



**KASETSART
UNIVERSITY**
FACULTY OF FORESTRY

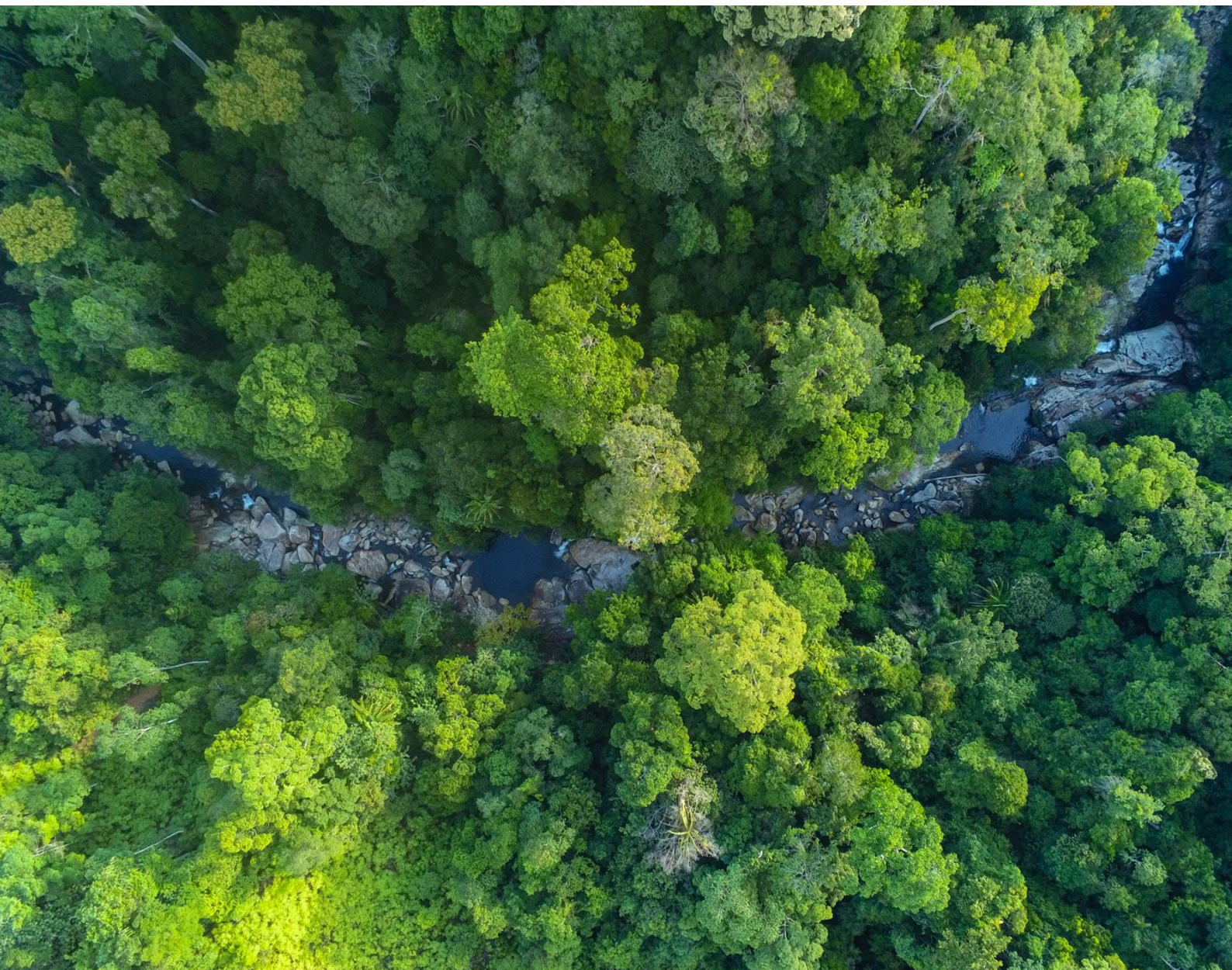
วารสารวนศาสตร์ไทย

THAI JOURNAL OF FORESTRY

ปีที่ ๔๓ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน ๒๕๖๗

Volume 43 Issue 1 January-June 2024

E-ISSN 2822-115X (Online)



[ภาพ: ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย]

วารสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จัดพิมพ์โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



วารสารวนศาสตร์ไทย

เจ้าของ

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.นิพนธ์ ตั้งธรรม

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ.ดร.อุทิศ ภูอินทร์

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

ศ.ดร.ดอกรัก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.สันต์ เกตุปราณีต

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ.ดร.เดชา วิวัฒน์วิทยา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.สันติ สุขสะอาด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.ประทีป ดั่งแว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.นิคม แผลมลัก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.ลดาวลัย พวงจิตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.พสุธา สุนทรห้าว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้จัดการ

นางวรรณภรณ์ ลำไย

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

ศ.ดร.สุนทร ค่ายอง

ข้าราชการบำนาญมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รศ.ดร.สุระ พัฒนเกียรติ

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผศ.ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ผศ.ดร.บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์

มูลนิธิโครงการหลวง

ผศ.ดร.กัณท์ธีรย์ บุญประกอบ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Prof.Dr.Olavi Luukkanen

University of Helsinki, Finland

Prof.Dr.Hiroshi Takeda

Kyoto University, Japan

Prof.Dr.Roger Kjellgren

Utah State University, USA

Dr.Andrew J. Warner

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยผู้จัดการ

น.ส.ละอองดาว เถาว์พิมาย

วารสารวนศาสตร์ เริ่มก่อตั้งในปี พ.ศ. 2525 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น วารสารวนศาสตร์ไทย ในปี พ.ศ. 2563 ภายใต้การดำเนินงาน ของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตีพิมพ์ผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องทางด้านวนศาสตร์ เช่น นิเวศวิทยาป่าไม้ การจัดการป่าไม้ เศรษฐศาสตร์ป่าไม้ วนวัฒนวิทยา การจัดการลุ่มน้ำ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ สัตววิทยา และสรีรวิทยาของพืชพรรณและสัตว์ป่า เป็นต้น ทั้งจากนักวิจัยทั้งในและนอกสถาบัน โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาเป็น ผู้พิจารณาผลงาน อย่างน้อย 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อกันและกัน และมีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ คือ เดือนมกราคม-มิถุนายน และเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม การส่งต้นฉบับ ติดต่อกับสำนักกองบรรณาธิการ หรือผ่าน E-mail: frc@ku.th

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย จังหวัดเชียงราย <i>นธี สดชื่น, วันชัย อรุณประภารัตน์ และ วินัส ส่วนเครือ</i>	1
การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์ ในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ <i>ธิตี วานิชติลกรัตน์, เบญจมาศ นิพัทธ์ธรรม, กัญญารัตน์ สมอคำ และ จิรจิตต์ ตันประดิษฐ์</i>	14
มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี <i>กาญจนา คงเพชรพะเนา, ลันติ สุขสอาด และ อภิชาติ ภัทรธรรม</i>	23
การมีส่วนร่วมของเครือข่ายแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ <i>ศศิมา ขุนทอง, นิตยา เมี้ยนมิตร และ กอบศักดิ์ วันธงไชย</i>	37
อิทธิพลของอุณหภูมิในการอัดร้อนต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้สักในจังหวัดแพร่ <i>ธิตี วานิชติลกรัตน์, สรพัชร อโหสิ, วัศพล เพชรคง และ จิราภา วานิชติลกรัตน์</i>	49
การมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก ตำบลแม่เป็น อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ <i>สามินี สุขสุเมฆ, กิตติชัย รัตน์ะ และ พสุธา สุนทรห้าว</i>	57
การประเมินขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งท่องเที่ยว ในเขตอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก <i>พัชรา ปันพุมโพธิ์, อีสริย์ ฮาวปินใจ, ปัญจพร คำโย และ ต่อลาก คำโย</i>	72
แนวทางการจัดการไฟป่าในป่าชุมชน ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ <i>ศิริรัตน์ ขุนทอง, นิตยา เมี้ยนมิตร และ กอบศักดิ์ วันธงไชย</i>	87
การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน <i>ธำรงรัตน์ ธนภักพลชัย, ต่อลาก คำโย, อีสริย์ ฮาวปินใจ และ ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด</i>	98
ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของโมกพะวอ (<i>Wrightia tokiae</i> D.J. Middleton) ในอุทยานแห่งชาติขุนพะวอ จังหวัดตาก <i>นลพรรณ ทองมีเอียด, วัฒนชัย ตาเสน, วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์ และ สราวุธ สังข์แก้ว</i>	111

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
ผลของความหนักเบาในการตัดขยายระยะต่อผลผลิตและรูปทรงของไม้สัก กรณีศึกษา สวนป่าเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ <i>อนงค์ณี เรือนทิพย์, พิชิต ลำไย, วรพรรณ หิมพานต์ และ พรเทพ เหมือนพงษ์</i>	121
การวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป: กรณีศึกษาพื้นที่ อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ จังหวัดกำแพงเพชร <i>พีรณัฐ มีวรรณสุขกุล, ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล, รongลาภ สุขมาสรวง, เนรมิต สงแสง, คมสัน มณีกาญจน์ และ ศุภาวรรณ อุดมสิน</i>	137
การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้น บริเวณสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก จังหวัดตาก <i>ฉมา นวลศรี, ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง และ สมพร แม่ลิ้ม</i>	152
ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าพื้นที่ 8 ปี จังหวัดแพร่ <i>ศิริรัตน์ สมประโคน, ทิมา โยธากักดี, อิศริย์ ฮาวปิ่นใจ, เพ็ญพิลัย เปี่ยมคิด, สุทธิดา ยอดแก้ว, กันตพงศ์ เครือมา และ ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ</i>	167
บทวิจารณ์	
ลักษณะสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์และความสำคัญด้านระบบนิเวศ ในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ <i>เฉลิมพงษ์ พงศ์จันทร์ และ อัญชัญ ตันพทเทศ</i>	180

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่
จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

Application of SWAT Model for Spatial Runoff Analysis
from Land Use Change in Nam Mae Suai Sub-Watershed, Chiang Rai Province

นที สดชื่น¹Natee Sodchuen¹วันชัย อรุณประภารัตน์¹Wanchai Arunprapat¹วินัส ต่วนเครือ^{1*}Venus Tuankrua^{1*}¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 14 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 29 สิงหาคม 2566

รับลงพิมพ์ 7 กันยายน 2567

ABSTRACT

The Nam Mae Suai sub-watershed has water resource problems, including flooding and water scarcity every year. Consequently, the amount of water flowing into the Nam Mae Suai Reservoir may fluctuate due to land use changes in the past. Therefore, the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied to assess the mean runoff and to analyze the water balance from the land use change effects from 2013 to 2018. The results showed that the SWAT model was effective in runoff assessment and water balance analysis for the Nam Mae Suai sub-watershed. The results of model calibration gave values for the coefficient of determination (R^2) of 0.80, the Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) of 0.76 and the percentage bias (PBIAS) of -9.2. It was found that between 2013 and 2018, there was a decrease forest area of 2.9 percent, converted to agricultural and residential areas, causing the average annual runoff to decrease by less than 1 percent. So, it can be observed that the amount of runoff during the dry period decreased by approximately 2 percent, especially at the end of the rainy season from October to December, due to decreasing rainfall, and reduction of forest areas into agricultural areas, causing water loss from evapotranspiration to increase by 2 percent. This causes the soil water storage and streamflow to decrease and the water yields also only slightly decreased. It can be concluded that the runoff volume and water balance of Nam Mae Suai sub-watershed slightly decreased from land use changes. (Overall decreased by no more than 2 percent)

Keywords: Land use change; Nam Mae Suai sub-watershed; Runoff; Water balance; SWAT model

บทคัดย่อ

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีปัญหาด้านทรัพยากรน้ำทั้งน้ำท่วมและขาดแคลนน้ำทุกปี ปริมาณน้ำต้นทุนที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวยอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยและวิเคราะห์สมดุลน้ำจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2556 และ 2561 ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่าและการวิเคราะห์สมดุลน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย โดยผลการเปรียบเทียบแบบจำลองให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.80 ค่า NSE เท่ากับ 0.76 และค่า PBIAS เท่ากับ -9.2 ซึ่งพบว่าในช่วงปีพ.ศ. 2556 และ 2561 มีการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 2.9 เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ทำให้ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยลดลงน้อยกว่าร้อยละ 1 แต่จะสังเกตได้ว่าปริมาณน้ำท่าช่วงแล้งฝนลดลงประมาณร้อยละ 2 โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ลดลงแล้วยังมีสาเหตุจากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เกิดการสูญเสียจากการคายระเหยเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.0 ทำให้น้ำในดินและน้ำไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของลุ่มน้ำมีปริมาณลดลงเล็กน้อย สรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่าและสมดุลน้ำของลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยลดลงจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไม่มากนัก (ลดลงไม่เกินร้อยละ 2)

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย น้ำท่า สมดุลน้ำ แบบจำลอง SWAT

คำนำ

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ 438.1 ตารางกิโลเมตร ประสบปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ สภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานทำให้เกิดภาวะภัยแล้งนำมาซึ่งปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าจึงทำให้น้ำฝนน้ำไหลหลากอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน กิจกรรมการใช้น้ำต่างๆในพื้นที่ก็มีมากขึ้นทำให้เกิดสภาวะขาดแคลนน้ำ (Hydro Informatics Institute, 2018) จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2556 พบว่า ลุ่มน้ำมีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 54.1 และพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 42.5 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2561 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือร้อยละ 51.2 และพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45.1 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Land Development Department, 2013) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ (Chilagane *et al.*, 2021) หากสามารถทราบผลผลิตน้ำของพื้นที่ต้นน้ำได้ล่วงหน้าจะทำให้ทราบปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวย ซึ่งมีความสำคัญต่อการวางแผนการใช้น้ำหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยหากมีวิธีการประเมินปริมาณน้ำท่าที่แม่นยำย่อมสามารถวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันมีวิธีการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าทั้งแบบใช้สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดและทันสมัยอยู่เสมอ แต่ใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูงและไม่สามารถทราบข้อมูลการกระจายเชิงพื้นที่ได้ อีกวิธีการหนึ่งคือการใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคตหรือตามสถานการณ์จำลอง (scenarios) (THAICID, 2020) โดยแบบจำลองทางอุทกวิทยา (soil and water assessment tool, SWAT) ซึ่งเป็นแบบจำลองกึ่งกระจายเชิงพื้นที่ (semi distributed model) ที่สามารถวิเคราะห์ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ด้านสภาพภูมิประเทศ สิ่งปกคลุมดิน และสมบัติของดิน ซึ่งสามารถแสดงผลการประเมินน้ำท่าที่กระจายเชิงพื้นที่ได้ (Neitsch *et al.*, 2005)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 ต่อปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าที่จะไหลสะสมเข้าสู่อ่างเก็บน้ำแม่สรวยจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งวิเคราะห์สมดุลน้ำในแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและแต่ละลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยเพื่อทราบถึงศักยภาพการให้น้ำของแต่ละพื้นที่ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้รับสามารถใช้ประกอบการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการบริหารทรัพยากรน้ำให้สอดคล้องกันต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย ครอบคลุมพื้นที่อำเภอแม่สรวย
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงใหม่
เป็นบางส่วน โดยมีลำน้ำแม่สรวยเป็นลำน้ำสายหลัก มีต้นน้ำอยู่
บริเวณดอยแม่วังน้อยและดอยหลุมข้าว ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือ

ของอำเภอแม่สรวย อยู่ระหว่างละติจูด $19^{\circ}39'11.62''$ N ถึง $19^{\circ}58'52.12''$ N และลองจิจูด $99^{\circ}22'56.27''$ E ถึง $99^{\circ}34'47.47''$ E โดยน้ำแม่สรวยไหลลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ แล้วไหลไปบรรจบกับน้ำแม่ลาวที่บ้านกาด ตำบลแม่สรวย อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย มีความยาวของลำน้ำประมาณ 60 กิโลเมตร (Hydro Informatics Institute, 2018) (Figure 1)

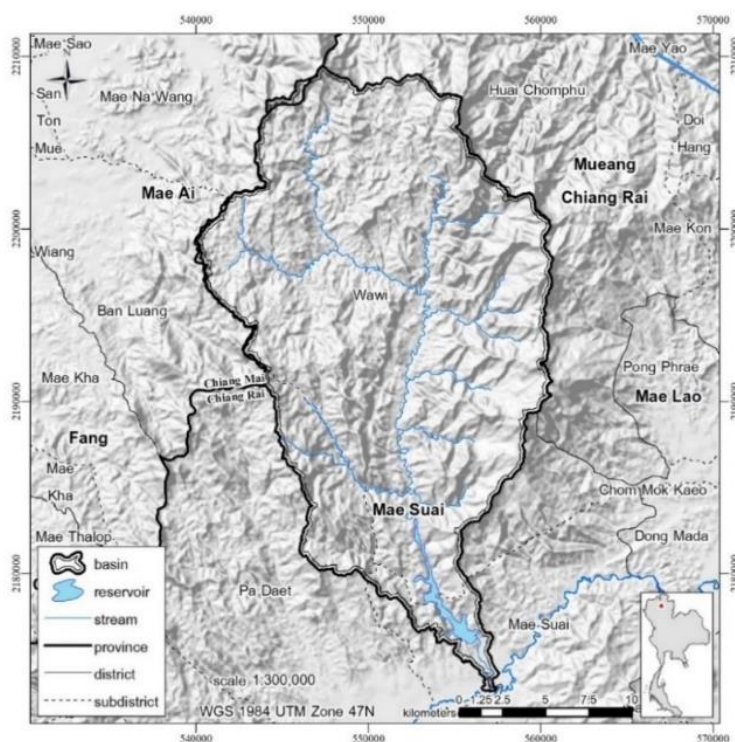


Figure 1 Topography of Nam Mae Suai sub-watershed.

วิธีการ

การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT จะใช้สมการสมดุลน้ำมาวิเคราะห์กระบวนการทางอุทกวิทยา โดยแบบจำลอง SWAT แบ่งการดำเนินงานของกลุ่มน้ำออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก คือ 1) ส่วนพื้นดินเป็นจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำ ตะกอน และสารอาหารจากพื้นดินปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและ 2) ส่วนในลำน้ำ แสดงถึงการกำหนดเส้นทางขององค์ประกอบเหล่านี้ไปตามลำธารไปยังจุดออกของกลุ่มน้ำ โดยปริมาณฝนที่จะตกลงสู่พื้นดินจะถูกพืชนกักไว้บางส่วน จากนั้นไหลซึมลงผ่านผิวดินลงในดิน และปริมาณฝนส่วนที่เหลือไหลบ่าหน้าดินหรือถูกขังตามผิวดินแล้วรวมตัวกัน ไหลลงสู่ที่ต่ำและแหล่งน้ำกลายเป็นน้ำท่า และอีกส่วนหนึ่งถูกเก็บไว้ในเนื้อดินซึ่งจะระเหยจากผิวดินและคายน้ำ โดยพืชคืนสู่บรรยากาศ และส่วนที่เหลือจะไหลซึมต่อไปยัง

ชั้นน้ำใต้ดินเป็นน้ำใต้ดินแล้วไหลกลับลงสู่ลำธารหรือแหล่งน้ำ
(Neitsch *et al.*, 2005) วิเคราะห์โดยใช้สมการสมดุลน้ำ
ดังสมการ (1)

$$SW_T = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

$$SW_t = \text{ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (มิลลิเมตร)}$$

SW_0 = ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นในวันที่ i (มิลลิเมตร)

t = เวลา (วัน)

$$R_{day} = \text{ปริมาณฝนในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$
$$Q_{surf} = \text{ปริมาณน้ำผิวดินในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$
$$E_{oi} = \text{ปริมาณการคายระเหยในวันที่ } i \text{ (มิลลิเมตร)}$$

W_{seep} = ปริมาณน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นใต้ดินในวันที่ i
(มิลลิเมตร)

Q_{gw} = ปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลกลับสู่ลำน้ำในวันที่ i
(มิลลิเมตร)

การประเมินปริมาณน้ำท่าเชิงพื้นที่และตามเวลาด้วยแบบจำลอง SWAT มีขั้นตอนตามกรอบแนวคิด Figure 2

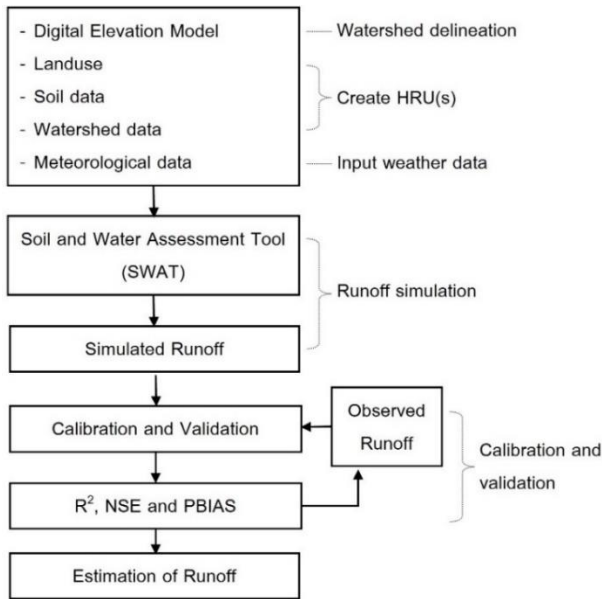


Figure 2 Conceptual framework of runoff analysis.

1. รวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงสถิติโดยเป็นข้อมูลที่ต้องนำเข้าแบบจำลอง SWAT และใช้ร่วมกันเพื่อให้แบบจำลองกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (The hydrologic response unit, HRUs) ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลประกอบด้วย

- 1) เส้นชั้นความสูง (contour) ความละเอียด 20 เมตร ของกรมแผนที่ทหาร
- 2) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 ของกรมพัฒนาที่ดิน
- 3) ข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน
- 4) แผนที่ และขอบเขตลุ่มน้ำหลักมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรน้ำ
- 5) ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยารายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555–2559 ของกรมอุตุนิยมวิทยา
- 6) ข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555–2563 ของกรมชลประทาน

2. จัดเตรียมข้อมูล

2.1 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) และ ความลาดชัน (slope)

นำข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour) ในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีจุดระดับความสูงที่ห่างกันทุก ๆ ระยะ 20 เมตร จากนั้นสร้างข้อมูล DEM โดยใช้คำสั่ง Topo to Raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร และสร้างข้อมูลร้อยละความลาดชัน จากข้อมูล DEM ใช้ระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์คือ WGS1984 UTM 47N

2.2 ข้อมูลกลุ่มชุดดิน

นำเข้าข้อมูลกลุ่มชุดดิน ในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจัดข้อมูลให้สอดคล้องกับฐานข้อมูล SWAT แล้วแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ Raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร พบว่า กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีทั้งหมด 7 กลุ่ม โดยกลุ่มชุดดินที่ 62 มีพื้นที่มากที่สุดคือร้อยละ 98.6

2.3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบ shapefile ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจัดข้อมูลให้สอดคล้องกับฐานข้อมูล SWAT แล้วแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ raster กำหนด cell size เท่ากับ 5 เมตร x 5 เมตร พบว่าพื้นที่ป่าผลัดใบคิดเป็นร้อยละ 54.1 พืชไร่เท่ากับร้อยละ 29.4 ไม้ผลเท่ากับร้อยละ 6.7 ไม้ยืนต้นเท่ากับร้อยละ 4.9 และพื้นที่อื่น ๆ

2.4 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่า

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่พ.ศ. 2555–2559 ได้แก่ปริมาณน้ำฝน (precipitation) อุณหภูมิ (temperature) ความเร็วลม (wind speed) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และรังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) และข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนได้จากสถานีตรวจวัด (observed runoff) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง ตั้งแต่พ.ศ. 2555–2563 จำนวน 1 แห่งคือ สถานี G.9 (บ้านกะเหรี่ยงทุ่งพรวัว) ของกรมชลประทาน

3. ประเมินปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

เป็นการประเมินปริมาณน้ำท่าและจำลองอัตราการไหลเชิงพื้นที่และตามเวลาด้วยแบบจำลอง SWAT จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2561 มีขั้นตอนดังนี้

3.1 การกำหนดเส้นแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed delineation)

เป็นขั้นตอนแรกในการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยนำเข้าข้อมูล DEM โดยกำหนดค่าวิกฤต (threshold area) เท่ากับ 1,000 เฮกตาร์ เพื่อแบ่งขอบเขตและจำนวนลุ่มน้ำย่อยให้มีขนาดที่เหมาะสมกับลักษณะกายภาพลุ่มน้ำและความยาวของลำน้ำย่อย และกำหนดจุดไหลออกของลุ่มน้ำ (outlet) จากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำคือ สถานี G.9 ซึ่งแบ่งได้เป็น 19 ลุ่มน้ำย่อยพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นภูมิประเทศที่มีความลาดชันโดยเฉลี่ยร้อยละ 16.2-41.9 โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำที่มีลักษณะเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและสูงชัน

3.2 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

จากการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 ประเภท กลุ่มชุดดินที่อยู่ในพื้นที่ทั้งหมด 4 กลุ่มชุดดิน และความลาดชัน 4 ระดับ โดยใช้วิธีกำหนดค่าวิกฤตร้อยละ 10 ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ได้ HRUs จากการใช้ที่ดิน กลุ่มชุดดิน และความลาดชันกลุ่มหลักเท่านั้น และช่วยกำจัดพื้นที่ขนาดเล็กออก ซึ่งทำให้ได้หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาที่มีความสำคัญกับลุ่มน้ำทั้งหมด 118 HRUs

3.3 การนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศ (input weather data)

การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ความเร็วลมรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน และรังสีดวงอาทิตย์รายวัน โดยต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบตารางตามที่แบบจำลองต้องการ ประกอบด้วยข้อมูลสถิติภูมิอากาศพิกัดที่ตั้งของสถานี และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นจึงสร้างตารางฐานข้อมูลที่น่าเข้าแล้ว

3.4 การคำนวณแบบจำลอง (runoff simulation)

เมื่อทำการจำลองสภาพลุ่มน้ำและนำเข้าข้อมูลครบถ้วนตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการประเมินปริมาณน้ำท่า โดยแบบจำลองจะคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้น (simulated runoff) แบบรายเดือน ในช่วงวัน เดือน ปี (output interval) ที่กำหนดคือ ปี พ.ศ. 2555-2559 โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556

4. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAT

เป็นการประเมินความเหมาะสมในการปรับแก้พารามิเตอร์ว่าพารามิเตอร์ผ่านโปรแกรม SWAT-CUP โดยวิธี SUFI2 เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองเมื่อมี

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์โดยพิจารณาจากค่า P-Value ที่มีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤตและค่า t-Stat ที่มีค่าสูง (Sahu *et al.*, 2016) เมื่อได้พารามิเตอร์จึงนำไปปรับเทียบแบบจำลอง (calibration) โดยต้องมีการปรับเทียบอัตราการไหลให้เรียบร้อยก่อน แล้วปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยการนำเข้าปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากแบบจำลอง (simulated runoff) และน้ำท่าที่ตรวจวัดได้ (observed runoff) ช่วงปี พ.ศ. 2555–2559 เข้าในโปรแกรม SWAT-CUP และใช้ข้อมูลตรวจวัดน้ำปี พ.ศ. 2560–2563 ในการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลอง (validation) โดยพิจารณาค่าสถิติคือ

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2)

เป็นค่าที่บอกถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยมีค่าตั้งแต่ 0–1 ถ้าค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันมาก ดังสมการ (2)

$$R^2 = \frac{[n(\sum xy)] - (\sum x)(\sum y)^2}{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]} \quad (2)$$

x, y = ตัวแปรที่นำมาพิจารณา

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4.2 ค่า Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)

NSE เป็นค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0–1 โดยเป็นดัชนีที่ใช้ในการบอกความแม่นยำของแบบจำลอง หรือประสิทธิภาพ-ประสิทธิผลของแบบจำลอง (model performance) (Nash and Sutcliffe, 1970) ดังสมการ (3)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

Y_i = ค่าจากการวัดจริงที่ i เมื่อ i มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง n

$\hat{Y}_i$ = ค่าคาดคะเนจากแบบจำลองของค่า i

$\bar{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของ i

4.3 ค่า Percent bias (PBIAS)

PBIAS เป็นดัชนีชี้วัดค่าจากแบบจำลองว่ามีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าการตรวจวัดจริง ค่าเหมาะสมนั้นควรเข้า

ใกล้เคียง โดยหาค่าเป็นบวกหมายถึงค่าจากการจำลองต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัด และหาค่าเป็นลบหมายถึงค่าจากการจำลองสูงกว่าค่าจากการตรวจวัดจริง (Gupta *et al.*, 1999) ดังสมการ (4)

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs})} \times 100 \quad (4)$$

Y_i^{obs} = ค่าจากการตรวจวัด

Y_i^{sim} = ค่าจากแบบจำลอง

4.4 เกณฑ์ในการพิจารณาความแม่นยำของแบบจำลอง

เกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมในการปรับแก้พารามิเตอร์อัตราการไหลของน้ำท่าใช้เกณฑ์ตาม

Table 1

Table 1 General performance ratings for recommended statistics in monthly

Performance Rating (Stream flow)	R ²	NSE	PBIAS (%)
Very good	0.75 < R ² < 1.00	0.75 < NSE < 1.00	PBIAS < ±10
Good	0.60 < R ² < 0.75	0.65 < NSE < 0.75	±10 < PBIAS < ±15
Satisfactory	0.50 < R ² < 0.60	0.50 < NSE < 0.65	±15 < PBIAS < ±25
Unsatisfactory	R ² < 0.50	NSE < 0.50	PBIAS > ±25

Remarks: R² is coefficient of determination (Fernandez *et al.*, 2005), NSE is Nash-Sutcliffe efficiency (Moriassi *et al.*, 2007) and PBIAS is percent bias (Moriassi *et al.*, 2007).

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการประเมินความเหมาะสมของพารามิเตอร์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพพบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวสำหรับอัตราการไหลของน้ำท่า ได้แก่ ค่า CN2 (curve number) ค่าปัจจัยของการไหลพื้นฐาน (ALPHA_BF) ความล่าช้าในการไหลของน้ำใต้ดิน (GW_DELAY) ปัจจัยขดเคยการระเหยจากผิวดิน (ESCO) ค่าสัมประสิทธิ์ revap ของน้ำใต้ดิน (GW_REVAP) ความลึกชั้นตื้นในชั้น Shallow aquifer ที่ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับและระเหยออกจากดิน (REVAPMN)

ค่าแฟคเตอร์ในการซึมสู่ชั้น Deep aquifer (RCHRG_DP) ค่าปริมาณน้ำที่ชั้นดินสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ (SOL_AWC) ค่าความสามารถการนำน้ำของดิน (SOL_K) ค่าประสิทธิผลความนำทางชลศาสตร์ในทางน้ำ (CH_K2)

เมื่อได้พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำท่ามากที่สุดก็จะถูกนำไปปรับแก้พารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT และทำการสอบเทียบแบบจำลองต่อไป สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับประเมินน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT แสดงดัง Table 2

Table 2 Sensitive parameters obtained from SWAT-CUP used for model.

No.	Parameter	Definition	Optimal value	Min	Max
1	CN2.mgt	Curve number	0.0908	-0.2	0.2
2	ALPHA_BF.gw	Baseflow alpha factor (1/day)	0.0865	0.05	0.1
3	GW_DELAY.gw	Delay time	435.30	30	450
4	ESCO.hru	Soil evaporation compensation factor	0.413	0	1
5	GW_REVAP.gw	Groundwater "revap" coefficient	0.0558	0.02	0.2
6	REVAPMN.gw	Threshold depth of water in shallow aquifer for "revap" or percolation to deep aquifer to occur (mm H ₂ O)	445	0	1000
7	RCHRG_DP.gw	Deep aquifer percolation fraction	0.637	0	1
8	SOL_AWC.sol	Available water capacity of soil layer (mm H ₂ O/mm soil)	0.129	0	1
9	SOL_K.sol	Saturated hydraulic conductivity (mm/hr)	22	0	2000
10	CH_K2.rte	Effective hydraulic conductivity in main channel alluvium (mm/hr)	493.5	200	700

การทดสอบความอ่อนไหวของพารามิเตอร์แบบจำลอง ร่วมกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้โดยใช้ โปรแกรม SWAT-CUP จะพิจารณาจากค่า *P*-Value ที่มีค่าใกล้ศูนย์ และค่า *t*-test ที่มีค่าสูงสุด (Sahu *et al.*, 2016) โดยพบว่า ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองมีค่า R^2 , NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.80, 0.76 และ -9.2 ตามลำดับ แสดงถึงผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีระดับความน่าเชื่อถือในระดับดีมาก (very good) และ

แสดงให้เห็นว่าปริมาณการไหลจากแบบจำลอง (simulation runoff) มีค่ามากกว่าปริมาณการไหลจากการตรวจวัด (observed runoff) เมื่อทำการปรับเทียบจนให้ค่าสถิติการทดสอบที่ดีที่สุดแล้วจึงนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทำการตรวจสอบความถูกต้อง (validation) ของแบบจำลองและนำไปประเมินปริมาณน้ำท่า ผลการเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองดัง Figure 3

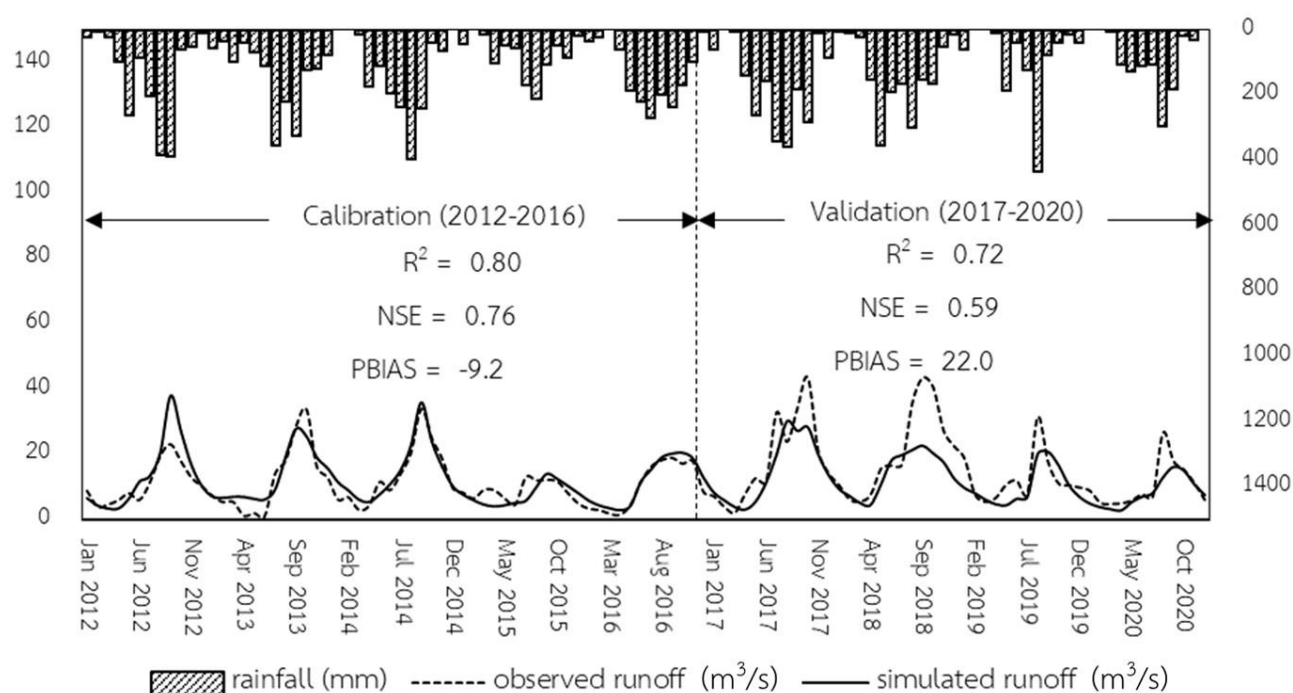


Figure 3 Results of calibration and validation using SWAT.

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,408.8 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 1,024.4 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำท่าจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ เริ่มจากเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ปริมาณฝนของพื้นที่ลุ่มน้ำจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากเดือนเมษายน และเพิ่มมากขึ้นจากเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงต้นของหน้าน้ำหลาก (พฤษภาคม-ตุลาคม) โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนสิงหาคม และหลังจากเดือนกันยายนจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงถึงปริมาณฝนมีความผันแปรมากดัง Table 3

ลุ่มน้ำมีน้ำไหลตลอดปีแต่ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนปริมาณน้ำท่าจะมีน้อย ซึ่งน้ำท่าถูกดินดูดซับไว้ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในช่วงฤดูฝน และเกิดการซึมซับน้ำสู่ดินชั้นล่างใต้ดิน จากนั้นจึงค่อย ๆ ซึมผ่านผิวดินไหลลงสู่ลำน้ำสายหลัก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและ

ช่วงแล้งฝนพบว่ามีแตกต่างกันมาก ช่วงต้นหน้าน้ำหลากแม้ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมากในแต่ละเดือนแต่ปริมาณการไหลยังไม่สูงขึ้นตามปริมาณฝนมากนัก เมื่อพิจารณาจากช่วงหลังเดือนสิงหาคม พบว่าปริมาณการไหลของน้ำก็ยังเพิ่มมากขึ้นต่อไปจนสูงสุดในเดือนกันยายน ปริมาณการไหลหลังเดือนกันยายนยังมีปริมาณสูงแล้วลดลงอย่างช้า ๆ แม้ว่าปริมาณฝนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำในดินในช่วงน้ำหลากจะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกมาจากชั้นดินสู่ลำน้ำ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนในบางลุ่มน้ำย่อมมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่าทำให้ปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลงทั้งลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลง โดยเมื่อทำการวิเคราะห์โดยเฉลี่ยรวมทั้งปีแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลงทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหลของน้ำในลำธาร

Table 3 Simulated water yield and runoff in 2013 and 2018.

Month	Rainfall (mm)	Simulated water yield				Simulated runoff (m ³ /s)	
		Based on land use		Based on land use		Based on land use in 2013	Based on land use in 2018
		in 2013		in 2018			
		mm	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³		
January	30.5	33.1	12.7	32.4	12.4	2.3	2.2
February	12.1	27.7	10.6	27.2	10.4	1.9	1.9
March	29.1	32.5	12.5	31.9	12.2	1.7	1.6
April	93.9	46.4	17.8	45.9	17.6	1.7	1.6
May	134.7	81.5	31.2	80.9	31.0	2.4	2.4
June	132.9	90.9	34.9	90.4	34.7	3.6	3.6
July	245.8	148.8	57.1	148.5	57.0	4.4	4.4
August	281.4	200.1	76.7	199.8	76.6	6.9	6.9
September	258.1	188.0	72.1	187.6	72.0	9.4	9.3
October	87.4	72.4	27.8	71.6	27.4	6.9	6.9
November	82.5	66.3	25.4	65.5	25.1	4.9	4.9
December	20.4	36.8	14.1	36.1	13.9	3.4	3.4
Wet period	1,140.4	781.7	299.8	778.9	298.7	5.60	5.58
Dry period	268.4	242.8	93.1	238.8	91.6	2.65	2.60
Total	1,408.8	1,024.4	392.9	1,017.7	390.4	4.13	4.09

ผลการประเมินการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลของน้ำ

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 เมื่อแยกเป็นรายลุ่มน้ำย่อยพบว่า ลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่ารวมสูงสุด

คือลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เท่ากับ 56.5 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือลุ่มน้ำย่อยที่ 3 เท่ากับ 46.7 ล้านลูกบาศก์เมตร และลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่ารวมต่ำสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 18 เท่ากับ 0.1 ล้านลูกบาศก์เมตร แสดงดัง Figure 4

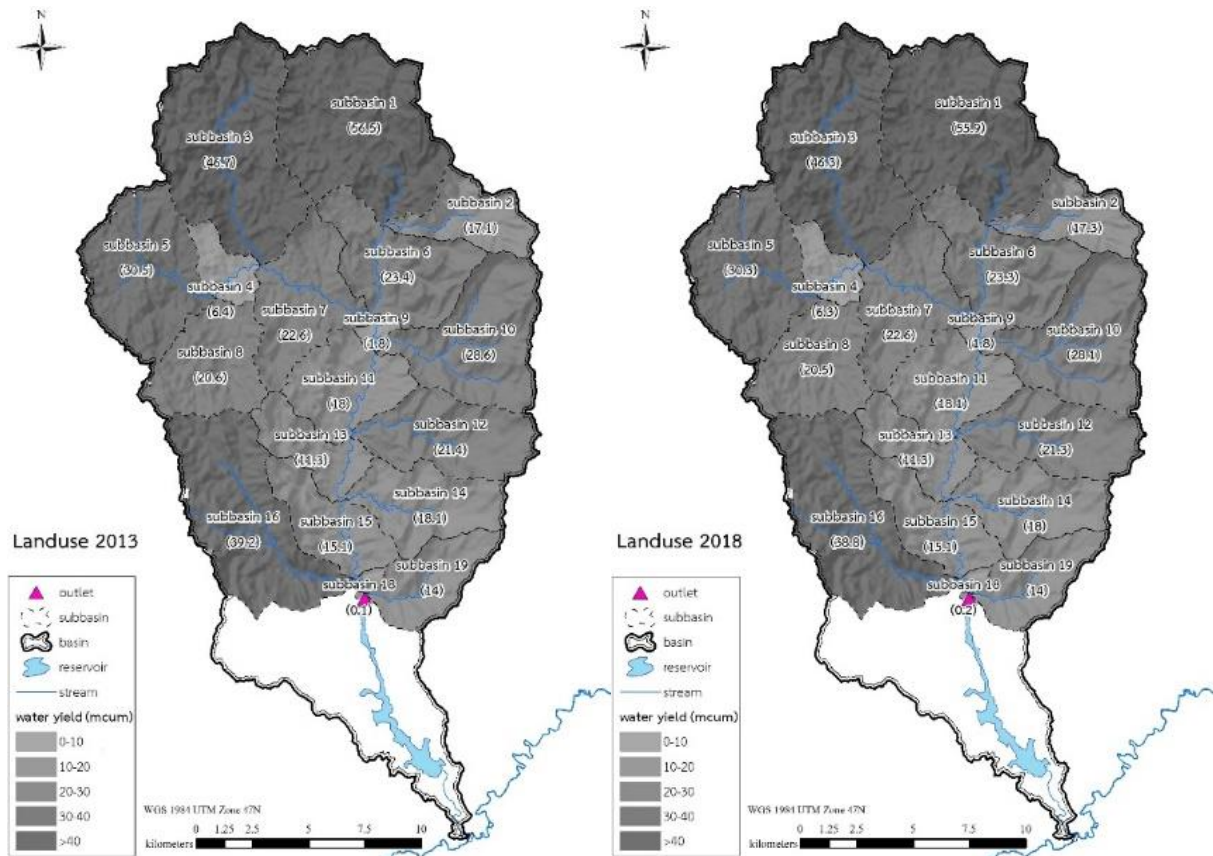


Figure 4 Spatial runoff distribution maps for Nam Mae Suai sub-watershed in 2013 and 2018.

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2561 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายลุ่มน้ำย่อยพบว่า ลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 1 เท่ากับ 55.9 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือลุ่มน้ำย่อยที่ 3 เท่ากับ 46.3 ล้านลูกบาศก์เมตร และลุ่มน้ำย่อยที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำสุดคือลุ่มน้ำย่อยที่ 18 เท่ากับ 0.15 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2556 กับ พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณน้ำท่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลงเล็กน้อยทั้งช่วงน้ำหลาก ช่วงแล้ง และรวมทั้งปี ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ

น้ำท่าในทางเพิ่มขึ้นได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 2 โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณในช่วงน้ำหลากเพิ่มขึ้น 0.2 ล้านลูกบาศก์เมตร ช่วงแล้งลดลง 0.1 ล้านลูกบาศก์เมตร รวมทั้งปีเพิ่มขึ้น 0.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2) อัตราการไหลของน้ำในลำธารลดลงเล็กน้อยในช่วงแล้ง และรวมทั้งปี ลุ่มน้ำย่อยที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำลดลงได้แก่ ลุ่มน้ำย่อยที่ 6, 8, 11, 13, 17 และ 18 โดยลดลงเท่ากับ 0.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในทุกลุ่มน้ำ ส่วนลุ่มน้ำอื่น ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ ดัง Figure 5

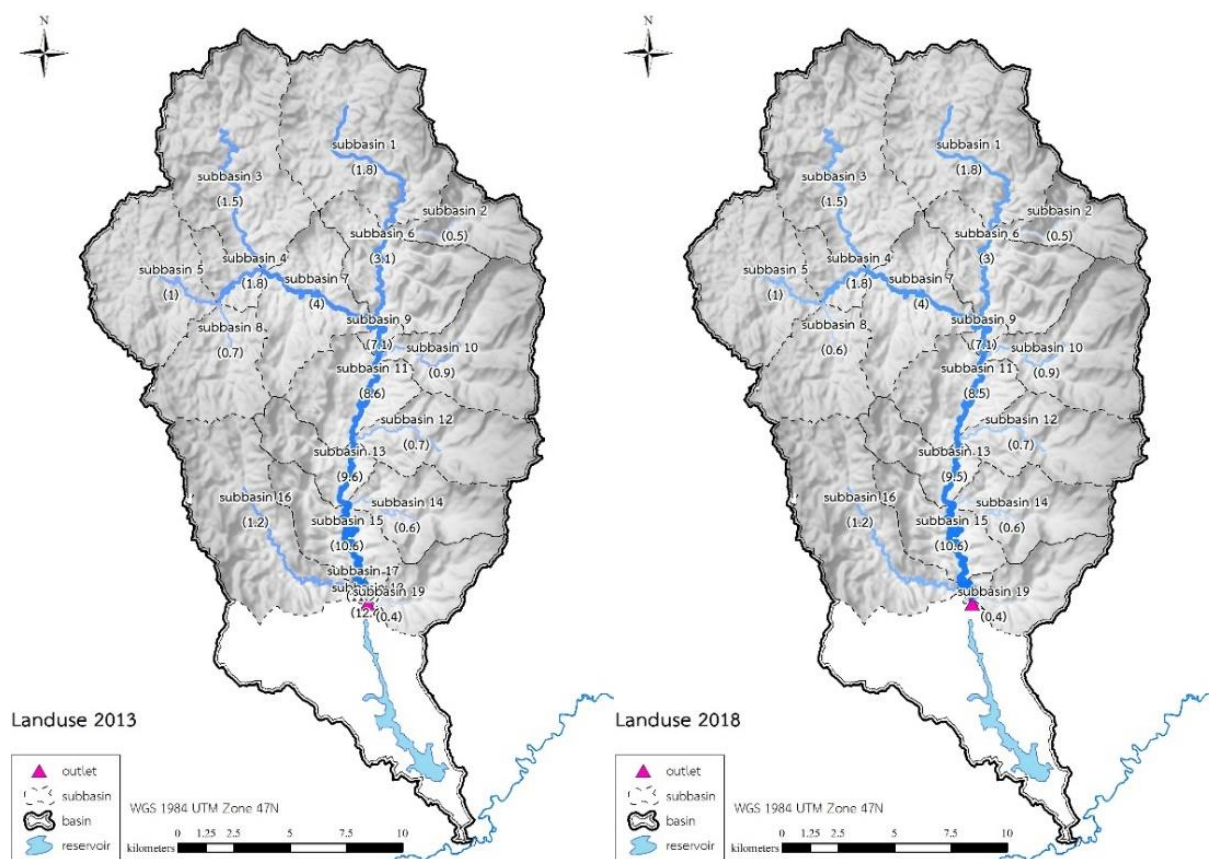


Figure 5 Changes in sub-basin water flow volume due to land use change from 2013 to 2018.

เมื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำ โดยพิจารณาพื้นที่ส่วนใหญ่และกิจกรรมหลักซึ่งได้แก่ พืชไร่ (field crop) ป่าผลัดใบ (deciduous forest) ไม้

ผล (orchard) ไม้ยืนต้น (perennial crop) และพื้นที่นา (paddy field) ร่วมกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (SURQ) และน้ำจากการคายระเหย (evapotranspiration, ET) แสดงดัง Table 4

Table 4 Effect of land use change on surface runoff and evapotranspiration.

Land use types	Area (km ²)		Surface runoff (mm)		Evapotranspiration (mm)	
	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018
Field crop	125.6	132.8	530.6	531.8	461.1	461.2
Deciduous forest	223.6	208.9	291.1	290.9	328.8	328.7
Orchard	20.1	6.9	295.9	330.4	479.5	482.1
Perennial crop	14.2	34.8	298.5	273.2	516.7	514.9
Paddy field	0.1	0.09	419.5	419.6	499.3	498.7

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่พืชไร่และพื้นที่นา มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินรวมกันเท่ากับ 950.1 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 51.8 จากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินทั้งหมด และในปี พ.ศ. 2561 พบว่าน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นเป็น 951.4 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 51.5 จากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ทั้งหมด แสดงถึงการซึมลงดินของน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมลดลง ทำให้น้ำถูกเก็บไว้ในดินได้น้อยลง การคายระเหยในพื้นที่พืชไร่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 461.1 มิลลิเมตร เป็น 461.2 มิลลิเมตร และการคายระเหยในพื้นที่ไม้ผลเพิ่มขึ้นจาก 479.5 มิลลิเมตร เป็น 482.1 มิลลิเมตร ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่

พืชไร่ หรือไม้ผล หรือการใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ มีผลต่อการสูญเสียน้ำไปโดยการคายระเหยเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าลดลงเล็กน้อย การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลในลำธารลดลง

ผลการวิเคราะห์สมดุลน้ำ

สัดส่วนองค์ประกอบทางอุทกวิทยาได้แก่ ปริมาณน้ำในลำธารต่อปริมาณฝนเท่ากับร้อยละ 60 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูง พื้นที่ลุ่มน้ำมีศักยภาพการให้น้ำท่ามาก และปริมาณ

การคายระเหยต่อปริมาณฝนมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27 เป็นร้อยละ 28 แสดงถึงมีการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยเพิ่มขึ้นดัง Table 5

เมื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำโดยน้ำในดิน (soil water) รวมกับน้ำคายระเหย (evapotranspiration) และผลผลิตน้ำ (water yield) เท่ากับปริมาณฝน (precipitation) (Moriarty *et al.*, 2007) ได้ผลการวิเคราะห์ดัง Table 6

Table 5 SWAT model simulation of water balance ratios.

Water balance	LU 2013		LU 2018	
	ratio	%	ratio	%
Streamflow/Precipitation	0.6	60	0.6	60
Baseflow/Total flow	0.56	56	0.56	56
Surface runoff/Total flow	0.44	44	0.44	44
Percolation/Precipitation	0.18	18	0.18	18
Deep recharge/ Precipitation	0.13	13	0.12	12
Evapotranspiration/Precipitation	0.27	27	0.28	28

Table 6 Water balance summary from SWAT model.

Month	Precipitation (mm)	Soil water (mm)		Evapotranspiration (mm)		Water yield (mm)	
		LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018	LU 2013	LU 2018
January	30.5	55.6	55.2	18.9	19.0	33.1	32.4
February	11.8	39.8	39.5	22.5	22.92	27.7	27.2
March	29.1	27.9	27.6	28.7	28.5	32.5	31.9
April	93.9	48.3	48.2	40.4	40.6	46.4	45.9
May	134.7	57.2	57.1	52.1	52.7	81.5	80.9
June	132.9	61.8	61.6	39.3	39.6	90.9	90.4
July	245.8	78.6	78.6	36.0	36.7	148.8	148.5
August	281.4	76.7	76.7	38.3	39.3	200.1	199.8
September	258.1	75.5	75.4	37.7	39.0	188.0	187.6
October	87.4	66.7	66.4	33.8	35.1	72.4	71.6
November	82.4	67.6	67.1	24.0	25.1	66.3	65.5
December	20.4	56.9	56.2	15.4	16.1	36.8	36.1
Wet period	1,140.4	416.6	415.8	237.1	242.4	781.7	778.9
Dry period	268.2	296.0	293.8	149.9	152.3	242.8	238.9
Total	1,408.5	712.6	709.6	387.0	394.7	1,024.4	1,017.7

ปริมาณการคายระเหยรวมมีการเปลี่ยนแปลงจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมีปริมาณเพิ่มเล็กน้อยแต่ในช่วงน้ำหลากมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน โดยปริมาณการคายระเหยที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้น้ำถูกเก็บในดินได้น้อยลงและเกิดการระเหย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนพบว่า ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากมีปริมาณสูงกว่าช่วงแล้งฝนอย่างมาก ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยมีความเสี่ยงน้ำท่วมช่วงน้ำหลาก และเกิดภาวะแห้งแล้งช่วงแล้งฝน ในช่วงต้นหน้าน้ำหลากแม้ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมากในแต่ละเดือน แต่ปริมาณการไหลของน้ำยังไม่สูงขึ้นมากนักเนื่องจากลุ่มน้ำเก็บกักน้ำในดินไว้ได้มากทำให้ดินปล่อยน้ำออกสู่ลำธารได้ช้า

หลังเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุดพบว่าปริมาณการไหลของน้ำก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นต่อไปจนถึงปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน เป็นผลมาจากน้ำที่ถูกเก็บกักในชั้นดินในปริมาณมากแล้วถูกปล่อยไหลออกสู่ลำน้ำ รวมถึงน้ำไหลบ่าหน้าดินที่ไหลลงสู่ลำน้ำในช่วงน้ำหลาก ความสามารถในการเก็บน้ำของชั้นดินส่งผลให้ปริมาณการไหลของน้ำหลังเดือนกันยายนยังคงมีปริมาณที่สูงแล้วลดลงอย่างช้า ๆ แม้ว่าปริมาณฝนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากน้ำที่ถูกเก็บไว้ในดินในช่วงน้ำหลากจะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกมาจากชั้นดินแล้วไหลลงสู่ลำน้ำ

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 2.9 เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการคายระเหยเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 2.0) น้ำในดินและน้ำที่ไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำมีปริมาณลดลง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี พ.ศ. 2556-2561 รวมระยะเวลา 5 ปี ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมมูลน้ำเล็กน้อย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sujira (2019) ที่ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อบุคตน้ำในลุ่มน้ำน่านตอนบนพบว่า การเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 3 ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลงทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหลของน้ำในลำธาร การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อความผันแปรของระบบอุทกวิทยา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nandini *et al.* (2019) ที่วิจัยพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อหน้าที่

ทางอุทกวิทยา และงานวิจัยของ Hong *et al.* (2020) ที่ศึกษาพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อความผันแปรของระบบอุทกวิทยา

สรุป

แบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่า และการวิเคราะห์สมมูลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวย โดยผลการปรับเทียบแบบจำลองให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.80 ค่า NSE เท่ากับ 0.76 และค่า PBIAS เท่ากับ -9.2 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำจะมีน้ำไหลตลอดทั้งปี แต่ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน ปริมาณน้ำท่าจะน้อย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝนพบว่า ปริมาณน้ำท่ามีความแตกต่างกันมากทั้งปริมาณน้ำท่าและปริมาณการไหล ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีความเสี่ยงน้ำท่วมช่วงน้ำหลาก และเกิดภาวะแห้งแล้งช่วงแล้งฝน

ลุ่มน้ำย่อยที่พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าผลัดใบและไม่ยืนต้นจะมีปริมาณน้ำท่ามาก เนื่องจากชั้นดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ดี พื้นที่ของพืชสวนและพืชไร่จะให้น้ำท่าน้อยเนื่องจากการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย ปริมาณการไหลมีการเปลี่ยนแปลงโดยลดลงเล็กน้อยในช่วงแล้งฝนและรวมทั้งปี การลดลงของพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนทำให้ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินเพิ่มขึ้นและยังมีผลต่อการสูญเสียน้ำจากลุ่มน้ำโดยการคายระเหยและปริมาณน้ำท่าลดลงเล็กน้อย

ในส่วนสมมูลน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยพบว่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2556 และ 2561 ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างทางอุทกวิทยาและสมมูลน้ำของกลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่สรวยเล็กน้อย โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้เพิ่มการสูญเสียน้ำจากการคายระเหย น้ำในดินและน้ำที่ไหลในลำธารมีปริมาณลดลง และผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำมีปริมาณลดลง

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน และกรมชลประทานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

REFERENCES

- Chilagane, N., Kashaigili, J., Mutayoba, E., Lyimo, P., Munishi, P., Tam, C., Burgess, N. 2021. Impact of

- land use and land cover changes on surface runoff and sediment yield in the Little Ruaha River Catchment. **Open Journal of Modern Hydrology**, 11, 54-74. doi: 10.4236/ojmh.2021.113004.
- Gupta, H.V., Sorooshian, S., Yapo, P.O. 1999. Status of automatic calibration for hydrologic models: Comparison with multilevel expert calibration. **Journal of Hydrologic Engineering**, 4(2): 135-143. doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:2(135)
- Fernandez, G., Chescheir, G., Skaggs, R., Amatya, D. 2005. Development and testing of watershed-scale models for poorly drained soils. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 48:639-652. doi.org/10.13031/2013.18323
- Hong, Z., Wang, B., De, L.L., Mingxi, Z., Lance, L.M., Qiang, Y. 2020. Using an improved SWAT model to simulate hydrological responses to land use change: A case study of a catchment in tropical Australia. **Journal of Hydrology**, 585: 124822. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124822
- Hydro Informatics Institute. 2018. **Basic Information of 25 River Basins in Thailand: Kok River Basin**. <https://www.senate.go.th>, 10 April 2022. (in Thai)
- Land Development Department. 2013. **The Data of Classification Land Use Type 2013**. <http://dinonline.ddd.go.th>, 7 November 2021. (in Thai)
- Moriarty, P., Batchelor, C., Abd-Alhadi, F., Laban, P., Fahmy, H. 2007. **The EMPOWERS Approach to Water Governance: Guidelines, Methods and Tools**. https://www.ircwash.org/sites/default/files/empowers_guidelines_methods_and_tool_s.pdf, 4 March 2022.
- Moriasi, D., Arnold, J., Van, L.M., Bingner R., Harmel R.D., Veith, T. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, 50(3): 885-900. doi.org/10.13031/2013.23153
- Nandini, R., Kusumandari, A., Gunawan, T., Sadono, R. 2019. Assessment of land use impact on hydrological response using soil and water analysis tool (SWAT) in Babak Watershed, Lombok Island, Indonesia. **Agriculture and Natural Resources**, 53(6): 635-642.
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models, part 1: A discussion of principles. **Hydrology**, 10(3): 282-290.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R. 2005. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation (Version 2005)**. <http://swatmodel.tamu.edu/media/1291/SWAT2005io.pdf>, 4 March 2022.
- Sahu, M., Lahari, S., Gosain, A., Ohri, A. 2016. Hydrological modeling of Mahi Basin using SWAT. **Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering**, 5: 68-79. doi.org/10.5963/JWRHE0503001.
- Sujira, S. 2019. **Climate Change and Land Use Change on Water Accounting in Upper Nan Sub-Watershed**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- THAICID. 2020. **Manual on Planning of Structural Approaches to Flood Management**. Mittrapap Karnpim and Studio, Bangkok, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์
ในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

Comparison of Physical and Mechanical Properties of *Leucaena leucocephala*
(Lam.) de Wit Wood on Maejo University Phrae Campus

ธิตี วานิชดิตรัตน์^{1*}Thiti Wanishdilokratn^{1*}เบญจมาศ นิพิฐธรรม²Benjamat Nipitam²กัญญารัตน์ สมอคำ²Kanyarat Samorkam²จิรกิตติ์ ตันประดิษฐ์²Jirakit Tanpradit²¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140¹Department of Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140²Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding Author; E-mail: Thiti_jk@hotmail.com

รับต้นฉบับ 22 ตุลาคม 2566

รับแก้ไข 8 ธันวาคม 2566

รับลงพิมพ์ 13 ธันวาคม 2566

ABSTRACT

The physical and mechanical properties were compared of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit wood from three zones (forest, nearby building, and nearby reservoir) on the Maejo University Phrae Campus to assist in identifying ways to utilize this Invasive plant species. The physical properties of samples investigated were the moisture content and specific gravity, while the mechanical properties were the modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, hardness and shearing stress parallel to grain. The sample from the forest zone had the values for the moisture content of $25.70 \pm 1.32\%$ and for the specific gravity of 0.63 ± 0.03 , for the MOR of 115.75 ± 4.35 MPa, for the MOE of $10,055.09 \pm 27.55$ MPa, for compression parallel to grain of 55.93 ± 2.46 MPa, for compression perpendicular to grain of 6.03 ± 0.62 MPa, for hardness of $4,217.30 \pm 43.67$ N and for shearing stress parallel to grain of 20.82 ± 1.02 MPa.

Keywords: *Leucaena leucocephala* wood; Maejo university Phrae campus; Mechanical properties; Physical properties; Zone

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์ในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ทั้ง 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณในป่า บริเวณใกล้อาคาร และบริเวณใกล้แหล่งน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการนำพืชกรูกรานต่างถิ่นมาใช้ประโยชน์ โดยทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ ได้แก่ ค่าความชื้น (moisture content) ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ค่ามอดูลัสแตกหัก (modulus of rupture, MOR) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity, MOE) ค่าแรงอัดขนานเส้น (compression parallel to grain) ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้น (compression perpendicular to grain) ค่าความแข็ง (hardness) และความเค้นเฉือนขนานเส้น (shearing stress parallel to grain) ทดสอบตัวอย่างละ 5 ซ้ำ ผลการทดสอบ พบว่า ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าการทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ดีที่สุด โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 25.70 ± 1.32 ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.63 ± 0.03 ค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 115.75 ± 4.35 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย $10,055.09 \pm 27.55$ เมกะปาสกาล ค่าแรงอัดขนานเส้นเฉลี่ย 55.93 ± 2.46 เมกะปาสกาล ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้นเฉลี่ย 6.03 ± 0.62 เมกะปาสกาล ค่าความแข็งเฉลี่ย $4,217.30 \pm 43.67$ นิวตัน และค่าความเค้นเฉือนขนานเส้นเฉลี่ย 20.82 ± 1.02 เมกะปาสกาล

คำสำคัญ: ไม้กระถินยักษ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ สมบัติทางกลศาสตร์ สมบัติทางกายภาพ พื้นที่

คำนำ

ไม้เป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ตั้งแต่งานไม้โครงสร้าง เฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือเครื่องใช้ ไปจนถึงผลิตภัณฑ์ในเชิงพลังงาน (Lafleur and Fraanje, 1997) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำไม้หลากหลายชนิดมาใช้ประโยชน์ เช่น ไม้สัก (*Tectona grandis*) ไม้พะยูน (*Dalbergia cochinchinensis*) ไม้ชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) เป็นต้น ส่งผลต่อปริมาณไม้ที่ลดน้อยลง (Aerts *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2019; Diloksumpun and Arunwarakorn, 2021) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำไม้ชนิดอื่นมาใช้ประโยชน์ โดยไม้จากพืชกรูกรานต่างถิ่น (invasive plant species) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้ประโยชน์ (Sharma *et al.*, 2022) เนื่องจากเป็นชนิดพันธุ์ที่มีการคุกคามระบบนิเวศ และแหล่งที่อยู่อาศัยของชนิดพันธุ์พื้นถิ่น ซึ่งต้นกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) เป็นพืชที่มีการแพร่กระจายพันธุ์อย่างรวดเร็ว (Tewari *et al.*, 2003; Rahman *et al.*, 2020) ได้มีการแย่งอาหาร น้ำ และแสงแดดจากชนิดพันธุ์ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ทำให้พืชท้องถิ่นเดิมเกิดความเสียหาย และมีการล้มตายเป็นจำนวนมาก (Wan-Mohd-

Nazri *et al.*, 2011; Angelis *et al.*, 2021; Wanishdilokratn *et al.*, 2022) โดยต้นกระถินยักษ์มีการแพร่กระจายในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ เป็นพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของต้นกระถินยักษ์เป็นจำนวนมาก เช่น บริเวณป่า บริเวณใกล้แหล่งน้ำ บริเวณใกล้อาคาร เป็นต้น

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำไม้กระถินยักษ์ในพื้นที่แต่ละบริเวณที่แตกต่างกันมาหาสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ เช่น ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ ค่ามอดูลัสแตกหัก ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ไม้กระถินยักษ์ในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงเป็นแนวทางในการจัดการพืชกรูกรานต่างถิ่นได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

เลือกไม้กระถินยักษ์ที่บริเวณส่วนกลางของลำต้นอายุเฉลี่ย 10 ปี จากในพื้นที่บริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยเลือกจาก 3 พื้นที่ที่แตกต่างกัน ได้แก่ บริเวณป่า บริเวณใกล้อาคาร และบริเวณใกล้แหล่งน้ำ แสดงดัง Figure 1

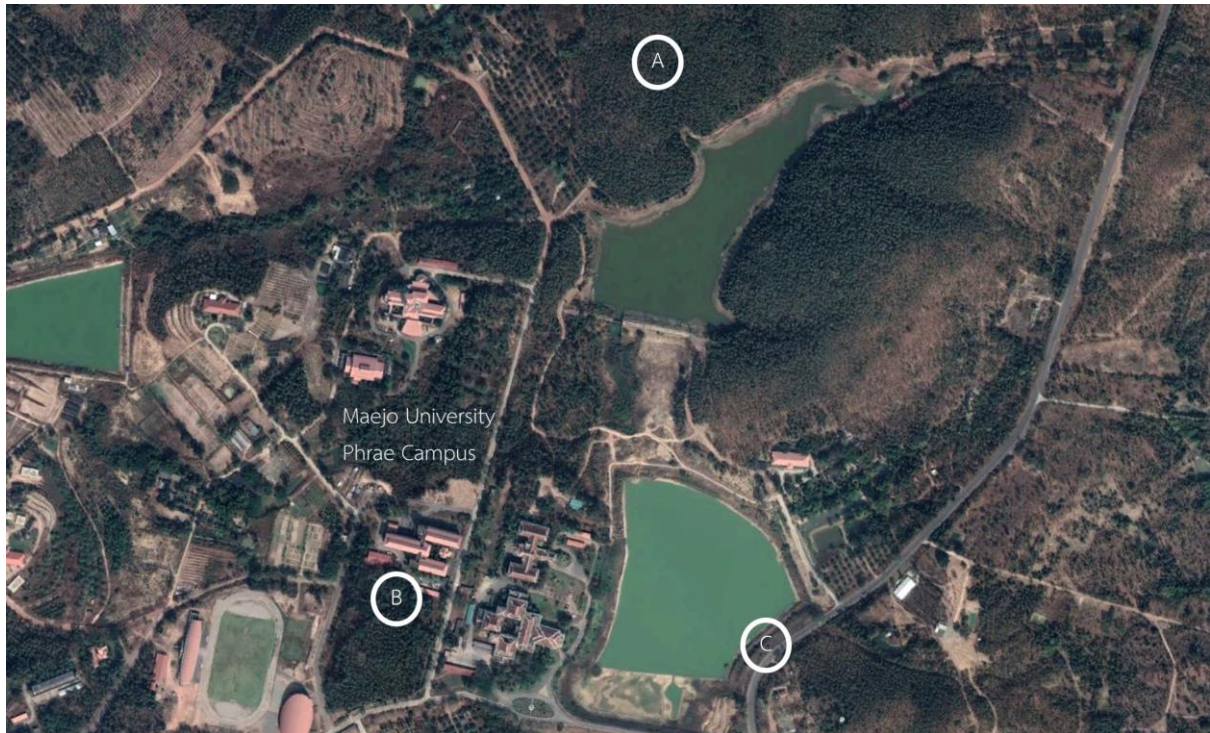


Figure 1 *Leucaena leucocephala* tree sample locations in each zone: (A) forest, (B) nearby building and (C) nearby reservoir

การทดสอบ

นำไม้กระถินยักษ์จากทั้ง 3 พื้นที่ มาทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลศาสตร์ ตามมาตรฐาน BS 373 standard (1985) และมาตรฐาน ASTM D 143 standard (2014) ได้แก่ ค่าความชื้น (moisture content) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ค่ามอดูลัสแตกหัก (modulus of rupture, MOR) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity, MOE) ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน (compression parallel to grain) ค่าแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (compression perpendicular to grain) ค่าความแข็ง (Hardness) และความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (shearing stress parallel to grain) โดยก่อนการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ได้มีการปรับสภาวะชิ้นทดสอบให้มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 12 ซึ่งมีการทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบหาค่าความชื้นและความถ่วงจำเพาะ โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ ซึ่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนอบ จากนั้นวัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาวของชิ้นทดสอบ ทำการอบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนได้น้ำหนักของชิ้นทดสอบคงที่ หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักขึ้น

ทดสอบ เป็นน้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง แล้ววัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาวของชิ้นทดสอบหลังอบ โดยการหาค่าปริมาณความชื้น แสดงดังสมการที่ (1)

$$Mc = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ Mc คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

M_1 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนอบ (กรัม)

M_2 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบ (กรัม)

การหาค่าความถ่วงจำเพาะ แสดงดังสมการที่ (2)

$$G = \frac{M_2}{V \rho_w} \quad (2)$$

เมื่อ G คือ ความถ่วงจำเพาะ

M_2 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบ (กรัม)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (=1 กรัม/ลูกบาศก์มิลลิเมตร)

การทดสอบมอดูลัสแตกหักและมอดูลัสยืดหยุ่นสามารถทำได้โดยทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบไปวางบนแท่นรอง (supports) ของเครื่องทดสอบสากล

(universal testing machine) ยี่ห้อ BPS INSTRUMENT รุ่น BA-100 ซึ่งระยะวางห่างกัน 280 มิลลิเมตร ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกจากจุดที่รองรับด้านละ 10 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักภายในเวลา 1.5 ± 0.5 นาที จากนั้นหาค่ามอดูลัสแตกหัก แสดงดังสมการที่ (3)

$$MOR = \frac{3 F_{max} L}{2 b t^2} \quad (3)$$

เมื่อ MOR คือ มอดูลัสแตกหัก (เมกะปาสกาล)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

L คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ (มิลลิเมตร)

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นไม้ (มิลลิเมตร)

ส่วนการหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้ แสดงดังสมการที่ (4)

$$MOE = \frac{L^3 (F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)} \quad (4)$$

เมื่อ MOE คือ มอดูลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสกาล)

L คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ (มิลลิเมตร)

$F_2 - F_1$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง (นิวตัน)

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง (มิลลิเมตร)

การทดสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยน สามารถทำได้โดยทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 60 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบไปวางบนอุปกรณ์สำหรับทดสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยนของเครื่องทดสอบสากล ในแนวตั้งแล้วทำการกดชิ้นทดสอบให้แรงกระจายสม่ำเสมอบนผิวหน้าตัด โดยให้ไม้แตกหักภายในเวลา 1.5 ± 0.5 นาที จากนั้นคำนวณค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยน แสดงดังสมการที่ (5)

$$C_{pa} = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (5)$$

เมื่อ C_{pa} คือ ความเค้นอัดขนานเสี้ยน (เมกะปาสกาล)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

$a \times b$ คือ ขนาดหน้าตัดของตัวอย่างไม้ (มิลลิเมตร)

การทดสอบความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน สามารถทำได้โดยทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 60 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบไปวางบนอุปกรณ์สำหรับทดสอบความเค้นอัดขนานเสี้ยนของเครื่องทดสอบสากล ในแนวนอน โดยนำแผ่นเหล็กขนาด 20 มิลลิเมตร x 5 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร วางทับบริเวณกึ่งกลางของผิวหน้าไม้ในลักษณะตั้งฉากกัน แล้วทำการกดชิ้นทดสอบให้แรงกระจายสม่ำเสมอบนผิวหน้าตัด โดยให้แผ่นเหล็กกดยุบลงไปบนผิวหน้าไม้ 2.50 มิลลิเมตร ภายในเวลา 1.5 ± 0.5 นาที จากนั้นคำนวณค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน แสดงดังสมการที่ (6)

$$C_{pe} = \frac{F_{max}}{(a \times b) \times L} \quad (6)$$

เมื่อ C_{pe} คือ ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน (เมกะปาสกาล)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

$a \times b$ คือ ขนาดหน้าตัดของตัวอย่างไม้ (มิลลิเมตร)

L คือ ความกว้างของแผ่นเหล็ก (มิลลิเมตร)

การทดสอบความแข็ง สามารถทำได้โดยทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบไปวางบนอุปกรณ์สำหรับทดสอบความแข็งของเครื่องทดสอบสากล แล้วทำการกดด้วยเหล็กขนาดครึ่งวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 11.28 มิลลิเมตร ให้จมลงไปบนเนื้อไม้ลึก 5.64 มิลลิเมตร จากนั้นคำนวณค่าความแข็ง แสดงดังสมการที่ (7)

$$H = F_{max} K \quad (7)$$

เมื่อ H คือ ความแข็ง (นิวตัน)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์ (=1 มิลลิเมตร)

การทดสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน สามารถทำได้โดยทำได้โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร จำนวนพื้นที่ละ 5 ซ้ำ นำชิ้นทดสอบไปวางบนอุปกรณ์สำหรับทดสอบความเค้นเฉือนขนานเสี้ยนของเครื่องทดสอบสากล แล้วทำการกดด้วยความเร็วคงที่ให้ชิ้นไม้ขาดออกจากกัน ภายในระยะเวลา 1.5 ± 0.5 นาที จากนั้นคำนวณค่าความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน แสดงดังสมการที่ (8)

$$S = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (8)$$

เมื่อ S คือ ความเค้นเฉือนขนานเส้น (เมกะปาสกาล)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

$a \times b$ คือ ขนาดหน้าตัดของตัวอย่างไม้ (มิลลิเมตร)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลค่ามอดูลัสแตกหัก ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าแรงอัดขนานเส้น ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้น ค่าความแข็ง และ ค่าความเค้นเฉือนขนานเส้น มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ความชื้นและความหนาแน่น

ค่าความชื้นของไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าความชื้นต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 25.70±1.32 รองลงมาคือ

ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 27.42±0.84 และไม้กระถินยักษ์บริเวณใกล้แหล่งน้ำมีค่าความชื้นสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 28.95±1.20 ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าความถ่วงจำเพาะสูงที่สุดเฉลี่ย 0.63±0.03 รองลงมาคือ ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.60±0.02 และไม้กระถินยักษ์บริเวณใกล้แหล่งน้ำมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุดเฉลี่ย 0.57±0.07 แสดงดัง Table 1 โดยไม้กระถินยักษ์มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับการทดลองของ Chavan *et al.* (2015) ที่ได้ทำการทดสอบสมบัติของไม้กระถินยักษ์ในประเทศอินเดีย เพื่อนำมาทำเป็นเยื่อและเชื้อเพลิง พบว่า ไม้กระถินยักษ์มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.65 และใกล้เคียงกับการทดลองของ Mainoo and Ulzen-appiah (1996) ที่ได้ทำการทดสอบสมบัติของไม้กระถินยักษ์อายุ 4 ปีในประเทศกานา พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.67

Table 1 Moisture content and specific gravity of *Leucaena leucocephala* wood samples by zone.

