฯ ผู้มาเยือนมีความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์อยู่ในระดับมากและมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเป็นจำนวนเงินเฉลี่ย 25.1 บาท

มูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้มาเยือน ในปี พ.ศ. 2566 มีมูลค่า 6,826,647.80 บาทต่อปี ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้มาเยือน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของบุคคล และรายได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) เท่ากับ 0.376 และมูลค่าทางนันทนาการโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคลของผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ในปี พ.ศ. 2566 มีมูลค่า 44,705,023.86 บาทต่อปี ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนครั้งในการมาเยือนต่อปี ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการเดินทางของบุคคล รายได้ อายุ และค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปสวนสาธารณะอื่นทดแทน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2) เท่ากับ 0.294

จากการศึกษาการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การศึกษามูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ทำให้ทราบถึงมูลค่าทางนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในรูปของตัวเงินจากการประเมินมูลค่าทางนันทนาการ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง วางแผนกำหนดนโยบายจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการพื้นที่ ให้มีความสามารถในการรองรับผู้มาเยือนที่เข้ามาใช้บริการด้านนันทนาการในพื้นที่อย่างเพียงพอ ทั้งนี้มูลค่าด้านนันทนาการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์พิจารณาเฉพาะด้านนันทนาการที่เกิดจากผู้มาเยือนเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้รวมมูลค่าอื่นๆ ดังนั้น ในการจัดสรรงบประมาณในการบริหารจัดการพื้นที่จึงควรนำประเด็นอื่นมาประกอบการพิจารณาด้วย เช่น คุณค่าด้านระบบนิเวศป่าต่าง ๆ และสัตว์ที่อยู่อาศัย คุณค่าด้านการศึกษาเรียนรู้ คุณค่าด้านเศรษฐกิจในชุมชนจากการดึงดูดนักท่องเที่ยว ฯลฯ

2. การศึกษาความพึงพอใจต่อการมาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่ควรปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ได้แก่ ความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ โดยเพิ่มป้ายบอกทางในการเข้าถึงสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ให้ชัดเจน การให้บริการและอำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ โดยเพิ่มจำนวนเจ้าหน้าที่ให้เพียงพอต่อการดูแลพื้นที่ และมีการตรวจตราตามจุดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น การให้ข้อมูลแนะนำสถานที่จากป้ายสื่อความหมาย โดยปรับปรุงป้ายสื่อความหมายที่ชำรุดเพิ่มป้ายบอกทาง สิ่งอำนวยความสะดวกที่รองรับผู้มาเยือน อาทิ การปรับปรุงทางเดิน ป้ายสื่อความหมาย ป้ายบอกทางเพิ่มร้านค้า ห้องน้ำ อุปกรณ์ออกกำลังกาย การดูแลรักษาความสะอาดของพื้นที่ โดยเพิ่มถังขยะ เพิ่มการดูแลรักษาความสะอาด และการดูแลรักษาความปลอดภัยของพื้นที่ โดยเพิ่มมาตรการด้านความปลอดภัย อาทิ การเพิ่มไฟสว่างในยามวิกาล การติดตั้งกล้องวงจรปิดกระจายตามจุดต่าง ๆ การเพิ่มเจ้าหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกและตรวจดูแลความเรียบร้อย ป้ายสื่อความหมายแจ้งเตือนเมื่อออกนอกเส้นทาง ฯลฯ

คำนิยาม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ จังหวัดสมุทรปราการ และผู้มีส่วนร่วมทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Cesario, F.J., Knetsch, F.L. 1976. Value of time in recreation benefit study. *Land Economics*, 1(52): 32-39.

- Hoamuangkaew, W. 2010. **Forest Resources Economics**. Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Kaewmora, J., Suksard, S., Pattaratuma, A., Sriarkarin, S. 2023. Recreation value of the Khao Nang Phanthurat Forest Park Phetchaburi province. **Thai Journal of Forestry**. 42(1): 46–57. (in Thai)
 - Office of the National Economic and Social Development Board. 2018. **National Strategy 2018 – 2037, 2nd ed.** Bangkok National Strategy Secretariat Office. Office of the National Economic and Social Development Board. (in Thai)
 - Royal Forest Department. n.d. **Royally Initiated Projects and Special Affairs**. Office of Royal Initiative Projects and Special Affairs. Bangkok. (in Thai)
 - Sri Nakhon Khuean Khan Park. 2023. **Statistics service at Sri Nakhon Khuean Khan Park, year 2022**. Samut Prakan. (in Thai)
 - Sri Nakhon Khuean Khan Park. 2024. **Statistics service at Sri Nakhon Khuean Khan Park, year 2023**. Samut Prakan. (in Thai)
 - Suksard, S. 2006. **Forest Valuation**. Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Suksard, S., Puangmalai, W., Pattaratuma, A. 2019. Recreational Value of Suan Luang RAMA IX, Bangkok, **Journal of Forest Management**, 13(25): 41–50.
 - Thaweerat, P. 2000. **Behavioral and Social Science Research Methods, 8th ed.** Chulalongkorn Wittayalai, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Wechvitan, S., Suksard, S., Pisuttipiched, S. 2023. Recreation value of Sakunothayan Botanical Garden, Phisanulok province. **Thai Journal of Forestry**. 42(2): 1–12. (in Thai)
 - Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis, 3rd ed.** Harper International Edition, Tokyo, Japan.
-

ความสัมพันธ์ของลักษณะโครงสร้างสังคมพืชกับปัจจัยดินบางประการและการเก็บกักคาร์บอน
บริเวณป่าันทนาการน้ำตกหินตั่ง จังหวัดอุดรธานี

Vegetation Structure Characteristics Related to Edaphic Factors and Carbon Stock
in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Udon Thani Province, Thailand

พัชรพล ชาหว้า¹, มณฑล นอแสงศรี², เพ็ญพิลัย เปี้ยนคิด¹, ฤชดา พงษ์การัญญาส³ และแหลมไทย อาษานอก^{3,4*}
Patcharaphon Chawa¹, Monthon Nosaengsri², Penpilai Piankhit¹, Kritsada Phongkaranyapas³
and Lamthai Asanok^{3,4*}

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

¹ Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

²สาขาวิชาการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

² Department of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

³สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

³ Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

⁴ศูนย์บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

⁴ Greenhouse Gas Management Centre, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand.

*Corresponding author, E-mail: lamthainii@gmail.com

รับต้นฉบับ 25 กรกฎาคม 2567

Received: 25 July 2024

รับแก้ไข 5 กันยายน 2567

Revised: 5 September 2024

รับลงพิมพ์ 13 กันยายน 2567

Accepted: 13 September 2024

ABSTRACT

Databases of vegetation structure characteristics related to edaphic factors and carbon stock can support management for forest protection. This study characterized the plant community structure, soil factor gradient, and carbon storage in the Hin Tang Waterfall Recreational Forest area, Nong Wu So district, Udon Thani province, Thailand. Fifteen purposive sampling plots of 20 m x 20 m were established in the study area. Data on species composition and soil factors were collected for use in determining vegetation characteristics related to soil properties, as well as for evaluating carbon storage in each plant community. Based on the results, there were 636 trees, consisting of 51 tree species, 51 genera, and 26 families. The study sites could be divided into two sub-communities. The first consisted of mixed deciduous forest (MDF) containing 39 species, 34 genera, and 21 families, having a Shannon index (H') of 3.03. The stem density and basal area were 1,164.29 trees ha^{-1} and 18.50 $m^3 ha^{-1}$, respectively, with the dominant species in this forest type determined based on bulk density. The second sub-community was dry evergreen forest (DEF), with 32 species, 29 genera, and 22 families, having an H' value of 2.60. The stem density and basal area were 968.75 trees ha^{-1} and 30.05 $m^3 ha^{-1}$, respectively, with the dominant species determined by the amounts of organic matter, phosphorus, and potassium, and the pH. The biomass and carbon storage in DDF ($57.78 \pm 29.37 t ha^{-1}$ and $99.58 \pm 50.62 t C ha^{-1}$, respectively) were higher than in MDF. Based on the results, plant community and soil factor relationships could provide important information for forest area management. Therefore, the data could be applied in guidelines for managing reforested areas, as well as playing an important role in protected areas to achieve more efficient carbon sequestration.

Keywords: Tree species composition; Limiting factors; Soil properties; Recreational forest management

บทคัดย่อ

ฐานข้อมูลด้านลักษณะสังคมพืชที่สัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมและการกักเก็บคาร์บอน สามารถยกระดับการจัดการพื้นที่ป่าคุ้มครอง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรากฏสังคมพืชตามปัจจัยดิน และการกักเก็บคาร์บอน ในพื้นที่ป่านันทนาการน้ำตกหินตั้ง อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี ทำการวางแผนตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (purposive sampling) ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 15 แปลง พร้อมเก็บข้อมูลองค์ประกอบชนิดของพรรณไม้ต้นและปัจจัยดิน เพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะสังคมพืชตามการแปรผันของปัจจัยดิน พร้อมกับประเมินการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละหมู่ไม้ ผลการศึกษาพบไม้ต้น 51 ชนิด 51 สกุล 26 วงศ์ จากต้นไม้ทั้งหมด 636 ต้น สามารถจำแนกสังคมพืชย่อยได้ 2 สังคมได้แก่ 1) สังคมพืชป่าเบญจพรรณ พบชนิดไม้ทั้งหมด 39 ชนิด 34 สกุล 21 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.03 มีความหนาแน่นของไม้ต้นและขนาดพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 1,164.29 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.50 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยชนิดไม้เด่นถูกกำหนดด้วยความหนาแน่นรวมของดิน 2) สังคมพืชป่าดิบแล้ง พบชนิดไม้ทั้งหมด 32 ชนิด 29 สกุล 22 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.60 มีความหนาแน่นของไม้ต้นและขนาดพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 968.75 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 30.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยชนิดไม้เด่นถูกกำหนดด้วยปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าความเป็นกรด-ด่าง นอกจากนี้พบว่าสังคมพืชป่าดิบแล้งมีปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าสังคมป่าเบญจพรรณ มีค่าเท่ากับ 57.78 ± 29.37 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 99.58 ± 50.62 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชกับปัจจัยดินมีความสำคัญต่อการจัดการพื้นที่ป่า ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการด้านการปลูกป่าทดแทน และเพิ่มบทบาทสำคัญของพื้นที่คุ้มครองในการดูดซับคาร์บอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิดไม้ต้น ปัจจัยจำกัด คุณสมบัติดิน การจัดการป่านันทนาการ

คำนำ

ปัจจุบันโลกได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม รวมถึงสภาพภูมิอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป จนก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนและปัญหามลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก อันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมในชั้นบรรยากาศมากเกินไปกว่าที่เคย ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือการตัดไม้ทำลายป่า เพราะต้นไม้มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาเก็บไว้ในทุกส่วนของต้นไม้ อันจะส่งผลให้ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสามารถช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (Climate Center, 2020) ขณะเดียวกันการมีต้นไม้มากพอสามารถเพิ่มความหลากหลายของระบบนิเวศป่าไม้ได้ โดยเฉพาะประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนถือว่าเป็นเขตที่มีความหลากหลายของพรรณพืชจนก่อให้เกิดสังคมพืชที่หลากหลายซึ่งมักมีการกระจายไปตามการลดหลั่นของปัจจัยแวดล้อม (Planning and Information Office, 2020) และการปรากฏสังคมพืชที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนแตกต่างกันตามไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของชนิดไม้เด่นในแต่ละสังคมพืช ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อช่วยส่งเสริมช่วยให้มีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เช่น ป่าเต็งรังขึ้นอยู่ในพื้นที่แห้งแล้ง ดินมีธาตุอาหารต่ำทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า

ส่งผลให้มีความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนได้ประมาณ 8.29 ต้นต่อไร่ (Planning and Information Office, 2022) ในขณะที่ป่าดิบแล้งมากขึ้นในที่ที่มีอากาศชื้นดินมีธาตุอาหารสูง ส่งผลให้สามารถเก็บกักคาร์บอนได้สูงถึง 53.48 ต้นต่อไร่ เป็นต้น (Planning and Information Office, 2023) ดังนั้น การศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชตามปัจจัยแวดล้อม และการประเมินความสามารถในการเก็บกักคาร์บอน ในระบบนิเวศป่าไม้จึงเป็นกุญแจสำคัญสำหรับใช้เพื่อบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพและเป็นการสนับสนุนข้อมูลด้านความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเพื่อช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หากแต่ในประเทศไทยยังขาดการศึกษาอย่างครอบคลุมในทุกระบบนิเวศป่าไม้ ดังนั้นจึงควรเร่งศึกษาในประเด็นดังกล่าวให้เกิดกว้างขวางต่อไป

ป่านันทนาการ คือ ป่าที่ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยว พักผ่อนหย่อนใจ และศึกษาเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Hammit, 2004) ซึ่งเป็นการแบ่งเขตบริหารจัดการป่าไม้ที่ดำเนินการโดยกรมป่าไม้ เนื่องจากในปัจจุบันหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนร่วมมือกันฟื้นฟูป่าและเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับประเทศ รวมถึงยุทธศาสตร์การเพิ่มพื้นที่ป่าของภาครัฐนอกจากการประกาศพื้นที่อนุรักษ์เพิ่มเติมจึงมีการเพิ่มพื้นที่โดยการเข้าไปบริหารจัดการในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ เพื่อประโยชน์ ด้านการท่องเที่ยว และด้านการอนุรักษ์ โดยการมีส่วนร่วม (Planning and Information Office, 2022) อย่างไรก็ตามการบริหารจัดการ ทั้งในด้านการอนุรักษ์ และการท่องเที่ยวให้เกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัย

องค์ความรู้ด้านความหลากหลายและลักษณะโครงสร้างสังคมพืช รวมถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอน เนื่องจากการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชแนวทางการใช้ในการอธิบายนิเวศวิทยาป่าไม้ในเชิงปริมาณอย่างชัดเจน ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ รวมถึงลักษณะของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสังคมพืชนั้น ๆ (Marod and Kutintara, 2009) นอกจากการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชแล้วการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสังคมพืชนั้น ๆ ถือว่าเป็นเรื่องจำเป็นเพราะสามารถทำให้ทราบถึงลักษณะทางนิเวศวิทยาของแต่ละสังคมพืชอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Ruangpanit, 2005) หากแต่ในปัจจุบันพื้นที่ป่าวนนันทนาการที่ถูกจัดตั้งขึ้น ยังขาดองค์ความรู้ด้านความหลากหลายของสังคมพืชรวมถึงปริมาณการเก็บกักคาร์บอน เนื่องมาจากเป็นพื้นที่ที่ถูกจัดตั้งขึ้นใหม่ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวอย่างเร่งด่วน ซึ่งจะเป็ข้อมูลสำคัญในการสร้างความรู้ให้แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ตระหนักถึงความสำคัญของพื้นที่ป่าวนนันทนาการทั้งในด้านการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการให้บริการทางนิเวศ โดยเฉพาะในแง่ของการช่วยบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างระมัดระวัง และสร้างความคุ้มค่าจากการใช้บริการป่าวนนันทนาการอย่างมากที่สุด

ป่าวนนันทนาการน้ำตกหินต้ง ได้รับประกาศจัดตั้ง เมื่อวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2565 บริเวณพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าหามกหญ้า ในท้องที่ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี มีพื้นที่ 591 ไร่ 2 งาน 41 ตารางวา ในปัจจุบัน

เป็นพื้นที่ป่าวนนันทนาการที่มีปริมาณนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีน้ำตกหินต้ง และสภาพภูมิทัศน์ที่สวยงาม ซึ่งจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาลักษณะสังคมพืชในพื้นที่แต่อย่างใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างสังคมพืช ปัจจัยดิน และการกักเก็บคาร์บอน ในพื้นที่ป่าวนนันทนาการน้ำตกหินต้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประโยชน์ในการบริหารจัดการป่าวนนันทนาการ เช่น การจัดทำฐานข้อมูลพรรณไม้ท้องถิ่น เพื่อให้เข้าใจสภาวะแวดล้อมและนิเวศวิทยาของป่าไม้ นอกเหนือจากนั้นมีการจัดการเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศภายใต้ขีดจำกัดความสามารถของธรรมชาติที่จะรับรองได้ และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดประโยชน์ต่อประชาชนในท้องถิ่นทั้งในด้านสังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม อย่างยั่งยืนโดยไม่เสื่อมโทรมลงไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ป่าวนนันทนาการน้ำตกหินต้ง ตั้งอยู่ พิกัด UTM 48Q X: 250759 Y: 1890497 ท้องที่บ้านกุดหมากไฟ ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี มีเนื้อที่ประมาณ 591 ไร่ 2 งาน 41 ตารางวา (Figure 1) ลักษณะทางธรณีวิทยา ดิน น้ำ แร่ธาตุ มีลักษณะทางธรณีสัณฐาน มีสภาพพื้นที่เนินเขา ความลาดชันของพื้นที่ส่วนใหญ่มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ บางพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีความลาดชันอยู่ที่ 1.12 องศา ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 390–395 เมตร (Climate Center, 2020)

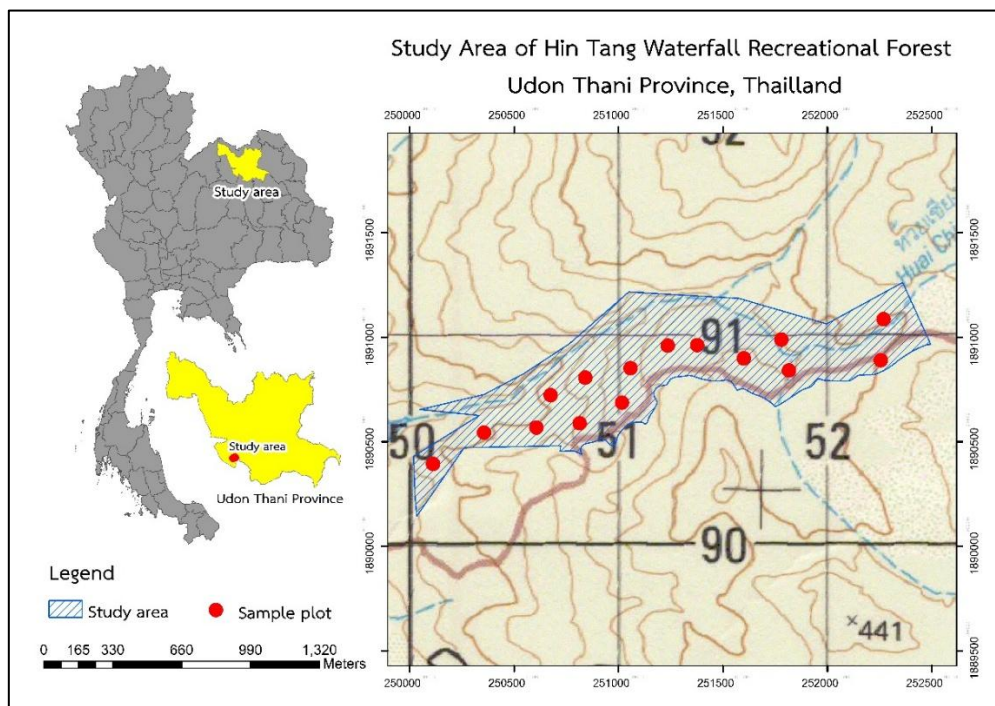


Figure 1 Location and sampling plots in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Udon Thani province, Thailand

การวางแผนตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

การวางแผนตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laing *et al.* (2019) จำนวน 15 แปลง ให้กระจายทั่วพื้นที่ (Figure 1) และบริเวณกลางแปลงของแต่ละแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทำการวางแผนย่อยขนาด 5 เมตร x 5 เมตร พร้อมกับบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS)

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบของพรรณพืชที่ปรากฏในทุก ๆ แปลงตัวอย่าง แบ่งเป็น (1) ไม้ต้น (tree) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร (diameter at breast height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมด ภายในแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร (2) ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูงมากกว่า 1.3 เมตร และ (3) กล้าไม้ (seedling) คือ ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูงน้อยกว่า 1.3 เมตร ทำการนับจำนวนลูกไม้และกล้าไม้ ภายในแปลงขนาด 5 เมตร x 5 เมตร พร้อมกับระบุชื่อวิทยาศาสตร์ อ้างตาม Phuma and Suddee (2014)

การเก็บข้อมูลสมบัติดินโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยใช้กระบอกลูกดิน (soil core) ภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทุกแปลง จำนวน 5 จุดต่อแปลง ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติดินพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ด้วยวิธี Core method (Blake and Hartge, 1986) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ณ ห้องปฏิบัติการดินศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) เพื่อหาสังคมย่อยของสังคมพืชที่เข้ามาทดแทนในพื้นที่ป่านันทนาการน้ำตกหินตั้งจังหวัดอุดรธานี โดยใช้ค่าความหนาแน่นของชนิดไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด มาใช้จำแนกสังคม (community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent and Coker, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune and Mefford, 2011)

การวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณทางสังคมของไม้ต้น วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value

index, IVI) จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้นต่อเฮกตาร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (dominance, Do: ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) และความถี่ (frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น และหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) ตามสมการ Shannon–Wiener index (Magurran, 1988)

การจัดลำดับ (ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับคุณสมบัติดิน โดยใช้ค่าความหนาแน่นของไม้ต้นแต่ละชนิดในแต่ละแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร เป็นเมทริกซ์หลัก (main matrix) กับคุณสมบัติดิน ได้แก่ ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, g cm⁻³) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, 1:1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM, %) ฟอสฟอรัส (P, mg kg⁻¹) และโพแทสเซียม (K, mg kg⁻¹) ให้เป็นเมทริกซ์รอง (second matrix) โดยใช้วิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune and Mefford, 2011)

การประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน ดังนี้

1) ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above ground biomass, ABG) การเลือกใช้สมการแอลโลเมตรีเพื่อคำนวณหามวลชีวภาพของไม้กะยาเลยขนาดใหญ่ (DBH ≥ 4.5 cm) ใช้สมการของ Ogawa *et al.* (1965) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ประเมินมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ดังนี้

$$\begin{aligned} W_S &= 0.0396 (D^2H)^{0.933} \\ W_B &= 0.00349 (D^2H)^{1.030} \\ W_L &= ((28/(W_S+W_B)) + 0.025)^{-1} \\ W_T &= W_S + W_B + W_L \end{aligned}$$

ส่วนป่าดิบแล้ง ใช้สมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) ดังนี้

$$\begin{aligned} W_S &= 0.0509 (D^2H)^{0.919} \\ W_B &= 0.00893 (D^2H)^{0.977} \\ W_L &= 0.0140 (D^2H)^{0.669} \\ W_R &= 0.0313 (D^2H)^{0.805} \end{aligned}$$

เมื่อ W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง + ใบ (กิโลกรัม)

W_R = มวลชีวภาพส่วนของราก (กิโลกรัม)

D หรือ DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

2) ประเมินมวลชีวภาพใต้ดิน (below ground (root) biomass, BLG) คิดเป็นร้อยละ 27 ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (IPCC, 2006)

$$BLG = ABG \times 0.27 \text{ (ตัน)}$$

3) คำนวณส่วนการกักเก็บคาร์บอน (carbon fraction: CF) ของไม้ยืนต้นทุกชนิด กำหนดว่าประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพของต้นไม้เป็นคาร์บอน (IPCC, 2006)

$$CF = (ABG + BLG) \times 0.47 \text{ (ตันคาร์บอน)}$$

4) คำนวณส่วนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นสัดส่วนระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอน คือ 44/12 (IPCC, 2006)

$$CO_2 = CF \times (44/12) \text{ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)}$$

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

พื้นที่บริเวณน้ำตกหินตั้งจากการวิเคราะห์จำแนกการจัดกลุ่มสังคมพืชสามารถแบ่งออกเป็น 2 สังคมย่อย ได้แก่ สังคมพืชป่าเบญจพรรณ (MDF) และสังคมพืชป่าดิบแล้ง (Figure 2) และเมื่อพิจารณาลักษณะสังคมพืชตามสังคมย่อย ทั้ง 2 สังคมปรากฏลักษณะสังคมมีรายละเอียด ดังนี้

สังคมพืชป่าเบญจพรรณ พบชนิดไม้ทั้งหมด 39 ชนิด 34 สกุล 21 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 1,164.29 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 18.50 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 3.03 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ เชลง (*Dialium cochinchinense*) อะราง (*Peltophorum dasyrrhachis*) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และตัวขน (*Cratogeomys formosumi*) (Table 2) ในระดับไม้รุ่นพบชนิด

ไม้ทั้งหมด 30 ชนิด 27 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่น เท่ากับ 13,142.86 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.62 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) เหมือดแอ (*Memecylon edulae*) ตัวขน (*Cratogeomys formosum*) พลับพลา (*Microcos tomentosa*) และอะราง (*Peltophorum pterocarpum*) (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 30 ชนิด 26 สกุล 18 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 28171.43 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.74 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ (Table 2) เหมือดแอ อะราง ตัวขน มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) และตะเคียนหิน

สังคมพืชป่าดิบแล้ง พบชนิดไม้ทั้งหมด 32 ชนิด 29 สกุล 22 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 968.75 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 30.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.60 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรก คือ ตะเคียนหิน กระบากลัก (*Hydnocarpus ilicifolia*) หว้าซี่แพะ (*Syzygium cumini*) กระบก (*Irvingia malayana*) และเหมือดดง (*Symplocos macrophylla*) (Table 2) ในระดับไม้รุ่น 23 ชนิด 22 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่น เท่ากับ 14,400 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.31 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ตะเคียนหิน มะกอกเกลื่อน (*Canarium subulatum*) กระบากลัก หว้าซี่แพะ และเหมือดดง (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 22 ชนิด 20 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 40,250 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.08 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ตะเคียนหิน กระบากลัก อะราง มะค่าแต้ และหว้าซี่แพะ (Table 2)

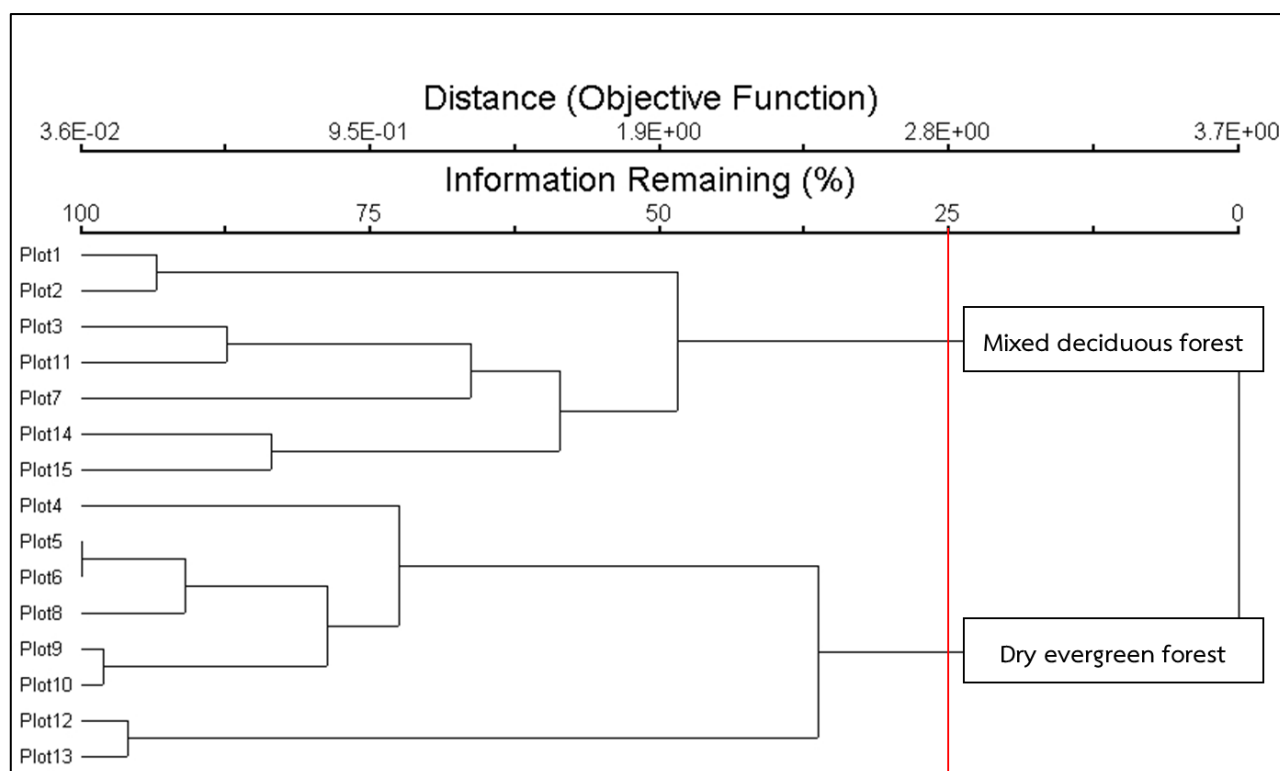


Figure 2 Dendrogram of stand clustering in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Nong Wua district, Udon Thani province, Thailand

Table 1 Ecological characteristics of plant communities in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Nong Wua So district, Udon Thani province, Thailand

Community characteristic	Mixed deciduous forest			Dry evergreen forest		
	Tree	Sapling	Seedling	Tree	Sapling	Seedling
Number of species	39	30	30	32	23	22
Shannon–Weiner index	3.03	2.62	2.74	2.60	2.31	2.08
Basal area ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	18.50	–	–	30.05	–	–
Stem density (stems ha^{-1})	1,164.29	13,142.86	28,171.43	968.75	14,400	40,250

Table 2 Top-five ranked species based on Importance Value Index of tree in each sub-community in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Nong Wua district, Udon Thani province., Thailand, including relative dominance (RDo), relative density (RD), and relative frequency (RF)

Plant community	Scientific name	RDo (%)	RD (%)	RF (%)	IVI
Mixed deciduous forest					
Tree	<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	17.05	13.80	6.25	37.11
	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	14.33	11.35	5.21	30.88
	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	11.87	8.90	3.13	23.89
	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	8.72	5.52	7.29	21.54
	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. <i>formosum</i>	4.48	8.90	6.25	19.63
Sapling	<i>Hopea ferrea</i> Laness.	–	24.35	7.41	31.76
	<i>Memecylon edule</i> Roxb.	–	20.87	9.26	30.13
	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. <i>formosum</i>	–	7.39	7.41	14.80
	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	–	7.39	7.41	14.80
	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	–	3.48	7.41	10.89
Seedling	<i>Memecylon edule</i> Roxb.	–	19.68	11.67	31.34
	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	–	15.21	11.67	26.88
	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. <i>formosum</i>	–	13.59	8.33	21.92
	<i>Sindora siamensis</i>	–	4.87	5.00	9.87
	<i>Hopea ferrea</i> Laness.	–	5.88	3.33	9.22
Dry evergreen forest					
Tree	<i>Hopea ferrea</i> Laness.	23.63	20.00	9.30	52.93
	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	8.92	22.26	8.14	39.32
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	10.27	10.32	9.30	29.89
	<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A. W. Benn.	20.66	1.61	2.33	24.60
	<i>Symplocos sulcata</i> Kurz	3.66	10.65	5.81	20.12
Sapling	<i>Hopea ferrea</i> Laness.	–	29.86	14.55	44.41
	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	–	22.22	3.64	25.86
	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	–	7.64	10.91	18.55
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	–	6.25	9.09	15.34
	<i>Symplocos sulcata</i> Kurz	–	7.99	7.27	15.26
Seedling	<i>Hopea ferrea</i> Laness	–	41.49	17.39	58.88
	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	–	17.39	15.22	32.61
	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	–	10.31	4.35	14.66
	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. ex Miq. var. <i>siamensis</i>	–	4.97	6.52	11.49
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	–	2.24	8.70	10.93

จากผลการศึกษาข้างต้นเมื่อพิจารณาจากชนิดไม้เด่นของป่าเบญจพรรณ พบว่า มีไม้ดัดชนิดในชั้นเรือนยอดระดับบนของสังคมพืชป่าดิบแล้ง เช่น เอลง (*Dialium cochinchinense*) อะระราช และสังคมป่าเต็งรัง เช่น เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) ขึ้นปะปนกับพรรณไม้เด่นของป่าเบญจพรรณ เช่น ประดู่ป่า เป็นต้น บ่งชี้ว่าสังคมพืชป่าเบญจพรรณ ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นแนวเชื่อมต่อระหว่างป่า (ecotone) เนื่องจากสังคมป่าเบญจพรรณ มักขึ้นสลับกันกับป่าชนิดอื่น ๆ (Marod, 2012) ส่งผลให้รอยต่อระหว่างช่วงป่ามักพบพรรณไม้ของสังคมพืชอื่น โดยดัชนีความหลากหลายชนิด และความหนาแน่นในสังคมพืชแห่งนี้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมป่าดิบแล้ง เมื่อพิจารณาในระดับไม้หนุ่มพบว่าพรรณไม้ที่มีดัชนีความสำคัญมากที่สุดเป็นไม้ดัดชนิดในสังคมพืชป่าดิบแล้ง และชนิดไม้เรือนยอดชั้นรองตัวในสังคมพืชนี้ เช่น ตะเคียนหิน ตั้วขน พลับพลา เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าสังคมย่อยในลักษณะนี้มีการรบกวนทำให้ไม้เด่น หรือไม้ดัดชนิดเดิมไม่สามารถทดแทนในพื้นที่ได้ ส่งผลให้ไม้เรือนยอดชั้นรองมีการทดแทนเป็นไม้เด่นเนื่องจากเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดจำนวนมาก (canopy gap) (Asanok et al., 2017) และในระดับกล้าไม้พบว่า การทดแทนเข้ามาตั้งตัวของพรรณพืชในระดับกล้าไม้เป็นไม้เรือนยอดชั้นรอง และไม้เรือนยอดระดับล่าง เช่น ตั้วขน อะระราช มะค่าแต้ เป็นต้น ในขณะที่สังคมย่อยป่าดิบแล้งพบไม้ดัดชนิดในชั้นเรือนยอดชั้นบน คือ ตะเคียนหิน มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด และพบว่าสังคมพืชแห่งนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมสูงถึง 30.05 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ในขณะที่มีความหนาแน่นเพียง 968.75 ต้นต่อเฮกตาร์ แสดงว่าในสังคมพืชแห่งนี้ประกอบด้วยไม้ที่มีลำต้นขนาดใหญ่ และกระจายตัวอยู่ห่าง ๆ ซึ่งเป็นลักษณะสังคมพืชที่มีการรบกวนน้อย จากการศึกษาของ Thipayasak (1984)

ที่การศึกษาสังคมป่าดิบแล้งในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่พบว่าปรากฏไม้เด่นในสังคมได้แก่ ตะเคียนหิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod et al. (2018) ที่ศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของพรรณพืชป่าดิบแล้งในเทือกเขาภูพานพบว่าไม้เด่นเรือนยอดชั้นบนได้แก่ ตะเคียนหิน กระบก เป็นต้น เมื่อพิจารณาในระดับไม้หนุ่มและกล้าไม้ พบว่าโดยมากมีการทดแทนเป็นไม้ในเรือนยอดชั้นบนและแนวโน้มการสืบต่อพันธุ์เป็นพรรณไม้ดัดชนิดในสังคมพืชป่าดิบแล้งต่อไป

การเปรียบเทียบสมบัติดิน

ค่าคุณสมบัติดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าคุณสมบัติดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก (P, K) ค่า pH และความหนาแน่นรวมของดิน มีแนวโน้มมีค่าสูงในสังคมป่าดิบแล้งซึ่งมากกว่าป่าเบญจพรรณ (Table 3) เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ควบคุม สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน (Plant Protection Promotion and Soil-Fertilizer Management Division, 2015) ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ในส่วนของค่า pH ความเป็นกรด-ด่างพบว่าในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้งมีค่าเป็นกรดจัดมาก เนื่องจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร่งปฏิกิริยาทางเคมีก็สูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้เบสถูกละลายออกไปจากดินได้ง่าย ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนสะสมปริมาณมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Sonkanha et al. (2012) ที่พบว่าดินภายใต้ป่าดิบแล้งมีความเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาในด้านความหนาแน่นรวมของดินของทั้งสองสังคมพืชมีค่าใกล้เคียงกัน

Table 3 Soil properties (mean $\pm$ standard deviation, SD) of plant communities in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Nong Wua district, Udon Thani province, Thailand

Soil property	Mixed deciduous forest			Dry evergreen forest			p-Value
	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	
Organic matter (%)	2.96 $\pm$ 1.08	2.18	5.31	3.18 $\pm$ 1.36	1.31	5.21	0.37 ^{ns}
P (mg kg ⁻¹)	2.26 $\pm$ 1.00	0.80	3.85	5.48 $\pm$ 7.10	1.85	22.50	0.06 ^{ns}
K (mg kg ⁻¹)	49.71 $\pm$ 30.85	28	110	79.13 $\pm$ 42.37	28	130	0.08 ^{ns}
pH	4.61 $\pm$ 0.48	3.96	5.41	4.82 $\pm$ 0.69	4.13	5.98	0.28 ^{ns}
Bulk density (g cm ³)	1.11 $\pm$ 0.09	0.95	1.25	1.10 $\pm$ 0.05	0.95	1.19	0.30 ^{ns}

Remark: ^{ns} (not significant) is used to indicate a p-value greater than the predetermined significance level ($p > 0.05$)

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินและองค์ประกอบของ
ชนิดไม้

จากการจัดลำดับสังคมพืชตามแนวการลดหลั่นของปัจจัยดินด้วยวิธี CCA พบว่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) แกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 3.473, 2.797 และ 2.103 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 ในการอธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและสมบัติดินจึงความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถจัดลำดับสังคมพืชและรวมถึงชนิดไม้เด่นของแต่ละสังคมย่อยตามแนวลดหลั่นของสมบัติดินได้ 3 กลุ่ม (Figure 3) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ถูกกำหนดด้วยความหนาแน่นรวม (Bulk, $p < 0.01$) พบชนิดไม้สำคัญ ได้แก่ เชลง (DALCOC) ตีนนก (VITPIN) ยางโอน (POLVIR) ยมหิน (CHUVEL) และเปล้าหลวง (CROOBL) เป็นต้น ส่งผลให้พรรณไม้ในกลุ่มนี้สามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นดินสูง เนื่องจากดินในบริเวณดังกล่าวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินน้อยส่งผลให้การปรากฏความหนาแน่นรวมของดินมาก (Wiriyaakitjanatekul and Kerdchana, 2016) โดยความหนาแน่นของดินมักจะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Srithawat na Ayudhya *et al.*, 1995) ซึ่งพรรณไม้ที่สามารถตั้งตัวในปัจจุบันแวดล้อมเช่นนี้ได้จึงต้องเป็นกลุ่มพืชที่สามารถปรับตัวอยู่

ได้ในสภาพที่มีความแห้งแล้ง (drought) เช่น กลุ่มของ
พรรณไม้ผลัดใบ (Marod *et al.*, 1999) เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 กำหนดด้วยปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM, $p < 0.05$) โพแทสเซียม (K, $p < 0.05$) ฟอสฟอรัส (P, $p < 0.05$) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH, $p < 0.05$) พบชนิดพรรณไม้ที่สำคัญได้ได้แก่ ตะเคียนหิน (HOPFER) กระเบาหลัก (HYDILI) สารภีป่า (ANNFRA) เหมือดคง (SYMMAC) และตะแบกเปลือกบาง (LAGDUP) เป็นต้น ส่งผลให้พรรณไม้มีความต้องการธาตุอาหารสูง ซึ่งในทางนิเวศวิทยาถือว่าชนิดไม้มีปัจจัยจำกัดมาก มักจะมีความทนทานทางนิเวศต่ำ เนื่องจากมีความอ่อนไหวต่อบรรยากาศแวดล้อมหลายปัจจัย (Craine *et al.*, 2012)

กลุ่มที่ 3 ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่ชัดเจน พบพรรณไม้เด่น เช่น ประดู่ป่า (PETMAC) แดง (XYLXYL) น้ำเก๊กฮวย (GLURAC) อะราง (PELDAS) และ พลับพลา (MACTOM) เป็นต้น โดยพรรณไม้ในกลุ่มนี้สามารถปรากฏได้ทั่วไปเพราะมีความทนทานทางนิเวศวิทยา (amplitude of tolerance) ค่อนข้างสูง (Kongdam *et al.*, 2016) สามารถทนต่อปัจจัยแวดล้อมได้หลากหลาย ซึ่งจากการศึกษาของ Asanok *et al.*, (2020) ที่รายงานว่าพืชที่มีความทนทานต่อสภาพปัจจัยแวดล้อมส่วนใหญ่เป็นชนิดทั่วไป (generalist species) ที่สามารถกระจายอยู่ได้ในหลาย ๆ พื้นที่ เป็นต้น

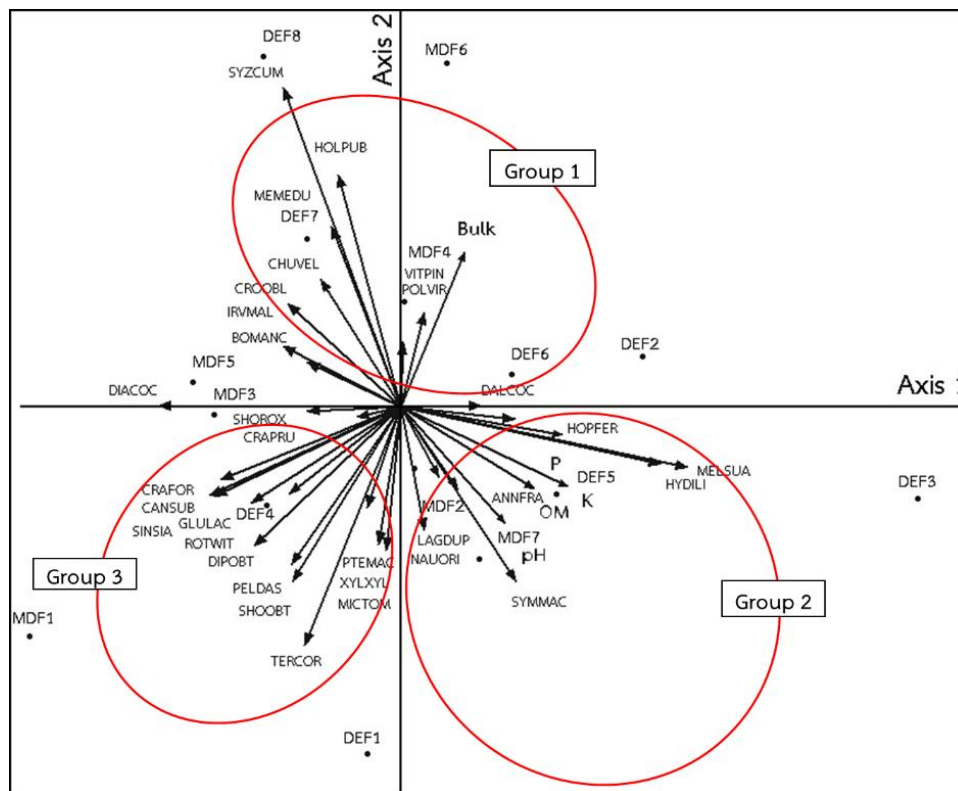


Figure 3 CCA ordination diagram representing relationship between vegetation (tree species) and edaphic factors, with species codes shown in Appendix 1