Zone	Moisture content (percentage)	Specific gravity
Forest	25.70±1.32	0.63±0.03
Nearby building	27.42±0.84	0.60±0.02
Nearby reservoir	28.95±1.20	0.57±0.07
Average	27.36±1.12	0.60±0.04

Remarks: Values are mean±standard deviation (SD)

ค่ามอดูลัสแตกหัก ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าแรงอัดขนานเส้น ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้น ค่าความแข็ง และ ค่าความเค้นเฉือนขนานเส้นสมบัติทางกลศาสตร์

การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์ทั้ง 3 บริเวณ พบว่า ค่ามอดูลัสแตกหักของไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 115.75±4.35 เมกะปาสกาล ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารที่มีค่าเฉลี่ย 108.72±4.82 เมกะปาสกาล และไม้กระถินยักษ์บริเวณใกล้แหล่งน้ำที่มีค่าเฉลี่ย 102.73±2.09 เมกะปาสกาล ส่วนค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของไม้กระถินยักษ์ทั้ง 3 บริเวณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 10,055.09±27.55

เมกะปาสกาล รองลงมาคือ ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าเฉลี่ย 10,032.08±33.41 เมกะปาสกาล และไม้กระถินยักษ์ใกล้แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ย 10,020.36±14.07 เมกะปาสกาล เช่นเดียวกับค่าแรงอัดขนานเส้นของไม้กระถินยักษ์ทั้ง 3 บริเวณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 55.93±2.46 เมกะปาสกาล รองลงมาคือ ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าเฉลี่ย 53.66±2.72 เมกะปาสกาล และไม้กระถินยักษ์ใกล้แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ย 53.62±2.00 เมกะปาสกาล ส่วนค่าแรงอัดตั้งฉากเส้นของไม้กระถินยักษ์ทั้ง 3 บริเวณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 6.05±0.31 เมกะปาสกาล รองลงมาคือ ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าเฉลี่ย

6.03±0.62 เมกะปาสกาล และไม้กระถินยักษ์ใกล้แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ย 5.99±0.44 เมกะปาสกาล เช่นเดียวกับค่าความแข็งของไม้กระถินยักษ์ทั้ง 3 บริเวณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 4,236.68±40.45 นิวตัน รองลงมาคือ ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าเฉลี่ย 4,217.30±43.67 นิวตัน และไม้กระถินยักษ์ใกล้แหล่งน้ำมีค่าเฉลี่ย 4,191.04±60.97 นิวตัน ส่วนค่าความเค้นเฉือนขนานเส้นของไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 20.82±1.02 เมกะปาสกาล ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับไม้กระถินยักษ์จากบริเวณใกล้อาคารที่มีค่าเฉลี่ย 19.24±1.16 เมกะปาสกาล แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับไม้กระถินยักษ์บริเวณใกล้แหล่งน้ำที่มีค่าเฉลี่ย 17.62±1.82 เมกะปาสกาล แสดงดัง Table 2 และ Table 3

ค่าการทดสอบทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์บริเวณในป่ามีค่าใกล้เคียงกับ Forest Research and Development Office (2005) ที่ได้ทำการทดสอบค่าสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์บริเวณสวนป่า พบว่า มีค่าความชื้นร้อยละ 10.37 ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.61 ค่ามอดูลัสแตกหัก 123 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 11,270 เมกะปาสกาล ค่าแรงอัดขนานเส้นเฉลี่ย 64.9 เมกะปาสกาล ค่าความแข็งเฉลี่ย 4,540 นิวตัน และค่าความเค้นเฉือนขนานเส้น 23 เมกะปาสกาล

และใกล้เคียงกับการทดลอง Carrillo *et al.* (2011) ที่ได้ทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้กระถินยักษ์ในบริเวณพื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเม็กซิโก พบว่า มีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 109 เมกะปาสกาล และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุดเฉลี่ย 10,300 เมกะปาสกาล รวมถึงใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Olufemi *et al.* (2018) ที่ได้ทำการทดสอบสมบัติเชิงกลของไม้กระถินยักษ์ พบว่า ไม้กระถินยักษ์ในสภาวะควบคุมมีค่ามอดูลัสแตกหัก 90 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 11,323.47 เมกะปาสกาล จากข้อมูลดัชนีการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วของไม้กระถินยักษ์จาก Forest Products Development Division (2004) พบว่า ไม้กระถินยักษ์ที่มีอายุน้อยส่งผลต่อสมบัติทางกลศาสตร์ที่ต่ำ ซึ่งไม้กระถินยักษ์ที่มีอายุเฉลี่ยเพียง 6 ปี ยังไม่เหมาะสมต่อการนำมาทำเป็นไม้โครงสร้าง โดยไม้กระถินยักษ์ในบริเวณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่มีอายุเฉลี่ย 10 ปีมีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 109.07±3.75 เมกะปาสกาล และค่าแรงอัดขนานเส้นเฉลี่ย 54.40±2.39 เมกะปาสกาล จัดอยู่ในไม้ประเภทที่มีค่าความแข็งแรงสูงในชั้นความแข็งแรง A เนื่องจากมีค่ามอดูลัสแตกหักสูงกว่า 95 เมกะปาสกาล และค่าแรงอัดขนานเส้นสูงกว่า 51 เมกะปาสกาล (Forest Products Development Division, 2010)

Table 2 MOR, MOE, compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, hardness and shear of *Leucaena leucocephala* wood samples by zone

Zone	MOR (MPa)	MOE (MPa)	Compression parallel to grain (MPa)	Compression perpendicular to grain (MPa)	Hardness (N)	Shear (MPa)
Forest	115.75±4.35 ^a	10,055.09±27.55 ^{ns}	55.93±2.46 ^{ns}	6.03±0.62 ^{ns}	4,217.30±43.67 ^{ns}	20.82±1.02 ^a
Nearby building	108.72±4.82 ^b	10,032.08±33.41 ^{ns}	53.66±2.72 ^{ns}	6.05±0.31 ^{ns}	4,236.68±40.45 ^{ns}	19.24±1.16 ^{ab}
Nearby reservoir	102.73±2.09 ^c	10,020.36±14.07 ^{ns}	53.62±2.00 ^{ns}	5.99±0.44 ^{ns}	4,191.04±60.97 ^{ns}	17.62±1.82 ^b
Average	109.07±3.75	10,035.84±25.01	54.40±2.39	6.03±0.45	4,215.00±48.36	19.23±1.33

Remarks: Lowercase superscripts (a, b and c) indicate significant ($p<0.05$) differences between MOR and shear; ns indicates not significant ($p>0.05$) differences between MOE, compression parallel to grain, compression perpendicular to grain and hardness based on ANOVA, followed by Duncan's new multiple range test

Table 3 Statistical analysis of MOR, MOE, compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, hardness and shear of *Leucaena leucocephala* wood samples by zone

Parameter	Group	Sum of squares	df	Mean square	F	p-Value
MOR	Between group	424.428	2	212.214	13.685	0.001
	Within group	186.084	12	15.507		
	Total	610.512	14			
MOE	Between group	3,121.887	2	1,560.943	2.259	0.147
	Within group	8,291.390	12	690.949		
	Total	11,413.277	14			
Compression parallel to grain	Between group	17.478	2	8.739	1.501	0.262
	Within group	69.878	12	5.823		
	Total	87.356	14			
Compression perpendicular to grain	Between group	0.009	2	0.005	0.021	0.979
	Within group	2.660	12	0.222		
	Total	2.669	14			
Hardness	Between group	5,247.403	2	2,623.701	1.084	0.369
	Within group	29,044.027	12	2,420.336		
	Total	34,291.430	14			
Shear	Between group	25.665	2	12.833	6.789	0.011
	Within group	22.682	12	1.890		
	Total	48.347	14			

สรุป

ไม้กระถินยักษ์จากบริเวณในป่ามีค่าการทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 25.70 ± 1.32 ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย 0.63 ± 0.03 ค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 115.75 ± 4.35 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย $10,055.09 \pm 27.55$ เมกะปาสกาล ค่าแรงอัดขนานเส้นใยเฉลี่ย 55.93 ± 2.46 เมกะปาสกาล ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้นใยเฉลี่ย 6.03 ± 0.62 เมกะปาสกาล ค่าความแข็งเฉลี่ย $4,217.30 \pm 43.67$ นิวตัน และค่าความเค้นเฉือนขนานเส้นใยเฉลี่ย 20.82 ± 1.02 เมกะปาสกาล

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ปลูกต้นกระถินยักษ์ และสถานที่ที่ใช้สำหรับการวิจัย รวมถึงนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัย-

แม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ช่วยเก็บข้อมูลในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

- Aerts, R., Volckaert, H., Roongruangsree, N., Roongruangsree, U., Swennen, R., Muys, B. 2009. Site requirements of the endangered rosewood *Dalbergia oliveri* in a tropical deciduous forest in northern Thailand. **Forest Ecology and Management**, 259(1): 117–123. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.051
- Angelis, A.D., Gasco, L., Parisi, G., Danieli, P.P. 2021. A multipurpose leguminous plant for the Mediterranean countries: *Leucaena leucocephala* as an alternative protein source:

- A review. **Animals**, 11(8): 2230. doi: 10.3390/ani11082230
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2014. **D 143**. Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.
- British Standard (BS). 1985. **BS 373**. Method of Testing Small Clear Specimens of Timber. British Standards Institution.
- Carrillo, A., Garza, M., Nañez, M.D.J., Garza, F., Foroughbakhch, R., Sandoval, S. 2011. Physical and mechanical wood properties of 14 timber species from Northeast Mexico. **Annals of Forest Science**, 68(4): 675-679. doi: 10.1007/s13595-011-0083-1
- Chavan, S.B., Uthappa, A.R., Keerthika, A., Parthiban, K.T., Vennila, S., Kumar, P., Anbu, P.V., Newaj, R., Sridhar, K.B. 2015. Suitability of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit as a source of pulp and fuelwood in India. **Journal of Tree Sciences**, 34(1): 30-38.
- Diloksumpun, P., Arunwarakorn, S. 2021. Study of logistics and supply chain management of teak wood product industry in the northern part of Thailand. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, 42 (4): 703-714. doi: 10.34044/j.kjss.2021.42.4.01
- Forest Products Development Division. 2004. **Basic Wood Utilization**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Products Development Division. 2010. **General Characteristics of Thai Timbers**. Forest Research and Development Bureau. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Forest Research and Development Office. 2005. **The Thai Hardwoods**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lafleur, M.C.C., Fraanje, P.J. 1997. Towards sustainable use of the renewable resource wood in the Netherlands — a systematic approach. **Resources, Conservation and Recycling**, 20(1): 19-29. doi: 10.1016/S0921-3449(97)01195-6
- Mainoo, A.A., Ulzen-appiah, F. 1996. Growth, wood yield and energy characteristics of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Senna siamea* at age four years. **Ghana Journal of Forestry**, 3: 69-79.
- Olufemi, B., Ayanleye, S.O., Iyiola, E.A. 2018. Influence of thermal and chemical modification on the physical and mechanical properties of *Leucaena leucocephala* wood. **Asian Journal of Advanced Research and Reports**, 2(2): 1-7. doi: 10.9734/AJARR/2018/v2i229744
- Rahman, W.A., Johari, N.A.N., Sarmin, S.N., Yunus, N.Y.M., Japarudin, Y., Mahmud, J., Khairuddin, M.N. 2020. *Leucaena leucocephala*: a fast-growing tree for the Malaysian particleboard industry. **BioResources**, 15(4): 7433-7442. doi: 10.15376/biores.15.4.7433-7442
- Sharma, P., Kaur, A., Batish, D.R., Kaur, S. Chauhan, B.S. 2022. Critical insights into the ecological and invasive attributes of *Leucaena leucocephala*, a tropical agroforestry species. **Frontiers in Agronomy**, 41(4): 890992 doi: 10.3389/fagro.2022.890992
- Tewari, S.K., Katiyar, R.S., Ram, B., Misra, P.N. 2003. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. **Biomass and Bioenergy**, 26(3): 229-234. doi: 10.1016/S0961-9534(03)00118-1

- Wan-Mohd-Nazri, W.A.R., Jamaludin, K., Rahim, S., Nor Yuziah, M.Y., Abdul-Hamid, H. 2011. Strand properties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit wood. **African Journal of Agricultural Research**, 6(22): 5181–5191. doi: 10.5897/AJAR11.514
- Wanishdilokratn, T., Sukjareon, S., Howpinjai, I., Asanok, L. 2022. Enhancing *Leucaena leucocephala* wood preservation by steeping it in boron compounds and acetic acid to protect against termites. **Wood Research**, 67(2): 213–220. doi: 10.37763/wr.1336-4561/67.2.213220
- Xu, D.P., Xu, S.S., Zhang, N.N., Yang, Z.J., Hong, Z. 2019. Chloroplast genome of *Dalbergia cochinchinensis* (Fabaceae), a rare and endangered rosewood species in Southeast Asia. **Mitochondrial DNA Part B**, 4(1): 1144–1145. doi: 10.1080/23802359.2019.1591190
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี

Recreational Value of Namtok Sam Lan National Park, Saraburi Province

กาญจนา คงเพชรพะเนา^{1,2}Kanchana Khongphetphanao^{1,2}สันติ สุขสอาด^{1*}Santi Suksard^{1*}อภิชาติ ภัทรธรรม¹Apichart Pattaratuma¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 2 (ศรีราชา) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ศรีราชา ชลบุรี 20110²Protected Areas Regional Office 2 (Sriracha), Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Sriracha, Chon Buri 20110

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

รับต้นฉบับ 5 สิงหาคม 2566

รับแก้ไข 18 กันยายน 2566

รับลงพิมพ์ 29 กันยายน 2566

ABSTRACT

The socio-economic characteristics of tourists visiting Namtok Sam Lan National Park, Saraburi province were investigated and the recreational value was evaluated based on the zonal travel cost and the individual travel cost methods. Data were collected from 400 tourists who traveled to the Namtok Sam Lan National Park during January–April 2022. The descriptive statistics were applied including the frequency, percentage, minimum and maximum numbers in each tourist group, in conjunction with stepwise multiple regression analysis at the 0.05 significance level.

The results showed that the average age of the tourists was 40.42 years and the majority were female (51.25%). Most tourists were at the educational level of a bachelor's degree (63.75%). The main tourist occupation was private company/employee (37.00%) with the average salary for the respondents being 36,030.13 baht/month. Most visitors were first-time tourists (59.25%), while 87.75% came for recreational purposes. Furthermore, 72.00 % of the tourists traveled with their families, with the average number of people per group being 3. Most of the respondents (96.50%) traveled using personal vehicles and 94.75% intended to come back to the park again. The recreational value of the park based on the zonal travel cost method was 16,119,850.05 baht/year. Overall, the number of tourists visiting was related to their trip expense with the total individual travel cost was 33,624,910.30 baht/year. The other factors relating the number of tourists to the national park were travel distance and age of tourists.

Keywords: Value; Recreation; Namtok Sam Lan National Park

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของนักท่องเที่ยวและประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต และวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์นักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้าไปเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรีระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565 จำนวน 400 คน โดยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และสมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างของนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 51.25 มีอายุเฉลี่ย 40.42 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 63.75 ทำงานบริษัทเอกชน/รับจ้าง ร้อยละ 37.00 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 36,030.13 บาท นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาเที่ยวเป็นครั้งแรก ร้อยละ 59.25 เดินทางมาท่องเที่ยวเพราะเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 87.75 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางมากับครอบครัว ร้อยละ 72.00 มาเที่ยวเป็นกลุ่มเฉลี่ย 3 คน ส่วนใหญ่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัว ร้อยละ 96.50 และต้องการกลับมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ร้อยละ 94.75 การประเมินมูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต มีมูลค่า 33,624,910.30 บาทต่อปี พบว่า ปัจจัยอิทธิพลต่อการเดินทางมาท่องเที่ยว คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จากการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล พบว่ามีมูลค่า 16,119,850.05 บาทต่อปี ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางมาท่องเที่ยว ได้แก่ ระยะทางจากที่พัก และอายุของนักท่องเที่ยว

คำสำคัญ: มูลค่า นันทนาการ อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น

คำนำ

อุทยานแห่งชาติ (national park) ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อคุ้มครองพื้นที่ธรรมชาติที่กว้างใหญ่ มีทรัพยากรโดดเด่น หาได้ยาก มีความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งชนิดพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ธรรมิสิ่งแวดล้อม และมีสภาพความสวยงามตามธรรมชาติ ให้คงสภาพเดิมอยู่โดยไม่ถูกทำลายหรือเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งเป็นสถานที่ศึกษา ค้นคว้าวิจัย และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจของประชาชน ซึ่งจะมีการกำหนดกิจกรรมทางนันทนาการที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมกับคุณสมบัติของทรัพยากรในแต่ละพื้นที่ (National Park Office, 2008) ซึ่งในปัจจุบันอุทยานแห่งชาติทั่วประเทศมีจำนวน 133 แห่ง (National Parks Office, 2021) เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้าไปประกอบกิจกรรมนันทนาการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติอย่างหลากหลาย ดังนั้นอุทยานแห่งชาติจึงเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่า มีศักยภาพที่เหมาะสมแก่การท่องเที่ยวและนันทนาการ สมควรแก่การอนุรักษ์และรักษาไว้ และที่สำคัญควรมีการวางแผนการจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติเพื่อพัฒนา การท่องเที่ยว และการนันทนาการให้มีประสิทธิภาพ และช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อทรัพยากรในพื้นที่ให้น้อยที่สุด

อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ถูกจัดตั้งขึ้นเป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 27 ของประเทศไทย มีพื้นที่ครอบคลุมท้องที่อำเภอแก่งคอย อำเภอหนองแค อำเภอวิหารแดง และอำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญหลายแห่ง อาทิ น้ำตกสามหลั่น น้ำตกโดนรากไทร น้ำตกโพธิ์หินดาด และอ่างเก็บน้ำเขารวก (National Parks Office, 2020) อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นมีระยะทางไม่ไกลจากกรุงเทพมหานคร นักท่องเที่ยวนิยมเดินทางเข้าไปท่องเที่ยวและประกอบกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ จำนวนมาก ในปี พ.ศ. 2564 มีนักท่องเที่ยวเดินทางไปเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จำนวน 47,834 คน (National Parks Office, 2022) ปัจจุบันธรรมชาติในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นกำลังถูกคุกคามโดยกิจกรรมของมนุษย์มากขึ้นจากการเดินทางเข้าไปท่องเที่ยวและประกอบกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ ในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยเฉพาะปัจจุบันนักท่องเที่ยวนิยมเข้าไปทำกิจกรรมกางเต็นท์พักผ่อน ซึ่งในช่วงเวลาที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากส่งผลให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น ปัญหาขยะ ปัญหาด้านที่จอดรถ เป็นต้น ซึ่งปัญหาต่าง ๆ เกิดจากการขยายตัวของนักท่องเที่ยวและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอยู่อย่างจำกัด รวมถึงการจัดการของภาครัฐที่อาศัยกฎหมาย ข้อบังคับต่าง ๆ

ในการจัดการที่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุหนึ่งของการไม่ประสบความสำเร็จ คือ ภาครัฐขาดฐานข้อมูลที่จะสะท้อนให้เห็นว่าประชาชนในประเทศให้ความสำคัญอย่างไรต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เมื่อเปรียบเทียบกับ การให้ความสำคัญกับสินค้าชนิดอื่น เนื่องจากประโยชน์ส่วนใหญ่ของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ คือ สินค้าหรือบริการที่ไม่มีราคาหรือไม่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนในตลาด เพราะสินค้าเหล่านี้มีลักษณะเป็นสินค้าสาธารณะ ซึ่งเป็นสินค้าที่บริโภคพร้อมกันได้ และไม่สามารถกีดกันการบริโภคของบุคคลอื่นได้ ส่งผลให้เกิดการล้มเหลวของตลาดขึ้น ในขณะที่ประโยชน์ของการใช้พื้นที่ในการทำกิจกรรมทางเศรษฐกิจอื่น ๆ มีมูลค่าที่ปรากฏเป็นตัวเงินอย่างชัดเจน ดังนั้น จึงต้องมีการควบคุมและดูแลกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและผจญภัยให้อยู่ในขอบเขตที่ธรรมชาติสามารถรองรับได้ โดยอาจจะดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การบริหารจัดการการท่องเที่ยวทางธรรมชาติด้วยวิธีการต่าง ๆ หรือการนำเครื่องมือด้านเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เช่น การเก็บค่าธรรมเนียมหรือค่าผ่านประตู การเก็บภาษีในรูปแบบต่าง ๆ การควบคุมปริมาณนักท่องเที่ยว เป็นต้น

การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นวิธีที่ใช้วัดมูลค่าจากการใช้ประโยชน์โดยตรง และมีการนำมาใช้ในการประเมินมูลค่าด้านนันทนาการของสถานที่ท่องเที่ยว เนื่องจากมูลค่าด้านนันทนาการของแหล่งธรรมชาติเป็นมูลค่าที่ไม่ปรากฏอยู่ในรูปของตัวเงินอย่างชัดเจน กลไกตลาดจึงไม่สามารถเข้าไปจัดสรรการใช้ประโยชน์ได้ (Petcharanon, 2010) วิธีการประเมินมูลค่าโดยใช้ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อประเมินมูลค่าด้านนันทนาการ

การศึกษาเรื่องการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นในครั้งนี้จะสามารถแสดงให้เห็นว่าอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเป็นพื้นที่ที่มีคุณค่าและความสำคัญทั้งทางด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ทางด้านการท่องเที่ยว และทางด้านนันทนาการ ซึ่งหากขาดการบำรุงดูแลและการจัดการที่ไม่เป็นระบบ จะส่งผลให้แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติเสื่อมโทรม และสูญเสียความงามตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นคุณค่าและความสำคัญที่ไม่สามารถประเมินค่าเป็นตัวเงินที่ชัดเจนได้ จึงต้องมีการประเมินคุณค่าของทรัพยากรในพื้นที่ เพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณค่าและความสำคัญของการรักษาทรัพยากรในพื้นที่ให้คงอยู่ และสะท้อนให้เห็นว่า

ประชาชนให้ความสำคัญและเห็นคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติ มากน้อยเพียงใด อีกทั้ง สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับรู้ และมีความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของทรัพยากร ตลอดจนสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการจัดทำแผนในการพัฒนาและบริหารจัดการอุทยานแห่งชาติในด้านดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการบริการนักท่องเที่ยว และด้านกิจกรรมนันทนาการในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่น้อยที่สุด อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเป็นพื้นที่ที่มีมูลค่าที่สมควรเก็บรักษาไว้ให้ประชาชนได้เข้าไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การศึกษครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น และ 2) การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย และสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และข้อมูลของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เก็บข้อมูลจากการใช้แบบสัมภาษณ์ในการสัมภาษณ์นักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จังหวัดสระบุรี โดยแบ่งเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ และเขตที่พักอาศัย เป็นต้น ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะการมาท่องเที่ยว ประกอบด้วย วัตถุประสงค์และเหตุผลที่มาท่องเที่ยว ความตั้งใจในการมาท่องเที่ยว กิจกรรมนันทนาการที่ทำ ความถี่และระยะเวลาในการเดินทางมาท่องเที่ยว เป็นต้น และส่วนที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย พาหนะในการเดินทางมาท่องเที่ยว ระยะเวลาการเดินทางในการมาท่องเที่ยวที่สะท้อนให้เห็นต้นทุนค่าเสียโอกาสของเวลาจากการเสียสละเวลาในการทำกิจกรรมอื่น ๆ ของนักท่องเที่ยว เพื่อใช้ในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ค่าใช้จ่ายในการมาท่องเที่ยว เป็นต้น

กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) โดยใช้สูตรของ Yamane (1973) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 0.05 โดยมีนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 47,834 คน (National Parks Office, 2021) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 396.67 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 400 คน ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของนักท่องเที่ยว ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ อาชีพ ระดับการศึกษารายได้ เป็นต้น และข้อมูลเกี่ยวกับการมาร่วมกิจกรรมนันทนาการในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในรูปของค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย

2. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยาน-แห่งชาติน้ำตกสามหลั่นโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต (zonal travel cost method, ZTCM) Isawilanont (1997) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.1 จำแนกตัวอย่างของนักท่องเที่ยวตามเขตที่กำหนด โดยให้ทำการอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเป็นศูนย์กลางและแบ่งพื้นที่ที่อยู่รอบ ๆ จุดศูนย์กลางออกเป็นแนวเขตในลักษณะวงแหวน จำนวน 8 เขต ดังนี้

เขตที่ 1 ระยะทาง 0-150 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครนายก จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดสุพรรณบุรี

เขตที่ 2 ระยะทาง 151-250 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดสระแก้ว จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดชัยนาท จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดราชบุรี จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงคราม

เขตที่ 3 ระยะทาง 251-350 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดกาญจนบุรี

เขตที่ 4 ระยะทาง 351-450 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดตราด จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดเลย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดสุโขทัย จังหวัดตาก และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เขตที่ 5 ระยะทาง 451-550 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดยโสธร จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่

เขตที่ 6 ระยะทาง 551-650 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดหนองคาย จังหวัดน่าน จังหวัดลำปาง จังหวัดลำพูน จังหวัดพะเยา และจังหวัดชุมพร

เขตที่ 7 ระยะทาง 651-750 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดระนอง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

เขตที่ 8 ระยะทาง มากกว่า 750 กิโลเมตร ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดกระบี่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง จังหวัดพัทลุง จังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส

2.2 คำนวณหาอัตราการมานันทนาการของนักท่องเที่ยวในแต่ละเขตต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี โดยใช้สมการ (1)

$$Q_i = \frac{(V_i/n)ND_i \times 1,000}{P_i} \quad (1)$$

โดยที่ Q_i = อัตราการมานันทนาการที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของประชากรในเขต i ต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี (ครั้ง)

V_i = จำนวนตัวอย่างของนักท่องเที่ยวในเขต i

n = จำนวนนักท่องเที่ยวที่ทำการสัมภาษณ์ 400 คน

N = จำนวนนักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ในปี พ.ศ. 2564

D_i = จำนวนวันที่มาท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวในเขต i

P_i = จำนวนประชากรในเขต i

i = จำนวนเขตที่อยู่อาศัยของนักท่องเที่ยว 8 เขต

2.3 คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมานันทนาการกับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว โดยใช้สมการ (2)

$$Q_i = f(TC_i, A_i, I_i, E_i, L_i, S_i) \quad (2)$$

โดยที่ Q_i = อัตราการมานันทนาการที่อุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นของประชากรในเขต i ต่อ ประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี (ครั้ง)

TC_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักกับ แหล่งนันทนาการ ประกอบด้วย ค่าพาหนะไป-กลับ ค่าอาหาร ค่าเครื่องดื่ม ค่าพักรวม ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และค่าเสียโอกาสของ เวลาที่เกิดจากการใช้จ่ายเพื่อการท่องเที่ยวต่อนักท่องเที่ยวกลุ่ม ตัวอย่าง 1 คน (ค่าเสียโอกาสของเวลาเท่ากับ $1/3$ หรือ 0.33 ของรายได้ต่อเดือน โดยกำหนดให้ 1 เดือน ทำงานเฉลี่ย 20 วัน วันละ 8 ชั่วโมง (บาท) (Suksard *et al.*, 2020)

A_i = อายุเฉลี่ยของนักท่องเที่ยวในเขต i (ปี)

I_i = รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของนักท่องเที่ยวในเขต i (บาทต่อเดือน)

E_i = จำนวนปีเฉลี่ยที่ได้รับการศึกษาของนักท่องเที่ยว ในเขต i (ปี)

L_i = ระยะทางในการเดินทางของนักท่องเที่ยวในเขต i (กิโลเมตร)

S_i = เพศของนักท่องเที่ยวในเขต i (ชาย=0, หญิง=1)

i = จำนวนเขตที่อยู่อาศัยของนักท่องเที่ยว 8 เขต

2.4 นำสมการ (2) มาคำนวณหาอัตราการมานันทนาการต่อประชากร 1,000 คน ในแต่ละเขต (Q_{ik}) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยสมมติให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพิ่มขึ้น (Z_k) เรื่อย ๆ ที่ระดับ (k)

2.5 คำนวณหาจำนวนครั้งในการมานันทนาการของ ประชากรแต่ละเขต โดยใช้สมการ (3)

$$B_{ik} = \frac{Q_{ik}P_i}{1,000} \quad (3)$$

โดยที่ B_{ik} = จำนวนครั้งในการมานันทนาการที่อุทยาน แห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของประชากรทั้งหมดในเขต i ในรอบ เวลา 1 ปี ณ ระดับค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ให้เพิ่มขึ้น Z_k บาท

Q_{ik} = อัตราการมานันทนาการที่อุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นต่อประชากร 1,000 คน เมื่อสมมติว่ามีค่าใช้จ่าย ในการเดินทางเพิ่มขึ้น (เมื่อ $Z_i=0$)

P_i = จำนวนประชากรทั้งหมดในเขต i

i = จำนวนเขตที่อยู่อาศัยของนักท่องเที่ยว 8 เขต

2.6 รวมจำนวนครั้งในการมานันทนาการของ ประชากรแต่ละเขต ณ ระดับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น จากสมการ (4)

$$Y_k = \sum_{i=1}^8 B_{ik} \quad (4)$$

โดยที่ Y_k = จำนวนครั้งในการมานันทนาการของ ประชากรรวมทั้ง 8 เขต ณ ระดับค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ เพิ่มขึ้น

B_{ik} = จำนวนครั้งในการมานันทนาการที่อุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น ของประชากรทั้งหมดในเขต i ในรอบเวลา 1 ปี ณ ระดับค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ให้เพิ่มขึ้น Z_k บาท

i = จำนวนเขตที่อยู่อาศัยของนักท่องเที่ยว 8 เขต

2.7 สร้างเส้นอุปสงค์สำหรับการมานันทนาการใน อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จากค่า Y_k ที่ได้ และคำนวณหา พื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ โดยใช้สูตรการคำนวณหาพื้นที่ตามหลัก เรขาคณิต ซึ่งพื้นที่ภายใต้เส้นอุปสงค์นี้ คือ มูลค่าความเต็มใจที่จะจ่าย หรือมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น

3. การประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล Pompinetpong (2005) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 ประเมินการเส้นอุปสงค์ในการเดินทางมา ท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น จากความสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการ ตัดสินใจมาเที่ยวของนักท่องเที่ยวแต่ละบุคคล กับจำนวนครั้ง ในการเดินทางมาเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของ นักท่องเที่ยวแต่ละบุคคล กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise multiple regression analysis) ดังสมการ (5)

$$V_i = f(TC_i, A_i, I_i, E_i, L_i, S_i) \quad (5)$$

โดยที่ V_i = จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่ อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (ครั้งต่อปี)

3.2 คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงสุด (choke price) ของนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายสูงสุดในการเดินทาง มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นที่นักท่องเที่ยว เต็มใจที่จะจ่าย โดยนำค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว ทั้งหมดของนักท่องเที่ยวแต่ละคนมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไป

หามากที่สุด แล้วกำหนดเปอร์เซ็นต์ที่ 95 ของข้อมูล ค่าใช้จ่ายในการมาท่องเที่ยวทั้งหมดของนักท่องเที่ยว (Chankaew *et al.*, 2013)

3.3 นำสมการ (5) มาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด (Consumer surplus: CS) ดังสมการ (6)

$$CS_i = \int_{TC_i}^{TC_{i(max)}} f(TC_i, A_i, I_i, E_i, L_i, S_i) dTC_i \quad (6)$$

โดยที่ CS_i = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมดของนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (บาทต่อปี)

ซึ่งคือผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ผู้มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ยินดีจะจ่ายกับ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ผู้มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นจ่ายจริง

$\overline{TC}_i$ = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว (บาท)

$TC_{i(max)}$ = ค่าใช้จ่ายในการมาท่องเที่ยวสูงสุดของนักท่องเที่ยว (บาท)

i = นักท่องเที่ยวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 400$

3.4 คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคเฉลี่ยต่อครั้ง (average consumer surplus: ACS) ดังสมการ (7)

$$ACS = CS_i / V_i \quad (7)$$

โดยที่ ACS = ส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเฉลี่ยต่อครั้ง (บาทต่อคนต่อปี)

CS_i = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมดของนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (บาทต่อปี)

V_i = จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (ครั้งต่อปี)

i = นักท่องเที่ยวที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 400$

3.5 คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น หรือมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ดังสมการ (8)

$$CS = ACS \times N \quad (8)$$

โดยที่ CS = ส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (บาทต่อปี)

N = จำนวนนักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น ในปี พ.ศ. 2564

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมข้อมูล และการมานันทนาการของนักท่องเที่ยว

นักท่องเที่ยวเป็นเพศหญิง ร้อยละ 51.25 และเพศชาย ร้อยละ 48.75

นักท่องเที่ยวมีอายุ 28-38 ปี ร้อยละ 30.50 รองลงมา อายุ 39-49 ปี อายุ 50-60 ปี อายุ 17-27 ปี และอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 29.75, 16.50, 16.00 และ 7.25 ตามลำดับ โดยมีอายุน้อยที่สุด 17 ปี อายุมากที่สุด 72 ปี และมีอายุเฉลี่ย 40.42 ปี

นักท่องเที่ยวมีสถานภาพการสมรสแล้ว ร้อยละ 57.25 รองลงมาคือ โสด และหย่าร้าง/หม้าย/แยกกันอยู่ ร้อยละ 41.25 และ 1.5 ตามลำดับ

นักท่องเที่ยวมีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน/รับจ้าง ร้อยละ 37.00 รองลงมาเป็น ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย นักเรียน/นักศึกษา เกษียณ พ่อบ้าน/แม่บ้าน/ว่างงาน และเกษตรกร ร้อยละ 25.00, 22.25, 6.25, 4.75, 4.25 และ 0.50 ตามลำดับ

นักท่องเที่ยวจบการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรี ร้อยละ 63.75 รองลงมาคือ จบการศึกษาระดับปริญญาโท อนุปริญญา/ปวส. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. มัธยมศึกษาตอนต้น และประถมศึกษา ร้อยละ 15.50, 10.25, 9.00, 1.25 และ 0.25 ตามลำดับ

นักท่องเที่ยวมีรายได้ต่อเดือนเท่ากับ 15,001-25,000 บาท ร้อยละ 28.25 รองลงมาคือ รายได้ 25,001-35,000 บาท 5,001-15,000 บาท 45,001-55,000 บาท 35,001-45,000 บาท มากกว่า 65,000 บาท น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท และรายได้ต่อเดือนเท่ากับ 55,001-65,000 บาท ร้อยละ 22.25, 14.25, 10.25, 9.50, 8.25, 4.00 และ 3.25 ตามลำดับ โดยนักท่องเที่ยวมีรายได้ต่อเดือนต่ำสุด 2,500.00 บาท สูงสุด 300,000.00 บาท และเฉลี่ย 36,030.13 บาท

นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีที่พักอาศัยอยู่ที่กรุงเทพมหานคร ร้อยละ 38.25 รองลงมาคือ จังหวัดปทุมธานี คิดเป็นร้อยละ 15.50 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ร้อยละ 9.00 เป็นต้น

แหล่งข้อมูลการท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวรู้จักอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นจากอินเทอร์เน็ต ร้อยละ 73.00 รองลงมาคือ รู้จักจากเพื่อน/ญาติพี่น้อง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย โทรทัศน์/วิทยุ หนังสือพิมพ์/นิตยสาร และบริษัทท่องเที่ยว ร้อยละ 39.00, 33.75, 5.25, 3.50, 1.00 และ 0.25 ตามลำดับ

ประสบการณ์การมาท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเป็นครั้งแรก ร้อยละ 59.25 รองลงมาเดินทางมาท่องเที่ยว 2-10 ครั้ง และ 11-20 ครั้ง ร้อยละ 38.75 และ 2.00 ตามลำดับ

รูปแบบในการมาเพื่อนันทนาการ พบว่า นักท่องเที่ยวจะพักค้างคืน จำนวน 1 คืน ร้อยละ 66.75 รองลงมาคือ พักค้างคืน จำนวน 2 คืน ไปเช้า – เย็นกลับ พักค้างคืน จำนวน 3 คืน และพักค้างคืน จำนวน 4 คืน และ 5 คืน เท่ากัน ร้อยละ 20.75, 7.25, 3.75 และ 0.75 ตามลำดับ

ความตั้งใจในการมาท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวมีความตั้งใจมาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นทีเดียว ร้อยละ 89.00 และนักท่องเที่ยวที่ตั้งใจไปท่องเที่ยวที่อื่นด้วย ร้อยละ 11.00 แหล่งท่องเที่ยวอื่น ๆ ที่ไป ได้แก่ วัดพระพุทธราย ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เจ็ดคด-โป่งก้อนเส้า อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อุทยานแห่งชาติน้ำตกเจ็ดสาวน้อย เป็นต้น

ลักษณะกลุ่มของการมาท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวกับครอบครัว ร้อยละ 72.00 รองลงมาคือ เดินทางมาท่องเที่ยวกับกลุ่มเพื่อน และมาคนเดียว ร้อยละ 19.25 และ 8.75 ตามลำดับ

จำนวนสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมเดินทาง พบว่า นักท่องเที่ยวมีจำนวนสมาชิกที่ร่วมเดินทาง จำนวน 1-3 คน ร้อยละ 74.25 รองลงมา คือ สมาชิกที่ร่วมเดินทาง จำนวน 4-6 คน จำนวน 7-9 คน และ จำนวน 10 คนขึ้นไป ร้อยละ 20.50, 2.50 และ 2.75 ตามลำดับ โดยมีนักท่องเที่ยวจำนวนน้อยที่สุด 1 คน มากที่สุด 11 คน และเฉลี่ย 3.01 คน

สถานที่ท่องเที่ยวที่เข้าไปเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวนิยมเข้าไปเที่ยวที่อ่างเก็บน้ำเขารวก ร้อยละ 98.50 รองลงมาคือ น้ำตกสามหลั่น น้ำตกโตนรากไทร และน้ำตกโพธิ์หินดาด ร้อยละ 66.00, 7.00 และ 2.75 ตามลำดับ

กิจกรรมนันทนาการที่ทำ พบว่า นักท่องเที่ยวนิยมมากางเต็นท์พักแรม ร้อยละ 90.00 รองลงมาคือ พักผ่อนหย่อนใจ

ถ่ายรูป เดินทางศึกษาธรรมชาติ ดูนก ปั่นจักรยาน และอื่น ๆ เช่น วัง เป็นต้น ร้อยละ 86.75, 56.75, 17.75, 14.50, 11.50 และ 2.00 ตามลำดับ

เหตุผลที่เดินทางมาท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวเพราะว่าเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 87.75 รองลงมาคือ เดินทางสะดวก แหล่งท่องเที่ยวใกล้บ้าน ทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน/ครอบครัว แหล่งศึกษาธรรมชาติ เพื่อน/ครอบครัว ชักชวน และแวะเพราะเป็นทางผ่าน ร้อยละ 70.50, 55.75, 48.00, 19.75, 19.50 และ 5.50 ตามลำดับ

พาหนะในการเดินทาง พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมาด้วยรถยนต์ส่วนตัว ร้อยละ 96.50 รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์ รถจักรยาน และรถโดยสารประจำทาง ร้อยละ 2.25, 0.75 และ 0.50 ตามลำดับ

ระยะทางในการเดินทาง พบว่า นักท่องเที่ยวมีระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น 51-100 กิโลเมตร ร้อยละ 48.00 รองลงมาคือ 101-150 กิโลเมตร น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 กิโลเมตร มากกว่า 200 กิโลเมตร และ 151-200 กิโลเมตร ร้อยละ 32.75, 11.75, 5.00 และ 2.50 ตามลำดับ โดยระยะทางจากที่พักน้อยที่สุด 10.00 กิโลเมตร มากที่สุด 800.00 กิโลเมตร และเฉลี่ย 111.57 กิโลเมตร

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว 501-1,500 บาท ร้อยละ 58.75 รองลงมาคือ ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว น้อยกว่าหรือเท่ากับ 500 บาท, 1,501-2,500 บาท, 2,501-3,500 บาท และ มากกว่า 3,500 บาท ขึ้นไป ร้อยละ 21.00, 12.75, 5.00 และ 2.50 ตามลำดับ โดยนักท่องเที่ยวมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด 170.00 บาท มากที่สุด 7,500.00 บาท และเฉลี่ย 1,145.48 บาท

การแวะชมแหล่งนันทนาการอื่น ๆ พบว่า นักท่องเที่ยวเดินทางมายังอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นโดยไม่ได้เยี่ยมชมแหล่งนันทนาการอื่น ๆ ร้อยละ 83.75 และได้เยี่ยมชมแหล่งนันทนาการอื่น ๆ ร้อยละ 16.25

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการ โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต

1. แบ่งเขตที่มาของนักท่องเที่ยวเป็น 8 เขต พบว่า มีนักท่องเที่ยวมาจากเขตที่ 1 มากที่สุด ร้อยละ 90.50 รองลงมาคือ นักท่องเที่ยวมาจากเขตที่ 2, เขตที่ 3, เขตที่ 4, เขตที่ 6, เขตที่ 8, เขตที่ 5 และเขตที่ 7 ร้อยละ 5.75, 1.00, 0.75, 0.50,

0.50, 0.25 และ 0.25 ตามลำดับ และอัตราการมานันทนาการของประชากรในแต่ละเขตต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี พบว่า เขต 1 มีมากที่สุดคือ 5.32 ครั้ง และเขต 5 น้อยที่สุด 0.04 ครั้ง (Table 1)

2. ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (TC_i) ของนักท่องเที่ยวในแต่ละเขต พบว่า นักท่องเที่ยวที่มาจากเขตที่ 1 มีค่าใช้จ่าย (TC_i) ต่ำสุด เท่ากับ 764.64 บาทต่อคน และนักท่องเที่ยวที่มาจากเขตที่ 7 มีค่าใช้จ่าย (TC_i) สูงสุด เท่ากับ 2060.94 บาทต่อคน (Table 2)

3. ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจมาเที่ยวของนักท่องเที่ยวต่ออัตราการมานันทนาการ ต่อประชากร 1,000 คน ในระยะเวลา 1 ปี ของแต่ละเขต (Q_i) มีเพียงปัจจัยเดียว คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวจากแต่ละเขต (TC_i) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังสมการ (9) (Table 3)

$$\ln Q_i = 21.429 - 3.184 \ln(TC_i) \quad (9)$$

Table 1 Recreation rate per 1,000 people per year for Namtok Sam Lan National Park.

Zone	Population* (P_i)	Sample size (V_i)	Average number of traveling days (D_i)	Recreation rate per 1,000 people per year (Q_i)
1	17,917,998	362	2.20	5.32
2	6,933,399	23	3.00	1.19
3	10,240,965	5	3.20	0.19
4	6,792,168	4	2.50	0.18
5	6,552,555	1	2.00	0.04
6	5,377,840	2	2.00	0.09
7	4,354,847	1	2.00	0.08
8	8,001,667	2	2.00	0.06
Total	66,171,439	400		

Remark: N = 47,834 (National Parks Office, 2022), n = 8

Source: *Department of Provincial Administration (2022)

Table 2 Average trip expense by tourists visiting Namtok Sam Lan National Park in each zone.

Zone	Trip expense (baht/person/time)		
	Travel cost (round trip)	Other costs	Total (TC_i)
1	377.03	387.61	764.64
2	684.48	432.33	1,116.81
3	720.79	461.82	1,182.61
4	713.62	556.11	1,269.73
5	424.06	681.82	1,105.88
6	450.91	611.25	1,062.16
7	1,310.94	750.00	2,060.94
8	810.46	1,045.83	1,856.29

Table 3 Parameters for equation relating recreation rate of 1,000 people to average trip expense.

Independent variable	Coefficient	t	p-value
Constant	21.429	3.965**	0.007
ln(TC _i)	-3.184	-4.264**	0.005
F = 18.184**		p-value = 0.005	R ² = 0.7520

Remark: **Significance level at 0.05

R² is coefficient of determination

จาก Table 3 พบว่า ค่า F เท่ากับ 18.184 มีค่า p-value เท่ากับ 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด คือ 0.05 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ค่า R² เท่ากับ 0.7520 แสดงว่า ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยของนักท่องเที่ยวสามารถอธิบายความแปรผันของอัตราการมานันทนาการได้ ร้อยละ 75.20 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 24.80 มีอิทธิพลมาจากตัวแปรอื่นที่ไม่ได้นำมาพิจารณา และอัตราการมานันทนาการของประชากร 1,000 คน มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -3.184 กล่าวคือ เมื่อค่าใช้จ่ายใน

การเดินทางเฉลี่ยของนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ร้อยละ 1 จะทำให้อัตราการมานันทนาการต่อประชากร 1,000 คน ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.184

4. การสร้างเส้นอุปสงค์รวมของการมาท่องเที่ยวทั้งหมดของประชากรทำได้โดยนำผลจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมานันทนาการของประชากร 1,000 คน (Q_i) กับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (TC_i) ของนักท่องเที่ยว ต่อประชากร 1,000 คน ในแต่ละเขต (A_{ik}) เมื่อสมมติการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพิ่มขึ้น (Z_k) เรื่อย ๆ จนอัตราการท่องเที่ยวในแต่ละเขตเท่ากับ 0 ได้ผลดัง Table 4

Table 4 Recreation rate change associated with increased trip expense.

Travel cost increase (baht)	Recreation rate for increased trip expense divided by zone (times)							
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
0	1.3352	0.3996	0.3330	0.2656	0.4124	0.4689	0.0568	0.0792
5	1.3078	0.3940	0.3286	0.2623	0.4065	0.4619	0.0563	0.0785
10	1.2811	0.3885	0.3242	0.2590	0.4007	0.4551	0.0559	0.0779
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
9,000	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002
10,000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
15,000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

5. คำนวณหาจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นทั้งหมดในแต่ละเขต ณ ระดับค่าใช้จ่ายที่สมมติ (Z_k) ที่ให้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และรวมจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวของประชากรจากทุกเขต ตาม

ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในระดับต่าง ๆ (i) แสดงผลดัง Table 5 ซึ่งเป็นจุดต่าง ๆ บนเส้นอุปสงค์รวมของนักท่องเที่ยว โดยในแต่ละจุดเกิดจากค่าใช้จ่ายสมมติให้เพิ่มขึ้นในแต่ละระดับ

Table 5 Trip frequency for increased trip expense.

Travel cost increase (baht)	Trip frequency for increased trip expense divided by zone (baht)								Total
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	
0	23,924	2,771	3,410	1,804	2,702	2,522	247	634	38,014
5	23,433	2,732	3,365	1,782	2,664	2,484	245	628	37,333
10	22,955	2,694	3,320	1,759	2,626	2,447	243	623	36,667
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
9,000	7	2	3	2	2	2	1	2	20
10,000	4	1	2	1	1	1	1	2	13
15,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6. คำนวณหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ (Figure 1) พื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์แสดงถึงมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายของนักท่องเที่ยวที่เป็นตัวเงินของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเพื่อนันทนาการหรือการท่องเที่ยว โดยใช้สูตรคำนวณหาพื้นที่ตามหลักเลขาคณิต การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขตมีค่าเท่ากับ 16,119,850.05 บาท (Table 6)

เมื่อพิจารณาการศึกษาเรื่องมูลค่าทางนันทนาการของแหล่งนันทนาการอื่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต พบว่า Tungkoon (2008) ศึกษามูลค่าทางนันทนาการ

ของสวนรุกขชาติห้วยแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ มีนักท่องเที่ยว 62,907 คนต่อปี ได้มีมูลค่าเท่ากับ 15,254,259.55 บาท และ Sompunya (2007) ศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช จังหวัดตาก มีนักท่องเที่ยว 22,782 คนต่อปี ได้มีมูลค่าเท่ากับ 14,580,775 บาท ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าทางนันทนาการของทั้ง 2 แห่ง มีมูลค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ อาจเนื่องจากการใช้ประโยชน์ทางนันทนาการในการเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติทั้งสามพื้นที่มีความคล้ายคลึงกัน

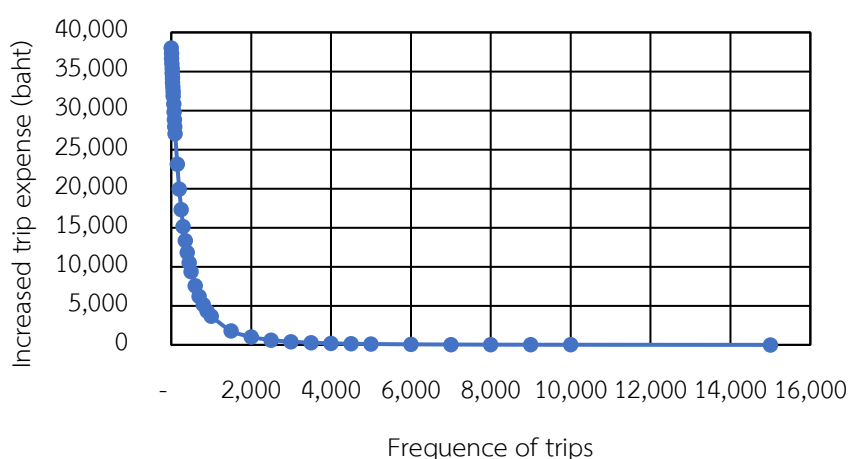


Figure 1 Demand curve for recreation in Namtok Sam Lan National Park by ZTCM.

Table 6 Recreation value of Namtok Sam Lan National Park calculated using area under demand curve.

Trip expense (baht/people/day)	Recreation value based on area under demand curve area (baht)		
	Square area	Triangle area	Total area
0-5	186,663.15	1,703.33	188,366.48
6-10	183,337.45	1,662.85	185,000.30
11-15	180,093.90	1,621.78	181,715.68
...	...	...	...
28,001-9,000	20,400.00	3,905.00	24,305.00
9,001-10,000	13,230.00	3,585.00	16,815.00
10,001-15,000	0	33,075.00	33,075.00
Total	14,379,056.35	1,740,793.70	16,119,850.05

การประเมินมูลค่านันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล

1. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางมาเที่ยวของนักท่องเที่ยวแต่ละบุคคล กับจำนวนครั้งใน

การเดินทางมาเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยวแต่ละบุคคล (V_i) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น (V_i) คือ อายุของนักท่องเที่ยว i (A_i) ระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยว i (L_i) และค่าใช้จ่ายในการมาท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยว i (TC_i) (Table 7)

Table 7 Regression equation coefficients for number of visits and independent variables based on individual travel cost method.

Independent variable	Coefficient	t	p-value
Constant	2.809	5.737**	0.000
A_i	0.038	3.663**	0.000
L_i	-0.008	-5.022**	0.000
TC_i	-0.001	-3.251**	0.001
$F = 23.392^{**}$	$p\text{-value} = 0.000$	$R^2 = 0.151$	$\text{Adj } R^2 = 0.144$

Remarks: ** Significance level at 0.05

R^2 is Coefficient of Determination

จาก Table 7 แทนที่ ค่าสัมประสิทธิ์ดังสมการ (10)

$$V_i = 2.809 + 0.038A_i - 0.008L_i - 0.001TC_i \quad (10)$$

เมื่อพิจารณาค่าสถิติจาก Table 7 พบว่า ค่า F มีค่าเท่ากับ 23.392 มีค่า $p\text{-value}$ เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด คือ ระดับ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงซ้อน มีค่า 0.151 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 3 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นได้ร้อยละ 15.10 ได้ดังนี้

1.1 อายุของนักท่องเที่ยว มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด 0.05 กล่าวคือ หากนักท่องเที่ยวมีอายุเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.038 ครั้ง

1.2 ระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยว มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด 0.05 กล่าวคือ หากระยะทางจากที่พักของนักท่องเที่ยวถึงอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 กิโลเมตร จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.008 ครั้ง

1.3 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยวมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด 0.05 กล่าวคือ หากค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.001 ครั้ง

2. คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (choke price) ต่อครั้งของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวที่มีความเต็มใจที่จะจ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ได้ค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,662.28 บาท

3. คำนวณหาจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น โดยแทนค่าด้วยค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว (TC_i) ด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว i เท่ากับ 825.10 บาท แทนค่าอายุของนักท่องเที่ยว i (A_i) ด้วยอายุเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว เท่ากับ 40.42 ปี และแทนค่าระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยว i (L_i) ด้วยระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยวเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 111.57 กิโลเมตร ในสมการที่ (10) จะได้จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น เท่ากับ 2.63 ครั้งต่อปี และแทนค่าอายุของนักท่องเที่ยว i (A_i) เท่ากับ 40.42 ปี และแทนค่าระยะทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นของนักท่องเที่ยว i (L_i) เท่ากับ 111.57 กิโลเมตร จะได้สมการ (11)

$$V_i = 3.452 - 0.001TC_i \quad (11)$$

4. นำสมการที่ (11) มาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น โดยการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ด้วยวิธีปริพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว i ($\overline{TC}_i$) ถึงค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุดหรือ (choke price) ของนักท่องเที่ยว i ($TC_{i(max)}$) โดยแทนค่าดังสมการ (12)

$$CS_i = \int_{825.10}^{1,662.28} (3.452 - 0.001TC_i) dTC_i \quad (12)$$

ได้ส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยว เท่ากับ 1,848.75 บาทต่อคนต่อปี

5. ส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) คำนวณจากส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นต่อบุคคลหารด้วยจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่นเฉลี่ยของนักท่องเที่ยว มีค่าเท่ากับ 2.63 ครั้งต่อปี โดยแทนค่าดังสมการ (13)

$$ACS = 1,848.75/2.63 \quad (13)$$

ได้ส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) เท่ากับ 702.95 บาทต่อครั้ง

6. มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น หรือส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมดของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น คำนวณจากการนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคของนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) คูณด้วยจำนวนนักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 47,834 คน (National Parks Office, 2021) ดังสมการ (14)

$$CS = 702.95 \times 47,834 \quad (14)$$

ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติ น้ำตกสามหลั่น เท่ากับ 33,624,910.30 บาทต่อปี

เมื่อพิจารณาการศึกษาเรื่องมูลค่าทางนันทนาการของแหล่งนันทนาการอื่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล พบว่า Chankaew *et al.*, (2013) ศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเวียงโกศัย จังหวัดแพร่ และจังหวัดลำปาง ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยว ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง อายุ และรายได้ มูลค่าส่วนเกินของผู้บริโภคเฉลี่ยต่อครั้ง เท่ากับ 816.11 บาทต่อครั้ง นักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติเวียงโกศัย 17,448.25 คน ได้มูลค่าเท่ากับ 14,199,138.81 บาท และ Pricharchon (2013) ศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวมีปัจจัยเดียว คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มูลค่าส่วนเกินของผู้บริโภคต่อครั้ง 2,881.25 บาทต่อครั้ง นักท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติอุทยานแห่งชาติภูเวียง 3,885 คน ได้มูลค่าเท่ากับ 11,193,649.26 บาท จะเห็นได้ว่ามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติทั้ง 3 แห่ง มีมูลค่าทาง

นันทนาการสูง เนื่องจากเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่นักท่องเที่ยวนิยมเดินทางเข้าไปท่องเที่ยวและประกอบกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวแตกต่างกันไป

จากการศึกษาค้นคว้านี้จะเห็นได้ว่ามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขต มีมูลค่าเท่ากับ 16,119,850.05 บาท ซึ่งมีมูลค่าต่ำกว่าวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล ที่มีมูลค่าเท่ากับ 33,624,910.30 บาท ทั้งนี้ เนื่องจากวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขตเป็นการหามูลค่าทางนันทนาการโดยแบ่งกลุ่มนักท่องเที่ยวออกตามเขตที่พักอาศัยและวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวในแต่ละเขต ซึ่งแตกต่างจากวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคลเป็นการหามูลค่าทางนันทนาการจากค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวแต่ละบุคคลที่เป็นพฤติกรรมจริงจึงมีมูลค่าสูงกว่า ดังนั้น ในการนำข้อมูลมูลค่าทางนันทนาการไปใช้ประโยชน์จึงควรเลือกจากวิธีการประเมินมูลค่าทางนันทนาการที่เหมาะสมและตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำข้อมูลไปใช้ประกอบการจัดสรรงบประมาณนั้นควรเลือกมูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล ที่มีมูลค่าเท่ากับ 33,624,910.30 บาท เพื่อแสดงให้เห็นว่าอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นมีมูลค่าสูงและสมควรได้รับการจัดสรรงบประมาณเพื่อการดูแลและบริหารจัดการทรัพยากรในอุทยานแห่งชาติ เป็นต้น

สรุป

กลุ่มตัวอย่างของนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 51.25 มีอายุเฉลี่ย 40.42 ปี สถานภาพสมรส ร้อยละ 57.25 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 63.75 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน/รับจ้าง ร้อยละ 37.00 รายได้เฉลี่ยอยู่ที่ 36,030.13 บาทต่อเดือน ภูมิลำเนาอยู่ที่กรุงเทพมหานคร ร้อยละ 38.25 รู้จักอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นจากอินเทอร์เน็ต คิดเป็นร้อยละ 73.00 เดินทางมาเที่ยวเป็นครั้งแรก ร้อยละ 59.25 พักค้างคืน จำนวน 1 คืน ร้อยละ 67.00 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ตั้งใจมาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นทีเดียว ร้อยละ 89.00 เดินทางมากับครอบครัว ร้อยละ 72.00 มีจำนวนสมาชิกในกลุ่มที่มาเที่ยวเฉลี่ย 3.01 คน เหตุผลที่เดินทางมาท่องเที่ยว เพราะเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 87.75 นักท่องเที่ยวนิยมเข้าไปทำกิจกรรมนันทนาการที่อ่าง

เก็บน้ำเขารวก ร้อยละ 98.50 โดยกิจกรรมนันทนาการส่วนใหญ่ที่ทำ คือ กางเต็นท์พักแรม ร้อยละ 90.00 นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ใช้รถยนต์ส่วนตัวมาท่องเที่ยว ร้อยละ 96.50 ระยะทางการเดินทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเฉลี่ย 111.57 กิโลเมตร มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวเฉลี่ย 825.10 บาท และแวะชมแหล่งนันทนาการอื่น ๆ ร้อยละ 16.25

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางแบบแบ่งเขตพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวต่อประชากร 1,000 คน คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักท่องเที่ยว มีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7520 โดยสามารถอธิบายจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวได้ร้อยละ 75.20 มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น เท่ากับ 16,119,850.05 บาทต่อปี

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคลพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น คือ ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว ระยะทางการเดินทางจากที่พักถึงอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น และอายุของนักท่องเที่ยว โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.151 ค่าส่วนเกินผู้บริโภคเท่ากับ 1,848.75 บาทต่อคน และจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่อุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นเฉลี่ย เท่ากับ 2.63 ครั้ง มูลค่าส่วนเกินผู้บริโภคแต่ละครั้ง เท่ากับ 702.95 บาทต่อครั้ง ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่น เท่ากับ 33,624,910.30 บาทต่อปี

จากการศึกษามีข้อเสนอแนะดังนี้ 1) อุทยานแห่งชาติสามารถนำข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม และการมานันทนาการของนักท่องเที่ยวไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนเพื่อบริหารจัดการด้านต่าง ๆ ให้เกิดประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมได้ และ 2) ควรมีการเผยแพร่มูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติน้ำตกสามหลั่นในรูปแบบเงินให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อเผยแพร่ต่อชุมชนสร้างความตระหนักถึงมูลค่าของอุทยานแห่งชาติ และเพื่อก่อให้เกิดความหวงแหนต่อทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ชุมชน

REFERENCES

- Chankaew, P., Hoamuangkaew, W., Suksard, S. 2013. Valuation of recreational value of Wiang Kosai

- National Park, Phrae province and Lampang province. **Thai Journal of Forestry**, 32 (Supplementary issue): 195-203. (in Thai)
- Department of Provincial Administration. 2022. **Population**. https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php, 9 June 2022. (in Thai)
- Isawilanont, S. 1997. **Economics of Natural Resource and Environment: Principles and Theories**. (2nd edition). Kasetsart University. Faculty of Economics, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Parks Office. 2008. **National Park Management Guidelines**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Parks Office. 2020. **Namtok Sam Lan National Park**. http://park.dnp.go.th/visitor/nationpark/show.php?PTA_CODE=1027, 18 January 2020. (in Thai)
- National Parks Office. 2021. **National Parks in Thailand**. <http://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=21424>, 15 December 2021. (in Thai)
- National Parks Office. 2022. **Dataset of Tourists in National Parks, Fiscal Year 2022**. <https://catalog.dnp.go.th/dataset/stat-tourism/resource/525f31b3-d572-41fa-822-04f5f3c12ab7>, 5 December 2021. (in Thai)
- Petcharanon, S. 2010. **Environmental Economics**. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Pornpinetpong, K. 2005. Economics valuation of recreational site: Single site model case. **Journal of Public Administration**, 32(48): 13-32. (in Thai)
- Pricharchon, P. 2013. **Recreational Value Assessment of Phu Wiang National Park, Khon Kaen Province**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- 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., Jaemkrajang, A., Pattaratuma, A. 2020. Recreation values of Khao Khitchakut National Park, Chanthaburi province: Zonal travel cost method. **Journal of Forest Management**, 13(25): 29-40. (in Thai)
- Tungkoon, P. 2008. **Valuation of Recreational Value of Huay Kaew Aboretum, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis**. 3rd. Harpers International Edition, Tokyo, Japan.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การมีส่วนร่วมของเครือข่ายแก้ไขปัญหไฟป่าและหมอกควัน
บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

Participation of Forest Fire and Haze Solution Network at Doi Suthep - Pui National
Park, Mueang District, Chiang Mai Province

ศศิมา ขุนทอง^{1,2}Sasima Khunthong^{1,2}นิตยา เมียนมิตร^{1*}Nittaya Mianmit^{1*}กอบศักดิ์ วันธงไชย¹Kobsak Wanthongchai¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

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

รับต้นฉบับ 6 ตุลาคม 2566

รับแก้ไข 13 พฤศจิกายน 2566

รับลงพิมพ์ 29 พฤศจิกายน 2566

ABSTRACT

Participation of the forest fire and haze solution network was studied in the Doi Suthep-Pui National Park area, Mueang District, Chiang Mai Province. Data were collected from 135 network members using interviews. Descriptive statistics were used to determine frequency, percentage and average values, analyzing participation in five activities: setting forest fire management plans, conducting fire reduction activities, patrolling for forest fires, extinguishing forest fires and organizational forest fire management. Participation levels were categorized into five levels: 1) to inform, 2) to consult, 3) to involve, 4) to collaborate and 5) to empower.

The study found that the Network's participation levels were 45.19% at level 1, 23.25% at level 2, 26.71% at level 3 and 4.85% at level 4, with no activities at level 5. Five approaches were identified: 1) Continuous academic support from the forest fire agencies; 2) Strengthening the network with budget and modern equipment support; 3) Collaboration between the Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation and civil society for budget allocation; 4) Considering network's budget proposals; and 5) Encouraging network participation at all levels for maximum efficiency and as a model for supporting or promoting other networks.

Keywords: Participation; Forest Fire and Haze Solution Network; Doi Suthep-Pui; Mueang Chiang Mai

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของเครือข่ายแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน บริเวณอุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกเครือข่ายฯ จำนวน 135 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ คือ สถิติเชิงพรรณนา เพื่อหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์การมีส่วนร่วม 5 กิจกรรม ประกอบด้วย การกำหนดแผนการจัดการไฟป่า การดำเนินกิจกรรมเชิงเก็บ ลดเผา การลาดตระเวนตรวจหาไฟป่า การดับไฟป่า และการบริหารจัดการไฟป่าขององค์กร กำหนดการมีส่วนร่วมออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ระดับที่ 4 ขึ้นสร้างความร่วมมือ และระดับที่ 5 ขึ้นเสริมอำนาจ

ผลการศึกษา พบว่า เครือข่ายฯ มีระดับการมีส่วนร่วม ระดับที่ 1 ร้อยละ 45.19 ระดับที่ 2 ร้อยละ 23.25 ระดับที่ 3 ร้อยละ 26.71 ระดับที่ 4 ร้อยละ 4.85 สำหรับระดับที่ 5 ไม่มีกิจกรรมการมีส่วนร่วม สามารถกำหนดแนวทาง 5 แนวทาง ดังนี้ 1) หน่วยงานไฟป่าควรสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ 2) เสริมความเข้มแข็งของเครือข่ายฯ โดยสนับสนุนงบประมาณและอุปกรณ์ที่ทันสมัย 3) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรร่วมมือกับภาคประชาสังคม เพื่อจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ 4) การรับฟังความคิดเห็นในการเสนองบประมาณของเครือข่ายฯ และ 5) เปิดโอกาสให้เครือข่ายฯ เข้ามามีส่วนร่วมทุกระดับ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นแนวทางในการสนับสนุนหรือส่งเสริมเครือข่ายฯ ต่อไป

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วม เครือข่ายแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน ดอยสุเทพ - ปุย เมืองเชียงใหม่

คำนำ

ไฟป่า หมอกควัน และภัยแล้ง เป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นเป็นประจำในช่วงหน้าแล้งของทุกปี และทวีความรุนแรงมากขึ้นในหลายพื้นที่ทั่วโลก Akaakara (2000) ได้กำหนดนิยามของไฟป่าว่า “ไฟที่เกิดจากสาเหตุใดก็ตาม แล้วลุกลามไปได้โดยอิสระปราศจากการควบคุม ทั้งนี้ ไม่ว่าไฟนั้นจะเกิดขึ้นในป่าธรรมชาติหรือสวนป่า” Worldwide Fund for Nature Thailand (2021) กล่าวว่าไฟป่าเพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สำหรับประเทศไทย ปัญหาหมอกควันจากไฟป่าส่งผลให้ภาคส่วนต่าง ๆ ตระหนักถึงความสำคัญของไฟป่ามากขึ้น เพราะปัญหาไฟป่าไม่ใช่เพียงปัญหาที่เกิดขึ้นในป่า แต่มีผลกระทบต่อประชาชนและเศรษฐกิจทุกภาคส่วน จึงมีความจำเป็นต้องแก้ปัญหาไฟป่าอย่างจริงจัง โดยมีเป้าหมายที่จะทำให้ไฟไหม้ป่าหมดไปหรือลดลงให้มากที่สุด (Wanthongchai, 2023)

Kaitpraneet (1983) ได้ระบุว่าสาเหตุของการเกิดไฟป่า ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการเก็บหาของป่า การล่าสัตว์ และการจุดไฟเผาป่าเพื่อเตรียมพื้นที่ทำการเกษตร ซึ่งในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมของทุกปี พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มักประสบปัญหาภัยพิบัติจากหมอกควัน ก่อให้เกิดมลพิษฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 2.5) และยังส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม Foundation for Sustainable

Development in the North (n.d.) ได้นำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับไฟป่าในภาคเหนือว่ามีแนวโน้มรุนแรง และจัดการได้ยากมากขึ้น เนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (2021) ได้เผยแพร่ข้อมูลสถิติพื้นที่ถูกไฟไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 33,370 ไร่ (ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2563 ถึง 30 กันยายน 2564) ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ถูกไฟไหม้มากที่สุดในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือ Gomolkongyou (2018) เสนอว่าปัจจุบันการแก้ไขปัญหาไฟป่า โดยหน่วยงานภาครัฐการเพียงหน่วยเดียว คงไม่สามารถทำให้ปัญหาการเกิดไฟป่าลดลงได้ในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้น การแก้ไขปัญหาไฟป่าอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ในลักษณะของ “เครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน” ปัจจุบันจังหวัดเชียงใหม่มีเครือข่ายฯ จำนวน 277 เครือข่าย ซึ่งในบริเวณอุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ - ปุย มีเครือข่ายฯ จำนวน 5 เครือข่าย แม้ว่าจะมีเครือข่าย แต่ปัญหาไฟป่าก็ยังมีได้ลดความรุนแรงลง เนื่องจากอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย เป็นอุทยานแห่งชาติที่มีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก เพราะมีที่ตั้งอยู่ใกล้เมือง เมื่อเกิดไฟป่าก็จะส่งผลกระทบต่อคนที่อาศัยอยู่ในเมืองจำนวนมาก

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของเครือข่ายฯ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการแก้ไขปัญหาไฟป่าและ

หมอกควัน ระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ และพัฒนาแนวทางส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ เพื่อให้การจัดการไฟฟ้าในพื้นที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของเครือข่ายฯ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน ระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ และการพัฒนาแนวทางส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวิธีการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

วิธีการศึกษา

1. การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง คือการใช้แบบสัมภาษณ์คำถามปลายเปิด เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลหลัก ซึ่งแนวคำถามของแบบสัมภาษณ์ได้มาจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการไฟฟ้า จำนวน 5 ราย ประกอบด้วย เครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องโดยตรง และประชาชนในพื้นที่ เป็นต้น ด้วยการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทบาทของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลและกำหนดประชากรในการเก็บข้อมูล โดยการใช้แบบสัมภาษณ์ กับหน่วยตัวอย่างของประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ สมาชิกเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Krejcie and Morgan (1970) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Stratified sampling ทำการสุ่มจำนวน 5 หมู่บ้าน หมู่บ้านละ 27 คน รวมจำนวนทั้งสิ้น 135 คน จาก 200 คน

2. การสังเกตการณ์ (observation) ใช้การสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม ใช้วิธีการจดบันทึกข้อมูล โดยสังเกตการณ์ ดังนี้ 2.1) สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 2.2) การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในการจัดการไฟฟ้าของเครือข่ายฯ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำความเข้าใจเครือข่ายฯ และการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของเครือข่ายฯ

3. การสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์ เป็นการนำแบบสัมภาษณ์ ที่ผ่านการทดสอบ ด้วยการนำแบบสัมภาษณ์ จำนวน 30 ชุด ไปทดลองใช้ (trial) เพื่อทดสอบความตรง (validity) ของคำถามทุกข้อในแบบสัมภาษณ์และทดสอบหาความเชื่อมั่น (reliability) ของคำถาม ด้วยวิธีการวัดค่าอัลฟาครอนบาช (Cronbach's alpha) Taweerat (1997) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.855 จากนั้นจึงนำแบบสัมภาษณ์ กลับมาแก้ไขปรับปรุง และนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง การสังเกตการณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา จัดเรียงเรียงข้อมูล ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและอธิบายผลในด้านต่าง ๆ ด้วยการบรรยาย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ในการอธิบายข้อมูลระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน ในขั้นให้ข้อมูลข่าวสาร (to inform) ขั้นรับฟังความคิดเห็น (to consult) ขั้นเข้ามามีบทบาท (to involve) ขั้นสร้างความร่วมมือ (to collaborate) และขั้นเสริมอำนาจ (to empower) เช่น ค่าความถี่ และค่าร้อยละ เป็นต้น

3. การกำหนดแนวทางในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน ใช้หลักการ SWOT analysis เพื่อค้นหาจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปแบบเมตริกซ์ด้วยเทคนิค TOWS matrix เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดแนวทางส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย ซึ่งมีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 57 วันที่ 14 เมษายน 2524 ครอบคลุมพื้นที่ 100,662.50 ไร่ หรือ 161.06 ตารางกิโลเมตร เป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 24 ของประเทศ ลักษณะของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อนอยู่ในแนวเทือกเขาถนนธงชัย ความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 330-1,685 เมตรจากระดับน้ำทะเล ลักษณะโครงสร้างทางธรณีประกอบด้วย หินอัคนี ชนิดที่สำคัญ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของตัวเมืองเชียงใหม่ สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป

ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพาเอาความชุ่มชื้นและเมฆฝนเข้ามาทำให้ฝนตก และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดมาจากประเทศจีนนำเอาความหนาวเย็นและความแห้งแล้งเข้ามา ทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ โดยจะมีฤดูร้อนในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ฤดูฝนในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน และฤดูหนาวในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ สลับกันไป ซึ่งมีหมู่บ้าน

เครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 เครือข่าย ได้แก่ เครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปู่ หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหียะโน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน รายละเอียดพิกัดหมู่บ้านเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน ดัง Figure 1

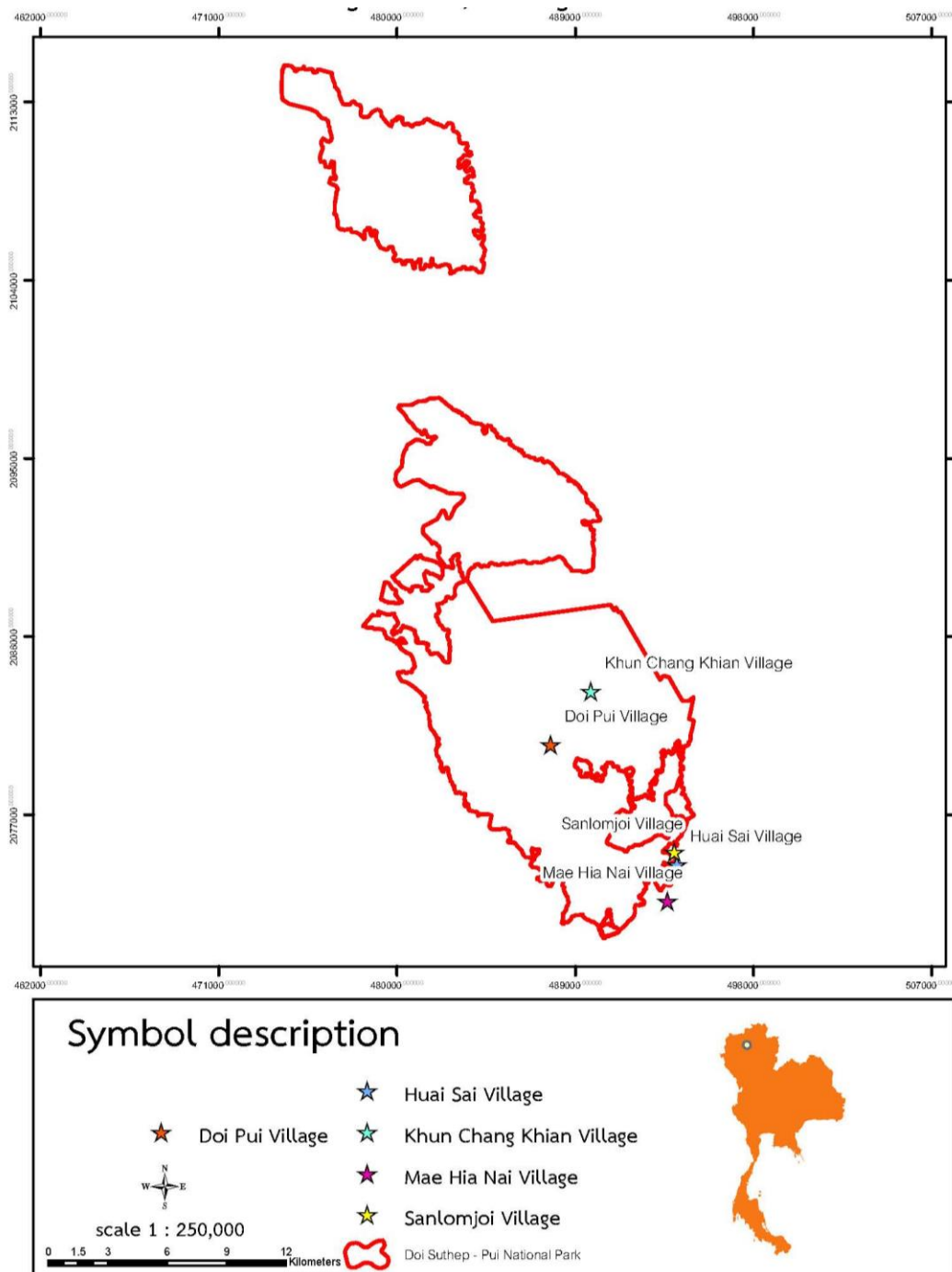


Figure 1 Map showing Forest Fire and Haze Solution Network locations in Doi Suthep-Pui National Park, Mueng district, Chiang Mai province

ผลและวิจารณ์

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่มใน 2 มิติ ระหว่างอำนาจ/อิทธิพล (power) และความสนใจ/ผลประโยชน์ (interest) เพื่อระบุตำแหน่งแต่ละกลุ่มให้สะท้อนถึงน้ำหนักความสำคัญที่ควรปฏิบัติ ในกระบวนการสร้างความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในรูปแบบเมตริกซ์ (Matrix) Eden and Ackermann (1998) ได้มีเกณฑ์ในการจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีอิทธิพลมาก ความสนใจมาก ได้แก่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบหลักในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผน สถานีควบคุมไฟป่าภูพิงค์ เป็นหน่วยงานที่สนับสนุนการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับการป้องกันไฟฟ้าของเครือข่ายฯ มีหน้าที่ในการประสานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีอิทธิพลน้อย ความสนใจมาก ได้แก่ เครือข่ายฯ ประชาชนในพื้นที่ และภาคประชาสังคม เครือข่ายฯ สามารถขับเคลื่อนการดำเนินกิจกรรมของหน่วยงานรัฐได้ เป็นตัวกลางในการประสานการดำเนินกิจกรรมระหว่างหน่วยงานรัฐและคนในชุมชนได้ ปัจจุบันมีสภามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มียุทธศาสตร์และการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและกระแสสังคมเห็นความสำคัญของการสร้างการมีส่วนร่วมมากขึ้น มีศักยภาพในการให้การสนับสนุนหลายด้าน เช่น การสนับสนุนการมีส่วนร่วม และได้เสนอให้มีกระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมขนาดใหญ่แทนการสั่งการ เปลี่ยนการทำงานแบบ “บนลงล่าง” มาเป็น “ล่างขึ้นบน” โดยให้ “พื้นที่เป็นตัวตั้ง ชุมชนเป็นแกนหลัก ท้องถิ่นเป็นแกนประสาน” และประชาชนในพื้นที่ได้รับข้อมูลจากการประชาสัมพันธ์จากเครือข่ายฯ และได้ให้ความร่วมมือในการแจ้งเหตุเมื่อเกิดไฟฟ้าในพื้นที่ ทำให้การเข้าปฏิบัติงานดับไฟฟ้าเข้าถึงพื้นที่ได้รวดเร็วและเกิดความเสียหายไม่มากนัก

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีอิทธิพลมาก ความสนใจน้อย ได้แก่ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เป็นเจ้าของพื้นที่ที่ได้รับผลประโยชน์จากการมีเครือข่ายฯ เพราะการมีเครือข่ายฯ ช่วย

ให้เกิดไฟฟ้าในพื้นที่ลดความรุนแรงลง และยังได้มีส่วนร่วมกับชุมชนในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อป้องกันไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น

กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีอิทธิพลน้อย ความสนใจน้อย ได้แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนตำบลสุเทพ องค์การบริหารส่วนตำบลแม่เหียะ และองค์การบริหารส่วนตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นผู้มีส่วนในฐานะผู้ได้รับผลจากนโยบายและโครงการต่าง ๆ โดยตรง

ข้อมูลทั่วไปของสมาชิกเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควัน

เครือข่ายฯ จัดอยู่ในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอิทธิพลน้อย ความสนใจมาก โดยเครือข่ายฯ ขับเคลื่อนการดำเนินกิจกรรมของหน่วยงานรัฐ และเป็นตัวกลางในการประสานการดำเนินกิจกรรมระหว่างหน่วยงานรัฐกับคนในชุมชน ทำการศึกษาข้อมูลของเครือข่ายฯ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของหมู่บ้านเครือข่ายฯ และส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของสมาชิกเครือข่ายฯ เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการไฟฟ้าของเครือข่ายฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของหมู่บ้านเครือข่ายฯ เป็นหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จำนวน 5 หมู่บ้าน ดังนี้ 1) หมู่บ้านห้วยทราย ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 285 ครัวเรือน จำนวนประชากร 866 คน แยกเป็น ชาย 420 คน หญิง 446 คน ชาวบ้านนับถือศาสนาพุทธ ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป รายได้เฉลี่ยประมาณ 48,000 บาท ต่อครัวเรือนต่อปี 2) หมู่บ้านดอยปุย ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 255 ครัวเรือน จำนวนประชากร 1,450 คน แยกเป็น ชาย 700 คน หญิง 750 คน ชาวบ้านนับถือศาสนาพุทธ ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป และเกษตรกรรม รายได้เฉลี่ย ประมาณ 218,040 บาท ต่อครัวเรือนต่อปี 3) หมู่บ้านสันลมจอย ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 410 ครัวเรือน จำนวนประชากร 920 คน แยกเป็น ชาย 420 คน หญิง 500 คน ชาวบ้านนับถือศาสนาพุทธ ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป รายได้เฉลี่ย ประมาณ 205,550

บาท ต่อครัวเรือนต่อปี 4) หมู่บ้านแม่เหิยะใน ตำบลแม่เหิยะใน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 130 ครัวเรือน จำนวนประชากร 420 คน แยกเป็น ชาย 200 คน หญิง 220 คน ชาวบ้านนับถือศาสนาพุทธ ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป รายได้เฉลี่ยประมาณ 37,000 บาท ต่อครัวเรือนต่อปี และ 5) หมู่บ้านขุนช้างเคียน ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 140 ครัวเรือน จำนวนประชากร 1,007 คน แยกเป็น ชาย 507 คน หญิง 500 คน ชาวบ้านนับถือศาสนาพุทธ ประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป รายได้เฉลี่ย ประมาณ 40,000 บาท ต่อครัวเรือนต่อปี (Protected Area Regional Office 16 (Chiang Mai), 2022)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของสมาชิกเครือข่ายฯ จากผลการศึกษา ได้ดังนี้

1. เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 74.07 มีอายุอยู่ในช่วง 51 - 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 37.04 รองลงมา มีอายุอยู่ในช่วง 41 - 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.33 และมีอายุอยู่ในช่วงน้อยกว่า 40 ปี น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 11.11 ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. คิดเป็นร้อยละ 18.52 รองลงมา มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา และอนุปริญญา / ปวส. คิดเป็นร้อยละ 14.81 ภูมิลำเนา ส่วนใหญ่เครือข่ายฯ อาศัยอยู่ในหมู่บ้านดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 77.78 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 22.22

2. เครือข่ายฯ หมู่บ้านดอยปุย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 81.48 มีอายุอยู่ในช่วง 51 - 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมา มีอายุมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.63 และมีอายุอยู่ในช่วงน้อยกว่า 40 ปี น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7.41 ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. คิดเป็นร้อยละ 40.74 รองลงมา มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 25.93 ภูมิลำเนา ส่วนใหญ่เครือข่ายฯ อยู่ที่นี่ ดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 88.89 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 11.11

3. เครือข่ายฯ หมู่บ้านสันลมจอย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 77.78 มีอายุอยู่ในช่วง 51 - 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมา มีอายุอยู่ในช่วงมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 25.93 และมีอายุอยู่ในช่วงน้อยกว่า 40 ปี น้อยที่สุด

คิดเป็นร้อยละ 14.81 ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. คิดเป็นร้อยละ 22.22 รองลงมา มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 18.52 ภูมิลำเนา ส่วนใหญ่เครือข่ายฯ อยู่ที่นี่ดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 77.78 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 22.22

4. เครือข่ายฯ หมู่บ้านแม่เหิยะใน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 74.07 มีอายุอยู่ในช่วง 51 - 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.63 รองลงมา มีอายุอยู่ในช่วง 41 - 50 ปี และมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 22.22 และมีอายุอยู่ในช่วงน้อยกว่า 40 ปี น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.52 ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. คิดเป็นร้อยละ 25.93 รองลงมา มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และปริญญาตรี / เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 14.81 ภูมิลำเนา ส่วนใหญ่เครือข่ายฯ อยู่ที่นี่ ดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 77.78 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 22.22

5. เครือข่ายฯ หมู่บ้านขุนช้างเคียน ส่วนใหญ่เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 70.37 มีอายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 48.15 รองลงมา มีอายุอยู่มากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 22.22 และมีอายุน้อยกว่า 40 ปี น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 7.41 ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่มีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. คิดเป็นร้อยละ 37.04 รองลงมา มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 25.93 ภูมิลำเนา ส่วนใหญ่เครือข่ายฯ อยู่ที่นี่ ดั้งเดิม คิดเป็นร้อยละ 96.30 และย้ายมาจากที่อื่น คิดเป็นร้อยละ 3.70

ระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหไฟป่าและหมอกควัน

การศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหไฟป่าและหมอกควัน เป็นการศึกษาโดยใช้ตัวแบบระดับการมีส่วนร่วมของประชาชน ของสมาคมการมีส่วนร่วมสากล (IAP2 - International Association for Public Participation) ที่เรียกว่า Public Participation Spectrum แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร (to inform) เป็นขั้นตอนของการให้ข้อมูลจากหน่วยงาน เมื่อมีการดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการไฟป่า ได้แก่ หน่วยงานไฟป่าได้มา ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดไฟป่าในพื้นที่ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟ

ป่า และความรู้เรื่องไฟฟ้า การได้รับข้อมูลจากหน่วยงานไฟฟ้า ในการดำเนินกิจกรรมชิงเก็บ ลดเผา กิจกรรมลาดตระเวน ตรวจหาไฟฟ้า และกิจกรรมการดับไฟฟ้า และการมีข้อเสนอเชิงนโยบายสู่การบริหารจัดการไฟฟ้าในระดับจังหวัด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wakate (2008) ได้ทำการศึกษามีส่วนร่วมของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้าบ้านปางปาคา ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยศึกษาระดับหรือความถี่ในการดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับควบคุมไฟฟ้า ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วม ในการควบคุมไฟฟ้า โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ การทำแนวกันไฟ การลาดตระเวนป้องกันไฟฟ้า การแจ้งเหตุไฟฟ้า การอบรมอาสาสมัครป้องกันไฟฟ้า และการประชาสัมพันธ์ป้องกันไฟฟ้า เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการศึกษาที่ได้ในระดับปานกลาง

ระดับที่ 2 ขั้นรับฟังความคิดเห็น (to consult) เป็นขั้นตอนการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ ในการให้ข้อมูลข้อเท็จจริง และแสดงความคิดเห็น รวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการดำเนินการ/การปฏิบัติงานของหน่วยงานของรัฐอย่างอิสระ และเป็นระบบ โดยรูปแบบการมีส่วนร่วมในระดับนี้ทำได้โดยการสำรวจความคิดเห็น การจัดเวทีสาธารณะ การเสวนากลุ่ม ได้แก่ การเสนอข้อมูลพื้นฐานของหมู่บ้านต่อหน่วยงานไฟฟ้า เพื่อนำไปจัดทำแผนการจัดการไฟฟ้าของเครือข่ายฯ การแสดงความคิดเห็นในการกำหนดกิจกรรมและแผนการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ และการลงมติในการดำเนินการกิจกรรมชิงเก็บ ลดเผา ร่วมกำหนดและตัดสินใจเลือกวันและเวลาในการดำเนินกิจกรรมชิงเก็บ ลดเผา ร่วมกำหนดรูปแบบในการดำเนินกิจกรรมชิงเก็บ ลดเผา การลงมติในการดำเนินกิจกรรมลาดตระเวนตรวจหาไฟฟ้า ร่วมกำหนดการลาดตระเวนตรวจหาไฟฟ้า ร่วมกำหนดและตัดสินใจเลือกวันและเวลาในการดำเนินการลาดตระเวนตรวจหาไฟฟ้า ร่วมกำหนดรูปแบบในการดำเนินการลาดตระเวนตรวจหาไฟฟ้า และการลงมติ ในการดำเนินการกิจกรรมการดับไฟฟ้า ร่วมกำหนดกิจกรรมการปฏิบัติงานดับไฟฟ้า ร่วมกำหนดและตัดสินใจรูปแบบการดำเนินการปฏิบัติงานดับไฟฟ้า การเสนองบประมาณในการจัดการไฟฟ้า การปฏิเสธการดำเนินกิจกรรมที่หน่วยงานไฟฟ้านำเสนอ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Unthongdee (2014) ที่ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชน ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันในอากาศในจังหวัด

แม่ฮ่องสอนที่ได้พบว่า ปัญหาในกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน คือ บุคลากรมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น แต่ไม่มีส่วนร่วมวางแผน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้อยู่ในระดับน้อย เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ระดับที่ 3 ขั้นเข้ามามีบทบาท (to involve) เป็นลักษณะที่เครือข่ายฯ เข้าไปมีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในกระบวนการวางแผนและตัดสินใจ มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อมูลระหว่างรัฐกับเครือข่ายฯ ในการเข้าร่วมกิจกรรมชิงเก็บ ลดเผา กิจกรรมลาดตระเวนตรวจหาไฟฟ้า กิจกรรมการดับไฟฟ้า การควบคุมการจัดทำบัญชีต่างๆ ของเครือข่ายฯ และการเปิดโอกาสให้ตรวจสอบความโปร่งใสของการบริหารงานของหน่วยงานไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boonkhem and Whangmahaporn (2020) ที่ได้ทำการศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการไฟฟ้าในพื้นที่ป่านุรักษ์ เขตอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีปัญหาและอุปสรรค คือขาดการประสานการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานของภาครัฐ องค์กรเครือข่าย และชุมชนในแต่ละพื้นที่ป่านุรักษ์ขาดแผนงานและงบประมาณของหน่วยงานของภาครัฐสนับสนุน

ระดับที่ 4 ขั้นสร้างความร่วมมือ (to collaborate) เป็นการให้ความสำคัญกับบทบาทของเครือข่ายฯ ในระดับสูง โดยมีเป้าหมายสำคัญอยู่ที่การเป็นหุ้นส่วนกับเครือข่ายฯ ในทุกขั้นตอนของการตัดสินใจ โดยเครือข่ายฯ ได้เสนอข้อมูลพื้นฐานของหมู่บ้านต่อหน่วยงานไฟฟ้า เพื่อนำไปจัดทำแผนการจัดการไฟฟ้าของเครือข่ายฯ เป็นการตัดสินใจของหน่วยงานไฟฟ้าในการคัดเลือกหมู่บ้านเครือข่ายฯ

ระดับที่ 5 ขั้นเสริมอำนาจ (to empower) เป็นระดับการมีส่วนร่วมที่เครือข่ายฯ ที่มีบทบาทในระดับสูงสุด โดยเป็นการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีบทบาทในการเป็นผู้ตัดสินใจ

ระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ ทำการศึกษา กิจกรรมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าและหมอกควันกับหน่วยงานภาครัฐ มากำหนดระดับในการเข้าร่วมแต่ละกิจกรรม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. กิจกรรมการกำหนดแผนการจัดการไฟฟ้า เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปุย หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหียะใน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน มีส่วนร่วมในการเข้าร่วมกิจกรรมในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 81.48, 66.67, 85.19, 88.89 และ 77.78 ตามลำดับ ระดับที่ 2 ขึ้นรับ

ฟังความคิดเห็น ร้อยละ 62.96, 44.44, 66.67, 70.37 และ 51.85 ตามลำดับ และระดับที่ 4 ขึ้นสร้างความร่วมมือ ร้อยละ 51.85, 40.74, 48.15, 59.26 และ 33.33 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

2. กิจกรรมชิงเก็บลดเผา เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปุย หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหิยะใน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน มีส่วนร่วมในการเข้าร่วมกิจกรรมในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 88.89, 100.00, 92.59, 88.89 และ 77.78 ตามลำดับ ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 48.15, 37.04, 44.44, 48.15 และ 29.63 ตามลำดับ และระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ 92.59, 81.48, 96.30, 96.30 และ 70.37 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

3. กิจกรรมลาดตระเวนตรวจหาไฟป่า เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปุย หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหิยะใน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน มีส่วนร่วมในการเข้าร่วมกิจกรรมในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 100.00, 77.78, 96.30, 88.89 และ 77.78 ตามลำดับ ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 51.85, 37.04, 48.15, 40.74 และ 33.33 ตามลำดับ และระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ

88.89, 66.67, 77.78, 92.59 และ 77.78 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

4. กิจกรรมการดับไฟป่า เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปุย หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหิยะใน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน มีส่วนร่วมในการเข้าร่วมกิจกรรมในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 100.00, 81.48, 92.59, 96.30 และ 77.78 ตามลำดับ ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 51.85, 25.93, 48.15, 59.26 และ 33.33 ตามลำดับ และระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ 59.26, 40.74, 51.85, 66.67 และ 48.15 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

5. กิจกรรมการบริหารจัดการไฟป่าขององค์กร เครือข่ายฯ หมู่บ้านห้วยทราย หมู่บ้านดอยปุย หมู่บ้านสันลมจอย หมู่บ้านแม่เหิยะใน และหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน มีส่วนร่วมในการเข้าร่วมกิจกรรมในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 100.00, 96.30, 74.07, 88.89 และ 77.78 ตามลำดับ ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 40.74, 29.63, 48.15, 37.04 และ 29.63 ตามลำดับ และระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ 33.33, 29.63, 40.74, 48.15 และ 25.93 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Level of participation of Forest Fire and Haze Solution Network

Item	1. Huai Sai Village		2. Doi Pui Village		3. Sanlomjoi Village		4. Mae Hia Nai Village		5. Khun Chang Khian Village		Total	%
	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%		
1. Forest fire management planning												
Level 1 to inform	22	81.48	18	66.67	23	85.19	24	88.89	21	77.78	108	80.00
Level 2 to consult	17	62.96	12	44.44	18	66.67	19	70.37	14	51.85	80	59.26
Level 3 to involve	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Level 4 to collaborate	14	51.85	11	40.74	13	48.15	16	59.26	9	33.33	63	46.67
Level 5 to empower	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2. Carrying out activities to control and reduce burning												
Level 1 to inform	24	88.89	27	100.00	25	92.59	24	88.89	21	77.78	121	89.63
Level 2 to consult	13	48.15	10	37.04	12	44.44	13	48.15	8	29.63	56	41.48
Level 3 to involve	25	92.59	22	81.48	26	96.30	26	96.30	19	70.37	118	87.41
Level 4 to collaborate	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Level 5 to empower	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3. Forest fire patrol activities												
Level 1 to inform	27	100.00	21	77.78	26	96.30	24	88.89	21	77.78	119	88.15
Level 2 to consult	14	51.85	10	37.04	13	48.15	11	40.74	9	33.33	57	42.22
Level 3 to involve	24	88.89	18	66.67	21	77.78	25	92.59	21	77.78	109	80.74
Level 4 to collaborate	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Level 5 to empower	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
4. Implementation of forest fire extinguishing activities												
Level 1 to inform	27	100.00	22	81.48	25	92.59	26	96.30	21	77.78	121	89.63
Level 2 to consult	14	51.85	7	25.93	13	48.15	16	59.26	9	33.33	59	43.70
Level 3 to involve	16	59.26	11	40.74	14	51.85	18	66.67	13	48.15	72	53.33
Level 4 to collaborate	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Level 5 to empower	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5. Wildfire Management and administration												
Level 1 to inform	27	100.00	26	96.30	20	74.07	24	88.89	21	77.78	118	87.41
Level 2 to consult	11	40.74	8	29.63	13	48.15	10	37.04	8	29.63	50	37.04
Level 3 to involve	9	33.33	8	29.63	11	40.74	13	48.15	7	25.93	48	35.56
Level 4 to collaborate	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Level 5 to empower	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

ผลการศึกษา พบว่า การเข้าร่วมกิจกรรมของเครือข่าย การแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน ในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 45.19 ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 23.25 ระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ 26.71 ระดับที่ 4 ขึ้นสร้างความร่วมมือ ร้อยละ 4.85 และระดับที่ 5 ขึ้นเสริมอำนาจ ยังไม่มีกิจกรรมใดที่ปรากฏในการดำเนินกิจกรรมของเครือข่าย หากจะให้เกิดการมีส่วนร่วมในระดับที่สูงขึ้น ไปถึงระดับที่ 5 ควรมีการให้เครือข่ายฯ เข้ามามีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการตัดสินใจปฏิบัติงานแต่ละกิจกรรม ในลักษณะของคณะกรรมการร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ ก่อนที่

จะมีการกำหนดแผนการปฏิบัติงานของเครือข่ายฯ ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boonkhem and Whangmahaporn (2020) ว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการไฟป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เขตอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ เกี่ยวกับปัจจัยด้านการบริหารจัดการของภาครัฐ การนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติด้านการมีส่วนร่วมกับประชาชน โดยการดำเนินการเกี่ยวกับไฟป่านั้น ภาครัฐดำเนินการเองเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้เครือข่ายฯ เข้ามามีส่วนร่วมในภาพรวมอยู่ในระดับน้อย ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Participation activities of Forest Fire and Haze Solution Network

Activity	Level 1 (%)	Level 2 (%)	Level 3 (%)	Level 4 (%)	Level 5 (%)
1. Forest fire management planning	108 (43.03)	80 (31.87)	0	63 (25.10)	0
2. Carrying out activities to control and reduce burning	121 (41.02)	56 (18.98)	118 (40.00)	0	0
3. Forest fire patrol activities	119 (41.75)	57 (20.00)	109 (38.25)	0	0
4. Implementation of forest fire extinguishing activities	121 (48.02)	59 (23.41)	72 (28.57)	0	0
5. Wildfire Management and administration	118 (81.94)	50 (34.72)	48 (33.33)	0	0
Total	587 (45.19)	302 (23.25)	347 (26.71)	63 (4.85)	0

Remark: Figures in parentheses indicate percentages for row total

การพัฒนาแนวทางส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพแวดล้อมภายใน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์จุดแข็ง (strengths) จุดอ่อน (weaknesses) โอกาส (opportunities) และอุปสรรค (threats) หรือ SWOT เพื่อพัฒนาแนวทางส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ สรุปได้ ดังนี้

1. จุดแข็ง (strengths)

1.1 เครือข่ายฯ อยู่ในชุมชนที่มีพื้นที่ป่าโดยรอบเป็นเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคุ้มครองตาม

กฎหมายหน่วยงานรัฐสามารถสนับสนุนการทำงานของเครือข่ายฯ ได้ (S1)

1.2 เครือข่ายฯ ตระหนักถึงปัญหาไฟป่าและหมอกควัน จึงได้เข้าร่วมเป็นเครือข่ายฯ เพื่อลดปัญหาการเกิดปัญหาไฟป่า ในพื้นที่ (S2)

1.3 เครือข่ายฯ ได้รับข้อมูลจากหน่วยงานไฟป่าเกี่ยวกับการเกิดไฟป่าในพื้นที่ การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ประกอบด้วยกิจกรรมเชิงเก็บ ลดเผา ควรดำเนินการในช่วงเวลากลางวัน การลาดตระเวนตรวจหาไฟป่า ควรใช้คนประมาณ 3-4 คน ลาดตระเวนสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง การปฏิบัติงานดับไฟ

ป่า ต้องใช้ความระมัดระวัง และทราบว่าพื้นที่ในหมู่บ้านเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า (S3)

2. จุดอ่อน (weaknesses)

2.1 ศักยภาพของเครือข่ายฯ ยังไม่เข้มแข็ง เนื่องจากยังไม่สามารถกำหนดกิจกรรมการดำเนินการในพื้นที่ชุมชนของเครือข่ายฯ ได้ (W1)

2.2 เครือข่ายฯ ยังขาดอุปกรณ์ที่ทันสมัยและงบประมาณที่ได้รับไม่เพียงพอต่อการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ (W2)

3. โอกาส (opportunities)

3.1 มาตรการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มีการสร้างเครือข่ายและพิจารณาสนับสนุนเงินอุดหนุนเครือข่ายฯ (O1)

3.2 หน่วยงานไฟป่า สร้างการมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของเครือข่ายฯ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง (O2)

4. ข้อจำกัด (threats)

4.1 นโยบายผ่อนปรนการทำกินในพื้นที่คุ้มครอง ทำให้การขยายพื้นที่บุกรุกมากขึ้น (T1)

4.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้การวางแผนในการจัดการไฟป่า อาจจะไม่เป็นไปตามแผน (T2)

4.3 สภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน ส่งผลให้เมื่อเกิดไฟป่า การเข้าถึงพื้นที่ยากต่อการดับไฟป่า (T3)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปแบบเมตริกด้วยเทคนิค TOWS matrix ดังนี้

(1) กลยุทธ์เชิงรุก (SO) คือ หน่วยงานไฟป่าควรสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ให้กับเครือข่ายฯ (S2S3O2)

(2) กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO) คือ เสริมศักยภาพของเครือข่ายฯ โดยการสนับสนุนงบประมาณและอุปกรณ์ที่ทันสมัยให้กับเครือข่ายฯ (W1O1O2) และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรร่วมมือกับภาคประชาสังคม เพื่อจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ (W2O2)

(3) กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST) คือ การรับฟังความคิดเห็นในการเสนองบประมาณของเครือข่ายฯ (S2S3T1)

(4) กลยุทธ์เชิงรับ (WT) คือ เปิดโอกาสให้เครือข่ายฯ เข้ามามีส่วนร่วมทุกระดับ (W1T1)

จากการพัฒนาแนวทางในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ มีทั้งหมด 5 แนวทาง สามารถนำไปสู่การพัฒนาการกำหนดแผนการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ ซึ่งสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควันในพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

สรุป

จังหวัดเชียงใหม่ เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ถูกไฟไหม้มากที่สุดในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือ และประสบปัญหาหมอกควันในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมของทุกปี การแก้ไขปัญหาไฟป่าอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ซึ่งในพื้นที่ศึกษาอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย มีเครือข่ายฯ จำนวน 5 เครือข่าย แม้ว่าจะมีเครือข่าย แต่ปัญหาไฟป่าก็ยังไม่ได้ลดความรุนแรงลง การศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบว่า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการไฟป่า ประกอบด้วย อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย สถานีควบคุมไฟป่าภูพิงค์ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (เชียงใหม่) ภาคประชาสังคม และประชาชนในพื้นที่ ได้รับประโยชน์จากการมีเครือข่ายฯ เพราะช่วยให้การเกิดไฟป่าลดลง และสามารถเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อนการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของรัฐได้ ระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ 5 กิจกรรม ประกอบด้วย การกำหนดแผนการจัดการไฟป่า การดำเนินกิจกรรมเชิงเก็บลดเผา การดำเนินกิจกรรมลาดตระเวนตรวจหาไฟป่า การดำเนินกิจกรรมการดับไฟป่า และการบริหารจัดการไฟป่าขององค์กร โดยระดับการมีส่วนร่วม ในระดับที่ 1 ขึ้นให้ข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 45.19 ระดับที่ 2 ขึ้นรับฟังความคิดเห็น ร้อยละ 23.25 ระดับที่ 3 ขึ้นเข้ามามีบทบาท ร้อยละ 26.71 ระดับที่ 4 ขึ้นสร้างความร่วมมือ ร้อยละ 4.85 และระดับที่ 5 ขึ้นเสริมอำนาจ ยังไม่มีกิจกรรมใดที่ปรากฏ ในการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ จากการพัฒนาแนวทางในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเครือข่ายฯ ทั้ง 5 แนวทาง คือ 1) หน่วยงานไฟป่าควรสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ 2) เสริมความเข้มแข็งของเครือข่ายฯ โดยสนับสนุนงบประมาณและอุปกรณ์ที่ทันสมัย 3) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ควรร่วมมือกับภาคประชาสังคม เพื่อจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมของเครือข่ายฯ 4) การรับฟังความคิดเห็นในการเสนองบประมาณของเครือข่ายฯ 5) เปิดโอกาสให้เครือข่ายฯ เข้ามามีส่วนร่วมทุกระดับ เพื่อปรับปรุงเครือข่ายฯ ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาค้างต่อไป ควรศึกษาบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ และระดับการมีส่วนร่วมของเครือข่ายการแก้ไขปัญหาไฟป่าและหมอกควัน เพื่อให้ทราบถึงระดับการมีส่วนร่วมและส่งเสริมการมีส่วนร่วมในแต่ละกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยควรให้เครือข่ายฯ ได้เข้ามามีบทบาทในการกำหนดการดำเนินกิจกรรมและวางแผนในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ของเครือข่ายฯ เอง โดยให้หน่วยงานภาครัฐเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ และการวางแผนในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ร่วมกัน เพื่อใช้ในการวางแผนเป็นแนวทางในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

REFERENCES

- Akaakara, S. 2000. **Forest Fire Control in Thailand**. Forest Fire Control Office, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Boonkhem, J., Whangmahaporn, P. 2020. A pattern of people's participation in the Wildfire Management of the Forest Conservation Area in the National Park of Chiang Mai province. **Sripatum Review of Humanities and Social Sciences**, 20(1): 92-104. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2021. **Historical Forest Fire Statistics**. <https://portal.dnp.go.th/Content/firednp?contentId=15705>, 25 January 2022.
- Eden, C., Ackermann, F. 1998. **Making Strategy: The Journey of Strategic Management**. London, UK. Foundation for Sustainable Development in the North. (n.d.). **Guidelines Preparation of a Fire Management Plan and Fuel Management Participate at the Local Level**. Foundation for Sustainable Development in the North, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Gomolkongyou, S. 2018. **A Guide to Networking and Public Participation in Defense and Solve the Problem of Forest Fires and Smog**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kaitpraneet, S. 1983. **Forest Fire and Control**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Krejcie, R.V., Morgan, D.W. 1970. Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement**, 30(3): 607-610.
- Protected Area Regional Office 16 (Chiang Mai). 2022. **Guidelines for Creating Forest Fire and Haze Solution Network**. Protected area regional office 16 (Chiang Mai), Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Taweerat, P. 1997. **Research Methods in Medicine and Social Sciences**, 7th ed. Bureau of Testing and Friends, Srinakharinwirot University Prasarnmit Campus, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Unthongdee, N. 2014. **Public Participation in Prevention and Solution of Haze Air Pollution in Mae Hong Son Province**. M.S. Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wanthongchai, K. 2023. **Forest Fires Ecology and Management**. Department of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand, pp. 10-93. (in Thai)
- Wakate, N. 2008. **People's Participation in Forest Fire Control at Ban Pangpaka, Mae Ram Subdistrict, Mae Rim District, Chiang Mai Province**. Independent Study, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Worldwide Fund for Nature Thailand. 2021. **Forest Fire Situation in Thailand**. https://www.wwf.or.th/our_news/our_blog_t h/fire_forest_scp/, 25 January 2022

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของอุณหภูมิในการอัดร้อนต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้สักในจังหวัดแพร่

Effect of Pressure Temperature on Particleboard Properties
from Teak Sawdust in Phrae Provinceธิตี วานิชดิolkรัตน์^{1*}Thiti Wanishdilokratn^{1*}สรพัชร อโหสิ¹Sorapat Ahosi¹วัศพล เพชรคง¹Vassapon Phetkong¹จิราภา วานิชดิolkรัตน์²Jirapa Wanishdilokratn²¹สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140¹Department of Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จังหวัดแพร่ 54140²Protected Area Regional Office 13 Phrae, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Phrae Province 54000, Thailand

*Corresponding Author; E-mail: Thiti_jk@hotmail.com

รับต้นฉบับ 13 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 28 กันยายน 2566

รับลงพิมพ์ 4 ตุลาคม 2566

ABSTRACT

The effects were investigated of various pressure temperatures on the properties of particleboard made from teak sawdust in Phrae province in total 9 panels were tested at 3 temperatures (80, 100 and 120 °C) using 3 replicates. The properties of the samples were tested according to the Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboard (TIS) 876-2004 for: moisture content, density, water absorption, thickness swelling, internal bonding, modulus of rupture and modulus of elasticity. Using 120 °C of pressure temperature was the optimum average value and met the standard. The mean values were: 6.65±2.03% for moisture content, 688.90±10.27 kg/m³ for density, 37.73±20.67% for water absorption, 10.89±5.49% for thickness swelling, 0.43±0.02 MPa for internal bonding, 15.73±0.88 MPa for modulus of rupture and 2,384±11.95 MPa for modulus of elasticity.

Keywords: Particleboard; Phrae province; Sawdust; Temperature; Teak

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการอัดร้อนแผ่นขึ้นไม้อัดจากชีเลื่อยไม้สักในจังหวัดแพร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการอัดร้อนต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด โดยทำการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบค่าสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ ได้แก่ ความชื้น (moisture content) ค่าความหนาแน่น (density) ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ค่าการพองตัวตามความหนา (thickness swelling) ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding) ค่ามอดูลัสแตกหัก (modulus of rupture) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ซึ่งผลการทดลองพบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากชีเลื่อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 120 องศาเซลเซียส มีค่าการทดสอบดีที่สุดในทุกสภาวะ และผ่านมาตรฐานการทดสอบทั้งหมดโดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.65 ± 2.03 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 688.90 ± 10.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 37.73 ± 20.67 ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 10.89 ± 5.49 ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.43 ± 0.02 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 15.73 ± 0.88 เมกะปาสกาล และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย $2,384 \pm 11.95$ เมกะปาสกาล

คำสำคัญ: แผ่นขึ้นไม้อัด จังหวัดแพร่ ชีเลื่อย อุณหภูมิ สัก

คำนำ

ทรัพยากรจากไม้ในประเทศไทยมีปริมาณลดลง เนื่องจากความต้องการในการใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีความจำเป็นที่จะใช้ทรัพยากรทดแทน โดยในจังหวัดแพร่ เป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากไม้เป็นจำนวนมาก (Kamy and Suwannawon, 2017; Howpinjai et al., 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไม้สัก (*Tectona grandis*) ซึ่งเป็นไม้ที่มีตลาดขายสวยงามและสามารถแปรรูปได้ง่าย ทำให้เกิดอุตสาหกรรมตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับโรงงาน ในรูปแบบของการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เช่น เติง ตู้ โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น (Wanishdilokrat et al., 2022) ส่งผลให้มีเศษเหลือในรูปแบบของชีเลื่อยจำนวนมาก ทำให้เกิดปริมาณขยะในชุมชน หรือการเผาทิ้งทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่น PM2.5 เป็นต้น (Soviwadan et al., 2019; Muenmee and Bootdee, 2021) จึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนผลิตภัณฑ์ไม้ ซึ่งการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (particleboard) เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษชีเลื่อยไม้สัก โดยผ่านกระบวนการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ ซึ่งจะต้องมีการหาสภาวะในกระบวนการอัดร้อน ที่เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Iswanto et al., 2013)

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้เศษชีเลื่อยจากไม้สักมาทำเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดโดยเปรียบเทียบสมบัติจากอุณหภูมิในการอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้อุณหภูมิต่างๆจะเป็นการประหยัดพลังงาน และประหยัดต้นทุนในการผลิต เพื่อหา

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากการทดสอบหาสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จากเศษชีเลื่อยที่เหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งเป็นอีกแนวทางในการเพิ่มมูลค่าในเชิงชุมชนและใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด

นำเศษชีเลื่อยไม้สักที่ผ่านการแปรรูปจากไม้สักจากป่าสวนป่าเอกชนอายุ 20 ปี จากพื้นที่ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ มาคัดขนาดผ่านเครื่องคัดขนาด (screener) โดยใช้ตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร แล้วนำไปผึ่งเพื่อปรับสภาวะให้ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 10 จากนั้นนำมาชั่งจำนวน 1,748.69 กรัม/แผ่น (ซึ่งเผื่อปริมาณร้อยละ 20) แล้วนำมาใส่เครื่องผสมกาว ต่อมาทำการผสมกาวยูเรียฟอร์มาดีไฮด์ (urea formaldehyde) จำนวน 158.97 กรัม/แผ่น (ปริมาณกาวร้อยละ 10 ของน้ำหนักอบแห้งขึ้นไม้) กับสารแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride) หรือสารเร่งแข็ง (hardener) จำนวน 2.54 กรัม/แผ่น (ปริมาณสารเร่งแข็งร้อยละ 2 ของน้ำหนักกาว) แล้วทำการพ่น พร้อมทั้งคลุกเคล้ากันในเครื่องผสมกาวโดยใช้ระยะเวลา 5 นาที ต่อมานำเศษชีเลื่อยที่ผสมกาวมาชั่งน้ำหนักจำนวน 1,589.72 กรัม/แผ่น มาโรยใส่กล่องไม้สำหรับขึ้นรูปขนาด 450 มิลลิเมตร x 450 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร ให้ขึ้นไม้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นบนเทปลอนและแผ่นเหล็ก พร้อมทั้งใส่เหล็กกำหนดความหนาขนาด 10 มิลลิเมตรด้านละ 1 อันแล้วทำการอัดร้อนที่ความดัน 35 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาทีโดยกำหนดสภาวะละ 3 อุณหภูมิ

ได้แก่ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส อุณหภูมิละ 3 ชั่วโมง
ทั้งสิ้น 9 แผ่น จากนั้นนำแผ่นขึ้นไม้อัดจากซีล้อยไม้สักไปปรับ
สถานะในห้องควบคุมความชื้นในระยะเวลา 30 วันหรือชั่ง
น้ำหนักจนแผ่นขึ้นไม้อัดมีน้ำหนักคงที่ แสดงดัง Figure 1



Figure 1 Particleboard made from teak sawdust

การทดสอบ

นำแผ่นขึ้นไม้อัดไปตัดขอบออกด้านละ 30 มิลลิเมตร
แล้วนำไปตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standard) มอก.867-2547
(Thai Industrial Standard, 2004) โดยการทดสอบสามารถ
แบ่งออกได้ ดังนี้ ค่าความชื้น (moisture content) ค่าความ
หนาแน่น (density) ค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption)
ค่าการพองตัวตามความหนา (thickness swelling) ค่าแรงดึง
ตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding) ค่ามอดูลัสแตกหัก
(modulus of rupture) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of
elasticity) ดังนี้

การทดสอบหาความชื้นและความหนาแน่น สามารถ
ทำได้โดยชั่งชิ้นทดสอบให้ได้น้ำหนักที่ความแม่นยำ 0.01 กรัม
เป็นน้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนอบ จากนั้นวัดขนาดความกว้าง
ความหนา และความยาวของชิ้นทดสอบ ที่ระดับความแม่นยำ
0.02 มิลลิเมตร ต่อมอบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2
องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักของชิ้นทดสอบคงที่ หลังจากนั้น
ทำการชั่งน้ำหนักขึ้นไม้ เป็นน้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง
และวัดขนาดความกว้าง ความหนา และความยาวของชิ้น
ทดสอบหลังอบ สำหรับหาปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง การหาค่า
ปริมาณความชื้น แสดงดังสมการที่ (1)

$$Mc = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ Mc คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

M_1 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนอบ (กรัม)

M_2 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบ (กรัม)

การหาค่าความหนาแน่น แสดงดังสมการที่ (2)

$$D = \frac{M}{V} \times 10^6 \quad (2)$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

M คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบ (กรัม)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)

การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความ
หนา สามารถทำได้โดยชั่งน้ำหนักและวัดความหนาชิ้นทดสอบ
แล้วแช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำผ้าหมาดมาซับน้ำออกให้หมดจากนั้น
ปล่อยให้ไว้ในสถานะของอุณหภูมิห้องอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่ง
น้ำหนัก และวัดความหนาหลังทดสอบ การหาค่าการดูดซึมน้ำ
แสดงดังสมการที่ (3)

$$Wa = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ Wa คือ การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

W_1 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

การหาค่าการพองตัวตามความหนา แสดงดังสมการที่ (4)

$$Ts = \frac{(T_2 - T_1)}{T_1} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ Ts คือ การพองตัวตามความหนา (ร้อยละ)

T_1 คือ ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

T_2 คือ ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

การทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า สามารถทำได้โดย
ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาว
สังเคราะห์ จากนั้นนำเข้าเครื่องทดสอบสากล (universal
testing machine) แสดงดัง Figure 2 เพื่อทำการดึงใน
อัตราส่วนที่สม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้น
ทดสอบแยกจะต้องออกจากกันไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม
มากกว่า 90 วินาที หรือความเร็วในการดึงอยู่ที่ 2 มิลลิเมตรต่อ
นาที่ โดยหาค่าแรงดึงตั้งฉาก แสดงดังสมการที่ (5)

$$IB = \frac{F}{(W \times L)} \quad (5)$$

เมื่อ IB คือ แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสกาล)

F คือ แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)



Figure 2 Universal testing machine

การทดสอบมอดูลัสแตกหักและมอดูลัสยืดหยุ่นสามารถทำได้โดยทำได้โดยวางชิ้นทดสอบไปวางบนแท่นรองรับ (supports) ของเครื่องทดสอบสากล ซึ่งระยะห่างกัน 280 มิลลิเมตร ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกจากจุดที่รองรับด้านละ 10 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ภายในเวลา 1.5 ± 0.5 นาที จากนั้นหาค่ามอดูลัสแตกหัก แสดงดังสมการที่ (6)

$$MOR = \frac{3 F_{max} L}{2 b t^2} \quad (6)$$

เมื่อ MOR คือ ความสามารถในการต้านการแตกหัก (เมกะพาสกาล)

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

L คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ (มิลลิเมตร)

B คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นไม้ (มิลลิเมตร)

ส่วนการหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของไม้ แสดงดังสมการที่ (7)

$$MOE = \frac{L^3 (F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)} \quad (7)$$

เมื่อ MOE คือ มอดูลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสกาล)

L คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ (มิลลิเมตร)

$F_2 - F_1$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง (นิวตัน)

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง (มิลลิเมตร)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ค่ามอดูลัสแตกหัก และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลและวิจารณ์

ความชื้นและความหนาแน่น

การศึกษาปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากชีเลื่อยไม้สักโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 6.35 ± 2.68 รองลงมาคือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.65 ± 2.03 และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 7.65 ± 2.74 ส่วนค่าความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีค่าสูงที่สุดคือ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 688.90 ± 10.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 677.30 ± 10.75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 673.32 ± 8.89 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงดัง Table 1 ซึ่งความชื้นและความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากชีเลื่อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standard) มอก.867-2547 (Thai Industrial Standard, 2004) ที่กำหนดความชื้นในช่วงร้อยละ 4.00-13.00 และความหนาแน่นอยู่ในช่วง

400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Prungsuk *et al.* (2019) ที่ได้ทำการทดสอบแผ่นขึ้นไม้อัดจากไม้ยางพารา พบว่า มีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 8.24 และความหนาแน่นเฉลี่ย 773.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และใกล้เคียงกับ Yenjai *et al.* (2016) ที่ได้ทำการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจาก

เศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาวโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 7.10–7.19 และความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 700.00–750.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

Table 1 Moisture content and density of particleboard made from teak sawdust using different hot pressing temperatures

Hot pressing temperature (°C)	Moisture content (%)	Density (kg/m ³)
80	7.65±2.74	673.32±8.89
100	6.65±2.03	677.30±10.75
120	6.35±2.68	688.90±10.27
Mean	6.88±2.48	679.84±9.97

การดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนา

การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากซีเลื้อยไม้สักโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 37.73±20.67 รองลงมาคือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 44.98±13.09 และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 45.35±6.12 ส่วนค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 10.89±5.49 รองลงมาคือ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.90±4.40 และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าพองตัวตามความหนาต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 14.40±5.04 แสดงดัง Table 2 โดยค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวตามความหนามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดัง Table 4 ซึ่งการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากซีเลื้อย

ไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 80 และ 100 องศาเซลเซียสไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standard) มอก.867–2547 (Thai Industrial Standard, 2004) ส่วนแผ่นขึ้นไม้อัดจากซีเลื้อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 120 องศาเซลเซียสผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.867–2547 ที่กำหนดค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 40.00 และค่าการพองตัวตามความหนาไม่เกินร้อยละ 12.00 ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Masturi *et al.* (2020) ที่ได้ทำการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษใบไม้สักเหลือทิ้ง พบว่า มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 40 เนื่องจากความหนาแน่นที่สูงจะส่งผลต่อการดูดซึมน้ำได้ลดลง แต่แตกต่างกับ Nourbakhsh (2010) ที่ได้ทำการทดสอบค่าพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้พ็อปลาร์ (poplar wood) อายุ 3 ปี พบว่า มีค่าพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 21.77–26.54 เนื่องจากเป็นไม้ที่อายุน้อยและมีความชื้นสูงทำให้เกิดการพองตัวตามความหนามาก

Table 2 Water absorption and thickness swelling of particleboard made from teak sawdust using different hot pressing temperatures

Hot pressing temperature (°C)	Water absorption (%)	Thickness swelling (Percentage)
80	45.35±6.12 ^{ns}	14.40±5.04 ^{ns}
100	44.98±13.09 ^{ns}	12.90±4.40 ^{ns}
120	37.73±20.67 ^{ns}	10.89±5.49 ^{ns}
Mean	42.68±13.29	12.73±4.98

Remarks: ns indicates no significant difference in column values based on ANOVA for $p<0.05$, followed by Duncan's new multiple range test

แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มอดูลัสแตกหัก และมอดูลัสยืดหยุ่น

การศึกษาค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มอดูลัสแตกหัก และมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้สักโดยใช้ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดร้อนด้วย อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูง ที่สุดเฉลี่ย 0.43 ± 0.02 เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย 0.37 ± 0.01 เมกะปาสกาล และแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย 0.33 ± 0.03 เมกะปาสกาล ส่วนค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดเฉลี่ย 15.73 ± 0.88 เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย 13.78 ± 0.67 เมกะปาสกาล และแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย 12.45 ± 0.40 เมกะปาสกาล ส่วนค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดเฉลี่ย $2,384 \pm 11.95$ เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย $2,274 \pm 9.36$ เมกะปาสกาล และแผ่นขึ้นไม้อัดที่อัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่มีค่าเฉลี่ย $2,251 \pm 14.96$ เมกะปาสกาล แสดงดัง Table 3 และ

Table 4 ซึ่งแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และมอดูลัสแตกหัก ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 80 และ 100 องศาเซลเซียส ไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standard) มอก. 867-2547 (Thai Industrial Standard, 2004) ส่วนแผ่นขึ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 120 องศาเซลเซียสผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.867-2547 ที่กำหนดค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากกว่า 0.40 และค่ามอดูลัสแตกหักไม่น้อยกว่า 14.00 เมกะปาสกาล ส่วนค่ามอดูลัสยืดหยุ่นในทุกสภาวะผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.867-2547 ที่กำหนดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นไม่น้อยกว่า 1,800 เมกะปาสกาล ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Korai (2021) ที่ได้ทำการประเมินความแตกต่างของค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46 เมกะปาสกาล และใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Kusumah *et al.* (2020) ที่ได้ทำการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากข้าวฟ่างหวาน พบว่ามีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 10.92 เมกะปาสกาล และมอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2,263.00 เมกะปาสกาล โดยขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัด อีกทั้งใกล้เคียงกับ Kornitsaranukoon *et al.* (2019) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแผ่นไม้ปาติเกิล (particle board) จากแกนกัญชงเพื่อเป็นผนังตกแต่งภายในอาคาร พบว่า ความหนาแน่นมีผลต่อความแข็งแรงที่อุณหภูมิตั้งแต่ 110–150 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่สูงจะต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้เนื่องจากจะส่งผลต่อการไหม้ของแผ่นขึ้นไม้อัด

Table 3 Internal bonding, MOR and MOE of particleboard made from teak sawdust using different hot-pressing temperatures

Hot pressing temperature (°C)	Internal bonding (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
80	0.33 ± 0.03^c	12.45 ± 0.40^c	$2,251 \pm 14.96^b$
100	0.37 ± 0.01^b	13.78 ± 0.67^b	$2,274 \pm 9.36^b$
120	0.43 ± 0.02^a	15.73 ± 0.88^a	$2,384 \pm 11.95^a$
Mean	0.38 ± 0.02	14.02 ± 0.65	$2,303 \pm 12.09$

Remarks: a, b and c superscripts indicate significant differences in column values based on ANOVA for $p < 0.05$, followed by Duncan's new multiple range test

Table 4 Statistical analysis of water absorption, thickness swelling, internal bonding MOR and MOE

Item	Group	Sum of squares	df	Mean square	F	P-value
Water absorption	Between group	110.856	2	55.428	0.261	0.778
	Within group	1272.176	6	212.029		
	Total	1383.031	8			
Thickness swelling	Between group	18.614	2	9.307	0.373	0.704
	Within group	149.869	6	24.978		
	Total	168.482	8			
Internal bonding	Between group	0.015	2	0.008	14.083	0.005
	Within group	0.003	6	0.001		
	Total	0.018	8			
MOR	Between group	16.263	2	8.131	17.635	0.003
	Within group	2.767	6	0.461		
	Total	19.029	8			
MOE	Between group	30102.581	2	15051.291	99.449	0.000
	Within group	908.079	6	151.346		
	Total	31010.660	8			

การนำเศษเหลือทิ้งจากซีลี้อยไม้สักจากโรงงานไม้มาใช้ประโยชน์จะเป็นแนวทางในการสร้างรายได้ให้กับสถานประกอบการ ชุมชน ชาวบ้าน หรือผู้ที่สนใจ ยังสามารถลดปัญหาการเผาซีลี้อยไม้สัก ซึ่งในอนาคตสามารถเพิ่มกรรมวิธีในการทำแผ่นขึ้นไม้อัดจากซีลี้อยไม้สัก ในการลดต้นทุนการผลิตจากการใช้เครื่องจักร หรือสามารถต่อยอดในการเพิ่มสมบัติด้านต่าง ๆ ให้แผ่นขึ้นไม้อัดมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค (Yiachongthor, 2021)

สรุป

แผ่นขึ้นไม้อัดจากซีลี้อยไม้สักที่อุณหภูมิในการอัด 120 องศาเซลเซียส มีค่าการทดสอบดีที่สุดในทุกสภาวะ และผ่านมาตรฐานการทดสอบทั้งหมดโดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.65 ± 2.03 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 688.90 ± 10.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 37.73 ± 20.67 ค่าการพองตัวตามความหนาแน่นเฉลี่ยร้อยละ 10.89 ± 5.49 ค่าแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.43 ± 0.02 เมกะปาสกาล ค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 15.73 ± 0.88 เมกะปาสกาล และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย $2,384 \pm 11.95$ เมกะปาสกาล

คำนิยาม

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการทำวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในกรอบทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผ่านสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2566 ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้อนุเคราะห์สถานที่สำหรับใช้ในการวิจัย รวมถึงโรงงานสุคติ 83 เฟอร์นิเจอร์ไม้สักแพร่ ที่ได้อนุเคราะห์วัตถุดิบสำหรับทำงานวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

- Howpinjai, I., Sukjaroen, S., Wanishdilokratn, T. 2019. The comparison of wood utilization: Case study of Phrae province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 3(2): 17-25. (in Thai)
- Iswanto, A.H., Febrianto, F., Hadi, Y.S., Ruhendi, S., Hermawan, D. 2013. The effect of pressing temperature and time on the quality of

- particleboard made from jatropa fruit hulls treated in acidic condition. **Makara Seri Teknologi**, 17(3): 145-151. doi: 10.7454/mst.v17i3.2
- Kamyo, T., Suwannawon, S. 2017. Land cover changes in the Rong Kwang district, Phrae province based on a systematic remote sensing sampling approach. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 1(1): 10-18. (in Thai)
- Korai, H. 2021. Difficulty of internal bond prediction of particleboard using the density profile. **Journal of Wood Science**, 67(1): 1-7. doi: 10.1186/s10086-021-01994-4
- Kornitsaranukoon, W., Toyjalearn, N., Sorathorn, S. 2019. Development particleboard for interior wall panel building from hemp woody core. **Journal of Building Energy & Environment**, 3(3): 78-96. (in Thai)
- Kusumah, S.S., Massijaya, S.Y., Prasetyo, K.W., Sutiawan, J., Lubis, M.A.R., Hermawan, D. 2020. Surface modification of eco-friendly particleboard made from sorghum bagasse and citric acid sucrose adhesive. **Materials Science and Engineering**, (2020): 012054. doi: 10.1088/1757-899X/935/1/012054
- Masturi, Jannah, W.N., Maulana, R.M., Darsono, T., Sunarno, Rustad, S. 2020. Mechanical and physical properties of teak leaves waste/polyurethane composites for particleboard application. **Advanced Composites Letters**, 29(19): 2633366X2096250. doi: 10.1177/2633366X20962507
- Muenmee, S., Bootdee, S. 2021. Health risk assessment of exposure PM2.5 from industrial area in Pluak Daeng district, Rayong province. **Naresuan Phayao Journal**, 14(3): 95-110. (in Thai)
- Nourbakhsh, A. 2010. Mechanical and thickness swelling of particleboard composites made from three-year-old poplar clones. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 29(4): 481-489. doi: 10.1177/0731684408097771
- Prungsuk, S., Jarusombuti, S., Veenin, T. 2019. Effect of added boron compounds on physical, mechanical and fire retardant properties in particleboard. **Thai Journal of Forestry**, 38(1): 156-167. (in Thai)
- Soviwadan, D., Kassegne, K.A., Kadja, K., Koffi, D., Koutsawa, Y., Sanda, K. 2019. Evaluation of mechanical, physical and thermal properties of particleboard from teak (*Tectona grandis*) sawdust with the tannic powder of African locust bean pod (*Parkia biglobossa*). **International Journal of Current Research**, 11(6): 4821-4829. doi: 10.24941/ijcr.35744.06.2019
- Thai Industrial Standard. 2004. **Thai Industrial Standard for Flat pressed Particleboard**. TIS876- 2004.
- Wanishdilokratn, T., Sukjareon, S., Howpinjai, I., Kamyo, T., Wiangtong, C. 2022. Comparison of timber volumes during teak bed production between Wiang Thong and Mee Kong factories in Sung Men district, Phrae province. **Thai Journal of Forestry**, 41(2): 116-126. (in Thai)
- Yenjai, P., Jarusombuti, S., Veenin, T. 2016. Particleboard manufacturing from waste of Cajuput (*Melaleuca cajuputi* Powell). **VRU Research and Development Journal Science and Technology**, 11(2): 131-140. (in Thai)
- Yiachongthor, C. 2021. **The Added Value of Teak Sawdust from Sawmill in Xiengnguern District Luangprabang Province to Particleboard for Furniture Production**. M.S. Thesis, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก
ตำบลแม่เป็น อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์

Community Participation with Pangsak Community Forest Administration,
Mae Poen Sub-district, Mae Poen District, Nakhon Sawan Province

สามินี สุขสุเมฆ^{1,2}

กิตติชัย รัตนะ^{2*}

พสุธา สุนทรห้าว²

Saminee Suksumek^{1,2}

Kitichai Rattana^{2*}

Pasuta Sunthornhao²

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²กรมควบคุมมลพิษ เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

²Pollution Control Department, Phaya Thai District, Bangkok 10400, Thailand

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

รับต้นฉบับ 4 กันยายน 2566

รับแก้ไข 20 ตุลาคม 2566

รับลงพิมพ์ 31 ตุลาคม 2566

ABSTRACT

Community Forest is the principle of forest resource management, to solve the problem of forest land encroachment and exceeding forest resource utilization, the objectives of the study to determine people and social and to determine the economic factors and level of involvement in affecting engagement for administrative management and capacity development guidelines in the Pangsak community forest in Nakhon Sawan Province. The research methodology was employed depth interview for data collection and analyze the position and potential by SWOT and TOWS matrix of 9 people. The survey research by questionnaire then analyze data by descriptive and inferential statistics, through data correlation by testing the hypothesis of 91 people using an independent t-test, one-way ANOVA, and Chi-square at a significance level of 0.10.

The study found that 62.64% of the respondents were female and their average age is 30-59 years old. Most of them graduated from primary school with there are 4-6 household members. The main occupation was agriculture and having the minor occupation was general contractor. Their household annual income is 50,001-100,000 Baht with expense of 75,001-100,000 Baht, which they have liability more than 100,000 Baht. There is a loan from the village fund. Land tenure is an agricultural land reform. There is a high level of use of natural resource utilization with average score of 3.93. The opinion on community forest management at the highest levels of economic society and environment with the mean 4.30 that provided by Public Participation (IAP2) at the levels of information. The level of satisfaction was 43.96%, in additional to analyze position and potential findings the situation is a cash cow. The outside pulls in, but the inside is outstanding for ready to be applied opportunities in the future.

Keywords: Community participation; Community Forest; Participation; Administration; Pangsak Community Forest

บทคัดย่อ

ป่าชุมชน เป็นหนึ่งในหลักการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ ในการแก้ไขปัญหาการบุกรุกการถือครองที่ดิน ในเขตป่า และการใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่เกินขีดจำกัด ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นไปเพื่อศึกษาข้อมูลประชากรด้านเศรษฐกิจ สังคมต่อระดับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ปัจจัยและระดับการมีส่วนร่วมที่มีผลต่อการบริหารจัดการ และแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์วิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis) ด้วยเทคนิค TOWS matrix จำนวน 9 คน และใช้แบบสอบถามวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา สถิติเชิงอนุมาน และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล จำนวน 91 คน โดยใช้ independent t-test, one-way ANOVA และ chi-square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 62.64 มีช่วงอายุ 30-59 ปี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น มีสมาชิกในครัวเรือน 4-6 คน ประกอบอาชีพหลัก คือ ด้านเกษตรกรรม อาชีพรอง คือ ด้านการรับจ้างทั่วไป ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อปีในช่วง 50,001-100,000 บาท รายจ่ายในช่วง 75,001-100,000 บาท มีภาระหนี้สิน 100,000 บาท ขึ้นไป มีการกู้ยืมเงินจากกองทุนหมู่บ้าน มีสิทธิ์การถือครองที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร มีระดับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ระดับมากเฉลี่ย 3.93 คะแนน มีระดับความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการที่ระดับมากที่สุด คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เฉลี่ย 4.30 มีกระบวนการมีส่วนร่วมที่ระดับการให้ข้อมูลข่าวสาร และมีระดับความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการที่ระดับมากที่สุดร้อยละ 43.96 โดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ พบว่า สอดคล้องกับสถานการณ์ภายนอกและมีความท้าทาย แต่ภายในโดดเด่นพร้อมต่อโอกาสในการประยุกต์ใช้ในอนาคต

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วมของชุมชน ป่าชุมชน การมีส่วนร่วม การบริหารจัดการ ป่าชุมชนบ้านปางสัก

คำนำ

ป่าชุมชน ถือเป็นหนึ่งในนโยบายสำคัญของภาครัฐ ในการผลักดัน และขับเคลื่อนประเทศไทย ด้วยโมเดลเศรษฐกิจใหม่ (BCG model) ในการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม โดยพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติ ไปพร้อมกัน คือ การพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (bio-circular-green economy) ที่เป็นส่วนหนึ่ง ในการขับเคลื่อนกลไกการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และตอบสนองมาตรการที่สำคัญของประเทศ ต่อการดำเนินงานของภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางคาร์บอน (carbon neutrality) และ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (net zero ghg emission) ในคริสต์ศักราช 2050 และ 2065 ตามลำดับ (Climate Change Management and Coordination Division, 2018) ตามที่ได้ประกาศเจตนารมณ์ต่อที่ประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP) ครั้งที่ 26 ณ เมืองกลาโวกัว สหราชอาณาจักร โดยงาน ภาคป่าไม้ เป็นเพียงสาขาเดียวที่มีศักยภาพในการดูดกลืนคาร์บอนไดออกไซด์ และสามารถผลักดันเข้าสู่การแบ่งปันคาร์บอนเครดิตจากการปลูกป่า อนุรักษ์ และฟื้นฟูป่าไม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ไปจนถึงป่าชุมชน ซึ่งมีความสำคัญทางตรง ในการเป็นฐาน

ทรัพยากรป่าไม้ เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำ และการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต และความสำคัญทางอ้อม ในความสามารถในการเพิ่มพูนคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่ชั้นบรรยากาศ เพิ่มความสมดุลในธรรมชาติ เป็นแหล่งหากิน และความมั่นคงทางอาหาร โดยป่าชุมชน ถือเป็นหนึ่งในหลักการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม ที่นำมาใช้แก้ปัญหาการแก่งแย่งทรัพยากร และการบุกรุกพื้นที่ป่า โดยผลักดันผ่านภาคีเครือข่ายป่าชุมชน ร่วมกับภาครัฐ ภาคเอกชน และหน่วยงานในพื้นที่ ร่วมกันสร้างระบบบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ในป่าชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดตั้งป่าชุมชน และการจัดทำแผนจัดการป่าชุมชน ทั้งในกิจกรรมด้านการอนุรักษ์ ด้านการฟื้นฟู ด้านการพัฒนา ด้านการควบคุมดูแล และด้านการใช้ประโยชน์ รวมถึงมูลค่าพึ่งพิงป่าชุมชนไปจนถึงการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในป่าชุมชน การเก็บน้ำในดิน และมูลค่าระบบนิเวศของป่าของการใช้ประโยชน์จากของป่า และเกิดกระบวนการพัฒนาชุมชน การสร้างนวัตกรรมท้องถิ่น และอาชีพ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนอย่างยั่งยืน

ป่าชุมชนบ้านปางสัก หมู่ 12 ตำบลแม่เป็น อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ จัดเป็นป่าประเภทป่าสงวนแห่งชาติ

พ.ศ. 2507 มีขนาดพื้นที่จำนวน 3 แปลงรวม 934 ไร่ จัดเป็นป่าชุมชนชนวนกลาง มีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีสภาพป่าสมบูรณ์ มีต้นยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) และไม้สัก (*Tectona grandis* L.f.) ขึ้นอยู่หนาแน่น และยังเป็นป่าชุมชนที่มีลักษณะเป็นพื้นที่กันชนที่อยู่ระหว่างรอยต่อของป่าอนุรักษ์ที่สำคัญของประเทศไทย คือ มีแนวเขตติดต่อและซ้อนทับกับพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ จังหวัดนครสวรรค์ บริเวณพื้นที่ป่าแม่วงก์-แม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ และมีแนวเขตติดต่อกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี และจังหวัดตาก ซึ่งถือเป็นผืนป่าตะวันตก หรือป่าอนุรักษ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญและมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำสะแกกรัง และมีลุ่มน้ำสาขา ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่หล่อเลี้ยงและควบคู่กับวิถีชีวิตและการเกษตรของชาวอำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ (Moosigawong, 2016) ที่ชุมชนและภาครัฐให้ความสำคัญร่วมกันในการบริหารจัดการพื้นที่ป่าพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ภายใต้แผนการจัดการชุมชนให้เกิดประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านต่าง ๆ ตามแนวเขตพื้นที่ที่ติดต่อกับพื้นที่ป่าทางธรรมชาติต่อไป

โดยการศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก ตำบลแม่เปิน อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพทางด้านการประชากร เศรษฐกิจ สังคม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก 2) วิเคราะห์ระดับการมีส่วนร่วมและปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก และ 3) เสนอแนะแนวทางการพัฒนาศักยภาพชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยในหมู่ที่ 12 ตำบลแม่เปิน อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ รวมจำนวนทั้งสิ้น 972 คน (Sub-district Administrative Organization of Maepern, 2023) และคำนวณหาขนาดตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาโดยใช้สูตรคำนวณของ Taro Yamane (Yamane, 1973) มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

ดังนั้น จะมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 91 คน และกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างเท่ากับ 0.1 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 90 และทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จำนวน 91 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการจับฉลาก (lottery) โดยกำหนดหมายเลขประจำตัวให้แก่ประชากรในพื้นที่หมู่ 12 ตำบลแม่เปิน อำเภอแม่เปิน จังหวัดนครสวรรค์ ตามรายชื่อและจับฉลากขึ้นที่ละหมายเลขและทำการสัมภาษณ์

การสร้างและทดสอบเครื่องมือการวิจัย

ดำเนินการสร้างแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ โดยค้นคว้าจากการตรวจสอบเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่ครอบคลุมองค์ประกอบ โครงสร้าง และมิติต่าง ๆ ในการกำหนดและคัดเลือกตัวแปร ของสิ่งที่ต้องการศึกษาวิจัยตามกรอบแนวคิด สมมุติฐาน วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้ โดยแบบสัมภาษณ์จะประกอบด้วยคำถาม จำนวน 15 ข้อ และนำมาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis) และแบบสอบถาม จำนวน 195 ข้อ แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์ จำนวน 24 ข้อ ตอนที่ 2 ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการป่าชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วม จำนวน 7 ด้าน จำนวน 145 ข้อ ตอนที่ 3 แนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชน จำนวน 5 ข้อ ตอนที่ 4 ระดับการมีส่วนร่วม ตามตัวแบบของสมาคมการมีส่วนร่วมสากล – IAP2, international association of public participation (Kokphon, 2009) จำนวน 20 ข้อ และตอนที่ 5 ระดับความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก จำนวน 1 ข้อ และนำไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยทางสังคมศาสตร์จำนวน 2 ด้าน คือ ด้านความเที่ยงตรง (validity) โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา จำนวน 3 ท่าน (expert judgment) เพื่อหาค่า IOC : index of item objective congruence (Tuntavanich and Jindasri, 2018) ของเครื่องมือ โดยให้คะแนน +1 สำหรับข้อคำถาม ที่วัดได้ตรง วัตถุประสงค์ ให้คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ และให้คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่วัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ พบว่า มีข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จำนวน 189 ข้อที่

สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีต่ำกว่า 0.50 จำนวน 6 ข้อ ที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จึงดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการตรวจสอบอีกครั้ง และทำการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (reliability) ในการทดสอบเครื่องมือกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกัน โดยใช้กับข้อคำถามด้านระดับความคิดเห็น และการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ จำนวน 171 ข้อ กับประชาชนที่อาศัยในพื้นที่หมู่ 9 บริเวณ ป่าชุมชนบ้านแม่กะสี หมู่ที่ 9 ตำบลแม่เป็น อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ครอนบาช (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.995 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูง (Vanichbuncha, 2007)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative research) และการวิจัยข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative research) การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ (1) ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ได้จากการตรวจเอกสาร การสืบค้นข้อมูล การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี องค์ความรู้ ข้อเท็จจริง ความสำคัญ หลักการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ และสิ่งแวดล้อม และข้อมูลเชิงพื้นที่ และ (2) ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการการศึกษา แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (in-depth interview) แบบเฉพาะเจาะจงของกลุ่มตัวอย่างภาครัฐหรือเจ้าหน้าที่ตามคำสั่ง เกี่ยวกับรูปแบบการบริหารจัดการป่าชุมชน หรือการดำเนินงานที่สนับสนุนด้านป่าชุมชน รวมจำนวน 9 คน ประกอบด้วย คณะกรรมการป่าชุมชนประจำจังหวัด จำนวน 1 คน คณะกรรมการจัดการป่าชุมชนจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน คณะกรรมการเครือข่ายป่าชุมชนระดับจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4 สาขานครสวรรค์ กรมป่าไม้ จำนวน 1 คน กลุ่มศูนย์ป่าไม้จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน เจ้าหน้าที่ป่าชุมชน ที่ได้รับการแต่งตั้งจากคณะกรรมการจัดการป่าชุมชน จำนวน 1 คน สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน องค์การบริหาร ส่วนจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน

และองค์การบริหารส่วนตำบลแม่เป็น อำเภอแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 คน

2. การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามแบบปลายปิด (closed-ended questionnaire) ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เกี่ยวกับรูปแบบระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการหรือชุมชนบริเวณพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการรวบรวมแบบสอบถาม จัดระเบียบข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถาม และดำเนินการสร้างและลงรหัสแบบสอบถามก่อนนำไปวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมแบบสัมภาษณ์แบบเฉพาะเจาะจงของกลุ่มตัวอย่างภาครัฐหรือเจ้าหน้าที่ตามคำสั่ง และนำแบบสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลในด้านการมีส่วนร่วม ปัญหา แนวทางการบริหารจัดการป่าชุมชน แนวทางผลักดันการจัดตั้งป่าชุมชน ความคาดหวัง การพัฒนาศักยภาพของป่าชุมชนบ้านปางสัก การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การสร้างแกนนำชุมชน การพัฒนาศักยภาพ ความพร้อมด้านต่าง ๆ ของชุมชน ศึกษาเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สถานการณ์ สรุปและอธิบายประกอบผลที่เกิดขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis) จำนวน 4 ด้าน คือ ด้านจุดแข็ง (strengths) ด้านจุดอ่อน (weaknesses) ด้านโอกาส (opportunities) และด้านภัยคุกคามหรืออุปสรรค (threats) (Nitichaowakul, 2022) และการค้นหาและวิเคราะห์ตำแหน่งขององค์กร (Lorchirachoonkul *et al.*, 2018) เพื่อกำหนดกลยุทธ์วิธีเชิงรุก (so-strategy) เชิงรับ (wt-strategy) เชิงป้องกัน (st-strategy) หรือเชิงแก้ไข (wo-strategy) ในรูปแบบเมตริกซ์ด้วยเทคนิค TOWS matrix (Nakhon Sawan Art and Cultural Office, 2017)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมแบบสอบถาม และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มี 2 ส่วน ดังนี้

2.1 สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปทางเศรษฐกิจ สังคม แนวทาง การพัฒนาศักยภาพป้าชุมชน ระดับการมีส่วนร่วม และระดับความพึงพอใจ โดยแจกแจงเป็นค่าสถิติอย่างง่าย สำหรับข้อมูลแบบสอบถาม ตอนที่ 1, 3, 4 และ 5 เพื่อประกอบ คำอธิบายข้อมูล ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) (Chaimay, 2014)

สำหรับการวัดระดับความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการ ป้าชุมชนโดยกระบวนการมีส่วนร่วม จำนวน 7 ด้าน ในตอนที่ 2 ของแบบสอบถาม จะใช้มาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) (Likert, 1961) ซึ่งมี 5 ระดับ และกำหนดคะแนน คำตอบของการมีการบริหารจัดการป้าชุมชน ดังนี้ (1) ระดับ น้อยที่สุด (2) ระดับน้อย (3) ระดับกลาง (4) ระดับมาก และ (5) ระดับมากที่สุด แล้วนำไปกำหนดเป็นอัตราภาคชั้น เท่ากับ 0.80 โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อัตราภาคชั้น} &= \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับ}} \\ &= \frac{5 - 1}{5} = 0.80\end{aligned}$$

และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง ประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการอยู่ในระดับน้อยที่สุด
- 2) ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง ประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการอยู่ในระดับน้อย

3) ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง ประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการอยู่ในระดับปานกลาง

4) ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง ประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการอยู่ในระดับมาก

5) ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง ประชาชนมีระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2 สถิติเชิงอ้างอิง (inferential statistics) ในการใช้ สถิติมาวิเคราะห์สมมติฐาน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อระดับ ความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการป้าชุมชนโดยกระบวนการมี ส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป้าชุมชนบ้านปางสัก ตำบลแม่เป็น อำเภอมแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้สถิติ t-test กับตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่ม 2 กลุ่ม ใช้สถิติ F-test กับ ตัวแปรอิสระที่แบ่งกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยมีการกำหนด ระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.10 (p-value = 0.10) และใช้สถิติไค-สแควร์ (Chi-square) ในการศึกษาความเป็น อิสระของตัวแปรของด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และระดับ การมีส่วนร่วม โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนไว้ที่ 0.1 (e = 0.10) ว่าเป็นจริงตามสมมติฐานหรือไม่เป็นจริงตามสมมติฐาน

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปทางเศรษฐกิจ สังคม ของราษฎรที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่ป้าชุมชนบ้านปางสัก หมู่ 12 ตำบลแม่เป็น อำเภอมแม่เป็น จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 1 หมู่บ้าน ซึ่งมีขนาดประชากร 972 คน รวม 328 ครัวเรือน จำนวน 91 คน ของขนาดกลุ่มตัวอย่าง รายละเอียดปรากฏตาม

Table 1

Table 1 General social and economic characteristics.