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

จากการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอน พบว่า สังคมพืชป่าดิบแล้ง มีปริมาณมวลชีวภาพรวมและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าสังคมย่อยป่าเบญจพรรณ โดยการกักเก็บปริมาณคาร์บอนในไม้ใหญ่มีค่าเท่ากับ 57.78 ± 29.37 ตันต่อเฮกตาร์ และ 27.15 ± 13.80 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 99.58 ± 50.62 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Table 4) ในขณะที่ สังคมย่อยป่าเบญจพรรณ มีปริมาณมวลชีวภาพรวมของไม้ใหญ่และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 21.67 ± 9.85 ตันต่อเฮกตาร์ และ 10.18 ± 4.62 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 37.36 ± 16.97 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในพื้นที่ของป่าดิบแล้งมีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนได้สูงกว่าป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากประกอบไปด้วยพรรณไม้ทั้งที่ผลัดใบ และไม่ผลัดใบ (Santisuk, 2005) เมื่อเปรียบเทียบกับสังคมพืชอื่น ๆ พบว่า ป่าดิบแล้ง มีปริมาณมวลชีวภาพ

น้อยกว่าป่าดิบแล้งของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชที่มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 358.53 ตันต่อเฮกตาร์ (Dhamanitayakul, 1979) อย่างไรก็ตามพบว่าใกล้เคียงกับพื้นที่อุทยานแห่งชาติแก่งกระจานที่มีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนในไม้ต้นเท่ากับ 67.65 ± 40.64 ตันต่อเฮกตาร์ (Phetchaburi National Park Research and Development Center, 2019) ในส่วนของป่าผสมผลัดใบในป่านันทนาการแห่งนี้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่า จากรายงานของ Nuanurai (2005) ในบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานประเทศไทย พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 68.53 ตันต่อเฮกตาร์หรือ 10.965 ตันต่อไร่ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 34.26 ตันต่อคาร์บอนเฮกตาร์หรือ 5.482 ตันคาร์บอนต่อไร่ เนื่องจากโครงสร้างสังคมพืชที่แตกต่างกันส่งผลให้ศักยภาพปริมาณการเก็บคาร์บอนนั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ส่งผลให้ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมบางประการอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น สภาพดิน ปริมาณฝนป่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิ เป็นต้น

Table 4 Biomass and carbon stock of mixed deciduous forest and dry evergreen forest in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Nong Wua district, Udon Thani province, Thailand

Component	Plant community	Mixed deciduous forest			Dry evergreen forest		
		Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max
Biomass	AGB (t ha ⁻¹)	17.07 $\pm$ 7.75	8.13	28.17	45.50 $\pm$ 23.12	24.37	93.87
	BLG (t ha ⁻¹)	4.60 $\pm$ 2.09	2.19	7.61	12.28 $\pm$ 6.24	6.58	25.34
	Total (t ha ⁻¹)	21.67 $\pm$ 9.85	10.32	35.77	57.78 $\pm$ 29.37	30.95	119.21
Carbon stock	C (t _{eq} ha ⁻¹)	10.18 $\pm$ 4.62	4.85	16.81	27.15 $\pm$ 13.80	14.54	56.03
	CO ₂ (t _{eq} ha ⁻¹)	37.36 $\pm$ 16.97	17.79	61.65	99.58 $\pm$ 50.62	53.34	205.45

สรุปและข้อเสนอแนะ

พื้นที่ป่านันทนาการน้ำตกหินตั้งสามารถจำแนกสังคมย่อยตามชนิดไม้เด่น ประกอบไปด้วย 2 สังคมพืช ได้แก่ สังคมพืชป่าเบญจพรรณ และสังคมพืชป่าดิบแล้ง เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบชนิดไม้กับปัจจัยแวดล้อมสมบัติดิน พบว่า ในสังคมป่าเบญจพรรณ ถูกกำหนดด้วยความหนาแน่นรวม และสังคมป่าดิบแล้ง ถูกกำหนดด้วยปริมาณอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในส่วนของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าดิบแล้งมากที่สุด ดังนั้นในการจัดการควรพิจารณาถึงปัจจัยแวดล้อมบางประการด้วย เนื่องจากป่าแต่ละประเภทมีความต้องการถึงปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปัจจัยแวดล้อมของสมบัติดินเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้โครงสร้างสังคมพืชเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นควรมีการสำรวจและติดตามถึงลักษณะทางพลวัตต่อไปเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการพื้นที่

คำนิยาม

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ป่านันทนาการน้ำตกหินตั้ง เจ้าหน้าที่หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ อต.2 (หนองวัวซอ) อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี ที่อำนวยความสะดวกสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย อีกทั้งลงพื้นที่เก็บข้อมูล สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้

REFERENCES

Asanok, L., Kotkangphon, J., Rodkongrai, S., Chanduang, D., Ketdee, P., Khasuk, M. 2017. The influencing of canopy gap and conspecific adult tree determined the characteristic of dominant species in Ban Se Pa La freshwater swamp forest, Umphang district, Tak province. **Thai**

- Forest Ecological Research Journal**. 1(1): 19–26. (in Thai)
- Asanok, L., Taweek, R., Papakjan, N. 2020. Woody species colonization along edge- interior gradients of deciduous forest remnants in the Mae Khum Mee Watershed, Northern Thailand. **International Journal of Forestry Research**, 2020(1): 5867376. <https://doi.org/10.1155/2020/5867376>
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. **Bulk Density**. In A. Klute (ed.) **Methods of Soil Analysis. Part 1 – Physical and Mineralogical Methods Second Edition**. American Society of Agronomy, Madison WI, USA.
- Climate Center. 2020. **Climate of Udon Thani Province**. Development-tmd: Climate Center of Thailand. Bangkok. (in Thai)
- Craine, J.M., Ocheltree, T.W., Nippert, J.B., Towne, E. G., Skibbe, A.M., Kembel, S.W., Fargione, J.E. 2012. Global diversity of drought tolerance and grassland climate-change resilience. **Nature Climate Change**. 3(1): 63–67. doi:10.1038/nclimate1634
- Dhamanitayakul, P. 1979. **The Phenology of Trees in Dry Evergreen Forest and its Application to Timing for Logging Operation: Forest Research Bulletin Number 64**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok (in Thai).
- Hammit, W.E. 2004. Recreation: user needs and preferences. **Encyclopedia of Forest Sciences**. 949–958. doi.org/10.1016/B0-12-145160-700164-2
- IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forest Land**. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf, 28 May 2022.
- Kent, M., Coker, P. 1994. Vegetation description and analysis: A practical approach. **The Geographical Journal**, 159(2), 237. doi.org/10.2307/3451427
- Kongdam, P., Pimpravit, S., Vacharinrat, C., Marod, D. 2016. Forest structure and species composition in restoration by Teak plantation at Jedkhod-Pongkhonsao Natural Study and Ecotourism Center, Kheang Khoi district, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry**, 35(1): 11–23.
- Krishna, M.P., Mohan, M. 2017. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. **Energy, Ecology and Environment**, 236–249. doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9
- Laing, R.S., Ong, K.H., Kueh, R.J.H., Mang, N.G., King, P.J.H., Sait, M. 2019. Stand structure, floristic composition and species diversity along altitudinal gradients of a Bornean Mountain range 30 years after selective logging. **Journal of Mountain Science**, 16(6): 1419–1434.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. USA.
- Marod, D. 2012. **Integrated Forest Restoration for Soil and Water Conservation**. Department of Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Marod, D., Kutintara, U. 2009. **Forest Ecology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand (in Thai)
- Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H., Nakashizuka, T. 1999. Structural dynamics in a mixed deciduous forest western Thailand. **Journal of Vegetation Science**, 10: 777–786.
- Marod, D., Thinkamphaeng, S., Thongsawi, J., Phumphant, W., Kokoet, T., Hermhuk, S., Nakthanom, A. 2018. Forest structure and species composition in the dry evergreen forest at Wang Nam Khiao Forestry Student Training and Research Station, Nakhon Ratchasima province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 2(1): 45–54. (in Thai)
- McCune, B., Mefford, M.J. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.0 for Windows. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Nuanurai, N. 2005. **Comparison of Leaf Area Index, Above-ground Biomass and Carbon Sequestration of Forest Ecosystem by Forest Inventory and Remote Sensing at Kaeng Krachan National Park, Thailand**. M.Sc. thesis, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia**, 1: 21–157.
- Phetchaburi National Park Research and Development Center. 2019. **The Study of Carbon Accumulation in the ASEAN Heritage Area, Kaeng Krachan National Park**. Research of National Park. Department of National parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai).
- Phuma, P., Suddee, S. 2014. **Plant Name of Thailand Tem Smitinan, Edition 2014**. Forest Herbarium BKF. Department of National Park, Bangkok, Thailand (in Thai)
- Planning and Information Office. 2017. **5-year Action Plan of Royal Forest Department (2017–2022)**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Planning and Information Office. 2020. **National Forest Policy Drafting and National Forest Development Master Plan Subcommittee**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Planning and Information Office. 2022. **Annual Report 2022**. Royal Forest Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Planning and Information Office. 2023. **Annual Report 2023**. Royal Forest Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Plant Protection Promotion and Soil–Fertilizer Management Division. 2015. **Soil and Fertilizer**. Department of Agricultural Extension: Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ruangpanit, N. 2005. **Forests and Forestry in Thailand**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Santisuk, T. 2005. **Forest of Thailand**. Thai Forest Bulletin, Department of National parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sonkanha, W., Anusontpornperm, S., Thanachit, S., Kheoruenromne, I., Artchawakom, T. 2012. Soil Characteristics under Various Types of Forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 40: 7–18. (in Thai)
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. **Biologiske Skrifter**, 5(4): 1–34.
- Strithawat na Ayudhya, S., Nilphan, S., Pittanon, J. 1995. **Comparative Study of Bulk Density of Different Soil Series According to Soil Series Groups**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thipayasak, T. 1984. **Classification of Soil Use. and Assessing Suitability by Physical Methods for the Benefit of Planning the Management of Khao Yai National Park and Nearby Areas**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhan–manonda, P., Prachaiyo, B. 1983. **Forest: Felling, Burning and Regeneration**. In *Shifting Cultivation, and Experiment at Nam Phrom, Noreast Thailand and it's Implication for Upland Farming in the Monsoon Tropics* (K. Kyuma and C. Pairintra Eds.). Tokyo University, Japan. pp. 13–62.
- Wiriyakitjanateekul, W., Kerdchana, C. 2016. **Methods of Soil Analysis and Interpretation for Soil Survey and Classification: Physical Properties**. Land development department: Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand. (in Thai)

APPENDIX

Appendix 1 Species list of woody trees in mixed deciduous forest (MDF) and dry evergreen forest (DDF) in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Udon Thani province, Thailand

Scientific name	Family	Code	MDF	DDF
<i>Anneslea fragrans</i> Wall.	Theaceae	ANNFRA		/
<i>Bombax anceps</i> Pierre	Malvaceae	BOMANC		/
<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin	Burseraceae	CANSUB		/
<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.	Meliaceae	CHUTAB		/
<i>Cratogeomys formosum</i> (Jacq.) Benth. & Hook. f. ex Dyer subsp. <i>formosum</i>	Hypericaceae	CRAFOR	/	
<i>Croton oblongifolius</i> Roxb.	Euphorbiaceae	CROOBL		/
<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	Fabaceae	DALCOC		/
<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre	Fabaceae	DIACOC	/	/
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	Dipterocarpaceae	DIPOBT	/	
<i>Gluta laccifera</i> (Pierre) Ding Hou	Anacardiaceae	GLULAC	/	/
<i>Holarrhena pubescens</i> Wall. ex G. Don	Apocynaceae	HOLPUB	/	/
<i>Hopea ferrea</i> Laness.	Dipterocarpaceae	HOPFER	/	/
<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	Flacourtiaceae	HYDILI	/	/
<i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex A. W. Benn.	Irvingiaceae	IRVMAL	/	/
<i>Lagerstroemia duperreana</i> Pierre ex Gagnep. var. <i>duperreana</i>	Lythraceae	LAGDUP	/	
<i>Melientha suavis</i> Pierre	Opiliaceae	MELSUA		/
<i>Memecylon edule</i> Roxb.	Melastomataceae	MEMEDU		/
<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Tiliaceae	MICTOM	/	/
<i>Monoon viride</i> (Craib) B. Xue & R. M. K. Saunders	Annonaceae.	MONVIR		/
<i>Nauclea orientalis</i> (L.) L.	Rubiaceae	NAUORI	/	
<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	Fabaceae	PELDAS	/	/
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Fabaceae	PTEMAC	/	/
<i>Rothmannia wittii</i> (Craib) Bremek.	Rubiaceae	ROTWIT	/	/
<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	Dipterocarpaceae	SHOOBT	/	
<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	Dipterocarpaceae	SHOROX	/	
<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. ex Miq. var. <i>siamensis</i>	Fabaceae	SINSIA	/	/
<i>Symplocos sulcata</i> Kurz	Symplocaceae	SYMSUL		/
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Myrtaceae	SYZCUM	/	/
<i>Terminalia mucronata</i> Craib & Hutch.	Combretaceae	TERMUC		/
<i>Vitex pinnata</i> L.	Lamiaceae	VITPIN	/	/
<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob. var. <i>kerrii</i> (Craib & Hutch.) I. C. Nielsen	Fabaceae	XYLXYL	/	

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน
ของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา
Personal Factors Affecting Work Efficiency Among Patrol Staff
in Ta Phraya National Park

สุทธิวัฒน์ สุธิงห์¹, ประทีป ด้วงแค² และอิงอร ไชยเยศ^{1*}
Suttiwat Susing¹, Prateep Duengkae² and Aingorn Chaiyes^{1*}

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

¹School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi province 11120, Thailand

²ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร

²Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author: Email: aingorn.cha@stou.ac.th

รับต้นฉบับ 23 กรกฎาคม 2567

Received: 23 July 2024

รับแก้ไข 21 สิงหาคม 2567

Revised: 21 August 2024

รับลงพิมพ์ 6 กันยายน 2567

Accepted: 6 September 2024

ABSTRACT

The effects of personal factors were investigated on the performance of 60 Ta Phraya National Park patrol staff from October 2016 to September 2021 based on a quantitative research method and data from the SMART database. The data were analyzed using the frequency, percentage, mean, standard deviation, and the Wilcoxon signed-rank test. Based on the results, the patrol staff were non-government employees aged 40–49 years, had less than 5 years of service and had completed high school education. There had been 9,386 patrols conducted on 23,145 days, with the total patrol distance being 176,519 kilometers. Furthermore, the records included, 374 trees, 288 forage plants, 368 salt licks, 132 water sources, 394 wildlife, 18,890 animal tracks, 29 hunting, 248 logging, 226 shelter, 670 trapping, 248 guns/ammunition and 117 logging equipment. Personal factors of patrol staff with the highest performance in 3 areas were: 1) patrolling efficiency– non-government employee, aged 20–29 years, with less than 5 years of services and completed primary education; 2) ecological factors detection–were non-government employees, aged 20–29 years, with 5–9 years of service and education not exceeding secondary school, 3) threatening factors detection–aged 20–29 years, with less than 5 years of service and employed on a term contract and education to lower secondary school level. In addition, personal factors, such as age, years of service, employment status and education, had different effects on the performance of the patrol staff. The results of this study could be used as guidelines for human resource management. Taking into account the potential and personal factors of each patrol staff member would help to maximize the results from the SMART patrol operation and provide sustainable protection for the area.

Keywords: Patrol staff; Personal factors; SMART patrol; Ta Phraya National Park

บทคัดย่อ

อุทยานแห่งชาติตาพระยา เป็นส่วนหนึ่งของผืนป่ามรดกโลกดงพญาเย็น-เขาใหญ่ว่า ซึ่งยังพบปัญหาการลักลอบล่าสัตว์ และตัดไม้สูง สาเหตุเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศซึ่งเป็นเทือกเขาสูงที่ยังติดต่อกับแนวชายแดน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยศึกษาผลการปฏิบัติงาน ของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนจำนวน 60 คน จากฐานข้อมูล SMART ตั้งแต่ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงกันยายน พ.ศ. 2564 ใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตลอดจน Wilcoxon Sign Rank Test ผลการวิจัยพบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนส่วนใหญ่มีอายุ 40-49 ปี อายุงานน้อยกว่า 5 ปี สถานะการจ้างงานเป็นบุคคลภายนอกฯ การศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการปฏิบัติงานลาดตระเวนเชิงคุณภาพจำนวน 9,386 ครั้ง รวม 23,145 วัน ระยะทางรวม 176,519 กิโลเมตร ตรวจพบต้นไม้ 374 ครั้ง พืชอาหารสัตว์ 288 ครั้ง โป่ง 368 ครั้ง แหล่งน้ำ 132 ครั้ง สัตว์ป่า 394 ครั้ง ร่องรอยสัตว์ 18,890 ครั้ง การล่า 29 ครั้ง การทำไม้ 248 ครั้ง ปางพัก ห้าง 226 ครั้ง กับดักสัตว์ 670 ครั้ง ปืน เครื่องกระสุน 248 ครั้ง และอุปกรณ์ตัดไม้ 117 ครั้ง ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานสูงสุดทั้ง 3 ด้าน 1) ด้านการเดินลาดตระเวนคือ อายุ 20-29 ปี อายุงานน้อยกว่า 5 ปี สถานะการจ้างงานเป็นบุคคลภายนอกฯ การศึกษาประถมศึกษา 2) ด้านการตรวจพบปัจจัยในเวศคือ อายุ 20-29 ปี อายุงาน 5-9 ปี สถานะการจ้างงานเป็นบุคคลภายนอกฯ การศึกษาไม่เกินมัธยมศึกษา 3) ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคามคือ อายุ 20-29 ปี อายุงานน้อยกว่า 5 ปี สถานะการจ้างงานเป็นพนักงานจ้างเหมาฯ การศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น และพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ที่ต่างกันส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรบุคคลของหน่วยงาน เพื่อให้การคัดเลือกเจ้าหน้าที่และการจัดชุดลาดตระเวนเป็นไปอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงศักยภาพ และนำปัจจัยส่วนบุคคลของเจ้าหน้าที่แต่ละคนมาเป็นข้อพิจารณาจัดกำลัง เพื่อให้การปฏิบัติงานลาดตระเวนเชิงคุณภาพเกิดผลสูงสุด และผลของการอนุรักษ์คุ้มครองพื้นที่อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ปัจจัยส่วนบุคคล การลาดตระเวนเชิงคุณภาพ อุทยานแห่งชาติตาพระยา

คำนำ

ปัญหาการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้ยังคงมีอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้พื้นที่ป่าของประเทศไทยใน พ.ศ. 2564 คงเหลือเพียงร้อยละ 31.59 ของพื้นที่ประเทศ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (DNP), 2021) การจัดการพื้นที่คุ้มครองเป็นหน้าที่หลักของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และได้มีการออกกฎหมาย นโยบาย ตลอดจนนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เพื่อดำเนินการป้องกันการบุกรุก แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงได้กลับมามุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้วยเชื่อมั่นว่า “คนเป็นผู้กำหนดทิศทางการอุทยานแห่งชาติไม่ใช่อุทยานแห่งชาติกำหนดทิศทางการคน” (DNP, 2022) สอดคล้องกับได้มีการประกาศให้การแก้ไขปัญหาการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้เป็นวาระแห่งชาติ โดยประเด็นสำคัญคือการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในระบบการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ (SMART Patrol) ให้มีความพร้อมทั้งสภาพร่างกายจิตใจ มีทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคุ้มครองพื้นที่ และจากการศึกษาของ Maneerat et al. (2016) พบว่าความเข้มข้นของการลาดตระเวนมีผลทำให้ภัยคุกคามต่อทรัพยากรป่าไม้ลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ทราบข้อมูลสัตว์ป่า และปัจจัยต่างๆ เพื่อนำมาวางแผนคุ้มครองพื้นที่ต่อไปได้ อย่างไรก็ตาม SMART Patrol นั้นจะไม่สามารถสัมฤทธิ์ผลได้ หากขาดเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนที่มีประสิทธิภาพ (DNP, 2021)

อุทยานแห่งชาติตาพระยา เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่จัดเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงอีกแห่งหนึ่งของประเทศไทย สามารถพบพรรณไม้มีค่า เช่น ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) และพะยุง (*Dalbergia cochinchinensis*) เป็นต้น ชนิดพันธุ์สัตว์ป่าหายาก เช่น ช้างป่า (*Elephas maximus*) เสือโคร่ง (*Panthera tigris*) วัวแดง (*Bos javanicus*) และกระทิง (*Bos gaurus*) เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการดูแลป้องกันทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้อย่างเข้มข้นจากเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนที่มีความพร้อมและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานที่ดี เป็นที่ทราบอยู่แล้วว่าประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานที่ดี ย่อมทำให้การทำงานบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ และช่วยให้องค์กรมีความก้าวหน้า แม้ว่าอุทยานแห่งชาติตาพระยาได้มีการศึกษา และนำระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพเข้ามาใช้เพื่อป้องกันพื้นที่ ตามนโยบายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช แต่ก็ยังประสบปัญหาการถูกบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ และการลักลอบล่าสัตว์อย่างต่อเนื่อง อาจเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ สาเหตุหนึ่งคืออุทยานแห่งชาติตาพระยานั้นมีพื้นที่ป่าซึ่งเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง รวมทั้งมีอันตรายจากกับระเบิดตกค้างจึงเป็นอุปสรรคต่อการลาดตระเวนของเจ้าหน้าที่ ส่งผลให้ผู้ลักลอบล่าสัตว์ชายแดนมากกระทำผิดได้ (Figure 1) และสาเหตุที่สำคัญอีกประการคือปัญหาด้านทรัพยากรบุคคลหรือเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ผู้ที่มีหน้าที่ปกป้องดูแล ทรัพยากรป่าไม้ที่มีคุณค่าเหล่านี้ โดยอุทยานแห่งชาติตาพระยาซึ่งมีขนาดพื้นที่ถึง

371,250 ไร่ หรือ 594 ตารางกิโลเมตร มี 7 หน่วยพิทักษ์ อุทยานแห่งชาติ (DNP, 2022) และมีเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ออกปฏิบัติหน้าที่รวมทั้งหมดเพียง 60 คน หากคิดโดยเฉลี่ย แล้วเจ้าหน้าที่หนึ่งคนต้องดูแลพื้นที่ป่าถึง 9.9 ตารางกิโลเมตร และจากสถานการณ์ COVID 2019 ที่ผ่านมา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชถูกลดงบประมาณลง ส่งผลให้มีการเลิกจ้างเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนถึงร้อยละ 33 (Thai Public Broadcasting Service, 2022) อีกทั้งในแผนการจัดการ อุทยานแห่งชาติตาพระยา พ.ศ. 2562–2566 (DNP, 2018) พบว่ายังไม่มีแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวอีกด้วย

จากความเป็นมาดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาถึง ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของ เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน ภายใต้สถานการณ์ และภัยคุกคามที่เกิดขึ้น ตลอดจนข้อจำกัดด้านงบประมาณ และกำลังคนในการดูแลรักษาพื้นที่ เพื่อนำผลการศึกษาเป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของ เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน อุทยานแห่งชาติตาพระยาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ วิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน อุทยานแห่งชาติตาพระยา มีอุปกรณ์ที่ใช้ซึ่ง ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Microsoft Office โปรแกรม SMART คู่มือการใช้งานโปรแกรม SMART ในการลาดตระเวน เชิงคุณภาพ และคู่มือเทคนิคการลาดตระเวนเชิงคุณภาพเพื่อการคุ้มครองพื้นที่อนุรักษ์

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติตาพระยา ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจาก กรุงเทพมหานครประมาณ 380 กิโลเมตร ครอบคลุมจังหวัด สระแก้ว และบุรีรัมย์ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 594 ตารางกิโลเมตร ประกาศจัดตั้งเป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 82 ของประเทศ เมื่อ 22 พฤศจิกายน 2539 ลักษณะภูมิประเทศเป็น เทือกเขาสูง อยู่ทางทิศใต้ของที่ราบสูงโคราช มีแนวเขตติดต่อกับประเทศกัมพูชา สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 206–579 เมตร มีความลาดชันเฉลี่ยร้อยละ 35 ลักษณะภูมิอากาศ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้บริเวณนี้มีฝนตกเฉลี่ย 100–140 มิลลิเมตรต่อเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 39.8–14.3 องศาเซลเซียส

อุทยานแห่งชาติตาพระยา มีพื้นที่ป่า 371,250 ไร่ จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น และป่าละเมาะ พบพันธุ์ไม้มีค่า เช่น มะค่าโมง ประดู่ พะยอม ตะเคียนทอง และทะเล่ เป็นต้น พบสัตว์ป่าหายาก เช่น เสือโคร่ง ช้างป่า กระทิง และวัวแดง เป็นต้น อุทยาน-แห่งชาติตาพระยา มีเจ้าหน้าที่จำนวน 124 คน (พ.ศ. 2564) แบ่งเป็น ข้าราชการ 2 คน ลูกจ้างประจำ 3 คน พนักงาน

ราชการ 37 คน ลูกจ้างชั่วคราว 4 คน บุคคลภายนอก 51 คน พนักงานจ้างเหมา 27 คน เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน อุทยานแห่งชาติตาพระยาทั้งหมด ซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในเวลาที่ศึกษา จำนวนทั้งสิ้น 60 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สืบค้นข้อมูลส่วนบุคคล และผลการปฏิบัติงานของ เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ จากโปรแกรม SMART ในฐานะข้อมูล การลาดตระเวนเชิงคุณภาพ อุทยานแห่งชาติตาพระยา ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2564 (60 เดือน) โดยจัดเรียง ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

ประวัติส่วนบุคคล

อายุ อยู่ในช่วง 20–29 ปี 30–39 ปี 40–49 ปี และ 50 ปีขึ้นไป มีอายุงาน ต่ำกว่า 5 ปี 5–9 ปี 10–14 ปี 15–19 ปี และ 20 ปีขึ้นไป สถานะการจ้างงาน ได้แก่ พนักงานจ้างเหมา เอกชน บุคคลภายนอกที่ช่วยปฏิบัติงานราชการ พนักงาน ราชการ และลูกจ้างประจำ มีรายละเอียด ดังนี้ **พนักงานจ้างเหมาเอกชน** หมายถึง บุคลากรซึ่งได้รับการจ้างงานชั่วคราวมีการระบุรายละเอียด ขอบเขตของงานชัดเจน จ่ายค่าจ้างเป็นงวดตามแต่ตกลงในสัญญา สามารถยกเลิกสัญญาได้ มีสวัสดิการ และค่าตอบแทนน้อยที่สุด **บุคคลภายนอกที่ช่วยปฏิบัติงานราชการ** หมายถึง บุคลากรซึ่งได้รับการจ้างงานชั่วคราว โดยได้รับเงินค่าตอบแทนการปฏิบัติงานตามระเบียบของกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้รับสิทธิตลอดจนระบบสวัสดิการที่สูงกว่าพนักงานจ้างเหมาฯ **พนักงานราชการ** หมายถึง บุคลากรซึ่งผ่านการคัดเลือก และได้รับการบรรจุตามระเบียบ ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เป็นพนักงานของรัฐซึ่งมีหน้าที่สนับสนุนการปฏิบัติงานราชการ ได้รับสิทธิค่าตอบแทนจากส่วนราชการนั้นๆ มีสวัสดิการ และความเจริญก้าวหน้าในอาชีพ แต่น้อยกว่าข้าราชการ จัดตั้งขึ้นทดแทนระบบลูกจ้างประจำ **ลูกจ้างประจำ** หมายถึง บุคลากรซึ่งเป็นลูกจ้างของรัฐในรูปแบบการจ้างงานแบบเก่า มีสวัสดิการ และเงินเดือนใกล้เคียงกับข้าราชการ แต่มีความก้าวหน้าน้อยกว่า ปัจจุบันภาครัฐกำลังบรรจุพนักงานราชการ ทำหน้าที่ทดแทน ซึ่งมีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และสูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย **ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน** แบ่งข้อมูลเป็น 3 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านการเดินลาดตระเวน คือ จำนวนครั้ง จำนวนวัน และระยะทางรวมที่เดินลาดตระเวน 2) ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ คือ จำนวนครั้งที่ตรวจพบ ต้นไม้ พืชอาหารสัตว์ ปัง แหล่งน้ำ พบสัตว์ป่า และร่องรอย และ 3) ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม คือ จำนวนครั้งที่ตรวจพบ การล่า การทำไม้ ปางพัก-ห้าง กับดักสัตว์ ปืน-เครื่องกระสุน และอุปกรณ์ดักไม้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล และผลการปฏิบัติงาน โดยค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับผลการปฏิบัติงาน โดยใช้แผนภูมิ Box Plot และการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ด้วยสถิติ Wilcoxon Sign Rank Test (WSR) ($P < 0.05$)

$$Z = \frac{|T_{\min}| - \frac{N(N+1)}{4}}{\sqrt{\frac{N(N+1)(2N+1)}{24} - \frac{1}{48} \sum_i t_i^3 - t_i}}$$

เมื่อ T = ผลรวมของลำดับเครื่องหมายทั้งหมด

t_i = จำนวนตำแหน่งซ้ำในกลุ่มที่ j

N = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลส่วนบุคคล และการปฏิบัติงานด้านการลาดตระเวนของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ

ข้อมูลส่วนบุคคล

อายุ เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ส่วนใหญ่มีอายุ 40-49 ปี จำนวน 23 คน (ร้อยละ 38.33) รองมาคืออายุ 30-39 ปี จำนวน 18 คน (ร้อยละ 30) อายุ 20-29 ปี จำนวน 13 คน (ร้อยละ 21.67) และอายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 6 คน (ร้อยละ 10) ตามลำดับ อายุงาน เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ส่วนใหญ่มีอายุงานน้อยกว่า 5 ปี จำนวน 30 คน (ร้อยละ 50) รองมาคืออายุงาน 5-9 ปี จำนวน 11 คน (ร้อยละ 18.33) อายุงาน 10-14 ปี จำนวน 8 คน (ร้อยละ 13.33) อายุงานมากกว่า 20 ปี จำนวน 7 คน (ร้อยละ 11.67) และน้อยสุดคืออายุงาน 15-19 ปี จำนวน 4 คน (ร้อยละ 6.67) ตามลำดับ สถานะการจ้างงาน เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ส่วนใหญ่มีสถานะการจ้างงานเป็นบุคคลภายนอกฯ จำนวน 36 คน (ร้อยละ 60) รองมา เป็นพนักงานราชการ จำนวน 20 คน (ร้อยละ 33.33) พนักงานจ้างเหมาฯ จำนวน 3 คน (ร้อยละ 5) และลูกจ้างประจำ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1.67) ตามลำดับ การศึกษา เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 34 คน (ร้อยละ 56.67) รองมาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 12 คน (ร้อยละ 20) ระดับประถมศึกษา และสูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลายมีจำนวนเท่ากัน คือ 7 คน (ร้อยละ 11.67) ตามลำดับ การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติ-ตาพระยา

ผลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา 60 คน ในระยะ 5 ปี ทั้งด้านการเดิน

ลาดตระเวน ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ และด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม มีรายละเอียดดังนี้

ด้านการเดินลาดตระเวนออกลาดตระเวนรวม 9,386 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 156.43 (± 15.81) ครั้งต่อคน จำนวนวันรวม 23,145 วัน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 385.75 (± 39.75) วันต่อคน ได้ระยะทางรวม 176,519.28 กิโลเมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2,941.99 (± 308) กิโลเมตรต่อคน

ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ ตรวจพบรวม 374 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 6.23 (± 1.4) ครั้งต่อคน ตรวจพบพืชอาหารสัตว์ ตรวจพบรวม 288 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.96 (± 1.33) ครั้งต่อคน ตรวจพบโป่งรวม 368 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 6.13 (± 1.15) ครั้งต่อคน ตรวจพบแหล่งน้ำ ตาน้ำ น้ำตก รวม 132 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2.20 (± 0.37) ครั้งต่อคน พบเห็นตัวสัตว์ป่า โดยตรงรวม 394 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 314.83 (± 1.19) ครั้งต่อคน ตรวจพบร่องรอยสัตว์ป่ารวม 18,890 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 314.83 (± 75) ครั้งต่อคน

ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม ตรวจพบการล่าสัตว์รวม 29 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.48 (± 0.19) ครั้งต่อคน ตรวจพบการทำไม้รวม 248 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.13 (± 2.15) ครั้งต่อคน ตรวจพบปางพัก ห้าง รวม 226 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.77 (± 1.16) ครั้งต่อคน ตรวจพบกับดักสัตว์รวม 670 ครั้ง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 11.77 (± 3.46) ครั้งต่อคน ตรวจพบปืน เครื่องกระสุนรวม 248 ครั้งต่อคน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.13 (± 1.04) ครั้งตรวจพบอุปกรณ์ตัดไม้รวม 117 ครั้งต่อคน คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.95 (± 0.98) ครั้งต่อคน ซึ่งรายละเอียดของผลการปฏิบัติงานเพิ่มเติม สามารถแสดงแสดงตาม Table 1

การเปรียบเทียบปัจจัยส่วนบุคคลกับผลการปฏิบัติงานด้านการลาดตระเวนโดย Boxplot

อายุ พบว่า ด้านการเดินลาดตระเวน เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ อายุ 20-29 ปี มีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวนสูงสุด อายุ 50 ปีขึ้นไป มีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวนต่ำสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ อายุ 20-29 ปี ตรวจพบต้นไม้ พืชอาหารสัตว์ และโป่งสูงสุด อายุ 50 ปีขึ้นไป ตรวจพบต้นไม้ พืชอาหารสัตว์ และร่องรอยสัตว์ต่ำสุด แต่ตรวจพบโป่งและพบเห็นสัตว์สูงสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม พบว่าอายุ 20-29 ปี พบการล่า กับดักสัตว์ ปืนเครื่องกระสุนสูงสุด อายุ 30-39 ปี พบการทำไม้ ปางพัก และอุปกรณ์ตัดไม้สูงสุด อายุ 50 ปีขึ้นไป ตรวจพบปัจจัยคุกคามต่ำสุด แสดงตาม Table 2

อายุงาน พบว่า ด้านการเดินลาดตระเวน เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ อายุงานน้อยกว่า 5 ปี มีจำนวนครั้ง จำนวนวัน และระยะทางรวมสูงสุด อายุงาน 20 ปีขึ้นไป มีประสิทธิภาพการเดินลาดตระเวนต่ำสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ อายุงานต่ำกว่า 5 ปี พบต้นไม้ และพืชอาหารสัตว์สูงสุด อายุงาน 5-9 ปี พบโป่ง แหล่งน้ำ และพบเห็นสัตว์สูงสุด อายุงาน 10-

14 ปี พบร่องรอยสัตว์สูงสุด และอายุงาน 20 ปีขึ้นไป ตรวจพบปัจจัยนิเวศต่ำสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม พบว่าอายุงานน้อยกว่า 5 ปี ตรวจพบปัจจัยคุกคามสูงสุด และอายุงาน 20 ปีขึ้นไปตรวจพบปัจจัยคุกคามต่ำสุด แสดงตาม Table 3

สถานะการจ้างงาน พบว่า ด้านการเดินลาดตระเวน พนักงานจ้างเหมาฯ มีจำนวนครั้งที่เดินลาดตระเวนสูงสุด บุคคลภายนอกฯ มีจำนวนวัน และระยะทางรวมสูงสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ พบว่าพนักงานจ้างเหมาฯ ตรวจพบพืชอาหารสัตว์ และโป่งสูงสุด บุคคลภายนอกฯ ตรวจพบต้นไม้ พบเห็นตัวสัตว์ป่า และร่องรอยสูงสุด และพนักงานราชการ ตรวจพบแหล่งน้ำสูงสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม พบว่าพนักงานจ้างเหมาฯ ตรวจพบปัจจัยคุกคามสูงสุด และพบว่าลูกจ้างประจำมีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวน ด้านการ

ตรวจพบปัจจัยนิเวศ และด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคามต่ำที่สุด แสดงตาม Table 4

ระดับการศึกษา พบว่า ด้านการเดินลาดตระเวน ประถมศึกษามีประสิทธิภาพในการเดินลาดตระเวนสูงสุด สูงกว่ามัธยมศึกษามีประสิทธิภาพในการเดินลาดตระเวนต่ำสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ มัธยมศึกษาตอนปลายตรวจพบแหล่งน้ำ และร่องรอยสัตว์สูงสุด ประถมศึกษาตรวจพบโป่ง และพบเห็นตัวสัตว์สูงสุด ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นพบต้นไม้ และพืชอาหารสัตว์สูงสุด ระดับสูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจพบปัจจัยนิเวศต่ำสุด ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม พบว่ามัธยมศึกษาตอนต้นตรวจพบปัจจัยคุกคามสูงสุด สูงกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจพบปัจจัยคุกคามต่ำสุด แสดงตาม Table 5

Table 1 Patrol efficiency of Ta Praya National Park patrol staff

Patrol efficiency item		Total	Min	Max	Mean	SD
Patrolling	Times of patrolling	9,386	19	431	156.43	15.81
	Days of patrolling	23,145	39	858	385.75	39.75
	Total distance of patrolling (km)	176,519	327	7,207	2,941	308
Eco-Factor Detection	Tree detection (times)	374	0	14	6.23	1.4
	Forage plants detection (times)	288	0	19	3.96	1.33
	Water source detection (times)	368	0	51	6.13	1.15
	Salt lick detection (times)	132	0	16	2.2	0.37
	Wildlife detection (times)	394	0	25	314.83	1.19
	Animal track detection (times)	18,890	11	2,165	314.83	75
Threat-Factor Detection	Illegal hunting detection (times)	29	0	2	0.48	0.19
	Illegal logging detection (times)	248	0	31	4.13	2.15
	Animal trapping detection (times)	226	0	31	3.77	1.16
	Shelter detection (times)	670	0	15	11.77	3.46
	Guns/ammunition detection (times)	248	0	17	4.13	1.04
	Logging equipment detection (times)	117	0	22	1.95	0.98

Table 2 Comparison of patrol efficiency across different age groups of patrol staff in Ta Praya National Park

Patrol efficiency item (per year)	Ages			
	20–29 years	30–39 years	40–49 years	>50 years
Times patrolling	37.82	32.91	26.70	13.77
Days patrolling	100.57	85.28	65.12	36.67
Total distance patrolling (km)	1,774	659	485	309
Tree detection (times)	2.51	1.92	1.24	0.49
Forage plants detection (times)	1.37	1.06	1.03	0.83
Water source detection (times)	0.73	0.87	0.95	1.20
Salt lick detection (times)	0.00	0.21	0.33	0.23
Wildlife detection (times)	1.08	1.15	0.92	1.55
Animal track detection (times)	78.88	70.98	38.20	31.51
Illegal hunting detection (times)	0.19	0.11	0.07	0.04
Illegal logging detection (times)	1.25	1.65	0.63	0.19
Animal trapping detection (times)	1.09	1.11	0.71	0.16
Shelter detection (times)	5.01	2.08	1.80	0.97
Guns/ammunition detection (times)	1.38	0.63	0.81	0.39
Logging equipment detection (times)	0.31	0.70	0.32	0.00

Table 3 Comparison of patrol efficiency across different years of work of Patrol staff at Ta Praya National Park

Patrol efficiency item (per year)	Years of work				
	< 5	5–9	10–14	15–19	>20
Times patrolling	37.45	33.16	23.05	9.79	9.84
Days patrolling	98.87	80.19	56.73	25.58	22.15
Total distance patrolling (km)	754	634	4.29	2.01	1.06
Tree detection (times)	2.59	1.08	0.80	0.36	0.20
Forage plants detection (times)	1.62	0.88	0.61	0.21	0.13
Water source detection (times)	0.71	1.54	1.42	0.65	0.27
Salt lick detection (times)	0.02	0.61	0.34	0.37	0.19
Wildlife detection (times)	1.05	1.83	1.00	0.63	0.04
Animal track detection (times)	66.41	48.15	78.98	27.83	15.11
Illegal hunting detection (times)	0.13	0.14	0.08	0.02	0.02
Illegal logging detection (times)	1.64	0.32	0.68	0.46	0.20
Animal trapping detection (times)	1.18	0.92	0.59	0.13	0.13
Shelter detection (times)	3.66	1.88	1.00	0.65	0.78
Guns/ammunition detection (times)	0.13	0.14	0.08	0.02	0.02
Logging equipment detection (times)	0.59	0.11	0.43	0.38	0.07

Table 4 Comparison of patrol efficiency across patrol employee work status in Ta Praya National Park

Patrol efficiency item (per year)	Employee status			
	Out-sourced worker	Contractor employee	Government employee	Permanent government employee
Times patrolling	36.29	36.48	18.02	4.51
Days patrolling	93.71	92.03	45.04	9.09
Total distance patrolling (km)	731	636	331	309
Tree detection (times)	2.18	1.97	0.71	0.04
Forage plants detection (times)	1.29	2.53	0.57	0.07
Water source detection (times)	1.06	1.62	0.55	0.25
Salt lick detection (times)	0.21	0.00	0.25	0.00
Wildlife detection (times)	1.39	0.96	0.60	0.29
Animal track detection (times)	67.06	39.25	41.58	7.27
Illegal hunting detection (times)	0.08	0.30	0.12	0.00
Illegal logging detection (times)	1.02	2.56	0.85	0.11
Animal trapping detection (times)	0.93	2.79	0.47	0.00
Shelter detection (times)	2.37	9.19	1.84	0.25
Guns/ammunition detection (times)	0.93	2.05	0.53	0.00
Logging equipment detection (times)	0.39	0.77	0.40	0.07

Table 5 Comparison of patrol efficiency across educational level of patrol staff at Ta Praya National Park