Item	Respondent	Percentage (%)
1. Gender	Female	62.64
	Male	37.36
2. Age	15-29 years	7.69
	30-59 years	75.83
	60 years and older	16.48
3. Educational levels	Not studying	21.98
	Early elementary	34.07
	High elementary	10.99
	Junior high school	8.79
	High school	14.28
	Bachelor degree	7.69
	Professional certificate	2.20

Table 1 (continues)

Item	Respondent	Percentage (%)
4. Household status	Head of household	43.96
	Spouse	38.46
	Daughter/Son	9.89
	Inhabitant	4.39
	Parent	3.30
5. Number of household members	1-3 persons	35.17
	4-6 persons	59.34
	7 persons or more	5.49
6. Main occupation	Agriculture	74.73
	General contractor	13.19
	Employee	5.49
	Trade	4.39
	Company	1.10
	Government service	1.10
	No occupation	20.88
7. Secondary occupation	General contractor	45.05
	Agriculture	16.48
	Non-timber forest product	12.09
	Trade	4.40
	Self-employed	1.10
	No occupation	20.88
8. Income per year (Baht)	50,000 or less	16.48
	50,001-100,000	29.67
	100,001-150,000	14.29
	150,001-200,000	9.89
	200,001-205,000	5.49
	205,000 or more	24.18
9. Expense per year (Baht)	10,000 or less	4.40
	10,001-25,000	10.99
	25,001-50,000	9.89
	50,001-75,000	19.78
	75,001-100,000	28.57
	100,000 or more	26.37
10. Liability per year (Baht)	Low 10,000	18.68
	10,001-50,000	13.19
	50,001-100,000	20.88
	More than 100,000	47.25
11. Borrowing money	Borrowing money	86.81
	Not borrowing money	13.19
12. Source of loan	Village fund	34.07
	Bank	31.87
	Owner	14.29
	Relative	9.89
	Cooperative	6.59
	Other	3.29

Table 1 (continues)

Item	Respondent	Percentage (%)
13. Duration of residency	1-2 years	1.10
	3-5 years	1.10
	6-10 years	1.10
	11-15 years	3.30
	16-20 years	7.69
	21 years or more	85.71
14. Land rights ownership	Agricultural land reform	38.46
	National land policy	26.37
	Tax payment certificate	16.48
	Possessory right	7.69
	Ownership of beneficial acts	4.40
	Land lease	4.40
15. Distance from accommodation to community forest (km.)	Reservation form temporary	2.20
	1-3	72.53
	4-10	19.78
	11-15	5.49
16. Regulatory awareness	16 or more	2.20
	Aware	89.01
17. Utilization from community forest	Unaware	10.99
	Utilization	92.31
18. Conservation projects awareness	Never exploited	7.69
	Aware	92.31
19. Geography and community area	Unaware	7.69
	Suitable	98.91
20. Participation and Community strength	Unsuitable	1.09
	Agree	96.70
21. Community leadership	Disagree	3.30
	Suitable	92.31
22. Communication, exchange of learning	Unsuitable	7.69
	Suitable	81.32
23. External support provided	Unsuitable	18.68
	Agree	83.52
24. Ecotourism or tourist interests	Disagree	16.48
	Get attention	76.93
	Not getting attention	23.07

ระดับความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการป่าชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

ระดับความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการป่าชุมชนโดยกระบวนการมีส่วนร่วม ในการบริหารจัดการป่าชุมชน บ้านปางสัก จังหวัดนครสวรรค์ ตามมาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert scale) ในภาพรวมมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน

1 ด้าน คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ที่ค่าเฉลี่ย 4.30 คะแนน และมีระดับความคิดเห็นที่ระดับมาก จำนวน 6 ด้าน คือ ด้านการอนุรักษ์ ที่ค่าเฉลี่ย 4.04 คะแนน รองลงมา คือ ด้านกฎระเบียบ และกติกาของชุมชน ด้านการใช้ประโยชน์ ด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ด้านการมีส่วนร่วม และด้านคณะกรรมการ ที่ค่าเฉลี่ย 4.01, 3.93, 3.92, 3.83, และ 3.70 คะแนน ตามลำดับ รายละเอียดปรากฏตาม Table 2

Table 2 Opinion level on community forest administration by community participation.

Level of community participation	Mean	Standard deviation	Opinion level
1. Board of directors	3.70	0.39	Extreme
2. Community rules and regulations	4.01	0.36	Extreme
3. Participation	3.83	0.36	Extreme
4. Utilization	3.93	0.37	Extreme
5. Conservation	4.04	0.39	Extreme
6. Ecotourism	3.92	0.49	Extreme
7. Economic society and environment	4.30	0.62	Highest

ระดับความคิดเห็นต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพ ป่าชุมชน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับความคิดเห็นต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชน โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถาม เป็นคะแนน 1–5 คือ ระดับน้อยที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน ระดับน้อย เท่ากับ 2 คะแนน ระดับปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน ระดับมาก เท่ากับ 4 คะแนน และระดับมากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน จำนวน 5 ด้าน ประกอบด้วย (1) ด้าน

ความสามัคคี การมีส่วนร่วมและความเข้มแข็งของชุมชน (2) ด้านภาวะผู้นำชุมชน (3) ด้านการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ องค์ความรู้ และความสำคัญของป่าชุมชน (4) ด้านการสนับสนุนจากภายนอก และ (5) ด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือความสนใจของนักท่องเที่ยว พบว่าโดยรวมมีระดับความคิดเห็นต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนที่ระดับมาก (extreme levels) จำนวน 5 ด้าน รายละเอียดปรากฏตาม Table 3

Table 3 Opinion level on capacity development guidelines of community forest.

Capacity development guideline	Smallest level (%)	Small level (%)	Moderate level (%)	High level (%)	Highest level (%)
1. Participation and community strength	0.00	0.00	17.59	45.05*	37.36
2. Leadership	0.00	1.10	17.58	45.06*	36.26
3. Communication and learning exchange	0.00	1.10	20.89	45.05*	32.96
4. External support	0.00	13.19	25.27	39.56*	21.98
5. Ecotourism or tourist interests	3.30	15.38	23.08	38.46*	19.78

Remark : frequency (n = 91), * The greatest score of the capacity development guideline is highest.

ระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วม

ระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมตามตัวแบบของสมาคมการมีส่วนร่วมสากล – IAP2 จะแบ่งระดับการมีส่วนร่วมออกเป็น 5 ระดับ คือ (1) การมีส่วนร่วมในระดับการให้ข้อมูลข่าวสาร (to inform) (2) การมีส่วนร่วมในระดับการปรึกษาหารือ หรือระดับที่มีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา สาเหตุของปัญหา

(to consult) (3) การมีส่วนร่วมในระดับการเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือระดับที่มีส่วนร่วมในการวางแผนร่วมกัน (to involve) (4) การมีส่วนร่วมในระดับ ความร่วมมือหรือระดับที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การประเมินผล และการนำโครงการไปปฏิบัติ (to collaborate) และ (5) การมีส่วนร่วมในระดับเสริมอำนาจประชาชน หรือระดับที่มีส่วนร่วมในการดำเนินงานและการรับผลประโยชน์ (to empower) รายละเอียดปรากฏตาม Table 4 ทั้งนี้ ระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่า

ชุมชน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของป่าชุมชนบ้านปางสัก อยู่ในระดับ (1) to inform-การมีส่วนร่วมในระดับการให้ข้อมูล ข่าวสาร คิดเป็นร้อยละ 97.80 รองลงมาในระดับการมีส่วนร่วม ที่ระดับ (2) to consult, ที่ระดับ (3) to involve, ที่ระดับ (4) to collaborate และที่ระดับ (5) to empower คิดเป็น ร้อยละ 96.70, 95.60, 92.31 และ 90.11 ตามลำดับ โดยระดับที่ (4)-(5) มีค่าร้อยละน้อยกว่าในระดับอื่น ๆ เนื่องจากชาวบ้านบางส่วนยังขาดความกล้าในการลงมือปฏิบัติ หรือร่วมดำเนินงาน และมีความกังวลต่อรายละเอียดข้อกฎหมายที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดโดยไม่ได้ตั้งใจ โดยสามารถนำผลการศึกษามาวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไข เพื่อเพิ่มกิจกรรม และกระบวนการมีส่วนร่วมในการบริหาร

จัดการป่าชุมชนในการสร้างความเข้าใจให้แก่ชุมชนได้มากขึ้น ต่อการติดตามประเมินผลโครงการ ขอบเขตของกฎหมาย และ ความสามารถในการแบ่งปันผลประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ ของป่าชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Maliwan *et al.* (2017) ที่พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการป่าชุมชน เขาขลุ้ง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ในภาพรวมอยู่ที่ระดับที่ 1 ร่วมค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหาในการจัดการป่า ชุมชนที่ค่าเฉลี่ย 3.08 มากกว่าด้านอื่น ๆ เนื่องจากกลุ่ม ตัวอย่างเกิดความประทับใจในการเข้าร่วมกิจกรรมการจัดการ ป่าชุมชนที่แตกต่างกัน จึงต้องหาแนวทางการส่งเสริมการมีส่วน ร่วมในการจัดการป่าชุมชนเขาขลุ้งเพิ่มในอนาคต

Table 4 Opinion level of involvement in community forest management.

Level of involvement	Frequency (n = 91)	Percentage (%)
1. To inform	89*	97.80*
2. To consult	88	96.70
3. To involve	87	95.60
4. To collaborate	84	92.31
5. To empower	82	90.11

Remark: * The greatest score of the opinion level of involvement is highest.

ระดับความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับความพึงพอใจของชุมชนที่มี ต่อการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ

43.96 โดยมีการบริหารจัดการป่าชุมชนในด้านความเข้มแข็ง ของผู้นำชุมชน การให้ความร่วมมือของคนในชุมชน การจัด กิจกรรมภายในชุมชน และความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศ จึงทำให้ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ตามลักษณะทั่วไป ทางเศรษฐกิจ สังคม รายละเอียดปรากฏตาม Table 5

Table 5 Satisfaction level of community regarding community forest management.

Level of involvement	Frequency (n = 91)	Percentage (%)
1. Smallest	1	1.10
2. Small	0	0.00
3. Moderate	18	19.78
4. Extreme	32	35.16
5. Highest	40	43.96
Total	91	100

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก และแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก

ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก

การทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก ได้แก่ ปัจจัยด้านระดับการศึกษา โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 ($p<0.10$) และปัจจัยด้านอื่น ๆ ไม่มีผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก หรือไม่มีความสัมพันธ์กับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่เป็นคนเก่าแก่ใน

พื้นที่มีอายุและมีระยะเวลาการอยู่อาศัยมากกว่า 21 ปีขึ้นไป เมื่อจบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นการศึกษาสูงสุดในยุคสมัยก่อน จึงมักเริ่มประกอบอาชีพทำให้มีการเข้าถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่มากขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Somsri, 2014) ที่พบว่า ปัจจัยด้านอายุ อาชีพหลัก อาชีพรอง รายได้ รายจ่าย ภาระหนี้สิน สิทธิการถือครองที่ดิน การรับรู้กฎระเบียบ กติกา และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน ไม่มีผลต่อการบริหารจัดการป่าชุมชน พระพุทธบาทน้อย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่รับทราบกฎระเบียบ และได้รับประโยชน์จากป่าชุมชนอย่างสม่ำเสมอ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p>0.05$ รายละเอียดปรากฏตาม Table 6

Table 6 Factors affecting level of utilization of natural resources in community forest.

Independent variable	t-test	F-test	p-value
1. Age	-	0.09	0.92
2. Educational levels	-	2.44	0.03*
3. Main occupation	-	0.87	0.50
4. Secondary occupation	-	0.38	0.86
5. Household income per year	-	1.31	0.27
6. Household expense per year	-	1.46	0.21
7. Land rights ownership	-	1.52	0.18
8. Regulatory awareness	0.14	-	0.73
9. Utilization from community forest	1.18	-	0.24
10. Conservation projects	0.76	-	0.45
11. Participation and community strength	-0.16	-	0.87
12. Community leadership	1.18	-	0.24
13. Communication, exchange of learning	1.25	-	0.41
14. External support	1.19	-	0.24
15. Ecotourism or tourist interests	1.52	-	0.13

Remark: * significance level of 0.1

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก

การทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก มีจำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ที่ระดับการมีส่วนร่วมที่ (2) to consult ได้แก่ ปัจจัยด้านการสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก และปัจจัย ด้านแหล่ง

ท่องเที่ยวเชิงนิเวศหรือความสนใจของนักท่องเที่ยว ที่ระดับการมีส่วนร่วมที่ (3) to involve ได้แก่ ปัจจัยด้านภาวะของผู้นำชุมชน ปัจจัยด้านการสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก และปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศหรือความสนใจของนักท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Khumsaprom, 2004) ที่พบว่า การมีความรู้หรือการได้รับข่าวสาร มีผลต่อความสัมพันธ์กับการมี

ส่วนร่วม ของราษฎรในการควบคุมไฟป่ารอบพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ และที่ระดับการมีส่วนร่วมที่ (5) to empower ได้แก่ ปัจจัยด้านรายจ่าย ปัจจัยด้านการรับรู้กฎระเบียบ กติกาเรื่องป่าชุมชน ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของ ป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก และปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศหรือความสนใจของนักท่องเที่ยว โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 ($p < 0.10$) รายละเอียดปรากฏตาม Table 7 โดยปัจจัยในทุก ๆ ระดับการมีส่วนร่วมที่ (2) to consult (3) to involve และ (5) to empower มักส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนที่แตกต่างกันตามลักษณะทั่วไปของเศรษฐกิจ สังคม โดยปัจจัยที่มีความเหมือนกัน คือ ปัจจัยด้านการสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก

และปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศหรือความสนใจของนักท่องเที่ยว ที่ส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชนในการร่วมปรึกษาหารือ การเข้ามาเกี่ยวข้อง จนถึงระดับที่ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินงานและการรับผลประโยชน์ ส่วนปัจจัยที่มีความแตกต่างกัน คือ ปัจจัยด้านภาวะผู้นำของชุมชน ปัจจัยด้านรายจ่าย ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ และด้านการรับรู้กฎระเบียบ กติกา เรื่องป่าชุมชน ที่ส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนที่แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขตามตัวแบบของสมาคมการมีส่วนร่วมสากล - IAP2 โดยสามารถนำผลการศึกษาไปวิเคราะห์และแสดงถึงรูปแบบแนวทาง การบริหารจัดการป่าชุมชนของชุมชนและภาครัฐในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Tongkam, 2010) ที่พบว่า ปัจจัยด้านการส่งเสริมจากภาครัฐ หรือหน่วยงานภายนอก มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง ตำบลนาายาง อำเภอฟิชัย จังหวัดอุดรธานี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

Table 7 Factors affecting level of involvement in community forest management

Independent variable	(1) To inform	(2) To consult	(3) To involve	(4) To collaborate	(5) To empower
1. Age	0.17 [†]	0.39 [†]	0.20 [†]	0.81 [†]	0.87 [†]
2. Educational level	0.73 [†]	0.39 [†]	0.73 [†]	0.46 [†]	0.48 [†]
3. Main occupation	0.16 [†]	0.16 [†]	0.73 [†]	0.32 [†]	0.61 [†]
4. Secondary occupation	0.80 [†]	0.45 [†]	0.39 [†]	0.48 [†]	0.81 [†]
5. Household income per year	0.76 [†]	0.41 [†]	0.38 [†]	0.29 [†]	0.17 [†]
6. Household expense per year	1.00 [†]	0.26 [†]	0.18 [†]	0.24 [†]	0.02*
7. Land rights ownership	0.52 [†]	0.98 [†]	0.88 [†]	0.58 [†]	0.45 [†]
8. Regulatory awareness	0.21 [†]	0.12 [^]	0.12 [^]	0.21 [^]	0.002*
9. Utilization from community forest	1.00 [†]	1.00 [^]	0.23 [†]	1.00 [†]	0.004*
10. Conservation projects	0.15 [†]	0.46 [^]	0.46 [^]	0.11 [^]	0.36 [^]
11. Participation and community strength	1.00 [†]	0.35 [†]	0.35 [†]	1.00 [†]	1.00 [†]
12. Community leadership	1.00 [†]	0.46 [^]	0.005*	0.49 [^]	0.36 [^]
13. Communication, exchange of learning	0.34 [†]	0.04*	0.008*	0.17 [^]	0.005*
14. External support	0.26 [†]	0.004*	0.00*	0.23 [^]	0.002*
15. Ecotourism or tourist interests	0.51 [†]	0.28 [^]	0.001*	0.79 [^]	0.02*

Remark: * Chi-square test and significance level of 0.10 (p-value < 0.10)

[†] Fisher's exact test = cells (25%) have expected count less than 5. and calculated value minimum expected count.

[^] Fisher's exact test = cells with expected value less than 5 but not more than or equal to 25%.

ปัจจัยที่มีผลต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก

การทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก ได้แก่ ปัจจัยด้านระดับการศึกษา ปัจจัยด้านรายได้ ปัจจัยด้านรายจ่าย ปัจจัยด้านสิทธิการถือครองที่ดิน และปัจจัยด้านภาวะของผู้นำชุมชน

โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ($p < 0.10$) รายละเอียดปรากฏตาม Table 8 เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีผลและส่งผลอิทธิพลตามลักษณะทั่วไปทางเศรษฐกิจ สังคม ในพื้นที่ที่มีความสอดคล้องกับวิถีชีวิต ประสิทธิภาพ ความสัมพันธ์ ไปจนถึงบริบทของคนในชุมชนต่อความคิดเห็นของแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก

Table 8 Factors affecting administration and capacity development guidelines for community forest.

Independent variable	t-test	F-test	p-value
1. Age	-	1.78	0.17
2. Educational level	-	3.64	0.003*
3. Main occupation	-	1.34	0.25
4. Secondary occupation	-	0.80	0.55
5. Household income per year	-	3.54	0.06*
6. Household expense per year	-	2.23	0.05*
7. Land rights ownership	-	2.12	0.05*
8. Regulatory awareness	1.26	-	0.21
9. Utilization from community forest	-0.40	-	0.68
10. Conservation projects	1.25	-	0.21
11. Participation and community strength	0.18	-	0.86
12. Community leadership	2.00	-	0.05*
13. Communication, exchange of learning	-0.12	-	0.91
14. External support	1.48	-	0.14
15. Ecotourism or tourist interests	1.39	-	0.17

Remark: * significance level of 0.10

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis)

การกำหนดแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนบ้านปางสัก ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ ทั้งด้านจุดแข็ง (strengths - S) ด้านจุดอ่อน (weaknesses - W) ด้านโอกาส (opportunities - O) และด้านภัยคุกคามหรืออุปสรรค (threats - T) เกี่ยวกับรูปแบบหรือการดำเนินงานในการสนับสนุนด้านป่าชุมชน โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ เพื่อค้นหาและวิเคราะห์ตำแหน่งขององค์กร รายละเอียดปรากฏตาม

Table 9 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Kornnika *et al.*, 2022) ที่พบว่า การวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมและศักยภาพ (SWOT analysis) จากการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง สามารถนำมาสร้าง แนวทางการจัดการสวนป่าอย่างมีส่วนร่วม กรณีศึกษาสวนป่าคลองตะเกรา ได้ 7 แนวทาง เช่น การพัฒนาพื้นที่ การส่งเสริมการจัดการอย่างมีส่วนร่วม การจัดทำแผน การพัฒนาระบบสื่อสาร การพัฒนาความเข้มแข็งของชุมชน การบูรณาการ และการติดตามและประเมินผล หรือนำมากำหนดแนวทางการพัฒนาศักยภาพได้

Table 9 Table framework for competitive position potential analysis (SWOT analytics)

Internal factors		External factors	
Strengths - S	Weaknesses - W	Opportunities - O	Threats - T
S1 – Importance of area	W1 – Budget	O1 – Support of administrative agencies in area	T1 – Division of agency mission scope
S2 – Forestry authority	W2 – Policy	O2 – Knowledge development	T2 – Budget and workload
S3 – Personnel	W3 – Knowledge promotion	O3 – Channels and opportunities	T3 – Popularity and trends of use of wood products
S4 – Value of natural resources	W4 – Support and knowledge	O4 – Product optimization	T4 – Immigration and new generation
S5 – Coordination	W5 – Distance and remoteness	O5 – Ecotourism	T5 – Continuity and difficulty
S6 – Getting support	W6 – Comprehension	O6 – Zoning utilization	T6 – Problems of incomprehension
S7 – Community management and development	W7 – Economic factors	O7 – Forest revenue collection	T7 – Birth rate decline
S8 – Highlights of area	W8 – Space safety	O8 – Mission of organization	T8 – Law
S9 – Operations and cooperation	W9 – Agrotechnical factors	O9 – Promoting and engagement	T9 – Carbon credit of forestry (T-VER)

จาก Table 9 พบว่า จากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพ ทั้ง 4 ด้าน จะสอดคล้องกับสถานการณ์ (situations) ST - strategies คือ เป็นสถานการณ์ที่มีการจับคู่กันของจุดแข็งและอุปสรรค หรือสถานการณ์ที่ภายนอกมีปัญหาลดและอุปสรรค แต่ภายในมีความพร้อม มีจุดแข็ง มีช่องทาง และมีโอกาสพัฒนาจนเกิดกำไรสูง แต่อัตราการเติบโตต่ำ สอดคล้องกับกลยุทธ์ “ภายนอกจุดแต่ภายในเด่น” หรือสถานการณ์ cash cows ซึ่งสามารถแสดงถึงองค์ประกอบภายในและปัจจัยภายนอกของป่าชุมชนบ้านปางสัก ในเรื่องการพัฒนากลยุทธ์ โครงสร้างและรูปแบบขององค์กร ขั้นตอนและระบบการปฏิบัติงาน บุคลากรหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทักษะความรู้ความสามารถ ค่านิยม และรูปแบบการบริหารจัดการ และนำไปสร้างรูปแบบหรือแนวทางการพัฒนาศักยภาพจำนวน 5 ด้าน ดังนี้ (1) ด้านความสามัคคี การมีส่วนร่วม และความเข้มแข็งของชุมชน (2) ด้านภาวะผู้นำชุมชน (3) ด้านการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ องค์ความรู้และความสำคัญของป่าชุมชน (4) ด้านการสนับสนุนจากภายนอก และ (5) ด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือความสนใจของนักท่องเที่ยว รายละเอียดปรากฏตาม Figure 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Phommaphope, 2019) ที่

พบว่า การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และนำมาวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค จะสามารถกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ในป่าสิทธิของมหาวิทยาลัยแห่งชาติลาวได้ เช่น การกำหนดกฎระเบียบ การพัฒนาศักยภาพผู้นำชุมชน การสร้างการมีส่วนร่วม และการส่งเสริมอาชีพ เป็นต้น

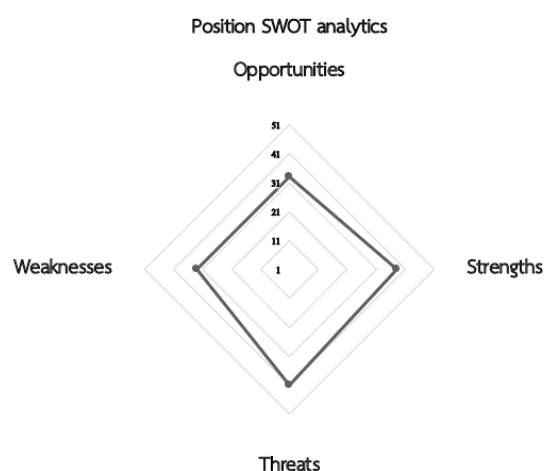


Figure 1 Analysis of competitive position (SWOT analytics) using TOWS matrix.

สรุป

จากการศึกษา พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 62.64 มีช่วงอายุที่ 30-59 ปี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้น มีสถานะเป็นหัวหน้าครัวเรือนหรือคู่สมรสหัวหน้าครัวเรือน มีสมาชิก ในครัวเรือน 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 59.34 ประกอบอาชีพหลัก คือ เกษตรกรรม ประกอบอาชีพรอง คือ การรับจ้างทั่วไป มีรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อปีในช่วง 50,001-100,000 บาท มีรายจ่ายเฉลี่ยของครัวเรือนต่อปีในช่วง 75,001-100,000 บาท ส่วนใหญ่มีภาระหนี้สินของครัวเรือนต่อปี มากกว่า 100,000 บาท ขึ้นไป โดยมีการกู้ยืมเงินจากกองทุนหมู่บ้าน มีระยะเวลาการอยู่อาศัยในชุมชนมากกว่า 21 ปี ขึ้นไป มีสิทธิ์การถือครองที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร ในภาพรวม มีระดับความคิดเห็นด้านการบริหารจัดการป่าชุมชนโดยกระบวนการมีส่วนร่วมที่ระดับมากที่สุด จำนวน 1 ด้าน คือ ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยมีกระบวนการมีส่วนร่วมตามตัวแบบของสมาคมการมีส่วนร่วมสากล - IAP2 มากที่สุด คือ ระดับ (1) ระดับการให้ข้อมูลข่าวสาร (to inform) มีระดับความคิดเห็นต่อแนวทางการพัฒนาศักยภาพป่าชุมชนที่ระดับมาก (extreme levels) จำนวน 5 ด้าน มีระดับความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสัก ในภาพรวมที่ระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.96 มีทั้งนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสัก คือ ปัจจัยด้านการศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการป่าชุมชนบ้านปางสักที่ระดับการมีส่วนร่วมที่ (2) to consult คือ ปัจจัยด้านการสื่อสาร ปัจจัยด้านแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก และปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือความสนใจของนักท่องเที่ยวที่ระดับการมีส่วนร่วมที่ (3) to involve ได้แก่ ปัจจัยด้านภาวะ ของผู้นำชุมชน (4) ปัจจัยด้านการสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประชาสัมพันธ์ และองค์ความรู้ความสำคัญของป่าชุมชน ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากภายนอก และปัจจัยด้านแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือความสนใจของนักท่องเที่ยว โดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม

และศักยภาพ (SWOT analytics) สามารถนำมากำหนดแนวทางการพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการป่าชุมชนต้นแบบจำนวน 5 ด้าน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลมีจำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านระดับการศึกษา ปัจจัยด้านรายได้ ปัจจัยด้านรายจ่าย ปัจจัยด้านสิทธิ์ การถือครองที่ดิน และปัจจัยด้านภาวะของผู้นำชุมชน โดยการพัฒนาปัจจัยในแต่ละด้านให้มีประสิทธิภาพสามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ในการพัฒนาสภาพแวดล้อมภายในที่เป็นจุดแข็งให้มีความพร้อม มีความสามารถ เพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงทรัพยากรในป่าชุมชน ในการตั้งรับและปรับตัวต่ออิทธิพลภายนอก การเปลี่ยนแปลง โอกาส และความท้าทายที่จะเกิดขึ้นเกี่ยวกับงานด้านป่าชุมชน เช่น การเป็นป่าชุมชนต้นแบบด้านการจัดการคาร์บอนเครดิต เพื่อสร้างแนวทางบริหารจัดการสร้างความร่วมมือที่สามารถนำแนวคิด หรือสถานการณ์ดังกล่าวไปประยุกต์ในพื้นที่อื่น ๆ ให้มีศักยภาพและเกิดความยั่งยืนในการบริหารจัดการป่าชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการวัดผลความรู้เกี่ยวกับป่าชุมชนในพื้นที่ร่วมด้วย เพื่อประเมินความรู้ของชาวบ้านในชุมชนเพื่อจะได้มีความเข้าใจสภาพสังคมและรายละเอียดในการศึกษาวิจัยมากยิ่งขึ้น
2. ควรมีการศึกษาชุมชนอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงเป็นมากขึ้น เนื่องจากตัวแปรที่นำมาใช้ทดสอบสมมติฐานเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ส่วนมากไม่มีความแตกต่างหรือไม่ถือผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากนัก เนื่องจากเครื่องมือหรือแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีข้อคำถามจำนวนมาก ทำให้มีค่าเฉลี่ยออกมาใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการคำนวณ อีกทั้งสภาพภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม และลักษณะการดำรงชีวิตของชาวบ้านปางสัก มีลักษณะใกล้เคียงกัน
3. ควรเพิ่มวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการสนับสนุนการวิจัยเชิงปริมาณ รวมถึงการเพิ่มรายละเอียดหรือเพิ่มตัวแปรด้านชนิดและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติต่อการเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าชุมชนที่ครอบคลุมมากขึ้น

คำนิยาม

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการติดต่อประสานงาน สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 4 สาขานครสวรรค์ และหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านป่าชุมชน ที่ให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล ประสิทธิภาพ คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Chaimay, B. 2014. Choosing statistics in data analysis for health science research. **Thaksin University Journal**, 17(1): 68–76. (in Thai)
- Climate Change Management and Coordination Division. 2018. **Thailand's National Adaptation Plan**. <https://climate.onep.go.th/>, 5 August 2023.
- Khumsaprom, P. 2004. **Socio – Economic Factors Related to People Participation in Forest Fire Control Surrounding Phu Ruea National Park, Changwat Loei**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kokphon, A. 2009. **Khukhit Khumue Kan Mi Suanruam Khong Prachachon sum rap nak borihan thongthin**. King Prajadhipok's Institute, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kornnika, W., Pothitan, R., Laemsak, N. 2022. **Community Approach of Participatory Forest Plantation Management: A Case Study of Khlong Takrao Plantation**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Likert, R.A. 1961. **New Patterns of Management**. McGraw-Hill Book Company Inc., New York. <https://www.thaiail.com/blog/tag/likert/>, 5 August 2023.
- Lorchirachoonkul, V., Atthirawong, W., Leerojanaprapa, K. 2018. SWOT and TOWS Matrix Analysis for Strategic Development to Increase ThaiLaos Silk Supply Chain Efficiency. **WMS Journal of Management Walailak University**, 7(3): 15–26. (in Thai)
- Maliwan, W., Jaiaree, A., Tanpichai, P. 2017. The Participation of Supportings Guideline for Kao Khlung Community Forest Management, Ratchaburi Province. **Veridian E-Journal, Silpakorn University**, 10(1): 694–708. (in Thai)
- Moosigawong, T. 2016. **Basic Information Management Center National Reserved Forest No.117 Mae Moosigawong – Mae Poen, Nakhon Sawan Province**. Forest Resource Management Office No.4 Nakhon Sawan Branch. <https://www.forest.go.th/nakhonsawan/blog/>, 2 October 2023.
- Nakhon Sawan Art and Cultural Office. 2017. **SWOT Analysis Guide**. <http://artculture.nsruc.ac.th/>, 25 august 2023.
- Nitichaowakul, T. 2022. SWOT analysis with statistics. **Thai Journal of Quality of Life and Law**, 18(1): 108–120. (in Thai)
- Phommaphope, K. 2019. **Guidelines for Forest Resources Utilization in The Demonstration Forest of The National University of Laos, Laos People's Democratic Republic**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Somsri, W. 2014. **Administration of Phra Phutthabat Noi Community Forest, Amphoe Kaeng Khoi, Saraburi Province by Community Participation**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sub-district Administrative Organization of Maepern. 2023. **Local Development Plan 2023 - 2027**. <https://www.maepern.go.th/home/>, 10 May 2023.
- Tongkam, P. 2010. **People Participation in Ban Nong Kwang Community Forest Conservation at Nayang Subdistrict, Phichai District, Uttaradit Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tuntavanich, P., Jindasri, P. 2018. The Real Meaning of IOC. **Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University**, 24(2): 3–12. (in Thai)
- Vanichbuncha, K. 2007. **Statistics of Research**. Chulalongkorn University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. New York Harper & Row, New York, USA.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งท่องเที่ยว
ในเขตอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก
Tourism Carrying Capacity Assessment
for Phu Hin Rong Kla National Park, Phitsanulok Province

พัชรา ปันพุ่มโพธิ์¹Patchara Panpoompo¹อิสริย์ ชาวปินใจ^{2*}Itsaree Howpinjai^{2*}ปัญจพร คำโย³Punchaporn Kamyo³ต่อลาภ คำโย⁴Torlarp Kamyo⁴¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140¹ Mater of Science Program in Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand² สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ² Bachelor of Science Program in Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand³ สาขาวิชารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140³ Bachelor of Political Science Program in Political Science, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand⁴ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140⁴ Mater of Science Program in Agroforest, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

*Corresponding author's E-mail: h.itsaree@gmail.com

รับต้นฉบับ 18 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 18 ตุลาคม 2566

รับลงพิมพ์ 29 ตุลาคม 2566

ABSTRACT

The tourism carrying capacity was assessed of Phu Hin Rong Kla National Park based on the physical, facilities and biological/ecological and sociological aspects. Data were collected monthly from July 2022 to April 2023 (10 months). The physical and facility capacities could accommodate 970,984 and 2,327,971 tourists per year, respectively. Based on statistics in 2017, the maximum number of tourists was 320,675, which accounted for 24.55% and 10.24% of the physical and facility capacities, respectively, indicating that the number of tourists had a minimal impact and was lower than the park's capacity for these items. From the biological or ecological aspect, based on sampling along major trails, the area of exposed tree roots was 12.60%, which had a negligible impact. However, 3 and 6 species of young plants were highly affected and severely affected, respectively, while 1, 2 and 4 species of seedlings were moderately affected, highly affected and severely affected, respectively. From the sociological aspect, the park's capacity to support social psychology had an average score of 12.25%, suggesting a low impact, with the number of tourists not exceeding the area's capacity to support psychological sociological aspects. Considering the biological or ecological carrying capacity, many plant species were affected to a severe and high extent. Guidelines should be developed for managing the area, such as restricting tourism to allow natural resources to recover by limiting the number of tourists or tours, to assist in the future sustainability of the area's ecosystems.

Keywords: carrying capacity assessment, Tourism, Phu Hin Rong Kla National Park

บทคัดย่อ

การประเมินขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า เพื่อศึกษาขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ ด้านสิ่งแวดล้อมความสะอาด ด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา และด้านสังคมจิตวิทยา ทำการศึกษาเดือนกรกฎาคม 2565 – เดือนเมษายน 2566 รวม 10 เดือน พบว่า ขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ และด้านสิ่งแวดล้อมความสะอาด รองรับนักท่องเที่ยวได้ 970,984 คนต่อปี และ 2,327,971 คนต่อปี ตามลำดับ จากสถิติจำนวนนักท่องเที่ยวในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุด 320,675 คน คิดเป็นร้อยละ 24.55 และ 10.24 ของขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ และด้านสิ่งแวดล้อมความสะอาด ซึ่งมีผลกระทบน้อย หรือจำนวนนักท่องเที่ยวต่ำกว่าขีดความสามารถในการรองรับทั้ง 2 ด้าน ขีดความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา พบว่า ร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่เท่ากับ 12.60 อยู่ในระดับมีผลกระทบน้อยถึงไม่มีการปกคลุมของพันธุ์พืช ไม้หนุม มีผลกระทบมาก และผลกระทบรุนแรง 3 และ 6 ชนิด กล้าไม้ มีผลกระทบปานกลาง ผลกระทบมาก และผลกระทบรุนแรง 1, 2 และ 4 ชนิด ตามลำดับ ขีดความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา พบว่า การรับรู้ถึงความรู้สึกแออัดต่อการท่องเที่ยว มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.25 มีผลกระทบอยู่ในระดับน้อย หรือจำนวนนักท่องเที่ยวไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา จะเห็นว่าขีดความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา มีผลกระทบต่อพรรณไม้หลายชนิดอยู่ในระดับรุนแรง และระดับมาก ควรมีแนวทางจัดการพื้นที่ เช่น กำหนดปิดการท่องเที่ยวเพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติฟื้นตัว จำกัดจำนวนนักท่องเที่ยว หรือลดจำนวนรอบการใช้ประโยชน์ ซึ่งจะก่อให้เกิดความยั่งยืนของระบบนิเวศในพื้นที่ต่อไปได้

คำสำคัญ: การประเมินขีดความสามารถในการรองรับ การท่องเที่ยว อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า

คำนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบัน กระแสการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ หรือการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ กำลังเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยวอย่างแพร่หลาย จากการส่งเสริมการท่องเที่ยวของหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำให้มีนักท่องเที่ยวที่เข้ามาประกอบกิจกรรมต่าง ๆ จำนวนมาก จากสถิตินักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนนักท่องเที่ยว 18,786,534 คน ในปี 2561 มีจำนวนนักท่องเที่ยว 19,640,382 คน และในปี 2562 มีจำนวนนักท่องเที่ยว 20,819,396 คน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2019) จะเห็นได้ว่าจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาประกอบกิจกรรมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติมีจำนวนมากขึ้น หากพิจารณาว่าจำนวนนักท่องเที่ยวที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการสร้างประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจ การทำกิจกรรมนันทนาการในแหล่งท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนนักท่องเที่ยว นั้น ก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งหากจะตระหนักถึงความสำคัญกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ตามหลักของการจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนก็ควรมีความพร้อมในการรองรับนักท่องเที่ยว (Inchai and

Thaotrakool, 2022) และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ ขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ ทั้งในด้านของการใช้ประโยชน์ทางกายภาพ (physical carrying capacity, PCC) ด้านสิ่งแวดล้อมความสะอาด (facility carrying capacity, FCC) ด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา (bio-physical or ecological carrying capacity, ECC) และด้านสังคมจิตวิทยา (social-psychological carrying capacity, SPCC) เพราะขนาดของพื้นที่และสิ่งแวดล้อมความสะอาดต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัด อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านการจัดการทรัพยากรทางธรรมชาติจนก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากร และสูญเสียสภาพธรรมชาติ ตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ซึ่งในที่สุดจะส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อแหล่งท่องเที่ยวนั้นเอง (Vilailert, 2006)

อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า เป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 48 ของประเทศไทย มีเนื้อที่ 191,875 ไร่ สภาพป่าโดยทั่วไปเป็นป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขา มีภูมิประเทศ เป็นเทือกเขา สลับซับซ้อน สภาพภูมิประเทศของอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ายังมีลักษณะพิเศษทางธรณี คือ มีลานหิน ที่มีลักษณะเป็นปุ่ม รูปร่างและขนาดต่างกัน อยู่กระจัดกระจายเป็นหย่อม ๆ อันได้แก่ ลานหินปุ่ม และลานหินแตก ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก และ

ยังมีสถานที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และทางประวัติศาสตร์ที่โดดเด่น และเป็นที่ยอดนิยมของนักท่องเที่ยวอยู่หลายแห่ง เช่น ภูมโล ลานกางเต็นท์ลานสน (ที่ทำการ) โรงเรียนการเมืองการทหาร ซึ่งในแต่ละปีจะมีนักท่องเที่ยวเข้ามาใช้บริการ ประกอบกิจกรรมนันทนาการต่าง ๆ ภายในอุทยานภูหินแห่งชาติร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก เป็นจำนวนมาก ดังนั้น การศึกษาขีดความสามารถในการรองรับ ของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ก็เพื่อกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวให้เหมาะสม และไม่กระทบกับพื้นที่หรือระบบนิเวศนั้น ๆ มากจนเกินไป และให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดตั้งอุทยานแห่งชาติ เพื่อการอนุรักษ์พื้นที่ธรรมชาติให้มีความอุดมสมบูรณ์ มีลักษณะธรรมชาติที่สวยงามและเหมาะสมแก่การท่องเที่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ โดยทำการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขีดความสามารถในการรองรับ จากเอกสาร งานวิจัย หรือบทความที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ศึกษา และสถิตินักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ตำบลเนินเพิ่ม อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แนวคิดการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับ 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ (physical carrying capacity: PCC) ทำการพิจารณาตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ เพื่อกำหนดจำนวนนักท่องเที่ยวสูงสุดที่พื้นที่สามารถรองรับการใช้ประโยชน์ (Wongphakdee, 2009) ในการศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาใน 3 พื้นที่ คือ เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม และพื้นที่จุดชมโรงเรียนการเมืองการทหาร เป็นจุดที่นักท่องเที่ยวให้ความนิยมและมีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่มาก โดยทำการวัดขนาดของเนื้อที่และประเมินระยะเวลาในการประกอบกิจกรรมของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2.2 ขีดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวก จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับขีดความสามารถด้านการจัดการ หมายถึง ถนน ที่จอดรถ บ้านพัก เป็นต้น (Pakpitjarean, 2005) ในการศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาใน 5 พื้นที่ คือ บ้านพักนักท่องเที่ยว ลานกางเต็นท์ พื้นที่จอดรถ ร้านอาหาร และห้องน้ำ-ห้องสุขา ซึ่งเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกที่สำคัญในการรองรับนักท่องเที่ยว โดยทำการวัดขนาดพื้นที่นับจำนวนของสิ่งอำนวยความสะดวก และประเมินระยะเวลาในการประกอบกิจกรรมของพื้นที่ที่ทำการศึกษาเช่นเดียวกับขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ

2.3 ขีดความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา เป็นการประเมินถึงระดับกิจกรรมนันทนาการและการพัฒนาที่เกี่ยวข้อง ที่แหล่งนันทนาการสามารถรองรับได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับทรัพยากรชีวภาพและสิ่งแวดล้อมทางกายภาพเชิงพื้นที่ (Khanluang, 2002) เป็นการศึกษาถึงขีดความสามารถในการรองรับโดยไม่เกิดอันตรายหรือผลเสียถาวรต่อระบบนิเวศนั้น ๆ (Emphandhu, 2003) ในการเดินป่าเพื่อการท่องเที่ยวจะส่งผลกระทบต่อรากไม้ และพันธุ์พืชบริเวณริมทางเดิน การศึกษาวิจัยนี้จึงใช้ตัวชี้วัดอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ การปกคลุมของรากไม้ไผ่ และการปกคลุมของพันธุ์พืช

2.4 ขีดความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา เป็นการแสดงถึงการรับรู้หรือความรู้สึกที่มีต่อความหนาแน่นของจำนวนคนต่อพื้นที่ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง (Chitchong, 2017) การศึกษาครั้งนี้ใช้ปัจจัยชี้วัดด้านทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่ออุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของ Yamane (1973) โดยกำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% (ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้คือ 0.05) ของจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งหมดคำนวณจากการหาค่าเฉลี่ยของนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2565 ซึ่งจะได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 399 คน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability sampling) กลุ่มประชากรตัวอย่างมีโอกาสถูกสุ่มเท่ากัน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (convenience sampling) ทำการแจกแบบสอบถามที่เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้กับนักท่องเที่ยวทุกกลุ่มที่เข้ามาท่องเที่ยวในพื้นที่ แต่เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ในช่วง

ทำการศึกษาที่มีนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า
น้อยลงทำให้สามารถเก็บแบบสอบถามได้เพียง 370 คน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ชีตความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ
เป็นการคำนวณหาจำนวนนักท่องเที่ยวที่สามารถเข้าไปใช้
ประโยชน์ในพื้นที่นั้นๆ ได้อย่างไรได้แก่ เส้นทางศึกษา
ธรรมชาติลานหินแตก เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม และ
พื้นที่จุดชมโรงเรียนการเมืองการทหาร ภายในอุทยานแห่งชาติ
ภูหินร่องกล้า สามารถหาได้ดังสมการที่ (1)

$$PCC = (A \times Rf)/a \quad (1)$$

PCC = การรองรับด้านกายภาพ (รอบต่อวัน)

A = จำนวนเนื้อที่ซึ่งสามารถรองรับกิจกรรม
นั้นๆ ได้อย่างไร

a = จำนวนเนื้อที่ที่นักท่องเที่ยวจำเป็นต้องใช้ประกอบ
กิจกรรม (ตร.ม.ต่อคน)

Rf = จำนวนรอบที่แหล่งท่องเที่ยวสามารถเปิดให้ใช้
ประโยชน์ได้ในระยะเวลาที่เปิดให้ใช้ประโยชน์ (TT) ต่อเวลาที่
ต้องใช้ในการประกอบกิจกรรมแต่ละครั้ง (Ta) ดังสมการที่ (2)

$$Rf = TT/Ta \quad (2)$$

โดยจำแนกผลกระทบไว้ 3 ระดับ คือ ระดับน้อยมี
นักท่องเที่ยวเข้าใช้พื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ระดับปานกลางมี
นักท่องเที่ยวเข้าใช้พื้นที่ร้อยละ 50-80 และระดับมากมี
นักท่องเที่ยวเข้าใช้พื้นที่มากกว่าร้อยละ 80 (Kongkaew *et al.*, 2013)

3.2 ชีตความสามารถในการรองรับด้านสิ่งแวดล้อม
ความสะดวก คำนวณได้จากรอบการใช้ประโยชน์กับจำนวน
หรือขนาดพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ โดยวิเคราะห์ข้อมูล บ้านพัก
นักท่องเที่ยว ลานกางเต็นท์ พื้นที่จอดรถ ร้านอาหาร และ
ห้องน้ำ-ห้องสุขา (Department of National Parks, Wildlife
and Plant Conservation, 2006) ดังนี้

3.2.1 บ้านพักนักท่องเที่ยว

FCC บ้านพัก (คนต่อวัน) = จำนวนรอบการใช้
ประโยชน์ (รอบต่อวัน) × จำนวนห้องพัก (คนต่อห้อง)

3.2.2 ลานกางเต็นท์ (Wongphakdee, 2009)

FCC พื้นที่ลานกางเต็นท์ (คนต่อวัน)

$$= \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมด (ตร.ม.)}}{\text{พื้นที่ต่อเต็นท์ (ตร.ม./เต็นท์)}} \times \text{จำนวนคน/เต็นท์}$$

3.2.3 พื้นที่จอดรถ

FCC ลานจอดรถ (คนต่อวัน)

$$= \left\{ \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมด (ตร.ม.)}}{\text{พื้นที่ต่อคัน (ตร.ม./คัน)}} \right\} \times \text{จำนวนรอบ/วัน} \times \text{จำนวนคน/คัน}$$

3.2.4 ร้านอาหาร

FCC ร้านอาหาร (คนต่อวัน) = จำนวนรอบการใช้
ประโยชน์ (รอบต่อวัน) × จำนวนร้าน (คนต่อร้าน)

3.2.5 ห้องน้ำ - ห้องสุขา

FCC ห้องสุขา (คนต่อวัน) = จำนวนรอบการใช้
ประโยชน์ (รอบต่อวัน) × จำนวนห้องสุขา

โดยนำ FCC ที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของผลกระทบ
และจำแนกผลกระทบของ FCC ไว้ 4 ระดับ คือ 1) ระดับมี
ผลกระทบน้อย มีร้อยละการใช้ประโยชน์น้อยกว่า 50 2) ระดับ
กระทบปานกลาง มีร้อยละการใช้ประโยชน์เท่ากับ 50-80
3) ระดับผลกระทบมากมีร้อยละการใช้ประโยชน์เท่ากับ
81-100 และ 4) ระดับผลกระทบรุนแรงมีร้อยละการใช้
ประโยชน์มากกว่า 100 (Kongkaew *et al.*, 2013)

3.3 ชีตความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือ
นิเวศวิทยา ในการศึกษาวิจัยนี้มีปัจจัยชี้วัด 2 ปัจจัย คือ

3.3.1 การปกคลุมของรากไม้ไผ่ ทำการศึกษาใน
เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก เส้นทางศึกษาธรรมชาติ
ลานหินปุ่ม พื้นที่โรงเรียนการเมืองการทหาร และพื้นที่ภูมิลโ
บริเวณแปลงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่ง ทำการสุ่มวางแปลงโดย
ใช้ตาข่ายลวด ขนาด 50 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร (400 ช่อง
ขนาดช่องละ 2.5 เซนติเมตร × 2.5 เซนติเมตร) โดยทำการวาง
แปลงห่างกัน 250 เมตร และคำนวณร้อยละการปกคลุม
ของรากไม้ไผ่ แต่ละช่วง 250 เมตร ที่สุ่มตัวอย่าง
(Hirunrattanaphong *et al.*, 2017) โดยวิเคราะห์ข้อมูลดัง
สมการ (Bateson and Hui 1992) ดังนี้

$$\% RtExp = (\text{พื้นที่รากไม้} / \text{พื้นที่เดินทาง}) \times 100$$

$$= \frac{(\text{AvgRtWd} \times \text{NetWd} \times \text{NoRtMet})}{(\text{NoTrailMet} \times \text{MetArea})} \times 100$$

โดยที่ % RtExp คือ ร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่

AvgRtWd คือ ขนาดของรากไม้ไผ่เฉลี่ย

NetWd คือ ความกว้างของตาข่ายลวดแต่ละช่อง (0.025 เมตร)

NoRtMet คือ จำนวนช่องตาข่ายที่พบรากไม้ (ตารางวางเมตร)

NoTrailMet คือ จำนวนช่องของตาข่ายทั้งหมด เท่ากับ (จำนวนแปลง $\times$ 400 ช่อง)

MetArea คือ พื้นที่ของตาข่ายช่อง (0.025 $\times$ 0.025 ตารางเมตร)

โดยจำแนกผลกระทบไว้ 3 ระดับ คือ 1) ระดับมีผลกระทบน้อยถึงไม่มีผลกระทบมีร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่น้อยกว่าร้อยละ 25 2) ระดับผลกระทบปานกลางมีร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่ เท่ากับร้อยละ 25-50 3) ระดับผลกระทบรุนแรง มีร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่มากกว่าร้อยละ 50 (Kongkaew *et al.*, 2013)

3.3.2 การปกคลุมของพืชพรรณ โดยการวางแผนขนาด 4 เมตร $\times$ 4 เมตร สำหรับไม้หนุม (sapling) ที่มีความโตเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (130 เซนติเมตร) (diameter at breast height, DBH) น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร ความสูง 130 เซนติเมตร ขึ้นไป วางแปลงตัวอย่างขนาด 1 เมตร $\times$ 1 เมตรสำหรับกล้าไม้ (seeding) ที่มีความสูงน้อยกว่า 130 เซนติเมตร จำนวนอย่างละ 6 จุด โดยจำแนกเป็นแปลงที่อยู่บริเวณริมเส้นทางจำนวน 3 แปลงต่อจุด และแปลงป่าธรรมชาติที่อยู่ห่างจากเส้นทางเดินเข้าไปประมาณ 10 เมตร จำนวน 3 แปลงต่อจุด เพื่อศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีความสำคัญ (เฉพาะค่ารวมของค่าความถี่สัมพัทธ์และความหนาแน่นสัมพัทธ์) ของแต่ละชนิด เพื่อใช้ตัวชี้วัดผลกระทบจากการท่องเที่ยวต่อชนิดนั้น ๆ โดยจำแนกผลกระทบเป็น 4 ระดับ คือ 1) ผลกระทบน้อย ระดับผลกระทบน้อยกว่าร้อยละ 25 2) ผลกระทบปานกลาง ระดับผลกระทบอยู่ระหว่างร้อยละ 25-50 3) ผลกระทบมาก ระดับผลกระทบอยู่ระหว่างร้อยละ 51-80 และ 4) ผลกระทบรุนแรง ระดับผลกระทบมากกว่าร้อยละ 80 (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006)

3.4 ชีตความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา (SPCC) ทำการศึกษาว่า นักท่องเที่ยวมีความรู้สึกพึงพอใจ รู้สึกอึดอัดหรือแออัด มากน้อยเพียงใด โดยใช้

แบบสอบถามตามมาตรฐานการประเมิน (Aphihirantrakun, 2021) กับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า โดยกำหนดระดับการรับรู้จากมาตรวัดในระดับร้อยละ 0-100 เพื่อระบุระดับการรับรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับผลกระทบน้อยกว่าร้อยละ 20 มีผลกระทบน้อย ระดับผลกระทบระหว่างร้อยละ 20-50 มีผลกระทบปานกลาง และระดับผลกระทบมากกว่าร้อยละ 50 มีผลกระทบมาก และกำหนดให้การรับรู้ทางด้านสังคมจิตวิทยามากกว่าร้อยละ 50 ของแบบสอบถามจัดว่าเกินขีดความสามารถในการรองรับ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006)

ผลและวิจารณ์

ในแต่ละปีอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า เปิดให้มีการท่องเที่ยวตั้งแต่ 1 กรกฎาคม-30 เมษายน คิดเป็นเวลา 10 เดือน และนักท่องเที่ยวจะนิยมมาใช้บริการในช่วงวันหยุด (ใน 10 เดือน มีวันหยุด 98 วัน) ผลการวิจัยมีดังนี้

1. ชีตความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ

ทำการศึกษาวิจัยใน 3 พื้นที่ คือ

1.1 PCC เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก มีทางเดินกว้างเฉลี่ย 0.80 เมตร ระยะทาง 1.5 กิโลเมตร จากการเก็บข้อมูลและสังเกตพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการเดิน 50 นาที ต่รอบการเดิน (ไป-กลับ) โดยเทียบกับค่ามาตรฐานของเส้นทางศึกษาธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 15 คนต่อเส้นทาง 1 กม. (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006) ดังนั้น จำนวนรอบต่อวันจะได้จำนวนรอบ คือ 9.6 รอบต่อวัน จะได้ PCC เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก จำนวน 216 คนต่อวัน (21,168 คนต่อปี)

1.2 PCC เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม มีทางเดินกว้างเฉลี่ย 0.80 เมตร ระยะทาง 3 กิโลเมตร จากการเก็บข้อมูลและสังเกตพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการเดิน 120 นาที ต่รอบการเดิน (ไป-กลับ) โดยเทียบกับค่ามาตรฐานของเส้นทางศึกษาธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 15 คนต่อเส้นทาง 1 กม. (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006) ดังนั้น จำนวนรอบต่อวันจะได้จำนวนรอบ คือ 4 รอบต่อวัน จะได้ PCC เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม จำนวน 180 คนต่อวัน (17,640 คนต่อปี)

1.3 PCC พื้นที่โรงเรียนการเมืองการทหาร จำนวน 5,945 ตารางเมตร โดยเทียบค่ามาตรฐานพื้นที่การใช้ประโยชน์ กิจกรรมนันทนาการ 10 ตร.ม.ต่อคน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006) ในช่วงของการศึกษาครั้งนี้ จากการเก็บข้อมูลและสังเกต พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะใช้เวลาในการชมทิวทัศน์ เฉลี่ย 30 นาทีต่อรอบ และเวลาให้บริการ 08.00-16.00 น.

ดังนั้น นักท่องเที่ยวจะชมทิวทัศน์ได้ 16 รอบต่อวัน (594.50 คนต่อรอบ) จะได้ PCC พื้นที่โรงเรียนการเมืองการทหาร จำนวน 9,512 คนต่อวัน (932,176 คนต่อปี)

สรุปได้ว่า ชีตความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ ของแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นที่นิยม จำนวน 3 แหล่ง ของอุทยาน แห่งชาติภูหินร่องกล้า สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ 9,908 คนต่อวัน หรือ 970,984 คนต่อปี (Table 1)

Table 1 Physical carrying capacity in Phu Hin Rong Kla National Park (PCC)

Year	PCC (person/ year)	Utilization Level (person)	Levels of impact and physical carrying capacity levels (%)		
			< 50 % Low impact	50–80 % Medium impact	> 80 % High impact
2556		153,439	15.80		
2557		160,320	16.51		
2558		263,430	27.13		
2559		308,681	31.79		
2560		320,675	33.03		
2561		288,233	29.68		
2562		289,210	29.79		
2563		264,515	27.24		
2564		175,539	18.08		
2565		160,311	16.51		
Total PCC	970,984		< 485,492	485,492 - 776,788	> 776,788

จาก Table 1 มีนักท่องเที่ยวมากที่สุดในปี 2560 จำนวน 320,675 คน คิดเป็นร้อยละ 33.03 ของค่า PCC รวมทั้งสามพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีผลกระทบน้อย หรือนักท่องเที่ยวไม่ เกินขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพ ถึงแม้ผล การศึกษาขีดความสามารถในการรองรับด้านกายภาพของ แหล่งท่องเที่ยวลานหินแตก และลานหินปุ่ม จะเกินขีด ความสามารถในการรองรับในช่วงเวลาที่มียกท่องเที่ยวสูงสุด แต่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ายังมีแหล่งท่องเที่ยวอื่น ๆ ที่ สามารถรองรับนักท่องเที่ยวในช่วงเวลาดังกล่าวอีกหลายแห่ง ทำให้สามารถกระจายนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวไปตาม แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ได้ จึงให้ควบคุมปริมาณนักท่องเที่ยวใน แต่ละแหล่งท่องเที่ยวได้

2. ชีตความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ทำการศึกษาวิจัยใน 5 พื้นที่ คือ

2.1 FCC บ้านพักนักท่องเที่ยว มีบ้านพักสำหรับไว้ ให้บริการนักท่องเที่ยวทั้งหมดจำนวน 27 หลัง (Phu Hin Rong Kla National park, 2022) ซึ่งแต่ละหลังมีขนาดความจุที่

แตกต่างกัน ดังนั้น จะได้ FCC บ้านพักนักท่องเที่ยว จำนวน 211 คนต่อวัน (20,678 คนต่อปี)

2.2 FCC พื้นที่ลานกางเต็นท์ ใช้เกณฑ์มาตรฐานพื้นที่ กางเต็นท์ 10 ตร.ม./เต็นท์ 3 คน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006) มีขนาด พื้นที่ลานกางเต็นท์ 24,732.59 ตารางเมตร ค่าเฉลี่ยในการเข้า พัก 24 ชั่วโมงต่อรอบ ดังนั้น จะได้ FCC พื้นที่ลานกางเต็นท์ จำนวน 7,420 คนต่อวัน (727,138 คนต่อปี)

2.3 FCC ลานจอดรถ มีขนาดพื้นที่ 9,327.16 ตาราง เมตร ใช้เกณฑ์มาตรฐานสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล 4 ที่นั่ง ไม่น้อยกว่า 12 ตารางเมตรต่อคัน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2006) จากการ เก็บข้อมูลและสังเกตนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ย การจอดรถ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 3 รอบต่อวัน ดังนั้น จะได้ FCC ลานจอดรถ จำนวน 9,324 คนต่อวัน (913,752 คนต่อปี)

2.4 FCC ร้านอาหาร มีร้านอาหารให้บริการ นักท่องเที่ยว จำนวน 2 ร้าน แต่ละร้านสามารถรองรับ

นักท่องเที่ยวได้ 108 คน จากการเก็บข้อมูลจากร้านอาหารพบว่า นักท่องเที่ยวจะใช้เวลาในร้านอาหารเฉลี่ย 120 นาทีต่อรอบ จะได้จำนวนรอบต่อวัน คือ 6 รอบต่อวันต่อร้าน ดังนั้น จะได้ FCC ร้านอาหาร จำนวน 1,296 คนต่อวัน (127,008 คนต่อปี)

2.5 FCC ห้องน้ำ-ห้องสุขา มีห้องน้ำ-ห้องสุขาให้บริการนักท่องเที่ยวทั้งหมด 172 ห้อง จากการเก็บข้อมูลและสังเกตนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยการใช้ห้องน้ำ-ห้อง

สุขา 15 นาทีต่อรอบ และเวลาให้บริการ 08.00-16.00 น. จะมีการใช้ทั้งสิ้น 32 รอบต่อวัน ดังนั้น จะได้ FCC ห้องน้ำ-ห้องสุขา จำนวน 5,504 คนต่อวัน (539,395 คนต่อปี)

สรุปได้ว่า ชัดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ของอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ทั้งสิ้น 23,755 คนต่อวัน หรือ 2,327,971 คนต่อปี (Table 2)

Table 2 Facility carrying capacity in Phu Hin Rong Kla National Park (FCC)

Year	FCC (person/ year)	Utilization Level (person)	Levels of impact and facility carrying capacity levels(%)			
			< 50 % Low impact	50-80 % Medium impact	81-100 % High impact	> 100 % Severe impact
2556		153,439	6.59			
2557		160,320	6.89			
2558		263,430	11.32			
2559		308,681	13.26			
2560		320,675	13.77			
2561		288,233	12.38			
2562		289,210	12.42			
2563		264,515	11.36			
2564		175,539	7.54			
2565		160,311	6.89			
Total FCC	2,327,971		< 1,163,986	1,163,986 - 1,862,377	1,862,377 - 2,327,971	> 2,327,971

จาก Table 2 นักท่องเที่ยวมากที่สุดในปี 2560 จำนวน 320,675 คน คิดเป็นร้อยละ 13.77 ของค่า FCC รวมทั้งหาพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีผลกระทบน้อย หรือนักท่องเที่ยวไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ถึงแม้ผลการศึกษาศักยภาพในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของบ้านพักนักท่องเที่ยว และร้านอาหาร จะเกินขีดความสามารถในการรองรับในช่วงเวลาที่มีนักท่องเที่ยวสูงสุด แต่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าก็ยังมีพื้นที่ลานกางเต็นท์ไว้สำหรับรองรับนักท่องเที่ยวที่จะมาพักค้างแรม และในปัจจุบันนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะนำอาหารขึ้นมารับประทานเอง จึงทำให้สามารถจัดการขีดความสามารถในการรองรับด้านสิ่งอำนวยความสะดวกของบ้านพักนักท่องเที่ยวและร้านอาหารได้

3. ชัดความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา ทำการศึกษาวิจัยใน 2 ปัจจัย คือ

3.1 การปกคลุมของรากไม้ไผ่

3.1.1 เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก ได้วางแปลงทั้งสิ้น 70 แปลง แปลงละ 400 ช่อง (28,000 ช่อง) พบรากไม้ไผ่ จำนวน 4,344 ช่อง โดยรากไม้มีขนาดเฉลี่ย 0.0294 เมตร และสามารถคำนวณร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่ในเส้นทางเส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก ร้อยละ 18.25

3.1.2 เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม ได้วางแปลงทั้งสิ้น 34 แปลง แปลงละ 400 ช่อง (13,600 ช่อง) พบรากไม้ไผ่ จำนวน 1,547 ช่อง โดยรากไม้มีขนาดเฉลี่ย 0.0259 เมตร และสามารถคำนวณร้อยละการปกคลุมของราก

ไม้ไผ่ในเส้นทางเส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุม ร้อยละ 11.80

3.1.3 โรงเรียนการเมืองการทหาร ได้วางแผนแปลงทั้งสิ้น 219 แปลง แปลงละ 400 ช่อ (87,600 ช่อ) พบรากไม้ไผ่จำนวน 9,413 ช่อ โดยรากไม้ไผ่มีขนาดเฉลี่ย 0.0314 เมตร และสามารถคำนวณร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่ในโรงเรียนการเมืองการทหาร ร้อยละ 13.54

3.1.4 พื้นที่ภูมิลอ บริเวณแปลงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่ง ได้วางแผนแปลงทั้งสิ้น 12 แปลง แปลงละ 400 ช่อ (4,800 ช่อ) พบรากไม้ไผ่จำนวน 385 ช่อ โดยรากไม้ไผ่มีขนาดเฉลี่ย 0.0212 เมตร และสามารถคำนวณร้อยละการปกคลุมของรากไม้ไผ่ในบริเวณแปลงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่ง ร้อยละ 6.82 (Table 3)

Table 3 Levels of impact and capacity levels for root cover factor

Site	Levels of impact and capacity levels of root cover factor (%)		
	Low impact < 25 %	Medium impact 25-50 %	High impact > 50 %
Lan Hin Taek nature trail	18.25		
Lan Hin Pum nature trail	11.8		
Military Political School	13.54		
Phu Lom Lo	6.82		

จากผลการศึกษาการ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรุนแรงของรากไม้ไผ่ของทั้งสี่พื้นที่ศึกษากับขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ด้านนันทนาการพบว่า สัดส่วนพื้นที่ที่มีรากไม้ไผ่อยู่ในระดับน้อยถึงไม่มีผลกระทบ คือ น้อยกว่าร้อยละ 25 แสดงว่ายังไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับ

3.2 การปกคลุมของพันธุ์พืช

3.2.1 เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก
จาก Table 4 พบไม้หนุ่มในพื้นที่ริมทางเดิน 8 ชนิด

ค่าความหนาแน่นสัมพันธ์สูงสุด คือ เหมือดจี (*Memecylon scutellatum* (Lour.) Hook. & Arn. var. *Scutellatum*) มีค่า 54.411% รองลงมาคือ โก่งกางเขา (*Fagraea ceilanica* Thunb.) มีค่า 16.176% ส่วนค่าความถี่สัมพัทธ์ พบว่า เหมือดจี ยังคงมีค่าสูงสุดที่ 22.22% และจากการสำรวจไม้หนุ่มแปลงในป่าธรรมชาติลึก 10 เมตร บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก ไม่พบพันธุ์พืช เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นลานหิน

Table 4 Important value index, relative density, relative frequency and importance of saplings of plant species along wayside and in natural forest (10 m depth) for Lan Hin Taek nature trail

No.	Species	Relative density (RD)		Relative frequency (RF)		Important value index (200%)	
		Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth
1	<i>Memecylon scutellatum</i> (Lour.) Hook. & Arn. var. <i>Scutellatum</i>	54.411	-	22.222	-	76.633	-
2	<i>Fagraea ceilanica</i> Thunb.	16.176	-	11.111	-	27.287	-
3	<i>Morinda coreia</i> Buch-Ham.	10.294	-	11.111	-	21.405	-
4	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	7.352	-	11.111	-	18.464	-
5	<i>Wightia speciosissima</i> (D. Don) Merr.	4.411	-	11.111	-	15.522	-
6	<i>Schefflera elliptica</i> (Blume) Harms	4.411	-	11.111	-	15.522	-
7	<i>Rhus chinensis</i> Mill.	1.471	-	11.111	-	12.582	-
8	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.	1.471	-	11.111	-	12.582	-

จาก Table 5 กล้าไม้ในพื้นที่ริมทางเดินพบ 2 ชนิด ได้แก่ เหมือดจี้ (*Memecylon scutellatum* (Lour.) Hook. & Arn. var. *Scutellatum*) และเหง้าน้ำทิพย์ (*Agapetes saxicola* Craib) โดยเหมือดจี้ มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าความถี่สัมพัทธ์สูงสุด เท่ากับร้อยละ 90 และ 66.67

ตามลำดับ ส่วนเหง้าน้ำทิพย์ มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าความถี่สัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 10 และ 33.33 ตามลำดับ และจากการสำรวจกล้าไม้แปลงในป่าธรรมชาติลึก 10 เมตร บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินแตก ไม่พบพันธุ์พืช เนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นลานหิน

Table 5 Important value index, relative density, relative frequency and importance of seedlings of plant species along wayside and in natural forest (10 m depth) for Lan Hin Taek nature trail

No.	Species	Relative density (RD)		Relative frequency (RF)		Important value index (200%)	
		Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth
1	<i>Memecylon scutellatum</i> (Lour.) Hook. & Arn. var. <i>Scutellatum</i>	90	-	66.67	-	966.67	-
2	<i>Agapetes saxicola</i> Craib	10	-	33.33	-	133.33	-

3.2.2 เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุม
จาก Table 6 พบไม้หนุ่มในพื้นที่ริมทางเดิน 15 ชนิด ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุด คือ ปอแต็บ (*Canscora andrographioides* Griff. ex C.B. Clarke) เท่ากับ 24.074% รองลงมา คือ เสม็ดขุน (*Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra var. *gratum*) ทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth) และเก็ดล้าน (*Chionanthus eriorachis* (Kerr)

P. S. Green) มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.519, 13.889 และ 11.111 ตามลำดับ ส่วนค่าความถี่สัมพัทธ์สูงสุด พบว่า ปอแต็บ ยังคงมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 15.625 และผลการสำรวจไม้หนุ่มแปลงในป่าธรรมชาติลึก 10 เมตร พบ 25 ชนิด ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุด คือ ปอแต็บ มีค่าร้อยละ 33.645 รองลงมาคือ เสม็ดขุน มีค่าร้อยละ 11.215 สำหรับค่าความถี่สัมพัทธ์สูงสุดเท่ากัน คือ ปอแต็บ และเสม็ด มีค่าร้อยละ 7.692

Table 6 Important value index, relative density, relative frequency and importance of saplings of plant species along wayside and natural forest (10 m depth) for Lan Hin Pum nature trail

No.	Species	Relative density (RD)		Relative frequency (RF)		Important value index (200%)	
		Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth
1	<i>Canscora andrographioides</i> Griff. ex C.B. Clarke	24.074	33.645	15.625	7.692	39.699	41.337
2	<i>Syzygium gratum</i> (Wight) S.N. Mitra var. <i>gratum</i>	18.519	11.215	9.375	7.692	27.894	18.907
3	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth	13.889	2.804	9.375	5.128	23.264	7.932
4	<i>Chionanthus eriorachis</i> (Kerr) P. S. Green	11.111	6.542	12.5	5.128	23.611	11.67
5	<i>Melastoma saigonense</i> (Kuntze) Merr.	6.481	1.869	3.125	5.128	9.606	4.433
6	<i>Litsea umbellate</i> Merr.	4.63	-	9.375	-	14.005	-
7	<i>Eurya acuminata</i> DC.	3.704	-	3.125	-	6.829	-
8	<i>Archidendron clypearia</i> (Jack) I.C. Nielsen	3.704	2.804	6.25	5.128	9.954	7.932
9	<i>Anneslea fragrans</i> Wall	3.704	-	6.25	-	9.954	-
10	<i>Tristanopsis rufescens</i>	1.852	-	3.125	-	4.977	-
11	Others	8.334	34.582	21.875	58.972	30.209	93.554

จาก Table 7 พบกล้าไม้ในพื้นที่ริมทางเดิน 9 ชนิด ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุด คือ ปอแต็บ มีค่าร้อยละ 35.135 รองลงมาคือ ปลายสำน (*Eurya acuminata* DC.) และทะเล้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 27.027 และ 18.919 ส่วนค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากันสูงสุด คือ ปอแต็บ ทะเล้ง และก่อแป้น (*Castanopsis diversifolia* (Kurz) King ex Hook.f.) มีค่าเท่ากับร้อยละ 20 และผลการสำรวจกล้าไม้แปลงในป่าธรรมชาติลึก 10 เมตร พบ 9 ชนิด ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงสุด คือ ทะเล้ง มีค่าร้อยละ 43.902 รองลงมาคือ ปอแต็บ และเข็มพระราม (*Chassalia curviflora* (Wall.) Thwaites var. *curviflora*) มีค่าร้อยละ 14.634 สำหรับค่าความถี่สัมพัทธ์สูงสุด คือ ทะเล้ง มีค่าร้อยละ 23.095 รองลงมาคือ ปลายสำน และเข็มพระราม มีค่าร้อยละ 15.396

3.2.3 โรงเรียนการเมืองการทหาร จากการศึกษา

ไม่พบการปกคลุมของพืช ด้วยข้อจำกัดของลักษณะพื้นที่เนื่องจากบริเวณโรงเรียนการเมืองการทหารเป็นพื้นที่ทางประวัติศาสตร์การสู้รบ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวใช้เป็นพื้นที่อยู่อาศัยของกลุ่มผู้สู้รบในอดีต จึงทำให้พื้นที่มีลักษณะตรงกลางเป็นที่โล่งกว้าง ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่บริเวณรอบ ๆ พื้นที่

3.2.4 พื้นที่ภูมิลโ บริเวณแปลงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่ง จากการเก็บข้อมูลกรณีไม้หนุมในพื้นที่ศึกษา พบว่าไม่พบไม้หนุมบริเวณริมทางเดิน และในแปลงปลูกลึกเข้าไป 10 เมตร เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นแปลงปลูกพื้นฟูป่าสำหรับการเก็บข้อมูลกรณีกล้าไม้ พบว่า กล้าไม้ที่พบจะเป็นกล้าไม้ของต้นนางพญาเสือโคร่งเท่านั้น เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นแปลงปลูกป่า จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบระหว่างช่วงก่อนฤดูกาลท่องเที่ยวกับหลังฤดูกาลท่องเที่ยว เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการท่องเที่ยว

Table 7 Important value index, relative density, relative frequency and importance of seedlings of plant species along wayside and natural forest (10 m depth) for Lan Hin Pum nature trail

No.	Species	Relative density (RD)		Relative frequency (RF)		Important value index (200%)	
		Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth
1	<i>Canscora andrographioides</i> Griff. ex C.B. Clarke	35.135	14.634	20	7.698	55.135	22.332
2	<i>Eurya acuminata</i> DC.	27.027	4.878	6.667	15.396	33.694	20.275
3	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth	18.919	43.902	20	23.095	38.919	66.997
4	<i>Persea gamblei</i> (Hook. f.) Kosterm.	5.405	-	6.667	-	12.072	-
5	<i>Castanopsis diversifolia</i> (Kurz) King ex Hook.f.	2.703	-	20	-	22.703	-
6	<i>Clerodendrum viscosum</i> Vent.	2.703	-	6.667	-	9.369	-
7	<i>Schefflera bengalensis</i> Gamble	2.703	-	6.667	-	9.369	-
8	<i>Memecylon scutellatum</i> (Lour.) Hook. & Arn. var. <i>Scutellatum</i>	2.703	-	6.667	-	9.369	-
9	<i>Phoebe lanceolata</i>	2.703	-	6.667	-	9.369	-
10	<i>Chassalia curviflora</i> (Wall.) Thwaites var. <i>curviflora</i>	-	14.634	-	15.396	-	30.031
11	Others	-	21.591	-	38.490	-	60.441

จาก Table 8 ก่อนฤดูการท่องเที่ยว กล้าไม้บริเวณริมทางเดิน มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 35.51 ค่าความถี่สัมพัทธ์ร้อยละ 47.50 และแปลงลึกเข้าไป 10 เมตร มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 64.49 ค่าความถี่สัมพัทธ์ร้อยละ 52.50 สำหรับข้อมูลกล้าไม้หลังฤดูกาลท่องเที่ยว พบว่า

มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 25.60 ค่าความถี่สัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 46.15 และแปลงลึกเข้าไป 10 เมตร มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ เท่ากับ 74.40% และค่าความถี่สัมพัทธ์ เท่ากับร้อยละ 53.8

Table 8 Important value index, relative density, relative frequency and importance of seedlings of *Prunus cerasoides* before and after tourism along wayside and natural forest (10 m depth) for Phu Lom Lo

Tourism	Relative density (RD)		Relative frequency (RF)		Important value index (200%)	
	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth	Wayside	10 m depth
Before a tourism	35.51	64.49	47.50	52.50	83.01	116.99
After a tourism	25.60	74.40	46.15	53.85	71.75	128.25

จาก Table 9 ปัจจัยการปกคลุมของพันธุ์พืชที่ได้รับผลกระทบจากการท่องเที่ยว กรณีไม้หนุม พบว่า ไม้ทุกชนิดได้รับผลกระทบจากการท่องเที่ยวในระดับรุนแรง โดยปลายสำน มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 108.45 ส่วนเหมือดโลด (*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.) เหมือดจี้ โกงกางเขา ชมพูญพาน (*Wightia speciosissima* (D. Don) Merr.) มีค่าร้อยละ 100 และก่อแหลม (*Castanopsis acuminatissima* (Blume) A.DC.) มีค่าร้อยละ 95.82 ตามลำดับ สำหรับกรณีกล้าไม้ พบว่า อินทวา (*Persea gamblei* (Hook. f.) Kosterm.) ก่อแป้น เหมือดจี้ และเหง้าน้ำทิพย์ มีค่าร้อยละ 100 ได้รับผลกระทบรุนแรง ส่วนทะเลไล่ และ ปอแต็บ มีค่าร้อยละ 72.10 และ 59.49 ตามลำดับ ได้รับผลกระทบระดับมาก

จากผลการศึกษาการปกคลุมของพืชพรรณของแหล่งท่องเที่ยวทั้งสี่แห่ง จะพบว่า มีระดับผลกระทบต่อพรรณไม้บางชนิดอยู่ในระดับรุนแรง บางชนิดอยู่ในระดับมาก ดังนั้น การจัดการขีดความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือนิเวศวิทยา จะต้องมีการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติในแหล่งท่องเที่ยว เช่น กำหนดให้มีการปิดแหล่งท่องเที่ยวเพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติฟื้นตัว รวมไปถึงควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวในการเข้ามาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ โดยการลงทะเบียนก่อนเข้ามาท่องเที่ยว เพื่อเป็นการป้องกันการใช้ทรัพยากรมากเกินไป

Table 9 Ecological carrying capacity in Phu Hin Rong Kla National Park

Levels of impact	Percentage	Percentage of ecological carrying capacity (%)										
		Sapling					Seedling					
		<i>Eurya acuminata</i>	<i>Aporosa villosa</i>	<i>Memecylon scutellatum</i>	<i>Fagraea ceilanica</i>	<i>Wightia speciosissima</i>	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	<i>Persea gamblei</i>	<i>Castanopsis diversifolia</i>	<i>Memecylon scutellatum</i>	<i>Agapetes saxicola</i>	<i>Schima wallichii</i>
Low impact	< 25 %											
Medium impact	25-50 %											
High impact	51-80 %											72.10
Severe impact	> 80 %	108.45	100	100	100	100	95.82	100	100	100	100	59.49

4. ชีตความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา

จากการศึกษา นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มีทั้งผู้ชายและผู้หญิงในจำนวนใกล้เคียงกัน เป็นผู้ชายร้อยละ 51.35 และผู้หญิงร้อยละ 48.65 อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 30-39 ปี นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และประกอบอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ รองลงมาธุรกิจส่วนตัว/อื่น ๆ รายได้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10,000-20,000 บาทต่อเดือน นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาจากภาคกลาง จาก Table 10 พบว่า นักท่องเที่ยวมีความรู้สึกพึงพอใจมากที่สุด ร้อยละ 64.59 พึงพอใจในบรรยากาศที่ดีเหมาะกับการพักผ่อนหย่อนใจ สำหรับความพึงพอใจน้อย และความพึงพอใจน้อยมาก มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.14 และร้อยละ 3.51 ในเรื่องของความพึงพอใจในห้องน้ำห้องสุขามีความสะอาดและมีจำนวนเพียงพอต่อการให้บริการ ซึ่งร้อยละค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุด ร้อยละ 53.66 พึงพอใจมาก ร้อยละ 34.10 และพึงพอใจปานกลางหรือเริ่มรู้สึกแออัดไปจนถึงพึงพอใจน้อยมากหรือรู้สึกแออัดมากที่สุด รวมร้อยละ 12.25

นักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า มีการรับรู้ความพึงพอใจ หรือรู้สึกแออัดต่ออุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า คิดเป็นร้อยละ 12.25 ซึ่งอยู่ในระดับผลกระทบน้อย (Table 11) อาจเป็นเพราะอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า มีแหล่งท่องเที่ยวหลายแห่ง หลายประเภท ทั้งแหล่งท่องเที่ยวด้านธรรมชาติ และด้านประวัติศาสตร์ มีสภาพป่าธรรมชาติที่มีความสวยงาม เงียบสงบ มีทัศนียภาพที่ดี รวมไปถึงการให้บริการของเจ้าหน้าที่ที่มีความพร้อมในการให้บริการ มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ พร้อมให้บริการ จึงสามารถสร้างความประทับใจ ความพึงพอใจให้กับนักท่องเที่ยวได้ ทำให้ภาพรวมขีดความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยาอยู่ในระดับต่ำ หมายความว่า ชีตความสามารถในการรองรับด้านจิตวิทยาของพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าอยู่ในระดับต่ำกว่าขีดความสามารถการรองรับ (below CC) ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

Table 10 Level of perception (%) of tourists toward attractions and services in Phu Hin Rong Kla National Park.

List	Awareness level (%)				
	Most satisfied / Don't feel	Most satisfied / Less crowding	Moderate satisfaction / crowded	Less satisfied / Very crowded	Very less satisfied / Most crowded
1. Beauty of Tourist Attractions	47.30	39.46	11.08	1.35	0.81
2. Cleanliness of places and attractions	45.41	39.46	10.54	3.51	1.08
3. Good atmosphere suitable for relaxation.	64.59	29.73	4.05	0.54	1.08
4. Safety of life and property when living in this place	55.68	34.05	7.57	1.89	0.81
5. Officials showed friendliness and kindness in their service.	60.27	31.35	5.95	1.62	0.81
6. Staff were always ready to provide assistance in case of problems.	53.51	36.49	7.84	1.35	0.81
7. Staff gave advice/information on both tourism and travel.	53.51	32.97	10.81	1.62	1.08
8. Staff had knowledge and skills to provide service and make you feel confident.	51.35	35.68	10.00	1.89	1.08
9. You received immediate assistance from staff upon request.	49.19	36.76	11.35	1.89	0.81
10. You could see rescue equipment and you felt confident regarding your safety.	46.22	37.03	11.89	3.78	1.08
11. Accommodation was sufficient for using the service.	48.65	38.92	9.46	1.62	1.35
12. The camping ground was sufficient for using the service.	55.68	34.05	7.57	1.08	1.62
13. There were enough restaurants/souvenirs for using the service.	42.70	34.32	16.76	3.51	2.70
14. Staff were ready to use the service.	50.81	35.14	11.89	1.08	1.08
15. The parking area was sufficient.	48.92	35.95	10.81	2.97	1.35
16. The number of tourists visiting today was suitable for the place.	50.54	36.22	10.54	1.62	1.08
17. Bathrooms and toilets were clean and had sufficient services.	37.57	35.68	18.11	5.14	3.51
18. You will come back to travel in this national park again in the future.	60.81	27.57	9.19	1.08	1.35
19. You had fun traveling this time.	60.54	31.08	6.22	0.81	1.35
20. Overall, you were impressed with this trip.	64.05	28.92	5.68	0.54	0.81
21. Impressed with the experience of traveling this time.	57.57	34.59	5.95	1.08	0.81
22. The travel experience beyond expectation	49.73	39.19	8.11	1.89	1.08
23. Traveling here was your choice	60.81	30.27	7.57	0.81	0.54
24. This visit met your needs.	60.00	30.27	7.84	0.81	1.08
25. You consider this attraction is valuable and popular.	57.84	35.14	6.22	0.27	0.54
26. You are happy when you travel to this place.	60.81	30.81	6.76	1.08	0.54
27. The service quality of the staff is satisfactory.	54.32	36.76	6.76	1.08	1.08
28. You are satisfied with this tourist attraction.	60.27	31.08	7.57	0.27	0.81
29. You are satisfied with the cleanliness of the building/toilet/bathroom	41.35	34.86	15.68	4.59	3.51
30. Overall, you are satisfied with this trip.	59.73	29.19	9.46	0.81	0.81
Mean	53.66	34.10	9.31	1.72	1.22

Table 11 Facility carrying capacity in Phu Hin Rong Kla National Park

Item	Percentage	Percentage of social-psychological carrying capacity (%)		
		< 20 %	20-50 %	> 50 %
Perceived satisfaction or feeling of crowding of tourists toward Phu Hin Rong Kla National Park.	12.25	✓		

จากผลการศึกษา พบว่า ชีตความสามารถในการรองรับด้านกายภาพและด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในภาพรวมอยู่ในระดับผลกระทบน้อย แสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ด้านพื้นที่ของแหล่งท่องเที่ยวและการใช้ประโยชน์สิ่งอำนวยความสะดวกของแหล่งท่องเที่ยวยังอยู่ในระดับที่สามารถรองรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาชีตความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยาที่มีระดับความพึงพอใจ ความรู้สึกแออัด/ไม่แออัด อยู่ในระดับผลกระทบน้อย หรือความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวต่อแหล่งท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ายังอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

สรุป

จากการศึกษาชีตความสามารถในการรองรับของแหล่งท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า พบว่าชีตความสามารถในการรองรับด้านกายภาพและด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในภาพรวมอยู่ในระดับผลกระทบน้อย สามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้ 970,984 คน/ปี และ 2,327,971 คน/ปีตามลำดับ แสดงว่าจำนวนนักท่องเที่ยวยังต่ำกว่าชีตความสามารถในการรองรับ ทั้ง 2 ด้านนี้ สำหรับชีตความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือสิ่งแวดล้อม พบว่าการปกคลุมของรากไม้ไผ่อยู่ที่ร้อยละ 12.60 ซึ่งระดับความรุนแรงของรากไม้ไผ่อยู่ในระดับมีผลกระทบน้อยถึงไม่มีผลกระทบ และการปกคลุมของพันธุ์พืช ได้ทำการศึกษากฎนิไม้หนุม พบว่า พบว่า ทะโล้ หัว และเอนอ้า (*Melastoma saigonense* (Kuntze) Merr.) มีผลกระทบมาก ส่วนปลายสำน เหมือนดิลด เหมือนดัจ โกงกางภูเขา ชมพูภูเขา และก่อแหลม มีผลกระทบรุนแรง สำหรับกรณีกล้าไม้ (seeding) พบว่า ปลายสำน มีผลกระทบปานกลาง ทะโล้ และปอแตบ มีผลกระทบมาก ส่วนอินทวา ก่อ เหมือนดัจ และเหง้าน้ำทิพย์

มีผลกระทบรุนแรง และชีตความสามารถในการรองรับด้านสังคมจิตวิทยา พบว่า การรับรู้ถึงความพึงพอใจ หรือความรู้สึกแออัดต่อการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าจังหวัดพิษณุโลก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 12.25 ซึ่งมีผลกระทบอยู่ในระดับน้อย หรือมีชีตความสามารถในการรองรับทางด้านจิตวิทยาในระดับสูงก่อให้เกิดผลกระทบในระดับที่ต่ำกว่าชีตความสามารถในการรองรับ จากการศึกษาจะเห็นได้ว่ามีเพียงชีตความสามารถในการรองรับด้านชีวภาพหรือสิ่งแวดล้อม ที่มีผลกระทบต่อนักท่องเที่ยวหลายชนิดอยู่ในระดับรุนแรง บางชนิดอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีความสำคัญในทางนิเวศวิทยา ควรมีแนวทางการจัดการพื้นที่เส้นทางศึกษาธรรมชาติลานแตก และเส้นทางศึกษาธรรมชาติลานหินปุ่ม โดยการกำหนดให้มีการปิดการท่องเที่ยว เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติได้ฟื้นตัว รวมถึงมีการควบคุมจำนวนนักท่องเที่ยวในบริเวณดังกล่าว ด้วยการจำกัดจำนวนนักท่องเที่ยวให้มีความเหมาะสม คือ จำนวน 216 คนต่อวัน และ 180 คนต่อวัน ตามลำดับ หรือลดจำนวนรอบในการเดินเส้นทางศึกษาธรรมชาติ โดยรอบการเดินที่เหมาะสมคือ 10 รอบต่อวัน และ 4 รอบต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดความยั่งยืนของระบบนิเวศในพื้นที่ต่อไปได้

คำนิยาม

ขอขอบคุณ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าเพื่อการศึกษาครั้งนี้ รวมถึงหัวหน้าอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า และเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมกันเก็บข้อมูลในครั้งนี้ ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นแรงผลักดันให้การศึกษาสำเร็จ รวมถึง พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาการจัดการป่าไม้ รุ่นที่ 3 มหาวิทยาลัยแม่โจ้แพร่-เฉลิมพระเกียรติ ที่ร่วมเป็นกำลังใจและผลักดันจนมาถึงขั้นตอนสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมมา ณ ที่นี้ด้วย

REFERENCES

- Aphihirantrakun, C. 2021. **Tourism Carrying Capacity Assessment for Mae Ngao National Park, Mae Hong Son Province.** M.S. Thesis, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Bateson, J., Hui, M. 1992. The Ecological Validity of Photographic Slides and Videotapes in Simulating the Service Setting. **Journal of Consumer Research**, 19: 271-281.
- Chitchong, N. 2017. **Assessment of Carrying Capacity for the Number of Tourists at Khao Sok National Park.** MS. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. 2006. **Final Report: Education Project Carrying Capacity of Erawan National Park Kanchanaburi Province.** Kanchanaburi, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation. 2019. **Statistics Tourist.** <http://catalog.dnp.go.th/dataset/stat-tourism>, 1 0 October 2023. (in Thai)
- Emphandhu, D. 2003. **Principles and Nature Tourism Management.** Forest conservation. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Hirunrattanaphong, H., Thanakitpairin, A., Chamnanpai, J., Khunsri, P. 2017. Assessment of carrying capacity for the number of tourists at Kao Kitchakute National Park (Praputthabaht Pluang Imprint Area). **Burapha Science Journal**, 22(3): 557-568. (in Thai)
- Inchai, M., Thaotrakool, N. 2022. Carrying capacity of Mae Wang tourism sites, Chiang Mai province. **Journal of Thai Hospitality and Tourism**, 17(2): 69-87. (in Thai)
- Khanluang, P. 2002. **Psychological Effects and Determination of Psychological Carrying Capacity of Waterfall-type Recreation Sites.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kongkaew, C., Butrat, P., Pongsuwan, N., Boupech, P. 2013. Carrying capacity and tourism management measures for shallow reef at Khai Nok Island, Phang Nga province. **Environment and Natural Resources Journal**, 11(1): 70-87. (in Thai)
- Pakpitjarean, A. 2005. **Carrying Capacity of Community-Based Ecotourism: A Case Study of Ban Song Thai Ecotourism Village, Samut Songkhram Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Phu Hin Rong Kla National Park. 2022. **Annual Report of Phu Hin Rong Kla National Park.** Phitsanulok, Thailand. (in Thai)
- Vilailert, N. 2006. **The Satisfaction of Thai Tourists toward Tourism in Phu Foilom Ecotourism Project of Udon Thani Province.** Faculty of Science, Srinakharinwirot University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wongphakdee, B. 2009. **Recreational Carrying Capacity of Khao Chamao Khao Wong National Park.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics, An Introductory Analysis**, 2nd ed. Harper and Row, New York, USA.

นิพนธ์ต้นฉบับ

แนวทางการจัดการไฟป่าในป่าชุมชน ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
Guidelines for Forest Fire Management in Community Forest at Mae Pong
Sub-district, Doi Saket District, Chiang Mai Province

ศิริรัตน์ ขุนทอง^{1,2}Sirorat Khunthong^{1,2}นิตยา เมียนมิตร^{1*}Nittaya Mianmit^{1*}กอบศักดิ์ วันธงไชย¹Kobsak Wanthongchai¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand²กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand

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

รับต้นฉบับ 7 ตุลาคม 2566

รับแก้ไข 12 พฤศจิกายน 2566

รับลงพิมพ์ 29 พฤศจิกายน 2566

ABSTRACT

Factors were analyzed influenced forest fires, forest fire management, the level of community participation and knowledge about forest fires in Mae Pong Sub-district, Doi Saket district, Chiang Mai province. The objective was to establish guidelines for the development of wildfire management. Data were collected based on interviews with 320 samples from a population of 1,598 households, with the sample number determined based on Yamane (1973). The data were analyzed using descriptive statistics, SWOT analysis and the TOWS matrix.

The study found that the primary cause of forest fire was its spread from agricultural land preparation by farmers around community forests (86.60%). Community forest fire management involved prevention, readiness for extinguishing fires, fire detection, fire suppression and performance evaluation, while overall community participation in forest fire management was minimal, with an average score of 1.84. All three aspects of planning, operations and monitoring and evaluation were low level, with average scores of 1.79, 1.92, and 1.82, respectively. Overall understanding of forest fires was at a moderate level, (64.30%). Four approaches for the development of participatory forest fire management identified were: 1) Training to enhance community knowledge in forest fire theory and basic practices; 2) Developing management plans and measures related to forest fires; 3) Enhancing public relations in all forms; and 4) Developing monitoring and evaluation of community activities.

Keywords: Guidelines; Forest fire management; Community Forest

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเกิดไฟป่า การจัดการไฟป่า ระดับการมีส่วนร่วม และความรู้เกี่ยวกับไฟป่าของประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอต๋อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาการจัดการไฟป่า เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ จำนวน 320 ตัวอย่าง จากจำนวนประชากร 1,598ครัวเรือน โดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อม SWOT analysis และ TOWS matrix

ผลการศึกษาพบว่า สาเหตุการเกิดไฟป่าคือการลุกลามจากการเตรียมพื้นที่ทางการเกษตรของเกษตรกรที่อยู่รอบป่าชุมชน คิดเป็นร้อยละ 86.60 การจัดการไฟป่าของประชาชนโดยการป้องกันไฟป่า การเตรียมความพร้อมในการดับไฟ การตรวจหาไฟ การดับไฟป่า การประเมินผลการปฏิบัติงาน และการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการไฟป่า ในภาพรวมอยู่ในระดับน้อย มีคะแนนเฉลี่ย 1.84 คะแนน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผน ด้านการปฏิบัติ และด้านการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานอยู่ในระดับน้อยทุกด้าน มีคะแนนเฉลี่ย 1.79, 1.92 และ 1.82 คะแนน ตามลำดับ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟป่าในภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 64.30 สำหรับแนวทางการพัฒนาการจัดการไฟป่าอย่างมีส่วนร่วม มี 4 แนวทาง ได้แก่ 1) การอบรมพัฒนาให้ประชาชนมีความรู้ทางด้านทฤษฎีไฟป่าและการปฏิบัติขั้นพื้นฐาน 2) พัฒนาแผนการจัดการ มาตรการเกี่ยวกับไฟป่า 3) พัฒนาการประชาสัมพันธ์ทุกรูปแบบ และ 4) พัฒนาการติดตามและประเมินผลการทำงานในกิจกรรมดำเนินการต่าง ๆ ของประชาชน

คำสำคัญ: แนวทาง การจัดการไฟป่า ป่าชุมชน

คำนำ

ไฟป่าเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นทั้งในป่าธรรมชาติหรือสวนป่าที่เผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างเสรี ไม่มีการควบคุม โดยเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้มีทั้งเชื้อเพลิงในธรรมชาติ เช่น อินทรียวตฤที่กำลังสลายตัว เศษไม้ ปลายไม้ ลูกไม้ หย้าไม้ ท่อน เศษซากพืช ตอไม้ ไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นบางส่วน รวมทั้งเศษซากวัสดุทางการเกษตรที่หลงเหลืออยู่ในพื้นที่ (Wanthongchai, 2023) และไฟป่า คือไฟที่ปราศจากการควบคุมลุกลามไปอย่างอิสระแล้วเผาผลาญเชื้อเพลิงธรรมชาติในป่า ได้แก่ ดินอินทรีย์ ใบไม้แห้ง หย้า กิ่งก้านไม้แห้ง ท่อนไม้ ตอไม้ วัชพืช ไม้พุ่ม ใบไม้สดและในระดับหนึ่งสามารถเผาผลาญต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ (Brown and Davis, 1973) เกิดจาก 2 สาเหตุ คือเกิดจากธรรมชาติ เช่น ไฟผ่า กิ่งไม้เสียดสีกัน และอีกสาเหตุหนึ่งมาจากมนุษย์ เช่น เก็บหาของป่า เผาไร่ แกล้งจุดความประมาท ล่าสัตว์ เลี้ยงปศุสัตว์ และความคึกคะนอง ซึ่งเมื่อเกิดไฟป่าจะส่งผลกระทบต่อสังคมพืช ดินป่าไม้ น้ำ สัตว์ป่า สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในป่า ทรัพยากร สุนัขและชีวิตของมนุษย์ ส่งผลกระทบต่อสภาวะอากาศของโลก และต่อการนันทนาการ (Akaakara, 2000) สำหรับประเทศไทยการดำเนินการควบคุมไฟป่ามีหน่วยงานรับผิดชอบโดยตรง คือ กรมป่าไม้ รับผิดชอบดูแลพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม รับผิดชอบดูแลพื้นที่ป่าอนุรักษ์ แต่ปัญหาไฟป่าก็ยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในประเทศไทยสาเหตุการเกิดไฟป่าส่วนใหญ่มาจากการกระทำของมนุษย์แทบทั้งสิ้นในการแก้ไขปัญหาไฟป่าในแต่ละพื้นที่จึงมีความจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชนหรือชุมชนในท้องถิ่นเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมในการป้องกันไฟป่า เปิดโอกาสให้ประชาชนได้แสดงความคิดเห็น และการตัดสินใจต่าง ๆ ร่วมกัน (Sirorot, 2003) หน่วยงานรัฐไม่ควรเข้าไปควบคุมกระบวนการมีส่วนร่วมโดยตรง แต่ควรเป็นฝ่ายสนับสนุนให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อให้ชุมชนเกิดการเรียนรู้ด้วยชุมชนเอง โดยได้สรุปขั้นตอนในกระบวนการมีส่วนร่วมไว้ 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน ประชาชนต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ปัญหาและตั้งเป้าหมาย กำหนดวิธีการติดตามประเมินผล การนำแผนไปปฏิบัติประชาชนต้องมีส่วนร่วมในการนำแผนงานที่วางแผนไว้ไปปฏิบัติ การได้ประโยชน์ประชาชนต้องได้รับประโยชน์จากกิจกรรมที่ดำเนินการ และการติดตามประเมินผล ประชาชนต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ปรับหรือทบทวน (Niyom et al., 2007)

พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2564 เกิดจุดความร้อน (hotspot) จำนวน 29,892 จุด และเกิดในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3,605 จุด และเกิดในอำเภอต๋อยสะเก็ดจำนวน 121 จุด มีการเกิดจุดความร้อนจำนวนน้อย เมื่อเทียบ

กับอำเภอแม่แจ่มที่เกิดมากที่สุด จำนวน 966 จุด ในจังหวัดเชียงใหม่มีป่าชุมชนจำนวน 526 ป่าชุมชน ซึ่งป่าชุมชนเป็นป่านอกเขตป่าอนุรักษ์หรือพื้นที่อื่นของรัฐนอกเขตป่าอนุรักษ์ที่ได้รับอนุมัติให้จัดตั้งเป็นป่าชุมชน โดยชุมชนร่วมกับรัฐในการอนุรักษ์ ป่าชุมชน จัดการ บำรุงรักษา ตลอดจนใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชนอย่างสมดุลและยั่งยืน มีวัตถุประสงค์เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ การฟื้นฟูพื้นที่ป่าในเขตป่าชุมชนโดยการปลูกป่าทดแทน การเสริมสร้างความร่วมมือทุกภาคส่วนในการจัดการป่าชุมชน การส่งเสริมวัฒนธรรมประเพณีที่หลากหลายของชุมชนในการอนุรักษ์ การฟื้นฟู การพัฒนาการควบคุมดูแล และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในป่าชุมชน และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติในป่าชุมชนอย่างสมดุลและยั่งยืน (Community Forest Act B.E. 2019, 2019)

จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดหนึ่งที่ประสบกับปัญหาไฟป่าและหมอกควันอย่างต่อเนื่อง การเกิดไฟป่าในจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2560–2565 มีจุดความร้อนสะสมในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จำนวน 28,707 จุด (Forest Fire Control Division, 2022) เนื่องจากจำนวนจุดความร้อนค่อนข้างมาก หน่วยงานรัฐเพียงอย่างเดียวคงไม่สามารถจัดการได้โดยง่าย ต้องอาศัยความร่วมมือจากประชาชนในพื้นที่ และการเกิดไฟป่าที่อำเภอฝางสะกิด ซึ่งเป็นที่ตั้งของป่าชุมชนในตำบลแม่โป่ง มีจำนวนจุดความร้อนลดลงต่อเนื่องจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จึงเกิดความสนใจศึกษาการจัดการไฟป่าในพื้นที่โดยมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อให้ทราบถึงระดับการมีส่วนร่วมของประชาชน สาเหตุ ปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ รวมถึงศึกษาแนวทางการจัดการไฟป่าโดยมีส่วนร่วมของประชาชน ในตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและแนวทางนี้อาจเป็นทางออกหนึ่งที่จะทำให้ประชาชนในพื้นที่ได้เข้ามามีส่วนร่วม และตระหนักในความสำคัญของปัญหาไฟป่าและหมอกควันในพื้นที่มากยิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์สาเหตุการเกิดไฟป่าและการจัดการไฟป่า ของประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่ 2) ศึกษาระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนและความรู้เกี่ยวกับไฟป่าของประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่ และ 3) เสนอแนวทางพัฒนาการจัดการไฟป่า ในตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ อุปกรณ์เครื่องเขียน คอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูป และข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นมาสัมภาษณ์หัวหน้าหรือตัวแทนครัวเรือนตัวอย่างที่ทำการศึกษา ประชากรในการศึกษาค้นคว้า คือ ประชาชนที่เป็นหัวหน้าครัวเรือนหรือตัวแทนครัวเรือนซึ่งอาศัยอยู่บริเวณรอบป่าชุมชนท้องที่ ตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 8 หมู่บ้าน ประกอบด้วย บ้านตลาดขี้เหล็ก บ้านป่าไผ่ บ้านห้วยบอน บ้านห้วยอ่าง บ้านต้นผึ้ง บ้านแม่ฮ่องไคร้ บ้านป่าไม้แดง และบ้านห้วยบ่อทอง รวมทั้งสิ้น 1,598 ครัวเรือน

กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) กำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของยามานะ (Yamane, 1973) ที่มีความคลาดเคลื่อน 0.05 จากการคำนวณได้จำนวนตัวอย่างที่อาศัยอยู่ในตำบลแม่โป่ง อำเภอฝางสะกิด จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน เท่ากับ 320 ครัวเรือน โดยการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนหมู่บ้านเป้าหมาย 8 หมู่บ้าน และทดสอบหาความเชื่อมั่น (reliability) ของคำถาม ด้วยวิธีการวัดค่าอัลฟาครอนบาช (Cronbach's alpha) (Taweerat, 1997) ดังนั้นการเก็บข้อมูลจากประชาชนกลุ่มตัวอย่างแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนที่เหมาะสมจากสูตรการกระจายตามสัดส่วน (Niyom *et al.*, 2007) (Table 1)

Table 1 List of villages, population numbers and sample numbers in Mae Pong sub-district municipality, Doi Saket district, Chiang Mai province

Sample village	Number of households	Number of sampled households
1. Ban Talad Kelek	139	28
2. Ban Pa Phai	277	56
3. Ban Huay Born	224	45
4. Ban Huai Ang	279	56
5. Ban Ton Phueng	136	27
6. Ban Mae Hong Khrai	108	21
7. Ban Pamai Dang	239	48
8. Ban Huai Bo Thong	196	39
Total	1,598	320

การสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informant) คือผู้นำชุมชน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยได้กำหนดหัวข้อที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และนำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างแบบสัมภาษณ์เป็นการเก็บข้อมูลการมีส่วนร่วมในการจัดการไฟป่าของประชาชน โดยนำแนวคิดทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง มาพัฒนาเป็นแบบสัมภาษณ์ โดยมีทั้งคำถามปลายปิด (closed-ended) และคำถามปลายเปิด (opened-end) แบ่งออกเป็น 7 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป การใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน การมีส่วนร่วมในการจัดการไฟป่า ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟป่า สาเหตุของการเกิดไฟป่า ความคาดหวังในการใช้ประโยชน์ที่จะได้รับการมีส่วนร่วมในการจัดการไฟป่า ปัญหาและอุปสรรค

การวิเคราะห์ข้อมูล จากการรวบรวมนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยจำแนกการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (descriptive analysis) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม และการมีส่วนร่วมในการป้องกันและจัดการไฟป่า ซึ่งนำมาวัดระดับการมีส่วนร่วมโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ มีค่าตั้งแต่ 1–5 นำค่าเฉลี่ยประเมนและจัดระดับของ Likert's scale (Prapapen, 1983) ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1–1.80 คือ ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อยมาก

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.81–2.60 คือ ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.61–3.40 คือ ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.41–4.20 คือ ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมาก

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.21–5.00 คือระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนอยู่ในระดับมากที่สุด

วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) นำข้อมูลที่ได้ทั้งจากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลักและจากแบบสัมภาษณ์ประชาชนสรุปและวิเคราะห์ SWOT analysis หรือการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมแวดล้อมภายใน จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกมาจับคู่ วิเคราะห์ TOWS matrix (Hutanuwatr and Hutanuwatr, 2002) แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วยกลยุทธ์เชิงรุก กลยุทธ์เชิงแก้ไข กลยุทธ์เชิงป้องกัน และกลยุทธ์เชิงรับ เพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาการจัดการไฟป่าอย่างมีส่วนร่วม

ผลและวิจารณ์

ลักษณะเศรษฐกิจและสังคมของผู้ให้สัมภาษณ์

ผลการศึกษาพบว่าผู้ให้สัมภาษณ์ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 75.30 มีอายุอยู่ในช่วง 51–60 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.70 และระดับการศึกษาจบการศึกษาระดับประถมศึกษา

คิดเป็นร้อยละ 80.60 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 54.40 รองลงมาประกอบอาชีพรับจ้าง คิดเป็นร้อยละ 31.40 รายได้ของครัวเรือน ช่วง 5,001–8,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 44.10 รองลงมามีรายได้ช่วง 8,001–11,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 27.20 จำนวนสมาชิกในครัวเรือน มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 59.70

สาเหตุของการเกิดไฟฟ้า

ผลการสำรวจความคิดเห็นของตัวแทนครัวเรือนเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าในพื้นที่ พบว่า ส่วนใหญ่มาจากการลุกลามจากการเตรียมพื้นที่ทางการเกษตรของเกษตรกรที่อยู่รอบป่าชุมชน คิดเป็นร้อยละ 86.60 รองลงมาคือความไม่ตั้งใจของคนที่เข้าป่าเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การล่าสัตว์ กั้นบุหรื หรือการก่อไฟเพื่อต้มน้ำ คิดเป็นร้อยละ 69.70 และการจุดไฟจากคนที่เข้าป่าเพื่อล่าสัตว์หรือหาของป่า คิดเป็นร้อยละ 60.30

การจัดการไฟฟ้าของประชาชน

ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกประธานป่าชุมชน พบว่าในพื้นที่ศึกษามีการจัดการไฟฟ้าผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมความพร้อมในการดับไฟ ในการเกิดไฟฟ้าของตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ถึง เดือนพฤษภาคม ของทุกปี ประชาชนจึงมีการเตรียมความพร้อมสำหรับดับไฟฟ้า เพื่อลดความเสียหาย การเตรียมการดับไฟ จะต้องเสร็จสมบูรณ์ก่อนที่จะถึงฤดูไฟ โดยการจัดทำแนวป้องกันไฟ การวางแผนตรวจลาดตระเวน ป้องกันการเกิดไฟฟ้าและการบุกรุกพื้นที่ป่า การลดปริมาณเชื้อเพลิงด้วยวิธีชิงเผาหรือชิงเก็บลดเผา และการสร้างฝายชะลอน้ำ การปลูกเสริมด้วยไม้ 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง และต้องหลีกเลี่ยงการประกอบกิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟ้า เช่น เผาขยะ เผาตอซังข้าว เพื่อไม่ให้ลุกลามเข้าพื้นที่ป่า

2. การป้องกันไฟฟ้า คือความพยายามที่จะป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากช่วงเดือนที่เกิดไฟฟ้า อยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ถึง เดือนพฤษภาคม มีสถิติการเกิดไฟฟ้าสูงกว่าช่วงอื่น ๆ มีสภาพอากาศที่แห้งแล้ง และมีกิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟาลุกลามอย่างรวดเร็วและยากต่อการควบคุมโดยเฉพาะกิจกรรมการเตรียมพื้นที่การเกษตร ที่ผ่านมาประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีวิธีป้องกันการเกิดไฟฟ้า

ประกอบด้วย การสร้างแนวกันไฟล้อมรอบพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อไม่ให้ไฟป่าลุกลามไปยังพื้นที่อื่น เพื่อใช้เป็นเส้นทางในการลาดตระเวนระวังไฟฟ้าและสามารถเป็นแนวตั้งรับในการดับไฟได้ แต่การจัดทำแนวกันไฟต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการ พบปัญหางบประมาณไม่เพียงพอและอาจทำให้ระยะเวลาในการดำเนินการยาวนาน และกิจกรรมชิงเก็บลดเผา โดยประชาชน เป็นการสนับสนุนการแก้ไขปัญหาไฟฟ้าหมอกควัน และฝุ่นละอองขนาดเล็กเกินค่ามาตรฐานของจังหวัด โดยประชาชนเก็บใบไม้ในออกจากพื้นที่ป่าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่า โดยประชาชนนำไปเผาตากแห้งและบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดทำจาน ถ้วย กระถางต้นไม้ เป็นต้น แต่การสร้างมูลค่ามีข้อจำกัด มีราคาซื้อต่ำ ทำให้ไม่เกิดแรงจูงใจในการชิงเก็บ

3. การตรวจหาไฟ เมื่อถึงฤดูไฟฟ้า จะต้องจัดระบบการตรวจหาไฟ เพื่อให้ทราบว่ามีไฟไหม้ป่าขึ้นที่ใด โดยประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดชุดลาดตระเวนในการเกิดไฟฟ้า และได้รับการสนับสนุนข้อมูลจุดความร้อนที่เกิดขึ้นเพื่อลาดตระเวนจากกรมป่าไม้ โดยมีศูนย์ส่งเสริมการควบคุมไฟฟ้าเชียงใหม่ ศูนย์ฝึกอบรมการควบคุมไฟฟ้าและป้องกันไฟฟ้า สถานีควบคุมไฟฟ้าห้วยฮ่องไคร้อีกรักษ์ปกครองส่วนท้องถิ่น และศูนย์ส่งเสริมวนศาสตร์ชุมชนที่ 1 เชียงใหม่ แต่ในการแจ้งพบจุดความร้อนในบางครั้งมีความล่าช้าไม่ทันทั่วถึง ส่งผลให้ไฟลุกลามเป็นบริเวณกว้าง ทำให้ควบคุมได้ยาก และสนับสนุนการดำเนินงานเมื่อเกิดไฟฟ้าและให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟฟ้า

4. การดับไฟฟ้าเป็นขั้นตอนที่ไม่สามารถควบคุมได้และเสี่ยงมากที่สุด ไม่มีวิธีการดับไฟที่ตายตัว แล้วแต่สถานการณ์และพฤติกรรมของไฟ โดยประชาชนในตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีการจัดวางเครื่องมืออุปกรณ์ ประกอบด้วย ครอบไฟฟ้า จอบ พรวน้ำ เครื่องเป่าลม ถัดฉีดน้ำ ไม้ตามจุดสกัดตรวจคนเข้าป่าชุมชน เมื่อเกิดไฟฟ้าก็สามารถใช้เครื่องมือในการดับไฟฟ้าได้ทันเวลา แต่ประชาชนบางส่วนขาดความรู้ความสามารถ ความเข้าใจ และความชำนาญในการปฏิบัติงานดับไฟฟ้า จึงทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และส่งผลให้เสี่ยงอันตรายกับไฟอีกด้วย

5. การประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อบันทึกสถิติการเกิดไฟฟ้า รวมถึงประเมินความ

เสียหายที่เกิดจากไฟไหม้ป่าด้วย ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแผนงานควบคุมไฟป่าให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยยิ่ง ๆ ขึ้น

การใช้ประโยชน์และความคาดหวังผลประโยชน์ที่จะได้รับการมีส่วนร่วม

การมองความสัมพันธ์ระหว่างคนกับทรัพยากรป่าไม้ นอกจากจะมองที่การใช้ประโยชน์ทรัพยากรของประชาชนแล้วยังมองในมิติของการช่วยในการดูแล บริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนด้วย ในการศึกษาการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนของประชาชนในพื้นที่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนจำนวน 249 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 77.80 และไม่ได้ใช้ประโยชน์ จำนวน 71 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 22.20 โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เป็นแหล่งอาหารของชุมชน โดยการเก็บหาของป่าจากการศึกษาพบว่าการเก็บของป่าหลากหลายชนิดเพื่อเป็นอาหาร ประกอบด้วย หน่อไม้ไร่ ในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน ผักหวาน (*Melientha suavis* Pierre) ในช่วงเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม เห็ด เช่น เห็ดโคน (*Termitomyces fuliginosus*) เห็ดหล่ม (*Russula virescens*) เห็ดไข่ห่าน (*Amanita vaginata*) เห็ดดิน (*Geastrum mirabile*) เห็ดถ่าน (*Russula densifolia*) เห็ดระโงก (*Amanita princeps*) เห็ดลม (*Lentinus polychrous*) เห็ดแดง (*Russula lepida*) เห็ดถอบ (*Astraeus hygrometricus*) ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กรกฎาคม ไม้ไผ่ เช่น ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ไผ่ไร่ (*Gingantochloa albociliata*) ในช่วงเดือน ตุลาคม มดแดง ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน กลุ่มผลไม้ เช่น มะขามป้อม ในช่วงเดือน มกราคม ถึง เดือนเมษายน และ อ้อย่าง ในช่วงเดือนกันยายน

ความคาดหวังผลประโยชน์ที่จะได้รับการมีส่วนร่วมในการจัดการไฟป่าของประชาชนในการควบคุมไฟป่า กลุ่มตัวอย่างในภาพรวมมีความคาดหวังที่จะเป็นไปได้มากที่สุดคือทำให้ทรัพยากรป่าไม้คงอยู่ตลอดไป ร้อยละ 39.06 เมื่อจำแนกรายหมู่บ้านจะเห็นได้ว่า บ้านแม่ฮ่องไคร้ ร้อยละ 52.40 บ้านตลาดขี้เหล็ก ร้อยละ 35.70 คาดหวังให้รายได้เพิ่มขึ้น บ้านป่าไผ่ ร้อยละ 82.10 บ้านต้นผึ้ง ร้อยละ 51.90 คาดหวังว่าจะเกิดประโยชน์ต่อชุมชน บ้านห้วยอ่าง ร้อยละ 41.10 บ้านแม่ฮ่องไคร้ ร้อยละ 38.10 คาดหวังว่าจะเกิดประโยชน์ต่อตนเอง บ้านป่าไผ่แดง ร้อยละ 58.30 บ้านห้วยบ่อทอง ร้อยละ 41.00 คาดหวังจะทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น และบ้านห้วยบ่อทอง ร้อยละ 61.50 บ้านต้นผึ้ง ร้อยละ 44.40 คาดหวังจะทำให้ทรัพยากรป่าไม้คงอยู่ตลอดไป

ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินการมีส่วนร่วมของประชาชนกลุ่มตัวอย่างในการจัดการไฟป่าพบว่าสาเหตุที่ทำให้ประชาชนไม่สามารถเข้ามามีส่วนร่วมในการควบคุมไฟป่ามากที่สุด คือเรื่องเงินทุนสนับสนุนในการดูแลรักษาควบคุมไม่เพียงพอ คิดเป็นร้อยละ 30.60 เพราะในทุกกิจกรรมต้องใช้เงินในการดำเนินการ และยังมีภาระในการประกอบอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 21.60 จึงทำให้ประชาชนไม่มีเวลาไปร่วมกิจกรรมเต็มประสิทธิภาพ

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการไฟป่าในป่าชุมชน

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการไฟป่าในป่าชุมชน ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ในภาพรวมอยู่ในระดับน้อย มีคะแนนเฉลี่ย 1.84 เมื่อพิจารณารายด้านจำนวน 3 ด้าน มีรายละเอียดดัง Table 2

Table 2 Level of participation in forest fire management among people in community forest, Mae Pong sub-district, Doi Saket district, Chiang Mai province.

Participation activity	Mean	S.D.	Participation level
1. Planning	1.79	1.30	lowest
2. Operations	1.92	1.41	low
3. Performance evaluation	1.82	1.25	low
Overall participation	1.84		low

1. ด้านการมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับน้อยมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 1.79 ส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการเป็นคณะกรรมการควบคุมไฟฟ้าประจำหมู่บ้าน การวิเคราะห์หาปัญหาสาเหตุการเกิดขึ้นของไฟฟ้า การเตรียมความพร้อมในการจัดหาเครื่องมือดับไฟ การจัดการไฟฟ้า และการวางแผนเพื่อลดอัตราไฟฟ้า คำนวณเฉลี่ย 2.37, 1.98, 1.88, 1.81 และ 1.75 ตามลำดับ และที่เข้ามามีส่วนร่วมน้อยคือการกำหนดวันชิงเผาหรือรูปแบบการชิงเผา คำนวณเฉลี่ย 1.51 ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chaiyasit *et al.* (2013) ที่ศึกษาพบว่า การมีส่วนร่วมวางแผนงานอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และนอกจากนี้ Narat *et al.* (2014) ได้ศึกษาพบว่าการมีส่วนร่วมในการวางแผนการควบคุมไฟฟ้าอยู่ในระดับน้อยที่สุด เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

2. ด้านการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ มองในด้านการร่วมแรงงานหรือร่วมทุนทรัพย์ ของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วมอยู่ในระดับน้อย มีคะแนนเฉลี่ย 1.92 ส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้การสร้างแนวป้องกันไฟ การปฏิบัติการป้องกันไฟฟ้า การชักชวนเพื่อนบ้าน ญาติพี่น้องช่วยกันดับไฟฟ้า และการตรวจหาไฟฟ้า มีคะแนนเฉลี่ย 2.25, 2.14, 2.05, 1.97 และ 1.82 ตามลำดับ และเข้ามามีส่วนร่วมน้อยคือการบริจาคทรัพย์สินเพื่อใช้ในการป้องกันและควบคุมไฟฟ้า มีคะแนนเฉลี่ย 1.63 ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chaiyasit *et al.* (2013) ที่ศึกษาพบว่า การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ Narat *et al.* (2014) ได้ศึกษาพบว่าการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน

3. ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามผลงาน เป็นการประเมินการร่วมรับผิดชอบในการป้องกันไฟฟ้าของประชาชนในการควบคุมไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วมอยู่ในระดับน้อย มีคะแนนเฉลี่ย 1.82 ส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการติดตามผลการปลูกป่าฟื้นฟู การติดตามผลการปฏิบัติงานควบคุมไฟฟ้า การติดตามผลการทำแนวป้องกันไฟฟ้า การติดตามผลการดับไฟฟ้า และการติดตามผลการตรวจหาไฟฟ้า คำนวณเฉลี่ย 2.00, 1.96, 1.84, 1.84 และ 1.81 ตามลำดับ และมีส่วนร่วมน้อยคือการติดตามผลการชิงเผา มีคะแนนเฉลี่ย 1.59 ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chaiyasit *et al.* (2013) ที่ศึกษาพบว่า การมีส่วนร่วมในการตรวจสอบติดตามผลการปฏิบัติงานอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ Narat *et al.* (2014) ได้ศึกษาพบว่าการมีส่วนร่วมในการติดตามผลงานอยู่ในระดับน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน

ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าของประชาชน

จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าของประชาชนกลุ่มตัวอย่างพบว่า ประชาชนที่ทำการศึกษามาก่อนใหญ่ ตอบคำถามดังกล่าวได้คะแนนอยู่ในช่วง 7–13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.06 รองลงมาได้คะแนนอยู่ในช่วง 14–20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.63 และได้คะแนนน้อยกว่า 7 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 5.31 ได้คะแนนเฉลี่ย 13.79 ได้คะแนนสูงสุด 20 คะแนน และได้คะแนนต่ำสุด 6 คะแนน ในภาพรวมประชาชนมีความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง 63 ร้อยละเฉลี่ยดัง Table 3 และผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Samchusri *et al.* (2013) ที่ศึกษาพบว่า ความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

Table 3 Level of public knowledge about forest fires in Mae Pong sub-district, Doi Saket district, Chiang Mai province

Level of public knowledge	Number of households	Percentage	Remark
Low (0–6 points)	17	5.31	Average = 13.79
Moderate (7–13 points)	205	64.06	Most = 20 points
Height (14–20 points)	98	30.63	Least = 6 points

แนวทางการพัฒนาการจัดการไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพแวดล้อมภายใน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ จุดแข็ง

(strengths) จุดอ่อน (weaknesses) โอกาส (opportunities) และอุปสรรค (threats) หรือ SWOT analysis และนำมาวิเคราะห์ TOWS matrix ได้ กลยุทธ์ ที่เป็นแนวทางการ

จัดการไฟป่า ในตำบลแม่โป่ง อำเภอต๋อยสะเก็ด จังหวัด เชียงใหม่ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและ สภาพแวดล้อมภายใน (SWOT analysis)

1. จุดแข็ง

ประชาชนเข้ามาใช้ประโยชน์ในป่าชุมชน กฎระเบียบ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน จากแบบสัมภาษณ์ประชาชนส่วนใหญ่เข้า มาใช้ประโยชน์ละประชาชนยังมีความรู้เกี่ยวกับไฟป่าในระดับ ปานกลางไปถึงมาก

2 จุดอ่อน

ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมน้อยแต่ด้วยสถานการณ์ไฟ ป่ามีการเกิดขึ้นลดลง ขาดกระบวนการมีส่วนร่วม กระบวนการ ตัดสินใจ ในบางครั้งอาจทำให้งานขับเคลื่อนช้า โดยสาเหตุการ เกิดไฟป่าเกิดจากการลุกลามจากการเตรียมพื้นที่เกษตรของ ประชาชนรอบป่าชุมชน

3. โอกาส

มีกฎหมาย พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 และระเบียบต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นเพื่อสนับสนุนและเปิดโอกาส ให้ประชาชนได้เข้ามาใช้ประโยชน์และการเข้ามามีส่วนร่วม

4. อุปสรรค

เงินทุนสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ เพียงพอต่อพื้นที่และประชาชนในพื้นที่ขาดการได้รับข้อมูลจาก

การประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร เกี่ยวกับไฟป่าทำให้ได้รับ ข้อมูลไม่ทั่วถึง

กำหนดกลยุทธ์ในการเพิ่มศักยภาพในการจัดการไฟป่า โดยใช้ TOWS matrix ประกอบด้วย กลยุทธ์เชิงรุก กลยุทธ์ เชิงแก้ไข กลยุทธ์เชิงป้องกัน และกลยุทธ์เชิงรับ ดังแสดงใน ตารางที่ 4

จากการวิเคราะห์ SWOT analysis และการกำหนดกล ยุทธ์โดยใช้ TOWS matrix นำมาสู่การกำหนดแนวทางการ พัฒนาการจัดการไฟป่าในตำบลแม่โป่ง อำเภอต๋อยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ดังนี้

1. การอบรมพัฒนาให้ประชาชนมีความรู้ทางด้าน ทฤษฎีการควบคุมไฟป่าควบคู่ไปกับการฝึกทักษะการปฏิบัติขั้น พื้นฐาน เพื่อให้ประชาชนมีความพร้อมในการจัดการไฟป่า
2. พัฒนาแผนการจัดการ มาตรการเกี่ยวกับไฟป่า ร่วมกับภาครัฐเพื่อให้สอดคล้องกับพื้นที่และสภาพความเป็นอยู่ ของประชาชน ควรให้ประชาชนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ
3. พัฒนาการประชาสัมพันธ์ทุกรูปแบบ ให้ประชาชน เข้าถึงข้อมูลในทุกช่องทาง และควรประชาสัมพันธ์อย่าง ต่อเนื่องทุกฤดูกาล เพื่อให้ประชาชนรับทราบและเกิดจิตสำนึก
4. พัฒนาการติดตามและประเมินผลการทำงาน ระหว่างป่าชุมชนกับชุมชนในกิจกรรมดำเนินการต่าง ๆ

Table 4 Determining strategies for increasing potential for forest fire management using TOWS matrix.

Internal External	Strengths People can take advantage of the community forest. The rules are simple and easy to understand. According to interviews, people have a moderate to high level of knowledge about forest fires.	Weaknesses Few people participated but due to the situation of forest fires there has been a decrease. Lack of participatory process decision making at times, which may cause the work to move slowly. Major cause of forest fires is spread from the preparation of agricultural land by people around community forest border.
Opportunities There is legislation (the Community Forest Act of 2019) and various regulations established to support and provide opportunities for people to come and use and participate.	SO: Strength & Opportunity (Maxi-Maxi) Promote people's participation in generating income.	WO: Weakness & Opportunity (Mini – Maxi) Coordinate with relevant agencies to request budgets for various activities.
Threats Funding to support various activities is insufficient for the area and people in the area lack access to information from public relations. Regarding forest fires, information is not comprehensive.	WT: Weakness & Threat (Mini – Mini) 1. Increase all forms of public relations so that the public has access to various activities. 2. Organize training projects to develop knowledge about forest fires to make people more knowledgeable.	ST: Strength & Threat (Maxi – Mini) 1. Create incentives for people to participate. 2. Prepare a management plan for the public to participate in the process.

สรุป

การศึกษาแนวทางการจัดการไฟป่าในป่าชุมชนตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเกิดไฟป่าและการจัดการไฟป่า ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนและความรู้เกี่ยวกับไฟป่าเพื่อเสนอแนวทางการจัดการไฟป่า พบว่าประชาชนที่ทำการศึกษามีอายุเฉลี่ยเป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 75.30 มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง

51–60 ปี คิดเป็นร้อยละ 34.70 ระดับการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 80.60 ประกอบอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 54.40 รายได้จากการประกอบอาชีพ อยู่ในช่วง 5,001–8,000 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 44.10 จำนวนสมาชิกในครัวเรือน น้อยกว่า 3 คน คิดเป็นร้อยละ 59.70

สาเหตุการเกิดไฟป่าเกิดจากการลุกลามจากการเตรียมพื้นที่ทางการเกษตรของเกษตรกรที่อยู่รอบป่าชุมชน คิดเป็น

ร้อยละ 88.80 และระดับความรู้เกี่ยวกับไฟป่าของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 55.90 และระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.40 และการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน ประชาชนมีการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชน คิดเป็นร้อยละ 77.80 โดยการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งอาหาร เก็บหาของป่า เป็นต้น

ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนกลุ่มตัวอย่างในภาพรวมมีส่วนร่วมอยู่ในระดับน้อย ควรมีการปรับปรุง แก้ไข ส่งเสริมกิจกรรมในส่วนที่มีส่วนร่วมน้อยและเป็นที่ต้องการของประชาชนในพื้นที่เพื่อให้มีแนวทางการพัฒนาการจัดการไฟป่าจากการศึกษาได้นำไปสู่การเสนอแนวทางการพัฒนาการจัดการไฟป่าในตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากกิจกรรมการมีส่วนร่วมมีค่อนข้างน้อย ควรปรับแผนกิจกรรมให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วม และต้องติดตามผลเพื่อนำไปปรับปรุงแผนการดำเนินงานของป่าชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาพบว่า ระดับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการไฟป่าในพื้นที่ตำบลแม่โป่ง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาสนับสนุน โดยการทำงานเชิงรุก เข้ามาส่งเสริมให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟป่าให้ประชาชน เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นอย่างจริงจังและเป็นระบบ รวมถึงประสานความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ ให้เข้ามาร่วมดำเนินการร่วมกัน เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการไฟป่าโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนให้มากขึ้นกว่าปัจจุบัน และข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเก็บข้อมูลสม่ำเสมอในทุกปีเพื่อทำสถิติและในช่วงเวลาฤดูกาลการเกิดไฟป่าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับสถานการณ์มากยิ่งขึ้น

REFERENCES

- Akaakara, S., 2000. **Forest Fire Control Division.** Community of Agricultural Cooperatives of Thailand, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Brown, A.A., Davis, K.P. 1973. **Forest Fire: Control and Use.** McGraw-Hill, New York, USA.
- Chaiyasit, N., Kaitpraneet, S., Tanakanjana Phongkhip, N. 2013. People participation in forest fire control at Mae Tuen plantation, Thong Far subdistrict, Ban Tak district, Tak province. **Thai Journal of Forestry**, 32(2): 70-79. (in Thai)
- Community Forest Act B.E. 2019. 2019. **The Government Gazette, Volume No. 136, Chapter 71.** Bangkok, Thailand, pp.71-103.
- Forest Fire Control Section. 2022 **Active Fire Hotspot.** <https://wildfire.forest.go.th/firemap/index.html>, 10 September 2022.
- Hutanuwatr, N., Hutanuwatr N. 2002. **SWOT: Strategic Planning for Community Enterprises.** 5th ed. Local Development Institute, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Narat, P., Kaitpraneet, S., Wiriya, K. 2014. People participation in forest fire control at Ban Non Chat Community Forest Area, Dong Kheng sub-district, Nong Song Hong district, Khon Kaen province. **Thai Journal of Forestry**, 33(1): 66-75. (in Thai)
- Niyom, W., Rattana, R., Permpoon, K. 2007. **Participatory Lessons in Watershed Area Management: Forest Love Water Rak Land Project, Field Department.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Prapapen. S. 1983. **Control: Change and School as Normal.** Odeon Chevrolet Publishing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Samchusri, S., Niyom, W., Rattana, K. 2013. People participation in forest fire protection for a forest development and swamp ecosystem under the Royal Pakpanang Watershed Project, Suanluang subdistrict, Chaloem Phra Kiat district, Nakhon Si Thammarat province. **Thai Journal of Forestry**, 31(3): 75-84. (in Thai)

Sirorot, P. 2003. **Public Participation Handbook**. APA Review Volume 5, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Taweerat, P. 1997. **Research Methods in Medicine and Social Sciences**. 7th ed. Bureau of Testing and Friends, Srinakharinwirot University Prasarnmit Campus, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Wanthongchai, K. 2023. **Forest Fires ecology and Management**. Department of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand, pp. 10-93. (in Thai)

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis**, 3rd ed. Harper and Row, New York, USA.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียม
ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน

Forest Fire Risk Area Assessment Using Satellite Images
in Doi Phu Kha National Park, Nan Province

ธำรงรัตน์ ธนภักดพลชัย¹Thamrongrat Thanaphakphonchai¹ต่อลาภ คำโย^{2*}Torlarp Kamy^{2*}อิสริย์ ฮาวปินใจ³Itsaree Howpinjai³ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด⁴Thanyarat Chuesaard⁴¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ 54140¹ Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province, 54140² สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ 54140² Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province, 54140³ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ 54140³ Department of Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province, 54140⁴ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ 54140⁴ Department of Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang District, Phrae Province, 54140

*Corresponding author: E-mail: torlarp66@gmail.com

รับต้นฉบับ 7 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 12 กันยายน 2566

รับลงพิมพ์ 4 ตุลาคม 2566

ABSTRACT

Forest fire risk areas were evaluated in Doi Phu Kha National Park, Nan Province using thermal infrared sensor (TIRS) data from the LANDSAT 8 satellite to estimate the land surface temperature (LST) along with forest profile data. Hotspot data were obtained from the VIIRS system to identify forest fires to determine the accuracy of the forest fire risk zone data during March 2017– March 2021. The results showed that hotspots with 23.45–31.01 °C surface temperatures represented 77.23% of the study area. The type of forest with the most hotspots was mixed deciduous forests (47.52%), with Mae Charim district having the greatest area with the risk of forest fire (16,889 ha). The type of forest with the highest risk of forest fire was mixed deciduous forests covering 34,333 ha (56.17%), followed by non-forest areas covering 26,249 ha (42.95%). This research identified the forest fire risk areas in Doi Phu Kha National Park, Nan Province which should assist with developing appropriate planning and management for forest fire prevention and control.

Keywords: Doi Phu Kha National Park; Hotspot; LANDSAT 8; Land surface temperature

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน จากข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูล The Thermal Infrared Sensor (TIRS) เพื่อประมวลผลค่าอุณหภูมิพื้นผิว (land surface temperature; LST) ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อใช้เป็นปัจจัยสำหรับการประเมินความเสี่ยงการเกิดไฟป่า และใช้ข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบ VIIRS เป็นตัวแทนของไฟป่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาและใช้ทดสอบความถูกต้องของข้อมูลพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า ช่วงเดือนมีนาคม ระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2564 พบว่า โดยพบการกระจายของจุดความร้อนมากที่สุดในบริเวณที่มีอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ในช่วง 23.45 องศาเซลเซียส - 31.01 องศาเซลเซียส ร้อยละ 77.23 ชนิดป่าที่พบจุดความร้อนมากที่สุด คือ ป่าเบญจพรรณ ร้อยละ 47.52 อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่าสูงมากที่สุด ได้แก่ อำเภอแม่อิง โดยมีพื้นที่ 16,889 เฮกตาร์ ลักษณะป่าที่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่าสูงที่สุด ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ 34,333 เฮกตาร์ (ร้อยละ 56.17) รองลงมาคือ พื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า จำนวน 26,249 เฮกตาร์ (ร้อยละ 42.95) ทำให้ได้ฐานข้อมูลที่สามารถกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่านซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผน เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่าได้ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จุดความร้อน ดาวเทียม Landsat 8 อุณหภูมิพื้นผิว

บทนำ

การเกิดไฟป่าเป็นภัยจากธรรมชาติที่พบได้ทุกปีในช่วงฤดูแล้งของประเทศในเขตร้อนและก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรป่าไม้เป็นวงกว้าง บางครั้งอาจส่งผลกระทบต่อเขตที่อยู่อาศัยของประชาชนในบริเวณใกล้เคียง การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการวางแผนงานในการเฝ้าระวังและเข้าระงับเหตุในกรณีที่เกิดไฟป่าขึ้น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการติดตามสถานการณ์ไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เซอร์ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (thermal infrared sensor; TIRS) สามารถตรวจจับความร้อนที่เปล่งหรือแผ่ออกจากวัตถุบนพื้นผิวโลก เช่นเดียวกับดาวเทียม Suomi NPP ที่มีระบบ VIIRS ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นดาวเทียมด้วยความสามารถดังกล่าว ดาวเทียมจึงถูกนำมาใช้ตรวจจับความร้อนที่ผิดปกติในพื้นที่ป่าทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งของไฟป่าที่เกิดขึ้นได้

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,065,000 ไร่ (170,400 เฮกตาร์) หรือ 1,704 ตารางกิโลเมตร

ใน 8 อำเภอ ของพื้นที่จังหวัดน่าน ได้แก่ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอบ่อเกลือ อำเภอปัว อำเภอท่าวังผา อำเภอสันติสุข และอำเภอแม่อิง โดยมีพื้นที่ป่าสมบูรณ์ คิดเป็น 84 % พื้นที่ทำกินของราษฎร ตามมาตรา 64 พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 คิดเป็นร้อยละ 16 แสดงได้ดัง Figure 1 ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากไฟป่าต่อเนื่องทุกปี (Doi Phu Kha National Park, 2022) จึงควรมีการศึกษาและกำหนดพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่าในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา เพื่อใช้บริหารจัดการไฟป่าอย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกข้อมูล The Thermal Infrared Sensor (TIRS) มาประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิว (land surface temperature; LST) และร่วมกับข้อมูลลักษณะป่า เพื่อใช้เป็นปัจจัยสำหรับการประเมินความเสี่ยงการเกิดไฟป่า และใช้ข้อมูลจุดความร้อนที่ได้จากระบบ VIIRS ในระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2560 – 2564) เป็นตัวแทนของไฟป่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาและใช้ทดสอบความถูกต้องของข้อมูลพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่า

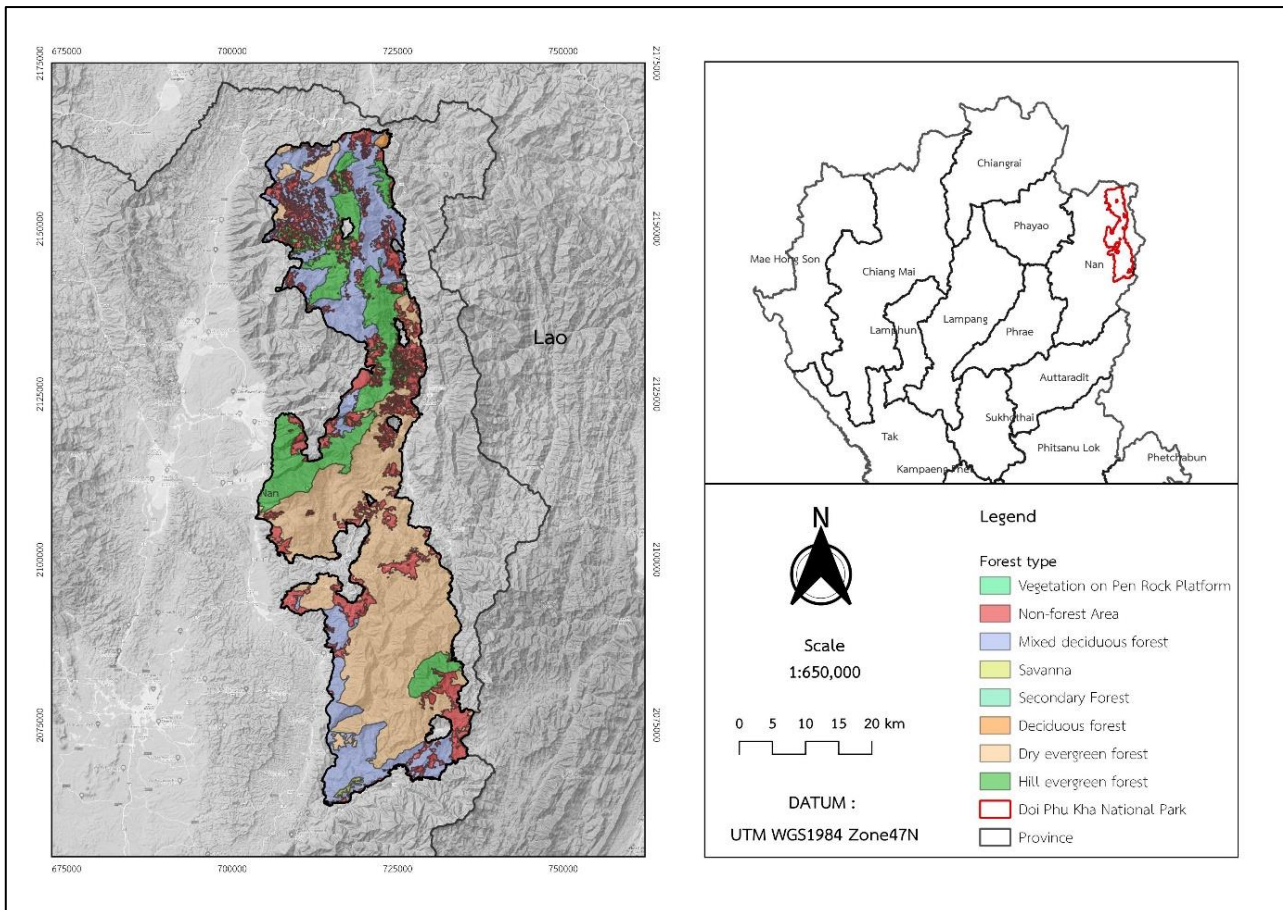


Figure 1 Doi Phu Kha National Park, Nan province.

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 บันทึกข้อมูลในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงคลื่น Coastal aerosol (0.43-0.45 ไมโครเมตร) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45-0.51 ไมโครเมตร) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.53-0.59 ไมโครเมตร) ช่วงคลื่นสีแดง (0.64-0.67 ไมโครเมตร) อินฟราเรดใกล้ (0.85-0.88 ไมโครเมตร) จำนวน 1 ช่วงคลื่น และอินฟราเรดคลื่นสั้น (1.57-1.65 ไมโครเมตร และ 2.11-2.29 ไมโครเมตร) จำนวน 2 ช่วงคลื่น ความละเอียดของจุดภาพ (pixel) 30 เมตร ในช่วงคลื่น

อินฟราเรดความร้อน (thermal IR) จำนวน 2 ช่วงคลื่น ความละเอียด 100 เมตร และภาพขาวดำ (Panchromatic) ความละเอียด 15 เมตร (Peebkhunthod , 2017)

ทั้งนี้ดาวเทียม Landsat 8 ยังมีระบบการเก็บข้อมูลขนาด 16 บิต โคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน สำหรับการศึกษานี้จะใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนความยาวคลื่น 10.60-11.19 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นสายตามองเห็นสีแดง (red) ที่ความยาวคลื่น 0.64-0.67 ไมโครเมตร และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near Infrared NIR) ที่ความยาวคลื่น 0.85-0.88 ไมโครเมตร แสดงดัง Table 1

Table 1 OLI and TIRS wavelength and resolution data for Landsat 8 imagery

Band	Landsat 8	
	Wavelength (μm)	Resolution (m)
1. Band 1 Coastal Aerosol	0.43–0.45	30
2. Band 2 Blue	0.45–0.51	30
3. Band 3 Green	0.53–0.59	30
4. Band 4 Red	0.64–0.67	30
5. Band 5 Near Infrared NIR	0.85–0.88	30
6. Band 6 SWIR 1	1.57–1.65	30
7. Band 7 SWIR 2	2.11–2.35	30
8. Band 8 Panchromatic	0.50–0.68	15
9. Band 9 Cirrus	1.36–1.38	30
10. Band 10 Thermal Infrared - TIRS 1	10.60–11.19	100
11. Band 11 Thermal Infrared - TIRS 2	11.50–12.51	100

การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิว

1) เตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (subset and mosaic image) ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

2) การประมาณค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น TOA spectral radiance (top of Atmosphere Reflectance: TOA) โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS แบนด์ 10-11 มาแปลงค่าจากตัวเลขดิจิทัล (digital number) เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ด้วยสมการการคำนวณที่ (1) (Rosas *et al.*, 2017) และค่าคงที่ของพารามิเตอร์ดัง Table 2

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

โดยที่ L_{λ} = ค่า spectral radiance ($m^2 \times sr \times \mu m$)

M_L = ค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อคูณเข้าสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์ ได้จาก Metadata มีค่าเท่ากับ 0.0003342

Q_{cal} = ค่าการวัดและการนับจำนวนขนาดภาพ (digital number) คือ Thermal Infrared - TIRS 1

A_L = ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อบวกเพิ่มสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้นได้จาก Metadata มีค่าเท่ากับ 0.1

3) การประมาณค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (brightness temperature) จากค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ด้วยสมการที่ (2) (Suresh *et al.*, 2016) และค่าคงที่ของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ดัง Table 2 ดังนี้

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

โดย BT = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น โดยปกติแล้วจะมีหน่วยเป็นเคลวิน แต่เนื่องจากในสมการมีการแปลงหน่วยแล้ว จึงทำให้มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น มีหน่วยเป็น ($Watts / (m^2 \times sr \times \mu m)$)

K_1 = ค่าคงที่ในการแปลงของแบนด์ความร้อนจากข้อมูลที่ให้มา มีค่าเท่ากับ 774.89

K_2 = ค่าคงที่ในการแปลงของแบนด์ความร้อนจากข้อมูลที่ให้มา มีค่าเท่ากับ 1,321.08

Table 2 Metadata constants for Landsat 8 satellite data from bands 10–11 (thermal infrared bands).