Patrol efficiency item (per year)	Educational level			
	Primary school	Middle school	High school	Above high school
Times patrolling	40.06	34.52	28.77	15.43
Days patrolling	105.51	90.00	73.12	36.40
Total distance patrolling (km)	822	698	557	268
Tree detection (times)	2.13	2.19	1.55	0.68
Forage plants detection (times)	1.25	1.30	1.01	1.01
Water source detection (times)	1.65	1.05	0.82	0.31
Salt lick detection (times)	0.21	0.09	0.28	0.10
Wildlife detection (times)	2.04	0.92	1.03	0.68
Animal track detection (times)	34.23	59.95	67.74	15.51
Illegal hunting detection (times)	0.04	0.12	0.12	0.07
Illegal logging detection (times)	0.69	2.26	0.75	0.60
Animal trapping detection (times)	1.16	1.59	0.64	0.36
Shelter detection (times)	2.44	5.04	1.84	1.38
Guns/ammunition detection (times)	1.37	1.01	0.75	0.44
Logging equipment detection (times)	0.13	0.86	0.30	0.41

การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนด้วยสถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อายุ อายุงาน สถานะการจ้างงาน และระดับการศึกษา) กับประสิทธิภาพการลาดตระเวน 3 ด้าน (การเดินลาดตระเวน การตรวจพบปัจจัยนิเวศ และการตรวจพบปัจจัยคุกคาม) ด้วยสถิติ Wilcoxon Sign Rank Test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่า 0.05 แสดงตาม Table 6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อายุ กับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน พบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีอายุต่างกันมีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวน ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ และด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม แตกต่างกัน ยกเว้นการตรวจพบร่องรอยสัตว์

อายุงาน กับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน พบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีอายุงานต่างกันมีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวน ประสิทธิภาพด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ และประสิทธิภาพด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคามแตกต่างกัน

สถานะการจ้างงาน กับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน พบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีสถานะการจ้างงานต่างกัน มีประสิทธิภาพในการเดินลาดตระเวน และประสิทธิภาพในการตรวจพบปัจจัยนิเวศแตกต่างกัน ด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคาม พบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีสถานะการจ้างงานต่างกัน มีประสิทธิภาพด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคามแตกต่างกัน

ระดับการศึกษา กับประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน พบว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีประสิทธิภาพในการเดินลาดตระเวน และประสิทธิภาพในการตรวจพบปัจจัยนิเวศแตกต่างกัน มีประสิทธิภาพในการตรวจพบปัจจัยคุกคามแตกต่างกัน

การศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา พบว่า เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีปัจจัยส่วนบุคคลต่างกันมีประสิทธิภาพในการลาดตระเวนแตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยส่วนบุคคลที่ต่างกันมักจะทำให้ได้รับโอกาส และประสบการณ์ต่างกัน เป็นเหตุให้มีแนวความคิด ทักษะ ทักษะใจ ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานแตกต่างกันตามไปด้วย ส่งผลต่อประสิทธิภาพของงานตามทฤษฎีสองปัจจัยของ Herzberg (1959) กล่าวถึง **ปัจจัยจูงใจ** ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน มีผลกระตุ้นความรู้สึกที่ดีต่อการปฏิบัติงาน และต่อหน่วยงาน ช่วยดึงศักยภาพบุคลากรแต่ละคนออกมา และช่วยให้การทำงานบรรลุวัตถุประสงค์ได้แก่ การได้รับการยอมรับ ความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน เป็นต้น **ปัจจัยบำรุงรักษา** เป็นปัจจัยที่ป้องกันความไม่พึงพอใจในการปฏิบัติงาน ทำให้บุคลากรอยู่ทำงานต่อไม่ลาออก ได้แก่

สภาพแวดล้อมการทำงาน นโยบายบริหาร และความมั่นคงของการจ้างงาน เป็นต้น

โดยเมื่อพิจารณาผลการศึกษาก่อนปัจจัยส่วนบุคคล พบว่าปัจจัยด้านอายุ และอายุงาน เป็นปัจจัยที่ใกล้เคียงและเกี่ยวพันกัน เช่น กลุ่มมีอายุน้อย (20-29 ปี) และอายุงานน้อย (ต่ำกว่า 5 ปี) ซึ่งเป็นคนวัยหนุ่ม มีสุขภาพแข็งแรง มีความมุ่งมั่น ตั้งใจสูง กระตือรือร้น ค้นหาสิ่งใหม่ ต้องการความท้าทายในชีวิต เช่น ได้จับถือปืนเดินลาดตระเวนในป่า เป็นผลให้มีจำนวนครั้ง จำนวนวัน และระยะทางที่เดินลาดตระเวนสูง ตรวจพบปัจจัยนิเวศ และปัจจัยคุกคามที่พบเห็นได้ง่ายสูง แต่ในการสังเกตพบสิ่งที่ต้องใช้ความละเอียด ใช้ทักษะ ความชำนาญในการจำแนก เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนที่มีอายุ และอายุงานน้อย (5-9 และ 10-14 ปี) จะตรวจพบต่ำกว่าผู้ที่มีอายุมากกว่า (30-39 ปี) ขณะที่ผู้ที่มีอายุมาก (50 ปีขึ้นไป) และอายุงานมาก (20 ปีขึ้นไป) จะมีความเบื่อหน่าย มีความมุ่งมั่น ตั้งใจแรงจูงใจน้อยลง ประกอบกับสมรรถภาพร่างกายที่ลดลง อาจเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพการลาดตระเวนลดลงตามไปด้วย

ส่วนในด้านสถานะ การจ้างงาน ผู้ที่มีอายุ และอายุงานมาก มักมีสถานะการจ้างงานที่มั่นคง (เป็นพนักงานราชการ หรือลูกจ้างประจำ) ขณะที่ผู้ที่มีอายุ และอายุงานน้อยมักมีสถานะการจ้างงานไม่มั่นคง (เป็นพนักงานจ้างเหมาฯ หรือบุคคลภายนอกฯ) โดยเจ้าหน้าที่ในกลุ่มนี้จะมีความมุ่งมั่นสูง ต้องการพัฒนาดตนเอง ให้เป็นที่ยอมรับ เป็นผลให้มีประสิทธิภาพการลาดตระเวนสูง จนกระทั่งอายุงานครบ 5 ปี สามารถคัดเลือกเพื่อบรรจุเป็นพนักงานราชการ ได้รับค่าตอบแทน และสวัสดิการในระดับที่สูงขึ้น ขณะเดียวกันบุคคลซึ่งยังไม่ผ่านการคัดเลือกบรรจุ ก็จะพยายามพัฒนาศักยภาพตนเองต่อไป จนกระทั่งระยะเวลาหนึ่ง หากยังไม่ผ่านการคัดเลือกก็อาจมีความท้อถอย เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานลาดตระเวนลดลงได้ ขณะที่ผู้ที่สอบบรรจุเป็นพนักงานราชการได้แล้ว จะมีประสิทธิภาพการลาดตระเวนสูงในช่วงแรกของการบรรจุ จากนั้นจะคงที่แล้วค่อย ๆ ลดน้อยลง ผกผันกับอายุ และอายุงาน เนื่องจากขาดแรงจูงใจเพิ่มเติม คือไม่มีโอกาสได้เจริญก้าวหน้าในอาชีพราชการ จึงปฏิบัติงานต่อไปเพียงเพื่อให้ได้รับค่าตอบแทน และระบบสวัสดิการตามสิทธิ์ (Critchlow *et al.*, 2016; Ariyaphithaka *et al.*, 2020)

สาเหตุอีกประการที่ส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่ายท้อถอยจนประสิทธิภาพงานลาดตระเวนลดลง คือ ความยากลำบาก และความเสี่ยงภัยในการปฏิบัติงาน ซึ่งผกผันกับค่าตอบแทนที่ได้รับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Anagnostou *et al.* (2022) ซึ่งพบว่าสถานะการจ้างงาน และอันตรายในการปฏิบัติงาน มีผลต่อประสิทธิภาพในการคุ้มครองพื้นที่อนุรักษ์ และผลการศึกษาของ Wongwijit (2020) ซึ่งพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติห้วยทับลาน คือ สวัสดิการ

และค่าตอบแทน สอดคล้องกับการศึกษาของ Saleepol (2017) ที่พบว่าแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของกำลังพล คือ การเสริมสร้างขวัญกำลังใจ และความก้าวหน้าในหน้าที่การงานของบุคลากรในหน่วยงาน โดยปัจจัยดังกล่าว สอดคล้องกับทฤษฎีของ Maslow (1954) ว่าความต้องการลำดับแรกของมนุษย์คือความต้องการทางด้านร่างกาย คือหากบุคคลใดได้รับปัจจัย 4 เพียงพอแล้ว บุคคลนั้นจะก้าวสู่ความต้องการลำดับต่อไป แต่หากบุคคลใดยังดำเนินชีวิตอยู่ด้วยความยากลำบาก ขาดแคลนอาหาร ไร้ที่อยู่อาศัย ไม่มีเงินทองใช้จ่ายในครอบครัว การจะจูงใจให้เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานก็เป็นไปได้อย่าง

ด้านการศึกษา ผลของปัจจัยด้านนี้ต่อประสิทธิภาพการลาดตระเวนด้านต่างๆ นั้นแตกต่างกันออกไป เช่น เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ซึ่งมีการศึกษาระดับประถมศึกษา อาจมีวิถีชีวิตใกล้ชิดกับป่ามาเป็นเวลานาน มีความชำนาญในภูมิประเทศ

และรอบรู้ปัจจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวัน จึงมีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวนสูง ตลอดจนสามารถจดจำ และจำแนกปัจจัยนิเวศต่างๆได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ผู้มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นสามารถเข้าถึงสื่อที่ทันสมัย รวมถึงเทคโนโลยีต่างๆ ได้ง่าย จึงมีโอกาสเรียนรู้วิธีการประยุกต์สิ่งเหล่านั้นมาปรับใช้ในงานลาดตระเวนได้ หรืออาจได้รับทักษะ ความรู้จากสถานศึกษา เช่น ด้านคอมพิวเตอร์ ความรู้ด้านนิเวศวิทยา ทักษะวิชาทหาร เป็นต้น ฉะนั้นไม่ว่าเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนการศึกษาระดับใดก็สามารถปฏิบัติงานลาดตระเวนได้ สอดคล้องกับ DNP (2017) ซึ่งระบุไว้ว่าข้อดีและคุณสมบัติที่กำหนดของระบบ SMART Patrol ข้อหนึ่งคือเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนไม่จำเป็นต้องมีการศึกษาสูง แค่เพียงอ่านเขียนได้ ก็สามารถเข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ และออกปฏิบัติงานภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 6 Result of Wilcoxon signed-rank test between personal factor and patrol efficiency

Patrol Efficiency	Age		Years of work		Employee status		Education level	
	z	P-value	z	P-value	z	P-value	z	P-value
Times patrolling	-2.81	.005*	-5.66	.000*	-6.73	.000*	-6.73	.000*
Days patrolling	-5.23	.000*	-6.52	.000*	-6.74	.000*	-6.74	.000*
Total distance patrolling (km)	-6.74	.000*	-6.74	.000*	-6.74	.000*	-6.74	.000*
Tree detection (times)	-6.74	.000*	-4.68	.000*	-3.07	.002*	-3.97	.000*
Forage plants detection (times)	-6.74	.000*	-5.85	.000*	-4.63	.000*	-5.34	.000*
Water source detection (times)	-6.74	.000*	-6.42	.000*	-5.53	.000*	-5.75	.000*
Salt lick detection (times)	-6.74	.000*	-6.74	.000*	-6.74	.000*	-6.76	.000*
Wildlife detection (times)	-6.74	.000*	-6.16	.000*	-5.12	.000*	-5.67	.000*
Animal track detection (times)	-0.15	.880 ^{ns}	-5.68	.000*	-6.73	.000*	-6.71	.000*
Illegal hunting detection (times)	-6.74	.000*	-6.68	.000*	-6.81	.000*	-6.76	.000*
Illegal logging detection (times)	-6.74	.000*	-5.85	.000*	-5.00	.000*	-5.47	.000*
Animal trapping detection (times)	-6.74	.000*	-6.08	.000*	-5.03	.000*	-5.62	.000*
Shelter detection (times)	-6.74	.000*	-4.32	.000*	-1.76	.078 ^{ns}	-2.61	.009*
Guns-ammunition detection(times)	-6.74	.000*	-6.18	.000*	-5.45	.000*	-5.79	.000*
Logging equipment detection (times)	-6.74	.000*	-6.48	.000*	-6.31	.000*	-6.31	.000*

Remark: * p-value < 0.05 ^{ns} is not significant at p-value < 0.05

สรุปและข้อเสนอแนะ

เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน อุทยานแห่งชาติตาพระยา ส่วนมากอายุ 40-49 ปี มีอายุงานน้อยกว่า 5 ปี สถานะการจ้างงานเป็นบุคคลภายนอกฯ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และในระยะเวลา 5 ปี (ต.ค. 59-ก.ย. 64) มีการลาดตระเวนเชิงคุณภาพจำนวน 9,386 ครั้ง รวม 23,145 วัน เป็นระยะทางรวม 176,519 กิโลเมตร มีจำนวนครั้งที่ตรวจพบต้นไม้ 374 ครั้ง พืชอาหารสัตว์ 288 ครั้ง ไปง 368 ครั้ง

แหล่งน้ำ 132 ครั้ง สัตว์ป่า 394 ครั้ง ร่องรอยสัตว์ 18,890 ครั้ง การล่า 29 ครั้ง การทำไม้ 248 ครั้ง ปางพัก ห้าง 226 ครั้ง กับดักสัตว์ 670 ครั้ง ปืน เครื่องกระสุน 248 ครั้ง และอุปกรณ์ตัดไม้ 117 ครั้ง

เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ ที่มีปัจจัยส่วนบุคคลต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการลาดตระเวนแตกต่างกัน ดังนี้ เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน อายุ 20-29 ปี มีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวน และด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศสูงสุด อายุ 50 ปี ขึ้นไป มีประสิทธิภาพด้านการเดินลาดตระเวน ด้านการตรวจ

พบปัจจัยนิเวศ และด้านการตรวจพบปัจจัยคุกคามต่ำสุด
เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนอายุงานน้อยกว่า 5 ปี มีประสิทธิภาพการ
เดินลาดตระเวนสูงสุด อายุงาน 5-9 ปี ตรวจพบโป่ง แหล่งน้ำ
และพบเห็นสัตว์สูงสุด และอายุงาน 10-14 ปี ตรวจพบร่องรอย
สัตว์สูงสุด สถานะการจ้างงานพนักงานจ้างเหมาฯ มีจำนวนครั้งที่
เดินลาดตระเวน การตรวจพบพืชอาหารสัตว์ โป่ง และตรวจ
พบปัจจัยคุกคามทุกรายการสูงสุด บุคคลภายนอกมีจำนวนวัน
ระยะทางรวม จำนวนครั้งที่ตรวจพบต้นไม้ พบเห็นตัวสัตว์ป่า
และร่องรอยสัตว์ป่าสูงสุด ปัจจัยการศึกษา เจ้าหน้าที่
ลาดตระเวนฯ การศึกษาประถมศึกษามีประสิทธิภาพด้าน
การเดินลาดตระเวน ด้านการตรวจพบปัจจัยนิเวศ ได้แก่ โป่ง
และเห็นตัวสัตว์สูงสุด ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตรวจพบ
ต้นไม้ พืชอาหารสัตว์ การล่า การทำไม้ ปางพักห่าง กับดัก
และอุปกรณ์ทำไม้สูงสุด ขณะที่มัธยมศึกษาตอนปลายตรวจพบ
แหล่งน้ำ และร่องรอยสัตว์ป่าสูงสุด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า
ปัจจัยบุคคลของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวนฯ มีผลต่อประสิทธิภาพ
ของการลาดตระเวนโดยอาจมีปัจจัยด้านอื่น ๆ ซึ่งต้องมีการ
ศึกษาเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป)

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรบุคคล
ในการคัดเลือกเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน และจัดกำลังชุด
ลาดตระเวน ควรพิจารณาปัจจัยส่วนบุคคลให้เหมาะสมกับ
การปฏิบัติงาน เช่น จัดเจ้าหน้าที่ที่มีอายุน้อย ร่างกายแข็งแรง
ปฏิบัติงานในพื้นที่ซึ่งมีความยากลำบาก หลีกเลี่ยงการจัด
พนักงานจ้างเหมาฯ ให้จัดบุคคลภายนอกฯ หรือพนักงาน
ราชการทำหน้าที่เป็นเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน เป็นต้น
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาวิจัย ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ
ปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของ
เจ้าหน้าที่ลาดตระเวน เช่น สภาพพื้นที่ ระยะห่างจากชายแดน
ประสบการณ์การทำงานอื่นๆ เป็นต้น ตลอดจนศึกษาการจัด
ระดับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ลาดตระเวน
เพื่อประกอบการเสนอแนวทางการเสริมสร้างศักยภาพให้แก่
เจ้าหน้าที่ลาดตระเวนที่ปฏิบัติงานในปัจจุบัน เป็นการ
ใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างจำกัดให้คุ้มค่า เกิดประโยชน์สูงสุด
และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคุ้มครองพื้นที่อุทยานแห่งชาติ
ตาพระยาได้ดียิ่งขึ้น

คำนิยาม

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และสหกรณ์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช และภาควิชาชีววิทยาป่าไม้
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเจ้าหน้าที่
ลาดตระเวนอุทยานแห่งชาติตาพระยา ที่ช่วยเหลือเก็บข้อมูลและ
ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้จนบรรลุผลไปได้ด้วยดี

REFERENCES

Anagnostou, M., Gunn, V., Nibbs, O., Muntaner, C.,
Doberstein, B. 2022. An international scoping
review of rangers: precarious employment.

Environment Systems and Decisions, 42:
479–503. doi: 10.1007/s10669-022-09845-3

Ariyaphithaka, C., Pongpattananurak, A.,
Pattanaviboolb, A., Podchongc S., Chankhao,
A.2020. Applying SMART patrol database for
creating species distribution model of *Panthera
tigris corbetti* in Thailand western forest
complex. **Journal of Environmental
Management**, 16(2): 42–59. doi:
10.14456/jem.2020.10 (in Thai)

Critchlow, R., Plumptre, A. J., Alidria, B., Nsubuga, M.,
Driciru M., Rwetsiba, A., Wanyama, F., Beale C.M.
2016. Improving law-enforcement effectiveness
and efficiency in protected areas using ranger-
collected monitoring data. **Conservation Letter**,
10(5): 1–9. doi: 10.1111/conl.12288

Department of National Parks, Wildlife and Plant
Conservation (DNP). 2017. **SMART Patrol
Techniques for Conservation Area
Management**. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Department of National Parks, Wildlife and Plant
Conservation (DNP). 2018. **Tha Praya National
Park Management Masterplan**. Bangkok,
Thailand. (in Thai)

Department of National Parks, Wildlife and Plant
Conservation (DNP). 2021. **Reports of Smart
Patrol in TaPhraya National Park, September
2021. Office of 1stst. Area Administration
Conservation (Prachinburi)**. Bangkok,
Thailand. (in Thai)

Department of National Parks, Wildlife and Plant
Conservation (DNP). 2022. **Summary of
Statistical Reports on Forest and Wildlife
Cases of National Park Wildlife and Plant
Conservation Department Years 2021**.
Bangkok, Thailand. (in Thai)

Herzberg, F., Mausner, B., Snyderman, B. 1959. **The
Motivation to Work**, 2nd ed. John Wiley. New
Brunswick, U.S.A., and London, UK.

Maslow, A.H. 1954. **Motivation and Personality**.
Harpers. Michigan, U.S.A.

Maneerat, S., Pattanavibool, A., Duengkae, P. 2016.
**Affecting SMART Patrol System Protection
Efficiency on Endangered Species in
HuaiKhaKhaeng Wildlife Sanctuary, Master**

of Science and Program in Forest Resource and Environmental Administration. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Saleepol, P. 2017. **Guidelines for Increasing Working Efficiency to Reduce the Loss of Personnel of the Mobile Development Unit in 3 Southern Border Provinces Thailand.** Thai National Defence College, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Thai Public Broadcasting Service. 2022. **Reason for Termination 1,731 "Forest Rangers" Agree to Take a 25% Pay Cut.** <https://www.thaipbs.or.th/news/content/311633>, 18 November 2022.

Wongwijit, M. 2020. **Motivation Affecting Forest Ranger Performance: a Case Study of the Thaplan National Park.** Forest Rangers. M.S. Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการ
ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเก้า – ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู

Vegetation Structural Characteristics and Influence of some Physical
Environmental Factors in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park,
Nong Bua Lamphu Province, Thailand

ธงชัย นาราชบุรี¹, วราลี ศรีเกื้อ¹, ฤชดา พงษ์การณียภาส², มณฑล นอแสงศรี³ และแหลมไทย อาษานอก^{2,4*}
Thongchai Narad¹, Waralee Srikue¹, Kritsada Phongkaranyapas², Monthon Nosaengsri³
and Lamthai Asanok^{2,4*}

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

¹Forest Management Program, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

²Agroforestry Program, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

³สาขาวิชาการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

³Forestry Program, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140 Thailand

⁴ศูนย์บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ – แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

⁴Greenhouse Gas Management Centre, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand.

*ผู้รับผิดชอบ, E-mail: lamthainii@gmail.com

*Corresponding author, E-mail: lamthainii@gmail.com

รับต้นฉบับ 30 กรกฎาคม 2567

รับแก้ไข 5 กันยายน 2567

รับลงพิมพ์ 18 กันยายน 2567

Received: 30 July 2024

Revised: 5 September 2024

Accepted: 18 September 2024

ABSTRACT

The study of vegetation structural characteristics is important for national park management. This study investigated the vegetation structural characteristics and the influence of some physical environmental factors on the distribution of tree species in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand. In total, 30 purposive sample plots (each 20 m x 20 m) were established. Data on tree species composition and some physical environmental factors were collected and used to analyze vegetation structural characteristics based on cluster analysis and their relationships with environmental factors. Based on the results, there were 79 species in 65 genera from 30 families, with the species diversity index being 3.63. The cluster analysis identified 3 sub-communities. The first was deciduous dipterocarp forest, consisting of 38 species and 35 genera from 17 families, with the species diversity index being 2.82. The dominant species, such as *Dipterocarpus obtusifolius*, *Gluta usitata* and *Pterocarpus macrocarpus*, were positively influenced by the altitude above mean sea level (m). The second sub-community was mixed deciduous forest, consisting of 52 species and 47 genera from 24 families, with the species diversity index being 3.28. The dominant species, such as *Xylia xylocarpa*, *Pterocarpus macrocarpus*, and *Lannea coromandelica*, were positively influenced by the temperature (°C). The third community was dry evergreen forest, consisting of 39 species and 36 genera from 20 families, with the species diversity index being 2.93. The dominant species, such as *Lagerstroemia dupperreana*, *Cratoxylum formosum* and *Dipterocarpus turbinatus*, were positively influenced by the rainfall (mm) and slope (%). Overall, based on the results, the Phu Kao–Phu Phan Kham National Park included diverse plant communities that had been determined by differences in physical environmental factors. Therefore, in zoning the management area, vegetation structural characteristics and physical environmental factors should be considered as important criteria. Further study should investigate the influence of soil factors on the occurrence of tree communities, which may provide additional information to more clearly explain the occurrence of plant communities.

Keywords: Plant community diversity; Limiting factors; Conservation area management

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชถือเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดการอุทยานแห่งชาติ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมด้านกายภาพบางประการที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดไม้ต้น ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู โดยการวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 30 แปลง พร้อมเก็บข้อมูลองค์ประกอบชนิดไม้ต้นและปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการเพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืช การจัดกลุ่มหมู่ไม้ และหาความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม ผลการศึกษาพบไม้ต้นทั้งหมด 79 ชนิด 65 สกุล 30 วงศ์ ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.63 สามารถจำแนกสังคมพืชย่อยได้ 3 สังคม ได้แก่ สังคมป่าเต็งรัง พบชนิดไม้ทั้งหมด 38 ชนิด 35 สกุล 17 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.82 ชนิดไม้เด่น เช่น เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) รักใหญ่ (*Gluta usitata*) และประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) ถูกกำหนดโดยความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร) สังคมป่าผสมผลัดใบ พบชนิดไม้ทั้งหมด 52 ชนิด 47 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.28 ชนิดไม้เด่น เช่น แดง (*Xylia xylocarpa*) ประดู่ และกูก (*Lannea coromandelica*) ถูกกำหนดโดยอุณหภูมิ (°C) และสังคมป่าดิบแล้ง พบชนิดไม้ทั้งหมด 39 ชนิด 36 สกุล 20 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.93 ชนิดไม้เด่น เช่น ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana*) ตั้วขน (*Cratoxylum formosum*) และยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ถูกกำหนดโดยปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) และความลาดชัน (%) ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าอุทยานแห่งชาติภูเก้า – ภูพานคำ ประกอบด้วยสังคมพืชที่หลากหลายและถูกกำหนดด้วยปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการแบ่งเขตการจัดการพื้นที่ควรพิจารณาลักษณะสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพเป็นสำคัญ ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดินต่อการปรากฏสังคมพืชเพิ่มเติม อาจทำให้อธิบายการปรากฏสังคมพืชได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ความหลากหลายสังคมพืช ปัจจัยจำกัด การจัดการพื้นที่อนุรักษ์

คำนำ

ป่าเขตร้อน (tropical forest) นับว่าเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับป่าในเขตอื่น ๆ ของโลก ทั้งนี้เพราะป่าเขตร้อนนั้นมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (high biodiversity) ได้แก่ ความหลากหลายของถิ่นอาศัย (habitat diversity) ความหลากหลายของชนิด (species diversity) ตลอดจนความหลากหลายของสายพันธุ์ (genetic diversity) (Santisuk, 2006) การเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจส่งผลให้เกิดการบุกรุกป่าธรรมชาติเพื่อเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ โดยกรมป่าไม้ พบว่าในปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าประมาณ 171 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 53.33 ของประเทศ และในปัจจุบัน พ.ศ. 2567 ประเทศไทยเหลือพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดร้อยละ 31.47 ของพื้นที่ประเทศ (Royal Forest Department, 2023) จะเห็นว่าพื้นที่ป่าของประเทศลดลงเป็นอย่างมากในช่วง 60 ปี ที่ผ่านมา สำหรับสาเหตุที่พื้นที่ป่าของประเทศลดลงนี้มีหลายสาเหตุ เช่น การลักลอบตัดไม้และเผาทำลายป่าในบริเวณต้นน้ำลำธารซึ่งเป็นการบุกรุกทำลายป่าเพื่อต้องการที่ดินในการทำเกษตร การตัดฟันไม้เพื่อแปรรูปจำหน่ายและใช้สอยส่วนตัวตลอดจนทำฟืนและเผาถ่าน เป็นต้น ซึ่งสาเหตุการลดลงของพื้นที่ป่าส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Ruangpanich, 1998)

เนื่องจากป่าเขตร้อนมีคุณค่าสูงในหลาย ๆ ด้าน ในการจัดการป่าให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาทาง

นิเวศวิทยาอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะในเรื่องของโครงสร้างและหน้าที่ของป่าไม้ เช่นเดียวกับปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมที่มีส่วนสำคัญในการกำหนดการกระจาย (distribution) และองค์ประกอบชนิด (species composition) ในสังคมพืช (Asanok *et al.*, 2015) ซึ่งในปัจจุบันยังขาดการศึกษาที่ครอบคลุมในทุกพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เช่น อุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ล้วนแต่ต้องการข้อมูลพื้นฐานด้านนิเวศวิทยาที่แม่นยำ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบริหารจัดการพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องเร่งดำเนินการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในส่วนของบทบาทด้านนิเวศวิทยา (ecological roles) เกี่ยวกับความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสังคมพืชในเขตพื้นที่อนุรักษ์ อันจะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบชนิดของพรรณไม้รวมถึงลักษณะปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสังคมพืชนั้น ๆ (Marod and Kutintara, 2009) การศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชจึงมักถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการป่าไม้โดยทั่วไป (Gadow *et al.*, 2019) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้รับนอกจากจะมีประโยชน์ต่อการวางแผนสำหรับการอนุรักษ์ (conservation planning) แล้ว ยังเป็นการเพิ่มพูนองค์ความรู้ด้านนิเวศวิทยาป่าไม้สำหรับใช้ประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป ดังนั้นการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้สำหรับอธิบายนิเวศวิทยาป่าไม้ในเชิงปริมาณดังกล่าว

อุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ เป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 50 ของประเทศไทย เป็นพื้นที่ในเทือกเขาภูพาน

ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน แยกออกจากกันเป็น 3 ส่วน เป็นพื้นที่ภูเขา 100,848 ไร่ ภูพานคำ 45,000 ไร่ และพื้นที่ส่วนน้ำ 53,125 ไร่ ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดหนองบัวลำภู พื้นที่ตอนล่างของจังหวัดอุดรธานี และอยู่ตอนบนของจังหวัดขอนแก่น สภาพป่าทั่วไปเป็นป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้ง (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2022) อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช รวมถึงลักษณะของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่แห่งนี้อย่างจริงจัง ดังนั้นการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและความหลากหลายชนิดของต้นไม้ในพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการพื้นที่ จึงได้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช องค์ประกอบของชนิด และอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการ อันจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการต่อสังคมพืชเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ในเขตอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำให้อำนวยประโยชน์สูงสุดและยั่งยืนต่อไป

วิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาบริเวณพื้นที่ป่าอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู และจังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ในการศึกษา 2 ส่วน คือ 1) พื้นที่ส่วนภูเก้า เป็นพื้นที่อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของอุทยานแห่งชาติ ครอบคลุมอำเภอโนนสัง อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู มีพื้นที่ทั้งหมด 161.35 ตารางกิโลเมตร หรือ 100,848 ไร่ 2) พื้นที่ส่วนภูพานคำ เป็นแนวเขายาวต่อเนื่องกันโดยเรียงตัวกันตามแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่อยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่น จำนวน 51 ตารางกิโลเมตร หรือ 31,875 ไร่ จังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 21 ตารางกิโลเมตร หรือ 13,125 ไร่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 250–500 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,385.9 มิลลิเมตรต่อปี และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.69 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 21.83 องศาเซลเซียส (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2022) (Figure 1)

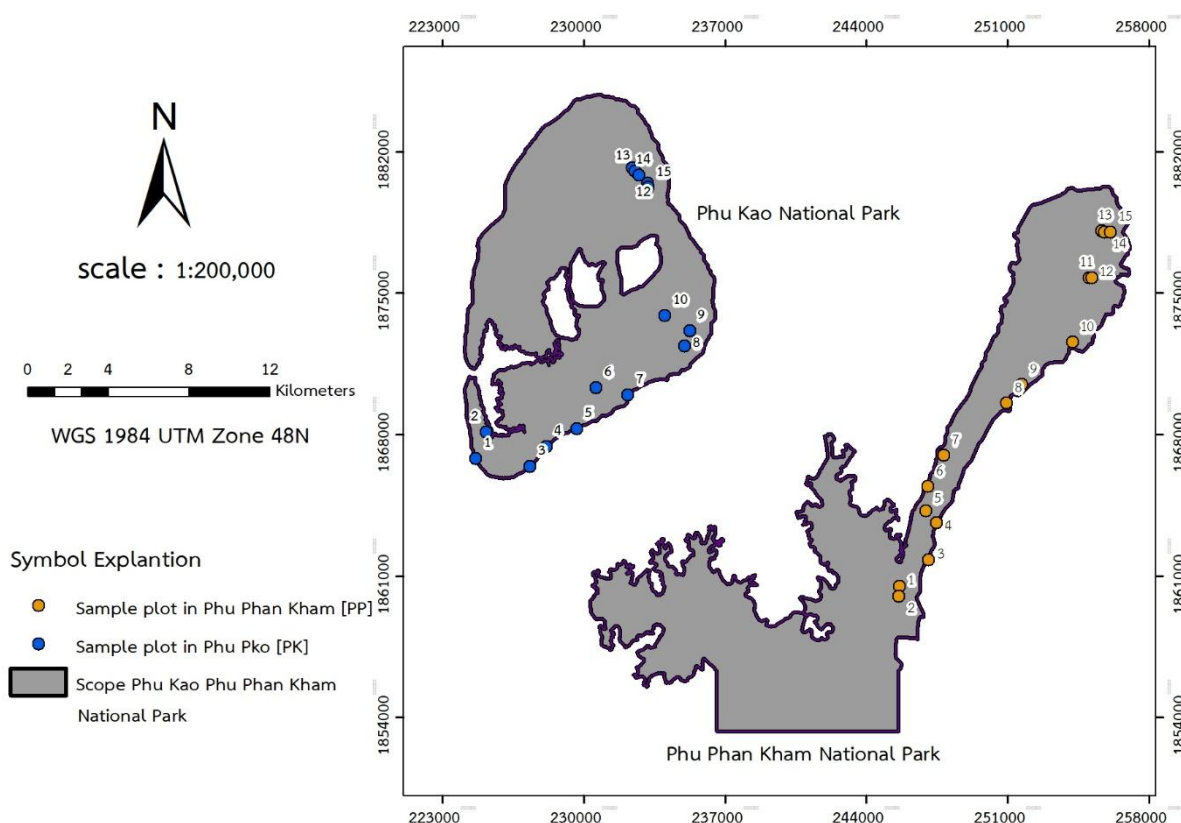


Figure 1 Location of sampling plots in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบพรรณไม้

การวางแผนตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laine *et al.* (2019) ให้กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา แบ่งเป็นอุทยานแห่งชาติภูเก้า จำนวน 15 แปลง และอุทยานแห่งชาติภูพานคำ จำนวน 15 แปลง รวมทั้งหมด 30 แปลง และบริเวณกลางแปลงของแต่ละแปลง ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทำการวางแผนย่อยขนาด 5 เมตร x 5 เมตร และ 1 เมตร x 1 เมตร พร้อมกับบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS) เก็บข้อมูลระหว่างเดือน กรกฎาคม–พฤศจิกายน 2566

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบของพรรณพืชที่ปรากฏในทุก ๆ แปลงตัวอย่าง แบ่งเป็น 1) ไม้ต้น (tree) คือ ไม้ที่มีความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมด ภายในแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร 2) ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูงมากกว่า 1.3 เมตร และ 3) กล้าไม้ (seedling) คือ ไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.3 เมตร โดยทำการนับจำนวนลูกไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 5 เมตร x 5 เมตร และนับจำนวนกล้าไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 1 เมตร x 1 เมตร พร้อมกับระบุชื่อวิทยาศาสตร์ อ้างตาม Phuma and Suddee (2014)

ข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพ จากการบันทึกพิกัดจุดกลางแปลงตัวอย่างด้วยเครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Garmin eTrex 10 GPS) สำหรับข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) นำเข้าข้อมูลปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m), ปริมาณน้ำฝน (mm) อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ความลาดชัน (%) และทิศด้านลาด ($^{\circ}$) สร้างได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial analysis) หลังจากนั้นนำข้อมูลทางด้านกายภาพของแต่ละจุดด้วยวิธีประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยเครื่องมือ Topo to raster toolbox ในโปรแกรม ArcGIS

การวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) เพื่อหาสังคมย่อยของสังคมพืชในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเก้า–ภูพานคำ โดยใช้จำนวนต้นของชนิดไม้แต่ละชนิดในแต่ละแปลงตัวอย่างมาใช้จำแนกสังคม (community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่ม

ตามวิธีของ Ward (Kent *et al.*, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune and Mefford, 2011)

ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดพรรณพืชในระดับไม้ต้น ลูกไม้ และกล้าไม้ วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้นต่อเฮกตาร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (dominance, Do: ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) และความถี่ (frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาความสัมพันธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น ส่วนในระดับลูกไม้และกล้าไม้พิจารณาเฉพาะค่าความหนาแน่นและความถี่ในการหาค่าดัชนีความสำคัญ พร้อมกับหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) ในระดับไม้ต้น ลูกไม้ และกล้าไม้ ตามสมการ Shannon–Wiener index (Magurran, 1988)

การจัดลำดับสังคมพืช (ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพ โดยใช้ค่าความหนาแน่นของไม้ต้นแต่ละชนิดในแต่ละแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร เป็นเมทริกซ์หลัก (main matrix) กับปัจจัยแวดล้อมทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m), ปริมาณน้ำฝน (mm) อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ความลาดชัน (%) และทิศด้านลาด ($^{\circ}$) ให้เป็นเมทริกซ์รอง (second matrix) โดยใช้วิธีการลำดับสังคม (ordination analysis) ตามวิธีการ Canonical Correspondence Analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC – ORD version 6 (McCune and Mefford, 2011)

ผลและวิจารณ์

โครงสร้างสังคมพืชและการจำแนก

สังคมพืชบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเก้า–ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสังคมพืชที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 20 สามารถจำแนกกลุ่มสังคมพืชออกเป็น 3 สังคม ได้แก่ 1) สังคมป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) ประกอบด้วย 8 แปลงตัวอย่าง ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง PK2, PK8, PK9, PK10, PP8, PP9, PP10 และ PP11 2) สังคมป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) ประกอบด้วย 13 แปลงตัวอย่าง ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลง PK1, PK3, PK4, PK5, PK6, PK7, PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6 และ PP7 3) สังคมป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) ประกอบด้วย 9 แปลงตัวอย่าง ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง PK11, PK12, PK13, PK14, PK15, PP12, PP13, PP14 และ PP15 (Figure 2) โดยแต่ละสังคมพืชมีลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบชนิดไม้ดังนี้ ดังนี้

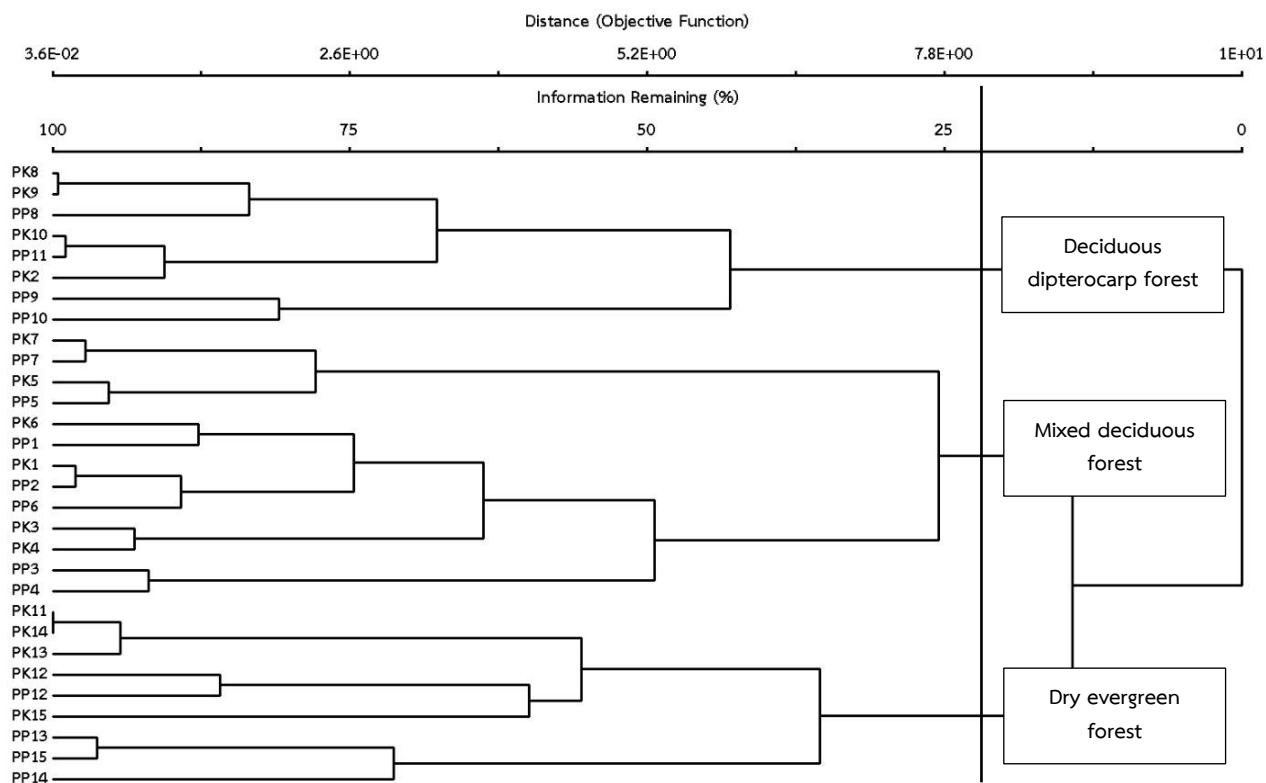


Figure 2 Dendrogram of stand clustering in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand, based on number of tree species

สังคมป่าเต็งรัง พบชนิดไม้ทั้งหมด 38 ชนิด 35 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 1,181 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 26.15 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.82 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) รักใหญ่ (*Gluta usitata*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) รัง (*Pentacme siamensis*) และเต็ง (*Shorea obtusa*) มีค่าเท่ากับ 35.20, 35.02, 32.39, 31.50 และ 19.20 ตามลำดับ (Table 2) ลูกไม้พบ 7 ชนิด 7 สกุล 7 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนลูกไม้ เท่ากับ 1,093 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 1.83 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ เต็ง พลับพลา (*Microcos tomentosa*) ตานกกก (*Ellipanthus tomentosus*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) และเม่าไข่มุก (*Antidesma ghaesembilla*) มีค่าเท่ากับ 59.29, 57.48, 55.69, 52.64 และ 26.31 ตามลำดับ (Table 2) และกล่ำไม้พบ 5 ชนิด 5 สกุล 3 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล่ำไม้ เท่ากับ 17,500 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 1.54 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ แดง รัง ตีนนก (*Vitex*

pinnata) พญาศรี (*Albizia lebbek*) และเหียง มีค่าเท่ากับ 54.76, 45.24, 38.10, 38.10 และ 23.81 ตามลำดับ (Table 2)

สังคมป่าผสมผลัดใบ พบชนิดไม้ทั้งหมด 52 ชนิด 47 สกุล 24 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 1,215 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 20.82 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 3.28 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ แดง ประดู่ กุ่ม (*Lannea coromandelica*) ตะแบกเลือด (*Terminalia corticosa*) และชงโค (*Bauhinia purpurea*) มีค่าเท่ากับ 32.80, 20.63, 18.42, 16.65 และ 15.60 ตามลำดับ (Table 2) ลูกไม้พบ 11 ชนิด 11 สกุล 8 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนลูกไม้ เท่ากับ 1,057 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.24 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ สารภี (*Imbralyx leucanthus*) หมักม่อ (*Rothmannia wittii*) แดง ชงโค และตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana*) มีค่าเท่ากับ 46.66, 37.37, 36.67, 30.31 และ 30.20 ตามลำดับ (Table 2) และกล่ำไม้พบ 12 ชนิด 12 สกุล 7 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล่ำไม้ เท่ากับ 28,461 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.31 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนี

ความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ ชงโค แดง สาร มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) และกุ่ม มีค่าเท่ากับ 32.25, 24.14, 24.14, 22.88 และ 14.77 ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบชนิดของสังคม พบว่ามีไม้เด่นของสังคมป่าผสมผลัดใบเข้ามาเป็นไม้เด่นในสังคม 5 อันดับแรก เช่น แดง ประดู่ และสาร ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำที่สามารถตั้งตัวและเจริญเติบโตได้ง่ายในสภาพปัจจัยจำกัดที่หลากหลาย

สังคมป่าดิบแล้ง พบชนิดไม้ทั้งหมด 39 ชนิด 36 สกุล 20 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 630 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 20.77 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.93 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) 5 ลำดับแรก คือ ตะแบกเปลือกบาง ตัวขน (*Cratoxylum formosum*)

ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) อระราช (*Peltophorum dasyrachis*) และตะแบกเลือด มีค่าเท่ากับ 41.95, 22.78, 22.47, 20.83 และ 16.44 ตามลำดับ (Table 2) ลูกไม้พบ 2 ชนิด 2 สกุล 2 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนลูกไม้ เท่ากับ 138 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 0.69 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) คือ ปรง (*Alangium indochinense*) ยางแดง มีค่าเท่ากับ 153.70 และ 146.30 ตามลำดับ (Table 2) และกล้าไม้ พบ 2 ชนิด 2 สกุล 2 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้ เท่ากับ 3,333 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 0.64 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) คือ ตะแบกเลือด ประดู่ มีค่าเท่ากับ 116.67 และ 83.33 ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Plant community characteristics by forest type in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand

Plant community characteristic	Total	Deciduous dipterocarp forest	Mixed deciduous forest	Dry evergreen forest
Tree				
Number of species	79	38	52	39
Number of genera	65	35	47	36
Number of families	30	17	24	20
Stream density (stems ha ⁻¹)	914	1,181	1,215	630
Basal area (m ² ha ⁻¹)	22.23	26.15	20.82	20.77
Shannon–Wiener index	3.63	2.82	3.28	2.93
Sapling				
Number of species	17	7	11	2
Number of genus	17	7	11	2
Number of family	11	7	8	2
Stream density (stems ha ⁻¹)	791	1,093	1,057	138
Shannon–Wiener index	2.63	1.83	2.24	0.69
Seedling				
Number of species	17	5	12	2
Number of genus	17	5	12	2
Number of family	7	3	7	2
Stream density (stems ha ⁻¹)	18,000	17,500	28,461	3,333
Shannon–Wiener index	2.62	1.54	2.31	0.64

Table 2 Top-five ranking trees based on importance value index (IVI) in each forest type in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand, including relative dominance (RDo), relative density (RD) and relative frequency (RF)

Plant community	Growth stage	Species	RDo (%)	RD (%)	RF (%)	IVI
Total	Tree	<i>Xylia xylocarpa</i>	4.97	11.03	5.16	21.16
		<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	8.78	6.84	4.58	20.20
		<i>Lagerstroemia duperreana</i>	8.88	5.56	2.87	17.31
		<i>Terminalia corticosa</i>	5.12	4.65	4.87	14.64
		<i>Canarium subulatum</i>	5.25	3.92	4.01	13.18
	Sapling	<i>Xylia xylocarpa</i>	–	18.42	14.29	52.60
		<i>Bauhinia purpurea</i>	–	7.89	10.71	28.74
		<i>Microcos tomentosa</i>	–	7.89	10.71	25.55
		<i>Imbralyx leucanthus</i>	–	7.89	10.71	23.99
		<i>Lagerstroemia duperreana</i>	–	7.89	7.14	23.11
	Seedling	<i>Xylia xylocarpa</i>	–	12.96	17.39	30.35
		<i>Bauhinia purpurea</i>	–	12.96	8.70	21.66
		<i>Vitex pinnata</i>	–	11.11	8.70	19.81
		<i>Imbralyx leucanthus</i>	–	7.41	8.70	16.10
		<i>Afzelia xylocarpa</i>	–	11.11	4.35	15.46
Deciduous dipterocarp forest	Tree	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	16.21	10.85	8.14	35.20
		<i>Gluta usitata</i>	12.01	17.20	5.81	35.02
		<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	14.30	11.11	6.98	32.39
		<i>Pentacme siamensis</i>	12.46	13.23	5.81	31.50
		<i>Shorea obtusa</i>	7.30	6.08	5.81	19.20
	Sapling	<i>Shorea obtusa</i>	–	21.43	12.50	59.29
		<i>Microcos tomentosa</i>	–	14.29	25.00	57.48
		<i>Ellipanthus tomentosus</i>	–	21.43	12.50	55.69
		<i>Xylia xylocarpa</i>	–	21.43	12.50	52.64
		<i>Antidesma ghaesembilla</i>	–	7.14	12.50	26.31
	Seedling	<i>Xylia xylocarpa</i>	–	21.43	33.33	54.76
		<i>Pentacme siamensis</i>	–	28.57	16.67	45.24
		<i>Vitex pinnata</i>	–	21.43	16.67	38.10
		<i>Albizia lebbeck</i>	–	21.43	16.67	38.10
		<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	–	7.14	16.67	23.81
Mixed deciduous forest	Tree	<i>Xylia xylocarpa</i>	8.20	18.90	5.70	32.80
		<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	9.46	6.10	5.06	20.63
		<i>Lannea coromandelica</i>	7.47	5.89	5.06	18.42
		<i>Terminalia corticosa</i>	5.47	5.49	5.70	16.65
		<i>Bauhinia purpurea</i>	3.81	6.10	5.70	15.60
	Sapling	<i>Imbralyx leucanthus</i>	–	13.64	16.67	46.66
		<i>Rothmannia wittii</i>	–	13.64	5.56	37.37

Table 2 (continued)

Plant community	Growth stage	Species	RDo (%)	RD (%)	RF (%)	IVI
Dry evergreen forest	Seedling	<i>Xylia xylocarpa</i>	–	18.18	16.67	36.67
		<i>Bauhinia purpurea</i>	–	13.64	16.67	30.31
		<i>Lagerstroemia duperreana</i>	–	13.64	11.11	30.20
		<i>Bauhinia purpurea</i>	–	18.92	13.33	32.25
		<i>Xylia xylocarpa</i>	–	10.81	13.33	24.14
		<i>Imbralyx leucanthus</i>	–	10.81	13.33	24.14
		<i>Afzelia xylocarpa</i>	–	16.22	6.67	22.88
		<i>Lannea coromandelica</i>	–	8.11	6.67	14.77
	Tree	<i>Lagerstroemia duperreana</i>	24.85	12.33	4.76	41.95
		<i>Cratoxylum formosum</i>	6.42	9.69	6.67	22.78
		<i>Dipterocarpus turbinatus</i>	6.70	11.01	4.76	22.47
		<i>Peltophorum dasyrachis</i>	8.21	8.81	3.81	20.83
		<i>Terminalia corticosa</i>	5.58	7.05	3.81	16.44
	Sapling	<i>Alangium indochinense</i>	–	50.00	50.00	153.70
		<i>Dipterocarpus turbinatus</i>	–	50.00	50.00	146.30
	Seedling	<i>Terminalia corticosa</i>	–	66.67	50.00	116.67
		<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	–	33.33	50.00	83.33

จากผลข้างต้นพบว่าสังคมป่าเต็งรัง ปรากฏไม้ดัชนี ความสำคัญของพรรณไม้ในสังคมป่าเต็งรัง เช่น เหียง รักใหญ่ และเต็ง แต่ในขณะเดียวกันยังพบไม้ในดัชนีสังคมป่าผสมผลัดใบเข้ามาปะปนกับพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ประดู่ ถึงแม้ว่า ประดู่จะพบได้ในป่าเต็งรังแต่โดยส่วนใหญ่แล้วประดู่มักจะถูกจัดเป็นไม้ดัชนีในป่าผสมผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2009) นั้นแสดงให้เห็นว่า ชนิดไม้ป่าผสมผลัดใบเริ่มเข้ามาในสังคม และเมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ในระดับไม้รุ่นพบพรรณไม้เบิกนำในป่าดิบแล้งเข้ามาทดแทนในพื้นที่ เช่น พลับพลาดานกกก แสดงให้เห็นว่าสังคมถูกรบกวนทำให้ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นรองของสังคมดั้งเดิมไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในขณะที่การสืบต่อพันธุ์ในระดับลูกไม้พบพรรณไม้ในสังคมป่าผสมผลัดใบปะปนกับพรรณไม้สังคมป่าเต็งรัง แสดงให้เห็นว่าในบริเวณแปลงตัวอย่าง PP8 และ PP11 เป็นพื้นที่แนวรอยต่อ (ecotone) ระหว่างป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ โดยมีไม้เด่นป่าผสมผลัดใบลูกเข้ามาในสังคม เนื่องจากพื้นที่แนวรอยต่อระหว่างป่านี้มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การตั้งตัวของพรรณไม้ที่มีปัจจัยแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน (Hemhuk *et al.*, 2015) เห็นได้ชัดว่าทั้งในระดับไม้ต้นและลูกไม้เริ่มมีกระบวนการสืบต่อพันธุ์พัฒนาไปสู่สังคมป่าผสมผลัดใบหากพื้นที่ไม่มีไฟที่เป็นปัจจัยสำคัญของป่าเต็งรัง Srikoon *et al.* (2021) กล่าวว่า ป่าเต็งรัง

เมื่อไม่มีไฟเป็นระยะเวลานานนั้นส่งผลให้ชนิดไม้ในสังคมอื่นเข้ามายึดครองพื้นที่แทนที่ไม้ดัชนีของป่าเต็งรัง ในส่วนสังคมป่าผสมผลัดใบ ในระดับไม้ต้น ไม้รุ่นและลูกไม้ ปรากฏไม้ดัชนี ความสำคัญของพรรณไม้ในสังคมป่าผสมผลัดใบ ได้แก่ แดง ประดู่ และสาธร ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำที่สามารถตั้งตัวและเจริญเติบโตได้ง่าย โดยประดู่ แดงเป็นไม้ทั่วไปของป่าผสมผลัดใบ (generalist species) ที่มีคุณสมบัติเป็นทั้งไม้เบิกนำและไม้ในสังคมการของป่าผสมผลัดใบ (Asanok *et al.*, 2020) ในขณะที่สังคมป่าดิบแล้ง ปรากฏไม้ดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ในสังคมป่าดิบแล้ง เช่น ตะแบกเปลือกบาง ตั้วขน และยางแดง โดยพบว่าตะแบกเปลือกบางมีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด และมีขนาดโตมากกว่าไม้ชนิดอื่น เพราะตะแบกเปลือกบางเป็นพันธุ์ไม้ที่ต้องการแสงสว่าง (light demander) ในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ (Bunyavejchewin, 1987) เมื่อพิจารณา ค่าความหลากหลายของชนิดพรรณไม้ จากค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener พบว่าความหลากหลายของพรรณไม้ในระดับไม้ต้นของป่าเต็งรังมีค่าน้อย เนื่องจากป่าเต็งรังมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ส่วนใหญ่เป็นดินทรายหรือดินลูกรัง ระบายน้ำได้ดีแต่ไม่สามารถกักเก็บรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้เพียงพอในฤดูแล้ง (Santisuk, 2006) ทำให้พืชพันธุ์ที่ไม่ทนแล้งตั้งตัว

ได้ยากส่งผลให้มีความหลากหลายค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ความหลากหลายของพรรณไม้และความหนาแน่นของสังคมพืชพบว่าสังคมป่าดิบแล้งมีค่าน้อย เนื่องจากพื้นที่ที่สำรวจส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน ดินมีความลึกน้อยการกีดขวางหน้าดินมีมากกว่าในพื้นที่ราบ และต้นไม้ได้รับอันตรายจากลมพายุทำให้ต้นไม้หักโค่น เป็นเหตุให้ความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งในระดับไม้ต้น ไม้รุ่น และลูกไม้ ของสังคมป่าดิบแล้งมีจำนวนน้อย คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Bunyavejchewin (1987) ที่พบว่าการเจริญเติบโตของต้นไม้ในป่าดิบแล้งที่อยู่ในพื้นที่ลาดชันเป็นเหตุให้พื้นที่หน้าตัดมีน้อยกว่าในพื้นที่ราบ

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมบางประการและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

การจัดลำดับสังคมพืช พบว่าค่า Eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) แกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.445, 0.343 และ 0.298 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 อธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมจึงมีความถูกต้องสูงสุด โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับแกนที่ 1 คือ ปริมาณน้ำฝน (RAN) ความลาดชัน (SLO) และความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) โดยมีค่าความสัมพันธ์ $r^2 = 0.768, 0.729$ และ 0.352 ส่วนอุณหภูมิ (TEM) โดยมีค่า $r^2 = 0.325$ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแกนที่ 1 โดยปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏของพรรณไม้เด่นของแต่ละสังคมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Table 3 และ Figure 3) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรัง ไม้ไม่ถูกกำหนดด้วยอิทธิพลจากปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเล (ELE) ชนิดไม้เด่นในสังคม เช่น เหียง (DIPOP) รักใหญ่ (GLUUS) รัง (PENSI) เป็นต้น ซึ่งเป็นชนิดไม้ที่พบในป่าเต็งรัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 189–488 เมตร ซึ่งป่าเต็งรังมีเขตการกระจายพันธุ์ที่พบได้ตั้งแต่ระดับความสูง 50–1,000 เมตร

เหนือระดับน้ำทะเล (Bunyavejchewin, 1979) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sahunalu (1995) พบว่าในบริเวณที่มีไม้เต็ง รัง และเหียง เป็นไม้เด่นมักจะปรากฏอยู่ในพื้นที่ที่สูงกว่าสังคมอื่น ๆ และ Choopan (2021) พบการกระจายตัวของเหียง รัง และประดู่ ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300–500 เมตร

กลุ่มที่ 2 ชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบ ไม้ไม่ถูกกำหนดด้วยอิทธิพลจากปัจจัยอุณหภูมิ (TEM) ชนิดไม้เด่นในสังคม เช่น แดง (XYLXY) กูก (LANCO) มะค่าโมง (AFZXY) เป็นต้น มีอุณหภูมิของพื้นที่เฉลี่ย 25.7–26.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการกระจายพันธุ์ของพืชทั้งการร่วนหล่นของใบ ติดดอก ออกผล ซึ่งแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ส่งผลต่อการออกดอกและผลในระดับที่แตกต่างกัน Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (2022) พบว่า ช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีผลต่อการร่วนหล่นของใบ การออกดอก และติดผลของพรรณไม้มากที่สุดคือ ช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 25.84–28.20 องศาเซลเซียส

กลุ่มที่ 3 ชนิดไม้เด่นในป่าดิบแล้ง ไม้ไม่ถูกกำหนดด้วยอิทธิพลจากปัจจัยปริมาณน้ำฝน (RAN) และความลาดชัน (SLO) ชนิดไม้เด่นในสังคม เช่น อะราง (PELDA) ยางกราด (DIPIN) โมกมัน (WRIAR) เป็นต้น ซึ่งความลาดชันมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความลึกของดินโดยในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะมีความลึกของดินชั้นบนน้อยในขณะเดียวกันต้นไม้จะมีโอกาสได้รับอิทธิพลจากลมพายุ ทำให้หักโค่นและเกิดช่องว่างของเรือนยอดส่งผลให้น้ำฝนปะทะหน้าดินโดยตรงเกิดการชะล้างพังทลายมาก และน้ำก็พัดพาธาตุอาหารหน้าดินไปด้วยส่งผลให้พื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์อินทรีย์วัตถุในดินมีน้อยไม่เหมาะต่อการตั้งตัวของกลุ่มไม้ไม่ผลัดใบมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพรรณไม้ไม่ดีนัก (Marod and Kutintara, 2009)

Table 3 Physical spatial factors (mean±standard deviation, SD) of plant communities in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand

Physical factor	Deciduous dipterocarp forest			Mixed deciduous forest			Dry evergreen forest		
	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max
Aspect (°)	163.23 ±78.80	74.66	299.90	217.33 ±73.15	86.32	297.65	94.60 ±48.38	27.75	165.65
Elevation (m)	367.50 ±74.45	25.00	26.30	258.69 ±67.07	25.70	26.70	348.00 ±21.20	25.50	25.80
Rainfall (mm)	1,233.75 ±21.48	1,204.00	1,264.00	1,217.54 ±13.93	1,196.00	1,239.00	1,250.11 ±21.30	1,231.00	1,275.00
Slope (%)	5.81 ±3.42	244.00	488.00	3.92 ±1.97	189.00	354.00	6.68 ±3.13	323.00	395.00
Temperature (°C)	25.66 ±0.40	1.25	10.23	26.25 ±0.37	1.14	7.62	25.76 ±0.10	3.08	10.07

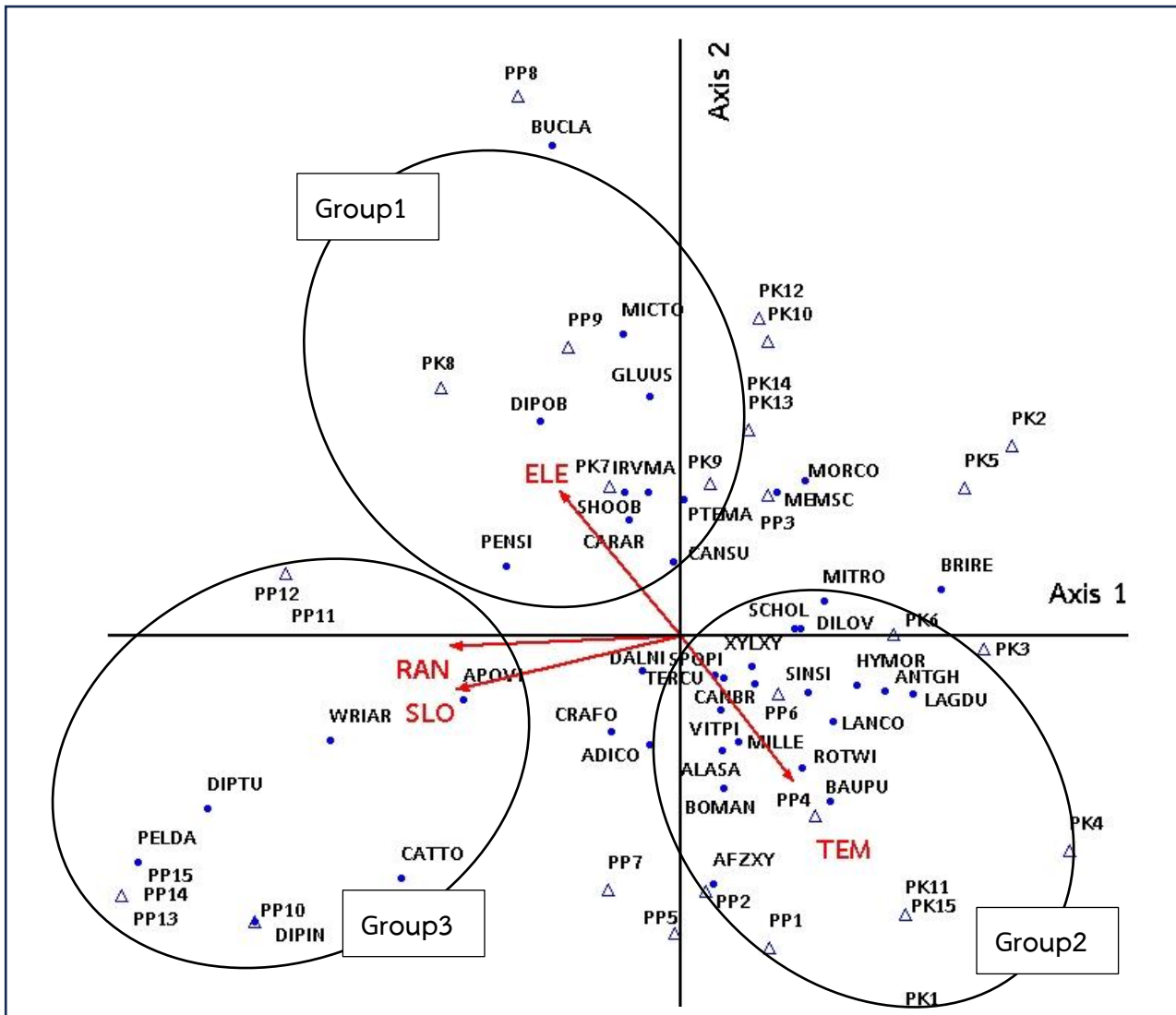


Figure 3 CCA ordination diagram representing relationships between vegetation (tree species) and physical environmental factors, where species codes are provided in Appendix A

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงสร้างสังคมพืชในเขตป่าอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ จังหวัดหนองบัวลำภู พบไม้ต้นทั้งหมด 79 ชนิด 65 สกุล 30 วงศ์ ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.63 สามารถจำแนกสังคมพืชย่อยได้ 3 สังคม ได้แก่ 1) สังคมป่าเต็งรัง พบชนิดไม้ทั้งหมด 38 ชนิด 35 สกุล 17 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.82 ชนิดไม้เด่น เช่น เหียง รักใหญ่ โดยความสูงจากระดับน้ำทะเลมีผลต่อการปรากฏของชนิดไม้ในสังคม 2) สังคมป่าผสมผลัดใบ พบชนิดไม้ทั้งหมด 52 ชนิด 47 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.28 ชนิดไม้เด่น เช่น แดง ประดู่ โดยอุณหภูมิมีผลต่อการปรากฏของชนิดไม้ในสังคม และ 3) สังคมป่าดิบแล้ง พบชนิดไม้ทั้งหมด 39 ชนิด 36 สกุล 20 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.93 ชนิดไม้เด่น เช่น ยางแดง อระราช โดยปริมาณน้ำฝนและความลาดชันมีผลต่อการปรากฏของชนิดไม้ในสังคม ผลการวิจัยบ่งชี้

ว่าอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ ประกอบด้วยสังคมพืชที่หลากหลายและปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในการจัดการพื้นที่ควรมีการพิจารณาคุณสมบัติดินประกอบด้วย เพื่อจะได้อธิบายความแตกต่างระหว่างสังคมพืชได้มากขึ้นเนื่องจากปัจจัยคุณสมบัติดินอาจทำให้โครงสร้างสังคมพืชเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาลักษณะทางพลวัตของสังคมพืชในระยะยาวเพื่อติดตามการแปรผันของสังคมพืชอันส่งผลต่อการจัดการป่าให้มีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ต้องขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่ของอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติทุกท่านที่สนับสนุน

งานวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา อีกทั้งขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้การทำวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Asanok, L., Ngampiboonwet, W., Chewchaingo, A. 2015. The preliminary study of vegetation structure and factor affecting of natural regeneration of tree in tropical dry limestone forest Rong Kwang district, Phrae province. In: **Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference (T – FERN), 4th ed: Ecological Knowledge for Sustainable Management**. Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, pp. 19 – 27. (in Thai)
- Asanok, L., Kamyo, T., Marod, D. 2020. Maximum entropy modeling for the conservation of *Hopea odorata* in riparian forests, central Thailand. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, 21(10): 4663–4670. doi.org/10.13057/biodiv/d211027
- Bunyavejchewin, S. 1979. **Phytosociological structure and soil property in Nam Pong Basin Master's Thesis, Department of Forest Biology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Bunyavejchewin, S. 1987. **Vegetation patterns in the tropical semi-evergreen forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima**. Forest Research Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Choopan, T. 2021. Plant Diversity in Ban Banlang Community Forest, Nonthai District, Nakhon Ratchasima Province. **Journal of Science Engineering and Technology**, 1(1): 1–10. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2022. **Area Management plan of Phu Kao Phu Phan Kham National Park**. <https://drive.google.com/file/d/14QfA8lQ2uVrYs8rSpL8wzdueUC7EiZs/view>, 20 June 2024. (in Thai)
- Gadow, K.V., Zhang, C.Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Myklush, S., Hui, G.Y., Kiviste, A., Zhao, X.H. 2019. **Forest Structure and Diversity**. In Pukkala, T. and von K. Gadow (eds.). *Continuous Cover Forestry, Managing Forest Ecosystems*. Springer, USA.
- Hemhuk, S., Jingjai, A., Tongsawee, J., Tinkampang, S., Marod, D. 2015. Study to species composition, biomass and carbon stock along the ecotone between deciduous dipterocarp forest and lower montane evergreen forest at Doi Suthep – Pui national park, Chiang Mai province. In: **Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference (T-FERN), 4th ed: Ecological Knowledge for Sustainable Management**. Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, pp. 19–27. (in Thai)
- Kent, M., Lues, R., Coker, P. 1994. The general classification of rhesus macaques, *Macaca mulatta*. **International Journal of Biology Assay**, 11(6): 363.
- Laing, R.S., Ong, K.H., Kueh, R.J.H., Mang, N.G., King, P.J.H., Sait, M. 2019. Stand structure, floristic composition and species diversity along altitudinal gradients of a Bornean Mountain range 30 years after selective logging. **Journal of Mountain Science**, 16(6): 1419–1434.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Marod, D., Kutintara, U. 2009. **Forest Ecology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- McCune, B., Mefford, M.J. 2011. **PC ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0 for Windows**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 365 pp
- Phuma, P., Suddee, S. 2014. **Thai plant names (Botanical name–vernacular names) Revised Edition**. Bangkok, Thailand: Royal Forest Department. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2023. **Forest Areas in Thailand**. <https://data.forest.go.th/dataset/https-www-forest-go-th-land>, 20 June 2024. (in Thai)
- Ruangpanich, N. 1998. **The Ecology of Natural Resources**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sahunalu, P. 1995. Species diversity of trees in dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakhonratchasima

- I, Variations and dynamics of species diversity. **Kasetsart Journal**, 29(3): 416 – 427. (in Thai)
- Santisuk, T. 2006. **Forest in Thailand**. The Forest Herbarium (BKF), National Park, Wildlife and Plant Conservation Department, Bangkok, Thailand. pp. 91–98. (in Thai)
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, **Biologiske Skrifter**, 5(4): 1–34.
- Srikoon, P., Taweesuk, R., Pramosee, P., Chankaew, P., Asanok, L. 2021. Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae Province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 5(1): 33 – 52. (in Thai)

Appendix A: Species list of woody trees in deciduous dipterocarp forest, mixed deciduous forest and dry evergreen forest, in Phu Kao–Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu province, Thailand

Scientific name	Family	Code	Deciduous dipterocarp forest	Mixed deciduous forest	Dry evergreen forest
<i>Adina cordifolia</i>	Rubiaceae	ADICO	/	/	/
<i>Afzelia xylocarpa</i>	Fabaceae	AFZXY		/	
<i>Alangium salviifolium</i>	Cornaceae	ALASA			/
<i>Albizia lebbeck</i>	Fabaceae	ALBLE	/		
<i>Antidesma ghaesembilla</i>	Phyllanthaceae	ANTGH	/	/	
<i>Aporosa villosa</i>	Phyllanthaceae	APOVI	/	/	
<i>Bauhinia purpurea</i>	Fabaceae	BAUPU	/	/	
<i>Bombax anceps</i>	Malvaceae	BOMAN		/	/
<i>Bridelia retusa</i>	Phyllanthaceae	BRIRE	/	/	/
<i>Buchanania lanzan</i>	Anacardiaceae	BUCLA	/	/	
<i>Cananga brandisiana</i>	Annonaceae	CANBR		/	/
<i>Canarium subulatum</i>	Burseraceae	CANSU	/	/	/
<i>Careya arborea</i>	Lecythidaceae	CARAR	/	/	
<i>Catunaregam tomentosa</i>	Rubiaceae	CATTO	/	/	
<i>Cratoxylum cochinchinense</i>	Hypericaceae	CRACO			/
<i>Dalbergia nigrescens</i>	Fabaceae	DALNI		/	/
<i>Dalbergia oliveri</i>	Fabaceae	DALOL		/	
<i>Dillenia ovata</i>	Dilleniaceae	DILOV	/	/	
<i>Diospyros vera</i>	Ebenaceae	DIOVE		/	
<i>Dipterocarpus intricatus</i>	Dipterocarpaceae	DIPIN	/		
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	Dipterocarpaceae	DIPOB	/		
<i>Dipterocarpus turbinatus</i>	Dipterocarpaceae	DIPTU			/
<i>Flacourtia indica</i>	Salicaceae	FLAIN		/	
<i>Gluta usitata</i>	Anacardiaceae	GLUUS	/	/	/
<i>Heterophragma sulfureum</i>	Bignoniaceae	HETSU		/	
<i>Hopea ferrea</i>	Dipterocarpaceae	HOPFE			/

Appendix A (continued)

Scientific name	Family	Code	Deciduous dipterocarp forest	Mixed deciduous forest	Dry evergreen forest
<i>Hymenodictyon orixense</i>	Rubiaceae	HYMOR		/	/
<i>Irvingia malayana</i>	Irvingiaceae	IRVMA	/	/	/
<i>Lagerstroemia duperreana</i>	Lythraceae	LAGDU		/	/
<i>Lannea coromandelica</i>	Anacardiaceae	LANCO	/	/	
<i>Memecylon scutellatum</i>	Melastomataceae	MEMSC			/
<i>Microcos tomentosa</i>	Malvaceae	MICTO	/	/	
<i>Millettia leucantha</i>	Fabaceae	MILLE	/	/	/
<i>Mitragyna rotundifolia</i>	Rubiaceae	MITRO	/	/	/
<i>Morinda coreia</i>	Rubiaceae	MORCO	/	/	
<i>Parkia sumatrana</i>	Fabaceae	PARSU		/	/
<i>Peltophorum dasyrachis</i>	Fabaceae	PELDA			/
<i>Pentacme siamensis</i>	Dipterocarpaceae	PENSI	/	/	
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Fabaceae	PTEMA	/	/	/
<i>Rothmannia wittii</i>	Rubiaceae	ROTWI	/	/	/
<i>Schleichera oleosa</i>	Sapindaceae	SCHOL	/	/	/
<i>Shorea obtusa</i>	Dipterocarpaceae	SHOOB	/	/	/
<i>Sindora siamensis</i>	Fabaceae	SINSI	/	/	/
<i>Spondias pinnata</i>	Anacardiaceae	SPOPI	/	/	/
<i>Terminalia alata</i>	Combretaceae	TERAL		/	
<i>Terminalia corticosa</i>	Combretaceae	TERCU	/	/	/
<i>Vitex pinnata</i>	Lamiaceae	VITPI	/	/	/
<i>Wrightia arborea</i>	Apocynaceae	WRIAR			/
<i>Xylia xylocarpa</i>	Fabaceae	XYLXY	/	/	/

นิเวศวิทยาบางประการ ปริมาณและมูลค่าของไผ่ในป่าเบญจพรรณของป่าชุมชน
ในอำเภอมะเณป็น จังหวัดนครสวรรค์

Ecological Factors, Volume and Value of Bamboo in Mixed Deciduous Forest
In Community Forest Areas in Mae Poen District, Nakhon Sawan Province, Thailand

เจียรวิชัย มุสิกวงษ์^{1,2}, พสุธา สุนทรห้าว^{1*} และวัฒนชัย ตาเสน¹
Thainrawich Musikawong^{1,2}, Pasuta Sunthornhao^{1*} and Wattanachai Tasen¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4 สาขานครสวรรค์ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²Forest Resources Management Office No. 4 Nakhon Sawan Branch, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforpts@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 1 กรกฎาคม 2567

Received: 1 July 2024

รับแก้ไข 26 กรกฎาคม 2567

Revised: 26 July 2024

รับลงพิมพ์ 23 สิงหาคม 2567

Accepted: 23 August 2024

ABSTRACT

The utilization of forest resources in community forests is crucial for the livelihoods of people in rural communities, especially in areas where forests are close to their homes. Utilizing timber and forest products under the Community Forest Act of 2019 helps communities manage forest resources sustainably and systematically. Therefore, effective community forest management must consider the balanced and sustainable use of bamboo and other forest resources for the maximum benefit of both the community and the environment. The objectives of this study were to investigate the ecology of plant communities in mixed deciduous forest and to evaluate the quantity and utilization value of bamboo, using systematic forest sampling surveys, with 14 temporary sampling plots (each 40 m x 40 m) established in the study area.

Based on the results of the study, there were 66 species, 58 genera and 28 families, classified as 55 species of tree, 28 species of sapling and 31 species of seedlings. In addition, there were three species of bamboo–Pairuak (*Thyrsostachys siamensis* Gamble), Paisangnuan (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) and Paipa (*Bambusa bambos* (L.) Voss), with an average density of 2,401.33 clumps/ha. The total amount of bamboo was 2,878,993 clumps, classified into 1,863,385 clumps of Pairuak, 721,362 clumps of Paisangnuan and 294,246 clumps of Paipa. The total value of bamboo utilization was 1,172,110 baht/year, consisting of 947,848 baht/year for bamboo stalks and shoots and 224,262 baht/year for the usable bamboo. Pairuak produced the greatest annual increment, followed by Paisangnuan and Paipa (49.91%, 30.87% and 18.64%, respectively, or 930,015, 222,684 and 54,847 clumps respectively).

Keywords: Mixed deciduous forest; Bamboo utilization; Product value; Volume

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ในป่าชุมชนเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับการยังชีพของประชาชนในชุมชนชนบท โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีป่าอยู่ใกล้กับที่อยู่อาศัย การใช้ประโยชน์จากไม้และของป่าภายใต้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ช่วยให้ชุมชนสามารถจัดการทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างยั่งยืนและเป็นระบบ การบริหารจัดการป่าชุมชนที่ดีจึงต้องพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์จากไม้และทรัพยากรป่าไม้อื่น ๆ อย่างสมดุลและยั่งยืน เพื่อประโยชน์สูงสุดแก่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์สภาพการของสังคมพืชในป่าเบญจพรรณ ปริมาณและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของไม้ โดยใช้วิธีการสำรวจแบบสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบเพื่อกำหนดตำแหน่งจากแปลงตัวอย่างชั่วคราว ขนาด 40 เมตร × 40 เมตร จำนวน 14 แปลงตัวอย่าง กระจายครอบคลุมพื้นที่ป่าอย่างสม่ำเสมอ

ผลการศึกษพบชนิดไม้ทั้งหมด 66 ชนิด 58 สกุล 28 วงศ์ จำแนกเป็นไม้ต้น 55 ชนิด ไม้รุ่น 28 ชนิด กล้าไม้ 31 ชนิด พบไม้จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ไม้ชางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) และไม้ป่า (*Bambusa bambos* (L.) Voss) ความหนาแน่นเฉลี่ย 2,401.33 ลำต่อเฮกตาร์ ปริมาณไม้ทั้งหมด 2,878,993 ลำ จำแนกเป็นไม้รวก 1,863,385 ลำ ไม้ชางนวล 721,362 ลำ และไม้ป่า 294,246 ลำ คิดเป็นมูลค่าที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ไม้ทั้งสิ้น 1,172,110 บาทต่อปี แบ่งเป็นมูลค่าจากลำไม้ที่หามาได้ เท่ากับ 947,848 บาทต่อปี และมูลค่าจากหน่อไม้ที่หามาได้ เท่ากับ 224,262 บาทต่อปี โดยไม้รวกมีกำลังผลิต ร้อยละ 49.91 ต่อปี ความเพิ่มพูนรายต่อปี 930,015 ลำ ไม้ชางนวลมีกำลังผลิต ร้อยละ 30.87 ความเพิ่มพูนรายต่อปี 222,684 ลำ และไม้ป่ามีกำลังผลิต ร้อยละ 18.64 มีความเพิ่มพูนรายต่อปี 54,847 ลำ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ป่าเบญจพรรณ การใช้ประโยชน์ไม้ ปริมาณ มูลค่า

คำนำ

ในปัจจุบันป่าชุมชนในประเทศไทย ตามพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 มีจำนวนทั้งสิ้น 12,801 หมู่บ้าน 11,193 ป่าชุมชน รวมเนื้อที่ประมาณ 6,228,388 ไร่ 64 ตารางวา โดยภาคเหนือมีพื้นที่ป่าชุมชนมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ตามลำดับ โดยวัตถุประสงค์ของการจัดการป่าชุมชนแต่ละแห่งนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความจำเป็น หรือความต้องการของชุมชนที่มุ่งหวังได้รับจากป่าชุมชน การจัดการป่าชุมชนจึงขึ้นอยู่กับ การตอบสนองวัตถุประสงค์ของชุมชนที่กำหนดไว้ รวมถึงระดับการมีส่วนร่วมและการจัดการที่อาจมีความเข้มข้นและความหลากหลายที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชุมชนเป็นสำคัญ ทั้งนี้ ป่าชุมชนจะต้องเอื้อประโยชน์ต่อชุมชนได้ตามความต้องการจึงจะเกิดความยั่งยืน (Royal Forest Department, 2024) การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะทรัพยากรป่าไม้ ได้มีการนำออกมาใช้ประโยชน์มากมาย พื้นที่ป่าธรรมชาติและป่าชุมชนจึงเป็นแหล่งรองรับความต้องการของมนุษย์มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ด้วยประชากรและความต้องการมีมากขึ้น ทรัพยากรจึงถูกบุกรุกและถูกรบกวนมากขึ้นด้วย

พื้นที่ป่าเขาอินวย ตำบลแม่เปิน อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ มีการบริหารจัดการป่าในรูปแบบป่าชุมชนมานานับสิบปี โดยประกอบด้วยป่าชุมชนจำนวน 4 ป่า คือ ป่าชุมชนบ้านเขาแหลม ป่าชุมชนบ้านเขามะตูม ป่าชุมชนบ้านคลองห้วยหวาย และป่าชุมชนบ้านแม่กะสี โดยการบริหารจัดการมีการกำหนดกฎกติกาการใช้ประโยชน์จากป่าเป็นไปใน

ทิศทางเดียวกันทั้ง 4 แห่ง (Forest Resources Management Office No. 4 Nakhon Sawan Branch, 2020) ทั้งนี้จะยินยอมให้มีการใช้ประโยชน์จากป่าได้เฉพาะของป่าและต้องอยู่ภายใต้กฎกติกาที่กำหนดเท่านั้น เพื่อหวังจะให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากร ในช่วงเวลาที่ผ่านมานับว่าประสบความสำเร็จระดับหนึ่ง หากแต่ในการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ให้ยั่งยืนนั้น ยังจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานลักษณะของสังคมพืชรวมถึงปริมาณของป่าในพื้นที่ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของคณะกรรมการจัดการป่าชุมชนที่จะพิจารณาถึงปริมาณที่เหมาะสมที่จะอนุญาตให้มีการเก็บหาของป่ามาใช้ประโยชน์ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพป่าและเพื่อความยั่งยืนของทรัพยากรตลอดไป ทั้งนี้บรรดาของป่าที่เกิดขึ้นในป่าชุมชนเขานวนั้น ไม้ (bamboo) นับได้ว่าเป็นของป่าที่มีความสำคัญที่สุดทั้งในด้านปริมาณและมูลค่า ตลอดจนความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่า (Sangkaew et al., 2014) ซึ่งจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ป่าเขานวนมีไม้ที่มีการใช้ประโยชน์ของประชาชน เช่น ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ไม้ชางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) และ ไม้ป่า (*Bambusa bambos* (L.) Voss) เป็นต้น (Mae Poen Subdistrict Administrative Organization, 2021) งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของสังคมพืชของป่าผลัดใบที่มีไม้ป่าตามธรรมชาติ และประเมินปริมาณ มูลค่าของไม้ในป่าเบญจพรรณ อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ เนื่องจากหากต้องการบริหารจัดการป่าในป่าให้เกิดความยั่งยืนจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงกำลังผลิตของไม้ว่ามีมากน้อยเพียงใด หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวนี้จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการวางแผนบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ไม้ใน

ให้อย่างยั่งยืนทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และจะนำไปสู่การบริหารจัดการป่าชุมชนให้อย่างยั่งยืนตามมาด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่าเขาอินวย เป็นส่วนหนึ่งของป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแม่วังก์-แม่เปิน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาทางตะวันออก ภูเขาทางใต้และทางตะวันตกเป็นเนินเขา และมีที่ราบเชิงเขาทางด้านทิศตะวันออก ความสูงจากน้ำทะเล ประมาณ 120–385 เมตร ลักษณะภูมิอากาศอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือปกคลุมในช่วงฤดูหนาว ทำให้จังหวัดนครสวรรค์ประสบกับสภาวะหนาวเย็นและแห้งแล้ง และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝน ทำให้มีฝนและอากาศชุ่มชื้น แบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีอยู่ระหว่าง 26–28 องศาเซลเซียส โดยป่าเขาอินวยพบสังคมป่า 2 สังคมป่า คือ ป่าเต็งรัง พบในบริเวณที่ราบและที่ลาดเชิงเขาทางด้านทิศตะวันออกที่ระดับความสูง 120–160 เมตร จากระดับน้ำทะเล ลักษณะเป็นป่าโปร่ง ต้นไม้ขึ้นห่าง ๆ กัน มีลักษณะแคระแกร็น ป่ามีความแห้งแล้งมากในฤดูแล้งและมีไฟป่าเกิดขึ้นทุกปี และเบญจพรรณ พบในบริเวณตอนกลางไปถึงด้านทิศตะวันตกตลอดแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขาพบที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 140–353 เมตร ซึ่งสังคมป่าเบญจพรรณจะเชื่อมต่อมาจากป่าเต็งรังที่ขึ้นค่อนข้างกระจัดกระจายและความโตของต้นไม้ไม่ค่อยมากนักและมีไม้ไผ่ขึ้นปะปนกัน (Forest Resources Management Office No. 4 Nakhon Sawan Branch, 2020)

โดยพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นป่าเบญจพรรณ ในท้องที่หมู่ที่ 7 บ้านเขาแหลม หมู่ที่ 9 บ้านแม่กะสี หมู่ที่ 15 บ้านเขามะตูม และหมู่ที่ 21 บ้านคลองห้วยหวาย ตำบลแม่เปิน อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ รวมเนื้อที่ทั้งหมด 2,054.24 เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าเขาอินวยมีการขึ้นทะเบียนเป็นป่าชุมชนกับกรมป่าไม้ใน 4 หมู่บ้าน ได้แก่ 1) ป่าชุมชนบ้านเขาแหลม มีเนื้อที่ 460.32 เฮกตาร์ อยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ 2) ป่าชุมชนบ้านเขามะตูม มีเนื้อที่ 604.80 เฮกตาร์ อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ 3) ป่าชุมชนบ้านคลองห้วยหวาย มีเนื้อที่ 310.56 เฮกตาร์ อยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือ และ 4) ป่าชุมชนบ้านแม่กะสี มีเนื้อที่ 366.56 เฮกตาร์ อยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือ ทั้งนี้ป่าชุมชนบ้านเขาแหลม ป่าชุมชนบ้านเขามะตูม และป่าชุมชนบ้านคลองห้วยหวาย เป็นป่าชุมชนตามพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 นอกจากนี้ยังมีเนื้อที่ 409.12 เฮกตาร์ และพื้นที่ป่าซึ่งยังไม่ได้เป็นป่าชุมชนบางส่วน ทั้งนี้จำนวนเนื้อที่ป่าชุมชนมีการซ้อนทับกันและบางส่วนซ้อนทับกับแปลงสวนป่า (Royal Forest Department, 2018; 2020)

การคัดเลือกพื้นที่วางแผนตัวอย่าง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เก็บข้อมูลในป่าเบญจพรรณบริเวณเขาอินวย มีเนื้อที่ 1,204.96 เฮกตาร์ โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 40 เมตร × 40 เมตร ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณหาตำแหน่งแปลงตัวอย่าง โดยให้ระยะห่างในแนวตั้งและแนวนอน เท่ากับ 800 เมตร ไม่ใช้ตำแหน่งที่ห่างขอบเขตพื้นที่ศึกษาน้อยกว่า 100 เมตร คำนวณได้ตำแหน่งแปลงตัวอย่างทั้งหมด 14 แปลงตัวอย่าง แสดงดัง Figure 1

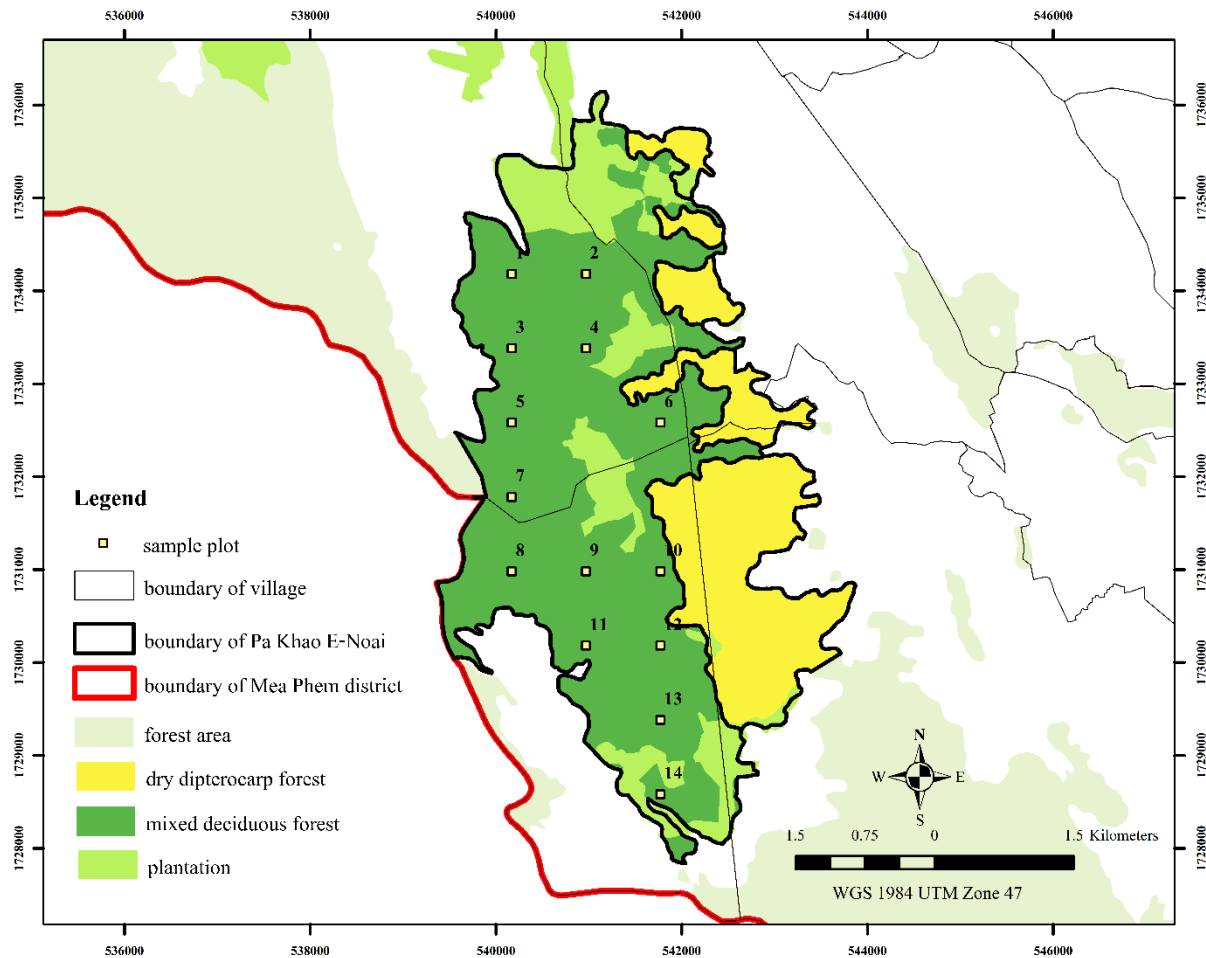


Figure 1 Location of study area and 14 study plots in Pa Khao E-Noai, Mae Poen district, Nakhon Sawan province, Thailand

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวางแผนตัวอย่างโดยให้จุดพิกัดที่คำนวณได้เป็นมุมล่างด้านซ้ายของแปลงโดยวางแผนไปทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออก กำหนดพื้นที่แปลงตัวอย่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 เมตร x 40 เมตร (Figure 2) โดยทำการตอกหมุดรอบแปลงทั้ง 4 มุม จากนั้นทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 16 แปลง และแปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร รวมทั้งแปลงย่อยขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ภายในแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร แปลงที่ย่อย 1, 7, 11 และ 13 (Wiriyanbancha, 2020)

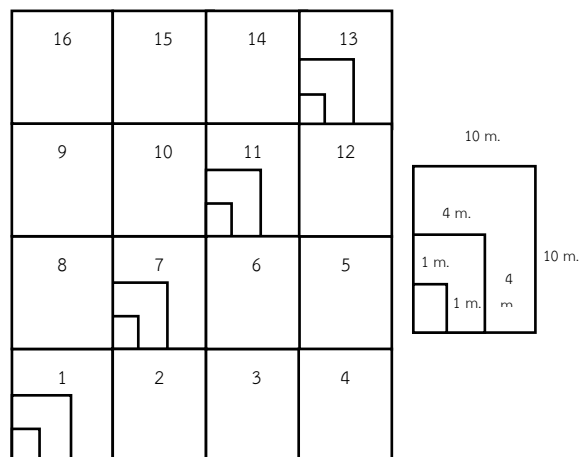


Figure 2 Diagram of sample plots layout for data collection

การเก็บข้อมูล โดยแบ่งการเก็บข้อมูลดังนี้

1) ในแปลงตัวอย่างขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ทำการเก็บข้อมูลไม้ต้น (tree) โดยทำการจำแนกชนิดไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height: DBH) ที่มีขนาดมากกว่า 4.50 เซนติเมตร และวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ที่อยู่ภายในแปลง

2) ในแปลงตัวอย่างขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ทำการเก็บข้อมูลไม้รุ่น (sapling) โดยทำการจำแนกชนิดไม้ โดยวัดขนาด DBH ที่มีขนาดน้อยกว่า 4.50 เซนติเมตร ความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และวัดความสูงของไม้รุ่นที่อยู่ภายในแปลง

3) ในแปลงตัวอย่างขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ทำการเก็บข้อมูลกล้าไม้ (seeding) โดยการจำแนกชนิดไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร และนับจำนวนกล้าไม้ที่อยู่ภายในแปลง

4) เก็บข้อมูลไม้เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 โดยเก็บข้อมูลไม้ทุกกอที่พบในแปลงตัวอย่างขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ทั้งที่อยู่ในแปลงทั้งกอหรือบางส่วน ทำการตรวจจำแนกชนิดไม้ นับจำนวนลำไม้ทั้งหมดในแต่ละกอ สุ่มเลือกไม้ไม่กอละ 3 ลำ เพื่อวัดขนาด DBH วัดความสูงของกอนับจำนวนหน่อไม้ที่มีชีวิต นับจำนวนหน่อที่ถูกเก็บ หรือจำนวนตอไม้ (ลำไม้ที่ถูกตัด) ที่มีอายุการเก็บหรือตัดไม่เกิน 1 ปี

5) เก็บข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของหน่อไม้แต่ละชนิดจากหน่อไม้ที่เก็บจากป่าเขาอินทวย แล้วหาน้ำหนักเฉลี่ยของหน่อไม้เป็น กิโลกรัมต่อหน่อไม้ของแต่ละชนิด ทำการสำรวจและสอบถามราคาท้องตลาดของหน่อไม้แต่ละชนิด เป็นบาทต่อกิโลกรัม และลำไม้แต่ละชนิด บาทต่อลำ โดยการสัมภาษณ์ประชากรกลุ่มเป้าหมายที่ทำการเก็บหาไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของสังคมพืช โดยทำการวิเคราะห์หาความถี่ ความหนาแน่น ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ในพื้นที่ (Importance Value Index; IVI) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด ตามสูตรของ Shannon – Wiener's Index (Krebs, 1999)

การประเมินปริมาณไม้ โดยทำการวิเคราะห์หาจำนวนลำไม้และจำนวนหน่อไม้แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ใช้สูตรดังสมการที่ (1) และ (2)

$$\text{จำนวนลำไม้} = \frac{A}{e} \times E \quad (1)$$

$$\text{จำนวนหน่อไม้} = \frac{(B + b)}{e} \times E \quad (2)$$

การหาปริมาณการใช้ประโยชน์ของลำไม้และหน่อไม้ โดยทำการวิเคราะห์หาจำนวนลำไม้และหน่อไม้แต่ละชนิดที่ถูก

เก็บหรือถูกนำมาใช้ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ใช้สูตรดังสมการที่ (3) และ (4)

$$\text{จำนวนลำไม้ที่ถูกเก็บทั้งหมด} = \frac{a}{e} \times E \quad (3)$$

$$\text{จำนวนหน่อไม้ที่ถูกเก็บทั้งหมด} = \frac{b}{e} \times E \quad (4)$$

การกำลังผลิตของไม้ ใช้สูตรดังสมการที่ (5) และ (6)

$$\text{กำลังผลิตของไม้ต่อเฮกตาร์} = \frac{(B + b)}{E} \quad (5)$$

$$\text{กำลังผลิตของไม้} = \frac{(B + b)}{A} \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ A = จำนวนลำไม้ที่พบในแปลงตัวอย่าง
a = จำนวนลำไม้ที่ถูกเก็บทั้งหมดในแปลงตัวอย่าง
B = จำนวนหน่อไม้ที่พบในแปลงตัวอย่าง
b = จำนวนหน่อไม้ที่ถูกเก็บในแปลงตัวอย่าง
E = พื้นที่ศึกษาทั้งหมด
e = พื้นที่แปลงตัวอย่างรวม

การหามูลค่าไม้ โดยมูลค่าจากของป่าที่หาได้นั้น ได้จากปริมาณของของป่าที่เก็บหาได้ทั้งหมดคูณด้วยราคาที่ได้มีการซื้อขายในท้องตลาดในพื้นที่อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ และมูลค่าจากของป่า หาได้จากปริมาณของไม้แต่ละชนิดคูณด้วยราคาตลาด (Suksard, 2006) ใช้สูตรดังสมการที่ (7)–(10)

มูลค่าจากลำไม้หาได้

$$= \text{จำนวนการใช้ลำไม้ทั้งหมด} \times \text{ราคาต่อลำไม้} \quad (7)$$

มูลค่าลำไม้

$$= \text{จำนวนลำไม้ทั้งหมด} \times \text{ราคาต่อลำไม้} \quad (8)$$

มูลค่าจากหน่อไม้ที่หาได้

$$= (\text{จำนวนหน่อไม้ที่ถูกเก็บ} \times \text{น้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่อของหน่อไม้} \times \text{ราคาต่อกิโลกรัมของหน่อไม้}) \quad (9)$$

มูลค่าจากหน่อไม้

$$= (\text{จำนวนหน่อไม้} \times \text{น้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่อของหน่อไม้} \times \text{ราคาต่อกิโลกรัมของหน่อไม้}) \quad (10)$$

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

ลักษณะองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะสังคมพืชป่าเบญจพรรณบริเวณพื้นที่ป่าเขาอินทวย ในพื้นที่อำเภอแม่เป็น จากการศึกษาพบว่ามีสภาพเป็นป่าโปร่ง มีไม้ต้นกระจายอยู่ห่าง ๆ และมีไม้ชั้นปกคลุมพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดขึ้นอยู่กระจายทั่วไปในเรือนยอด

ชั้นรอง พบชนิดไม้ทั้งหมด 66 ชนิด 58 สกุล 28 วงศ์ สามารถแบ่งตามลักษณะนิสัย (habit) ของพืช จำนวน 5 กลุ่ม ประกอบด้วย ไม้ต้น 55 ชนิด ไม้ต้นขนาดเล็ก 4 ชนิด ไม้พุ่มกึ่งยืนต้น 4 ชนิด ไม้พุ่ม 2 ชนิด และไม้พุ่มกึ่งเลื้อย 1 ชนิด ส่วนวงศ์ที่พบมาก 3 อันดับแรก ได้แก่ วงศ์ถั่ว (Fabaceae) วงศ์ชบา (Malvaceae) และวงศ์เข็ม (Rubiaceae) โดยพบจำนวน 9, 5 และ 5 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 13.64, 7.57 และ 7.57 ตามลำดับ โดยมีกระพี้จั่น (*Millettia brandisiana* Kurz) สวอง (*Vitex limonifolia* Wall.) และแดง (*Xylocarpus xylocarpa* (Roxb.) W. Theob.) เป็นไม้ใหญ่ที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยามากที่สุด มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 28.63, 24.70 และ 21.99 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบชนิดไม้ พบว่า ไม้ต้นที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 59 ชนิด 48 สกุล 28 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.33 สังคมพืชบริเวณนี้มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ในสังคม เท่ากับ 318 ต้นต่อเฮกตาร์ ไม้รุ่นที่สำรวจพบทั้งหมด 25 ชนิด 22 สกุล 16 วงศ์ โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของไม้รุ่นสังคมพืชเท่ากับ 2.57 สังคมพืชบริเวณนี้มีความหนาแน่นของหมู่ไม้รุ่นในสังคมเท่ากับ 1,729 ต้นต่อเฮกตาร์ และกล้าไม้พบทั้งหมด 31 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ ตามลำดับ โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของสังคมพืชเท่ากับ 2.98 สังคมพืชบริเวณนี้มีความหนาแน่นของกล้าไม้ในสังคมเท่ากับ 38,392 ต้นต่อเฮกตาร์ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Narknoi *et al.* (2022) ได้ศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปาง ซึ่งเป็นป่าสงวนแห่งชาติที่ได้รับการจัดตั้งเป็นป่าชุมชนในตำบลตำผามอก อำเภอลอง จังหวัดแพร่ สภาพป่าเป็นป่าผลัดใบ (deciduous forests) ประกอบด้วย ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) และป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) เช่นเดียวกับป่าเขาอินว้ย พบชนิดไม้ทั้งหมด 81 ชนิด 63 สกุล 26 วงศ์ จำแนกเป็นไม้ต้น ไม้รุ่น และกล้าไม้ จำนวน 79 13 และ 21 ชนิด ความหนาแน่นของหมู่ไม้ 829 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยมีประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) สัก (*Tectona grandis* L.f.) แดง กระพี้จั่น และตะแบกเปลือกลาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre) เป็นไม้ขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยามากที่สุดเช่นเดียวกัน

ความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นของไม้ในสังคมป่าเบญจพรรณ

ในการสำรวจความหลากหลายชนิดของไม้ในพื้นที่พบไม้จำนวนทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ ไม้รวก ไม้ชางนวล และไม้ป่า โดยทั้ง 3 ชนิดเป็นไม้ที่ชาวบ้านนำมาใช้ประโยชน์ทั้งหน่อและลำไม้ (Sangkaew *et al.*, 2014) จากการสำรวจและประเมินปริมาณไม้โดยใช้ข้อมูลจากแปลงตัวอย่างทั้งหมด พบไม้ จำนวน 428 กอ 5,379 ลำ คิดเป็นความหนาแน่นเฉลี่ย 191.07 กอต่อเฮกตาร์ หรือ 2,401.33 ลำต่อเฮกตาร์ ซึ่งน้อยกว่าประมาณ

2 ส่วน 3 ของ Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (2012) ที่รายงานการศึกษาไม้ไผ่ในป่าเบญจพรรณที่พบในภาคกลาง คือ มีค่าความหนาแน่นประมาณ 306.46 กอต่อเฮกตาร์ และมีจำนวนลำทั้งหมด 3,625 ลำต่อเฮกตาร์ อาจเนื่องมาจากพื้นที่ศึกษาในช่วงระยะเวลา 2–3 ปี ก่อนการศึกษาพบว่าไม้ไผ่ป่าเผาไหม้กอไผ่ทำให้ไผ่ตายจำนวนมาก สามารถสังเกตได้จากไผ่ส่วนหนึ่งอยู่ในระยะสร้างกอใหม่ ซึ่งกอไผ่เหล่านี้จะมีจำนวนลำน้อย มีขนาดความโตของลำและความสูงของกอน้อยกว่าไผ่ปกติ สอดคล้องการศึกษาขององค์ประกอบชนิดไม้ในพื้นที่พบว่า ลูกไม้และกล้าไม้ของไม้รวกมีค่าความหนาแน่นอยู่ใน 10 อันดับแรกของชนิดไม้ที่พบ เป็นผลมาจากสังคมไม้ปกคลุมช่องว่างระหว่างเรือนยอดของไม้ไผ่ในพื้นที่ทำให้บดบังแสง เนื่องจากไม้มีลักษณะของการกีดกันการทดแทน (Griscom *et al.*, 2003)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในแต่ละชนิดของไม้พบว่า ไม้รวกมีจำนวนมากที่สุดทั้งความหนาแน่นและความถี่ โดยพบทั้งหมด 291 กอ 3,464 ลำ ซึ่งน้อยกว่าการสำรวจของ Ueda (1966) รายงานว่า มีจำนวน 800–4,800 กอต่อเฮกตาร์ และมีลำประมาณ 20,700–27,450 ลำต่อเฮกตาร์ ไม้รวกมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 68 ของกอไผ่ที่พบทั้งหมด รองลงมาคือ ไม้ชางนวล และไม้ป่า สัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 19 และ 13 ของกอไผ่ที่พบทั้งหมด ตามลำดับ มีความหนาแน่น 129.91 กอต่อเฮกตาร์ และเป็น 1,546.43 ลำต่อเฮกตาร์ จำนวนลำต่อกอเฉลี่ย 11.90 ± 9.66 ลำ มีความสูงเฉลี่ย 8.35 ± 1.51 เมตร ความโตเส้นผ่าศูนย์กลางลำเฉลี่ย 3.17 ± 0.67 เซนติเมตร ค่าความถี่เท่ากับ 85.71 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ ความเพิ่มพูน และการประเมินมูลค่าของไม้ในป่าเบญจพรรณ

ปริมาณและความเพิ่มพูนของไม้

จากการวางแผนสำรวจขนาด 40 เมตร $\times$ 40 เมตร จำนวน 14 แปลง และจากการสอบถามราษฎรในพื้นที่พบว่า ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนจะมีการเก็บหาหน่อไม้ไผ่รวกที่แตกแขนงจากการถูกไฟป่าเผาเรียกว่าหน่อไม้ไฟสำหรับหน่อไม้ที่นำมาบริโภค จะแตกหน่อเริ่มให้ผลผลิตหน่อตั้งแต่ต้นฤดูฝน แต่จะให้ผลผลิตหน่อมากที่สุดในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ส่วนต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนจะมีหน่อลดลงไป หากหน่อไม้ที่โตเกินกว่าการบริโภคจะเรียกว่าหน่อบิน เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณปริมาณและการใช้ประโยชน์ไม้โดยเทียบจากพื้นที่ศึกษาทั้งหมด พบว่ามีปริมาณไม้ทั้งหมด 2,878,993 ลำ เป็นไม้รวก 1,863,385 ลำ ไม้ชางนวล 721,362 ลำ และไม้ป่า 294,246 ลำ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 64.72, 25.06 และ 10.22 ตามลำดับ ปริมาณหน่อไม้ทั้งหมด 1,210,338 หน่อ แบ่งเป็นหน่อไม้รวก ไม้ชางนวล และไม้ป่า เท่ากับ 930,078, 222,702 และ 57,558 หน่อ ตามลำดับ

สำหรับการใช้ประโยชน์โดยพิจารณาจากการตัดลำ ตัดหน่อ พบว่า มีการใช้ลำไม้ทั้งหมด 27,497 ลำ แบ่งออกเป็น ไม้ป่า ไม้รวก และไม้ชางนวล เท่ากับ 15,600, 9,682 และ 2,215 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม้ป่ามีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ลำต่อ ปริมาณไม้ที่มากที่สุด โดยอายุของไม้ป่าที่นิยมตัดจะอยู่ในช่วง 2–3 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 4.68 ± 1.53 เซนติเมตร ความสูงกอเฉลี่ย 13.13 ± 3.85 เมตร เนื่องจากมีความต้องการนำลำไม้มาใช้ทำกระบอกไม้สำหรับเผาข้าวหลาม ซึ่งในพื้นที่ศึกษาไม้เพียงไม้ป่าที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ดังกล่าว รวมไปถึงในด้านงานหัตถกรรมทำเครื่องจักสาน เนื่องจากไม้ป่า มีเนื้อไม้ค่อนข้างเหนียว แข็งแรงทนทาน และยืดหยุ่นได้ดี

ส่วนการใช้หน่อมีปริมาณทั้งหมด 189,351 หน่อ แบ่ง ออกเป็นไม้รวก ไม้ชางนวล และไม้ป่า มีปริมาณ 176,441, 5,379 และ 7,531 หน่อ ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งไม้รวกมี การเก็บหาหน่อมากที่สุด เนื่องจากเป็นที่นิยมนำมาบริโภค มีรสชาติดี สามารถนำมาต้มอัดใส่πί้นเก็บไว้รับประทานนอก ฤดูกาล หรือชาวบ้านเรียกว่า “หน่อไม้πί้น” ส่วนไม้ชางนวลมี สัดส่วนการเก็บหาต่อปริมาณที่มีน้อยที่สุด เนื่องจากไม่เป็นที่นิยมใน การนำมาบริโภคและไม่สะดวกในการเก็บหาเพราะเปลือกหน่อ ไม้ชางนวลมีขนที่ทำให้เกิดอาการคันและระคายผิว และ การศึกษาของ Banjay *et al.* (2022) อธิบายไว้ว่าไม้ชางนวล สามารถขึ้นได้ดีในบริเวณพื้นที่ค่อนข้างลาดชันได้ดีในพื้นที่ ค่อนข้างลาดชัน (2.14–15.24 เปอร์เซ็นต์) และอยู่ห่างจาก ลำห้วย (155.22–388.33 เมตร) ในขณะที่พื้นที่สูงความชันก็จะ ลดลงจึงไม่เหมาะสมต่อการปรากฏของไม้ชางนวล เนื่องจาก อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ สอดคล้องกับลักษณะพื้นที่สังคมพืช ป่าเบญจพรรณบริเวณพื้นที่ป่าเขาอินวยในอำเภอแม่เป็นแห่งนี้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ความเพิ่มพูนต่อปี และปริมาณการใช้ประโยชน์ของไม้แต่ละชนิดในป่าเบญจพรรณ บริเวณป่าเขาอินวย อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ (Figure 3) พบว่า ไม้รวก ในการศึกษาพบว่า มีจำนวนไม้รวกทั้งหมด 1,863,385 ลำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบหาความเพิ่มพูนรายปี จากอัตราค่าผลิต ร้อยละ 49.91 พบว่ามีความเพิ่มพูนราย ต่อปี 930,015 ลำต่อปี และจากศึกษาการใช้ประโยชน์ พบว่ามีการใช้ลำไม้ 9,682 ลำ และเก็บหน่อไม้ 176,441 หน่อ รวมเป็น ปริมาณการใช้ประโยชน์เท่ากับ 186,123 คิดเป็นสัดส่วน ปริมาณการใช้ประโยชน์ต่อความเพิ่มพูนต่อไป ได้เท่ากับ ร้อยละ 20.01 ซึ่งน้อยกว่าความเพิ่มพูนต่อปี ส่วนไม้ชางนวล ในการศึกษาพบว่า มีจำนวนไม้ชางนวลทั้งหมด 721,362 ลำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบหาความเพิ่มพูนรายปีจากอัตราค่าผลิต ร้อยละ 30.87 พบว่ามีความเพิ่มพูนรายต่อปี 222,684 ลำต่อปี และจากศึกษาการใช้ประโยชน์ พบว่ามีการใช้ลำไม้ 2,215 ลำ

และเก็บหน่อไม้ 5,379 หน่อ รวมเป็นปริมาณการใช้ประโยชน์ เท่ากับ 7,594 คิดเป็นสัดส่วนปริมาณการใช้ประโยชน์ต่อความ เพิ่มพูนต่อไป ได้เท่ากับร้อยละ 3.41 ซึ่งน้อยกว่าความเพิ่มพูน ต่อปี และไม้ป่า ในการศึกษาพบว่า มีจำนวนไม้ป่าทั้งหมด 294,246 ลำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบหาความเพิ่มพูนรายปีจาก อัตราค่าผลิต ร้อยละ 18.64 พบว่ามีความเพิ่มพูนรายต่อปี 54,847 ลำต่อปี และจากศึกษาการใช้ประโยชน์ พบว่ามีการใช้ ลำไม้ 15,600 ลำ และเก็บหน่อไม้ 7,531 หน่อ รวมเป็นปริมาณ การใช้ประโยชน์ทั้งเท่ากับ 23,131 คิดเป็นสัดส่วนปริมาณ การใช้ประโยชน์ต่อความเพิ่มพูนต่อไป ได้เท่ากับร้อยละ 42.17 ซึ่งน้อยกว่าความเพิ่มพูนต่อปี โดยความต้องการและมูลค่า ของไม้แต่ละชนิดที่นำมาใช้ประโยชน์หากไม่มีการนำมาใช้ ประโยชน์และปล่อยโดยปราศจากการรบกวนหรือรบกวนน้อย ที่สุดจะทำให้ไม้ในป่าชุมชนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกชนิด ในทุก ๆ ปี ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการไม้ จึงควรมี การส่งเสริมปลูกไม้ที่มีกำลังการผลิตน้อยเพื่อตอบสนอง ความต้องการหรือลดการซื้อเพื่อลดรายจ่าย หรืออีกแนวทาง หนึ่งต้องส่งเสริมราษฎรให้มีการใช้ไม้ชนิดที่มีกำลังผลิตสำรอง หรือมีความเพิ่มพูนมากกว่าทดแทนชนิดที่ขาดไป (Sriphaya *et al.*, 2023)

มูลค่าของไม้ในสังคมป่าเบญจพรรณ

จากข้อมูลปริมาณที่คำนวณได้นำมาคำนวณมูลค่า ของไม้ โดยใช้ข้อมูลราคาจากการสำรวจการซื้อขายในพื้นที่ใน ปี พ.ศ. 2563 และข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของหน่อไม้จากการเก็บ ตัวอย่างหน่อไม้รวก ไม้ชางนวล และไม้ป่า จำนวน 217, 122 และ 63 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบว่าในฤดูกาลผลิตที่ทำการศึกษามีมูลค่าการใช้ประโยชน์ไม้ทั้งสิ้น 1,172,110 บาท แบ่งเป็น มูลค่าจากลำไม้ที่เก็บหามาได้เท่ากับ 947,848 บาท จำแนก เป็นชนิดของไม้ที่มีมูลค่าจากลำไม้ที่หาได้สูงสุดคือ ไม้ป่า รองลงมาคือ ไม้ชางนวล และไม้รวก มีมูลค่าเท่ากับ 780,000, 129,120 และ 38,728 บาท ตามลำดับ ส่วนมูลค่าจากหน่อไม้ ที่หาได้เท่ากับ 224,262 บาท จำแนกเป็นชนิดของหน่อไม้ ที่มีมูลค่าสูงสุดที่หาได้ คือ ไม้รวก รองลงมาคือ ไม้ป่า และ ไม้ชางนวล มีมูลค่าเท่ากับ 194,085, 16,945 และ 13,232 บาท ตามลำดับ และเมื่อคำนวณเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์ จากไม้ในป่าเขาอินวยได้ มีมูลค่า 64,141,018 บาท จำแนกเป็น มูลค่าการใช้ประโยชน์จากลำไม้ 62,440,582 บาท และมูลค่า การใช้ประโยชน์จากหน่อไม้ 1,700,436 บาท จะเห็นได้ว่าแม้มี ปริมาณการใช้ประโยชน์จากลำไม้เพียงประมาณ 1 ใน 6 ของ ปริมาณการเก็บหน่อไม้ แต่กลับมีมูลค่าการใช้ประโยชน์จาก ลำไม้ที่หาได้สูงกว่ามูลค่าการใช้ประโยชน์จากหน่อไม้ที่หาได้ ถึงกว่า 4 เท่า (Table 2)

Table 1 Volume utilization of three bamboo species in mixed deciduous forest

Item	Bamboo species			Total
	<i>Thyrsostachys siamensis</i> Gamble	<i>Dendrocalamus membranaceus</i> Munro	<i>Bambusa bambos</i> (L.) Voss	
Volume of bamboo (culm)	1,863,385	721,362	294,246	2,878,993
Volume of bamboo shoot (shoot)	930,078	222,702	57,558	1,210,338
Volume of bamboo for use (culm)	9,682	2,215	15,600	27,497
Volume of bamboo shoot for use (shoot)	176,441	5,379	7,531	189,351

Table 2 Value utilization of three bamboo species in mixed deciduous forest

Volume and values of bamboo	Bamboo species			Total
	<i>Thyrsostachys siamensis</i> Gamble	<i>Dendrocalamus membranaceus</i> Munro	<i>Bambusa bambos</i> (L.) Voss	
Bamboo price (THB/culm)	4	60	50	–
Bamboo shoot price (THB/kilogram)	10	10	10	–
Average weight of bamboo shoot (kilogram/shoot)	0.110	0.246	0.225	–
Bamboo value (THB)	38,728	129,120	780,000	947,848
Total value of bamboo (THB)	3,720,312	43,281,720	15,438,550	62,440,582
Value of bamboo shoots for use (THB)	194,085	13,232	16,945	224,262
Total value of bamboo shoots for use (THB)	1,023,085	547,846	129,505	1,700,436

Remark: Data from surveys in local markets in study area

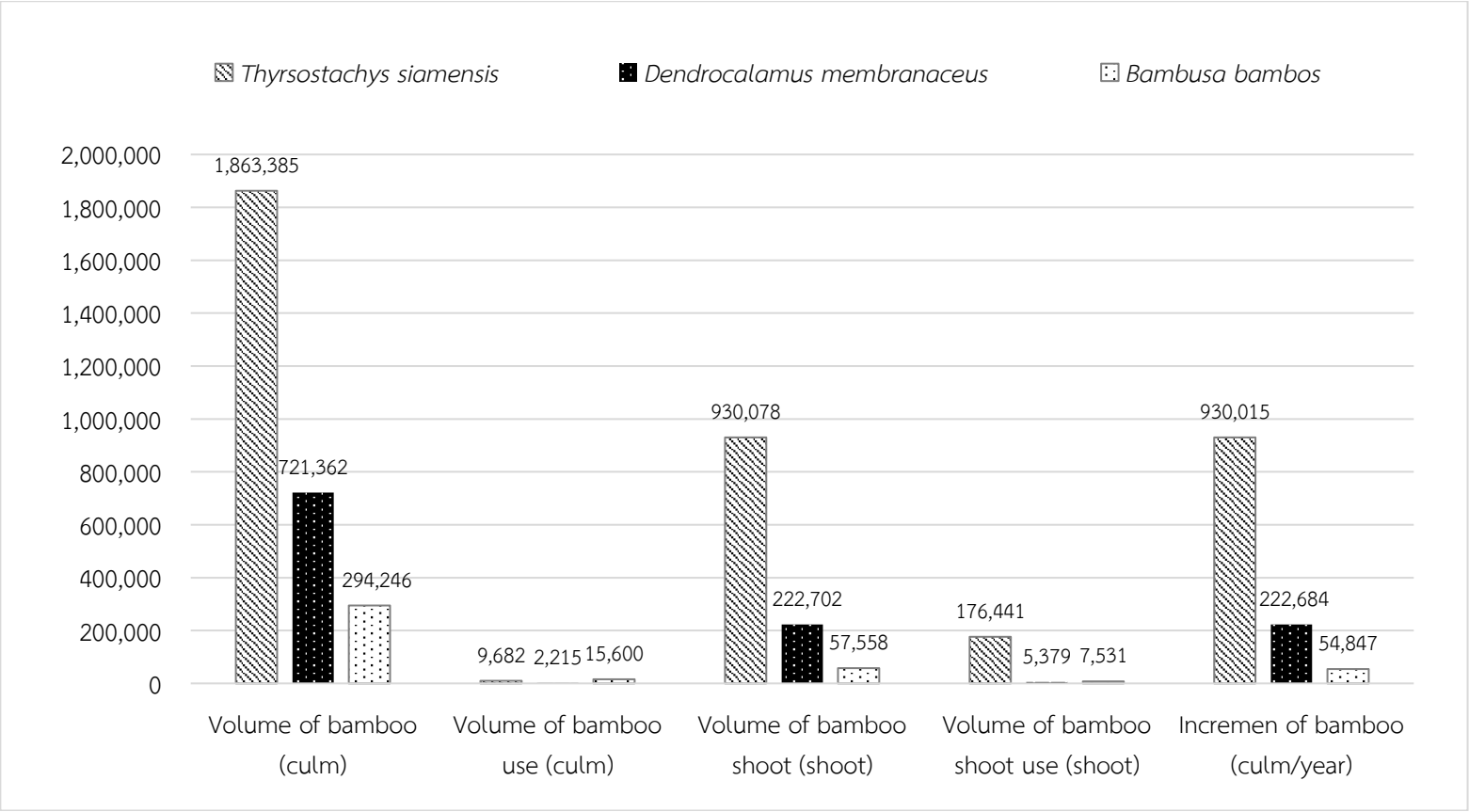


Figure 3 Value and growth increment of three bamboo species in mixed deciduous forest

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาป่าเบญจพรรณ อำเภอมะเป็น พบชนิดไม้ทั้งหมด 66 ชนิด 58 สกุล 28 วงศ์ สามารถแบ่งตามลักษณะนิสัย (habit) ของพืช ประกอบด้วย ไม้ต้น 59 ชนิด 48 สกุล 28 วงศ์ ไม้รุ่นทั้งหมด 25 ชนิด 22 สกุล 16 วงศ์ และกล้าไม้ทั้งหมด 31 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ โดยพบไม้จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวก ไผ่ชางนวล และไผ่ป่า มีความหนาแน่นเฉลี่ย 191.07 กอต่อเฮกตาร์ หรือ 2,401.33 ลำต่อเฮกตาร์ ปริมาณไม้ที่พบทั้งหมด 2,878,993 ลำ จำแนกเป็นไผ่รวก 1,863,385 ลำ ไผ่ชางนวล 721,362 ลำ และไผ่ป่า 294,246 ลำ มีปริมาณหน่อไม้ทั้งหมด 1,210,338 จำแนกเป็นไผ่รวก 930,078 หน่อ ไผ่ชางนวล 222,702 หน่อ และไผ่ป่า 57,558 หน่อ การใช้หน่อพบทั้งหมด 189,351 หน่อ จำแนกเป็นไผ่รวก 176,441 หน่อ ไผ่ชางนวล 5,379 หน่อ และไผ่ป่า 7,531 หน่อ การใช้ลำไม้ทั้งหมด 27,497 ลำ จำแนกเป็นไผ่รวก 9,682 ลำ ไผ่ชางนวล 2,215 ลำ และไผ่ป่า 15,600 ลำ คิดเป็นมูลค่าการใช้ประโยชน์ไม้ทั้งสิ้น 1,172,110 บาท แบ่งเป็น มูลค่าจากลำไม้ที่หามาได้เท่ากับ 947,848 บาท จำแนกเป็นไผ่รวก 38,728 บาท ไผ่ชางนวล 129,120 บาท และไผ่ป่า 780,000 บาท มูลค่าจากหน่อไม้ที่หามาได้ เท่ากับ 224,262 บาท จำแนกเป็น ไผ่รวก 194,085 บาท ไผ่ชางนวล 13,232 บาท และไผ่ป่า 16,945 บาท มูลค่าจากไม้ในป่าเขาอื่นรายได้ 64,141,018 บาท แบ่งเป็นมูลค่าจากลำไม้จำนวน 62,440,582 บาท และมูลค่าจากหน่อไม้ 1,700,436 บาท และกำลังผลิตและจำนวนลำที่เพิ่มขึ้นรายปี ไผ่รวก มีอัตราการกำลังผลิตร้อยละ 49.91 มีจำนวนลำที่เพิ่มขึ้นรายปี 930,015 ลำ ไผ่ชางนวล มีอัตราการกำลังผลิตร้อยละ 30.87 มีจำนวนลำที่เพิ่มขึ้นรายปี 222,684 ลำ ไผ่ป่า อัตราการกำลังผลิตร้อยละ 18.64 มีจำนวนลำที่เพิ่มขึ้นรายปี 54,847 ลำ

จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า การใช้ประโยชน์ยังมีปริมาณน้อยกว่ากำลังผลิต มีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ต่อจำนวนลำที่เพิ่มขึ้นรายปีของไผ่ป่า ไผ่รวก และไผ่ชางนวล เป็นร้อยละ 40.17, 20.01 และ 3.41 ตามลำดับ ในการจัดการป่าชุมชนสามารถกำหนดกติกาให้มีการใช้ประโยชน์ไม้ได้เพิ่มมากขึ้น การกำหนดโซนเพื่อการอนุรักษ์แบบหมุนเวียนในป่าชุมชนกับไม้ที่มีการเก็บหาที่มากเกินไปจนอัตราการกำลังมีแนวโน้มที่จะลดลง ควรมีการกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนไม้ตามธรรมชาติ เพื่อเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนให้การใช้ประโยชน์จากไม้ มีการส่งเสริมด้านการตลาด เช่น ถ่านไม้ไฟ สารสกัดจากใบไม้ในอุตสาหกรรมยาและอาหาร พลังงานชีวมวลจากไม้ เป็นต้น โดยการกำหนดราคากลางในซื้อขายไม้แต่ละชนิด มีตลาดกลางซื้อขายไม้ และส่งเสริมการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อปลูกไม้และการลงทุนในระดับวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ของตนเอง ในอำเภอมะเป็นต่อไป

REFERENCES

- Banjay, S., Narknoi, N., Phongkaranyaphat, K., Norsaengsri, M., Singyoocharoen, W., Banjongkarn, M., Krueama, K., Asanok, L. 2022. Bamboo species diversity through the application of geographic information systems in the Ban Pong Community Forest, Long district, Phrae province. *Thai Journal of Forestry*, 41(2): 109–122. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2012. **Data Report on the Bamboo Survey of Thailand, 2009**. Conservation Area Rehabilitation and Development Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Resources Management Office No. 4 Nakhon Sawan Branch. 2020. **Database of Community Forest, Nakhon Sawan Province**. Community Forest Management Sector, Forest Resources Management Office No. 4 Nakhon Sawan Branch, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Griscom, B.W., Mark, P., Ashton, S. 2003. Bamboo control of forest succession: *Guadua Sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management*, 175 (445–454). (in Spanish)
- Krebs, C.J. 1999. **Ecological Methodology**, 2nd ed. Addison Wesley Longman, California, USA.
- Mae Poen Subdistrict Administrative Organization. 2021. **General Information**. <http://nksawan.nso.go.th/index.php>, 1 May 2024. (in Thai)
- Narknoi, N., Banjay, S., Phongkaranyaphat, K., Singyoocharoen, W., Mangkita, W., Banjongkarn, M., Krueama, K., Asanok, L. 2022. Plant community characteristics and soil factors of mixed deciduous forest in Ban Pong Community Forest, Long district, Phrae province. *Thai Journal of Forestry*, 41(2): 93–108. (in Thai)

- Royal Forest Department. 2018. **Image Interpretation of Forest Cover of Tree Species in 2018**. Forest Land Management Office, Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2020. **Project to Prepare Information on Forest Area Conditions in 2020**. Forest Land Management Office, Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2024. **Data of Community Forest, 2019**. Community Forest Management Section, Community Forest Management Office, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sangkaew, S., Tirawattananon, A., Jindawong K. 2014. **Bamboo in Thailand, 2nd ed.** Baanlaesuan, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sriphaya, K., Sunthornhao P., Mianmit N. 2023. Growing stock and carbon storage of bamboo in Ban Pan Pong Chai Community Forest for comparing local utilization demand. **Thai Journal of Forestry**, 42(2): 123–134. (in Thai)
- Suksard, S. 2006. **Forestry Valuation**. Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ueda, K. 1966. **Research and Recommendation on Bamboo Resources for Pulp and Paper Making in Thailand**. Overseas Technical Cooperation Agency, Tokyo, Japan. (in Japanese)
- Wiriabancha, C. 2020. **Manual for Permanent Sampling Plot Placement and Field Data Collection**. Forest Ecosystem and Environmental Research, Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
-

การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว
ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
Valuation of Doi Luang Chiang Dao Nature Trail
in Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province

วรรณภา ขาวเฮี้ย¹, ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ¹, ปิยะพิศ ขอนแก่น¹ และทีมา โยธากิติ^{2*}
Wannapa Chawhia¹, Thanakorn Lattirasuvan¹, Piyapit Khonkaen¹ and Teeka Yotapakdee^{2*}

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹ Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

² สาขาวิชาการตลาดดิจิทัล มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

² Department of Digital Marketing, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: teeka@mju.ac.th, teekasom@gmail.com

รับต้นฉบับ 1 เมษายน 2567

Received: 1 April 2024

รับแก้ไข 21 พฤษภาคม 2567

Revised: 21 May 2024

รับลงพิมพ์ 27 พฤษภาคม 2567

Accepted: 27 May 2024

ABSTRACT

The objectives of the study were to determine the valuation of the Doi Luang Chiang Dao Nature Trail in the Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chaing Mai province, Thailand. The methodology involved the zonal travel cost method (ZTCM) and the contingent valuation method (CVM) based on willingness to pay (WTP). Data were collected using a questionnaire with responses obtained from interviews with 475 conservationists as samples. Based on the results, most of the conservationists were visiting for the first time (82.3%) with friends in a group (74.7%) and an average of 5 people/group. Top goals were to conquer Doi Luang Chiang Dao (64.6%) and sightseeing at the highest point of Doi Luang Chiang Dao (89.9%). The average trip expenses were 4,766.84 baht/person. Most respondents were willing to pay (87.8%) for improving services, facilities and nature trails. The value of the Doi Luang Chiang Dao Nature Trail, calculated using the ZTCM, was 632,912,500 baht/year, while the value estimated using the CVM, based on WTP, was 2,317,855 baht/year. The minimum lease payment for ecosystem services was 278.89 baht/person. The output from the study could be used for resource management and determining a suitable fee for ecosystem services associated with the Doi Luang Chiang Dao Nature Trail.