Band	Radiance		K_1	K_2
	Mult_band	Add_band		
10	0.0003342	0.1	774.89	1,321.08
11	0.0003342	0.1	480.89	1,201.14

* Mult_band = Band specific multiplicative rescaling factor from the metadata

Add_band = Band specific additive rescaling factor from the metadata

K_1 = Degrees Kelville of the first period

K_2 = Degrees Kelville of the second period

4) การประมาณค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index: NDVI) ด้วยสมการการคำนวณที่ (3) (Rouse *et al.*, 1974) ดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR(Band\ 5) - R(Band\ 4)}{NIR(Band\ 5) + R(Band\ 4)} \quad (3)$$

โดย NDVI = ดัชนีพืชพรรณ

NIR = การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Band 5)

R = การสะท้อนในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง (Band 4)

5) การคำนวณค่าสัดส่วนของพืชพรรณ (P_v) ค่าสัดส่วนของการเปล่งรังสีพืชพรรณที่ปกคลุมดิน หาได้จากสมการที่ (4) (Rong-bo *et al.*, 2007) ซึ่งดัชนีพืชพรรณที่ใช้วัดความหนาแน่นของพืชพรรณ โดยใช้คลื่นการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และค่าสะท้อนแสงช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งค่าความแตกต่างของพืชพรรณอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้ามีความหนาแน่นพืชพรรณมาก ค่าจะมากกว่า 0 แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 0 จะมีความหนาแน่นของพืชพรรณน้อย

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (4)$$

โดย $NDVI_{min}$ = ค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณ

$NDVI_{max}$ = ค่าสูงสุดของดัชนีพืชพรรณ

6) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) หาได้จากสมการที่ (5) (Pal and Ziaul, 2017)

$$\epsilon = 0.004 \times P_v + 0.986 \quad (5)$$

โดย ϵ = ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity)

P_v = ค่าสัดส่วนของพืชพรรณ

7) การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวหาได้จากสมการที่ (6) (Suresh *et al.*, 2016)

$$LST = \frac{BT}{1 + w \left(\frac{BT}{\rho} \right) \times \ln(\epsilon)} \quad (6)$$

โดย LST = อุณหภูมิพื้นผิว ($^{\circ}C$)

BT = อุณหภูมิสัมบูรณ์ ($^{\circ}C$)

w = Wavelength of emitted radiance (11.5 μm)

$$\rho = h \times C / S \quad (1.438 \times 10^{-2} \text{ mk})$$

เมื่อ h = Planck's Constant (6.626×10^{-34} JS)

S = Boltzmann Constant (1.38×10^{-23} J/K)

C = Velocity of Light (2.998×10^8 m/s)

จากนั้นแบ่งระดับชั้นของอุณหภูมิพื้นผิว โดยใช้ค่าพิสัย (range) ออกเป็น 5 ช่วง คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{อันตรภาคชั้น} = \frac{\text{อุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด} - \text{อุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุด}}{\text{จำนวนช่วง}}$$

จุดความร้อน (hotspot) ที่ตรวจพบ

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลจุดความร้อน ในระบบ VIIRS ที่ตรวจจับได้จากดาวเทียม Suomi NPP (ความละเอียดเชิงพื้นที่ 375 เมตร) ในช่วงที่ดาวเทียม Landsat 8 บันทึกภาพในเดือนมีนาคม ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 (ระยะเวลา 5 ปี) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน จากแหล่งข้อมูล

FIRMS Fire Information for Resource Management System (NASA, 2022) เพื่อใช้ระบุจุดที่เกิดไฟป่าในแต่ละช่วงอุณหภูมิพื้นผิวและในป่าแต่ละชนิด (Royal Forest Department, 2019)

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า

การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าจากการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่ (overlay) ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและชนิดของป่า โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลแรสเตอร์ ใช้จุดภาพขนาด 100 x 100 เมตร ซึ่งในการซ้อนทับชั้นข้อมูลประเภทแรสเตอร์นั้นค่าในจุดภาพ หรือตารางกริดของแต่ละชั้นข้อมูลจะถูกรวมเข้าด้วยกัน (combine) โดยอาศัยตัวดำเนินการแบบเลขคณิต (arithmetic) หรือตรรกะแบบบูล (boolean) ในการสร้างค่าใหม่ให้แก่ชั้นข้อมูลแผนที่ผสม (composite map) เนื่องจากค่าข้อมูลที่ถูกแสดงในจุดภาพเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันพีชคณิตที่มีความซับซ้อนได้

เรียกลักษณะการใช้ฟังก์ชันพีชคณิตในการซ้อนทับนี้ว่า พีชคณิตสำหรับแผนที่ (Map algebra) (GISTDA, 2009)

ผลและวิจารณ์

อุณหภูมิพื้นผิวและการกระจายของจุดความร้อน

ผลประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 เพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิว (LST) บริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน พบว่าในปี พ.ศ. 2560 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 40.39 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 8.29 องศาเซลเซียส ปี พ.ศ. 2561 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 36.04 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 12.74 องศาเซลเซียส ปี พ.ศ. 2562 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 46.16 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 13.79 องศาเซลเซียส ปี พ.ศ. 2563 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 45.97 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 9.07 องศาเซลเซียส และปี พ.ศ. 2564 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด 35.16 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 12.82 องศาเซลเซียส (Figure 2)

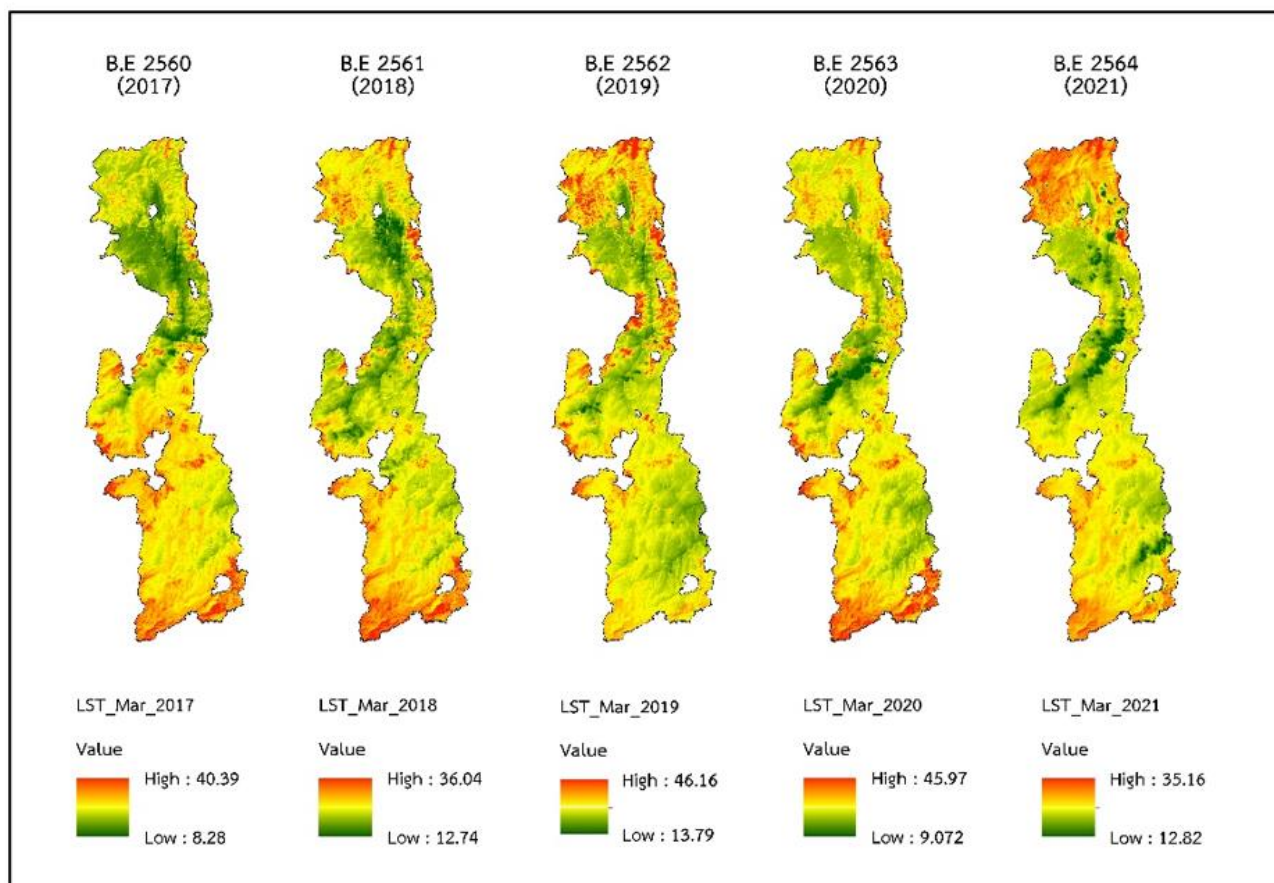


Figure 2 Land surface temperature (°C) by year

การกระจายของจุดความร้อนที่ตรวจพบโดยดาวเทียม Suomi NPP ระบบ VIIRS มีจำนวนทั้งสิ้น 101 จุด แบ่งเป็นในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 17 จุด ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 3 จุด ปี พ.ศ. 2562 จำนวน 38 จุด ปี พ.ศ. 2563 จำนวน 41 จุด และปี พ.ศ. 2564 จำนวน 2 จุด กำหนดช่วงชั้นของอุณหภูมิพื้นผิว (reclassify) จากค่าพิสัย (range) ออกเป็น 5 เกณฑ์

อุณหภูมิช่วง ดังนี้ ช่วงที่ 1 มีอุณหภูมิพื้นผิว 8.28-15.86 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 2 มีอุณหภูมิพื้นผิว 15.87-23.44 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 3 มีอุณหภูมิพื้นผิว 23.45-31.01 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 4 มีอุณหภูมิพื้นผิว 31.02-35.16 องศาเซลเซียส และช่วงที่ 5 มีอุณหภูมิพื้นผิว 38.60-45.97 องศาเซลเซียส (Figure 3)

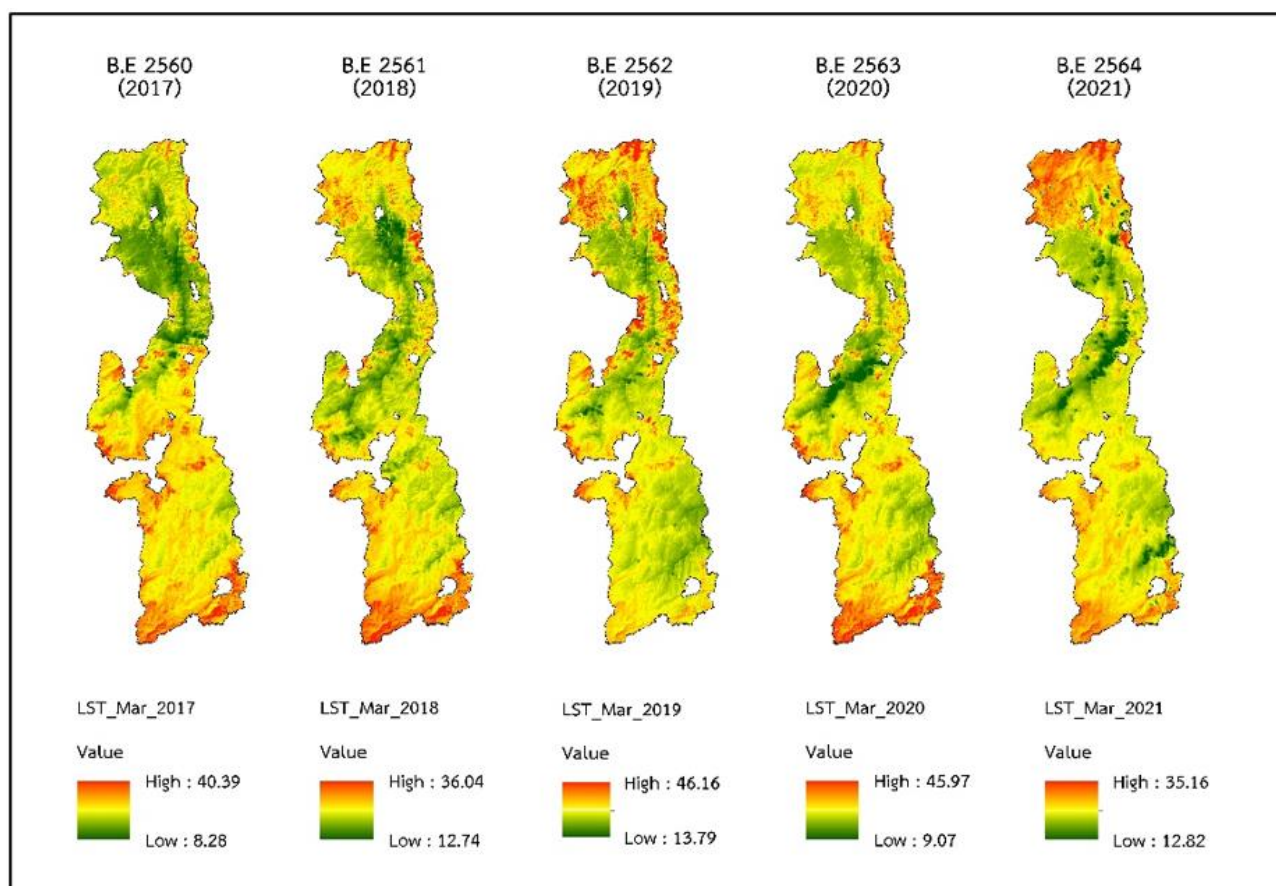


Figure 3 Distribution of hotspot by surface temperature class(°C) interval by year

อุณหภูมิพื้นผิวและจุดความร้อนในแต่ละลักษณะป่า

ปี พ.ศ. 2560 ตรวจพบเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 852,263 ไร่ (136,362 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 80.03 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ เกณฑ์อุณหภูมิที่ 2 (15.87-23.44 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 169,289 ไร่ (27,086 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 15.9 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 4 (31.02-38.59 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 41,987 ไร่ (6,717 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 3.94 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 1 (8.28-15.86 องศาเซลเซียส)

ครอบคลุมพื้นที่ 1,433 ไร่ (229 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.135 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเกณฑ์อุณหภูมิที่ 5 (38.60-40.39 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 28 ไร่ (5 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.003 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ซึ่งปีดังกล่าวตรวจพบจุดความร้อนทั้งหมด 17 จุด โดยเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณพื้นที่ที่มีอุณหภูมิพื้นผิวในเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 บริเวณพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า จำนวน 4 จุด (ร้อยละ 23.52) รองลงมาคือ พื้นที่ไม่ใช่ป่า จำนวน 2 จุด (ร้อยละ 11.76) ตามลำดับ และพบจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณพื้นที่ไม่ใช่ป่า ในช่วงที่ 4 ถึง 8 จุด (ร้อยละ 47.05) (Table 3)

Table 3 Area/hotspot by class interval for land surface temperature (2017) by year

Forest type	Area (ha) / Hot spot (2017)					Total (ha)
	1 8.28–15.86	2 15.87–23.44	3 23.45–31.01	4 31.02–38.59	5 38.60–40.39	
Hill Evergreen Forest	95	(1 Hot) 14,573	14,811	23	-	29,502
Dry Evergreen Forest	108	2,369	(1 Hot) 69,538	181	-	72,198
Mixed Deciduous Forest	-	7,985	(4 Hot) 30,793	(1 Hot) 1,185	-	39,963
Deciduous Forest	-	-	382	-	-	382
Savanna	-	-	26	261	-	287
Vegetation on Pen Rock Platform	-	5	13	-	-	18
Secondary Forest	-	30	8	-	-	37
Non-forest Area	26	2,124	(2 Hot) 20,791	(8 Hot) 5,067	5	28,013
Total (ha)	229	27,086	136,362	6,717	5	170,400

ปี 2561 ตรวจพบเกณฑ์อุณหภูมิที่ 2 (15.87-23.44 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 753,554 ไร่ (120,569 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 70.76 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ เกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 309,421 ไร่ (49,507 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 29.05 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 4 (31.02-36.04 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 1,112 ไร่ (178

เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.14 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเกณฑ์อุณหภูมิที่ 1 (8.28-15.86 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 913 ไร่ (146 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.08 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ซึ่งปีดังกล่าวตรวจพบจุดความร้อนทั้งหมด 3 จุด โดยเกิดขึ้นมาสูงสุดบริเวณพื้นที่ที่มีอุณหภูมิพื้นผิวในเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขา ร้อยละ 50 (Table 4)

Table 4 Area/hotspot by class interval for land surface temperature (2018) by year

Forest type	Area (ha) / Hot spot (2018)					Total (ha)
	1 8.28–15.86	2 15.87–23.44	3 23.45–31.01	4 31.02–38.59	5 38.60–40.39	
Hill Evergreen Forest	67	(1 Hot) 28,074	(1 Hot) 1,361	-	-	29,502
Dry Evergreen Forest	2	59,937	12,259	-	-	72,198
Mixed Deciduous Forest	49	21,384	(1 Hot) 18,523	7	-	39,963
Deciduous Forest	-	113	269	-	-	382
Savanna	-	-	237	50	-	287
Vegetation on Pen Rock Platform	-	37	-	-	-	37
Secondary Forest	-	16	2	-	-	18
Non-forest Area	28	11,008	16,857	121	-	28,013
Total (ha)	146	120,569	49,508	178	-	170,400

ปี 2562 ตรวจพบเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 770,438 ไร่ (123,270 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 73.34 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ เกณฑ์อุณหภูมิที่ 2 (15.87–23.44 องศาเซลเซียส)

ครอบคลุมพื้นที่ 258,809 ไร่ (41,410 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 23.3 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 4 (31.02-38.59 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 33,455 ไร่ (5,353 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 3.14 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

ดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 5 (38.60-46.16 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 1,956 ไร่ (313 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.18 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเกณฑ์อุณหภูมิที่ 1 (13.79-15.86 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 341 ไร่ (55 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.03 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

ซึ่งปีดังกล่าวตรวจพบจุดความร้อนทั้งหมด 38 จุด โดยเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณพื้นที่ที่มีอุณหภูมิพื้นผิวในเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ จำนวน 19 จุด (ร้อยละ 50) รองลงมาคือ ป่าดิบเขา จำนวน 8 จุด (ร้อยละ 21.05) ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Area/hotspot by class interval for land surface temperature (2019) by year

Forest type	Area (ha) / Hot spot (2019)					Total (ha)
	1	2	3	4	5	
	8.28–15.86	15.87–23.44	23.45–31.01	31.02–38.59	38.60–40.39	
Hill Evergreen Forest	13	16,941	(8 Hot) 12,391	155	1	29,502
Dry Evergreen Forest	37	(1 Hot) 17,646	(4 Hot) 54,453	61	-	72,198
Mixed Deciduous Forest	-	(1 Hot) 5,702	(19 Hot) 33,489	(1 Hot) 761	11	39,963
Deciduous Forest	-	-	(2 Hot) 368	14	-	382
Savanna	-	-	287	-	-	287
Vegetation on Pen Rock Platform	-	24	13	-	-	37
Secondary Forest	-	1	17	-	-	18
Non-forest Area	4	1,096	(2 Hot) 22,252	4,361	301	28,013
Total (ha)	54	41,410	123,270	5,352	313	170,400

ปี พ.ศ. 2563 ตรวจพบเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 890,152 ไร่ (142,424 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 83.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ เกณฑ์อุณหภูมิที่ 2 (15.87-23.44 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 113,970 ไร่ (18,235 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 10.7 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 4 (31.02-38.59 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 52,912 ไร่ (8,466 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 4.97 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณฑ์อุณหภูมิที่ 1 (9.07-15.86 องศาเซลเซียส)

ครอบคลุมพื้นที่ 7,517 ไร่ (1,203 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.7 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเกณฑ์อุณหภูมิที่ 5 (38.60-45.97 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 449 ไร่ (72 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.042 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ซึ่งปีดังกล่าวตรวจพบจุดความร้อนทั้งหมด 41 จุด โดยเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณพื้นที่ที่มีอุณหภูมิพื้นผิวในเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ จำนวน 18 จุด (ร้อยละ 43.9) รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง จำนวน 6 จุด (ร้อยละ 14.63) (Table 6)

Table 6 Area/hotspot by class interval for land surface temperature (2020) by year

Forest type	Area (ha) / Hot spot (2020)					Total (ha)
	1	2	3	4	5	
	8.28–15.86	15.87–23.44	23.45–31.01	31.02–38.59	38.60–40.39	
Hill Evergreen Forest	355	11,282	(4 Hot) 17,838	27	-	29,502
Dry Evergreen Forest	731	5,202	(6 Hot) 66,112	153	-	72,198
Mixed Deciduous Forest	-	1,392	(18 Hot) 35,671	(3 Hot) 2,895	5	39,963
Deciduous Forest	-	-	382	-	-	382
Savanna	-	-	8	279	-	287
Vegetation on Pen Rock Platform	-	4	34	-	-	37
Secondary Forest	-	-	18	-	-	18
Non-forest Area	116	355	(4 Hot) 22,362	(5 Hot) 5,113	(1 Hot) 67	28,013
Total (ha)	1,202	18,235	142,425	8,467	72	170,400

ในปี 2564 ตรวจพบเกณท์อุณหภูมิที่ 2 (15.87-23.44 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 566,195 ไร่ (90,591 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 53.16) ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ เกณท์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 486,124 ไร่ (77,780 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 45.65) ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา เกณท์อุณหภูมิที่ 1 (12.82-15.86 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 10,817 ไร่

(1,731 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 1.02 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเกณท์อุณหภูมิที่ 4 (31.02-35.16 องศาเซลเซียส) ครอบคลุมพื้นที่ 1,864 ไร่ (298 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.17 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ซึ่งปีดังกล่าว ตรวจพบจุดความร้อนทั้งหมด 2 จุด โดยเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ที่มีอุณหภูมิพื้นผิวในเกณท์อุณหภูมิที่ 3 บริเวณพื้นที่ป่าเบญจพรรณ จำนวน 2 จุด (ร้อยละ 100) (Table 7)

Table 7 Area/hotspot by class interval for land surface temperature (2021) by year.

Forest type	Area (ha) / Hot spot (2021)					Total (ha)
	1 8.28–15.86	2 15.87–23.44	3 23.45–31.01	4 31.02–38.59	5 38.60–40.39	
Hill Evergreen Forest	494	24,609	4,398	1	-	29,502
Dry Evergreen Forest	677	46,903	(2 Hot) 24,618	-	-	72,198
Mixed Deciduous Forests	243	11,655	28,051	15	-	39,963
Deciduous Forest	-	-	382	-	-	382
Savanna	-	-	287	-	-	287
Vegetation on Pen Rock Platform	29	8	-	-	-	37
Secondary Forest	-	4	14	-	-	18
Non-forest Area	289	7413	20,030	282	-	28,013
Total (ha)	1,732	90,592	77,780	298	-	170,400

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 มีการกระจายของจุดความร้อนมากที่สุดในเกณท์อุณหภูมิที่ 3 (23.45-31.01 องศาเซลเซียส) ถึงร้อยละ 77.23 รองลงมาคือ เกณท์อุณหภูมิที่ 4 ร้อยละ 17.82 เกณท์อุณหภูมิที่ 2 ร้อยละ 3.96 และเกณท์อุณหภูมิที่ 5 ร้อยละ 0.99 ตามลำดับ โดยชนิดป่าที่พบจุดความร้อนมากที่สุด คือ ป่าเบญจพรรณ พบมากถึงร้อยละ 47.52 รองลงมาคือ พื้นที่ที่

ไม่ใช่ป่า ร้อยละ 21.78 ป่าดิบเขา ร้อยละ 14.85 ป่าดิบแล้ง ร้อยละ 13.86 และป่าเต็งรัง ร้อยละ 1.98 ตามลำดับ การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า ด้วยค่าอุณหภูมิพื้นผิวและชนิดของป่าที่พบจุดความร้อน โดยแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้อยู่ในรูปของชั้นข้อมูลเชิงกริด โดยใช้ Spatial analyst tools และการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่ (overlay) ซึ่งกำหนดให้อุณหภูมิพื้นผิวและชนิดของป่าที่พบจุดความร้อนมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Table 8)

Table 8 Weighting of land surface temperature and forest type

Land surface temperature		Forest	
Temperature range	Weight	Forest type	Weight
Range 3 (23.45–31.01°C)	5	Mixed Deciduous Forests	5
Range 4 (31.02–38.59°C)	4	Non-Forest Area	4
Range 2 (15.87–23.44°C)	3	Hill Evergreen Forest	3
Range 5 (38.60–40.39°C)	2	Dry Evergreen Forest	2
		Deciduous forest,	
		Secondary Forest,	
Range 1 (8.28–15.86°C)	1	Vegetation on Pen Rock Platform and Savanna	1

การซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่แยกเป็น 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564) และ Reclassify เพื่อจำแนกระดับชั้นข้อมูลเชิงกริดใหม่ แล้วทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่ทั้ง 5 ปีอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าโดยใช้วิธีการ Raster Calculate ทำการ Reclassify ผลการซ้อนทับชั้นข้อมูลแผนที่ทั้ง 5 ปี แบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงมากที่สุด พื้นที่เสี่ยงมาก พื้นที่เสี่ยงปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงต่ำ

ลักษณะป่าที่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่า ในเดือนมีนาคมมากที่สุด ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ จำนวน 214,583 ไร่ (34,333 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 56.21 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา รองลงมาคือ พื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า จำนวน 164,056 ไร่ (26,249 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 42.98 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ป่าดิบแล้ง จำนวน 1,632 ไร่ (261 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.42

ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ป่าดิบเขา จำนวน 1,344 ไร่ (215 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.35 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ป่าทุ่งหญ้า จำนวน 49 ไร่ (7.8 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.013 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และป่าอื่น ๆ จำนวน 24 ไร่ (3.9 เฮกตาร์) หรือร้อยละ 0.01 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

อำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่า ในช่วงเดือนมีนาคมมากที่สุด ได้แก่ อำเภอแม่จรม จำนวน 16,889 เฮกตาร์ รองลงมาคือ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จำนวน 13,474 เฮกตาร์ อำเภอทุ่งช้าง 11,240 เฮกตาร์ อำเภอปัว จำนวน 7,608 เฮกตาร์ อำเภอบ่อเกลือ จำนวน 7,280 เฮกตาร์ อำเภอสันติสุข จำนวน 4,431 เฮกตาร์ และอำเภอเชียงกลาง จำนวน 195 เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนอำเภอท่าวังผาไม่พบพื้นที่เสี่ยงสูงมาก

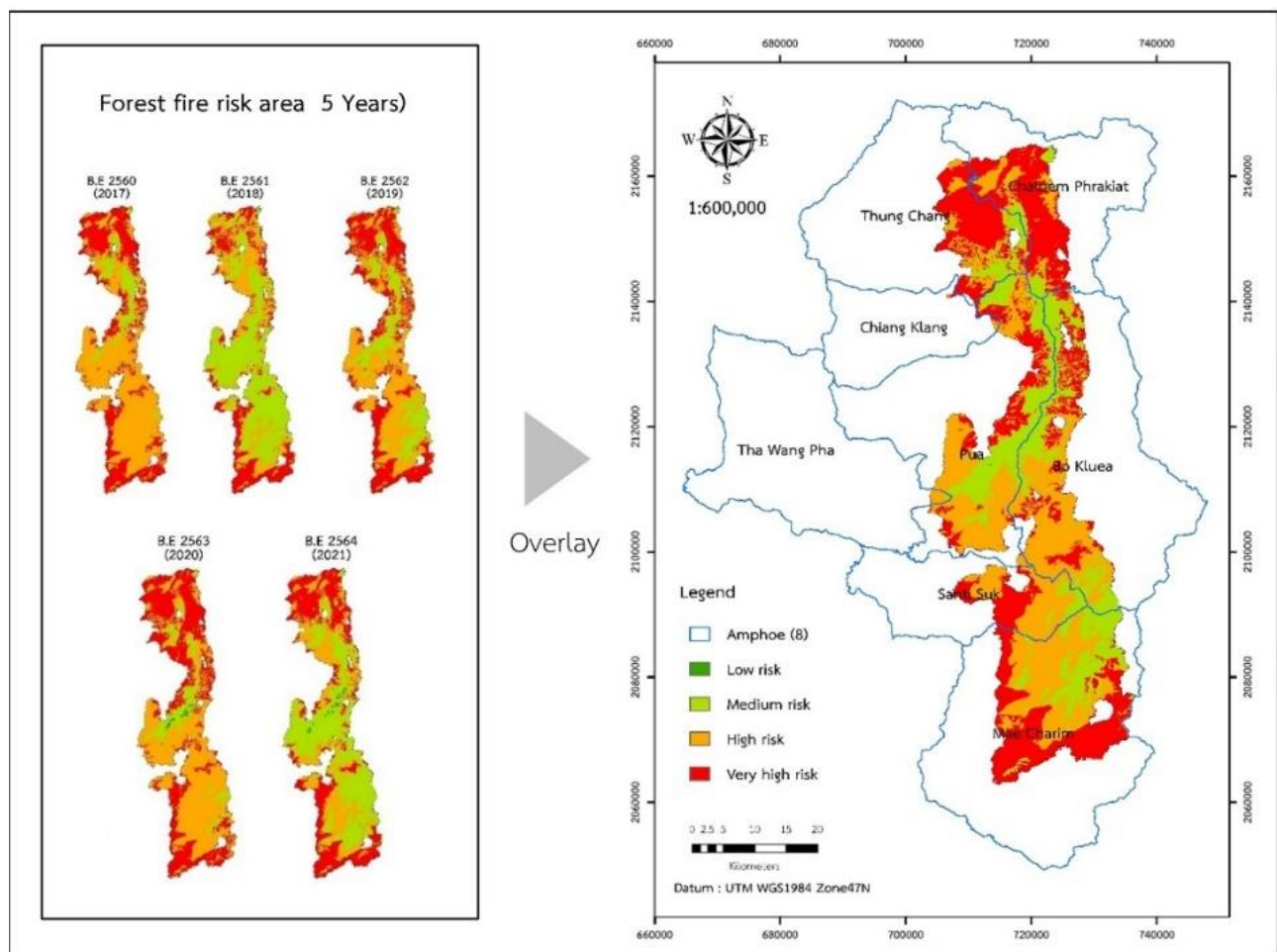


Figure 4 Forest fire risk area in Doi Phu Kha National Park by overlay 5 years

Table 9 Validation of accuracy of hotspots

Year	Hotspot (%)			
	Very high risk	High risk	Medium risk	Low risk
2017	88.24	5.88	5.88	0
2018	66.67	33.33	0	0
2019	60.53	34.21	5.26	0
2020	65.85	29.27	4.88	0
2021	0	100	0	0
Average	56.26	40.54	3.2	0

การตรวจสอบการประเมินพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยใช้ปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวและลักษณะของป่าซึ่งเป็นปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเกิดไฟป่า ด้วยจุดความร้อนที่ตรวจพบจากการสำรวจระยะไกลของดาวเทียม Suomi NPP ระบบ VIIRS มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องที่จะเกิดไฟป่าในพื้นที่เสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 56.26 และ ในพื้นที่เสี่ยงสูง ร้อยละ 40.54 และในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำไม่พบการปรากฏของจุดความร้อน

การศึกษาค้นพบว่า อุณหภูมิพื้นผิวบริเวณจุดความร้อนที่ตรวจพบ จำนวน 101 จุดนั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.02 องศาเซลเซียส ทั้งนี้บริเวณที่พบจุดความร้อนจากการสำรวจด้วยระบบ VIIRS ซึ่งมีความละเอียดจุดภาพที่ 375 เมตร (ครอบคลุมพื้นที่ 87.89 ไร่) อาจเป็นบริเวณที่ไฟป่าดับลงหรือลุกลามไปพื้นที่ใกล้เคียงแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย VIIRS 3.74 μm Shortwave IR Band (Dierking and Delamere, 2021) ซึ่งอธิบายถึงอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณที่ตรวจพบจุดความร้อนจากเซ็นเซอร์ VIIRS ในความช่วงคลื่นสั้นความถี่ 3.74 ไมโครเมตร บนดาวเทียม Suomi NPP ออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ 1) พื้นที่ที่กำลังลุกลามรุนแรง (หัวไฟ) มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 80-95 องศาเซลเซียส 2) พื้นที่ที่กำลังลุกไหม้ (ปีกไฟ) มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 50-65 องศาเซลเซียส 3) พื้นที่ที่ไฟลุกไหม้ไม่รุนแรง (หางไฟ) มีอุณหภูมิพื้นผิวระหว่าง 35-40 องศาเซลเซียส และ 4) พื้นที่หลังการเผาไหม้ มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส และพื้นที่ที่เย็นผิดปกติ (เกิดบริเวณใจกลางของไฟเนื่องจากความอึดตัวของเซ็นเซอร์) มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 47 องศาเซลเซียส ดังนั้น อุณหภูมิพื้นผิว 27.02 องศาเซลเซียส จึงอยู่ในช่วงอุณหภูมิของพื้นที่หลังการเผาไหม้

สรุป

ผลการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน จากการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ช่วงเดือนมีนาคม ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 พบการกระจายของจุดความร้อนมากที่สุดในเกณฑ์อุณหภูมิที่ 3 มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดที่ 31.01 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่ 23.45 องศาเซลเซียส ร้อยละ 77.23 ชนิดป่าที่พบจุดความร้อนมากที่สุด คือป่าเบญจพรรณ ร้อยละ 47.52 รองลงมาคือพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า (เกษตรกรรม) ร้อยละ 21.78 และอำเภอที่มีพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่า ในช่วงเดือนมีนาคม มากที่สุด ได้แก่ อำเภอแม่จริม จำนวน 16,889 เฮกตาร์ รองลงมาคือ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จำนวน 13,474 เฮกตาร์ และการตรวจสอบการประเมินพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟป่า ด้วยจุดความร้อนที่ตรวจพบมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องที่จะเกิดไฟป่าในพื้นที่เสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 56.26 และ ในพื้นที่เสี่ยงสูง ร้อยละ 40.54 และในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำไม่พบการปรากฏของจุดความร้อน

จากผลการศึกษาทำให้สามารถกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดไฟป่าในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผน เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่า โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังมีการผลัดใบและอยู่ในช่วงที่ราษฎรแผ้วถางเพื่อเตรียมพื้นที่เกษตรกรรม ควรมีการจัดการกับเชื้อเพลิง เช่น การชิงเผาภายใต้สภาวะที่เหมาะสม การทำแนวกันไฟ จัดให้มีการลาดตระเวนในบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงต่อการเกิดไฟสูง เพื่อช่วยกันระมัดระวังและป้องกันการเกิดไฟป่าที่จะเกิดต่อไป

คำนิยาม

งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากอุทยานแห่งชาติดอยภูคา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช อาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์อาคารสถานที่ ตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

REFERENCES

- Dierking, C., Delamere, J. 2021. **VIIRS 3.74 μ m shortwave IR band.** https://gina.alaska.edu/wpcontent/uploads/2021/07/VIIRS_3_74um_FireDetection_Quick_Guide.pdf, 30 November 2021.
- Doi Phu Kha National Park. 2022. **Doi Phu Kha National Park Management Plan.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Thailand. (in Thai)
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) (GISTDA). 2009. **Space Technology and Geo-Informatics.** Bangkok, Thailand. (in Thai)
- NASA. 2022. **FIRMS Fire Information for Resource Management System.** <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>, 15 September 2022.
- Pal, S., Ziaul, Sk. 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, 20: 125-145.
- Peebkhunthod, U. 2017. **Application of Landsat Data for Detecting Land Surface Temperature in Mueang Maha Sarakham District, Maha Sarakham Province.** M.E. Thesis, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand. (in Thai)
- Rong-bo, X., Zhi-yun, O., Hua, Z., Wei-feng, L., Erich W, S., Xiao-ke, W. 2007. Spatial pattern of impervious surfaces and their impacts on land surface temperature in Beijing, China. **Journal of Environmental Sciences**, 19 (2): 250-256.
- Rosas, J., Houborg, R., McCabe, M.F. 2017. Sensitivity of Landsat 8 surface temperature estimates to atmospheric profile data: a study using MODTRAN in dryland irrigated systems. **Remote Sensing**, 9 (10): 988.
- Rouse, J.R., Hass, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. 1974. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS.** Paper A 20. RS Center, Texas A & M University, College Station, Texas. Accessed Via: NASA Technical Report Server, USA.
- Royal Forest Department. 2019. **Forest Area Data in Thailand Year 2017-2018.** <https://www.forest.go.th/land/wp-content/uploads/sites/29/2019/03/final-report-2561.pdf>, 15 March 2022.
- Suresh, S., Ajay, S.V., Mani, K. 2016. Estimation of land surface temperature of high range mountain landscape of Devikulam taluk using Landsat 8 data. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, 5(1): 92-96.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของโมกพะวอ (*Wrightia tokiae* D.J. Middleton)

ในอุทยานแห่งชาติขุนพะวอ จังหวัดตาก

Reproductive Biology of *Wrightia tokiae* D.J. Middleton

in Khunpawor National Park, Tak Province

นลพรรณ ทองมีเอียด¹Nonlapan Thongmee-eiad¹วัฒน์ชัย ตาเสน^{1*}Wattanachai Tasen^{1*}วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัด¹Wiwat Hanvongjirawat¹สรารุธ สังข์แก้ว¹Sarawut Sungkaew¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 25 พฤศจิกายน 2566

รับแก้ไข 2 มกราคม 2567

รับลงพิมพ์ 17 มกราคม 2567

ABSTRACT

The reproductive biology of *Wrightia tokiae* D.J. Middleton was studied in Khunpawor National Park, Maesot district, Tak province, Thailand during October 2022–September 2023. Floral biology and development, pollination, percentage of fruit set and diversity of insects were investigated using an air-flight malaise trap during flower blooming. The flowers of *W. tokitae* were generally in bloom from late May to June. Flower buds developed to inflorescence maturity in approximately 9–10 days. The *W. tokitae* flower was perfect, with cyme type inflorescence, the corolla light orange and rotate. while the fallen corolla was reddish. The pollen grains were monad and spherical. One flower produced, $6,633.40 \pm 750.50$ pollen grains and contained 38.60 ± 2.99 ovules. The average pollen-to-ovule ratio was 170.04 ± 9.58 , classified as facultative autogamy. The open-pollinated flower fruit set rate was 10.24 (n=127), while there was no successful outcome in the self-pollination set. The fruit set rates indicated that pollinators were required for reproductive success. In total, 20 species of visiting insects were identified to *W. tokitae* flowers (all moths in the Lepidoptera order). These insects play an important role in the pollination of *W. tokitae* as its flowers bloom at night.

Keywords: Apocynaceae; *Wrightia tokiae*; Floral morphology; Reproductive biology

บทคัดย่อ

ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของโมกพะวอ (*Wrightia tokiae* D.J. Middleton) ได้ศึกษาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชีววิทยาและการพัฒนาการของดอก การผสมเกสร อัตราการติดผล และความหลากหลายชนิดของแมลงตอมดอก ซึ่งการสำรวจแมลงใช้วิธีการวางกับดักมุ้งในช่วงที่โมกพะวอกำลังออกดอก ผลการศึกษาพบว่า โมกพะวอเริ่มออกดอกตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคม และบานไปถึงปลายเดือนมิถุนายน การพัฒนาของดอกโมกพะวอเริ่มตั้งแต่เป็นตาดอก พัฒนาไปเป็นช่อดอกถึงระยะดอกพัฒนาเต็มที่ และบานใช้เวลาประมาณ 9-10 วัน ดอกสมบูรณ์เพศ ช่อดอกแบบกระจุก กลีบดอกรูปกงล้อ สีส้มอ่อน ดอกทรงสี่เหลี่ยมรี เรณูเดี่ยว รูปทรงกลม ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอกเท่ากับ $6,633.40 \pm 750.50$ เรณู ค่าเฉลี่ยจำนวนอวุลต่อดอก 38.60 ± 2.99 อวุล ค่าอัตราส่วนจำนวนเรณูต่ออวุล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 170.04 ± 9.58 จัดเป็นระบบผสมข้ามตำมีแนวโน้มผสมพันธุ์ในตัวเอง ส่วนการศึกษาอัตราการติดผล พบเฉพาะการผสมแบบเปิดหรือปล่อยให้มีการผสมเกสรตามธรรมชาติ มีอัตราการติดผลร้อยละ 10.24 และการผสมเกสรตัวเอง โดยการคลุมช่อดอกที่ไม่พบการติดผล แสดงให้เห็นว่าโมกพะวอเป็นพืชที่จำเป็นต้องมีพาหะนำเรณูช่วยในการผสมเกสร ส่วนชนิดของแมลงตอมดอกพบเป็นพวกผีเสื้อกลางคืนในอันดับ Lepidoptera จำนวน 20 ชนิด ซึ่งจัดเป็นกลุ่มแมลงตอมดอกที่สำคัญในการช่วยผสมเกสรที่มีพฤติกรรมสัมพันธ์กับการบานของดอกโมกพะวอที่ดอกบานในตอนกลางคืน

คำสำคัญ: วงศ์ตีนเป็ด โมกพะวอ สันฐานวิทยาของดอก ชีววิทยาการสืบพันธุ์

คำนำ

พืชถิ่นเดียว (endemic species) เป็นพืชที่พบกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในบริเวณระบบนิเวศที่ค่อนข้างจำกัด ไม่กว้างขวางนัก เช่น บนเกาะ ยอดเขา หน้าผาของเขาคันทรง หรือแอ่งพรุ เป็นต้น ซึ่งแหล่งที่อยู่อาศัยดังกล่าวมักมีสภาพแวดล้อมหรือมีสภาพอากาศเฉพาะ (microclimate) ส่งผลให้พืชถิ่นเดียวส่วนใหญ่จัดเป็นพืชหายาก (rare) หรือใกล้สูญพันธุ์ (endangered) หรือมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (vulnerable) (Santisuk, 2004) เนื่องจากระบบนิเวศเหล่านี้มีความเปราะบาง หากพื้นที่ถูกทำลาย หรือถูกรบกวนจากมนุษย์ อีกทั้งพืชถิ่นเดียวหลายชนิด ยังมีวิธีการการสืบพันธุ์ที่แตกต่างกันไปตามชนิดพืช รวมถึงชนิดและพฤติกรรมของแมลงช่วยผสมเกสร (pollinator insects)

โมกพะวอ (*Wrightia tokiae* D.J. Middleton) เป็นพืชถิ่นเดียว (endemic species) ของประเทศไทย จัดอยู่ในวงศ์ Apocynaceae เป็นพรรณไม้ชนิดใหม่ของโลก ที่มีรายงานการกระจายพันธุ์เฉพาะในภาคเหนือ บริเวณเชิงเขาหินปูนหลังศาลพะวอ ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ถูกค้นพบเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 (Middleton, 2010) เนื่องจากมีจำนวนประชากรน้อย และพบเฉพาะบริเวณถิ่นกำเนิดเดิมเท่านั้น ทำให้โมกพะวอยังไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง และเป็นที่กังวลว่าในอนาคตอาจมี

ความเสี่ยงสูญพันธุ์ในธรรมชาติ ดังนั้น จึงควรหาแนวทางในการอนุรักษ์รักษาความหลากหลาย และเพิ่มประชากรของโมกพะวอให้มากขึ้น แต่เนื่องจากเป็นชนิดพันธุ์ใหม่ของโลกที่เพิ่งมีรายงานการค้นพบ จึงยังไม่มีข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของโมกพะวอแต่อย่างใด ดังนั้น การศึกษาทางด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของโมกพะวอ จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องดำเนินการเร่งด่วนให้ได้ข้อมูลจากการศึกษาที่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนการอนุรักษ์ การขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนประชากร และการบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อรักษาแหล่งที่อยู่อาศัยและความหลากหลายของโมกพะวอ ที่เป็นพืชถิ่นเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาต้นโมกพะวอบริเวณเชิงเขาหินปูนหลังศาลพะวอ อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ (Figure 1) ระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 700 เมตร แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ชีววิทยาและการพัฒนาของดอก การผสมเกสรและการติดผล และความหลากหลายชนิดของแมลงตอมดอก ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566



Figure 1 Study site of *Wrightia tokiae* D. J. Middleton in Khunpawor National Park, Tak province, Thailand

ชีววิทยา และการพัฒนาของดอก

1. ศึกษาชีววิทยาและพัฒนาการของดอกโมกพะวอ ตั้งแต่ระยะตาดอกจนถึงระยะดอกร่วง จากดอกที่คัดเลือกไว้ในแต่ละต้น จำนวน 3 ต้น ต้นละ 3 ช่อดอก ผูกป้ายเพื่อทำเครื่องหมาย เก็บข้อมูลการพัฒนาของดอกที่มองเห็นด้วยตาเปล่าตั้งแต่ตาดอกจนดอกร่วง โดยการถ่ายภาพ และบันทึกรายละเอียด

2. ศึกษาสัณฐานวิทยาของดอก โดยการสุมดอกโมกพะวอที่กำลังบานเต็มที่ จำนวน 3 ต้น ต้นละ 3 ดอก วัดขนาดของส่วนต่างๆ ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ และบันทึกผล ได้แก่ ความกว้าง และความยาวของกลีบดอก ความกว้าง และความยาวของกระบัง ความยาวของเกสรเพศผู้ และความยาวของยอดเกสรเพศเมีย

3. ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและจำนวนเรณูต่อดอก โดยการสุมเก็บดอกโมกพะวอ จำนวน 5 ต้น ต้นละ 1 ดอก แช่ในน้ำยาคงสภาพเซลล์ FAA 10% (Formalin-acetic acid - alcohol) นำมาในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาลักษณะสัณฐาน

วิทยาและนับจำนวนเรณูภายใต้กล้อง Compound microscope ทำการเขียนเรณูจากอับเรณูลงแผ่นสไลด์ ตรวจนับจำนวนเรณูต่อหนึ่งอับเรณู ทำเช่นเดียวกันจนครบ 5 ดอก บันทึกผล และหาค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอก

การผสมเกสรและการติดผล

1. การประเมินระบบผสมข้ามจากการนับจำนวนเรณูต่อดอก และจำนวนออวูลต่อดอก แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยการประเมินระบบผสมพันธุ์ ด้วยการคำนวณจากวิธีการของ Cruden (1977) ดังนี้

$$\text{Pollen-ovule ratio} = \frac{\text{จำนวนเรณูต่อดอก (P)}}{\text{จำนวนออวูลต่อดอก (O)}}$$

2. การประเมินการติดผล

2.1 การผสมเกสรตามธรรมชาติ (open pollination) โดยการสุมช่อดอกจำนวน 20 ช่อ ใช้ด้ายสีผูกเป็นสัญลักษณ์ ปลอ่ยให้ดอกบานและรับการผสมเกสรตามธรรมชาติ ตรวจนับผลที่ติดในแต่ละดอก และบันทึกการติดผล

2.2 การผสมเกสรตัวเอง (self-pollination) โดยการสุมช่อดอกจำนวน 20 ช่อ ใช้ด้ายสีผูกเป็นสัญลักษณ์ จากนั้นคลุมช่อดอกด้วยถุงคลุมดอกเพื่อไม่ให้เรณูอื่นเข้าไปปนเปื้อน ตรวจนับผลที่ติดในแต่ละดอก และบันทึกการติดผล

ตรวจนับจำนวนผลที่ติดในแต่ละวิธี จากนั้นนำมาคำนวณอัตราการติดผล ดังนี้

$$\text{อัตราการติดผล} = \left(\frac{\text{จำนวนดอกที่ติดผล}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมด}} \right) \times 100$$

ความหลากหลายของแมลงตอมดอก

ศึกษาแมลงตอมดอก โดยการสุมต้นโมกพะวอที่กำลังออกดอก จำนวน 3 ต้น ใช้วิธีวางกับดักมึง (air-flight malaise trap) จับแมลงที่อยู่บริเวณดอกหรือช่อดอก โดยติดตั้งให้ใกล้บริเวณช่อดอกมากที่สุด ในช่วงระยะที่มีการออกดอก ทำการเก็บตัวอย่างแมลงทุก 72 ชั่วโมง จำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำมานับจำนวน จำแนกและระบุชนิดในห้องปฏิบัติการต่อไป

ผลและวิจารณ์

ชีววิทยา และการพัฒนาของดอก

1. การพัฒนาของดอก

ดอกของโมกพะวอเริ่มออกดอกตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคม และมีช่วงการบานของดอกไปถึงปลายเดือนมิถุนายน การพัฒนาของดอกโมกพะวอเริ่มตั้งแต่เป็นตาดอกจนกระทั่งพัฒนาไปเป็นช่อดอกถึงระยะดอกพัฒนาเต็มที่ (ดอกบาน) ใช้เวลาประมาณ 9-10 วัน ดอกย่อยเกิดรวมกันเป็นช่อดอกแบบช่อกระจุก (cyme) มีดอกย่อยจำนวนเฉลี่ย 6-7 ดอกต่อช่อ สามารถแบ่งการพัฒนาของดอกออกเป็นระยะต่าง ๆ ได้ 6 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มตั้งแต่เกิดตาช่อดอก และมีการพัฒนาเป็นดอกย่อย โดยตาดอกย่อยเปลี่ยนแปลงเป็นดอกตูม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.3 มิลลิเมตร

ระยะที่ 2 ดอกย่อยเพิ่มขนาดและความยาวมากขึ้น มีความยาวประมาณ 0.8 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจากระยะที่ 1 พัฒนามาเป็นระยะที่ 2 ประมาณ 2 วัน

ระยะที่ 3 ดอกย่อยเพิ่มขนาดและความยาวมากขึ้น มีลักษณะใกล้เคียงกับระยะที่ 2 แต่ความยาวของดอกเพิ่มขึ้นเป็น 12 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจากระยะที่ 2 พัฒนามาเป็นระยะที่ 3 ประมาณ 2 วัน

ระยะที่ 4 ดอกย่อยเพิ่มขนาดและความยาวมากขึ้น มีความยาวประมาณ 13 มิลลิเมตร กลีบดอกเริ่มผลิออก

คล้ายรูปกล้อ โดยใช้เวลาจากระยะที่ 3 พัฒนามาเป็นระยะที่ 4 ประมาณ 3 วัน

ระยะที่ 5 กลีบดอกบานออกมากขึ้น แต่ยังไม่บานเต็มที่ กลีบดอกมีสีส้มอ่อน มีความยาวประมาณ 15 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจากระยะที่ 4 พัฒนามาเป็นระยะที่ 5 ประมาณ 3 วัน

ระยะที่ 6 ดอกบานเต็มที่ มีสีส้ม กลีบดอกมีความยาวประมาณ 17 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจากระยะที่ 5 พัฒนามาเป็นระยะที่ 6 ประมาณ 3 ชั่วโมง

การบานของดอกโมกพะวอภายในช่อดอกมีลักษณะการบานจากดอกที่เกิดก่อนไล่เรียงไปยังดอกที่เกิดภายหลัง โดยจะทยอยบานครั้งละ 1-2 ดอก ตามลำดับ ไปจนถึงดอกสุดท้าย ดอกเริ่มบานในช่วงเย็น เวลาประมาณ 17.00-18.00 น. หลังจากที่ได้ดอกบานเต็มที่แล้ว จะใช้เวลาบานอยู่ประมาณ 2-3 วัน จากนั้นกลีบดอกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม และร่วงในเวลาประมาณ 7.00-8.00 น. ส่วนดอกที่ได้รับการผสมเกสรสำเร็จ จะติดอยู่บนต้นและพัฒนาไปเป็นผลต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบการบานของดอกโมกพะวอ ที่มีการบานของดอกเริ่มในเวลาเย็นต่อเนื่องไปจนถึงตอนกลางคืน พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Darrault and Schindwein (2005) ซึ่งได้ศึกษาชีววิทยาของดอก *Hancornia speciosa* ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Apocynaceae เช่นเดียวกับโมกพะวอ พบว่าดอกของ *Hancornia speciosa* จะเริ่มบานระหว่างเวลา 15.30-16.30 น. และต่อเนื่องไปจนถึง 10.00 น. ของวันรุ่งขึ้น เช่นเดียวกับจากการศึกษาของ Xiong et al. (2020) ได้ศึกษาพืชใกล้เคียงพันธุ์ *Vincetoxicum hainanense* ในประเทศจีน ที่เป็นพืชในวงศ์ Apocynaceae เช่นเดียวกัน พบว่าดอกของ *Vincetoxicum hainanense* เริ่มบานเวลาประมาณ 19.00 น. และดอกบานอยู่ประมาณ 5-7 วัน โดยช่อดอกที่สมบูรณ์จะมีดอกย่อยทยอยบานต่อเนื่องกันไป 16-20 วัน ภายหลังจากดอกบานได้ 5-6 วัน กลีบดอกทั้งหมดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม และดอกจะคงอยู่บนต้นต่อไปเป็นเวลาอีก 1 หรือ 2 วัน

2. สัณฐานวิทยาของดอก

ดอกของโมกพะวอเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) สมมาตรของดอกตามรัศมี (radial symmetry) แต่ละดอกประกอบด้วยส่วนประกอบหลักครบ 4 ส่วน (complete flower) ได้แก่ วงกลีบเลี้ยง (calyx) วงกลีบดอก (corolla) วงเกสรเพศผู้ (androecium) และวงเกสรเพศเมีย (gynoecium) (Figure 2)



Figure 2 Floral morphology of *Wrightia tokiae* D. J. Middleton

วงกลีบเลี้ยง มีสีเขียว จำนวน 5 กลีบ โคนกลีบเชื่อมติดกัน รูปไข่ ยาว 3.5-4 มิลลิเมตร ปลายมน มีขนละเอียด

วงกลีบดอก อยู่ถัดเข้าไปจากกลีบเลี้ยง รูปวงล้อ สีส้มอ่อน โคนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็นแฉกกลีบดอก 5 กลีบ กลีบดอกมีค่าเฉลี่ยความกว้าง 7.89 ± 0.13 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความยาว 13.36 ± 0.13 มิลลิเมตร ดอกเมื่อร่วงหรือโรย มีสีแดงเข้ม มีกระบัง (corona) เรียงติดกันเป็นวงคล้ายรูปถ้วย (Figure 2) บริเวณโคนกลีบดอก ปลายกระบังมีลักษณะขอบหยักซี่ฟัน กระบังมีค่าเฉลี่ยความกว้าง 4.98 ± 0.09 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยความยาว 4.41 ± 0.10 มิลลิเมตร

วงเกสรเพศผู้ ประกอบด้วย ก้านชูอับเรณู (filament) และอับเรณู (anther) มีจำนวนเกสรเพศผู้ในแต่ละดอก 5 อัน อับเรณู สีเหลือง โคนเป็นเงี่ยงลูกศร ก้านชูอับเรณูเชื่อมกับหลอดกลีบดอก ปลายอับเรณูจรดกัน เกสรเพศผู้มีค่าเฉลี่ยความยาว 7.84 ± 0.09 มิลลิเมตร

วงเกสรเพศเมีย อยู่ชั้นในสุดของดอก ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านเกสรเพศเมีย (style) และยอดเกสรเพศเมีย (stigma) มีเกสรเพศเมียในแต่ละดอก จำนวน 1 อัน มีตำแหน่งของรังไข่เหนือวงกลีบ (superior ovary) มีรังไข่ 2 คาร์เพล (carpel) แยกกัน แต่มีก้านและยอดเกสรเพศเมียร่วมกัน แต่ละคาร์เพลมี 1 ช่อง (locule) เกสรเพศเมียมีค่าเฉลี่ยความยาว 9.35 ± 0.11 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยจำนวนอวูล์ต่อดอก 38.60 ± 2.99 อวูล์

3. สันฐานวิทยาของเรณู

ศึกษาโดยใช้กล้อง Compound microscope พบว่าเรณูของดอกโมกพะวอมีลักษณะเป็นเรณูเดี่ยว (monad)

รูปทรงกลม (spherical) สมมาตรแบบรัศมี (radial symmetry) มีขั้วแบบ Isopolar มีช่องเปิดจำนวน 3 ช่อง แบบ Triporate แขนระหว่างขั้วยาวเฉลี่ย 54.15 ± 1.37 ไมโครเมตร แกนตามแนวศูนย์สูตรยาวเฉลี่ย 52.83 ± 1.60 ไมโครเมตร (Figure 3) ซึ่งจัดว่าเป็นเรณูที่มีขนาดใหญ่ตามการแบ่งลำดับชั้น (size class) ของ Erdtman (1986) คือ เรณูที่มีขนาด 50-100 ไมโครเมตร

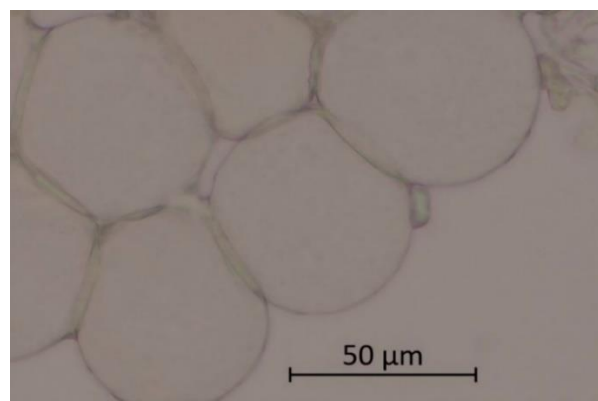


Figure 3 Pollen grain morphology of *Wrightia tokiae* D. J. Middleton

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chelong *et al.* (2016) ซึ่งได้ศึกษาเรณูวิทยาและการศึกษาการจัดจำแนกของพืชในวงศ์ Apocynaceae บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ประเทศไทย พบว่า เรณูของโมก (*Wrightia pubescens* Blume) มีลักษณะรูปทรงกลม (spherical) มีช่องเปิดกลม 3 ช่อง แบบ Triporate มีขั้วแบบ Isopolar สมมาตรแบบรัศมี แขนระหว่างขั้วยาว 82.75 ไมโครเมตร แกนตามแนวศูนย์สูตร

ยาว 86.90 ไมโครเมตร ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงและสอดคล้องกับ
 สัณฐานวิทยาของเรณูโมกพะวอ แต่เรณูของโมกมีขนาดใหญ่
 กว่าโมกพะวอเล็กน้อย ส่วนผลการตรวจนับจำนวนเรณูต่อดอก
 ของโมกพะวอผ่านกล้อง Compound microscope จำนวน 5
 ดอก พบว่า โมกพะวอมีจำนวนเรณูต่อดอก 5,298, 7,917,
 5,214, 5,830 และ 8,908 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวน
 เรณูต่อดอกเท่ากับ $6,633.40 \pm 750.50$ เรณู จะเห็นได้ว่าค่า
 เบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ของจำนวน
 เรณูต่อดอกค่อนข้างสูง อาจเป็นผลจากความสมบูรณ์ของดอก
 ในแต่ละต้นที่มีความแตกต่างกัน ความผันแปรเหล่านี้อาจมีผล
 ต่อจำนวนเรณูในแต่ละดอก

การผสมเกสรและการติดผล

1. การประเมินระบบผสมข้ามโดยใช้ค่า Pollen-ovule ratio

จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณูต่อดอก
 (P) ต่อจำนวนออวูลต่อดอก (O) พบว่า ค่าอัตราส่วนจำนวน
 เรณูต่อออวูล (P/O ratio) ของโมกพะวอ มีค่าเฉลี่ย คือ
 170.04 ± 9.58 (Table 1) เมื่อนำค่าที่ได้มาจัดชั้นตามเกณฑ์การ
 ประเมินระดับผสมข้ามตามวิธีการของ Cruden (1977) ซึ่งได้
 แบ่งระบบผสมข้ามไว้ 5 ลักษณะ พบว่า ระบบผสมข้ามของโมก
 พะวอจัดอยู่ในระดับ facultative autogamy ซึ่งมีค่าอัตราส่วน
 ระหว่าง 31.9-396.0 หรือกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มที่มีระบบผสม
 ข้ามต่ำ หรือมีแนวโน้มผสมพันธุ์ในตัวเองแต่การผสมข้าม
 สามารถเกิดขึ้นได้

Table 1 Pollen-to-ovule ratio of *Wrightia tokiae* D. J. Middleton

Floret no.	Number of pollen/floret (P)	Number of ovules/floret (O)	Pollen-to-ovule ratio
1	5,298	39	135.85
2	7,917	44	179.93
3	5,214	30	173.80
4	5,830	34	171.47
5	8,908	46	193.65
Mean	6,633.40	38.60	170.94
SE	750.50	2.99	9.58

จากการศึกษาของ Darrault and Schlindwein (2005)
 ซึ่งได้ศึกษาการติดผลที่จำกัดใน *Hancornia speciosa* (วงศ์
 Apocynaceae) พบว่า *Hancornia speciosa* มีค่าอัตราส่วน
 จำนวนเรณูต่อออวูล (P/O ratio) เฉลี่ยเท่ากับ 77.3 ซึ่งจัดอยู่
 ในระดับ Facultative autogamy เช่นเดียวกับโมกพะวอ
 อย่างไรก็ตามค่า P/O ratio ใช้เป็นเพียงตัวชี้วัดระบบการผสม
 ข้ามของพืชแบบกว้าง ๆ เท่านั้น ซึ่งการระบุระบบการสืบพันธุ์
 โดยละเอียดจำเป็นต้องมีการศึกษาอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก

2. การประเมินการติดผล

ผลการศึกษาพบว่า โมกพะวอติดผลเป็นฝักคู่ และ
 ฝักติดกันตามความยาว รูปร่างของฝักเป็นรูปทรงกระบอก
 ฝักนอกมีสีเขียวเข้ม ฝักในมีสีชมพูระเรื่อ แต่ละฝักกว้างประมาณ

1.5–2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 13–16 เซนติเมตร การติดผล
 ตามธรรมชาติของโมกพะวอ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ 2 วิธี
 ได้แก่ การผสมแบบเปิดหรือปล่อยให้มีการผสมตามธรรมชาติ
 (open pollination) และการผสมเกสรตัวเองโดยการคลุมช่อดอก
 (self-pollination) พบว่า มีอัตราการติดผลรวมทั้งสองวิธี คิด
 เป็นร้อยละ 5.26 โดยแยกเป็นการผสมแบบเปิดหรือปล่อยให้มี
 การผสมตามธรรมชาติ มีอัตราการติดผลร้อยละ 10.24 ต่าง
 จากการผสมเกสรตัวเองโดยการคลุมช่อดอกที่ไม่พบการติดผล
 เลย หรือมีอัตราการติดผล ร้อยละ 0.00 (Table 2) แสดงให้
 เห็นว่าโมกพะวอเป็นพืชที่จำเป็นต้องมีพาหะนำเรณูเข้ามาช่วย
 ในการผสมเกสรเพื่อให้เกิดการติดผล

Table 2 Percentage of fruit set in *Wrightia tokiae* D. J. Middleton

Treatment	Number of observed flowers	Number of fruits	Percentage of fruit set
Open pollination	127	13	10.24
Self-pollination	120	0	0.00
Total	247	13	5.26

3. ความหลากหลายชนิดของแมลงตอมดอก

การศึกษาความหลากหลายชนิดของแมลงที่มาตอมดอก โมกพะวอ พบแมลงจำนวน 122 ชนิด 62 วงศ์ 11 อันดับ ได้แก่ Blattodea (แมลงสาบ) Coleoptera (ด้วง) Diptera (แมลงวัน ยุง) Hemiptera (มวน เพลี้ย) Hymenoptera (ผึ้ง มด ต่อ แตน) Isoptera (ปลวก แมลงเม่า) Lepidoptera (ผีเสื้อ) Mecoptera (แมลงแมงป่อง) Orthoptera (ตั๊กแตน จิ้งหรีด) Psocoptera (เหาเปลือกไม้) และ Thysanoptera (เพลี้ยไฟ) โดยพบแมลงในอันดับ Coleoptera มีจำนวนชนิดมากที่สุด 44 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 36.07 รองลงมาเป็นอันดับ Diptera และ Lepidoptera คิดเป็นร้อยละ 19.67 และ 16.39 ตามลำดับ สำหรับปริมาณจำนวนตัว พบว่า อันดับที่มีจำนวนตัวมากที่สุด คือ Diptera พบจำนวน 190 ตัว คิดเป็นร้อยละ 54.60 รองลงมาเป็นอันดับ Coleoptera พบจำนวน 67 ตัว คิดเป็นร้อยละ 19.25 และอันดับ Lepidoptera พบจำนวน 25 ตัว คิดเป็นร้อยละ 7.18

การศึกษาได้แบ่งชนิดแมลงที่พบออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มแมลงที่มีประโยชน์ และแมลงอื่น ๆ (beneficial insects and other) 2) กลุ่มแมลงศัตรูพืช (insect pests) และ 3) กลุ่มแมลงช่วยผสมเกสร (insect pollinators) (Table 3) พบว่า กลุ่มแมลงศัตรูพืช มีชนิดมากที่สุดจำนวน 69 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 56.56 รองลงมาเป็นกลุ่มแมลงที่มีประโยชน์ และแมลงอื่น ๆ จำนวน 33 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 27.05 และกลุ่มแมลงช่วยผสมเกสร จำนวน 20 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 16.39 รายละเอียด ดังนี้

1) กลุ่มแมลงที่มีประโยชน์ และแมลงอื่น ๆ พบจำนวน 98 ตัว 33 ชนิด 5 อันดับ ได้แก่ Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera และ Mecoptera โดยพบแมลงในอันดับ Hymenoptera มีชนิดมากที่สุด จำนวน 14 ชนิด เช่น แตนเบียน ต่อเบียน คิดเป็นร้อยละ 42.42 รองลงมาเป็นอันดับ Diptera จำนวน 10 ชนิด เช่น รันน้ำเค็ม ยุง แมลงวันหัวขโมย

คิดเป็นร้อยละ 30.30 และอันดับ Coleoptera จำนวน 6 ชนิด เช่น ตัวดิน ตัวกันกระดก คิดเป็นร้อยละ 18.18 แต่จำนวนตัวพบว่าแมลงในอันดับ Diptera มีจำนวนตัวมากที่สุด 70 ตัว คิดเป็นร้อยละ 71.43 โดยแมลงในกลุ่มนี้ประกอบด้วย แมลงชนิดที่มีประโยชน์ คือ ตัวห้ำ (predator) และตัวเบียน (parasitoid) ซึ่งจัดว่าเป็นศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืช รวมทั้งกลุ่มที่พบว่าเป็นชนิดที่คาดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์หรือเป็นศัตรูแต่อย่างใด

2) กลุ่มแมลงศัตรูพืช พบจำนวน 225 ตัว 69 ชนิด 7 อันดับ ได้แก่ Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Isoptera, Orthoptera, Psocoptera และ Thysanoptera โดยพบแมลงในอันดับ Coleoptera มีชนิดมากที่สุด จำนวน 38 ชนิด เช่น ตัวด้ด ตัวงวง ตัวกินใบ มอดไม้ คิดเป็นร้อยละ 55.07 รองลงมาเป็นอันดับ Diptera จำนวน 14 ชนิด เช่น บั่วรา บั่วหูด แมลงวัน คิดเป็นร้อยละ 20.29 และอันดับ Hemiptera จำนวน 8 ชนิด เช่น เพลี้ยจักจั่น คิดเป็นร้อยละ 11.59 แต่จำนวนตัวพบว่าแมลงในอันดับ Diptera มีจำนวนตัวมากที่สุด 120 ตัว คิดเป็นร้อยละ 53.33 โดยแมลงในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ทำให้ความเสียหายให้แก่ดอกโมกพะวอ ซึ่งพบจำนวนสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทั้งจำนวนชนิด และจำนวนตัว ทำให้คาดการณ์ได้ว่าดอกโมกพะวอในธรรมชาติอาจจะเกิดความเสียหายจากแมลงกลุ่มนี้ได้ หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้อง

3) กลุ่มแมลงช่วยผสมเกสร พบจำนวน 25 ตัว 20 ชนิด 1 อันดับ ได้แก่ Lepidoptera เพียงอันดับเดียว เช่น ผีเสื้อกลางคืน ผีเสื้อหนอนกระทู้ มอหนอนม้วนใบ โดยแมลงในกลุ่มนี้พบจำนวนน้อยทั้งจำนวนชนิด และจำนวนตัว ซึ่ง Tasen (2001) ได้กล่าวไว้ว่า ระยะเวลาในการศึกษา สภาพภูมิอากาศ และสถานที่หรือสภาพภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน เป็นปัจจัยสำคัญหรือมีผลต่อจำนวนและความหลากหลายชนิดของแมลงที่ช่วยผสมเกสร

จากการศึกษาชนิดของกลุ่มแมลงที่ลงตอมดอก พบว่า กลุ่มผีเสื้อกลางคืน เป็นกลุ่มแมลงตอมดอกที่มีพฤติกรรมสัมพันธ์กับการบานของดอกโมกพะวอที่บ้านในตอนกลางคืน ซึ่งจัดเป็นแมลงกลุ่มแรกที่จะช่วยผสมเกสร (first pollination) ส่วนกลุ่มแมลงที่หากินตอนกลางวันจัดเป็นกลุ่มรองที่จะช่วยผสมเกสร โดยเข้าลงตอมดอกหลังจากพวกกลุ่มกลางคืนลงตอมแล้ว และรวมถึงดอกที่ยังไม่มีการเข้าตอม เพื่อหาอาหารที่ยังคงเหลืออยู่ (Table 3) จึงเป็นโอกาสที่ดีของดอกโมกพะวออีกครั้งที่จะได้รับการช่วยผสมเกสร ซึ่งในพื้นที่ใดที่มีจำนวนความหลากหลายของทั้ง 2 กลุ่มนี้มาก อัตราการติดผลของพื้นที่นั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ข้อจำกัดของความสำเร็จในการสืบพันธุ์หรืออัตราการติดผลจะขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม

ต่าง ๆ และแมลงศัตรูที่ทำลายดอกและผลอ่อนด้วยเช่นกัน (Tasen *et al.*, 2009) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Barman *et al.* (2018) ที่ได้ศึกษาการผสมเกสรเฉพาะที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการผสมพันธุ์แบบผสมในโมกมัน (*Wrightia tomentosa*) ซึ่งเป็นพืชวงศ์ Apocynaceae เช่นเดียวกับโมกพะวอ พบว่า ผีเสื้อกลางคืนที่อยู่ในวงศ์ Crambidae, Erebidae และ Sphingidae เป็นกลุ่มแมลงที่มาตอมดอกบ่อยครั้งในเวลากลางคืน ซึ่ง Hawkmoths (Sphingidae) และ Settling Moths (Crambidae and Erebidae) เป็นผู้หาอาหารที่โดดเด่นที่สุด และสามารถผสมเกสรดอกไม้ได้ โดยส่วนใหญ่จะแวะเวียนมาระหว่างเวลา 18.00–22.00 น.

Table 3 Number of species and individuals of insect visitors of *Wrightia tokiae* D. J. Middleton

Order	Number of families	Number of species	Number of individuals	Individuals (%)	
				Species	Insects
1) Beneficial insects and others					
1.1 Blattodea	1	2	4	6.06	4.08
1.2 Coleoptera	4	6	6	18.18	6.12
1.3 Diptera	6	10	70	30.30	71.43
1.4 Hymenoptera	8	14	17	42.42	17.35
1.5 Mecoptera	1	1	1	3.03	1.02
Total	20	33	98	100.00	100.00
2) Insect pests					
2.1 Coleoptera	15	38	61	55.07	27.11
2.2 Diptera	8	14	120	20.29	53.33
2.3 Hemiptera	4	8	11	11.59	4.89
2.4 Isoptera	1	1	13	1.45	5.78
2.5 Orthoptera	1	1	1	1.45	0.44
2.6 Psocoptera	4	6	18	8.70	8.00
2.7 Thysanoptera	1	1	1	1.45	0.44
Total	34	69	225	100.00	100.00
3) Insect pollinators					
3.1 Lepidoptera	9	20	25	100.00	100.00
Total	9	20	25	100.00	100.00
Total all	62	122	348		

สรุป

1. โมกพะวอเริ่มออกดอกตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคม และทยอยบานต่อเนื่องไปจนถึงปลายเดือนมิถุนายน การพัฒนาของดอกตั้งแต่ระยะตาดอก ไปเป็นช่อดอกถึงระยะ ดอกพัฒนาเต็มที่และบาน ใช้เวลาประมาณ 9-10 วัน ดอกย่อย เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เกิดเป็นช่อดอกแบบกระจุก มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ เกสรเพศผู้ จำนวน 5 อัน เกสรเพศเมีย จำนวน 1 อัน มี 2 รังไข่แยกกัน แต่มียอดเกสรร่วมกัน ตำแหน่ง รังไข่เหนือวงกลีบ ค่าเฉลี่ยจำนวนออวูลต่อดอก 38.60 ± 2.99 ออวูล เรณูเป็นเรณูเดี่ยว รูปทรงกลม ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอก เท่ากับ $6,633.40 \pm 750.50$ เรณู

2. ระบบการผสมข้ามจัดอยู่ในระดับ Facultative autogamy ค่าอัตราส่วนจำนวนเรณูต่อออวูล (P/O ratio) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 170.04 ± 9.58 อัตราการติดผลรวมร้อยละ 5.26 โดยการผสมแบบเปิดหรือปล่อยให้มีการผสมเองตามธรรมชาติ มีอัตราการติดผลร้อยละ 10.24 ซึ่งมีอัตราการติดผล สูงกว่าการผสมเกสรในตัวเองโดยการคลุมช่อที่ไม่พบการติดผล

3. ความหลากหลายชนิดของแมลงตอมดอก พบกลุ่มผีเสื้อ กลางคืนในอันดับ Lepidoptera จำนวน 20 ชนิด คิดเป็น ร้อยละ 16.39 จัดเป็นแมลงที่สำคัญกลุ่มแรกที่ช่วยผสมเกสร เนื่องจากมีพฤติกรรมสัมพันธ์กับการบานของดอกโมกพะวอที่ พบว่าดอกจะเริ่มบานในช่วงเวลากลางคืน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาได้ทำการศึกษาชีววิทยาการพัฒนาการ ของดอก การผสมเกสร และการติดผลตามธรรมชาติของดอก โมกพะวอ ซึ่งทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของดอกโมกพะวอ โดยสามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มจำนวน ประชากรโมกพะวอได้ในอนาคต เนื่องจากโมกพะวอเป็น พืชถิ่นเดียวและเป็นพืชที่ต้องการพาหะนำเรณูมาช่วยในการ ผสมเกสร โดยในพื้นที่พบกลุ่มแมลงช่วยผสมเกสรค่อนข้างน้อย และพบกลุ่มแมลงศัตรูพืชมากถึง ร้อยละ 56.56 ดังนั้น แนว ทางการจัดการดูแลโมกพะวอในช่วงที่มีการออกดอก หรือเริ่ม ติดผลอ่อนนั้น ควรมีการเข้าไปสำรวจ ดูแล ป้องกันแมลงศัตรูที่ เข้ามาทำลาย เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการติดผล หรือแนวทางใน อนาคตอาจใช้คนในการเข้าไปช่วยผสมเกสรให้แก่ดอกโมกพะ วอ การขยายพันธุ์นอกพื้นที่ถิ่นกำเนิด และการส่งเสริมการปลูก ต้นโมกพะวอเป็นไม้ประดับให้ความสวยงาม เพื่อช่วยเพิ่ม

จำนวนประชากร และเพื่อเป็นการอนุรักษ์ต้นโมกพะวออย่าง ยั่งยืน

คำนิยาม

ขอขอบคุณอุทยานแห่งชาติขุนพะวอ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ใน การทำวิจัย

REFERENCES

- Barman, C., Singh, V.K., Das, S., Tandon, R. 2018. Floral contrivances and specialized pollination mechanism strongly influence mixed mating in *Wrightia tomentosa* (Apocynaceae). **Plant Biology**, 20(3): 546-554.
- Chelong, I., Aulia, F., Bintari, C.N., Hanum, F.T. 2016. A palynology and classification study of some species in Apocynaceae family at Yala Rajabhat University, Thailand. **YRU Journal of Science and Technology**, 1(1): 65-73. (in Thai)
- Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution**, 31: 32-46.
- Darrault, R.O., Schlindwein, C. 2005. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by Nocturnal and Diurnal insects. **BIOTROPICA**, 37(3): 381-388.
- Erdtman, G. 1986. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy Angiosperms (An Introduction to Palynology)**. Heffner Publishing Company, London, England.
- Middleton, D. J. 2010. Three new species of *Wrightia* Apocynaceae: Apocynoideae) from Thailand. **Gardens' Bulletin Singapore**, 61(2): 369-378.
- Santisuk, T. 2004. **Endemic and rare plants of Thailand**. Agricultural cooperative printing demonstrations of Thai co., Ltd., Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Tasen, W. 2001. The Role of Some Major Insect Pollinators on Pollination of Teak (*Tectona grandis* Linn.f.). M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tasen, W., Tangmitcharoen, S., Thakeaw, M., Chanthep, P., Ogata, K. 2009. Diversity and foraging behavior of insect visitors on pollination of agarwood (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.) flowers at Khao Yai National Park. **Thai Journal of Forestry**, 28(1): 17-28. (in Thai)
- Xiong, W., Ollerton, J., Liede-Schumann, S., Zhao, W., Jiang, Q., Sun, H., Liao, W., You, W. 2020. Specialized cockroach pollination in the rare and endangered plant *Vincetoxicum hainanense* in China. **American Journal of Botany**, 107(10): 1355-1365.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของความหนักเบาในการตัดขยายระยะต่อผลผลิตและรูปทรงของไม้สัก
กรณีศึกษา สวนป่าเอกชน อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์
Effects of Thinning Intensity on Production and Stem Form
of Teak (*Tectona grandis* L.f.): A Case Study of Private Plantations in
Mueang District, Uttaradit Province

อนงคณี เรือนทิพย์^{1,2}Anongkhanee Ruantip^{1,2}พิชิต ลำไย¹Pichit Lumyai¹วรพรรณ หิมพานต์²Woraphun Himmapan²พรเทพ เหมือนพงษ์^{1*}Ponthep Meunpong^{1*}¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900¹ Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand² กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900² Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 25 พฤศจิกายน 2566

รับแก้ไข 21 กุมภาพันธ์ 2567

รับลงพิมพ์ 29 กุมภาพันธ์ 2567

ABSTRACT

Thinning is one of the silvicultural methods used to increase the productivity of a forest plantation that often involves selecting trees to be removed based on their canopy class or spacing. This study investigated the effects of different thinning intensities on the productivity and stem form of teak (*Tectona grandis*) spaced at 4 m x 4 m in a private forest located in Mueang district, Uttaradit province, Thailand. A completely randomized block design was applied with 3 experimental treatments: moderate thinning (40% basal area removal), heavy thinning (60% basal area removal), and unthinned. Data collection was conducted 9 years after thinning. It was found that the stand density in the unthinned plot was significantly higher than in the thinned plots. The average diameter at breast height over bark (DBH) and the total tree volume (m³) were significantly higher in the thinned plots than in the unthinned plot. However, tree height was not affected by thinning. The mean annual increment (MAI) based on the DBH for all trees was significantly higher in the heavy-thinned plot compared to the unthinned plot. Calculation of the timber volume indicated there were significant differences in the stand volume, volume increment, and total volume among the plots. However, more trees in the unthinned plot were lost due to natural mortality than in the thinned plots. Considering stem form, the live crown ratio was higher in the thinned plots than the unthinned plot, whereas the slenderness ratio and artificial form factor were significantly lower in the thinned plots. In conclusion, thinning and its intensity positively affected tree growth and improved tree stem form.

Keywords: Teak; Thinning intensity; Plantation; Stem form; Slenderness

บทคัดย่อ

การตัดขยายระยะเป็นหนึ่งในนวนิทัศน์วิธีเพื่อการเพิ่มผลผลิตของสวนป่าโดยการพิจารณาเลือกตัดไม้ออกโดยพิจารณาจากชั้นเรือนยอดหรือระยะห่างระหว่างต้นไม้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความหนักเบาในการตัดขยายระยะต่อผลผลิตและรูปทรงของไม้สักในพื้นที่สวนป่าเอกชน ในจังหวัดอุดรธานี โดยสวนป่าสักมีระยะปลูก 4 เมตร x 4 เมตร ทำการวางแผนตัวอย่างแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 3 รูปแบบการทดลอง ทำการตัดขยายระยะแบบชั้นเรือนยอดต่ำ (low thinning) ตามความหนักเบาของการตัดขยายระยะโดยใช้เกณฑ์ร้อยละของพื้นที่หน้าตัดรวมของหมู่ไม้ที่ตัดออกไป ได้แก่ ระดับปานกลาง (moderate thinning) คิดเป็นร้อยละ 40 ระดับหนัก (heavy thinning) คิดเป็นร้อยละ 60 เมื่อไม้มีอายุ 10 ปี เปรียบเทียบกับการไม่ตัดขยายระยะ (unthinned stand) เป็นแปลงควบคุม ทำการเก็บข้อมูลหลังการตัดขยายระยะ 9 ปี พบว่า ความหนาแน่นของหมู่ไม้ในแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและค่าเฉลี่ยปริมาตรรายต้นในแปลงตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตัดขยายระยะไม่มีผลต่อความสูงของต้นไม้ สำหรับค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (MAI) ด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทั้งหมดในแปลงตัดขยายระยะระดับหนักมีค่ามากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการคำนวณปริมาตรไม้ในสวนของลำต้นพบว่า ค่าปริมาตรหมู่ไม้ ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของปริมาตรหมู่ไม้ และปริมาตรรวมทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม แปลงที่ไม่ตัดขยายระยะได้สูญเสียปริมาตรไม้จากการตายตามธรรมชาติมากกว่าแปลงตัดขยายระยะ การศึกษารูปทรงของต้นไม้ เพื่อศึกษาเสถียรภาพของต้นไม้ พบว่าค่าอัตราส่วนของเรือนยอดที่มีชีวิตอยู่ในแปลงตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในทางตรงกันข้ามอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และค่าฟอร์มแฟกเตอร์ที่ของต้นไม้แปลงตัดขยายระยะมีค่าต่ำกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงกล่าวได้ว่าความหนักเบาของการตัดขยายระยะส่งผลต่อการเพิ่มขนาดความโตของต้นไม้ และส่งผลต่อการปรับปรุงรูปทรงของต้นไม้

คำสำคัญ: ไม้สัก ความหนักเบาของการตัดขยายระยะ สวนป่า รูปทรงต้นไม้ ความเร็ว

คำนำ

ไม้สัก (*Tectona grandis* L.f., teak) เป็นหนึ่งในไม้เนื้อแข็งชั้นนำของโลกที่มีคุณสมบัติด้านทอสี เนื้อไม้ละเอียด และมีความทนทาน (Pandey and Brown, 2000) รวมถึงมีคุณสมบัติของเนื้อไม้ที่สามารถเลื่อยแปรรูป ตบแต่งได้ง่าย สำหรับประเทศไทยไม้สักเป็นไม้สำคัญทางเศรษฐกิจที่ในอดีตเป็นสินค้าส่งออกที่นำรายได้หลักเข้าประเทศ แต่ในปัจจุบันกลับต้องมีการนำเข้าไม้สักจากประเทศลาว อินโดนีเซีย และพม่า (The Customs Department, 2023) ในปี พ.ศ. 2537 กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนปลูกสวนป่าเพื่อการค้า ซึ่งไม้สักเป็นชนิดไม้ที่ประชาชนนิยมปลูกกันมากที่สุดและมีการปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ (Phusudsawang, 2010) ไม้สักจึงเป็นไม้เศรษฐกิจที่เกษตรกรตัดสินใจปลูกด้วยเหตุผลความต้องการของตลาดสูง และยังมีการนำเข้าไม้สักจากต่างประเทศอยู่ตลอดเวลา โดยทางนิเวศวิทยานั้น ไม้สักเป็นไม้ที่มีรอบตัดฟันยาว การจัดการและดูแลรักษาสวนป่าจึงเพื่อให้ได้ไม้ท่อนขนาดใหญ่ เปลาตรง มีตำหนิน้อย และมีปริมาณแก่นมาก

(RFD, 2022) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของตลาดจึงเป็นเรื่องสำคัญ การตัดขยายระยะเป็นหนึ่งในนวนิทัศน์วิธีในการเพิ่มผลผลิตของสวนป่า และมักดำเนินการครั้งแรกเมื่อเรือนยอดเบียดชิดกันส่งผลให้อัตราการเติบโตของต้นไม้ลดลงส่วนใหญ่เริ่มดำเนินการครั้งแรกเมื่อต้นไม้มีอายุประมาณ 5-7 ปี (RFD, 2017) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้มีส่วนปลูกไม้สักไม่นิยมตัดขยายระยะ อาจเนื่องมาจากไม้ยังมีขนาดเล็กไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ หรือขายได้ รวมถึงการขาดความรู้ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเติบโตของต้นไม้กับความหนาแน่นของต้นไม้ จึงพบเห็นต้นไม้ในสวนป่าจึงขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นจนเกิดการแข่งขัน และแก่งแย่งการเติบโตระหว่างกัน (Phusudsawang, 2010) ซึ่ง Suwannaphinan (2002) ได้แบ่งการตัดขยายระยะเป็น 4 วิธี ได้แก่ 1) การตัดขยายระยะแบบชั้นเรือนยอดต่ำ (low thinning) 2) การตัดขยายระยะแบบเลือกตัดชั้นเรือนยอดเด่น (crown thinning) 3) การตัดขยายระยะแบบเลือกตัด (selection thinning) และ 4) การตัดขยายระยะแบบวิธีกล (mechanical thinning) วิธีที่ 1-3 ตัดขยาย

ระยะโดยพิจารณาชั้นเรือนยอดไม้ และวิธีที่ 4 พิจารณาระยะห่างระหว่างต้นไม้ ซึ่งการตัดขยายระยะที่เลือกตัดต้นไม้เรือนยอดระดับต่ำออกจากแปลง หรือการตัดขยายระยะแบบชั้นเรือนยอดต่ำ ถ้าการตัดขยายระยะกระทำไม่หนักนัก ต้นที่ถูกคัดเลือกตัดออกเป็นไม้เรือนยอดถูกข่ม (suppressed) ซึ่งไม่เป็นการเร่งการเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่ เพราะไม่ได้เปิดช่องว่างให้ต้นไม้ที่เหลือได้รับแสงเพิ่มขึ้น แต่เป็นเพียงการนำไม้เล็กที่ถูกไม้ใหญ่เบียดบังออกมาจากหมู่ไม้นั้น ดังนั้น เพื่อเป็นการเร่งการเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่ การตัดขยายระยะโดยวิธีนี้ควรกระทำให้หนักขึ้น เพื่อให้จะได้เอาต้นที่มีชั้นเรือนยอดรองเด่นออกบ้าง (RFD, 2015) การกำหนดความหนักเบาในการตัดไม้ออกจากแปลง ขึ้นอยู่กับที่ตั้งแปลง การตลาด และวัตถุประสงค์ของเจ้าของแปลง (Forestry Commission, 2015) โดยคำนวณจากจำนวนต้นไม้หรือพื้นที่หน้าตัดไม้ที่ถูกตัดออก โดยในระดับเบา มีจำนวนต้นถูกตัดออกน้อยกว่าร้อยละ 25 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด หรือคิดเป็นพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าร้อยละ 20 ในขณะที่ระดับปานกลาง จะมีจำนวนต้นถูกตัดออกน้อยกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด หรือเป็นพื้นที่หน้าตัดร้อยละ 20-35 และระดับหนัก มีจำนวนต้นถูกตัดออกมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด หรือคิดเป็นพื้นที่หน้าตัดมากกว่าร้อยละ 35 (Gonçalves, 2020) ความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีผลต่อการปรับปรุงการเติบโต และผลผลิตของหมู่ไม้ โดยเฉพาะต่อหมู่ไม้ที่เริ่มมีการแก่งแย่งกัน เช่นเดียวกันกับการมีผลต่อการเพิ่มขนาดของต้นไม้รายต้น และรูปร่างของต้นไม้ สำหรับเกษตรกรผู้มีส่วนปาสักขนาดเล็กที่ขาดความชำนาญจะสามารถใช้วิธีการตัดขยายระยะแบบชั้นเรือนยอดต่ำได้ ซึ่งหากเกิดความผิดพลาดอัน

เนื่องมาจากการคัดเลือกไม้ออก ผลเสียหายที่จะเกิดกับหมู่ไม้จะไม่รุนแรงมากนักเพราะยังเหลือไม้ที่มีลักษณะดีอยู่ในหมู่ไม้เป็นส่วนใหญ่ (RFD, 2015) จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้เกษตรกรผู้มีส่วนปาสัก ได้พิจารณาและตัดสินใจใช้วิธีพัฒนาวิธีด้วยการตัดขยายระยะเพื่อให้ได้ผลผลิตไม้ท่อน (timber) ในสวนป่าสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการในสวนป่าไม้สักเอกชนของโรงเรียนจักรท่าเสา ในท้องที่ตำบลเด่นด่าน อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ (Figure 1) ตั้งอยู่ที่ ละติจูด $17^{\circ}41'37''$ เหนือ ลองจิจูด $100^{\circ}17'47''$ ตะวันออก ทำการปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2547 ระยะปลูก 4 เมตร $\times$ 4 เมตร สภาพอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 27.7 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,371.6 มิลลิเมตร (Meteorological Department, 2023) ดินในพื้นที่จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินท่ายาง (Ty) ลักษณะเป็นดินต้นถึงชั้นเศษหินและหินพื้น ดินบนเป็นดินร่วนปนเศษหิน หรือดินร่วนปนทรายปนเศษหิน สีนํ้าตาล สีนํ้าตาลปนเทาหรือสีนํ้าตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายปนเศษหิน พบก้อนกรวดเป็นพวกเศษหินควอร์ตไซต์ หินทราย หินฟิลโลส และหินดินดาน สีนํ้าตาลหรือ สีนํ้าตาลปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) การระบายน้ำดี (Land Development Department, 2023) เมื่อสิ้นสุดการเก็บข้อมูลไม้สักมีอายุ 19 ปี

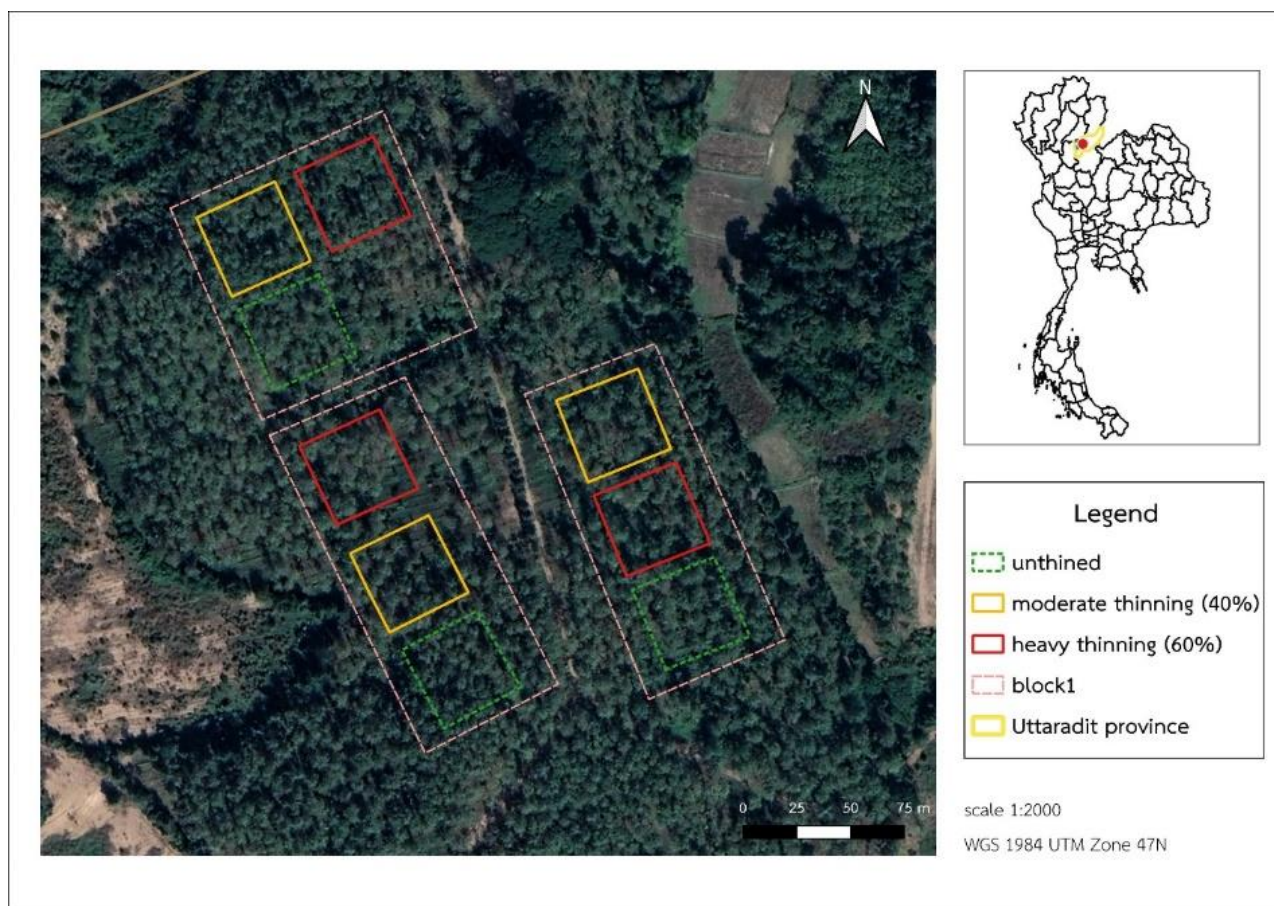


Figure 1 Study site in Mueang district, Uttaradit province, Thailand

วิธีการ

ทำการตัดขยายระยะเมื่อต้นสักมีอายุ 10 ปี (พ.ศ. 2557) โดยกำหนดความหนาแน่นในการตัดขยายระยะโดยประยุกต์จากวิธีการของ Ana Cristina Gonçalves (Gonçalves, 2020) ด้วยการคำนวณค่าความหนาแน่นจากร้อยละของพื้นที่หน้าตัดรวมของหมู่ไม้ที่ตัดออก ทำการวางแผนตัวอย่างแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (randomized complete block design, RCBD) ประกอบด้วย 3 หน่วยทดลอง ได้แก่ ระดับปานกลาง (moderate) คิดเป็นร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดรวมของหมู่ไม้ที่ตัดออก ระดับหนัก (heavy) คิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่หน้าตัดรวมของหมู่ไม้ที่ตัดออก และแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ (แปลงควบคุม) หน่วยทดลองละ 3 ซ้ำ แปลงตัวอย่างมีขนาด 40 เมตร × 40 เมตร แต่ละแปลงตัวอย่าง มีต้นไม้จำนวน 100 ต้น โดยนับรวมต้นตาย เว้นแวกกันชนขอบแปลงด้านละ 2 แถว

พิจารณาเลือกตัดต้นไม้ออกจากแปลงให้ได้จำนวนตามระดับความหนาแน่นที่กำหนด โดยพิจารณาจากต้นไม้ที่มี

เรือนยอดระดับล่างประกอบกับพิจารณาลักษณะรูปทรงและคุณภาพของต้นไม้ที่มีลักษณะไม่ต้อออกจากแปลงตามหลักเกณฑ์ของ Himmapan (2023) ซึ่งได้จัดชั้นคุณภาพของต้นไม้ประยุกต์จากวิธีการของ Terasaki (Terasaki's method) เพื่อคัดเลือกต้นไม้เพื่อตัดออกเป็น 5 ชั้นคุณภาพ ได้แก่ ชั้นคุณภาพที่ 1 คือต้นไม้ที่มีลักษณะดี ไม่มีตำหนิ ชั้นคุณภาพที่ 2 คือ ต้นไม้มีตำหนิบางประการ เช่น มีเรือนยอดไม่สมบูรณ์หรือไม่สมดุล มีลำต้นแตกเป็น 2 นาง หรือเอียง หรือถูกทำลายด้วยโรคแมลง ชั้นคุณภาพที่ 3 คือต้นที่มีการเติบโตช้าแตกต่างจากภาพรวมของต้นไม้ในพื้นที่โดยไม่ได้อยู่ใต้เรือนยอดอื่น ชั้นคุณภาพที่ 4 คือต้นที่อยู่ภายใต้เรือนยอดต้นอื่นอย่างชัดเจน และชั้นคุณภาพที่ 5 คือต้นไม้ที่มีลักษณะอ่อนแอ ยืนต้นตายหรือโค่นล้ม โดยเลือกต้นไม้ในชั้นคุณภาพที่ 5 ออกเป็นลำดับแรกจนได้พื้นที่หน้าตัดรวมมีค่าเป็นร้อยละตามความหนาแน่นของการตัดขยายระยะที่กำหนด บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Ht) และความสูงถึงระดับฐานเรือนยอด (Hb) ในแปลงตัวอย่างทั้งก่อนและหลัง

การตัดขยายระยะ และติดตามผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตและการรอดตายของต้นไม้ โดยการวัดซ้ำในช่วงเวลาปีที่ 1-7 และปีที่ 9 สำหรับปีที่ 8 ไม่มีข้อมูลเนื่องจากเกิดการแพร่ระบาดของโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถเดินทางเก็บข้อมูลได้ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ด้วยเทปวัดความโตของต้นไม้ (diameter tape) วัดค่าความสูงทั้งหมดต้นไม้โดยใช้ Vertex IV ultrasound distance measurer ยี่ห้อ HAGLÖF รุ่น Vertex IV ความสูงถึงระดับฐานเรือนยอดใช้ไม้วัดความสูงต้นไม้ SK (SENSHIN) รุ่น AT Type 15 m.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลผลิตเนื้อไม้

คำนวณหาความหนาแน่นของต้นไม้ (ตันต่อเฮกตาร์) พื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ (ตารางเมตรต่อเฮกตาร์) ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) คำนวณผลผลิตในรูปของปริมาตร ได้แก่ ปริมาตรรายต้นเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตรต่อต้น) ปริมาตรรวมของหมู่ไม้ (ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) ก่อนและหลังการตัดขยายระยะในสวนป่าแต่ละระดับการตัดขยายระยะ พร้อมทั้งค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) ปริมาตรไม้ (tree volume) ใช้สมการประมาณปริมาตรไม้สัก (Vacharangkura and Himmaphan, 2018) ดังสมการที่ (1)

$$Vt = 0.000063(DBH^2 \cdot Ht)^{0.94006} \quad (1)$$

เมื่อ Vt คือ ปริมาตรไม้ส่วนที่เป็นลำต้นทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร)

DBH คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

Ht คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

คำนวณหาความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) ดังสมการที่ (2) ของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย และปริมาตร

$$MAI = \frac{Xn}{N} \quad (2)$$

เมื่อ MAI คือ ความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ย

Xn คือ ค่าเฉลี่ยของค่าการเจริญเติบโตของปีที่ n

N คือ อายุของต้นไม้ n ปี

รูปทรงของต้นไม้

คำนวณค่ารูปทรงต้นไม้ ดังนี้

1) อัตราส่วนของเรือนยอดที่มีชีวิตอยู่ (live crown ratio) ดังสมการที่ (3)

$$\text{Live crown ratio} = \frac{Ht-Hb}{Ht} \times 100 \quad (3)$$

2) อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (slenderness ratio) ดังสมการที่ (4)

$$\text{Slenderness ratio} = \frac{Ht}{DBH} \quad (4)$$

3) ฟอรั่มแฟกเตอร์ที่กำหนด (artificial form factor) ดังสมการที่ (5)

$$\text{Artificial form factor} = \frac{V}{BA \times Ht} \quad (5)$$

เมื่อ Ht คือ ความสูงทั้งหมด (เมตร)

Hb คือ ความสูงถึงฐานเรือนยอด (เมตร)

DBH คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

V คือ ปริมาตรต้นไม้ (ลูกบาศก์เมตร)

BA คือ พื้นที่หน้าตัดไม้ (ตารางเมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ผลของความหนักเบาในการตัดขยายระยะที่มีต่อผลผลิตและรูปทรงของต้นไม้ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม R เพื่อใช้เพื่อตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลอง ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบโดยใช้ Tukey HSD แสดงผลในตารางกำหนดให้มีตัวอักษรเดียวกันในข้อมูลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาลงความหนักเบาในการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของต้นไม้ ผลผลิตของหมู่ไม้ และรูปทรงของไม้สักได้ทำการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2557-2565 ณ สวนป่าสักเอกชนอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งภายหลังการตัดขยายระยะได้มีการจัดการแปลงทดลองเหมือนกันทุกแผนการทดลอง ปรากฏผลดังนี้

ผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของต้นไม้และหนุ่ไม้

ความหนาแน่นของหนุ่ไม้และพื้นที่หน้าตัดหนุ่ไม้

การตัดขยายระยะหรือการตัดไม้ออกตามระดับความหนักเบาที่ได้กำหนด ทำให้ความหนาแน่นหรือจำนวนของต้นสักทั้ง 3 แผนการทดลองแสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อภายหลังการตัดขยายระยะทันทีจนถึงปีที่ 9 นอกจากจำนวนต้นไม้ที่ลดลงจากการตัดขยายระยะแล้ว ยังพบว่าในแต่ละปีมีจำนวนต้นไม้ลดลงจากการตายตามธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้มีค่าการเติบโตบางค่ามีความผันผวนจากจำนวนต้นไม้ที่ลดลงในแต่ละปี สำหรับค่าเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดหนุ่ไม้ หลังจากการตัดขยายระยะปีที่ 1-2 แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลก่อนการตัดขยายระยะพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ในแต่ละแผนการทดลองมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม แปลงไม้ตัดขยายระยะมีจำนวนต้นไม้มากกว่าแปลงตัดขยายระยะจึงส่งผลให้ภายหลังการตัดขยายระยะปีที่ 1-2 แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่า แต่เมื่อภายหลังการตัดขยายระยะปีที่ 3-9 พบว่าค่าเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดหนุ่ไม้ในของทั้ง 3 แผนการทดลองแสดงค่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากต้นไม้ในแปลงตัดขยายระยะมีพื้นที่ว่างสำหรับการเติบโตได้มากกว่า ส่งผลให้พื้นที่หน้าตัดไม้มีค่าใกล้เคียงแปลงไม้ตัดขยายระยะ Table 1

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง

จากผลของค่าความหนาแน่นของหนุ่ไม้ (stand density) ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้หลังจากการตัดขยายระยะปีที่ 9 มีการเติบโตของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงตัดขยายระยะระดับหนักมีค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ การเปิดช่องว่างให้เรือนยอดต้นไม้เป็นการเพิ่มการเจริญเติบโต เนื่องจากต้นไม้สามารถตรึงพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและผลิตคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้ในกิจกรรมที่จำเป็นและในส่วนของพลังงานที่เหลือจะเข้าไปใช้ในการเติบโต ซึ่งคาร์โบไฮเดรตของต้นไม้มาก่อนจะขึ้นอยู่กับขนาดของเรือนยอดหรือปริมาณพื้นผิวของใบรวมถึงความสามารถของรากที่จะนำอาหารและน้ำสู่ใบด้วย (Sahunalu, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vacharangkura and Wiriabuncha (2002) ที่ได้ศึกษาผลของการทดลองตัดขยายระยะที่สวนป่าแม่มายอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่าต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีอัตราการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้นในทั้งภาพรวมของต้นไม้มทั้งหมดหรือวิเคราะห์เฉพาะไม้ชั้นเรือนยอดเด่นและไม้ชั้นรองเด่น สำหรับความสูงของต้นไม้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 3 แผนการทดลอง (Table 2)

Table 1 Stand density and stand basal area of teak under different thinning intensities.

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate thinning	Heavy thinning	
Stand density (tree ha ⁻¹)	Before thinning	615±9.61	586±19.86	579±34.53	0.229 ^{ns}
	Immediately after thinning	615±9.61 ^a	310±25.40 ^b	198±25.94 ^c	<0.0001 ^{***}
	1-year after thinning	602±25.24 ^a	310±25.40 ^b	198±25.94 ^c	<0.0001 ^{***}
	2-year after thinning	540±56.50 ^a	298±23.64 ^b	196±23.64 ^c	<0.0001 ^{***}
	3-year after thinning	440±74.45 ^a	284±26.10 ^b	173±34.77 ^b	0.00178 ^{**}
	4-year after thinning	425±86.81 ^a	271±28.05 ^b	169±32.88 ^b	0.00398 ^{**}
	5-year after thinning	425±86.81 ^a	279±23.29 ^b	180±28.87 ^b	0.00435 ^{**}
	6-year after thinning	421±79.90 ^a	271±31.76 ^b	177±31.09 ^b	0.00378 ^{**}
	7-year after thinning	417±72.42 ^a	271±31.76 ^b	177±31.09 ^b	0.00286 ^{**}
	9-year after thinning	411±77.42 ^a	267±25.24 ^b	177±31.09 ^b	0.00496 ^{**}

Table 1 (continued)

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate thinning	Heavy thinning	
Stand basal area (m ² ha ⁻¹)	Before thinning	11.05±0.58	12.27±1.28	11.44±1.69	0.522 ^{ns}
	Immediately after thinning	11.05±0.87 ^a	7.79±0.73 ^b	4.81±0.87 ^c	<0.0001 ^{***}
	1-year after thinning	11.56±0.32 ^a	8.04±1.01 ^b	5.02±0.85 ^c	<0.0001 ^{***}
	2-year after thinning	8.42±3.98	7.71±1.38	4.85±0.64	0.25 ^{ns}
	3-year after thinning	10.27±1.98 ^a	8.73±1.68 ^{ab}	5.42±1.35 ^b	0.0319 [*]
	4-year after thinning	11.25±2.33	9.50±1.97	6.25±1.44	0.0512 ^{ns}
	5-year after thinning	12.19±2.51 ^a	10.56±1.50 ^{ab}	7.27±1.38 ^b	0.0454 [*]
	6-year after thinning	12.06±2.33 ^a	10.42±1.21 ^{ab}	7.42±1.51 ^b	0.0449 [*]
	7-year after thinning	11.38±2.25	10.19±1.31	7.29±1.60	0.0708 ^{ns}
	9-year after thinning	13.48±2.13	12.38±1.30	9.29±1.97	0.0728 ^{ns}

Remarks: Values are represented as mean±S.D. and values followed by lowercase superscripts signify individual statistical differences among treatments at each measurement time. Treatments marked with different letters are significantly different so marked * significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** very significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$) *** highly significant at 0.001 level ($p \leq 0.001$) and ^{ns} not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).

Table 2 Mean DBH and mean height of teak under different thinning intensities.

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate Thinning	Heavy Thinning	
mean DBH (cm)	Before thinning	15.44±0.47	16.57±0.87	16.08±0.80	0.248 ^{ns}
	Immediately after thinning	15.44±0.47	17.77±1.19	16.82±1.29	0.0883 ^{ns}
	1 year after thinning	15.44±0.51	18.05±1.65	17.88±1.20	0.0683 ^{ns}
	2 years after thinning	15.35±0.57	17.97±1.09	17.66±0.71	0.0683 ^{ns}
	3 years after thinning	17.08±0.59	19.61±1.00	19.75±0.33	0.0564 ^{ns}
	4 years after thinning	18.16±0.58 ^b	20.88±1.12 ^a	21.49±0.07 ^a	0.0238 [*]
	5 years after thinning	18.87±0.75 ^b	21.74±1.04 ^a	22.70±0.33 ^a	0.0145 [*]
	6 years after thinning	18.92±0.67	21.95±2.42	21.69±0.45	0.222 ^{ns}
	7 years after thinning	18.42±0.84	20.74±2.93	22.81±0.24	0.0853 ^{ns}
	9 years after thinning	20.25±0.87 ^b	23.28±3.06 ^{ab}	25.76±0.39 ^a	0.0212 [*]
mean height (m)	Before thinning	14.96±0.69	16.08±0.62	15.59±0.66	0.188 ^{ns}
	Immediately after thinning	14.96±0.69	16.58±0.75	16.19±0.59	0.0597 ^{ns}
	1 year after thinning	15.16±0.75	17.58±1.11	16.89±1.04	0.0552 ^{ns}

Table 2 (continued)

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate Thinning	Heavy Thinning	
	2 years after thinning	16.11±0.95	17.85±0.78	17.28±0.93	0.125 ^{ns}
	3 years after thinning	16.35±0.61	17.90±0.40	17.23±1.45	0.131 ^{ns}
	4 years after thinning	16.53±0.55	18.30±0.89	17.77±1.36	0.152 ^{ns}
	5 years after thinning	16.82±0.44	18.24±0.73	17.47±1.65	0.257 ^{ns}
	6 years after thinning	17.72±0.10	18.50±1.28	18.41±1.59	0.612 ^{ns}
	7 years after thinning	17.36±0.40	18.50±0.84	18.24±0.88	0.23 ^{ns}
	9 years after thinning	19.01±0.29	20.57±1.12	20.21±0.50	0.121 ^{ns}

Remarks: Values are represented as mean±SD. and values followed by lowercase superscripts signify individual statistical differences among treatments at each measurement time. Treatments marked with different letters are significantly different so marked * significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$) and ^{ns} not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).

ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง

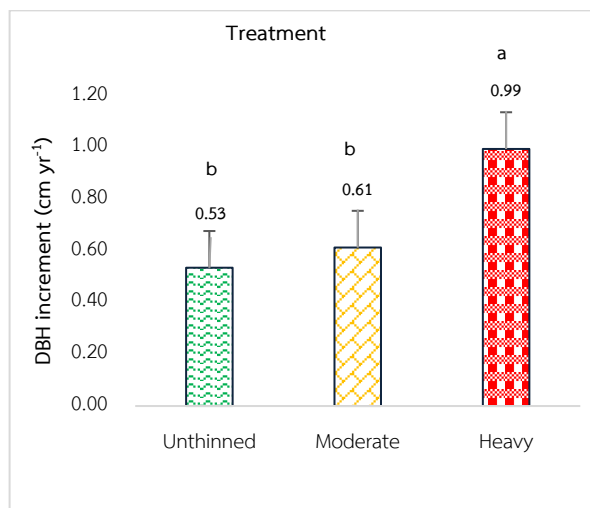
สำหรับความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสักทั้งหมดในพื้นที่หลังตัดขยายระยะ 9 ปี พบว่าไม้สักในแปลงตัดขยายระยะระดับหนักมีความเพิ่มพูนสูงสุด มีค่า 0.99 เซนติเมตรต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง มีค่า 0.61 เซนติเมตรต่อปี และแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่า 0.53 เซนติเมตรต่อปี ซึ่งแปลงตัดขยายระยะระดับหนักมีค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลางและแปลงไม่ตัดขยายระยะ ค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแปลงตัดขยายระยะระดับหนักเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะแสดงให้เห็นว่าในระยะเวลาที่เท่ากัน ต้นสักในแปลงตัดขยายระยะระดับหนักสามารถเติบโตเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะเกือบ 2 เท่า เนื่องจากการตัดขยายระยะในระดับความหนักที่มากพอทำให้ต้นไม้มีระยะห่างระหว่างต้นมากขึ้น ชั้นเรือนยอดและระบบรากสามารถแผ่กระจายและมีความสามารถในการสร้างอาหารได้มากขึ้นด้วยเช่นกัน ดัง RFD (2015) ได้กล่าวว่า การตัดต้นไม้บางต้นทำให้มีพื้นที่ว่างสำหรับการเติบโต (growing space) ของต้นไม้ ซึ่งหมายความว่า

การแบ่งปันทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งหมดที่มีอยู่ในพื้นที่ของต้นไม้ต้นหนึ่งด้วย ไม่ได้มีความหมายเพียงการครอบครองพื้นที่เชิงกายภาพของต้นไม้เท่านั้น เมื่อต้นไม้ได้รับทรัพยากรที่ถูกแบ่งปันเพิ่มมากขึ้นทำให้มีการสร้างส่วนที่เป็นใบ ราก และเนื้อไม้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้นไม้ในแปลงตัดขยายระยะสามารถเติบโตได้มากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะซึ่งมีความหนาแน่นของต้นไม้มากกว่าทำให้เรือนยอดของต้นไม้และระบบรากใกล้ชิดกันไม่สามารถรับแสงและธาตุอาหารเพื่อเพิ่มเติบโตได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้อัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแปลงไม่ตัดขยายระยะแตกต่างจากแปลงตัดขยายระยะแบบหนักอย่างชัดเจน สำหรับแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง มีการตัดต้นไม้ออกจำนวนน้อยกว่าแปลงตัดขยายระยะระดับหนักจึงทำให้มีพื้นที่ว่างที่ต่ำกว่าจึงส่งผลให้ต้นไม้ในแปลงสามารถเติบโตขยายการปกคลุมเรือนยอดในพื้นที่ว่างได้เร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกรมป่าไม้ RFD (2022) ได้ทำการศึกษาผลของการตัดขยายระยะไม้สักครั้งที่ 1 เมื่อไม้มีอายุ 7 ปี และครั้งที่ 2 เมื่อไม้มีอายุ 15 ปี พบว่าความเพิ่มพูนรายปีด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยต่อต้นของต้นสักทั้งหมดในพื้นที่หลังตัดขยายระยะ 9 ปี แปลงที่ตัดขยายระยะระดับปานกลางมีความเพิ่มพูนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่แปลงตัดขยายระยะระดับหนัก และแปลงไม่ตัดขยาย

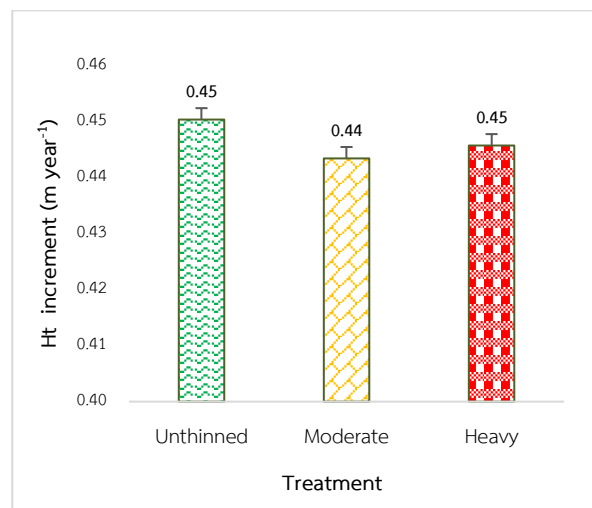
ระยะ ซึ่งควรต้องทำการตัดขยายระยะครั้งที่ 2 เพื่อเพิ่มอัตราการเพิ่มพูนเฉลี่ยของต้นไม้ในแปลง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะและความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีผลต่อความเพิ่มพูนรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน ดังแสดงใน Figure 2(a)

ความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นสักทั้งหมดในพื้นที่พบว่าในแปลงไม่ตัดขยายระยะ มีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่แปลงตัดขยายระยะระดับหนักและแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง ตามลำดับ แต่ไม่พบค่าความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ RFD (2022) ที่ได้รายงานผลของความหนักเบาในการตัดขยายระยะไม้สักซึ่งได้ทำการตัดขยายระยะ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นในต้น

สักทั้งหมดในพื้นที่พบว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงที่สุด และไม่พบค่าความแตกต่างทางสถิติ โดย Sahunalu (1999) กล่าวว่า การตัดขยายระยะต้นไม้ที่เปิดรับแสงอย่างเต็มที่ขึ้นอยู่โดดเดี่ยวหรือเติบโตในที่โล่ง อาจจะทำให้ต้นไม้มีความสูงลดลงไปบ้างก็ได้ แม้ว่าจะไม่มีเหตุผลที่ชัดเจนพอ แต่ก็อาจจะเป็นไปได้เพราะว่าเกิดการเติบโตของกิ่งและลำต้นบริเวณล่างแทนการเติบโตด้านความสูงก็ได้ ดังนั้นจึงควรทำการลิดกิ่ง (pruning) ภายหลังการตัดขยายระยะ 4-5 ปี เมื่อพิจารณาผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะ และระดับความหนักเบาของการตัดขยายระยะยังไม่มีผลกระทบต่อความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้านความสูงของหมู่ไม้ Figure 2(b)



(a) DBH increment of all teak trees



(b) height increment of all teak trees at 9 years after thinning

Figure 2 Mean annual (a) DBH increment of all teak trees and (b) height increment of all teak trees at 9 years after thinning

Remark: Treatments marked with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

ผลของการตัดขยายระยะต่อผลผลิตของหมู่ไม้

ปริมาตรหมู่ไม้และปริมาตรไม้รายต้น

ในส่วนของปริมาตรหมู่ไม้ในแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงตัดขยายระยะทั้งสองระดับ และมีค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอยู่ในปีที่ 1-2 เนื่องจากจำนวนต้นไม้ที่ลดลงอย่างชัดเจนหลังการตัดขยายระยะทันที ภายหลังการตัดขยายระยะปีที่ 3-9 ไม่พบค่าความแตกต่างนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีการเติบโตที่มากกว่าทำให้มีปริมาตรหมู่ไม้ที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้รายต้น พบว่าหลังการตัดขยาย

ระยะ แปลงตัดขยายระยะระดับหนัก และระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษานี้ในเรื่องของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกและค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก เมื่อภายหลังการตัดขยายระยะตั้งแต่ปี 4-9 ค่าเฉลี่ยปริมาตรไม้รายต้นในแปลงตัดขยายระยะระดับหนัก และระดับปานกลาง แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงไม่ตัดขยายระยะ เนื่องจากการตัดขยายระยะเป็นการเพิ่มโอกาสในการใช้ทรัพยากรของต้นไม้ที่เหลือในแปลง ส่งผลดีให้เรือนยอดและเรือนรากของต้นไม้ที่เหลือใน

แปลงตัดขยายระยะ สามารถเติบโตได้ดีกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะซึ่งมีความหนาแน่นของต้นไม้มากกว่า Table 3

ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของปริมาตรหมู่ไม้และความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมู่ไม้

ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของปริมาตรหมู่ไม้และความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมู่ไม้ พบมากที่สุดในการแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง รองลงมาคือแปลงตัดขยายระยะระดับหนัก และแปลงไม่ตัดขยายระยะตามลำดับ ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงใน Figure 3 เนื่องจากการตัดขยายระยะระดับปานกลางมีพื้นที่ว่างในแปลงน้อยกว่าแปลงตัดขยายระยะระดับหนักทำให้เรือนยอดต้นไม้สามารถปกคลุมพื้นที่ว่างได้เร็วกว่าส่งผลให้มีอัตราการเพิ่มพูนได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vacharangkura and Wiribancha (2002) ทำการทดลองตัดขยายระยะ 2 วิธีการ คือ การตัดขยายระยะแบบสองแถวเว้นสองแถว และการตัดขยายระยะแบบแถวเว้นแถว พื้นที่สวนป่าแม่มาย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ภายหลังการตัดขยายระยะ 3 ปี พบว่าการตัดขยายระยะทั้งสองวิธีการไม่มีผลต่อผลผลิตรวมทั้งหมด และ

อัตราการเติบโตทางด้านปริมาตรของหมู่ไม้ และ RFD (2022) ได้รายงานผลของการตัดขยายระยะไม้สักด้วยวิธีการตัดขยายระยะแบบขั้นเรือนยอดต่ำ พบว่า การเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้พบมากที่สุดในการแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง รองลงมาคือ แปลงตัดขยายระยะระดับหนักและแปลงไม่ตัดขยายระยะ ตามลำดับ ส่วนความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมู่ไม้พบสูงที่สุดในแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง รองลงมาได้แก่แปลงตัดขยายระยะระดับหนัก และแปลงไม่ตัดขยายระยะตามลำดับ ดังคำกล่าวของ Sahunalu (1999) ว่าการตัดขยายระยะอย่างหนักแต่ไม่บ่อยครั้งจะลดปริมาณผลผลิตทั้งหมดของหมู่ไม้ลดลง เนื่องจากมีช่วงเวลาระหว่างที่พื้นที่ว่างถูกเรือนยอดครอบคลุมได้หมดนั้นยาวนานขึ้น และการตัดขยายระยะระดับเบาแต่บ่อยครั้งเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียปริมาตรไม้ เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 ปี ช่องว่างระหว่างเรือนยอดของหมู่ไม้จะมีสภาพหนาแน่นเหมือนก่อนการตัดขยายระยะในระยะเวลาไม่นานนัก ดังนั้นโดยทั่วไปควรจะทำให้การตัดขยายระยะด้วยวิธีที่จะเพิ่มการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้มากเพียงพอที่จะไปเพิ่มปริมาตรหรือมูลค่าเนื้อไม้

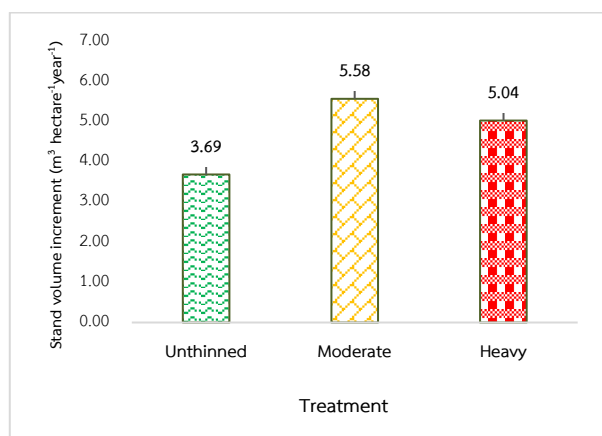
Table 3 Stand volume and mean stem volume of teak under different thinning intensities.

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate Thinning	Heavy Thinning	
stand volume (m ³ ha ⁻¹)	Before thinning	81.54±5.67	98.40±15.41	87.14±16.26	0.354 ^{ns}
	Immediately after thinning	81.54±5.67 ^a	59.48±14.40 ^{ab}	37.56±7.40 ^b	0.00479 ^{**}
	1 year after thinning	88.46±10.34 ^a	67.79±10.99 ^a	41.08±8.74 ^b	0.00353 ^{**}
	2 years after thinning	79.25±2.48 ^a	66.21±13.87 ^a	40.50±6.63 ^b	0.00509 ^{**}
	3 years after thinning	79.05±12.88	76.40±18.81	44.25±11.44	0.05 ^{ns}
	4 years after thinning	85.48±14.42	83.65±19.54	52.15±13.71	0.0766 ^{ns}
	5 years after thinning	93.11±16.16	91.52±16.86	58.54±13.03	0.0571 ^{ns}
	6 years after thinning	95.02±14.06	89.13±15.51	62.71±16.23	0.859 ^{ns}
	7 years after thinning	89.96±15.02	87.98±14.97	61.13±16.19	0.109 ^{ns}
mean stem volume (m ³ tree ⁻¹)	9 years after thinning	114.65±16.51	116.58±16.19	84.79±22.26	0.14 ^{ns}
	Before thinning	0.13±0.01	0.17±0.03	0.15±0.02	0.0755 ^{ns}
	Immediately after thinning	0.13±0.01 ^b	0.20±0.03 ^a	0.19±0.03 ^a	0.0207 [*]
	1 year after thinning	0.14±0.02	0.22±0.05	0.21±0.04	0.0796 ^{ns}
	2 years after thinning	0.15±0.02	0.22±0.03	0.21±0.03	0.0729 ^{ns}

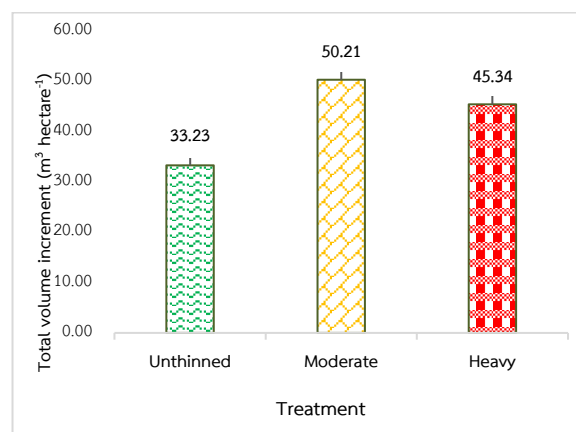
Table 3 (continued)

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate Thinning	Heavy Thinning	
	3 years after thinning	0.18±0.01	0.27±0.03	0.25±0.03	0.0617 ^{ns}
	4 years after thinning	0.20±0.02 ^b	0.31±0.03 ^b	0.31±0.02 ^{ab}	0.0367 [*]
	5 years after thinning	0.22±0.02 ^b	0.33±0.03 ^a	0.33±0.02 ^a	0.0185 [*]
	6 years after thinning	0.23±0.02 ^b	0.33±0.05 ^a	0.36±0.01 ^a	0.0325 [*]
	7 years after thinning	0.22±0.02 ^b	0.33±0.05 ^{ab}	0.35±0.01 ^a	0.0286 [*]
	9 years after thinning	0.29±0.02 ^b	0.44±0.07 ^a	0.49±0.00 ^a	0.00456 ^{**}

Remark: Values are represented as mean±S.D. and values followed by lowercase superscripts signify individual statistical differences among treatments at each measurement time. Treatments marked with different letters are significantly different so marked * significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** very significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$) and ^{ns} not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).



(a) stand volume increment of teak increment



(b) total volume increment

Figure 3 Mean annual (a) stand volume increment of teak increment under different thinning intensities at 9 years after thinning and (b) total volume increment of teak thinned at difference intensities 9 years after thinning

ปริมาตรของไม้สักรทั้งหมด

ผลผลิตด้านปริมาตรของสักรทั้งหมดในแปลง ประกอบด้วย ปริมาตรของสักรที่ถูกตัดขยายระยะออกจากพื้นที่ ปริมาตรของต้นสักรที่ตาย และปริมาตรที่มีอยู่ในปัจจุบัน ผลผลิตด้านปริมาตรของไม้สักรหลังการตัดขยายระยะ 9 ปี พบว่า ปริมาตรทั้งหมดมีค่าสูงที่สุดในแปลงไม่ตัดขยายระยะ รองลงมา คือแปลงตัดขยายระยะระดับปานกลาง และแปลงตัดขยายระยะระดับหนักตามลำดับ เนื่องจากแปลงไม่ตัดขยายระยะ ไม่มีการตัดต้นไม้ออกจากแปลงทำให้มีจำนวนต้นมากกว่าแปลง

ตัดขยายระยะ แต่ในขณะเดียวกันในแปลงไม่ตัดขยายระยะ กลับมีจำนวนต้นสักรตายตามธรรมชาติมากที่สุด เนื่องจากการแก่งแย่งแข่งขันของหมู่ไม้ และเป็นการสูญเสียปริมาตรไม้ในแปลงโดยที่ไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์สูงสุด ดังปรากฏใน Table 4 สำหรับแปลงตัดขยายระยะถึงแม้จะมีผลผลิตด้านปริมาตรน้อยกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะ แต่จากการศึกษาพบว่าแปลงตัดขยายระยะมีค่าเฉลี่ยการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก และอัตราการเพิ่มพูนทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก มากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง Sahunalu (1999) ได้กล่าวว่า การตัดขยายระยะมักจะไปทำให้ปริมาณผลผลิตรวมทั้งหมด (gross production) ลดลง แต่จะเพิ่มดัชนีการทำไม้เนื่องจากเนื้อไม้ส่วนมากจะมีขนาดใหญ่และจะมีผลผลิตที่นำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และต้นไม้ที่มีขนาดความโตมากส่งผลให้ไม้

มีราคาสูงมาก ดังจะเห็นได้จากการกำหนดตารางกำหนดราคาจำหน่ายไม้สักสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (RFD, 2017) พบว่าราคาของไม้สักราคาสูงขึ้นตามขนาดความโตและความยาวท่อน

Table 4 Total stand volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) of teak under different thinning intensities.

Treatment	Volume of thinned trees	Volume of dead trees	Current volume	Total volume	Mortality (tree ha^{-1})
unthinned	0.00	61.94	38.25	100.19	200
moderate thinning	13.13	4.56	37.81	55.56	31
heavy thinning	18.38	5.69	27.63	51.75	31

ผลของการตัดขยายระยะต่อรูปทรงของต้นไม้

การศึกษาผลของการตัดขยายระยะต่อรูปทรงต้นไม้ ใช้ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (Ht) และความสูงถึงฐานเรือนยอด (Hb) คำนวณรูปทรงของต้นไม้เพื่อแสดงถึงเสถียรภาพ (stability) ของต้นไม้ ได้แก่ อัตราส่วนของเรือนยอดที่มีชีวิตอยู่ ค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และ ฟอรัมแฟกเตอร์ที่กำหนด

อัตราส่วนของเรือนยอดที่มีชีวิตอยู่ เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถของเรือนยอดต้นไม้ในการสร้างอาหารเพื่อเลี้ยงส่วนที่เหลือของต้นไม้ (Sahunalu, 1999) จากการศึกษาพบว่าภายหลังการตัดขยายระยะในปีที่ 1-2 ปีที่ 5 และปีที่ 7 ปรากฏค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแปลงตัดขยายระยะ และไม่ได้ตัดขยายระยะ และพบค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในปีที่ 9 โดยแปลงตัดขยายระยะระดับหนักมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แปลงตัดขยายระยะระดับปานกลางและแปลงไม่ตัดขยายระยะ โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 65, 64 และ 54 ตามลำดับ ดัง Table 5 ต้นไม้จะเติบโตได้ดีเมื่อมีค่าอัตราส่วนเรือนยอดที่มีชีวิตอยู่ร้อยละ 40 ขึ้นไป ถ้าน้อยกว่าร้อยละ 30 จะทำให้ความแข็งแรงของต้นไม้ลดลง และทำให้การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงด้วย (Suwannaphinan, 2002) ซึ่งแปลงตัดขยายระยะทั้ง 2 ระดับ มีค่า live crown ratio ที่สูง ทำให้ใบไม้ในเรือนยอดสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น ระบบรากสามารถกระจายเพื่อหาน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้ต้นไม้แปลงตัด

ขยายระยะมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างชัดเจน

สำหรับอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก จากการศึกษาพบว่าในแปลงตัดขยายระยะ และไม่ตัดขยายระยะ ภายหลังการตัดขยายระยะปีที่ 3-5 ปรากฏค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ภายหลังการตัดขยายระยะปีที่ 6-9 สำหรับแปลงไม่ตัดขยายระยะจะมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากไม่มีการตัดต้นไม้ ออก ทำให้มีความสามารถในการเติบโตทางด้านความโตน้อยลง ในขณะที่เดียวกันแปลงตัดขยายระยะระดับหนักจะมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ว่างในแปลงส่งเสริมให้ต้นไม้สามารถเติบโตได้ดีทำให้มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูง จึงทำให้ค่าอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang *et al.* (1998) ที่ได้ทำการศึกษาไม้จำนวน 5 ชนิดในป่าผสมทางตอนเหนือของประเทศแคนาดา พบว่าค่า Slenderness แปรผกผันกับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง ความกว้างของเรือนยอด และอายุ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Oyebade *et al.* (2015) ที่ได้ศึกษาในไม้สน *Pinus caribaea* ในประเทศไนจีเรีย พบว่าค่า slenderness แปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก อายุ และลักษณะของเรือนยอด และ Sahunalu (1999) ได้กล่าวว่า ต้นไม้เรือนยอดเด่นมีค่าอัตราส่วนนี้ต่ำเนื่องจากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เปลี่ยนแปลงเป็นตัวชี้ถึงการสูญเสียความแข็งแรงได้มากกว่าความสูง และค่าอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในไม้ชั้นเรือน

ยอดเท่ากับ 100 หรือมากกว่านี้แล้วหนุ่ไม้ส่วนใหญ่มักถูกลมพัดหัก ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าไม้นั้นทั้ง 3 แผนการทดลองมีค่าต่ำกว่า 100 จะทำให้ต้นไม้ลดความเสี่ยงจากการโค่นล้มจากลมพายุได้ อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกหากมีค่าสูง หมายความว่าต้นไม้มีความโตน้อยแต่มีความสูงมาก (RFD, 2017) ซึ่งแปลงตัดขยายระยะระดับหนักที่มีค่าความโตมากจึงมีค่าอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำ

ฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนดเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรที่แท้จริงของต้นไม้กับปริมาตรของรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก ผลของการตัดขยายระยะต่อค่าฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนด พบว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่าสูงสุด และมีค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงที่ตัดขยายระยะในปีที่ 7 และ 9 หลังจากการตัดขยาย

ระยะ ซึ่งจากผลการศึกษาแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่าฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนด สูงกว่าแปลงตัดขยายระยะซึ่งเกิดจากต้นไม้มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะ ฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนดหากมีค่าสูงแสดงว่าปริมาตรของต้นไม้ไม่แตกต่างจากปริมาตรของรูปทรงกระบอก (RFD, 2022) และ Sahunalu (1999) ได้กล่าวว่า ต้นไม้ที่แข็งแรงจะเพิ่มเนื้อไม้ตามระดับล่างเพื่อตอบสนองต่อความเครียดเชิงกลที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักเรือนยอด ทำให้ต้นไม้ที่มีเรือนยอดเด่น (dominant tree) จะพัฒนาความเรียวมากและมีความแข็งแรงมาก ต้นไม้ที่ถูกเบียดบังหรือถูกข่มจะมีลำต้นเป็นรูปทรงกระบอกส่งผลให้ต้นไม้อ่อนแอ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะ และความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีผลต่อค่าฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนดดังแสดงใน Table 5

Table 5 Stem form characteristics of teak under different thinning intensities

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate thinning	Heavy thinning	
live crown ratio (%)	before thinning	55.60±1.68	59.29±3.84	55.82±2.63	0.282 ^{ns}
	immediately after thinning	55.60±1.68	60.00±5.01	57.59±2.94	0.386 ^{ns}
	1 year after thinning	54.08±0.74 ^b	60.09±2.23 ^a	58.26±2.63 ^a	0.027 [*]
	2 years after thinning	54.22±1.36 ^b	60.52±0.80 ^a	58.67±0.74 ^a	0.0233 [*]
	3 years after thinning	51.95±2.42	59.07±5.10	60.22±0.55	0.168 ^{ns}
	4 years after thinning	56.13±8.36	62.44±3.39	65.67±1.80	0.172 ^{ns}
	5 years after thinning	56.27±3.76 ^b	61.86±3.76 ^{ab}	66.25±3.47 ^a	0.0347 [*]
	6 years after thinning	56.28±5.26	59.30±4.89	62.77±2.21	0.248 ^{ns}
	7 years after thinning	50.87±1.35 ^b	58.81±2.37 ^a	60.64±2.20 ^a	0.0242 [*]
	9 years after thinning	53.75±2.63 ^b	63.56±2.04 ^a	64.94±0.81 ^a	0.00145 ^{**}
slenderness ratio (%)	before thinning	98.46±3.02	98.65±1.06	98.81±2.21	0.885 ^{ns}
	immediately after thinning	98.46±3.02	94.36±1.92	93.34±4.20	0.236 ^{ns}
	1 year after thinning	99.55±1.79	98.26±3.06	95.20±3.14	0.368 ^{ns}
	2 years after thinning	107.73±1.52 ^a	100.57±1.99 ^b	98.87±1.9 ^b	0.0316 [*]
	3 years after thinning	98.33±0.81 ^a	92.17±2.66 ^b	87.61±6.06 ^b	0.0128 [*]
	4 years after thinning	94.67±1.47 ^a	88.72±1.25 ^b	83.02±7.11 ^c	0.00292 ^{**}
	5 years after thinning	90.96±3.04 ^a	85.04±1.39 ^a	77.17±8.39 ^b	0.00781 ^{**}

Table 5 (continued)

Stand characteristic	Number of years after thinning	Treatment			p-value
		Unthinned	Moderate thinning	Heavy thinning	
	6 years after thinning	95.08±1.39 ^a	84.69±2.09 ^b	80.08±8.43 ^b	0.00529 ^{**}
	7 years after thinning	96.62±2.05 ^a	86.37±3.09 ^b	80.03±5.05 ^c	<0.0001 ^{***}
	9 years after thinning	96.39±2.05 ^a	86.98±3.09 ^{ab}	78.74±5.05 ^c	0.00265 ^{**}
artificial	before thinning	0.49±0.00	0.50±0.02	0.49±0.00	0.885 ^{ns}
form factor	immediately after thinning	0.49±0.00	0.48±0.01	0.49±0.01	0.236 ^{ns}
	1 year after thinning	0.49±0.00	0.48±0.01	0.47±0.02	0.368 ^{ns}
	2 years after thinning	0.49±0.00 ^a	0.48±0.01 ^b	0.48±0.00 ^{ab}	0.0332 [*]
	3 years after thinning	0.48±0.00	0.48±0.00	0.47±0.00	0.308 ^{ns}
	4 years after thinning	0.48±0.00	0.48±0.02	0.47±0.00	0.609 ^{ns}
	5 years after thinning	0.48±0.00	0.48±0.02	0.47±0.00	0.579 ^{ns}
	6 years after thinning	0.47±0.01	0.47±0.00	0.46±0.00	0.178 ^{ns}
	7 years after thinning	0.48±0.00 ^a	0.47±0.00 ^b	0.46±0.00 ^a	0.011 [*]
	9 years after thinning	0.47±0.00 ^a	0.46±0.00 ^b	0.45±0.00 ^b	0.011 [*]

Remark: Values are represented as mean±S.D. and values followed by lowercase superscripts signify individual statistical differences among treatments at each measurement time. Treatments marked with different letters are significantly different so marked * significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** very significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$) *** highly significant at 0.001 level ($p \leq 0.001$) and ^{ns} not significant at 0.05 level ($p > 0.05$)

สรุป

การตัดขยายระยะที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน ส่งผลให้ความหนาแน่นหมู่ไม้ระหว่างแปลงไม่ตัดขยายระยะ และแปลงตัดขยายระยะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อภายหลังการตัดขยายระยะ 9 ปี พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสักในแปลงตัดขยายระยะระดับหนักระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.76 เซนติเมตร และ 23.28 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างจากแปลงไม่ตัดขยายระยะที่มีค่า 20.25 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ในแปลงตัดขยายระยะระดับหนัก มีค่า 0.99 เซนติเมตรต่อปี ในขณะที่แปลงไม่ตัดขยายระยะ มีค่าเพียง 0.53 เซนติเมตรต่อปีเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าในระยะเวลาที่เท่ากันแปลงตัดขยายระยะระดับหนักสามารถเติบโตเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะเกือบ 2 เท่า ใน

ขณะเดียวกันค่าปริมาตรไม้เฉลี่ยรายต้นในแปลงตัดขยายระยะระดับหนัก ระดับปานกลาง และไม่ตัดขยายระยะ มีค่า 0.49, 0.44 และ 0.29 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแปลงตัดขยายระยะทั้งสองระดับมีค่ามากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าปริมาตรหมู่ไม้ต่อเฮกตาร์ ความเพิ่มพูนเฉลี่ยของปริมาตรหมู่ไม้ และปริมาตรรวมไม้ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามแปลงไม่ตัดขยายระยะได้สูญเสียต้นไม้จากการตายตามธรรมชาติ เฉลี่ย 200 ต้น/เฮกตาร์ มากกว่าแปลงตัดขยายระยะทั้งสองระดับที่มีเพียง 31 ต้น/เฮกตาร์ การตายตามธรรมชาติดังกล่าวจึงเป็นการเสียโอกาสในการใช้เนื้อไม้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้การตัดขยายระยะยังส่งผลดีต่อเสถียรภาพของต้นไม้ ซึ่งจะเห็นได้จากค่า Live crown ratio ในแปลงตัดขยายระยะทั้งสองระดับความหนาแน่นมีค่าเท่ากับร้อยละ 65 และ 64 ตามลำดับ มากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะที่มีเพียงร้อยละ 53 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Live crown ratio ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัด

ความสามารถของเรือนยอดต้นไม้ในการสร้างอาหารแก่ต้นไม้เมื่อมีค่ามากย่อมทำให้ต้นไม้เติบโตได้มากขึ้นนั่นเอง ในทางตรงกันข้าม ค่าอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและค่าฟอร์มแฟกเตอร์ที่กำหนดของแปลงตัดขยายระยะมีค่าน้อยกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าต้นสักในแปลงตัดขยายระยะมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่มากกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะ ดังนั้นการตัดขยายระยะแบบขึ้นเรือนยอดต่ำ ที่ระดับความหนักเบา ระดับปานกลางและระดับหนัก จึงเป็นข้อเสนอแนะให้แก่เกษตรกรผู้มีส่วนป่าสักได้ตัดสินใจตัดขยายระยะต้นไม้มือเพื่อเพิ่มการเติบโตและเพิ่มเสถียรภาพความแข็งแรงของหมู่ไม้ ทั้งนี้เพื่อสร้างมูลค่าของไม้สูงสุดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ปลูก เนื่องจากการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ เป็นการเก็บเมื่อหมู่ไม้มีอายุ 19 ปี ซึ่งไม้สักยังคงสามารถที่เติบโตต่อไปได้อีก ดังนั้น จึงควรทำการเก็บข้อมูลในระยะยาวเพื่อให้ได้ข้อมูลในการจัดการสวนป่าสักได้ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

คำนิยม

ขอขอบพระคุณทางหุ้นส่วนจำกัดโรงเลื่อยจักรท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล รวมถึงเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูล

REFERENCES

- Forestry Commission. 2015. **Field Guide Thinning Control**. <https://cdn.forestresearch.gov.uk/2015/09/fcfc004.pdf>, 23 October 2023. (in Thai)
- Gonçalves, A.C. 2020. Thinning: An overview. **Silviculture**, 1: 1-19. doi:10.5772/intechopen.93436
- Himaphan, W. 2023. **How to Selected Tree for Thinning**. Silvicultural Research Group. Forest Research and Development Bureau Royal Forest Department. http://forprod.forest.go.th/forprod/silvic/for_plant/JIRCAS-1, 5 March 2023. (in Thai)
- Land Development Department. 2023. **62 Soil Series Groups**. http://oss101.ddd.go.th/web_thaisoils/62_soilgroup/main_62soilgroup.htm, 18 April 2023. (in Thai)
- Meteorological Department. 2023. **Index Data by Province**. <http://climate.tmd.go.th/data/province/pdf>, 18 April 2023. (in Thai)
- Oyebade, B.A., Eguakun, F.S., Egberibin, A. 2015. Tree Slenderness Coefficient (TSC) and tree Growth Characteristics (TGCS) for *Pinus caribaea* in Omo Forest Reserve, Nigeria. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**, 9(3): 56-62. doi: 10.9790/2402-09325662
- Pandey, D., Brown, C. 2000. Teak: a global overview. **Unasylva**, 201(51): 3-13.
- Phusudsawang, A. 2010. **Economic Plantation and Management of Teak for Farmers and the Private Sector**. Augsorn Siam Printing. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2015. **Guidelines Thinning Method for Commercial Forest Plantations**. Kaew Chao Chom Media and Publishing Center, Suan Sunandha Rajabhat University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2017. **Techniques to Increase Productivity for Teak Plantations, The Final Report of the Research Project Sustainable Teak Plantation, Management Plan for Farmers**. http://forprod.forest.go.th/forprod/silvic/for_plant/data/RFD/3.pdf, 28 January 2023. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2022. **Silvicultural for Increasing Growth, Yield and Methods for Estimating Production of Teak Plantations**. http://forprod.forest.go.th/forprod/silvic/for_plant/Research-1.html, 28 January 2023. (in Thai)
- Sahunalu, P. 1999. **Applied Ecology in Silviculture**. Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Suwannaphinan, W. 2002. **Silvicultural System** (3rd ed.). Department of Silviculture. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- The Customs Department. 2023. **Statistical Data**. http://www.customs.go.th/statistic_report, 6 March 2023. (in Thai)
- Vacharangkura, T., Himmapan, W. 2018. Variable-top merchantable volume equations for teak (*Tectona grandis* Linn. f.) in Thailand. **Journal of Forest Management**, 12(24): 1-13. (in Thai)
- Vacharangkura, T., Wiribancha, C. 2002. Clear-cutting extension and stump sprouting of teak plantations: growth of teak plantations during 3 - years period after clear-cutting extension. In **Proceedings of the Forestry Conference 2002. "The Potential of Forests for Thai Economic Recovery"**. Department of Forestry, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand. pp. 83-102. (in Thai)
- Wang, Y., Titus, S.J., LeMay, V.M. 1998. Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. **Canadian Journal of Forest Research**, 28(8): 1171-1183. doi.org/10.1139/x98-092
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ
ระบบเอ็นแคป: กรณีศึกษาพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ จังหวัดกำแพงเพชร
Analysis of Factors in Selecting Suitable Areas for Installing Automatic Camera
Traps in Network-Centric, Anti-Poaching System: Case Study of Mae Wong
National Park, Kam Phaeng Phet Province

พีรณัฐ มีวรรณสุขกุล^{1,2}Peeranut Meevanasukkul^{1,2}ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล^{1*}Laddawan Rianthakool^{1*}รองลาภ สุขมาสรวง¹Ronglarp Sukmasuang¹เนรมิต สงแสง³Neramt Songsaeng³คมสัน มณีกาญจน์⁴Komson Maneeekan⁴ศุภาวรรณ อุดมสิน⁵Supawan Audomsin⁵¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Protected Area Rehabilitation and Development Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand³อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะช้าง สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่2 (ศรีราชา) อำเภอกะเปอร์ ตรัง 93000³Mu Ko Chang National Park, Protected Area Regional Office 2 Sriracha, Amphoe Ko Chang, Trat 93000, Thailand⁴อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่12 (นครสวรรค์) อำเภอปางศิลาทอง กำแพงเพชร 62120⁴Mae Wong National Park, Protected Area Regional Office 12 Nakhon Sawan, Amphoe Pang Sila Thong, Kamphaeng Phet 62120, Thailand⁵สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 4 (สุราษฎร์ธานี) อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000⁵Protected Areas Regional Office 4 Surat Thani, Amphoe Mueng Surat Thani, Surat Thani 84000, Thailand

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

รับต้นฉบับ 18 ธันวาคม 2566

รับแก้ไข 13 มีนาคม 2567

รับลงพิมพ์ 18 มีนาคม 2567

ABSTRACT

The current depletion of natural resources, forests, and wildlife is occurring due to illegal activities such as deforestation and wildlife hunting. The Network-Centric Anti-Poaching System (NCAPS) has been developed as a technological solution to counteract these challenges. This study focused on selecting suitable sites to install NCAPS and mitigate illegal activities affecting ecosystems. The research considered eight physical factors: elevation, slope, distance from villages, distance from roads, distance from streams, distance from guard units, distance from salt licks, and cell phone signal strength coverage. Utilizing the Analytical Hierarchy Process (AHP), pairwise comparisons were made of the data to determine the relative importance of these factors in the installation of NCAPS automatic camera traps. The analysis revealed that cell phone signal strength coverage was the most important factor, with the highest score of 0.324. Overlaying these factors identified five levels representing varying degrees of suitability for the installation of NCAPS. Notably, the most suitable area, comprising approximately 50.489 ha or 0.055% of the total area, was situated along the boundaries of Mae Wong National Park, in proximity to villages and roads. This comprehensive analysis suggested a sustainable management plan for Mae Wong National Park, emphasizing the strategic deployment of NCAPS to address issues such as intrusion, illegal logging, wildlife hunting, and external threats to wildlife.