Keywords: Valuation; Doi Chiang Dao Biosphere Reserve; Nature trail; Conservationists

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยใช้การวิเคราะห์วิธีอาศัยต้นทุนการเดินทางระดับเขตและวิธีการสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาธรรมชาติจากแบบสอบถาม จำนวน 475 ราย ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาธรรมชาติส่วนใหญ่เดินทางมาครั้งแรกร้อยละ 82.3 เดินทางมากับกลุ่มเพื่อนร้อยละ 74.7 สมาชิกในกลุ่มเฉลี่ย 5 คน มีเป้าหมายเพื่อตั้งใจมาพิชิตยอดดอยหลวงเชียงดาวร้อยละ 64.6 กิจกรรมที่ทำส่วนใหญ่คือชมวิวทิวทัศน์จุดสูงสุดดอยหลวงเชียงดาวร้อยละ 89.9 มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 4,766.84 บาทต่อคน นักศึกษาธรรมชาติมีความยินดีที่จะจ่ายร้อยละ 87.8 ในกรณีที่มีการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวก เส้นทางศึกษาธรรมชาติ มีการเก็บค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเพิ่มเติม การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยใช้วิธีอาศัยต้นทุนการเดินทางระดับเขต มีมูลค่า 632,912,500 บาทต่อปี และการประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยวิธีการสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย มีมูลค่า 2,317,855 บาทต่อปี โดยมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการขั้นต่ำ 278.89 บาทต่อคน โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาแนวทางการจัดการพื้นที่ และใช้พิจารณาเกณฑ์กำหนดอัตราค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการในการเข้าไปศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวให้เหมาะสมได้

คำสำคัญ: การประเมินมูลค่า พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว เส้นทางศึกษาธรรมชาติ นักศึกษาธรรมชาติ

คำนำ

พื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยเชียงดาว พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านระบบนิเวศของทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า รวมถึงความหลากหลายทางด้านวัฒนธรรม ได้รับการประกาศจากองค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ เมื่อวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2564 ให้เป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลลำดับที่ 5 ของประเทศไทย (UNESCO, 2021) โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 เขตการจัดการ ได้แก่ พื้นที่แกนกลาง พื้นที่กันชน และพื้นที่รอบนอก และดอยเชียงดาวจัดอยู่ในพื้นที่แกนกลางของพื้นที่อนุรักษ์ที่ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว มีลักษณะภูมิประเทศที่โดดเด่นเป็นภูเขาหินปูนที่สูงที่สุดในประเทศไทยมีความสูง 2,225 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง และที่สำคัญยังเป็นแหล่งที่พบพืชกึ่งอัลไพน์ (subalpine zone) ที่พบได้ในไม่กี่แห่งในประเทศไทย และเป็นแหล่งที่พบพืชใกล้สูญพันธุ์ (endangered) พืชถิ่นเดียว (endemic plant) และพืชชนิดใหม่ของโลกจำนวนมาก รวมถึงเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าสงวนของประเทศไทย 2 ชนิด ที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ กวางผาและเลียงผา ดอยเชียงดาวถือว่าเป็นพื้นที่ที่เปราะบาง

และสำคัญทางระบบนิเวศของทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าเป็นอย่างมาก นอกจากบทบาทในการเป็นพื้นที่อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพแล้ว ยังเป็นพื้นที่ศึกษาสำหรับนักศึกษาธรรมชาติในการเข้ามาเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว มีระยะทางประมาณ 8.5 กิโลเมตร โดยกำหนดเปิดให้นักศึกษาธรรมชาติเข้าศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ของทุกปี พบว่าจำนวนนักศึกษาธรรมชาติในช่วงปี พ.ศ. 2558–2566 (Chiangdao Wildlife Sanctuary, 2022) มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2558 จำนวน 4,961 คน เพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 15,278 คน (Table 1) เนื่องจากการไม่จำกัดจำนวนคนจึงทำให้มีนักศึกษาธรรมชาติเพิ่มขึ้นก่อให้เกิดปัญหาขยะที่นำมาทิ้งไว้ในพื้นที่อย่างไม่เป็นระเบียบและทางเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวยังไม่มีจัดการขยะในพื้นที่อย่างเหมาะสม จึงนำมาสู่การวางแผนการจัดการคนและขยะในพื้นที่ โดยจำกัดจำนวนนักศึกษาธรรมชาติวันละไม่เกิน 100 คน/วัน ส่งผลให้มีนักศึกษาธรรมชาติมีจำนวนลดลงจากเดิม โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2566 มีจำนวน 6,031 คน ซึ่งเป็นจำนวนที่สามารถบริหารจัดการนักศึกษาธรรมชาติและขยะในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

Table 1 Conservationists visiting Doi Chiang Dao Biosphere Reserve

Year	No. of Conservationists (persons)			
	November	December	January	Total
2015	1,241	2,162	1,558	4,961
2016	1,869	2,506	1,945	6,320
2017	4,661	9,132	3,423	17,216
2018	3,848	7,041	4,389	15,278
2019	1,654	2,113	3,070	6,837
2020	Closed because of forest fire from 2019			
2021	2,473	2,299	133	4,905
2022	–	2,315	1,975	4,941
2023	1,366	2,516	2,149	6,031
Average				8,311

Source: Chiangdao Wildlife Sancturary (2022)

ในปี พ.ศ. 2566 เดือนมิถุนายน นักศึกษาธรรมชาติต้องเข้ารับการอบรมล่วงหน้าก่อน 1 วัน ทำให้ต้องมีการใช้บริการที่พักในบริเวณหมู่บ้านถ้ำ ซึ่งเป็นสถานที่ใกล้ที่อบรมและที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว ส่งผลให้เกิดการบริการที่พัก ร้านอาหาร และร้านค้าในชุมชน โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) บริเวณวัดถ้ำเชียงดาว ทำให้ชุมชนร้านค้าบริเวณโดยรอบจำนวน 17 ร้านค้า ก่อให้เกิดรายได้ 4,281,210 บาท/ปี และ 2) บริเวณในหมู่บ้านถ้ำ จำนวน 12 ร้านค้า ก่อให้เกิดรายได้ 9,036,000 บาท/ปี ทำให้ชุมชนโดยรอบมีการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นร้านค้าเพื่อให้บริการแก่นักศึกษาธรรมชาติ นอกจากนี้ การเปิดเส้นทางศึกษาธรรมชาติทำให้เกิดอาชีพใหม่ในชุมชนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจำนวน 3 อาชีพ ได้แก่ 1) อาชีพนำสื่อความหมายธรรมชาติ หมายถึง ชาวบ้านที่มีองค์ความรู้เกี่ยวกับดอยหลวงเชียงดาว ประวัติความเป็นมา ความสำคัญของดอยหลวงเชียงดาว พันธุ์พืช สัตว์ป่า และต้องเป็นผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ในการดูแลนักศึกษาธรรมชาติอีกหน้าที่หนึ่งมีชาวบ้านที่เป็นนักสื่อความหมายธรรมชาติในพื้นที่ 460 คน ก่อให้เกิดรายได้ 1,206,200 บาท/ปี คิดเป็นรายได้เฉลี่ย 2,622.17 บาท/คน/ปี 2) อาชีพปลูกหาบ หมายถึง ชาวบ้านที่มาสัมผัสกับทางเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ซึ่งรับเป็นเพศชาย ร่างกายแข็งแรงและรับรับไม่จำกัดจำนวน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักศึกษาธรรมชาติ สำหรับการรับจ้างแบกสัมภาระจากหน่วยพิทักษ์ป่าขุนห้วยแม่กอก (เด่นหญ้าขัด) ไปยังจุดพักแรมทางเดินที่อ่างสรง บนดอยหลวงเชียงดาว โดยคิดราคา 70 บาท/กิโลกรัม มีชาวบ้านทำอาชีพปลูกหาบทั้งหมด 1,197 คน น้ำหนักของสัมภาระทั้งหมดที่ปลูกหาบทำหน้าที่แบก 27,989 กิโลกรัม ก่อให้เกิดรายได้ในอาชีพนี้เท่ากับ 1,959,230 บาท/ปี คิดเป็นรายได้เฉลี่ย 1,636.78 บาท/คน/ปี และ 3) อาชีพคนขับรถรับส่งนักศึกษาธรรมชาติ หมายถึง ชาวบ้านที่มารับจ้างขับรถ

เพื่อพานักศึกษาธรรมชาติเดินทางไป-กลับ จากสำนักงานเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวถึงหน่วยพิทักษ์ป่าขุนห้วยแม่กอก (เด่นหญ้าขัด) ซึ่งเป็นจุดเริ่มเดินศึกษาธรรมชาติ โดยคิดราคา 2,800 บาท/คัน นั่งโดยสารได้ 5 คน ก่อให้เกิดรายได้ 3,038,000 บาท/ปี เฉลี่ยรายได้ 2,622.17 บาท/คน/ปี ส่วนค่าใช้จ่ายเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักศึกษาธรรมชาติอื่น ๆ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านค่าอบรม 100 บาท/คน ค่าประกันอุบัติเหตุ 60 บาท/คน ค่าบริการจัดการขยะ 10 บาท/คน ค่าบริการสุขาและชุดขับถ่ายฉุกเฉิน 250 บาท/คน และค่าธรรมเนียมการจองและบำรุงรักษาระบบ 50 บาท/คน Chawhia et al. (2023) ทางเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเป็นหน่วยงานที่จัดการอุปกรณ์เหล่านี้ให้กับนักศึกษาธรรมชาติ ส่งผลให้การเปิดเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวยังมีส่วนในการกระจายรายได้และส่งเสริมเศรษฐกิจกับชุมชนโดยรอบและอำเภอเชียงดาวอีกด้วย

ในปัจจุบันพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาวยังไม่มี การประเมินมูลค่าการบริการระบบนิเวศเป็นรูปแบบของตัวเงินอย่างชัดเจน ทำให้ไม่มีข้อมูลให้บุคคลทั่วไปตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว ดังนั้นการศึกษาการประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการอนุรักษ์และเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศของนักศึกษาธรรมชาติ (Chiangdao Wildlife Sancturary, 2022) นอกจากนี้เมื่อทรัพยากรในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาวได้รับผลกระทบจากการทำกิจกรรมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทรัพยากรหากเป็นการเปลี่ยนแปลงทางลบต่อทรัพยากรธรรมชาติ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จึงจำเป็นต้องการประเมินต้นทุนผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของทรัพยากรซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ

ต้นทุนที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวในครั้งนี้ ใช้วิธีอาศัยต้นทุนการเดินทางระดับเขต และโดยวิธีเหตุการณ์สมมติให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ซึ่งมูลค่าที่เกิดขึ้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงประโยชน์และความสำคัญของพื้นที่เพื่อให้ประชาชน ชุมชน ผู้มีส่วนได้เสีย เห็นถึงความสำคัญของพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว ซึ่งจะนำไปสู่ความร่วมมือในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการหาแนวทางการจัดการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว ให้เป็นแหล่งศึกษาธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลทุติยภูมิ โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารรายงานการวิจัยและสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว เช่น สถิตินักศึกษาธรรมชาติของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว

ข้อมูลปฐมภูมิ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักศึกษาธรรมชาติ ส่วนที่ 2 ลักษณะการเข้ามาเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว ส่วนที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และส่วนที่ 4 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการของเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของนักศึกษาธรรมชาติ

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Cochran (Hirankitti, 2009) ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณด้วยวิธีวิจัยแบบสำรวจ เก็บข้อมูลจากนักศึกษาธรรมชาติกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนในพื้นที่ศึกษา จากการคำนวณตามสูตรได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 385 คน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บขนาดตัวอย่างทั้งหมด 475 คน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ($p = 0.05$)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของนักศึกษาธรรมชาติ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ เขตที่อยู่อาศัยและข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางของนักศึกษาธรรมชาติ ความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการ สิ่งอำนวยความสะดวก และความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการ ในรูปของค่าความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum)

ประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว

การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขต (zonal travel cost method, ZTCM) โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การกำหนดเขต โดยใช้แผนที่แสดงระยะทางระหว่างเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวกับจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวเป็นจุดศูนย์กลางและแบ่งพื้นที่ที่อยู่รอบ ๆ จุดศูนย์กลางออกเป็นเขตในลักษณะวงแหวนจำนวน 11 เขต โดยเขตต่าง ๆ มีระยะห่างจากที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว ดังนี้

เขตที่ 1 ระยะทางระหว่าง 0–100 กิโลเมตร ได้แก่ เชียงใหม่

เขตที่ 2 ระยะทางระหว่าง 101–200 กิโลเมตร ได้แก่ ลำพูน และลำปาง

เขตที่ 3 ระยะทางระหว่าง 201–300 กิโลเมตร ได้แก่ เชียงราย และแพร่

เขตที่ 4 ระยะทางระหว่าง 301–400 กิโลเมตร ได้แก่ พะเยา อุดรดิตถ์ ตาก สุโขทัย และน่าน

เขตที่ 5 ระยะทางระหว่าง 401–500 กิโลเมตร ได้แก่ พิษณุโลก กำแพงเพชร แม่ฮ่องสอน และพิจิตร

เขตที่ 6 ระยะทางระหว่าง 501–600 กิโลเมตร ได้แก่ นครสวรรค์ อุทัยธานี เพชรบูรณ์ และชัยนาท

เขตที่ 7 ระยะทางระหว่าง 601–700 กิโลเมตร ได้แก่ สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง และเลย

เขตที่ 8 ระยะทางระหว่าง 701–800 กิโลเมตร ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี บึงกาฬ ชัยภูมิ หนองบัวลำภู ขอนแก่น กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี

เขตที่ 9 ระยะทางระหว่าง 801–900 กิโลเมตร ได้แก่ มหาสารคาม สมุทรปราการ กาฬสินธุ์ สมุทรสาคร ปทุมธานี นครปฐม ร้อยเอ็ด อุดรธานี สมุทรสงคราม ชลบุรี นครราชสีมา ฉะเชิงเทรา ราชบุรี สุพรรณบุรี นครนายก หนองคาย และเพชรบุรี

เขตที่ 10 ระยะทางระหว่าง 901–1,000 กิโลเมตร ได้แก่ บุรีรัมย์ กาญจนบุรี ปราจีนบุรี ยโสธร สกลนคร สุรินทร์ ระยอง อำนาจเจริญ และมุกดาหาร

เขตที่ 11 ระยะทางตั้งแต่ 1,001 กิโลเมตร ขึ้นไป ได้แก่ สระแก้ว อุบลราชธานี จันทบุรี นครพนม ประจวบคีรีขันธ์ ศรีสะเกษ ตราด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง ภูเก็ต สงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส

2) อัตราการมาศึกษาธรรมชาติของประชากรในเขตต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี โดยมีรูปแบบของสมการที่ (1) ดังนี้ (Boonta et al, 2012)

$$Q_h = \left(\frac{V_h}{n} \right) \left(\frac{ND_h \times 1,000}{P_h} \right) \quad (1)$$

โดย Q_h = อัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อปีของนักศึกษาธรรมชาติ ที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว จากเขต

h โดย h มีค่า 1-11 ต่อประชากร 1,000 คน

V_h = จำนวนตัวอย่างของนักศึกษาธรรมชาติจากเขต h โดย h มีค่า 1-11

N = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในเขต h โดย h มีค่า 1-11

N = จำนวนนักศึกษาธรรมชาติทั้งหมดของเส้นทางศึกษาธรรมชาติธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวเฉลี่ยในรอบ 8 ปี (8,311 คน) (Table 1)

D_h = จำนวนวันที่มาศึกษาธรรมชาติจากเขต h ต่อเฉลี่ยต่อนักศึกษาธรรมชาติ 1 คน

P_h = จำนวนประชากรทั้งหมดในเขต h โดย h มีค่า 1-11

H = เขตที่อยู่อาศัยของนักศึกษาธรรมชาติ

3) คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน กับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินทางมาศึกษาธรรมชาติเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่อนักศึกษาธรรมชาติ 1 คน ซึ่งประกอบด้วย ค่าน้ำมันและค่าโดยสารในการเดินทาง ค่าธรรมเนียมเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและค่าสถานที่กางเต็นท์ ค่าเช่าอุปกรณ์อื่น ๆ ค่าอาหาร ค่าของฝากและของที่ระลึก ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และค่าเสียโอกาสของเวลาในการพิจารณา ค่าเสียโอกาสของเวลานั้น ทั้งนี้สมมติต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มีผลต่อจำนวนนักศึกษาธรรมชาติในการเข้ามาศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีการ ZTCM คือ การคำนวณเส้นอุปสงค์ของการเดินทาง ที่มีรูปแบบตามสมการที่ (2)

$$Q_h = f(T_{Ch}) \quad (2)$$

โดย T_{Ch} = ค่าใช้จ่ายในการมาศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวจากเขต h เฉลี่ยบาทต่อคนต่อวัน

4) สร้างเส้นอุปสงค์รวมของการมาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวทั้งหมดของประชากร โดยการนำผลของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาศึกษาธรรมชาติของประชากรในเขตต่อประชากร 1,000 คนในเขตแต่ละเขต (A_{hk}) เมื่อมีการสมมติโดยเพิ่มค่าใช้จ่ายต่อคนต่อวัน (Z_k) ในการมาเดินศึกษาธรรมชาติที่ระดับ (k) ขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่มีรูปแบบตามสมการที่ (3)

$$A_{hk} = T_{Chj} + Z_{kj} \quad (3)$$

ซึ่งคาดว่าเมื่อมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นที่ระดับอัตราการมาศึกษาธรรมชาติดังกล่าวจะลดลง สำหรับการคำนวณหาจำนวนครั้งของการมาเดินศึกษาธรรมชาติของประชากรทั้งหมดในเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว ณ ระดับการใช้จ่าย

สมมติที่เพิ่มขึ้นในแต่ละระดับ โดยใช้สมการที่ (4) ดังนี้ (Boonta *et al*, 2012)

$$B_{hk} = \frac{A_{hk} \times P_h}{1,000} \quad (4)$$

โดย B_{hk} = จำนวนครั้งของอัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อปีของนักศึกษาธรรมชาติ ที่เข้ามาศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว จากเขต h ณ ระดับค่าใช้จ่ายที่สมมติให้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

รวมจำนวนครั้งของการมาศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของประชากรทุกเขต ตามค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในระดับต่าง ๆ (k) ซึ่งเป็นจุดต่าง ๆ บนเส้นอุปสงค์รวมของนักศึกษาธรรมชาติ โดยในแต่ละจุดเกิดค่าใช้จ่ายสมมติให้เพิ่มขึ้นในแต่ละระดับ โดยมีรูปแบบของสมการที่ (5) ดังนี้ (Boonta *et al*, 2012)

$$Y_h = \sum_{h=1}^m B_{hk} \quad (5)$$

โดย Y_h = ผลรวมของจำนวนครั้งของการมาศึกษาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของประชากรทุกเขต ตามค่าใช้จ่ายสมมติที่เพิ่มขึ้นในระดับต่าง ๆ

m = จำนวนครั้งของการมาศึกษาธรรมชาติเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว

5) คำนวณหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์แสดงถึงมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายของนักศึกษาธรรมชาติ

การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย (contingent valuation method, CVM) เป็นการสอบถามถึงความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) ของนักศึกษาธรรมชาติ โดยมีรูปแบบตามสมการที่ (6) ดังนี้

$$WTP = f(\text{INCOME, EDU, TIME, MEMBER, DISTANCE, EXP, AGE, LIKE, REASON}) \quad (6)$$

โดย WTP = ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของนักศึกษาธรรมชาติ (บาท/ครั้ง)

INCOME = รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของนักศึกษาธรรมชาติ (บาท/เดือน)

EDU = ระดับการศึกษาของนักศึกษาธรรมชาติ (จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา)

TIME = จำนวนครั้งที่มาเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว (ครั้ง)

MEMBER = จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของนักศึกษาธรรมชาติ (คน)

DISTANCE = ระยะทางในการเดินทาง (กิโลเมตร)

EXP = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักศึกษาธรรมชาติด (บาท)

AGE = อายุของนักศึกษาธรรมชาติด (ปี)

LIKE = ผลรวมของระดับความพึงพอใจต่อระบบการบริการด้านต่าง ๆ ในการเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว (ระดับ 1–5)

REASON = เหตุผลในการยินดีที่จะจ่ายในการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวก เส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาวต่าง ๆ ให้ดีขึ้น (คะแนน) คำนวณมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดได้ดังสมการที่ (7)

$$V = WTP \times N \quad (7)$$

โดย V = มูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว

N = จำนวนนักศึกษาธรรมชาติด 8 ปีย้อนหลังเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558–2566 ซึ่งในปี พ.ศ.2563 ปิดให้เข้าศึกษาธรรมชาติด เนื่องจากสถานการณ์ไฟป่า ปี พ.ศ. 2562 (8,311 คน)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม และข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาธรรมชาติด

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักศึกษาธรรมชาติด พบว่า นักศึกษาธรรมชาติดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 267 ราย คิดเป็นร้อยละ 56.2 อายุเฉลี่ย 32.6 ปี จบระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 342 ราย คิดเป็นร้อยละ 72.0 รองลงมาคือจบระดับการศึกษาปริญญาโท จำนวน 90 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.9 นักศึกษาธรรมชาติดส่วนใหญ่ที่เข้ามาเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาวประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 193 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.6 รองลงมาประกอบอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัว จำนวน 89 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.7 และอาชีพรับราชการ จำนวน 87 ราย คิดเป็นร้อยละ 18.3 มีรายได้เฉลี่ยมากกว่า 30,001 บาทขึ้นไป จำนวน 215 ราย คิดเป็นร้อยละ 45.3 แสดงให้เห็นถึงนักศึกษาธรรมชาติดส่วนใหญ่เป็นผู้มีความรู้ มีรายได้ที่สามารถใช้จ่ายสำหรับการเดินทางมาท่องเที่ยวและศึกษาธรรมชาติดที่ดอยหลวงเชียงดาวได้

ลักษณะการเข้ามาเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว พบว่า ส่วนใหญ่มาเป็นการครั้งแรกจำนวน 391 ราย คิดเป็นร้อยละ 82.3 และเป็นการเดินทางมากับกลุ่มเพื่อน จำนวน 355 ราย คิดเป็นร้อยละ 74.7 จำนวนสมาชิกในกลุ่มเฉลี่ย 5.38 คน วัตถุประสงค์หลักของการเดินทางเพื่อตั้งใจมาเพื่อพิชิตยอดดอยหลวงเชียงดาวจำนวน 307 ราย คิดเป็นร้อยละ 64.6 มีความสนใจในจุดชมวิวทิวทัศน์จุดสูงสุดดอยหลวงเชียงดาว จำนวน 427 ราย คิดเป็นร้อยละ 89.9 และทราบข้อมูลการเปิดเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว

มากที่สุดจาก เพื่อนและญาติพี่น้อง จำนวน 242 ราย คิดเป็นร้อยละ 50.9

ความพึงพอใจของนักศึกษาธรรมชาติดต่อการบริหารจัดการของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว พบว่า ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ การให้บริการของภาครัฐ เจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว (ร้อยละ 50.1) การให้บริการของภาคเอกชน รถรับส่ง และการให้บริการของลูกหาบ (ร้อยละ 49.9) สภาพภูมิทัศน์ ความโดดเด่นความสวยงาม และความหลากหลายของพรรณไม้และสัตว์ป่าของดอยหลวงเชียงดาว (ร้อยละ 70.5) ความรู้สึกปลอดภัยของเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว (ร้อยละ 53.5) สำหรับด้านที่นักศึกษาธรรมชาติดมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ได้แก่ ระบบการจองสิทธิ์เข้าเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว (ร้อยละ 50.1) การอบรมให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาวและนิทรรศการ (ร้อยละ 48.4) ก่อนเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว 6 ขั้นตอนและจุดลงทะเบียน (ร้อยละ 52.2) การอธิบายข้อมูลของนักสื่อความหมายธรรมชาติด (ร้อยละ 41.7) สิ่งอำนวยความสะดวกบนดอยหลวงเชียงดาว (ร้อยละ 42.3) คิวอาร์โค้ดระหว่างทางเดินทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว (ร้อยละ 41.3)

ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว พบว่า ในกรณีที่มีการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวก เส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาวต่าง ๆ ให้ดีขึ้น และจะมีการเก็บค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเพิ่มเติม นักศึกษาธรรมชาติดมีความยินดีที่จะจ่าย จำนวน 417 ราย คิดเป็นร้อยละ 87.8 โดยค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาว เท่ากับ 278.89 บาทต่อคน

การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดโดยหลวงเชียงดาวโดยวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขต

จากการแบ่งเขตที่มาของนักศึกษาธรรมชาติดออกเป็น 11 เขต พบว่านักศึกษาธรรมชาติดเดินทางมาจากเขตที่ 8 มากที่สุด (พระนครศรีอยุธยา สระบุรี บึงกาฬ ชัยภูมิ หนองบัวลำภู ขอนแก่น กรุงเทพมหานคร และนนทบุรี) จำนวน 241 ราย คิดเป็นร้อยละ 50.7 รองลงมาเป็นนักศึกษาธรรมชาติดที่เดินทางมาจากเขตที่ 1 เขตที่ 9 เขตที่ 11 นอกนั้นในเขตอื่น ๆ มีจำนวนน้อยกว่า 20 ราย (Table 1)

อัตรานักศึกษาธรรมชาติดต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี พบว่า เขตที่ 1 (เชียงใหม่) มีอัตราการมาศึกษาธรรมชาติดของประชากรมากที่สุด จำนวน 2.40 ครั้งต่อประชากร 1,000 คน รองลงมาได้แก่ เขตที่ 8 มีอัตราการมาศึกษาธรรมชาติดจำนวน 1.05 ครั้งต่อประชากร 1,000 คน

นอกนั้นเขตที่เหลือมีอัตราการมาศึกษาธรรมชาติของประชากรน้อยกว่า 1 ครั้ง (Table 2) โดยใช้ระยะเวลา 3 วันต่อทริป

คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน กับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินทางมาศึกษาธรรมชาติเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่อนักศึกษาธรรมชาติ 1 คน (T_{Ch}) ซึ่งประกอบด้วย ค่าน้ำมันและค่าโดยสารในการเดินทาง ค่าธรรมเนียมเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและค่าสถานที่กางเต็นท์ ค่าเช่าอุปกรณ์อื่น ๆ ค่าอาหาร ค่าของฝากและของที่ระลึก ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และค่าเสียโอกาสของเวลาในการพิจารณา ค่าเสียโอกาสของเวลานั้น Cesario (1976) และ Thailand Development Research Institute (2000) ได้เสนอแนวทางโดยใช้วิธีหาราคาเงา (shadow price) ที่อยู่บนพื้นฐานของอัตราค่าจ้างเพราะไม่สามารถใช้อัตราค่าจ้างของผู้เดินทางได้โดยตรงและนักท่องเที่ยวยอมได้ผลตอบแทนจากการมาท่องเที่ยว เพราะอรรถประโยชน์ของผู้บริโภคไม่ได้ลดลงมาเป็นศูนย์แต่ยังคงเหลืออยู่ เนื่องจากได้รับอรรถประโยชน์จาก

การเดินทางมายังแหล่งนันทนาการนั้น จึงคำนวณค่าเสียโอกาสของเวลาโดยการปรับจากอัตราการจ้างคือคิดเป็นร้อยละ 0.33 ของค่าอัตราค่าจ้าง พบว่านักศึกษาธรรมชาติที่มาจากเขตที่ 11 (สระแก้ว อุบลราชธานี จันทบุรี นครพนม ประจวบคีรีขันธ์ ศรีสะเกษ ตราด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง ภูเก็ต สงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส) มีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดคือ 6,278.26 บาทต่อคน รองลงมาคือนักศึกษาธรรมชาติที่มาจากเขตที่ 7 (สิงห์บุรี ลพบุรี อ่างทอง และเลย) ค่าใช้จ่าย 6,143.04 บาทต่อคน และเขตที่ 10 (บุรีรัมย์ กาญจนบุรี ปราจีนบุรี โยธธ สกลนคร สุรินทร์ ระยอง อำนาจเจริญ และมุกดาหาร) ค่าใช้จ่าย 6,098.12 บาทต่อคน นอกนั้นเขตอื่น ๆ มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 6,000 บาทต่อคน โดยมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักศึกษาธรรมชาติต่ำที่สุด 1,560 บาท ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักศึกษาธรรมชาติสูงที่สุด 13,550 บาท และค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักศึกษาธรรมชาติเฉลี่ย 4,766.84 บาท (Table 3)

Table 2 Annual visits per 1,000 population by zone

Zone (h)	Population (P_h)	No. of visits (V_h)	Percentage of total visitors (%)	Annual visits per 1,000 population (Q_h)
1	1,792,474	82	17.3	2.40
2	1,118,347	2	0.4	0.09
3	1,730,305	4	0.8	0.12
4	2,644,711	6	1.3	0.12
5	2,365,999	5	1.1	0.11
6	2,644,368	6	1.3	0.12
7	1,848,018	4	0.8	0.11
8	12,082,422	241	50.7	1.05
9	16,940,563	82	17.3	0.25
10	7,505,028	18	3.8	0.13
11	15,418,240	25	5.3	0.09
Total	66,090,475	475	100	

Source: Population data from Department of Provincial Administration (2022)

Table 3 Average cost per trip by travel–time zone

Zone (h)	Travel cost (THB/person/day)			Total (T _{Ch})	Remark
	Round trip transportation cost	Value of time	Other		
1	484.76	336.60	2,360.85	3,182.21	Minimum travel cost
2	725.00	328.68	2,615.00	3,668.68	per trip = 1,560.00
3	1,000.00	328.68	2,167.50	3,496.18	baht/person.
4	1,300.00	329.08	2,821.67	4,450.74	Maximum travel cost
5	1,324.00	329.42	2,200.00	3,853.42	per trip = 13,550.00
6	1,435.67	330.91	4,045.00	5,811.57	baht/person.
7	2,100.00	333.04	3,710.00	6,143.04	Average travel cost
8	2,142.28	337.59	2,975.12	5,454.98	per trip = 4,766.84
9	2,340.11	338.17	2,800.61	5,478.89	baht/person.
10	2,766.67	334.62	2,996.83	6,098.12	
11	3,232.00	332.26	2,714.00	6,278.26	

หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คนต่อปีกับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินทางได้ความสัมพันธ์ในรูปของสมการถดถอย (Table 4) ดังนี้

$$\log Q_h = 5.062 - 1.464 \log T_{Ch}$$

อัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาศึกษาธรรมชาติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -1.464 ซึ่งมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ 0.1 หมายความว่าเมื่อ $\log$ ของค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว ($\log T_{Ch}$) เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 บาท จะทำให้อัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน ลดลง (เพิ่มขึ้น) 1.464 คน และค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.269 แสดงว่าค่าใช้จ่ายในการเดินทางสามารถอธิบายถึงความแปรผันของอัตราการมาศึกษาธรรมชาติได้ร้อยละ 26.90 ที่เหลืออีกร้อยละ 73.10 มีผลมาจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในที่นี้

Table 4 Regression equation parameters for relationship between number of visits per 1,000 population and average travel cost per trip (T_{Ch})

Independent variable	Coefficient	Standard error of estimate	t-test	p-Value	R ²
Constant	5.062	2.557	1.980	0.079	0.269
$\log T_{Ch}$	-1.464	0.803	-1.822	0.100	

Remark: R² is Coefficient of determination

เส้นอุปสงค์รวมของการมาศึกษาธรรมชาติทั้งหมดของนักศึกษาธรรมชาติ โดยนำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน (Q_h) กับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินทางมาศึกษาธรรมชาติเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่อนักศึกษาธรรมชาติ (T_{Ch}) มาคำนวณหาอัตราการมาศึกษาธรรมชาติต่อประชากร 1,000 คน ในแต่ละเขต (A_{hk}) เมื่อสมมติการเพิ่มค่าใช้จ่ายต่อคน (Z_k) ในการมาท่องเที่ยวที่ระดับ (k) ขึ้นไปเรื่อย ๆ จนอัตราการมาศึกษาธรรมชาติแต่ละเขตเท่ากับศูนย์ (Table 5) จากนั้นสามารถหาจำนวนครั้งการเดินทางเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวง-เชียงดาวทั้งหมดในแต่ละเขต ณ ระดับค่าใช้จ่ายสมมติที่ให้

เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และรวมจำนวนครั้งของการมาเดินศึกษาธรรมชาติของประชากรทุกเขตตามค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในระดับต่าง ๆ ซึ่งเป็นจุดต่าง ๆ บนเส้นอุปสงค์รวมของนักศึกษาธรรมชาติโดยในแต่ละจุดจะเกิดจากค่าใช้จ่ายสมมติให้เพิ่มขึ้นในแต่ละระดับ โดยยกตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนครั้งของการมาเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของประชากรเขตที่ 1 เมื่อสมมติว่ามีค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพิ่มขึ้น 0 บาท (Z_k = 0) พบว่า มีนักศึกษาธรรมชาติเดินทางมาศึกษาธรรมชาติ 1,540 ครั้ง เป็นต้น (Table 5)

คำนวณหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์แสดงถึงมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายของนักศึกษาธรรมชาติ (Figure 1) ดังนั้น การประเมิน

มูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีค่าเท่ากับ 632,912,500 บาทต่อปี (632.9 ล้านบาทต่อปี)

คำนวณมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวเพื่อให้ได้รับผลประโยชน์ทางด้านนันทนาการอย่างยั่งยืน โดยใช้สูตร capital value โดยใช้อัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาลมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.4603 ต่อปี (Public

Debt Management Office, 2023) และสมมติให้มูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวมีค่าเท่า ๆ กันในทุก ๆ ปี คือ 632,912,500 บาทต่อปี ดังนั้นมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวที่มีการจัดการอย่างยั่งยืนมีมูลค่าเท่ากับ 18,290,682,889 บาทต่อปี (18,290.7 ล้านบาทต่อปี)

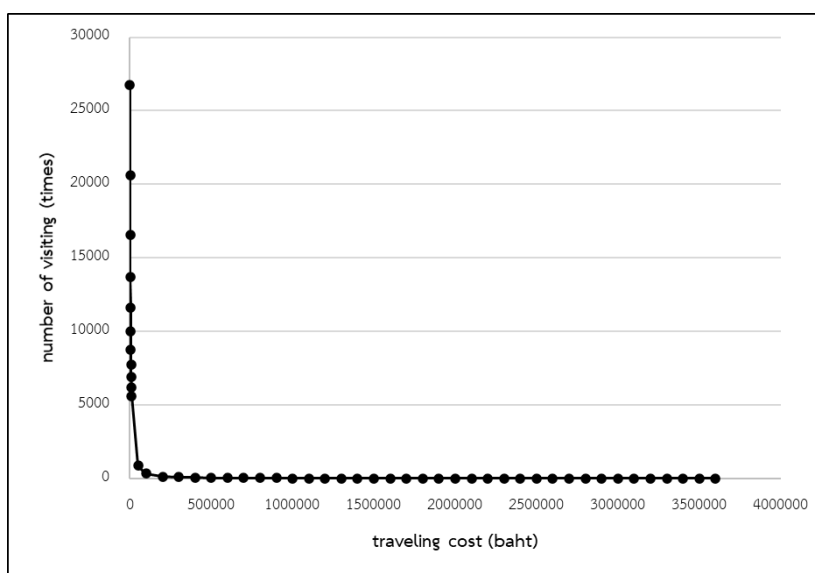


Figure 1 Demand curve for valuation of Doi Luang Chiang Dao Nature Trail

การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย

ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวของนักศึกษาธรรมชาติในกรณีที่มีการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวกเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่าง ๆ ให้ดีขึ้น และจะมีการเก็บค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเพิ่มเติม นักศึกษาธรรมชาติส่วนใหญ่มีความยินดีที่จะจ่าย จำนวน 417 ราย คิดเป็นร้อยละ 87.8 และนักศึกษาธรรมชาติที่ไม่ยินดีจะจ่าย จำนวน 58 ราย คิดเป็นร้อยละ 12.2 ซึ่งค่าเฉลี่ยที่นักศึกษาธรรมชาตินี้ยินดีที่จะจ่ายเท่ากับ 278.89 บาท เหตุผลที่มีความยินดีที่จะจ่ายมากที่สุด เพราะสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในการดูแลทรัพยากรธรรมชาติ ความสำคัญและเปราะบางของพื้นที่ให้คงอยู่ต่อไป เช่น สังคมพืชกึ่งอัลไพน์ และสัตว์ป่าสงวน (กวางผา และเลียงผา) จำนวน 357 ราย คิดเป็นร้อยละ 75.2 และในกรณีที่นักศึกษาธรรมชาติไม่ยินดีที่จะจ่าย เพราะเห็นว่ารัฐบาลควรเป็นผู้รับผิดชอบในการดูแล เนื่องจากเก็บภาษีของประชาชนไปแล้ว จำนวน 47 ราย คิดเป็นร้อยละ 9.9 นอกจากนี้ นักศึกษาธรรมชาติที่เคยเดินทางมาแล้ว มีความประสงค์ที่จะกลับมาอีก จำนวน 391 ราย คิดเป็นร้อยละ 82.3

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว (Table 6) พบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ WTP ได้แก่ตัวแปรรายได้และเหตุผล โดยวิธี Stepwise Regression พบว่าค่า Adjusted R^2 เท่ากับ 0.133 เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล สามารถอธิบายความแปรปรวนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ที่มีต่อ WTP ได้ร้อยละ 13.3 ส่วนที่เหลือร้อยละ 86.7 เป็นผลจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในครั้งนี้ในแบบจำลอง จากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการทำนายพฤติกรรมมนุษย์ โดยใช้การหาสมการการถดถอยเชิงเส้น (linear regression model) พบว่างานของ Suksard and Pratumngao (2015) การประเมินมูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน จังหวัดลำปาง โดยสมการค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติของนักท่องเที่ยวมีค่า $R^2 = 0.078$ รวมทั้งงานของ Wechvitan *et al.* (2023) มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกทยาน จังหวัดพิษณุโลก โดยสมการค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สุโกทยานของผู้นมาเยือนมีค่า Adjusted $R^2 = 0.482$ และงานของ Kaewmora *et al.* (2023) มูลค่าด้านนันทนาการของวนอุทยานเขานางพันธุรัต จังหวัดเพชรบุรี โดยสมการค่าความเต็มใจจ่ายของผู้นมาเยือนมีค่า $R^2 = 0.031$

Table 5 Number of conservationists and per annum by zone with increasing travel cost per trip

Increasing Cost (Thai baht)	No. of conservationists (time)											Total
	(Number of conservationists visiting per annum)											
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9	Zone 10	Zone 11	
0	0.8590 (1,540)	0.6975 (780)	0.7485 (1,295)	0.5256 (1,390)	0.6491 (1,536)	0.3557 (941)	0.3279 (606)	0.3902 (4,715)	0.3878 (6,569)	0.3315 (2,488)	0.3177 (4,898)	(26,758)
1,000	0.5758 (1,032)	0.4901 (548)	0.5179 (896)	0.3907 (1,033)	0.4630 (1,096)	0.2819 (745)	0.2630 (486)	0.3050 (3,685)	0.3034 (5,139)	0.2654 (1,992)	0.2559 (3,945)	(20,597)
5,000	0.2156 (386)	0.1981 (222)	0.2040 (353)	0.1745 (462)	0.1921 (454)	0.1433 (379)	0.1371 (253)	0.1506 (1,819)	0.1501 (2,542)	0.1380 (1,035)	0.1347 (2,078)	(9,983)
10,000	0.1072 (192)	0.1017 (114)	0.1036 (179)	0.0937 (248)	0.0997 (236)	0.0822 (217)	0.0797 (147)	0.0850 (1,026)	0.0848 (1,436)	0.0800 (601)	0.0787 (1,214)	(5,610)
50,000	0.0139 (25)	0.0137 (15)	0.0138 (24)	0.0134 (36)	0.0137 (32)	0.0130 (34)	0.0129 (24)	0.0131 (158)	0.0131 (222)	0.0129 (97)	0.0128 (197)	(864)
100,000	0.0053 (9)	0.0052 (6)	0.0052 (9)	0.0052 (14)	0.0052 (12)	0.0051 (13)	0.0051 (9)	0.0051 (62)	0.0051 (86)	0.0051 (38)	0.0050 (78)	(336)
500,000	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (1)	0.0005 (6)	0.0005 (9)	0.0005 (4)	0.0005 (8)	(34)
1,000,000	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (0)	0.0002 (2)	0.0002 (3)	0.0002 (1)	0.0002 (3)	(9)
1,500,000	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (1)	0.0001 (2)	0.0001 (1)	0.0001 (2)	(6)
2,000,000	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (0)	0.0001 (1)	0.0001 (1)	0.0001 (1)	0.0001 (1)	(4)
2,500,000	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (1)	0.0000 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (1)	(3)
3,000,000	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (1)	(2)
3,500,000	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (1)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	(1)
3,600,000	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	0.0000 (0)	(0)

Table 6 Multiple linear regression model for willingness to pay

Model 2	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t-test	R ²	F-test	p-Value
Coefficients	B	Std. Error	Beta				
(Constant)	-50.418	45.284		-1.113	0.133	37.292	0.266
REASON	27.635	4.121	0.287	6.706			0.000
INCOME	0.008	0.001	0.233	5.442			0.000

Remark: Dependent Variable: WTP

$$WTP = -50.418 + 27.635 (REASON) + 0.008 (INCOME) \quad (8)$$

ตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อการความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ดอยหลวงเชียงดาว พบว่า ตัวแปรเหตุผล p -value (0.000) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ดอยหลวงเชียงดาวของนักศึกษาระดับมัธยมศึกษา หมายความว่า เหตุผลในการยินดีที่จะจ่ายในการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวก เส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่าง ๆ ให้ดีขึ้นเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 บาท ทำให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 27.635 บาท อธิบายได้ว่า นักศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่มีเหตุผลในการยินดีที่จะจ่ายมาก ถ้าการจ่ายนั้นสามารถทำให้การอนุรักษ์และรักษาระบบนิเวศในพื้นที่ให้คงอยู่ รวมทั้งการอำนวยความสะดวก ความปลอดภัย ต่อนักศึกษาระดับมัธยมศึกษาได้ดีขึ้น ตัวแปรรายได้ p -value (0.000) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเส้นทางศึกษาธรรมชาติ ดอยหลวงเชียงดาวของนักศึกษาระดับมัธยมศึกษา หมายความว่า เมื่อจำนวนรายได้เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 บาท จะทำให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศเพิ่มขึ้น (ลดลง) 0.008 บาท อธิบายได้ว่า นักศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่มีรายได้ที่มากขึ้นมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศในสัดส่วนที่มากขึ้นตาม เนื่องจากการเห็นคุณค่าของพื้นที่และต้องการช่วยในการอนุรักษ์ให้ระบบนิเวศคงอยู่ โดยมีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการคือ ตัวแปรเหตุผล (REASON) และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน (INCOME) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีความแตกต่างจากงานชิ้นอื่น ๆ เนื่องมาจากงานชิ้นนี้เป็น การประเมินความเต็มใจจ่ายในการให้เห็นคุณค่าของระบบนิเวศของพื้นที่สงวนชีวมณฑลดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนงานชิ้นอื่น ๆ เป็นการศึกษาในด้านความยินดีที่จะจ่ายค่าบริการสำหรับการเข้าอุทยานแห่งชาติ แต่ในด้านการประเมินมูลค่ามีลักษณะการประเมินที่คล้ายคลึงกันโดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจจ่าย (WTP) ที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ รายได้เฉลี่ยต่อ

เดือน และความพึงพอใจ ส่วนปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะทางในการเดินทาง จำนวนสมาชิกภายในกลุ่ม จำนวนวันที่มาท่องเที่ยว โดยพบในการศึกษาการประเมินมูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี Boonta *et al.* (2012) พบว่าวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีมูลค่าเท่ากับ 206,331,138 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 17,521,315.52 บาทต่อปี ปัจจัย WTP ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะทางในการเดินทาง จำนวนสมาชิกภายในกลุ่ม และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติเอราวัณเฉลี่ยคนละ 43.42 บาท เช่นเดียวกันกับการศึกษาการประเมินมูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน จังหวัดลำปาง Pratumngao (2016) พบว่าวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีมูลค่าเท่ากับ 174,171,953 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 6,137,486 บาทต่อปี ปัจจัย WTP ได้แก่ จำนวนวันที่มาท่องเที่ยว จำนวนครั้งของการมาเที่ยว ระยะทางในการเดินทาง และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อนเฉลี่ยคนละ 45.60 บาท และการศึกษามูลค่าด้านนันทนาการของอุทยานแห่งชาติผาแต้ม จังหวัดอุบลราชธานี Pounsri (2016) พบว่าวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีมูลค่าเท่ากับ 928,393,115 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 13,054,364 บาทต่อปี ปัจจัย WTP ได้แก่ รายได้ต่อเดือน ค่าใช้จ่ายของกลุ่มที่มาท่องเที่ยว จำนวนสมาชิกในกลุ่ม และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติผาแต้มเฉลี่ยคนละ 63.24 บาท เช่นเดียวกันกับ การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช จังหวัดตาก Sompunya (2007) พบว่าวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีมูลค่าเท่ากับ 14,580,775 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 779,486.24 บาทต่อปี และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราชเฉลี่ยคนละ 32.06 บาท และการศึกษาการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติแหลมสน จังหวัดระนองและจังหวัดพังงา

Maneenak (2001) พบว่าวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมีมูลค่าเท่ากับ 6,684,542 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 188,998 บาทต่อปี และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าอุทยานแห่งชาติแหลมสนเฉลี่ยคนละ 20 บาท รวมทั้งการศึกษามูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกโยทยาน จังหวัดพิษณุโลก Wechvitan *et al.* (2023) พบว่าวิธีคิดค่าใช้จ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 11,658,634.90 บาทต่อปี และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าเท่ากับ 1,188,832.08 บาทต่อปี ปัจจัย WTP ได้แก่ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่ม ความพึงพอใจ และ WTP สำหรับค่าบริการเข้าสวนพฤกษศาสตร์สุโกโยทยานคนละ 29.95 บาท

ซึ่งเห็นได้ว่าการศึกษาดังนี้มีมูลค่าใกล้เคียงการศึกษาค้างนี้ อาจเนื่องจากการการประเมินมูลค่าด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายเป็นการวัดค่าความเต็มใจที่จะจ่ายจากความคิดเห็นของนักศึกษาธรรมชาติ ซึ่งธรรมชาติของคนทั่วไปเมื่อถูกสอบถามถึงความเต็มใจที่จะจ่ายมักจะให้ค่าที่ต่ำเสมอ จึงแตกต่างจากการคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยวิธีต้นทุนระดับเขตที่เป็นพฤติกรรมจริงแสดงให้เห็นว่านักศึกษาธรรมชาติที่มาเดินศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวยังให้ความสำคัญและเห็นคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติค่อนข้างน้อย ซึ่งแปรผกผันกับความต้องการในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเมื่อเข้ามาเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติ กล่าวคือ นักศึกษาธรรมชาติมีความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองสูง แต่ให้คุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติออกมาในรูปแบบของตัวเงินน้อย ในที่นี้อาจมีเรื่องของปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เหตุผลของการเต็มใจที่จะจ่ายและรายได้ของนักศึกษาธรรมชาติ ซึ่งนักศึกษาธรรมชาติบางส่วนเห็นว่าเป็นหน่วยงานราชการมีงบประมาณในการรับผิดชอบดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติ

คำนวณหามูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวโดยการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ ค่าตัวแปรเหตุผล (REASON) เท่ากับ 3.71 คะแนน โดยค่าเหตุผล ประกอบด้วย 1) การสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในการดูแลทรัพยากรธรรมชาติ 2) เจ้าหน้าที่ในความรับผิดชอบของทุกคนต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 3) เพื่อปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกให้มีความปลอดภัยสำหรับนักศึกษาธรรมชาติ 4) เพื่อให้เห็นคุณค่าของการอนุรักษ์มากขึ้น 5) เพื่อการอนุรักษ์ไว้ให้เป็นแหล่งเรียนรู้ทางวิชาการและความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ 6) เพื่อการใช้ประโยชน์ของความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคตสำหรับคนรุ่นหลัง และ 7) เพื่อประโยชน์เชิงนันทนาการ เป็นต้น และตัวแปรรายได้เฉลี่ยต่อเดือน (INCOME) เท่ากับ 28,347.37 บาท ดังสมการที่ (9)

$$WTP = -50.418 + 27.635 (3.71) + 0.008 (28,347.37) \quad (9)$$

ได้ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการ 278.89 บาทต่อครั้ง จากนั้นคำนวณหามูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยนำค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายต่อครั้งคูณกับจำนวนนักศึกษาธรรมชาติเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 8,311 คน (N) ดังสมการที่ (10)

$$V = WTP \times N$$

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้ $V = 278.89 \times 8,311$ (10)
ดังนั้น มูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวโดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศมีค่าเท่ากับ 2,317,855 บาทต่อปี (2.3 ล้านบาทต่อปี)

สรุปและข้อเสนอแนะ

นักศึกษาธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 56.2 มีอายุเฉลี่ย 32.60 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 72.0 ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 40.6 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 30,001 บาทขึ้นไปร้อยละ 45.3 ส่วนใหญ่เดินทางมาครั้งแรกร้อยละ 82.3 มากับกลุ่มเพื่อนร้อยละ 74.7 สมาชิกในกลุ่มเฉลี่ย 5 คน พักที่โฮมสเตย์และรีสอร์ท ร้อยละ 66.1 มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 4,766.84 บาทต่อคน มีวัตถุประสงค์เพื่อตั้งใจมาเพื่อพิชิตยอดดอยหลวงเชียงดาวร้อยละ 64.6 และทราบข้อมูลการเปิดเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวจากเพื่อนและญาติร้อยละ 50.9 กิจกรรมที่ทำส่วนใหญ่ที่ทำคือชมวิวทิวทัศน์จุดสูงสุดดอยหลวงเชียงดาวร้อยละ 89.9 การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตเท่ากับ 632.9 ล้านบาทต่อปี และมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวที่มีการจัดการอย่างยั่งยืนมีมูลค่าเท่ากับ 18,290.6 ล้านบาท การประเมินมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย ในกรณีที่มีการปรับปรุงการบริการ สิ่งอำนวยความสะดวก เส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวต่าง ๆ ให้ดีขึ้น และจะมีการเก็บค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการเพิ่มเติม นักศึกษาธรรมชาติมีความยินดีที่จะจ่ายร้อยละ 87.8 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยยินดีที่จะจ่ายเท่ากับ 278.89 บาทต่อครั้ง ดังนั้นมูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาวโดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนระบบนิเวศมีค่าเท่ากับ 2.3 ล้านบาทต่อปี

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยชิ้นนี้ 1) ผลลัพธ์ของความเต็มใจง่ายที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้เป็นค่าความเต็มใจง่ายขั้นต่ำ ที่หน่วยงานสามารถนำไปใช้พิจารณาในการเก็บค่าบริการระบบนิเวศของพื้นที่จากนักศึกษาธรรมชาติ ซึ่งเป็นมูลค่าที่เกิดจากการสะท้อนให้เห็นถึงประโยชน์และความสำคัญของพื้นที่ นำไปสู่ความร่วมมือในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อไป 2) ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมของนักศึกษาธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการด้านต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมได้ เช่น การวางแผนการจัดการพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อให้นักศึกษาธรรมชาติให้มีความพร้อมมากขึ้น 3) สามารถนำผลการศึกษามูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยหลวงเชียงดาว โดยวิธีต้นทุนการเดินทางระดับเขตมาประกอบการพิจารณาวางแผนจัดสรรงบประมาณให้สอดคล้องกับการบริหารจัดการเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยหลวงเชียงดาวในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและการจัดการพื้นที่ แต่ควรนำมูลค่าด้านอื่น ๆ มาประกอบการพิจารณาเพิ่มเติมด้วย และ 4) สามารถนำข้อมูลจากการศึกษามูลค่าเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยหลวงเชียงดาวโดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย มาประกอบพิจารณาการวางแผนแนวทางการจัดการเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยหลวงเชียงดาวในพื้นที่แกนกลางของพื้นที่สงวนชีวมณฑลโดยหลวงเชียงดาว และเกณฑ์การกำหนดอัตราค่าตอบแทนระบบนิเวศบริการของเส้นทางศึกษาธรรมชาติโดยหลวงเชียงดาวได้อย่างเหมาะสม

คำนิยม

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ผ่านขั้นตอนของการขออนุญาต และได้หนังสือรับรองการทำวิจัยด้านจริยธรรมการวิจัยในคน ได้รับรหัสโครงการวิจัย MJUIRB ST006/66 ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ นักศึกษาธรรมชาติ นักสื่อความหมายธรรมชาติ ลูกหาบ คนขับรถ ชาวบ้าน และผู้ประกอบการที่พัก ร้านค้า ที่ช่วยในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

Boonta, J., Suksard, S., Houmuangkaew, W. 2012. Recreational value of Erawan National Park, Kanchanaburi province. *Thai Journal of Forestry*, 31(2):72–83 (in Thai)

Cesario, F.J. 1976. Value of time in recreation benefit studies. *Land Economics*, 52: 32–41.

Chawhia, W., Lattirasuvan, T., Khonkaen, P., Yotapakdee, T. 2023. Innovation and technology for quality of life and sustainable society. In: *Proceeding of the 11th Nontri E-san National Academy Conference*. Sakon Nakhon, Thailand, pp. 37–48. (in Thai)

Chiangdao Wildlife Sanctuary. 2022. *Chiangdao Wildlife Sanctuary Annual Report in 2022*. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Department of Provincial Administration. 2022. *DOPA Population Statistics*. https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php, 4 January 2024.

Hirankitti, P. 2009. *Marketing Research*. Dharmasarn Company Limited, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Kaewmora, J., Suksard, S., Pattaratuma, A., Sriarkarin, S. 2023. Recreational value of the Khao Phanthurat Forest Park, Phetchaburi province. *Thai Journal of Forestry*, 42(1):46–57 (in Thai)

Maneenak, C. 2001. *Valuation of Recreational Values of Laem Son National Park, Changwat Ranong and Changwat Phangnga*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Poungsri, J. 2016. *Recreational Value Pha Taem National Park, Ubon Ratchathani Province*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Pratumngao, N. 2016. *Recreational Value Assessment of Chaeson National Park, Lampang Province*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Public Debt Management Office. 2023. *Bond Yield*. <https://www.pdmo.go.th/pdmmomedia>, 4 March 2024.

Sompunya, U. 2007. *Evaluation of Recreational Values of Natural Tourism Areas a Case Study of Taksin Maharat National Park in Tak Province*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Suksard, S., Pratumngao, N. 2015. Recreational value assessment of Chaeson National Park, Lampang province. **Journal of Forest Management**, 10(19):14–27 (in Thai)
- Thailand Development Research Institute. 2000. **Environmental Impact Assessment Development Study Guide in Economics Environment**. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. 2021. **Biosphere Reserves in Asia and the Pacific**. <https://en.unesco.org/biosphere/aspac/doi-chiang-dao>, 11 February 2024.
- Wechvitan, S., Suksard, S., Pisuttipiched, S. 2023. Recreational value of Sakunothayan Botanical Garden, Phitsanulok province. **Thai Journal of Forestry**, 42(2):1–12 (in Thai)
-

การส่งเสริมไม้เศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนความกลางทางคาร์บอน Promoting Economic Trees to Support Carbon Neutrality

ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์*
Nathawat Khlangsap*

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
Forest Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, 10900

*Corresponding Author, E-mail; rdispk@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 16 มกราคม 2568

Received: 16 January 2025

รับแก้ไข 17 กุมภาพันธ์ 2568

Revised: 17 February 2025

รับลงพิมพ์ 11 มีนาคม 2568

Accepted: 11 March 2025

ABSTRACT

Thailand has set a target to increase the area under economic forests by approximately 16 million rai by 2037 to support carbon neutrality. Several factors determine a successful completion of this goal, including national policies and strategies, growth of the wood industry, an expansion of the carbon credit trading market within the forestry sector, and the promotion of sustainable agriculture in the agricultural sector. However, several key challenges need to be addressed, including issues related to legal and comprehensive management, efficiency of mechanisms in financial, fiscal, and markets, availability of land suitable for economic tree planting, as well as technology, innovation, and forestry standards. Thus, key approaches to successfully promote economic trees should include defining provincial areas for economic tree planting, promoting the formation of large-scale economic tree planting groups, developing financial, fiscal, and market mechanisms, applying principles of "market-driven, innovation-enhanced," enacting comprehensive legislation to promote economic trees outside forested areas, and establishing a national policy to promote economic trees.

Keywords: Promoting; Economic trees; Carbon neutrality

บทคัดย่อ

ประเทศไทยตั้งเป้าหมายเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจอีกประมาณ 16 ล้านไร่ ภายในปี พ.ศ. 2580 เพื่อสนับสนุนความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยมีหลายปัจจัยที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการบรรลุเป้าหมาย ได้แก่ นโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติ การเติบโตของธุรกิจและอุตสาหกรรมไม้ การขยายตัวของตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ และการส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนในภาคการเกษตร อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายสำคัญที่ต้องเผชิญทั้งในด้านกฎหมายและการบริหารจัดการแบบครบวงจร ประสิทธิภาพของกลไกทางการเงิน การคลัง และตลาด ความพร้อมของพื้นที่รองรับการปลูกไม้เศรษฐกิจ รวมถึงเทคโนโลยี นวัตกรรม และมาตรฐานด้านป่าไม้ ดังนั้น แนวทางสำคัญในการขับเคลื่อนการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจให้ประสบความสำเร็จที่ควรดำเนินการประกอบด้วย 1) การกำหนดพื้นที่ส่งเสริมไม้เศรษฐกิจระดับจังหวัด 2) การส่งเสริมการรวมกลุ่มปลูกไม้เศรษฐกิจแปลงใหญ่ 3) การพัฒนากลไกทางการเงิน การคลัง และตลาด 4) การใช้หลักการ “ตลาดนำ นวัตกรรมเสริม” 5) การตรากฎหมายส่งเสริมไม้เศรษฐกิจนอกเขตป่าแบบครบวงจร และ 6) การสร้างกลไกขับเคลื่อนการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจระดับชาติ

คำสำคัญ: การส่งเสริม ไม้เศรษฐกิจ ความเป็นกลางทางคาร์บอน

คำนำ

ตลอดหลายปีที่ผ่านมา ทั่วโลกพยายามแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบมากมายในหลายด้าน เช่น การเกษตร ความมั่นคงทางอาหาร ความหลากหลายทางชีวภาพ อุตสาหกรรม การบริการ และชุมชน/เมือง โดยหลายประเทศได้ออกกฎหมายและนโยบายเพื่อบูมสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลงจนเป็นศูนย์ ความเป็นกลางทางคาร์บอน (carbon neutrality) คือ การที่ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเท่ากับปริมาณที่ถูกดูดกลับคืนมา สามารถทำได้ผ่าน 3 กลไก ได้แก่ 1) การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การใช้พลังงานหมุนเวียนแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล 2) การดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การปลูกป่าเพื่อเป็นแหล่งสะสมคาร์บอน การใช้เทคโนโลยีในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนำกลับมากักเก็บใต้พื้นดิน หรือใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ และ 3) การชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการซื้อคาร์บอนเครดิต (Wanwiset, 2024) ในการประชุม COP26 ที่เมืองกลาสโกว์ สหราชอาณาจักรเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ประเทศไทยได้ประกาศเป้าหมายมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี พ.ศ. 2593 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในหรือก่อนหน้า พ.ศ. 2608 (Faculty of Forestry, 2022)

ภาคป่าไม้ มีบทบาทสำคัญที่สนับสนุนสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเป็นแหล่งเก็บคาร์บอนไว้ในรูปของเนื้อไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ประเทศไทยจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์ นโยบาย แผนงาน และโครงการต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายนี้ (Faculty of

Forestry, 2022) หากสามารถเพิ่มพื้นที่สีเขียวตามเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ให้ได้ร้อยละ 55 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยประกอบด้วยพื้นที่ป่าธรรมชาติร้อยละ 35 (113.23 ล้านไร่) พื้นที่ป่าเศรษฐกิจร้อยละ 15 (48.52 ล้านไร่) และพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองและชนบทอีกร้อยละ 5 (16.17 ล้านไร่) ภายในปี พ.ศ. 2580 จะสามารถดูดซับก๊าซเรือนกระจกสุทธิได้ประมาณ 120 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยต้องเพิ่มพื้นที่ป่าธรรมชาติอีก 11.29 ล้านไร่ พื้นที่ป่าเศรษฐกิจอีก 15.99 ล้านไร่ และพื้นที่สีเขียวในชุมชนทั้งในเมืองและชนบทอีก 3 ล้านไร่ (Tangmitcharoen, 2022)

ดังนั้น การศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางวิชาการด้านการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนความเป็นกลางทางคาร์บอนจึงมีความสำคัญในการเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจแก่ภาครัฐ เอกชน เกษตรกร และประชาสังคม เกี่ยวกับศักยภาพไม้เศรษฐกิจในการกักเก็บคาร์บอน โอกาสและความท้าทายรวมถึงใช้เป็นแนวทางในการขับเคลื่อนเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย

ไม้เศรษฐกิจกับศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน

ความหมายและชนิดไม้เศรษฐกิจ

ไม้เศรษฐกิจ (economic trees) หมายถึง ไม้ยืนต้นทุกชนิดรวมถึงไม้ที่ปลูกหรือขึ้นเองตามธรรมชาติและอยู่นอกเขตป่าอนุรักษ์ที่มีการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ และ/หรือ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่เนื้อไม้เพื่อการค้า (Faculty of Forestry, 2019) ดังนั้น ไม้เศรษฐกิจเป็นไม้ที่สามารถนำมาสร้างมูลค่า หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ไม้ใช้สอย ไม้เชื้อเพลิง อาหาร ยารักษาโรค เส้นใย ยาง

สารหอมระเหย รวมถึงสามารถนำไปใช้เป็นหลักประกันทางธุรกิจ และการซื้อขายคาร์บอนเครดิตได้

ไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมีหลายชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดหลักที่มีพื้นที่ปลูกมากกว่าล้านไร่ คือ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* spp.) และสัก (*Tectona grandis*) มีพื้นที่ปลูกประมาณ 4.91 ล้านไร่ และ 2.06 ล้านไร่ ตามลำดับ (GISTDA, 2023 อ้างถึงใน Tangkit *et al.* 2024) หากแบ่งตาม อัตราการเติบโตแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มไม้โตเร็ว เป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มากกว่า 1.5 เซนติเมตรต่อปี มีอายุรอบตัดฟันประมาณ 5–15 ปี เช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา (*Acacia mangium*) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) สะเดาไทย (*Azadirachta indica*) รวมถึงไม้ 2) กลุ่มไม้โตปานกลาง เป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มากกว่า 0.8–1.5 เซนติเมตรต่อปี มีอายุรอบตัดฟันประมาณ 15–20 ปี เช่น สัก และยางนา (*Dipterocarpus alatus*) และ 3) กลุ่มไม้โตช้า เป็นไม้ที่มีอัตราการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 0.8 เซนติเมตรต่อปี มีอายุรอบตัดฟันประมาณ 20–30 ปี เช่น แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) และชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) (Royal Forest Department, 2019)

ศักยภาพของไม้เศรษฐกิจต่อการกักเก็บคาร์บอน

การกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) หมายถึง การดึงคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศอย่างถาวรหรือ กึ่งถาวร (Jintrawet, 2004) โดยโลกมีระบบการดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide absorption) ทั้งบนบกและในมหาสมุทรผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น สารต่าง ๆ ที่ใช้ในการเติบโตของพืชทั้งบนบกและในน้ำ (Thongprasert, S. and Thongprasert, M., 2009) ต้นไม้และ ป่าไม้จึงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญ เมื่อต้นไม้เติบโต คาร์บอนจึงถูกกักเก็บอยู่ในราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ และสามารถยึดอยู่กับเนื้อเยื่อของต้นไม้และเนื้อไม้ได้อย่างเสถียร และมีระยะเวลาค่อนข้างยาวนาน (Phumijumnong, 2004)

ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับอัตราการเติบโต ของต้นไม้ ปัจจัยแวดล้อมมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ หากปลูก ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมกับชนิดไม้ จะทำให้ต้นไม้เติบโตดี และสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณสูง สำหรับปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้แต่ละประเภทได้ยกตัวอย่างไว้ ใน Table 1 เห็นได้ว่า กลุ่มไม้เศรษฐกิจโตเร็ว ได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนสูง กว่ากลุ่มไม้โตปานกลาง ได้แก่ สัก และกลุ่มไม้โตช้า (Faculty of Forestry, 2011) ทั้งนี้ การกักเก็บคาร์บอนของสวนป่ามี การแปรผันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดไม้ ลักษณะทาง พันธุกรรม อายุ ความหนาแน่น และคุณภาพของพื้นที่ที่ปลูก รวมทั้งการจัดการตามวนวัฒนวิธีที่เหมาะสม (Poosaksai *et al.*, 2018) จากการศึกษาของ Pinthong *et al.* (2017) พบว่า ต้นไม้ ที่มีการสะสมมวลชีวภาพมากและมีประสิทธิภาพสูงใน การกักเก็บคาร์บอนต้องมีการจัดการต้นไม้ให้มีการเติบโตที่ดี เพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ นอกจากนี้ โดยทั่วไปต้นไม้ที่มีอายุน้อยจะเติบโตเพิ่มพูนขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเพิ่มพูนจะลดลงเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้นจนต้นไม้ แก่เต็มที่ อัตราการเติบโตความเพิ่มพูนจะคงที่หรือไม่เพิ่มพูน ต่อไปอีก (Ruangpanit, 2013) ดังนั้น การตัดไม้ไปใช้ประโยชน์ ในช่วงอายุที่เหมาะสม และปลูกไม้ใหม่ทดแทนอย่างต่อเนื่อง เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ให้มากขึ้น

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้สามารถทำได้ โดยการหาน้ำหนักแห้งของต้นไม้ ซึ่งคำนวณจากสมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของ ต้นไม้ (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, n.d.) โดย IPCC (2006) ได้กำหนดให้ปริมาณคาร์บอนสะสม หรือการกักเก็บคาร์บอนในน้ำหนักแห้งมีค่าร้อยละ 47 ของ น้ำหนักแห้ง (Faculty of Forestry, 2011) การหาปริมาณ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำได้โดยการนำค่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้คูณด้วยอัตราส่วนของ น้ำหนักอะตอมของธาตุคาร์บอน (C) ต่อน้ำหนักโมเลกุลของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอัตราส่วนเท่ากับ 44/12 หรือ 3.67 (Himmapan *et al.*, 2018)

Table 1 Carbon storage estimates of some economic trees

Species/Group of trees	Site suitability	Carbon storage	
		tC/rai/year	tCO ₂ eq/rai/year
<i>Tectona grandis</i>	High	0.59	2.16
	Moderate	0.47	1.72
	Low	0.37	1.36
<i>Eucalyptus</i> spp.	High	1.66	6.09
	Moderate	1.30	4.77
	Low	0.86	3.15
<i>Acacia mangium</i>	High	1.66	6.09
	Moderate	1.20	4.40
	Low	1.09	4.00
<i>Acacia auriculiformis</i>	High	1.20	4.40
	Moderate	0.95	3.48
	Low	0.62	2.27
<i>Leucaena leucocephala</i>	High	1.77	6.49
	Moderate	1.31	4.80
	Low	0.21	0.77
Slow growing tress group	No specified	0.26	0.95

Source: Adapted from Faculty of Forestry (2011)

โอกาสและความท้าทายของการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจ

โอกาส หรือ Opportunity คือ ข้อได้เปรียบจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่กิจการแสวงหาโอกาสเพื่อกำหนดกลยุทธ์การตลาดที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ (Nitichaowakul, 2022) ดังนั้น เมื่อมองในแง่ของการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจ โอกาสจึงหมายถึงข้อได้เปรียบจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่องค์กรที่รับผิดชอบสามารถนำมาใช้กำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจ โดยโอกาสของไม้เศรษฐกิจประกอบด้วย 4 ประเด็นหลัก ได้แก่

1) ยุทธศาสตร์และนโยบายระดับชาติ นโยบายของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในการขับเคลื่อนนโยบายการส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้น ได้กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นที่ 18 การเติบโตอย่างยั่งยืน แผนการปฏิรูปประเทศด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นโยบายป่าไม้แห่งชาติ พ.ศ.2562 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไม้เศรษฐกิจ ยุทธศาสตร์กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560–2579) ยุทธศาสตร์กรมป่าไม้ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560–2579) และยุทธศาสตร์และแผนงานการส่งเสริมไม้

เศรษฐกิจแบบครบวงจร (พ.ศ. 2561–2579) สำหรับเป้าหมายในการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจให้ได้ร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศ (48.52 ล้านไร่) ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าเศรษฐกิจ 32.65 ล้านไร่ ซึ่งยังต้องเพิ่มอีก 15.87 ล้านไร่ ภายในปี พ.ศ. 2580 (Thai Senate, 2022) รวมถึงการขับเคลื่อนเศรษฐกิจตามแนว BCG คือ โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นเศรษฐกิจทฤษฎีใหม่ที่ผสมผสานการพัฒนา 3 ด้านหลัก คือ ชีวภาพ (bio economy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) ซึ่งไม้เศรษฐกิจสนองตอบต่อนโยบายดังกล่าวได้ทั้งเศรษฐกิจ นอกจากนี้ มีประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและสร้างโอกาสให้กับไม้เศรษฐกิจ เช่น มาตรการของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ที่สนับสนุนการลงทุนปลูกไม้เศรษฐกิจและพืชพลังงาน การยกเลิกมาตรา 7 ของ พ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484 ซึ่งทำให้ไม้ในที่ดินกรรมสิทธิ์และไม้ที่ปลูกในที่ดินที่ได้รับอนุญาตให้ทำประโยชน์ตามประเภทหนังสือแสดงสิทธิที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะรัฐมนตรีไม่ถือเป็นไม้หวงห้าม การแก้ไขกฎกระทรวงพาณิชย์ให้ไม้ยืนต้นสามารถใช้เป็นหลักประกันทางธุรกิจได้ การลดหย่อนภาษีที่ดินตามเกณฑ์การใช้

ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม และการแก้ไขปัญหาที่ดินป่าไม้ตามนโยบายคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (คทช.) ที่ส่งเสริมการปลูกต้นไม้

2) การเติบโตของธุรกิจและอุตสาหกรรมไม้ แต่ละปีประเทศไทยนำเข้าไม้ท่อนและไม้แปรรูปเป็นมูลค่ามหาศาล และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลกรมศุลกากร พบว่าในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีมูลค่าการนำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ เมื่อ ประมาณ 36,000 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นเป็น 59,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2565 ขณะที่มูลค่าการส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ เมื่อปี พ.ศ. 2562 อยู่ที่ประมาณ 87,000 ล้านบาท และเพิ่มเป็น 145,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2565 (Royal Forest Department, n.d.) เห็นได้ว่า มูลค่าส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้มากกว่าการนำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์ไม้เกือบเท่าตัว จากข้อมูลอุตสาหกรรมไม้ซึ่มวล พบว่า ตลาดโลกมีแนวโน้มความต้องการเชื้อเพลิงไม้อัดเม็ด (wood pellet) เพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2563 ตลาดโลกมีความต้องการเชื้อเพลิงไม้อัดเม็ดอยู่ที่ประมาณ 25,000,000 เมตริกตัน และคาดว่าจะขยายตัวเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 33,000,000 เมตริกตันในปี พ.ศ. 2568 (Faculty of Forestry, 2019) จึงเป็นโอกาสในการส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจทั้งเพื่อสร้างรายได้เข้าประเทศและลดการสูญเสียเงินจากการนำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์ไม้จากต่างประเทศ

3) การขยายตัวของตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ สำหรับคาร์บอนเครดิต (carbon credit) หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดหรือกักเก็บไว้จากการดำเนินโครงการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ tCO₂eq (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2023) ในประเทศไทย คาร์บอนเครดิตจะได้รับการรับรองจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยโครงการคาร์บอนเครดิตมุ่งเน้นการลดหรือกักเก็บปริมาณก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบ เช่น โครงการปลูกต้นไม้ โครงการพลังงานหมุนเวียน โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โครงการจัดการขยะมูลฝอย และโครงการปรับปรุงดิน การจัดทำคาร์บอนเครดิตในประเทศไทยจะต้องดำเนินการผ่านโครงการ Thailand Voluntary Emissions Reduction (T-VER) ปัจจุบันมีภาคเอกชนได้หันมาสนใจโครงการ T-VER ภาคป่าไม้ โดยดำเนินการปลูกป่าในหลายรูปแบบ เช่น บนที่ดินกรรมสิทธิ์ของตนเอง การเช่าซื้อที่ดิน หรือการเช่าพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่รัฐบาลอนุญาตให้เอกชนสามารถปลูกสวนป่าได้ นอกจากนี้ ยังเข้าไปสนับสนุน

กิจกรรมการจัดทำโครงการ T-VER ในป่าชุมชนทั้งป่าบกและป่าชายเลน เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้จากป่าชุมชน มาชดเชยการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมของบริษัท การขายคาร์บอนเครดิตในภาคป่าไม้จะมีการซื้อขายคาร์บอนเครดิตระหว่างเอกชน หน่วยงานที่ดูแลพื้นที่ป่า และชุมชนตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งทำให้ตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ในส่วนเกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อยที่ปลูกไม้เศรษฐกิจยังมองเห็นโอกาสในการได้รับรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตแม้ว่าจะเป็นเพียงผลพลอยได้จากการปลูกต้นไม้ก็ตาม Kasikorn Research Center (2024) คาดว่าในช่วงระยะ 2 ปี (พ.ศ. 2567–2568) ปริมาณคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ของไทยมีศักยภาพที่จะขอรับรองได้ประมาณ 600,000–700,000 tCO₂eq หรือประมาณ 5 เท่าจากที่เคยได้รับการรับรองทั้งหมด

4) การส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนในภาคการเกษตร ที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการส่งเสริมการเกษตร เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ได้ดำเนินการส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วประเทศอย่างต่อเนื่อง ทั้งการทำเกษตรทฤษฎีใหม่ เกษตรผสมผสานในพื้นที่ไม่เหมาะสม และการส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้นและไม้มีค่าในพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อให้เกิดการพัฒนาภาคการเกษตรที่สมดุลและยั่งยืนทั้งในมิติเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Department of Agricultural Extension, 2023) จึงเป็นโอกาสหนึ่งในการขยายพื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่เกษตรกรรม

ความท้าทาย หรือ challenge หมายถึง สิ่งที่ต้องเอาชนะเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย เช่น ความท้าทายเชิงกลยุทธ์เป็นสิ่งที่จะต้องจัดการต้องเอาชนะเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย มีทั้งความท้าทายเชิงกลยุทธ์ภายในองค์กร และความท้าทายภายนอก อาจเกี่ยวกับความต้องการหรือความคาดหวังของผู้รับบริการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตบริการ หรือเทคโนโลยี ความเสี่ยงด้านการเงิน เศรษฐกิจ สังคม การเมือง และความเสี่ยงอื่น ๆ ในขณะที่ยังมีความท้าทายเชิงกลยุทธ์ภายใน อาจเกี่ยวกับความสามารถขององค์กรหรือทรัพยากรบุคคลและทรัพยากรอื่น ๆ (National Productivity Institute, 2009)

จากความหมายของความท้าทายที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงความท้าทายเชิงกลยุทธ์ในการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจ จะหมายถึง สิ่งที่ต้องจัดการที่รับผิดชอบต้องเอาชนะเพื่อให้

บรรลุเป้าหมาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับความต้องการหรือความคาดหวังจากผู้รับบริการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับไม้เศรษฐกิจทั้งระบบ ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ จนถึงปลายน้ำ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงด้านการผลิต การบริการ เทคโนโลยี ความเสี่ยงต่าง ๆ และความสามารถขององค์กรที่รับผิดชอบในการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจ

หากพิจารณาจากข้อมูลต่าง ๆ พบว่า รัฐได้กำหนดให้กรมป่าไม้เป็นหน่วยงานรับผิดชอบหลักในการดำเนินการตามนโยบายเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจ แต่การดำเนินงานที่ผ่านมาอาจยังไม่เกิดผลสัมฤทธิ์เท่าที่ควรมากนัก โดยในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2537–2566) กรมป่าไม้ได้มีโครงการส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจหลายโครงการ เช่น โครงการส่งเสริมการปลูกต้นไม้เพื่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โครงการส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ยางพาราและพื้นที่เกษตรกรรม โครงการส่งเสริมปลูกไม้โตเร็วเพื่อพลังงานทดแทน โครงการสนับสนุนการปลูกไม้เศรษฐกิจมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการรวมประมาณ 167,000 ราย พื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจประมาณ 1.7 ล้านไร่ (Royal Forest Department, n.d.) หรือเฉลี่ยปีละประมาณ 50,000 ไร่ เห็นได้ว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจที่กรมป่าไม้ส่งเสริมยังห่างไกลกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ประมาณ 16 ล้านไร่ภายใน 13 ปี หรือต้องเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 1.23 ล้านไร่ (หรือ 24.6 เท่าของพื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปีในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา) ซึ่งการดำเนินงานโดยหน่วยงานภาครัฐเป็นหลักที่ผ่านมาอาจมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ขาดทรัพยากร การสนับสนุนจากภาคเอกชน ความไม่พร้อมของพื้นที่ ทั้งนี้ ประเด็นความท้าทายของการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบ่งออกได้เป็น 4 ด้านหลัก ได้แก่

1) กฎหมายและการบริหารจัดการแบบครบวงจร

กฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้องกับไม้เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไม้ตลอดห่วงโซ่อุปทาน (supply chain) ไม่ว่าจะเป็นการปลูก การตัดไม้ การขนส่ง การแปรรูปไม้ โรงงานอุตสาหกรรมไม้ การส่งออก ถือเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณา แม้จะมีความพยายามในการปรับปรุงกันมาอย่างต่อเนื่องในหลายด้าน แต่ยังคงพบว่ามีหลายประเด็นที่เน้นการควบคุมมากกว่าส่งเสริม เช่น การกำหนดลักษณะโรงงานแปรรูปไม้ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดใน พรบ. โรงงานของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งไม่รองรับการแปรรูปไม้บนที่ดินเอกชนที่ไม่เป็นไม้หวงห้าม และไม่รองรับเครื่องจักรกลหลายประเภท เช่น เครื่องสับไม้เคลื่อนที่ (mobile chipper) และเครื่องเลื่อยเคลื่อนที่ (portable sawmill) ทำให้ไม่ชัดเจนว่าจะสามารถนำมาใช้งานได้อย่างไร นอกจากนี้ การพิจารณาอนุญาตและควบคุมโรงงานแปรรูปไม้ เช่น การขอตั้งโรงงานใหม่ การย้ายโรงงาน หรือการกำหนดชนิด ขนาด เลื่อยหรือแรงม้าเครื่องจักรที่ไม่รองรับเทคโนโลยีปัจจุบัน

ยังทำให้การปลูกไม้เศรษฐกิจไม่ได้รับการส่งเสริมอย่างเต็มที่ การกำหนดเขตควบคุมการแปรรูปไม้ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการแปรรูปไม้จากที่ดินเอกชน รวมถึงการจำกัดช่วงเวลาการทำงานของโรงงาน ซึ่งทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะหากโรงงานต้องการแปรรูปไม้เวลากลางคืนต้องขออนุญาตโดยมีเหตุจำเป็น ทั้งที่ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ไม่มีข้อจำกัดนี้ (Fast Growing Tree Business Association, 2023) หรือ มติ ครม. วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2503 ที่ห้ามมิให้บุคคลใดจัดตั้งโรงเลื่อยเพิ่มเติม ทำให้วัตถุดิบไม้ที่ได้จากการปลูกสร้างสวนป่าและไม้ในที่ดินกรรมสิทธิ์และสิทธิ์ครอบครองที่กฎหมายกำหนดให้ใช้ไม้หวงห้าม ซึ่งไม้กลุ่มนี้เป็นไม้สำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น สัก ยางนา แดง ประดู่ ตะเคียนทอง ไม่สามารถตั้งโรงงานแปรรูปไม้โดยใช้เครื่องจักรหรือโรงเลื่อยจักรเพื่อขายไม้แปรรูปได้ บางจังหวัดไม่มีโรงเลื่อยจักรที่สามารถเลื่อยไม้จากสวนป่า ไม้ในที่ดินกรรมสิทธิ์ และไม้ต่างประเทศ ทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายการขนส่งไม้เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ต้นทุนไม้สูงขึ้น (Forest Research and Development Office, n.d)

จากการศึกษาของ Olankitwanich (2016) เกี่ยวกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้และเครื่องเรือนในท้องที่จังหวัดปทุมธานี พบว่า สภาพปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินกิจการด้านระเบียบข้อกฎหมายและแนวทางปฏิบัติมีความสำคัญอยู่ในระดับมาก ทั้งเรื่องความซับซ้อนของขั้นตอนกระบวนการและระยะเวลาในการพิจารณา หรือจากการศึกษาของ Jarusang (2014) เกี่ยวกับปัจจัยที่สำคัญส่งผลต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือนจังหวัดนนทบุรี พบว่า หนึ่งในปัจจัยสำคัญ คือ กฎระเบียบและข้อบังคับของภาครัฐที่เกี่ยวข้อง หรือข้อเสนอแนะของ Phiwkhaw and Wongbandit (2022) จากการศึกษามาตรการทางกฎหมายในการส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจ กรณีศึกษาพื้นที่อำเภอเทพสถิต จังหวัดชัยภูมิ ได้เสนอว่าการบังคับใช้กฎหมายสำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาการใช้ประโยชน์ในการใช้ที่ดินของรัฐที่มีหลายประเภท ควรมีมาตรการในการแก้ไขปัญหา โดยการแก้ไขกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2484 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 หรือออกกฎกระทรวงใหม่เพื่อกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการ รวมถึงคุณสมบัติของผู้ประสงค์ปลูกป่าเศรษฐกิจในที่ดินของรัฐให้ชัดเจนเพื่อแก้ไขปัญหาค่าการบุกรุกป่าและเป็นการส่งเสริมให้ประชาชนปลูกป่าเศรษฐกิจ

เห็นได้ว่า ข้อจำกัดด้านกฎหมายและระเบียบข้อบังคับส่งผลให้การดำเนินงานในการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจเกิดความติดขัดและล่าช้า ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรและภาคเอกชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจะมียุทธศาสตร์และนโยบายระดับชาติที่สนับสนุนการปลูกไม้

เศรษฐกิจ แต่การนำไปสู่การปฏิบัติยังคงล่าช้าและขาดความชัดเจนในหลายด้าน โดยเฉพาะการขาดเจ้าภาพหลักที่จะผลักดันการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบบครบวงจร รวมถึงการขาดความร่วมมือที่มีประสิทธิภาพระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้การขับเคลื่อนของแผนการปลูกไม้เศรษฐกิจไม่สามารถเกิดขึ้นอย่างเต็มที่หรือทันกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Khlangsap, 2022)

2) ประสิทธิภาพของกลไกทางการเงิน การคลัง และตลาด ที่ผ่านมามีการสร้างแรงจูงใจด้วยมาตรการทางการเงิน การคลัง และตลาด เพื่อสนับสนุนการปลูกไม้เศรษฐกิจ เช่น โครงการใช้ไม้ยืนต้นเป็นหลักประกันทางธุรกิจ หรือโครงการเงินกู้ปลูกไม้เศรษฐกิจ พบว่า ยังมีผู้เข้าร่วมโครงการไม่มากนัก จากข้อมูลของ Department of Business Development (2025) รายงานว่า ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ได้รับไม้ยืนต้นเป็นหลักประกันแล้วจำนวน 1,520 ต้น วงเงินหลักประกันมากกว่า 10 ล้านบาท และจากสถิติของกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ในภาพรวม มีการจดทะเบียนรับไม้ยืนต้นเป็นหลักประกันแล้วจำนวน 167,302 ต้น วงเงินหลักประกันกว่า 185 ล้านบาท (ข้อมูล ณ 31 ธันวาคม 2567) นอกจากนี้ ข้อมูลจาก Thansettakij (2023) เกี่ยวกับโครงการสินเชื่อรักษป่าไม้ไทย ยั่งยืนของ ธ.ก.ส. เพื่อสนับสนุนการปลูกไม้เศรษฐกิจที่เริ่มตั้งแต่ 1 เมษายน พ.ศ. 2563 พบว่า วงเงินให้สินเชื่อที่ตั้งไว้รวม 2 หมื่นล้านบาท มีผู้มาขอกู้เงินจำนวน 315.71 ล้านบาท (ข้อมูล ณ 31 สิงหาคม 2565) หรือโครงการคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ที่กำลังได้รับความสนใจกันมาก แต่มีต้นทุนการประเมินคาร์บอนค่อนข้างสูงมากและระยะเวลาดำเนินการโดยเฉลี่ยที่นาน จึงเป็นอุปสรรคสำหรับผู้ต้องการพัฒนาโครงการคาร์บอนเครดิต โดยเฉพาะเกษตรกรหรือผู้พัฒนาโครงการรายย่อย หรือชุมชนที่มีงบประมาณน้อย (Leenoi, 2023) นอกจากนี้ ตลาดกลางรับซื้อไม้ที่สามารถสร้างความมั่นใจด้านราคาและตลาดให้กับเกษตรกรมากขึ้นยังไม่ได้มีการพัฒนาให้เกิดขึ้นจริง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเห็นโอกาสในการขายไม้ได้อย่างมั่นคง ปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงอุปสรรคในการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจในระดับเกษตรกรรายย่อยซึ่งต้องการการสนับสนุนในด้านเงินทุน การเข้าร่วมโครงการและตลาดรับซื้อไม้ที่จะสร้างความมั่นใจและดึงดูดให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการต่าง ๆ ได้มากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Glover *et al.* (2013) อ้างถึงใน Ruangchai A. (n.d.) ที่ว่าเกษตรกรจะไม่ตัดสินใจเปลี่ยนระบบการผลิตในที่ดินของตนเองเว้นแต่ว่าจะมีความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด นอกจากนี้ ความแตกต่างในกลไกการส่งเสริมทางการเงินระหว่างไม้เศรษฐกิจและพืชเกษตร โดยภาครัฐจะมีโครงการสนับสนุนทาง

การเงิน เช่น การรับจำนำพืชผลการเกษตร การประกันราคา การสนับสนุนปัจจัยการผลิต และสินเชื่อการเกษตรสำหรับพืชเกษตร ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้ แต่สำหรับการปลูกไม้เศรษฐกิจที่ต้องลงทุนระยะยาวอย่างน้อย 3-4 ปีขึ้นไป เกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่มีทุนไม่มากอาจไม่กล้าลงทุน ดังนั้น การขาดแคลนแรงจูงใจทางการเงิน และระยะเวลาการลงทุนที่ยาวนานเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อยไม่กล้าลงทุนในการปลูกไม้เศรษฐกิจ ซึ่งต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐในด้านการเงินและมาตรการที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ

3) ความพร้อมของพื้นที่รองรับการส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจ การเตรียมความพร้อมของพื้นที่เพื่อรองรับการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจอีกประมาณ 16 ล้านไร่ภายในปี พ.ศ. 2580 นับว่าเป็นเรื่องสำคัญ แต่ในปัจจุบัน พบว่า การกำหนดพื้นที่ส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจในที่ดินประเภทต่าง ๆ เช่น ที่ดินกรรมสิทธิ์ พื้นที่ ส.ป.ก. พื้นที่ ค.ท.ช. และพื้นที่ป่าไม้ถาวร เป็นเพียงภาพรวมระดับประเทศยังที่ไม่มีความชัดเจนในระดับพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถวางแผนและติดตามประเมินผลได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย นอกจากนี้ ยังขาดการกำหนดเขตพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ในแต่ละภูมิภาค ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ควรส่งเสริมการลงทุนในด้านไม้เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไม้เพื่อให้สามารถบริหารจัดการวัตถุดิบไม้และตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถสร้างอุตสาหกรรมไม้แบบครบวงจร ซึ่งจะช่วยให้สามารถพัฒนาและขับเคลื่อนอุตสาหกรรมไม้เศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน ดังนั้น ความชัดเจนในการจัดการพื้นที่และการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้เศรษฐกิจในระดับภูมิภาคจึงถือเป็นความท้าทายอีกประการหนึ่ง

4) การพัฒนาด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม และมาตรฐานด้านป่าไม้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านไม้เศรษฐกิจจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อยกระดับขีดความสามารถการแข่งขันได้ทั้งตลาดภายในประเทศและระดับสากลอย่างครบวงจร โดยครอบคลุมตั้งแต่การปลูกสร้างสวนป่า เช่น การปรับปรุงพันธุ์ การปลูกและการจัดการสวนป่า รวมถึงการใช้ประโยชน์ไม้และการเพิ่มมูลค่าไม้ เช่น การรักษาและยืดอายุเนื้อไม้ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากไม้ นาโนเซลลูโลส การใช้ไม้สำหรับพลังงาน เช่น ถ่านคุณภาพสูง เชื้อเพลิงอัดเม็ด น้ำมันเชื้อเพลิงจากไม้ นอกจากนี้ ยังรวมถึงการใช้เครื่องจักรกลในสวนป่าและอุตสาหกรรมไม้ ระบบป่าไม้แม่นยำ และการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไม้ ในด้านคาร์บอนเครดิต ต้องมีการพัฒนาระเบียบวิธีการและเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพใน

การประเมินโครงการภาคป่าไม้ (T-VER) เช่น พัฒนาระเบียบวิธีการที่เหมาะสมกับกิจกรรมเฉพาะ หรือเครื่องมือคำนวณที่รองรับการประเมินโครงการภาคป่าไม้ที่มีอยู่ นอกจากนี้ ยังต้องมีการพัฒนาเครื่องมือหรือแนวทางประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อประเมินการเติบโตของหมู่ไม้หรือมวลชีวภาพของต้นไม้โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศ รวมถึงการพัฒนาเครื่องมือด้านเศรษฐศาสตร์และการเงินเพื่อสร้างแรงจูงใจในการลดก๊าซเรือนกระจกภาคป่าไม้ (Faculty of Forestry, 2022)

Khlangsap (2022) ได้กล่าวว่า เทคโนโลยีและนวัตกรรมอุตสาหกรรมไม่มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ รวมทั้งช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น สายพันธุ์ไม้ การจัดการสวนป่า การผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ แต่ยังไม่สามารถสร้างความได้เปรียบเทียบด้านการแข่งขันเท่าที่ควร โดยเฉพาะกลุ่มผู้ประกอบการรายย่อยหรือวิสาหกิจชุมชนที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมไปใช้ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับไม้เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไม้ยังไม่ได้มีการพัฒนาหรือพัฒนาช้า หรือมีแล้วแต่ยังมีการนำไปใช้น้อย เช่น มาตรฐานกล้าไม้ที่ยังไม่มี มาตรฐานไม้ล้อมที่จัดทำขึ้นยังไม่ถึงมาตรฐานระดับชาติ สวนป่าที่ผ่านการรับรองการจัดการป่าไม้ยังยืนยันมีจำนวนน้อย และมาตรฐานการสร้างอาคารไม้ยังไม่มี การปรับปรุงข้อบังคับอาคาร (building code)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การส่งเสริมไม้เศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนความเป็นกลางทางคาร์บอนนั้น ไม้เศรษฐกิจมีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีประสิทธิภาพหากมีการจัดการตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง โดยการนำไม้ที่ปลูกไปใช้เป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์จากไม้ จะเป็นการช่วยเก็บคาร์บอนที่ถูกดูดซับจากต้นไม้ไว้ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม เป้าหมายการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจอีก 16 ล้านไร่ ภายในปี พ.ศ. 2580 ไม่ใช่เรื่องง่าย แม้จะมีหลายปัจจัยที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการบรรลุเป้าหมาย ได้แก่ นโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติ การเติบโตของธุรกิจและอุตสาหกรรมไม้ การขยายตัวของตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตภาคป่าไม้ และการส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนในภาคการเกษตร แต่ก็ยังมีความท้าทายอีกหลายประการทั้งในด้านกฎหมายและการบริหารจัดการแบบครบวงจร ประสิทธิภาพของกลไกทางการเงิน การคลัง และตลาด ความพร้อมของพื้นที่รองรับการปลูกไม้เศรษฐกิจ รวมถึงเทคโนโลยี นวัตกรรม และมาตรฐานด้านป่าไม้

ดังนั้น ข้อเสนอแนะสำหรับการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนความเป็นกลางทางคาร์บอนให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

จำเป็นต้องให้ภาคเอกชนและประชาชน (รวมถึงเกษตรกร) มีบทบาทมากยิ่งขึ้นในการเพิ่มพื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจ โดยควรดำเนินการตามแนวทางสำคัญ 6 ประการ ดังนี้

1) การกำหนดพื้นที่ส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจระดับจังหวัด ภาครัฐควรเร่งกำหนดพื้นที่ส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจในระดับจังหวัดให้มีความชัดเจน โดยพิจารณากำหนดพื้นที่เป้าหมายในแต่ละจังหวัด รวมถึงการเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่และศักยภาพด้านตลาด อีกทั้งควรศึกษาความเป็นไปในการจัดตั้งเขตเศรษฐกิจพิเศษอุตสาหกรรมไม้ในภูมิภาคต่าง ๆ ที่อาจครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัดตามศักยภาพ เช่น เขตเศรษฐกิจพิเศษอุตสาหกรรมไม้สักภาคเหนือ ซึ่งอาจทำเป็นพื้นที่นำร่องก่อนขยายผลไปยังภูมิภาคอื่น ๆ เพื่อให้สามารถกำหนดกลไกส่งเสริมและสนับสนุนที่เหมาะสมสอดคล้องกับบริบทของพื้นที่แต่ละจังหวัดหรือแต่ละภูมิภาค ทั้งในเรื่องมาตรการทางกฎหมาย การเงิน การลงทุน และการตลาด ซึ่งจะช่วยให้สามารถวางแผนติดตามและประเมินผลการเพิ่มพื้นที่ปลูกไม้เศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การส่งเสริมการรวมกลุ่มปลูกไม้เศรษฐกิจแปลงใหญ่ สำหรับเกษตรกรไทยที่ส่วนใหญ่ถือครองที่ดินการเกษตรขนาดเล็ก ซึ่งอาจไม่คุ้มค่ากับการลงทุนปลูกไม้เศรษฐกิจเพื่อการค้าเพียงอย่างเดียว การรวมกลุ่มปลูกไม้เศรษฐกิจแปลงใหญ่ จะช่วยให้เกษตรกรร่วมกันผลิตและบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถหาปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพและราคาถูกรวมถึงการใช้นโยบายที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถจัดการด้านการตลาดเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขัน โดยมีหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และเครือข่ายภาคีที่เกี่ยวข้องให้การสนับสนุน ทั้งนี้ ควรมีการถอดบทเรียนโครงการเกษตรแปลงใหญ่ที่เคยมีการดำเนินงานมาแล้ว เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในด้าน การปลูกไม้เศรษฐกิจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและการจัดการ ในขณะที่ควรส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจแบบวนเกษตร (agroforestry) โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรายย่อยที่มีข้อจำกัดด้านที่ดินและเงินทุน โดยภาครัฐต้องสนับสนุนองค์ความรู้ เทคโนโลยี ปัจจัยการผลิต และแรงจูงใจทางการเงินที่เหมาะสมในช่วงแรกให้กับเกษตรกรที่ปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตมาเป็นวนเกษตร ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตไม้เศรษฐกิจในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน

3) การพัฒนากลไกทางการเงิน การคลัง และตลาด นอกจากภาครัฐต้องเพิ่มประสิทธิภาพมาตรการแรงจูงใจด้านการเงิน การคลัง และตลาดที่มีอยู่เดิมแล้ว ยังจำเป็นต้องสร้างและพัฒนากลไกทางการเงิน การคลัง และตลาดใหม่ ๆ เพื่อเสริมสร้างความยั่งยืน เช่น การจัดตั้งกองทุนส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจและกองทุนส่งเสริมอุตสาหกรรมไม้ การจัดตั้ง

กองทุนสนับสนุนเกษตรกรรายย่อยเข้าโครงการคาร์บอนเครดิต การพัฒนาระบบประกันภัยไม้ปลูก การลดหย่อนภาษีสำหรับผู้ลงทุนในธุรกิจปลูกไม้เศรษฐกิจ การจัดตั้งตลาดกลางรับซื้อไม้ หรือการสร้างแพลตฟอร์มตลาดซื้อขายไม้ล่วงหน้า ซึ่งจะช่วยให้มีช่องทางการขายไม้ที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมไม้ นอกจากนี้ ภาครัฐควรส่งเสริมการใช้ไม้จากป่าปลูกภายในประเทศให้มากยิ่งขึ้น โดยกำหนดให้โครงการก่อสร้างอาคารของหน่วยงานภาครัฐและรัฐวิสาหกิจต้องใช้ไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10–20 รวมถึงการส่งเสริมโครงการบ้านไม้ การพัฒนาเมืองไม้ (wood city) เพื่อตอบสนองทั้งจากความต้องการของตลาดและการผลิตไม้ในระยะยาว

4) การใช้หลักการ “ตลาดนำ นวัตกรรมเสริม”

ซึ่งควรดำเนินการเช่นเดียวกับนโยบายด้านการเกษตรของภาครัฐในปัจจุบัน เพื่อตอบโจทย์เกษตรกรที่ปลูกไม้เศรษฐกิจในคำถาม “ปลูกแล้วขายใคร” โดยในขณะที่ตลาดไม้ต้องการ “ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณเพียงพอ” จึงต้องมีการบริหารจัดการผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อความสมดุลทางการตลาด ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกไม้ เพิ่มมูลค่าไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ และเชื่อมโยงการผลิตกับการตลาดระหว่างภาครัฐและเอกชน ดังนั้น ตลาดปัจจุบันและตลาดอนาคตจึงจำเป็นต้องคาดการณ์อย่างแม่นยำ เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถปรับตัวด้านการผลิตและการค้าให้ตรงกับความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งจะต้องอาศัยองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และสร้างผลผลิตไม้หรือผลิตภัณฑ์จากไม้ที่มีคุณภาพ เช่น การปรับปรุงพันธุ์ไม้ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน เทคโนโลยีการแปรรูปไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าเพื่อการซื้อขายคาร์บอนเครดิต เทคโนโลยีการผลิตไม้เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างและวัสดุก่อสร้าง เทคโนโลยีการผลิตไม้เพื่อพลังงานจากชีวมวล รวมถึงการสร้างแพลตฟอร์มตลาดไม้ดิจิทัล

5) การตรากฎหมายส่งเสริมไม้เศรษฐกิจนอกเขตป่า

แบบครบวงจร การทบทวนและแก้ไขกฎหมายและระเบียบต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคกับการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบบครบวงจรที่ครอบคลุมทั้งการปลูก การจัดการ การทำไม้ การแปรรูปไม้ และการตลาด โดยเฉพาะกับไม้เศรษฐกิจที่ปลูกนอกเขตพื้นที่ป่า (tree outside forest) ที่ควรจะส่งเสริมให้สามารถแข่งขันกับพืชเกษตรเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้อย่างเต็มศักยภาพ เช่น พ.ร.บ. สวนป่า พ.ศ. 2535 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2558 ที่ควรยกเลิกบัญชีไม้แนบท้ายที่มีเพียง 58 รายการ เพื่อให้ไม้ทุกชนิดที่ปลูกสามารถขอขึ้นทะเบียนสวนป่าได้ หรือ มติ ครม. วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2503

ที่ห้ามมิให้บุคคลใดจัดตั้งโรงเลื่อยเพิ่มเติม ซึ่งควรแก้ไขให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่มีวัตถุดิบไม้ที่ได้จากการปลูกสร้างสวนป่าและไม้ในที่ดินกรรมสิทธิ์สามารถจัดตั้งโรงงานแปรรูปไม้โดยใช้เครื่องจักรหรือโรงเลื่อยจักรเพื่อขายไม้แปรรูปได้ เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งและเกษตรกรขายไม้ได้ราคาสูงขึ้น นอกจากนี้ ควรยกเลิกเขตควบคุมการแปรรูปไม้จากไม้ปลูก หรือการทบทวนค่านิยามโรงงานแปรรูปไม้ให้มีความชัดเจนสอดคล้องกับความก้าวหน้าของเครื่องจักรกลด้านป่าไม้

ทั้งนี้ หากพบว่า การแก้ไขกฎหมายและระเบียบต่าง ๆ ยังมีความยุ่งยาก เนื่องจากอาจกระทบกับกฎหมายหรือระเบียบอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกัน และกระบวนการแก้ไขกฎหมายอาจใช้เวลานานกว่าการมีกฎหมายขึ้นมาใหม่ ด้วยเหตุนี้ อาจจำเป็นต้องมีการตรากฎหมายที่ส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจในลักษณะเฉพาะ ซึ่งจะทำให้มีกลไกและมาตรการที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรมในการส่งเสริมและสนับสนุนไม้เศรษฐกิจและอุตสาหกรรมไม้อย่างครบวงจร และสามารถสร้างความมั่นคงและยั่งยืนในระยะยาวได้

6) การสร้างกลไกขับเคลื่อนการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจระดับชาติ เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรม ควรเร่งบูรณาการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชน องค์กรเกษตรกร ภาคประชาสังคม และเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดตั้งคณะกรรมการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจระดับชาติ ซึ่งจะเป็กลไกสำคัญในการขับเคลื่อนและกำหนดทิศทางการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

REFERENCES

- Department of Agricultural Extension. 2023. **Sustainable Thai Agriculture: Collaboratively Promoting the Planting of Perennial Trees and Valuable Timber in Agricultural Areas.** <https://doanews.doae.go.th/archives/18418>, 15 February 2025. (in Thai)
- Department of Business Development. 2025. **Press Release: The Department of Business Development Promotes the Use of Trees as Business Collateral.** Ministry of Commerce, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Faculty of Forestry. 2011. **Handbook on the Potential of Trees for Promotion under the Clean Development Mechanism.** Aksornsiam Ltd., Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Faculty of Forestry. 2019. **Final Report of the Project to Develop Strategies and Plans for the**

- Promotion of Integrated Economic Trees (2018–2036). Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Faculty of Forestry. 2022. **Proposal to Strengthen the Role of the Forestry Sector Towards Carbon Neutrality**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Fast Growing Tree Business Association. 2023. **The Issue of Asking the Royal Forest Department to Revise Regulations Regarding the Wood Processing Industry**. Fast Growing Tree Business Association, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Research and Development Office. n.d. **Summary of Legal Issues that Should be Amended or Revised to Promote the Wood Industry of Thailand**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Himmaman, W., Yoneda, R., Tedsorn, N. 2018. **Table of Dry Weight, Carbon Stock and CO₂ Absorption in Teak Plantation in Thailand**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- IPPC. 2006. **IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Jarusang, W. 2014. **Wooden Furniture Industry of Nonthaburi Province**. Provincial Natural Resources and Environment Office, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Natural Resources and Environment, Nonthaburi, Thailand. (in Thai)
- Jintrawet, A. 2004. **Carbon Accumulation**. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Kasikorn Research Center. 2024. **Carbon Credits in the Forestry Sector Ultimate Solution for Net Zero**. <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/business/Pages/forest-carbon-credit.aspx>, 3 August 2024. (in Thai)
- Khlangsap, N. 2022. How to transform the wood industry? Reflect on problems and driving directions. **Journal of the Forestry Alumni Association**, 18(1): 96–104. (in Thai)
- Koonnathamdee, P. 2021. **Opportunities for Developing the Thai Economy Using by Wood and Forest**. <https://www.thaipost.net/main/detail/103407>, 12 December 2024. (in Thai)
- Leenoi, P. 2023. **Carbon Credit Mechanism: A Strategy to Achieve Sustainability Goals**. <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/carbon-credit-2023>, 16 February 2025. (in Thai)
- National Productivity Institute. 2009. **Criteria for the National Quality Award for Organizational Excellence 2009**. National Productivity Institute, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nitichaowakul, T. 2022. SWOT Analysis with statistics. **SWOT analysis with statistics. Quality of Life and Law Journal**, 18(1): 108–120.
- Olankitwanich, A. 2016. **Wood Products and Furniture Industry in Pathum Thani Province**. Nonthaburi Provincial Natural Resources and Environment Office, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Natural Resources and Environment, Ministry of Natural Resources and Environment, Nonthaburi, Thailand. (in Thai)
- Phumijumnong, N. 2004. Carbon sink in forest sector and LULUCF under the Kyoto Protocol, pp.1–16. In: **Proceeding of the Climate Change on the Forest “Forest and Climate Change” Conference**. 16–17 August 2004. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Pinthong, A., Visarat, T., Hutasangchai, C., Muenphong, P., Diloksampun S. 2017. Estimation of core and carbon storage of rosewood at Moosi Forestry Research Station. Nakhon Ratchasima province. **Thai Forestry Journal**, 36 (2): 46–54.
- Phiwkhaw, P., Wongbandit A. 2022. Case study of legal measures to promote the reforestation of economic woods in Thep Sathit district

- Chaiyaphum province. **Rajapark Journal**, 16(45): 171–183.
- Poosaksai, P., Diloksampun S., Poonsiri, R., Chantachot C. 2018. Biomass and carbon storage of 4 types of forest plants at the Forest Research Station. Prachuap Khiri Khan Prachuap Khiri Khan province. **Thai Forestry Journal**, 37(2): 13–26.
- Royal Forest Department. n.d. **Document Presenting the Concept of Establishing a National Economic Timber Promotion Committee (Duplicate Document)**. Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2019. **Handbook of Economic Tree Planting**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ruangchai, A. n.d. **Factors Influencing the Decision to Plant Economically Valuable Trees of Farmers in Manchakhiri District, Khon Kaen Province**. http://www.mpa-mba.ru.ac.th/images/Project/konkean01_26052022/6227951826.pdf, 5 July 2024. (in Thai)
- Ruangpanit, N. 2013. **Forests and Forestry in Thailand**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Thai Senate. 2022. **Questions from Senators. Report of the 18th Thai Senate Meeting (1st Annual Ordinary Session)**. Bangkok. (in Thai)
- Tangkit, K., Lamaisie, W., Premashthira, A., Laemsak, N. 2024. **Eucalyptus Timber Management Value Chain for a Green Economy**. Poster presentation at the academic seminar "National Economic Tree Drive" on June 24, 2024, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tangmitcharoen. S. 2022. Policy to promote economic trees. In: **Report of the 17th National Science and Technology Development Agency Annual Academic Conference**. National Science and Technology Development Agency, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization. 2023. **What are "Carbon Credits" and How are they Different from "Rights to Emit Greenhouse gases"?** <https://www.tgo.or.th/2023/index.php/th/post/> 16 November 2024 (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization. n.d. **T-VER-TOOL-FOR/AGR-01 Calculation for Carbon Storage of Trees**. <https://ghgreduction.tgo.or.th/th/tver-method/tver-tool/for-agr/download/10096/3451/27.html>, 10 February 2025. (in Thai)
- Thansettakij. 2023. **BAAC Pushes BCG Loan to Support Reforestation with a Total Loan Disbursement of Nearly 8 Billion Baht**. <https://www.thansettakij.com/sustainable/zero-carbon/556515>, 14 February 2025. (in Thai)
- Thongprasert, S., Thongprasert, M. 2009. Collection and quarantine. **Journal Engineering Today** 7(78): 50–52.
- Wanwiset, W. 2024. **Action Guidelines to Reach Carbon Neutrality and Greenhouse Gas Emissions Targets Net Zero Emissions of Thailand**. https://www.senate.go.th/assets/portals/1/news/14986/2_14986.pdf, 15 October 2024. (in Thai)

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวนศาสตร์ไทย

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf>

วารสารวนศาสตร์ไทย เป็นวารสารทางวิชาการป่าไม้ จัดทำโดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดพิมพ์เผยแพร่ทุก 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) วัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางป่าไม้สาขาต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวารสารนี้มีการเผยแพร่ไปยังห้องสมุดของสถาบันและหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) **นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง (2) **บทความวิจัยสั้น (short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่า และ (3) **บทวิจารณ์ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจสอบเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็่นนิพนธ์ต้นฉบับ และบทความวิจัยสั้น จะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทย ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 20 หน้า กระดาษ A4 จัดรูปแบบกั้นหน้ากระดาษบน ล่าง ซ้าย และขวา ขนาด 1 นิ้ว หรือ 2.54 เซนติเมตร

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14 สำหรับภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ
2. หัวข้อหลักใช้ ขนาด 18 ตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ถ้าเรื่องที่เขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น ABSTRACT INTRODUCTION REFERENCES เป็นต้น
3. หัวข้อย่อยแรก ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย ขนาด 16 และในหัวข้อย่อยถัดไปให้ใส่ย่อหน้า 1 Tab พร้อมทั้งใช้ตัวอักษร ตัวหนา ขนาด 14
4. ใส่หมายเลขหน้า มุมขวา ด้านบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (นับต่อเนื่องจากหน้าแรกจนถึงหน้าสุดท้าย)
6. รายละเอียดใน Table และ Figure เป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุเพศ ยศ ตำแหน่ง
3. **สถานที่ทำงานของผู้เขียน** ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่านทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุที่อยู่ติดต่อได้ของผู้เขียน โดยระบุชื่อหน่วยงาน สถานที่ทำงาน เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์ และ Corresponding Author E-mail

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน ได้แก่ ที่มาและปัญหาวิจัย วัตถุประสงค์ วิธีการ การค้นพบสำคัญ และสรุป โดยมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (ABSTRACT) ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย

2. คำนำ อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี) การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงในเนื้อหา เช่น

กรณีผู้แต่ง 1 คน	Iberdrola (2022) ...	... (Iberdrola, 2022)
กรณีผู้แต่ง 2 คน	Cortines and Valcarcel (2009) ...	... (Cortines and Valcarcel, 2009)
กรณีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน	Karthikeyan <i>et al.</i> (2021)	... (Karthikeyan <i>et al.</i> , 2021)

หากมีการอ้างอิงหลายฉบับพร้อมกัน ให้เรียงจากปีที่ตีพิมพ์ก่อนไปปีที่ตีพิมพ์หลังสุด เช่น ... (Cortines and Valcarcel, 2009; Karthikeyan *et al.*, 2021; Akoto *et al.*, 2023)

3. อุปกรณ์และวิธีการ ในส่วนหัวข้อต้องประกอบไปการบรรยายหรือรูปภาพเกี่ยวกับพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาของท่านเขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990) เป็นต้น

4. ผลและวิจารณ์ ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน ภาพและตาราง ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลสำคัญและจำเป็น แทรกภาพและตารางตามลำดับในเนื้อหา โดยใช้คำว่า Figure ในการอ้างอิงภาพและใช้คำว่า Table ในการอ้างอิงตาราง

5. สรุปและข้อเสนอแนะ ให้กระชับ ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

6. คำนิยม แห่ลงทุน หน่วยงาน บุคคลหรือสถานที่ในการให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาของท่านไม่ควรเกิน 50 คำ

7. REFERENCES หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียน REFERENCES เรียงเรียงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมดในกรณีเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

กรณีบทวิจารณ์ (review article) อาจปรับเปลี่ยนหัวข้อให้เหมาะสมแต่อย่างน้อยควรมี คำนำ สรุปและข้อเสนอแนะ และเอกสารอ้างอิง

ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้

1) การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system

2) การเรียงลำดับ REFERENCES เรียงตามลำดับตัวอักษร เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง

3) การเขียน REFERENCES (ตัวอย่างการเขียนแสดงด้านล่าง)

- การเขียนให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริง และ/หรือชื่อย่อกลางทุกคนตามลำดับ

- เอกสารภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริงและชื่อย่อกลาง (ถ้ามี) ของทุกคนตามลำดับ เช่น Palma, C.E., Mamon, S.J.B., Rubin, K.N.D. 2009. ส่วนเอกสารอ้างอิงภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและทำการอ้างอิงเหมือนเอกสารภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บด้านหลังว่า (in Thai)

- เอกสารอ้างอิงประเภทหนังสือที่ตีพิมพ์ครั้งแรกไม่ต้องระบุครั้งที่พิมพ์
- วารสารวิชาการให้ใช้ชื่อเต็มของวารสาร
- เอกสารอ้างอิงประเภทเว็บไซต์ต้องระบุวัน เดือน ปี ที่สืบค้นข้อมูล

4) การเขียนหน่วยให้ใช้หน่วยวัดสากล (International System of Units, SI Unit) เช่น พื้นที่ใช้เฮกตาร์ (ha) ตารางเซนติเมตร (cm²) ตารางเมตร (m²) หรือตารางกิโลเมตร (km²) เป็นต้น หน่วยระยะทาง ความกว้าง ความสูง และความยาวใช้มิลลิเมตร (mm) เซนติเมตร (cm) เมตร (m) หรือกิโลเมตร (km) และมาตรการตวงใช้หน่วยเมตริก เช่น กรัม (g) กิโลกรัม (kg) ตัน (ton) เป็นต้น

ตัวอย่างการเขียน REFERENCES

บทความในวารสาร

รูปแบบ: กรณียบทความไม่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ.

Blanchard, M.G., Runkle, E.S. 2006. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. **Journal of Experimental Botany**, 57: 4043–4049.

Pozsgai, G., Littlewood, N.A. 2014. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) population declines and phenological changes: Is there a connection? **Ecological Indicators**, 41: 15–24.

Seekhiew, A., Tasen, W., Teejuntuk, S. 2020. Ground dwelling insect community in limestone mining rehabilitation area, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 1–10. (in Thai)

วารสารอิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: กรณียบทความที่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ. doi.org/xxx หรือ doi: 10.xxx

Arakawa, T., Timasheff, S.N. 1982. Stabilization of protein structure by sugars. **Biochemistry**, 21: 6536–6544. doi.org/10.1021/bi00268a033

Ounban, W., Puangchit, L., Diloksumpun, S. 2016. Development of general biomass allometric equations for *Tectona grandis* Linn.f. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantations in Thailand.

Agriculture and Natural Resources, 50(1): 48–53. doi:10.1016/j.anres.2015.08.001.

Spitz, D., Hunter, S. 2005. Contested code: The social construction of Napster. **Inform. Soc.**, 21: 169–180. doi: 10.1080/01972240490951890

หนังสือ

รูปแบบ: กรณียหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Subinprasert, S. 2003. **Insect Biology**. Ramkhamhaeng University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

รูปแบบ: หนังสือที่พิมพ์หลายครั้ง

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Strunk, Jr.W., White, E.B. 1979. **The Elements of Style**, 3rd ed. Macmillan. New York, NY, USA.

รูปแบบ: บทความในหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. In: นามสกุล, ชื่อย่อ (Ed. หรือ Eds.). **ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X**. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ, pp. xx-xx. (in Thai)

Loth, G.R., Hemgesberg, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). **Introduction to the Electronic Age**. E-Publishing Inc. New York, USA. pp. 281-304.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

รูปแบบ: รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. In: **ชื่อรายงานการประชุม**. สถานที่, จังหวัด, ประเทศ, pp. xx-xx.

Liu, C., Peng, D., Yang, Y. 2010. Anti-oxidative and anti-aging activities of collagen hydrolysate. In: **Proceedings of 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics**. Yantai, China, pp. 1981-1985.

Mettam, G.R., Adams, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). **Introduction to the Electronic Age**. E-Publishing Inc. New York, NY, USA, pp. 281-304.

วิทยานิพนธ์

รูปแบบ: วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท/เอก, ชื่อมหาวิทยาลัย, จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Isnaeni, N.F. 2007. **Product Formulation of Pure Instant Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam] as One of Staple Food Diversification**. M.S. Thesis, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.

Jundang, W. 2010. **Evaluation of Carbon Sequestration in Dry Dipterocarp Forest and Eucalypt Plantation at Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (เว็บไซต์)

รูปแบบ: เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่เผยแพร่. ชื่อเรื่อง. <http://xxx>, วัน เดือน ปี ที่สืบค้น.

Sillery, B. 1998. Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side. **Popular Science**. <http://epnet.com/hosttrial/login.htm/>, 27 March 1998.

The Thai Tapioca Development Institute. 2019. Harvested Area and Production, Past Years. http://tapiocathai.org/English/L1_e.html, 5 September 2021.

ข้อแนะนำในการใช้ภาษา

1. ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานและประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
2. การใช้ศัพท์บัญญัติทางวิชาการ ควรใช้ควบคู่กับศัพท์ภาษาอังกฤษ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
3. การใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ให้ใช้ควบคู่กับชื่อสามัญในครั้งแรกที่ปรากฏ
4. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร

5. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
6. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณากลั่นกรองบทความ (peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวนศาสตร์ไทย รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่น่าสนใจ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ (reviewer) จำนวน 3 ท่าน ในแต่ละสาขาทำการพิจารณากลั่นกรอง (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้เชี่ยวชาญจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงเชี่ยวชาญจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอมรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาบทความบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

บทความที่ได้รับการยอมรับ (accepted manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความนั้น

บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนจัดส่งรายละเอียดดังนี้

1. ต้นฉบับ (manuscript) 1 ชุด ในรูป ในแบบฟอร์มที่กำหนด
2. แบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด ในรูป Microsoft Office Word หรือ PDF file
3. ไฟล์ภาพต้นฉบับที่สามารถปรับแก้ไขได้

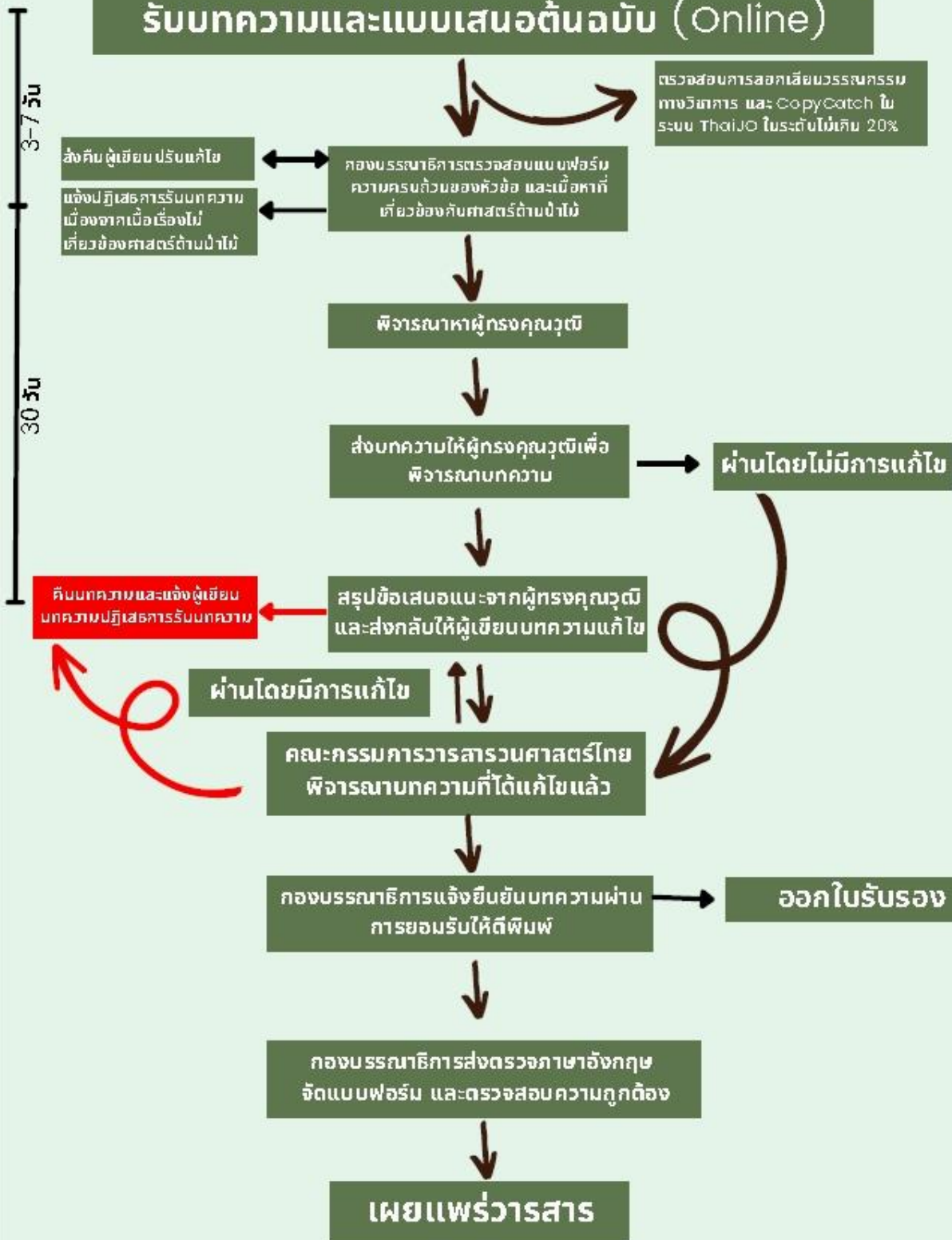
ดาวน์โหลดแบบฟอร์มแบบเสนอต้นฉบับได้ที่ <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/SubmissionForm> ส่งทุกไฟล์ผ่านระบบ ThaiJO (Thai Journal Online) <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf> สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมที่ กองบรรณาธิการ วารสารวนศาสตร์ไทย ศูนย์วิจัยป่าไม้ ชั้น 5 อาคารวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 02-5614761

หมายเหตุ

1. เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อเสนอแนะจะไม่ได้รับการพิจารณา
2. ทางวารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ
3. บทความที่ท่านส่งเข้าระบบต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์มาก่อนหรืออยู่ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในการพิจารณาจากวารสารของทั้งในระบบ ThaiJO หรือระบบอื่น ๆ หากทางเราตรวจพบเจอบทความดังกล่าวได้ถูกตีพิมพ์ซ้ำหรือคัดลอกมาจากที่อื่นโดยไม่มีการอ้างอิงบทความของท่านจะถูกปฏิเสธการตีพิมพ์หรือถูกถอดออกจากระบบทันที

กระบวนการพิจารณาบทความวารสารวิทยาศาสตร์ไทย

รับบทความและแบบเสนอต้นฉบับ (Online)





Original article

Clonal Variations of <i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth. Hybrid at Silvicultural Research Center 6 (Nakhon Ratchasima)	1
<i>Ananya Choichu, Sapit Diloksumpun, Somporn Maelim and Duriya Staporn</i>	
Plant Diversity in Nam Liab Watershed Management Unit, Thung Chang District, Nan Province, Thailand	17
<i>Danunan Rigan, Thanakorn Lattirasuvan, Piyapit Khonkaen and Teeka Yotapakdee</i>	
Species Diversity and Biomass of Mangrove Tree at Khlong Kam Phuan in Ranong Province	27
<i>Arun Pandaeng, Yongyut Trisurat and Chakrit Na takuathung</i>	
Classification of Recreation Opportunity Spectrum of National Parks in Tak Province	44
<i>Chantida Nankeang, Noppawan Tanakanjana Phongkhieo and Supattra Thueksathit</i>	
Species Diversity, Status of Plants and Assessment of their Above Ground Biomass as Carbon Stock at Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province	57
<i>Arissara Tunnaket, Wanida Panya, Witchaphart Sungpalee, Chuthamat Atnaseo and Sutheera Hermhuk</i>	
Application of Antecedent Precipitation Index and Topography Factor for Landslide Risk Area Assessment in Huai Mae U-Mong Luang Sub-watershed, Mae Hong Son Province, Thailand	68
<i>Chidchanok Prabtook, Piyapong Tongdeenok and Naruemol Kaewjampa</i>	
Recreation Value of Tham Luang-Khun Nam Nang Non National Park, Chiang Rai Province	85
<i>Ingon Sirawong, Santi Suksard and Apichart Pattaratuma</i>	
Ground-Dwelling Insect Diversity in Highland Reforestation at Angkhang Royal Agricultural Station, Chaing Mai Province, Thailand	95
<i>Surasak Maduatong, Wattanachai Tasen, Sutee Duangjai and Sapit Diloksumpun</i>	
Application of Geographic Information System to Study Land Use Change Patterns in Response to Forest Fires in Doi Luang National Park	103
<i>Kittipong Promjak, Kamonporn Panngom, Thanyarat Chuesaard and Torlarp Kamyao</i>	
Recreational Value of Suan Sri Nakhon Khuean Khan, Samut Prakan Province	116
<i>Kanlaya Suksawat, Santi Suksard and Apichart Pattaratuma</i>	
Vegetation Structure Characteristics Related to Edaphic Factors and Carbon Stock in Hin Tang Waterfall Recreational Forest, Udon Thani Province, Thailand	127
<i>Patcharaphon Chawa, Monthon Nosaengsri, Penpilai Piankhit, Kritsada Phongkaranyapas and Lamthai Asanok</i>	
Personal Factors Affecting Work Efficiency Among Patrol Staff in Ta Phraya National Park	140
<i>Suttiwat Susing, Prateep Duengkae and Aingorn Chaiyes</i>	
Vegetation Structural Characteristics and Influence of some Physical Environmental Factors in Phu Kao-Phu Phan Kham National Park, Nong Bua Lamphu Province, Thailand	151
<i>Thongchai Narad, Waralee Srikue, Kritsada Phongkaranyapas, Monthon Nosaengsr and Lamthai Asanok</i>	
Ecological Factors, Volume and Value of Bamboo in Mixed Deciduous Forest In Community Forest Areas in Mae Poen District, Nakhon Sawan Province, Thailand	164
<i>Thainrawich Musikawong, Pasuta Sunthornhao and Wattanachai Tasen</i>	
Valuation of Doi Luang Chiang Dao Nature Trail in Doi Chiang Dao Biosphere Reserve, Chiang Mai Province	175
<i>Wannapa Chawhia, Thanakorn Lattirasuvan, Piyapit Khonkaen and Teeka Yotapakdee</i>	
Promoting Economic Trees to Support Carbon Neutrality	189
<i>Nathawat Khlangsap</i>	