Keywords: Analytical hierarchy process (AHP); Geographic information system; Network centric anti-poaching system (NCAPS); Mae Wong National Park

บทคัดย่อ

ทรัพยากรธรรมชาติป่าไม้และสัตว์ป่ามีแนวโน้มลดลงอย่างมาก เนื่องจากสาเหตุสำคัญหลายประการ ได้แก่ การบุกรุกลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ล่าสัตว์ป่า เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนานำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาปรับใช้แก้ไขปัญหา คือ ระบบเฝ้าระวังการกระทำผิดกฎหมายด้วยการป่าไม้หรือที่เรียกว่า ระบบเอ็นแคป (network centric anti-poaching system, NCAPS) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปประกอบด้วย 8 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงของพื้นที่ ความลาดชัน ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากแม่น้ำ ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า ระยะห่างจากโปง และขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) โดยการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปที่ละคู่ จากการให้ค่าคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ และวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักคะแนนมากที่สุด คือ ปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 0.324 จากการซ้อนทับข้อมูลปัจจัยสามารถแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยระดับพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปมีประมาณ 50.489 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.055 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปอยู่บริเวณตามแนวขอบเขตของอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ที่ติดกับหมู่บ้านและถนน ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการวางแผนพิจารณาการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป โดยพิจารณาจากปัจจัยที่เหมาะสมในการติดตั้งเพื่อการป้องกันและการเฝ้าระวังการบุกรุกลักลอบตัดไม้ ล่าสัตว์ป่า และปัญหาสัตว์ป่าออกนอกพื้นที่ รวมทั้งปัจจัยคุกคามด้านอื่น ๆ และเป็นแผนการบริหารจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่วงก์อย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป อุทยานแห่งชาติแม่วงก์

คำนำ

ทรัพยากรธรรมชาติด้านป่าไม้และสัตว์ป่ามีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ปัจจุบันพบว่าทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้มีแนวโน้มลดลงอย่างมากเนื่องจากสาเหตุสำคัญหลายประการ เช่น การบุกรุกลักลอบตัดไม้ทำลายป่า เพื่อความต้องการใช้พื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มมากขึ้น (Wannasatid *et al.*, 2020) การล่าสัตว์ป่าตามวิถีชีวิตของคนในชุมชนรอบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เป็นต้น จากการตรวจสอบสถิติด้านการป่าไม้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าเหลืออยู่ 16,353,989.499 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 31.59 ของพื้นที่ประเทศ (Royal Forest Department, 2021) สาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ของประเทศลดลงเนื่องมาจากการบุกรุกทำลายกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งมีพันธกิจหลักคือการจัดการบริหาร ป้องกัน และดูแลพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของประเทศ มีการบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน จากปัญหาการลักลอบบุกรุกทำลายป่าและล่าสัตว์ ด้านงานการคุ้มครองป้องกัน ได้มีการพัฒนา

“ระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพ (SMART Patrol System)” (Wildlife Conservation Society, 2021) โดยมีจุดมุ่งหมายให้เจ้าหน้าที่มีการจัดเก็บข้อมูลด้านสถานภาพสัตว์ป่า และปัจจัยคุกคามที่ตรวจพบในแต่ละช่วงเวลา และในแต่ละพื้นที่ให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นำไปสู่การวางแผนการปฏิบัติงานลาดตระเวน และการจัดการพื้นที่เพื่อป้องกันพื้นที่อนุรักษ์

อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ เป็นส่วนหนึ่งในกลุ่มป่าตะวันตก (Western Forest Complex) ซึ่งเป็นกลุ่มป่าอนุรักษ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,920,000 เฮกตาร์ (Sukprasert, 2013) มีความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต เป็นแหล่งกำเนิดของต้นน้ำลำธารหลายสาย มีพื้นที่ราบลุ่มน้ำ เป็นแหล่งอาหารให้กับบรรดาสัตว์กินพืช ขณะเดียวกันสัตว์กินพืชเหล่านี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่ดึงดูดผู้ล่าที่สำคัญเข้ามาหากินได้แก่ เสือโคร่ง จากข้อมูลการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ และการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพพบเสือโคร่งเข้าใช้พื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มน้ำแห่งนี้ จึงนับว่าอุทยานแห่งชาติแม่วงก์เป็นถิ่นอาศัยและแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์ป่า แต่ปัจจุบันยังคงพบปัญหาการลักลอบบุกรุกทำลายป่า

การลักลอบล่าสัตว์ (Wiratphinthu and Kansorn, 2015) รวมถึงเริ่มมีปัญหาล่าสัตว์ป่าออกหากินนอกพื้นที่ จากการกระจายตัวของช้างป่า ที่มีการใช้ถิ่นอาศัยกว้าง (landscape species) (Trisurat, 2003) ปัญหาดังกล่าวนั้นที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ทั้งหมด ส่วนหนึ่งอาจเกี่ยวเนื่องจากการบริหารของเจ้าหน้าที่ เช่น ขาดอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ทั้งด้านการสนับสนุนป้องกันและประชาสัมพันธ์ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีจำนวนที่ไม่เพียงพอ สภาพพื้นที่ที่เข้าถึงยาก อุทยานแห่งชาติแม่วงก์จึงนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ไขปัญหา คือ ระบบเฝ้าระวังการกระทำผิดกฎหมายด้านการล่าสัตว์หรือที่เรียกว่า ระบบเอ็นแคป (network centric anti-poaching system: NCAPS) มาประยุกต์ใช้ในการป้องกันการกระทำผิดด้านทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2021) รวมถึงการติดตามเฝ้าระวังสัตว์ป่าออกนอกพื้นที่ แต่ด้วยข้อจำกัดหลายๆประการระบบเอ็นแคปจึงยังไม่ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ทั่วพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

ระบบเอ็นแคป เป็นระบบที่ประยุกต์มาจากการใช้กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ (camera trap) ซึ่งมีความแตกต่างที่มีการเพิ่มเสาส่งสัญญาณขึ้นมา โดยตำแหน่งที่ติดตั้งกล้องวิเคราะห์จากฐานข้อมูลภัยคุกคามจากการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ ซึ่งกล้องจะจับภาพคนและสัตว์ป่าที่เคลื่อนไหวผ่านหน้าตัวกล้อง โดยใช้ระบบอินฟราเรดในการตรวจจับความร้อนของคนหรือสัตว์ที่เดินผ่านหน้ากล้อง (infrared sensor technology) แล้วส่งภาพกลับมายังศูนย์ควบคุมผ่านระบบเครือข่ายสื่อสาร เช่น ระบบสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Global Conservation, 2020) เมื่อภาพถูกส่งมาเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมทำการวางแผนและเข้าตรวจสอบพื้นที่ ตำแหน่งในการติดตั้ง

กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปเพื่อการเฝ้าระวังการลักลอบบุกรุกตัดไม้หรือล่าสัตว์ จะประเมินการติดตั้งตามบริเวณจุดเสี่ยงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติและแนวขอบเขตอุทยานแห่งชาติ โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลปัจจัยคุกคามที่พบบนเส้นทางลาดตระเวน จึงประกอบไปด้วยหลายปัจจัย การศึกษานี้จึงได้วิเคราะห์ปัจจัยเพื่อจัดลำดับชั้นความสำคัญของปัจจัยในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป เพื่อป้องกันการลักลอบตัดไม้และล่าสัตว์ โดยการจัดลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย (multi-criteria decision analysis) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจโดยวิเคราะห์จากปัญหาของปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (analytical hierarchy process, AHP) (Saaty, 1980) เป็นวิธีการที่ช่วยแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา (Khiaosalab and Tongdeenok, 2015) และประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติแม่วงก์ มีพื้นที่ประมาณ 89,400 เฮกตาร์ พิกัดภูมิศาสตร์ 47P 0523909E, 1758047N ภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนเป็นแหล่งกำเนิดของต้นน้ำลำธารหลายสาย มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,100 มิลลิเมตร สภาพป่าทั่วไปเป็นป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และทุ่งหญ้า (Pansawang *et al.*, 2017) ดัง Figure 1

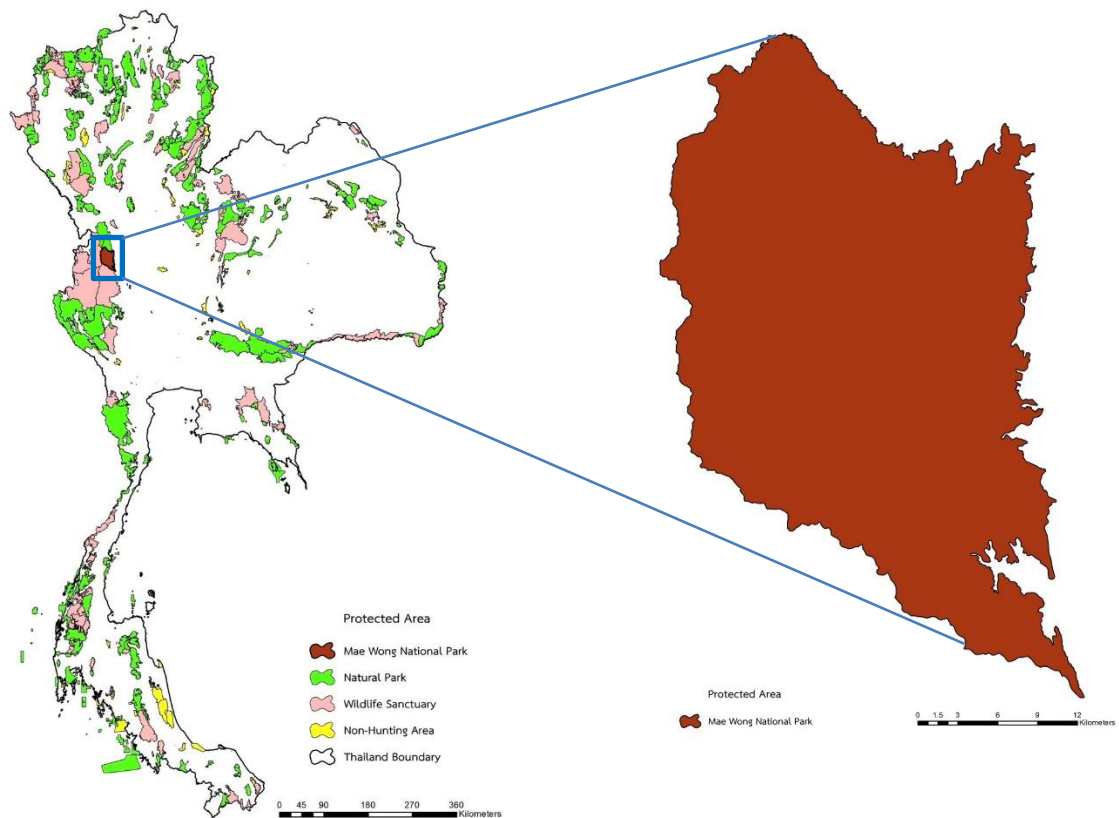


Figure 1 Map of Mae Wong National Park, Kam Phaeng Phet province

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้ได้พิจารณาถึงปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปลูกพื้นที่ป่าอนุรักษ์ทั้งในและนอกบริเวณอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ รวมถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า (Bhumpakphan, 2000) สำหรับนำมาพิจารณาการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป ประกอบด้วย 8 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงของพื้นที่ ความลาดชัน ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากแม่น้ำ ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า ระยะห่างจากโปง และขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ข้อมูลปัจจัยดังกล่าวเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุทยานแห่งชาติฯ ในระบบฐานข้อมูลการลาดตระเวนเชิงคุณภาพ ส่วนข้อมูลขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่เก็บข้อมูลโดยการสำรวจพื้นที่บริเวณแนวขอบเขตของอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ และพื้นที่เป้าหมายของอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ เนื่องจากขอบเขตพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างหมู่บ้านกับพื้นที่ป่าอนุรักษ์ รวมถึงยึดหลักการการทำงานของกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปที่มีการติดตั้งตามแนวขอบเขตอุทยานแห่งชาติฯ เพื่อที่สามารถบันทึกพฤติกรรมหรือปัจจัยคุกคามที่

เข้ามาในพื้นที่ แล้วส่งกำลังเจ้าหน้าที่เข้าตรวจสอบได้ทันทั่วทั้งส่วนพื้นที่เป้าหมายนั้นเป็นจุดสำคัญที่มีแนวโน้มต่อการถูกบุกรุกและกระทำความผิดทางกฎหมาย จึงเลือกพิจารณาเก็บข้อมูลพื้นที่บริเวณดังกล่าวก่อน โดยใช้แอปพลิเคชัน Network cell info จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบปฏิบัติการ Android เวอร์ชัน 6.7.4 บริษัท M2Catalyst, LLC. บันทึกข้อมูลสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากจุดบนเส้นทางเดินทุก ๆ 100 เมตร แล้วบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งจากเครื่องมือระบุตำแหน่งพิภคโลก (global positioning system, GPS) และวัดค่าความแรงของสัญญาณ (signal strength) ของเครือข่าย AIS โดยพิจารณาจากข้อมูลพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติฯ ที่มีเสถียรภาพสัญญาณของเครือข่าย AIS ครอบคลุมมากที่สุด บันทึกสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ จำนวน 6 ครั้งต่อระยะทางที่กำหนดหน่วยเป็น Decibel-milliwatt (dBm) โดยจัดเตรียมข้อมูลทุกปัจจัยในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ และกำหนดระดับค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยเป็นระดับขั้นคะแนน ค่าคะแนนมากแสดงว่าปัจจัยนั้น ๆ มีอิทธิพลต่อการพิจารณาในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพระบบเอ็นแคปมาก ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยนี้ได้จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยความสูง

ของพื้นที่ ความลาดชัน ระยะห่างจากแหล่งชุมชน ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากแม่น้ำ อ้างอิงจาก Jakjum (2004) และ Praphai (2008) ปัจจัยระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า อ้างอิงจาก Sirilert and Saguantam (2016) และ Sonsab *et al.*, (2018) ระยะห่างจากโป่ง อ้างอิงข้อมูลจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ส่วนปัจจัยขอบเขตของโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ

ระบบเอ็นแคปใช้ในการส่งข้อมูลออกจากพื้นที่ป่าไปยังศูนย์ควบคุม ระดับความเข้มของสัญญาณที่สามารถส่งภาพถ่ายได้ในระดับดีจะมีค่ามากกว่า -100 dBm อ้างอิงจาก Engiz and Kurnaz (2016) ประยุกต์ใช้เกณฑ์ตามระดับชั้นของปัจจัยจากวิธีการศึกษาของ Riantrakool *et al.*, (2022) ดัง Table 1 จัดรูปแบบข้อมูลปัจจัยทั้งหมดเป็นข้อมูลราสเตอร์ (raster data)

Table 1 Factors for evaluating suitable locations for NCAPS installation

Factor	Category	Suitable level for NCAPS installation	Rating
1. Elevation (m MSL)	240–340	Very high	9
	341–440	High	7
	441–540	Moderate	5
	541–640	Slight	3
	>640	Marginal	1
2. Slope (%)	0-8	Very high	9
	9–16	High	7
	17–35	Moderate	5
	36–60	Slight	3
	>60	Marginal	1
3. Distance from villages (m)	0–2000	Very high	9
	2001–4000	High	7
	4001–6000	Moderate	5
	6001–8000	Slight	3
	>8000	Marginal	1
4. Distance from roads (m)	0–1000	Very high	9
	1001–2000	High	7
	2001–3000	Moderate	5
	3001–4000	Slight	3
	>4000	Marginal	1
5. Distance from stream (m)	0–1000	Very high	9
	1001–2000	High	7
	2001–3000	Moderate	5
	3001–4000	Slight	3
	>4000	Marginal	1

Table 1 (continued)

Factor	Category	Suitable level for NCAPS installation	Rating
6. Distance from guard unit (m)	0–2000	Marginal	1
	2001–4000	Slight	3
	4001–6000	Moderate	5
	6001–8000	High	7
	>8000	Very high	9
7. Distance from salt lick (m)	0–250	High	7
	251–500	Moderate	5
	501–750	Slight	3
	751–1000	Marginal	1
8. Cell phone signal strength coverage (dBm)	≥-100	Very high	9
	≤-101	Marginal	1

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าความสำคัญตามลำดับชั้น

โดยการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปทีละคู่ (pairwise comparison) จากการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญนั้น มาจากความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์การทำงานด้านการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งมีทั้งหมด 10 คน ได้แก่ หัวหน้าอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ ผู้ช่วยหัวหน้าอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ เจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่าอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ จำนวน 3 คน เจ้าหน้าที่องค์การกองทุนสัตว์ป่าโลกสากล (World Wide Fund for Nature, WWF) เจ้าหน้าที่สมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า (Wildlife Conservation Society, WCS) จำนวน 2 คน นักวิจัยโครงการศึกษานิเวศวิทยาของนกเงือก และอาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ สาขาการจัดการสัตว์ป่าและทุ่งหญ้า จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยในกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) (Tansirikongkol, 2014) โดยให้คะแนน 9 ระดับ เปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ของปัจจัย จับคู่ปัจจัยทุกคู่และให้คะแนนแล้วจัดเตรียมข้อมูลในรูปแบบตารางเมตริกซ์ คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ (weight) ของแต่ละปัจจัย ปรับค่าของแต่ละสดมภ์ให้เท่ากับ 1 จากการนำค่าของผล

การเปรียบเทียบแต่ละคู่หารด้วยค่ารวมของแต่ละสดมภ์ จากนั้นหาผลรวมของแต่ละแถวและหารด้วยจำนวนปัจจัยที่พิจารณา จะได้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย และทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของค่าคะแนนความสำคัญที่ได้ โดยใช้วิธีการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล (consistency ratio: CR) ดังสมการที่ (1) คำนวณได้จากอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีความสอดคล้องของเหตุผล (consistency index: CI) ดังสมการที่ (2) หารด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องสุ่ม (random consistency index: RI) ถ้าค่าสอดคล้องกันของเหตุผลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 แสดงว่าค่าคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบแต่ละคู่มีความสมเหตุสมผลสามารถนำค่าคะแนนความสำคัญมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้ตามสมการดังนี้ (Saaty, 1980)

1. ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

2. ค่าดัชนีความสอดคล้องของเหตุผล (CI)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

เมื่อ λ_{max} - n คือ ค่าไอเกน (eigenvector) และ n คือ จำนวนปัจจัยทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์

3. ค่าดัชนีความสอดคล้องสูง (RI) เป็นค่าที่ขึ้นกับขนาดของเมตริกซ์ตั้งแต่ 1×1 จนถึง 15×15 ของจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 8 ปัจจัย

การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป

โดยคำนวณจากผลรวมของค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นคุณกับคะแนนตามเกณฑ์รายละเอียดของแต่ละปัจจัย ดังสมการที่ (3) จากโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยวิธี Weight sum โดยคำสั่ง Raster calculator (Wangkeeree *et al.*, 2021)

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \dots W_nR_n \quad (3)$$

เมื่อ S คือ ระดับค่าคะแนนรวมของปัจจัยที่เหมาะสมของพื้นที่ในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป

W คือ ค่าความสำคัญ (ค่าน้ำหนัก) ของทุกปัจจัยที่นำมาพิจารณา

R คือ ค่าคะแนนเกณฑ์รายละเอียดของแต่ละปัจจัย

n คือ จำนวนปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์

จะได้ข้อมูลแผนที่แสดงค่าคะแนนรวมของปัจจัยที่เหมาะสมของพื้นที่ในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป ในการจัดแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ คือ เหมาะสมน้อยที่สุด เหมาะสมน้อย เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมมาก และเหมาะสมมากที่สุด โดยใช้เครื่องมือ Raster calculator ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์ในเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยตามระดับค่าคะแนน (Table 1) สามารถแสดงพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปของแต่ละปัจจัยดัง Figure 2 และ Figure 3 โดย (A) คือ แผนที่ความสูงของพื้นที่ (B) คือ แผนที่ความลาดชัน (C) คือ แผนที่ระยะห่างจากหมู่บ้าน (D) คือ ระยะห่างจากถนน (E) คือ แผนที่ระยะห่างจากแม่น้ำ (F) คือ แผนที่ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า (G) คือ แผนที่

ระยะห่างจากโป่ง และ (H) คือ แผนที่ขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

สำหรับผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น จากการให้ค่าคะแนนปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 คน โดยใช้แบบสอบถามเปรียบเทียบเชิงคู่ เพื่อกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป จาก 8 ปัจจัย พบว่าปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักคะแนนมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ รองลงมาคือ ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระยะห่างจากโป่ง ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า ระยะห่างจากแม่น้ำ ความสูงของพื้นที่ และความลาดชัน มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 0.324, 0.173, 0.167, 0.140, 0.075, 0.059, 0.036 และ 0.026 ตามลำดับ ดัง Table 2 เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล พบว่า ค่าความสอดคล้องกันของเหตุผลจากผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 0.095 ซึ่งค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล มีค่า < 0.1 แสดงว่าค่าน้ำหนักคะแนนของการเปรียบเทียบเชิงคู่นั้น มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Tansirikongkol, 2014) การศึกษา มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Rianthakool *et al.*, (2022) ที่ทำการศึกษารีวิววิเคราะห์หลายเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบเอ็นแคป พบว่าปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการพิจารณาตำแหน่งในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพ โดยมีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 0.238 ส่วนปัจจัยรองลงมาคือ การกระจายตัวของชนิดพันธุ์ไม้ป่าไม้มีค่า และระยะห่างจากเส้นตรวจการณ์ มีค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 0.218 และ 0.167 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นปัจจัยที่มีการให้ความสำคัญมากที่สุดต่อการพิจารณาการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป จากปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีความสำคัญมากที่สุดในการพิจารณา มีความสอดคล้องกับหลักการทำงานของกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปที่ต้องใช้การเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลภาพถ่ายไปยังศูนย์ควบคุมที่ทำการของอุทยานแห่งชาติ ส่วนปัจจัยที่รองลงมาจากการศึกษา คือ ระยะห่างจากถนนมีการพัฒนาเส้นทางถนนจาก

แหล่งชุมชนมาทางอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ เนื่องจากราษฎรใช้เป็นเส้นทางในการเข้าถึงพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับแนวขอบเขตอุทยานแห่งชาติ รวมถึงใช้เส้นทางถนนเข้าไปในพื้นที่ป่าเพื่อเป็นเส้นทางในการใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่าตามฤดูกาล ทั้งนี้ทั้งนั้นเส้นทางถนนที่สามารถเพิ่มความสะดวกในการเข้าออกพื้นที่จึงเป็นจุดเสี่ยงของการเข้าไปกระทำผิดตามกฎหมายทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าได้ ปัจจัยระยะห่างจากถนนจึงเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกพิจารณาพื้นที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป จากการศึกษาของ Sirilert and Saguantam (2016) พบว่าระยะห่างจากถนนเป็นอีกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในเขตอุทยานแห่งชาติ กล่าวคือพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับถนนมีความเสี่ยงเกิดการบุกรุกได้มากกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากถนน สาเหตุอาจเป็นเพราะพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ใกล้กับถนนราษฎรมีความสะดวกในการเข้าพื้นที่และง่ายต่อการขนส่งผลผลิตจากป่าได้ดีกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากถนน นอกจากนี้ปัจจัยระยะห่างจากถนนมีปัจจัยรองลงมา คือ ระยะห่างจากหมู่บ้าน อาจกล่าวได้ว่าหากมีหมู่บ้านอยู่ใกล้กับพื้นที่ป่าไม้ราษฎรอาจมีการเข้ามาใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า

ในพื้นที่ เนื่องจากการขยายตัวของประชากร ส่งผลให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรที่เพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาของ Morakotkheaw (2008) พบว่าพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับพื้นที่แหล่งชุมชนมักเกิดความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งชุมชน เนื่องจากความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ของราษฎรทำได้ง่ายกว่า แล้วยังพบว่าระยะห่างจากชุมชนมีความจำเป็นและมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ จากประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมในพื้นที่ที่อยู่ใกล้ ๆ กับแหล่งชุมชน ดังนั้นพื้นที่ที่อยู่โดยรอบจึงมีโอกาสถูกบุกรุกมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งชุมชน จากปัจจัยที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีลำดับความสำคัญของปัจจัยที่แตกต่าง โดยการให้ค่าคะแนนตามความคิดและความเหมาะสมและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญ โดยแต่ละปัจจัยมีความสำคัญในการพิจารณาากน้อยแตกต่างกันไป ทั้งนี้การกำหนดปัจจัยเพื่อติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป ควรตรวจสอบสภาพพื้นที่ในการติดตั้งเพื่อประเมินและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยให้มีประสิทธิภาพในงานด้านการป้องกันและปราบปรามการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า

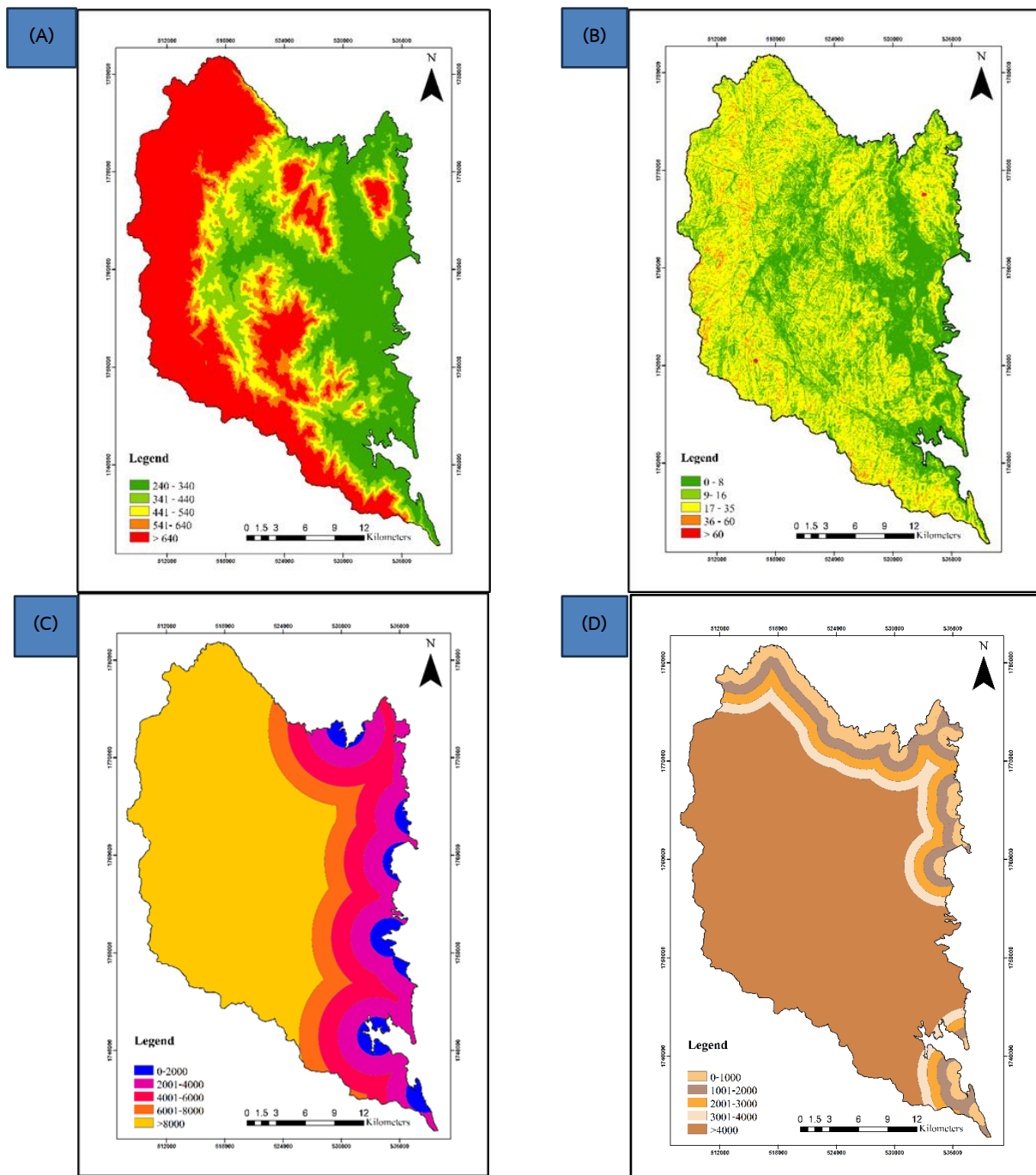


Figure 2 Map of criteria for analyzing suitability in NCAPS installation: (A) elevation (B) slope (C) distance from villages (D) distance from roads

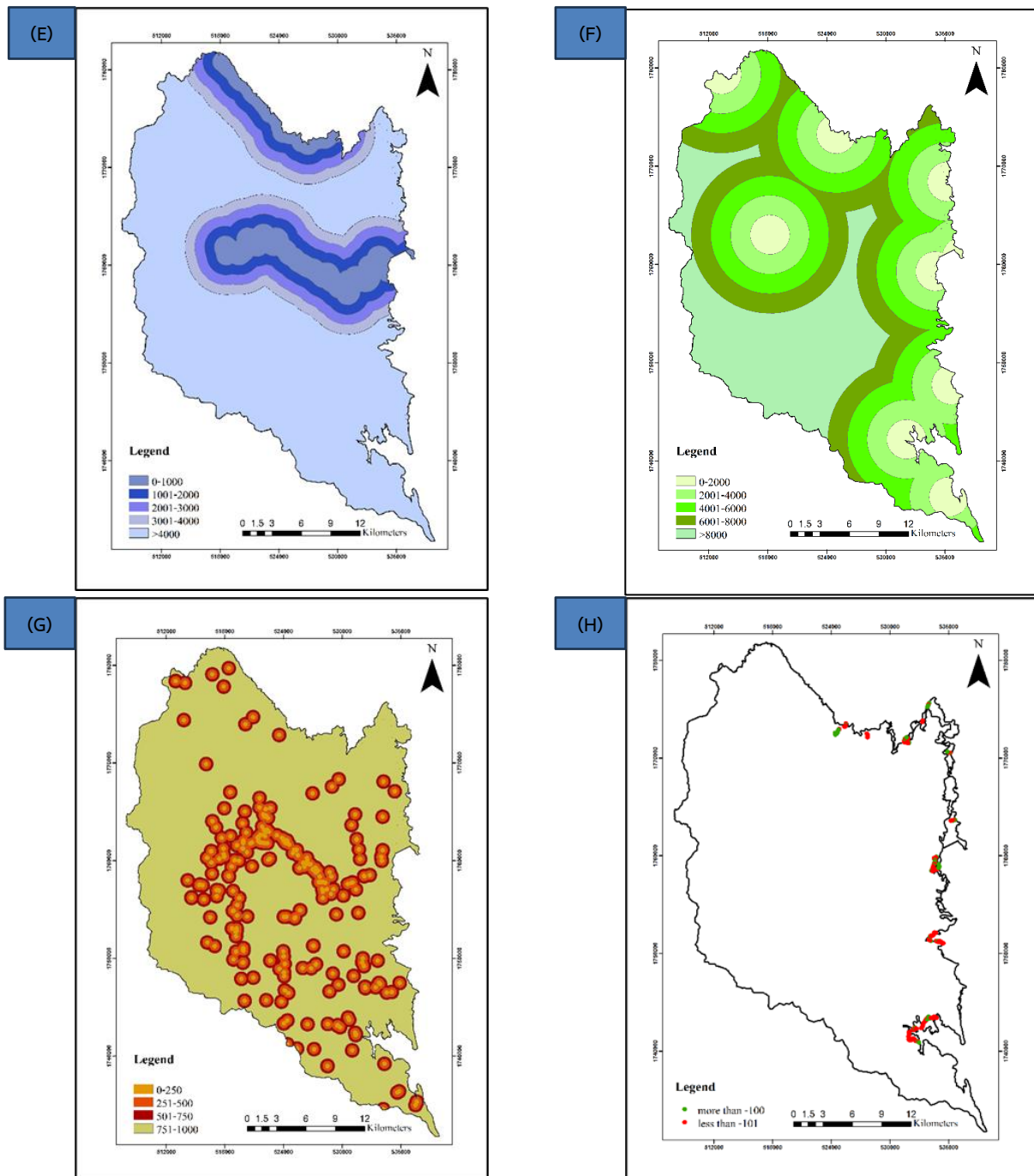


Figure 3 Map of criteria for analyzing suitability in NCAPS installation: (E) distance from stream (F) distance from guard units (G) distance from salt lick (H) cell phone signal strength coverage

Table 2 Weighted scores from analytical hierarchy process (AHP) for eight factors

Factor	Elevation	Slope	Distance from villages	Distance from roads	Distance from stream	Distance from guard unit	Distance from salt lick	Cellphone signal strength coverage	Total of rows	Weight scores
Elevation	0.031	0.059	0.024	0.028	0.026	0.047	0.034	0.043	0.291	0.036
Slope	0.020	0.027	0.024	0.021	0.030	0.016	0.018	0.054	0.209	0.026
Distance from villages	0.178	0.156	0.139	0.146	0.194	0.180	0.217	0.126	1.337	0.167
Distance from roads	0.175	0.179	0.191	0.154	0.203	0.180	0.157	0.148	1.388	0.173
Distance from stream	0.097	0.093	0.031	0.031	0.041	0.064	0.062	0.050	0.470	0.059
Distance from guard unit	0.087	0.114	0.074	0.068	0.076	0.057	0.056	0.065	0.599	0.075
Distance from salt lick	0.151	0.160	0.116	0.147	0.132	0.158	0.109	0.144	1.117	0.140
Cell phone signal strength coverage	0.262	0.211	0.400	0.404	0.297	0.297	0.347	0.370	2.589	0.324
Total	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	8.000	1.00

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดัก ถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป

จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดัก
ถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป ใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลปัจจัย
ตามค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัจจัยด้วยโปรแกรมระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์ตามสูตรจากสมการที่ (3) ได้ตั้งสมการที่ (4)

$$S = 0.036R_1 + 0.026R_2 + 0.167R_3 + 0.173R_4 + 0.059R_5 \\ + 0.075R_6 + 0.140R_7 + 0.324R_8 \quad (4)$$

เมื่อค่าคะแนนเกณฑ์รายละเอียดของแต่ละปัจจัย R_1
คือ ความสูงของพื้นที่ R_2 คือ ความลาดชัน R_3 คือ ระยะห่าง
จากหมู่บ้าน R_4 คือ ระยะห่างจากถนน R_5 คือ ระยะห่างจาก
แม่น้ำ R_6 คือ ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ป่า R_7 คือ ระยะห่าง
จากโป่ง และ R_8 คือ ขอบเขตของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

ผลวิเคราะห์จากการซ้อนทับข้อมูลปัจจัยดังสมการที่
(4) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้ง
กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปโดยแบ่งออกเป็น 5
ระดับ คือ เหมาะสมน้อยที่สุด (marginal suitable location
for NCAPS) เหมาะสมน้อย (slight suitable location for
NCAPS) เหมาะสมปานกลาง (moderate suitable location for
NCAPS) เหมาะสมมาก (high suitable location for NCAPS)
และเหมาะสมมากที่สุด (very high suitable location for
NCAPS) จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดใน
การติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป อยู่บริเวณ
ตามแนวขอบเขตของอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ที่อยู่ติดกับหมู่บ้าน
และถนนมีพื้นที่ประมาณ 315.562 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ
0.055 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังแสดงใน Figure 4 โดยพื้นที่ที่
เหมาะสมน้อยที่สุดในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ
ระบบเอ็นแคปมีประมาณ 39,454.080 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ
43.233 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่เหมาะสมน้อยในการติดตั้ง
กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปมีประมาณ
24,541.440 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 26.892 ของพื้นที่ทั้งหมด
พื้นที่ที่เหมาะสมปานกลางในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพ

อัตโนมัติระบบเอ็นแคปมีประมาณ 18,217.280 เฮกตาร์
คิดเป็นร้อยละ 19.962 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่เหมาะสมมาก
ในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปมี
ประมาณ 8,995.584 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 9.857 ของพื้นที่
ทั้งหมด จากพื้นที่โดยรวมทั้งหมดของอุทยานแห่งชาติแม่วงก์
ประมาณ 91,258.873 เฮกตาร์ ดังแสดงใน Table 3 การศึกษา
ครั้งนี้มีข้อจำกัดทั้งในด้านเวลา งบประมาณ และตามหลักการ
ตามวัตถุประสงค์การใช้กล้องดักถ่ายภาพฯ ดำเนินการเก็บ
ข้อมูลจุดสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ คิดเป็นร้อยละ 0.035
ของพื้นที่ทั้งหมด การเก็บข้อมูลจึงไม่ครอบคลุมทั่วพื้นนั้น
เนื่องจากการเดินสำรวจเก็บข้อมูล พิจารณาจากแนวขอบเขต
แนวกันชน และพื้นที่เป้าหมายของอุทยานแห่งชาติให้
สอดคล้องกับหลักการหรือวัตถุประสงค์ของการติดตั้งกล้องดัก
ถ่ายภาพฯ บริเวณแนวขอบเขตของพื้นที่อุทยานแห่งชาติฯ
เป็นพื้นที่ที่ติดต่อกับบริเวณแหล่งชุมชนจึงมีความเสี่ยงที่อาจ
เกิดการถูกบุกรุกได้ง่าย รวมถึงบริเวณชุมชนมีการติดตั้งเสาส่ง
รับสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมี
การครอบคลุมของสัญญาณ ทั้งนี้ทั้งนั้นตามวัตถุประสงค์ของ
การติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพฯ ที่มีมาตรการตรวจจับก่อนกระทำ
ผิดตามกฎหมาย การติดตั้งกล้องนั้นจึงมักถูกติดตั้งไว้บริเวณ
ตามแนวขอบเขตของอุทยานแห่งชาติเพื่อประเมินพฤติกรรม
ของผู้บุกรุกแล้วเตรียมกำลังเจ้าหน้าที่เข้าตรวจสอบให้ทันทั่วทั้ง
พื้นที่บริเวณกลางหรือลึกเข้าไปในพื้นที่ป่าจึงไม่ถูกนำมา
พิจารณาในการเก็บข้อมูลจุดสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

อุทยานแห่งชาติแม่วงก์มีการบริหารจัดการป้องกัน
และปราบปรามการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า
โดยการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปในพื้นที่
ตามแนวขอบเขตอุทยานฯ โดยใช้ประสบการณ์จากการเดิน
ลาดตระเวน และจุดที่มีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่
เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาเรื่องปัจจัยทางกายภาพใน
การกำหนดจุดติดตั้ง พบว่า ตำแหน่งที่ตั้งกล้องจากเจ้าหน้าที่มี
ความสอดคล้องกับแนวทางการศึกษาครั้งนี้ กล่าวคือ ตำแหน่ง
ที่ตั้งของกล้องนั้นมีการพิจารณาถึงปัจจัยของสัญญาณ

โทรศัพท์เคลื่อนที่ ก่อน รวมถึงปัจจัยระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากหมู่บ้าน ที่อาจเป็นจุดเสี่ยงต่อการเข้ามายังในพื้นที่ และปัจจัยอื่นๆ ลดหลั่นตามลำดับ เห็นได้ว่ากล้องที่ดักจับภาพได้ดั้นนั้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด โดยกล้องที่ติดตั้งสามารถบันทึกภาพทั้งคนและสัตว์ป่า อย่างไรก็ตาม

ก็ตามการติดตั้งกล้องของเจ้าหน้าที่เป็นการหาพื้นที่ตามจุดความเสี่ยงและพื้นที่ที่มีสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากประสบการณ์ ผลการศึกษาค้างนี้จึงใช้เป็นข้อมูลภาพรวมของพื้นที่อุทยานฯ ที่ใช้ในการวางแผนเพื่อพิจารณาติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปต่อไปได้

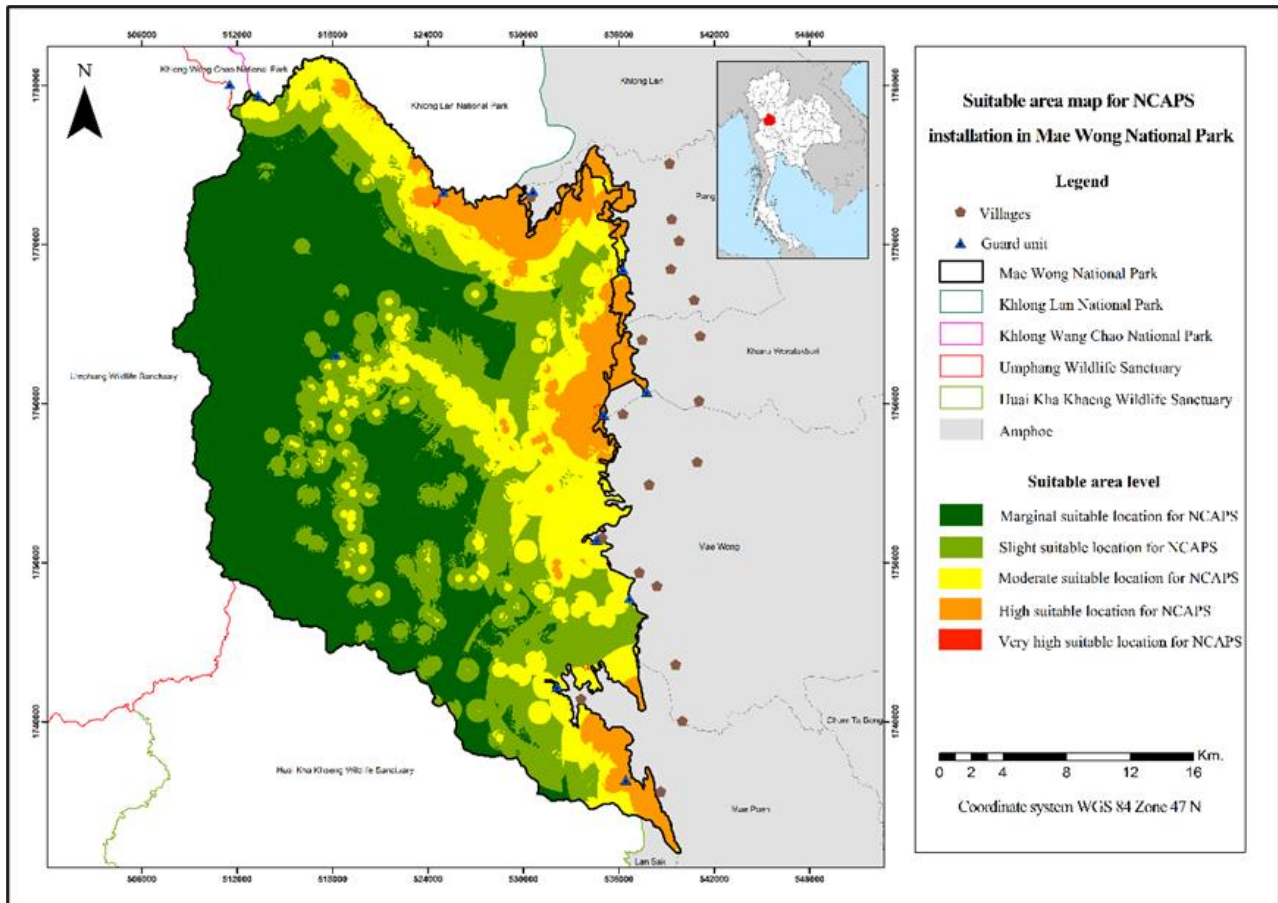


Figure 4 Map of suitable areas for NCAPS installation in Mae Wong National Park

Table 3 Suitability levels for NCAPS installation areas in Mae Wong National Park

Level of suitable areas for NCAPS installation	Area	
	(ha)	(%)
Marginally suitable location for NCAPS	39,454.080	43.233
Slightly suitable location for NCAPS	24,541.440	26.892
Moderately suitable location for NCAP	18,217.280	19.962
Highly suitable location for NCAPS	8,995.584	9.857
Extremely suitable location for NCAPS	50.489	0.055
Total	91,258.873	100.000

สรุป

การวิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปเพื่อป้องกันและปราบปรามการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าภายในเขตอุทยานแห่งชาติแม่วงก์ด้วยวิธีการหาค่าคะแนนตามลำดับชั้น (AHP) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีค่าคะแนนความสำคัญมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยขอบเขตสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ รองลงมาคือระยะห่างจากถนน และระยะห่างจากหมู่บ้าน เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป พบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสม เหมาะสมน้อยที่สุด เหมาะสมน้อย เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมมาก และเหมาะสมมากที่สุด พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปมีประมาณ 50.489 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.055 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวขึ้นอยู่กับบริเวณแนวขอบเขตอุทยานแห่งชาติฯ ที่อยู่ติดกับหมู่บ้านและถนน ที่มีการกระจายของขอบเขตของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ การศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมถึงการนำปัจจัยทางกายภาพมาเพียงบางส่วนเพื่อทำการวิเคราะห์พื้นที่ความเหมาะสม ส่งผลทำให้พื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคปนั้นจึงมีจำนวนของพื้นที่น้อย ในการศึกษาครั้งต่อไปควรนำปัจจัยทางกายภาพให้มีความสอดคล้องกับพื้นที่ศึกษา รวมถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น ปัจจัยความพร้อมของเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่า ปัจจัยเส้นทางที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนมากที่สุด ปัจจัยการใช้ระยะเวลาและระยะทางที่ดำเนินการเข้าพื้นที่จากศูนย์ควบคุมไปยังพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากที่สุด อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นแนวทางทางการวางแผนหรือประเมินพิจารณาการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติระบบเอ็นแคป โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีระดับค่าคะแนนความสำคัญมากที่สุดและพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพ เพื่อบริหารจัดการป้องกันและเฝ้าระวังการบุกรุกลักลอบตัดไม้ ล่าสัตว์ป่า และปัญหาสัตว์ป่าออกนอกพื้นที่ รวมทั้งปัจจัยคุกคามด้านอื่น ๆ และเป็นแผนการบริหารจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่วงก์อย่างยั่งยืนต่อไป

REFERENCES

- Bhumpakphan, N. 2000. **Wildlife Management**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2021. **NCAPS**. <http://portal.dnp.go.th/Content?contentId=15506>, 3 November 2022. (in Thai)
- Engiz, B.K., Kurnaz, C. 2016. Comparison of signal strengths of 2G/3G/4G services on a university campus. **International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers**, 4(1): 37-42. doi: 10.18100/ijamec.270710.
- Global Conservation. 2020. **Umphang & Thung Yai. Thailand 2019-2020 Progress Report**. <https://globalconservation.org/news/umphang-thung-yai-2019-2020-progress-report/>, 3 November 2022.
- Jakjum, N. 2004. **Application of GIS for Determining Risk Area for Encroachment of Phu Pan National Park, Sakon Nakhon Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Khiasolab, P., Tongdeenok, P. 2015. Application techniques analytic hierarchy process and geographic information system comparison susceptible landslide area in Huai Mae Saroi Watershed, Phrae province and Khlong Tha Thon Watershed, Nakhon Si Thammarat province. **KKU Research Journal (Graduate Studies)**, 15(1): 63-79. (in Thai)
- Morakotkheaw, N. 2008. **Application of Geographic Information System to Assess Risk Area of Encroachment at Phu Pha Man National Park, Changwat Khon Kaen**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Pansawang, C., Thanakasem, N., Amornwitthawat, P., Pannawong, S., Samanasena, P. 2017. The study of plant species diversity in nature-based attraction case study: Mae Wong National Park, Nakhonsawan province. In: **Proceedings of the 5th National Academic Conference**. Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi, Thailand, pp. 188-195. (in Thai)
- Praphai, T. 2008. **Application of Geo-Informatics for Assessment of Invasive Risk Prone Protected Area and the Surroundings of Kaeng Krachan National Park**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Riantrakool, L., Tiensing, T., Nguemnanchai, P., Songsaeng, N. 2022. Multi-criteria Analysis to determine the suitability for network centric anti-poaching system (NCAPS) installation. **Thai Science and Technology Journal**, 30(1): 186-199. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2021. **Forest Area of Thailand in 1973–2021**. <https://knoema.com/atlas/Thailand/topics/Land-Use/Area/Forest-area>, 20 October 2022.
- Saaty, T.L. 1980. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York, USA.
- Sirilert, R., Saguntam, P. 2016. Application of geographic information system to determining risk area encroachment in Khuean Srinagarindra National Park, Kanchanaburi province. **Journal of Forest Management**, 10(19): 1-13. (in Thai)
- Sonsab, T., Arunpraparut, W., Pongpatthanurak, N. 2018. Determination of forest encroachment risk in head Watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan province. **Thai Journal of Forestry**, 37(2): 60-70. (in Thai)
- Sukprasert, P. 2013. **Awareness of the Conservation of Natural Tourism Resources of Thai Tourists in Mae Wong National Park**. M.S. Thesis, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. (in Thai)
- Tansirikongkol, V. 2014. **Advanced Decision for Organization Progress and Public Well-being**. Amarin Corporations Public Company Limited, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Trisurat, Y. 2003. Ecosystem-based management zones of the western forest complex, Thailand. In: **Proceedings of the 5th International SAMPAA Conference**. Thailand, pp. 10. (in Thai)
- Wangkeeree, P., Rianthakool, L., Arunpraparut, W. 2021. Application of geographic information system in the analysis of areas at risk from encroachment at the Phu Koh–Phu Kratae Wildlife Sanctuary, Loei province. **Thai Journal of Forestry**, 40(1): 34-49. (in Thai)
- Wannasatid, W., Sukmasuang, R., Sunthornhao, P. 2020. Public opinion to the human and wild elephant conflicts mitigation, Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary in Kaeng Hang - Maeo district, Chanthaburi province. **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal**, 14(2): 160-169. (in Thai)
- Wildlife Conservation Society. 2021. **SMART Patrol Technique for Protected Area Management**. <https://thailand.wcs.org/th-th/Initiatives/Smart-Patrol-System.aspx>, 16 March 2023.
- Wiratphinthu, S., Kansorn, E. 2015. A survey of bird diversity in lower montane forest in Mae Wong National Park, Kamphaeng Phet province. In: **Proceedings of the 5th Thai Forest Ecological Research Network Conference**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 223-228. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้น บริเวณสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก จังหวัดตาก Trees Carbon Storage Potential of Tak Municipal Parks, Tak Province

ฉมา นวลศรี^{1,2}ชาคริต ณ ตะกั่วทุ่ง^{1*}สมพร แม่ลิ้ม¹Chama Nualsri^{1,2}Chakrit Na Takuathung^{1*}Somporn Maelim¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 13 มกราคม 2567

รับแก้ไข 18 เมษายน 2567

รับลงพิมพ์ 26 เมษายน 2567

ABSTRACT

Carbon storage in trees was assessed in 3 public parks of Tak province, Thailand: Krathong Sai Park, Mae Ping Tak Park, and Her Majesty the Queen's 60th Birthday Anniversary (Chaloem Phrakiat) Park. In addition, green area management guidelines were proposed for increasing their carbon storage potential. The diameter at breast height (DBH) and height of the trees were recorded during January–May 2023. Then, biomass (both aboveground and belowground) and carbon storage were evaluated based on allometric equations and the carbon fraction. The results indicated that on all 3 areas, there were 423 trees in 52 species and 24 families. The total carbon storage was 129 ton with 9.8, 61.4, and 57.6 trees for Krathong Sai Park, Mae Ping Tak Park, and Chaloem Phrakiat Park, respectively. Burmese rosewood (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) was the tree with the highest total carbon storage equal to 28.7 trees. Management guidelines to optimize tree density and increase carbon storage potential should promote planting 108, 148, and 480 additional trees in Krathong Sai Park, Mae Ping Tak Park, and Chaloem Phrakiat Park, respectively. These trees should be from fast-growing and long-lived species, such as Thai copper pod (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby), Burmese rosewood, and Golden shower (*Cassia fistula* L.), as well as provincial trees, such as Ironwood (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I.C.Nielsen). Planting trees also increases biodiversity habitat, especially for insects, birds, and small reptiles. In addition, the extra trees should attract more people to visit and use the area, stimulating the economy and giving local entrepreneurs more business opportunities. However, it is important to not damage any structures when planting trees. Furthermore, all developments should seek the opinions of both the direct and indirect users in order to ensure sustainable development that best meets the needs of urban residents.

Keywords: Carbon storage; Diameter at breast height; Biomass; Tak Municipal; Burmese rosewood

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นบริเวณสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก ได้แก่ สวนกระทิงสาย สวนสาธารณะแม่ปิงตาก และสวนเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ครบ 60 พรรษา และเสนอแนวทางจัดการพื้นที่สีเขียวเพื่อเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน โดยเก็บข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของต้นไม้ ในช่วงเดือนมกราคม - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 คำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยใช้สมการแอลโลเมตรี และคำนวณการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้ทั้งเหนือดินและใต้ดินโดยใช้สัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพ ผลการศึกษา พบว่า ทั้ง 3 พื้นที่มีพรรณไม้รวม 423 ต้น จำแนกได้ 52 ชนิด 24 วงศ์ โดยการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ทั้ง 3 สวน มีค่ารวมประมาณ 129 ตัน โดยสวนกระทิงสาย สวนสาธารณะแม่ปิงตาก และสวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีค่าการกักเก็บคาร์บอนประมาณ 9.8 61.4 และ 57.6 ตัน ตามลำดับ โดยประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) เป็นพรรณไม้ที่มีค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 28.7 ตัน คณะผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน โดยสวนกระทิงสาย สวนสาธารณะแม่ปิงตาก และสวนเฉลิมพระเกียรติฯ สามารถปลูกต้นไม้เพื่อเพิ่มความหนาแน่นที่เหมาะสม ประมาณ 108 148 และ 480 ต้น ตามลำดับ โดยควรปลูกเป็นไม้ที่โตเร็ว อายุยืน เช่น จีเหล็กบ้าน (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) และรวมถึงต้นไม้ประจำจังหวัด คือ ต้นแดง (*Xylocarpus xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I.C.Nielsen) การปลูกต้นไม้ยังช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ ไม่ว่าจะเป็นแมลง นก สัตว์เลื้อยคลานขนาดเล็กที่จะเข้ามาอาศัย และดึงดูดให้ผู้คนเข้ามาใช้ประโยชน์ กระตุ้นเศรษฐกิจให้ผู้ประกอบการโดยรอบพื้นที่มีโอกาสทางการค้ามากขึ้น ทั้งนี้การปลูกต้นไม้ต้องระวังไม่ทำให้สิ่งปลูกสร้างเสียหาย นอกจากนี้การพัฒนาต่างๆ ควรขอความคิดเห็นผู้มาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและตอบสนองผู้อยู่อาศัยในเขตเมืองมากที่สุด

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก มวลชีวภาพ เทศบาลเมืองตาก ประดู่ป่า

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อทำให้โลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ระบบนิเวศแปรปรวน ส่งผลต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตอย่างมาก โดย Mutchimwong (2013) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกิดได้จากทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้องค์ประกอบเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น การเผาผลาญ เชื้อเพลิงฟอสซิล การทำลายป่า ในระดับโลกมีแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2021 การประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change Conference of the Parties: UNFCCC COP) สมัยที่ 26 นายกรัฐมนตรีของประเทศไทย ในขณะนั้น ในฐานะหัวหน้าคณะผู้แทนไทย ประกาศเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี ค.ศ. 2050 และประเทศไทยได้มีแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี ค.ศ. 2018–2037 ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประเด็นยุทธศาสตร์สร้างการเติบโต

อย่างยั่งยืนบนสังคมที่เป็นมิตรต่อสภาพภูมิอากาศ มุ่งเน้นลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสร้างสังคมคาร์บอนต่ำ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พัฒนารูปแบบ แนวทางการจัดการเมืองเพื่อมุ่งสู่เมืองคาร์บอนต่ำ และพื้นที่สีเขียวในทุกรูปแบบ รวมทั้งสนับสนุนการจัดการด้านการเกษตรที่มีผลประโยชน์ ร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจก เร่งฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ป่าเพื่อกักเก็บก๊าซเรือนกระจก (Office of the National Economic and Social Development Board, 2017)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่อยู่รอบตัวของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิต โดยพืชทำการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเข้าไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และปล่อยก๊าซออกซิเจนออกมาให้สิ่งมีชีวิตได้หายใจ เท่ากับว่าคาร์บอนจำนวนมหาศาลถูกกักเก็บไว้ในไม้ยืนต้น และในทางกลับกัน การสูญเสียป่าก็เท่ากับเราสูญเสียแหล่งกักเก็บคาร์บอนและยังปล่อยคาร์บอนจำนวนมหาศาลออกมาสู่ชั้นบรรยากาศเช่นเดียวกัน (Bovornkitti, 2015) นอกจากนี้การศึกษาของ Yousofpour *et al.* (2024) พบว่า ต้นไม้ยังมีส่วนช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษอื่น ๆ ในชั้น

บรรยากาศ บริเวณพื้นที่ในเขตเมืองที่มีมลพิษมาก ซึ่งอาศัยหลายปัจจัยทั้งความหนาแน่นของต้นไม้ อายุการปลูกของต้นไม้ ลักษณะและขนาดพื้นผิวของใบ ซึ่งจะช่วยลดและกรองมลพิษต่างๆให้เข้าถึงมนุษย์น้อยที่สุด ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ การเพิ่มของทรัพยากรป่าไม้ และพื้นที่สีเขียว การศึกษาเรื่องดังกล่าวในต่างประเทศ Nowak and Crane (2002) ได้ศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ 10 เมือง ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า เมืองนิวยอร์กมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ที่ 1.2 ล้านตัน มีน้อยที่สุดในเมืองนิวยอร์กซิตี ที่ 19,300 ตัน Shadman *et al.* (2022) ศึกษาพรรณพืชและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ สวนและสนามเด็กเล่น Shaheed Zayan Chowdhury ในเมืองบานานี ประเทศบังคลาเทศ พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมมากถึง 660.8 ตัน หรือคิดเป็น 39 ตันต่อเฮกตาร์ นอกจากนี้ Gratani *et al.* (2016) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของพืชทุกกลุ่มภายในพื้นที่สวนสาธารณะ 4 แห่งในกรุงโรม ประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีมลพิษและการปลดปล่อยคาร์บอนเป็นจำนวนมาก อาศัยข้อมูลความโต ความสูง ร่วมกับ ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) พบว่า พรรณไม้ที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ประกอบด้วย ไม้จำพวกสน (*Pinus*) ก่อ (*Quercus*) และไม้เนื้อแข็งประเภทอื่น ๆ ที่เป็นไม้พื้นถิ่น และยังมีการศึกษาของ Fini *et al.* (2023) เปรียบเทียบความแตกต่างของศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในเขตเมืองบริเวณสวนสาธารณะและริมถนน ในเมือง โรมินี ประเทศอิตาลี และ เมืองคราโคว ประเทศโปแลนด์ พบว่า ความแตกต่างของสภาพพื้นที่ไม่มีผลต่อศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ ดังนั้นพื้นที่สวนสาธารณะซึ่งเป็นแหล่งรวมตัวและจัดกิจกรรมของผู้คน จะช่วยลดซับคาร์บอนและจะช่วยลดฝุ่นมลพิษท่ามกลางผู้คนได้

ทำให้การศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนมีความสำคัญต่อผู้คน โดยเฉพาะพื้นที่สวนสาธารณะต่าง ๆ ในประเทศไทยที่อยู่ท่ามกลางแหล่งมลพิษและยังมีการศึกษาที่จำกัด

สวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก ได้แก่ สวนกระทิงสาย สวนสาธารณะแม่ปิงตาก และสวนเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ครบ 60 พรรษา เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน เดินทางเข้าถึงสะดวก ทำกิจกรรมได้หลากหลาย และยังเป็นสถานที่จัดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น กิจกรรมลานเยาวชนคนสร้างสรรค์ กิจกรรมกาตกระทิงสาย ชมรมแอโรบิค เป็นต้น จากการประเมินเบื้องต้น พบว่า สวนทั้ง 3 แห่งนี้ มีศักยภาพในการพัฒนาพื้นที่สีเขียวทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นภายในสวนสาธารณะดังกล่าว และนำเสนอโดยทำการศึกษารพรรณไม้ วัดความโตและความสูงของต้นไม้ หาค่ามวลชีวภาพ และค่าการกักเก็บคาร์บอน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการบริหารจัดการต้นไม้ในระยะยาว ตลอดจนนำเสนอมาตรการแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนภายในสวนสาธารณะ และส่งเสริมการเรียนรู้แก่ประชาชนในชุมชนเทศบาลเมืองตาก และประชาชนที่มาใช้บริการสวนสาธารณะจากพื้นที่อื่น ๆ ได้ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญของพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สวนสาธารณะที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองตาก อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก จำนวน 3 สวน รายละเอียดดัง Table 1

Table 1 General information on 3 Tak municipal parks

Park name	Area (ha)	UTM zone47 WGS1984
Krathong Sai Park (สวนกระทิงสาย)	0.64	513099 E 1866899 N
Mae Ping Tak Park (สวนสาธารณะแม่ปิงตาก)	1.44	513204 E 1864997 N
Chaloem Phrakiat Park (สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติฯ)	3.04	512740 E 1866437 N

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

สำรวจต้นไม้ภายในสวนทั้ง 3 สวน ในช่วงเดือนมกราคม-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 โดยการจำแนกและบันทึกพรรณไม้ ตามวิธีของ Forest Botany Division (2014) โดยวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของต้นไม้ทุกต้นที่มีความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน ใช้เทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) พร้อมวัดความสูงของต้นไม้ (height, H) ด้วยเครื่องมือวัดความสูง (Leica laser distance) และเก็บข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งของต้นไม้ด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก Global Navigation Satellite System (GNSS)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. จัดเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์โดยทำบัญชีพรรณไม้ ที่ประกอบด้วยชื่อวงศ์ ชื่อชนิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (height) และพิกัด ซึ่งข้อมูลนี้สามารถใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้ในอนาคตได้

2. ทำการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ โดยใช้สมการแอลโลเมตริก (allometric equation) ดัง Table 2

3. การคำนวณมวลชีวภาพรวม (ส่วนเหนือพื้นดินและใต้ดิน) ของต้นไม้ ดังนี้ $W_T = W_A + (W_A B)$ โดยที่ W_T = มวลชีวภาพรวม (กิโลกรัม/ต้น) W_A = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม/ต้น) B = อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (root/shoot ratio) โดยพรรณไม้ในเขตเมือง เท่ากับ 0.28 และ พรรณไม้วงศ์ปาล์ม เท่ากับ 0.41 (Faculty of Forestry, 2010)

4. ประเมินการกักเก็บคาร์บอนรวมของต้นไม้ทั้งหมด โดยใช้สัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพตามที่ IPCC (2006) กำหนดไว้เท่ากับ 0.47 ดังนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม) = มวลชีวภาพของต้นไม้ (กิโลกรัม) $\times$ 0.47

5. การเสนอแนวทางในการจัดการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน โดยเสนอแนะพรรณไม้ที่เหมาะสม ในการปลูก และความหนาแน่นของต้นไม้ ตามหลักเกณฑ์แนวทางการกำหนดระยะปลูกในไม้ยืนต้นของกรุงเทพมหานคร ใช้ระยะปลูกตั้งแต่ 4 -8 เมตร ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ (Public Parks Office, 2010) จะสามารถปลูกต้นไม้เพิ่มเติมมากที่สุด 100 ต้นต่อไร่ และน้อยที่สุด 25 ต้นต่อไร่ คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 62.5 ต้นต่อไร่ (390 ต้นต่อเฮกตาร์)

Table 2 Allometric equations used for estimating biomass of trees planted in 3 Tak municipal parks, Tak province, Thailand

Forest type/species	Allometric equations	References
Dry evergreen forest	$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$	Tsutsumi <i>et al.</i> (1983)
	$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$	
	$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
Dry dipterocarp forest and mixed deciduous forest	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$	Ogawa <i>et al.</i> (1965)
	$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.03}$	
	$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	
Tropical rain forest or common plants	$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.933}$	Tsutsumi <i>et al.</i> (1983)
	$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.030}$	
	$W_L = (28 / (W_S + W_B + 0.025))^{-1}$	
	$W_T = W_S + W_B + W_L$	

Table 2 (continued)

Forest type/species	Allometric equations	References
<i>Dolichandrone serrulata</i> (DC.) Seem.	$Y = e^{[-2.289 + 2.649 (\ln (DBH) - 0.021 (\ln DBH))^2]}$	IPCC (2003)
<i>Mimusops elengi</i> L.		
<i>Plumeria rubra</i> L.		
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda		
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels		
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.		
<i>Cassia fistula</i> L.	$Y = 0.1142 (DBH)^{2.4451}$	Hung <i>et al.</i> (2012)
<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	$Y = 0.1245 (DBH)^{2.4163}$	Hung <i>et al.</i> (2012)
<i>Polyalthia longifolia</i> (Benth.) Hook. f.	$Y = 0.2270 (DBH)^{2.3519} (WD)^{1.2211}$	Dung <i>et al.</i> (2012)
<i>Lagerstroemia loudonii</i> Teijsm & Binn.	$Y = 0.1277 (DBH)^{2.3943}$	Hung <i>et al.</i> (2012)
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.		
Species in Arecaceae	$Y = 6.666 + 12.826(H)^{0.5} \times \ln (H)$	Pearson <i>et al.</i> (2005)

Remarks: 1) Y: Total above ground biomass (kg), WD: Wood density (0.51 g/cm⁻³), DBH = Diameter at breast height over bark (cm), H = Height (m)
 Wb = Biomass of branches (kg tree⁻¹), Wl = Biomass of leaves (kg tree⁻¹),
 Ws = Biomass of stems (kg tree⁻¹), Wtc = Biomass of stems and branches (kg tree⁻¹).
 2) Modified from Singkran (2022) and Kliangsaard (2019)

ผลและวิจารณ์

การจำแนกชนิดและจำนวนของพรรณไม้

จากการเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ทั้ง 3 สวน พบว่ามีพรรณไม้รวมทั้งหมด 423 ต้น จำแนกได้ 52 ชนิด 24 วงศ์

พรรณไม้ที่พบมากที่สุดในพื้นที่ ได้แก่ ลั่นทมขาว (*Plumeria obtusa* L.) จำนวน 68 ต้น รองลงมา คือ ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula* L.) จำนวน 63 ต้น และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ตามลำดับ (Figure 1)

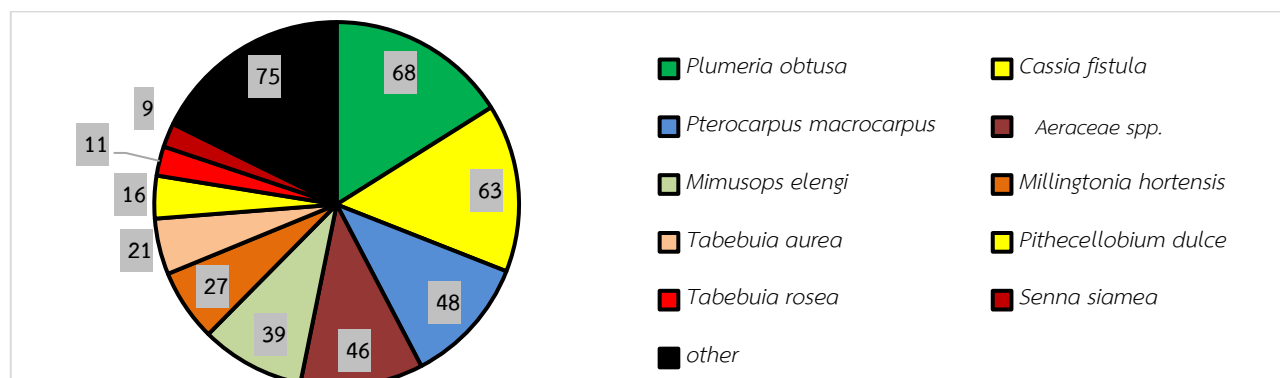


Figure 1 Numbers of trees by species in study area

เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายสวน มีรายละเอียดดังนี้

1. สวนกระทงสาย มีต้นไม้ทั้งหมด 36 ต้น จำแนกได้ 3 ชนิด 2 วงศ์ ลั่นทมขาว มีจำนวนมากที่สุด 23 ต้น มีความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่รวม 7 ต้นต่อไร่ (44 ต้นต่อเฮกตาร์)
2. สวนสาธารณะแม่ปิงตาก มีต้นไม้ทั้งหมด 224 ต้น จำแนกได้ 27 ชนิด 13 วงศ์ พรรณไม้ในวงศ์ปาล์ม (*Arecaceae*) พบมากที่สุด จำนวน 41 ต้น และไม้ต้นที่พบมาก

ที่สุด ได้แก่ ลั่นทมขาว 37 ต้น มีความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่รวม 24 ต้นต่อไร่ (149 ต้นต่อเฮกตาร์)

3. สวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีต้นไม้ทั้งหมด 163 ต้น จำแนกได้ 35 ชนิด 20 วงศ์ ประดู่ป่า มีจำนวนมากที่สุด 39 ต้น มีความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่รวม 9 ต้นต่อไร่ (54 ต้นต่อเฮกตาร์) (Table 2)

Table 2 Top-5 tree species in 3 Tak municipal parks, Tak province, Thailand

Park	Family	Scientific name	Count
Krathong Sai Park	APOCYNACEAE	<i>Plumeria obtusa</i> L.	23
	FABACEAE	<i>Cassia fistula</i> L.	12
	FABACEAE	<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	1
Mae Ping Park	ARECACEAE	spp.	41
	APOCYNACEAE	<i>Plumeria obtusa</i> L.	37
	FABACEAE	<i>Cassia fistula</i> L.	30
	BIGNONIACEAE	<i>Millingtonia hortensis</i> L.f.	26
	BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	20
Chaloem Phrakiat Park	FABACEAE	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	39
	SAPOTACEAE	<i>Mimusops elengi</i> L.	36
	FABACEAE	<i>Cassia fistula</i> L.	21
	APOCYNACEAE	<i>Plumeria obtusa</i> L.	8
	BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	8

หากเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Shadman *et al.* (2022) ศึกษาพรรณไม้ในพื้นที่สนามเด็กเล่น Shaheed Zayan Chowdhury Playground ในเมืองบานานี ประเทศบังกลาเทศ เนื้อที่ประมาณ 1 เฮกตาร์ เนื้อที่ใกล้เคียงกับสวนแม่ปิงตาก และพบต้นไม้ 156 ต้น 21 ชนิด ความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่รวม 100 ต้นต่อเฮกตาร์ และเปรียบเทียบกับ Fini *et al.* (2023) ศึกษาความแตกต่างของศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในเขตเมืองบริเวณสวนสาธารณะ และริมถนนในเมือง रिमि ประเทศอินเดีย เนื้อที่ประมาณ 250 เฮกตาร์ พบว่ามีต้นไม้ถึง 44,680 ต้น คิดเป็นความหนาแน่นประมาณ 181 ต้นต่อเฮกตาร์ และเมืองคราโคว ประเทศโปแลนด์ เนื้อที่ประมาณ 472 เฮกตาร์ มีต้นไม้ถึง 50,073 ต้น คิดเป็นความหนาแน่นประมาณ 106 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งมากกว่าสวนกระทงและสวนเฉลิมพระเกียรติ เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาจากพรรณไม้และจำนวนต้นของพรรณไม้ทั้งหมด พบว่า ลั่นทมขาว เป็นพรรณไม้ที่มีจำนวนมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา จำนวน 68 ต้น หรือคิดเป็นร้อยละ 16 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด เนื่องจากเป็นไม้ประดับ มีลักษณะเป็นพุ่มสวยงาม ปลูกเต็มพื้นที่ของสวนกระทงสาย ซึ่งติดกับถนนใหญ่ ใกล้ศาลากลางจังหวัดและหน่วยงานราชการ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมทัศนียภาพให้ผู้คนที่ผ่านมา สำหรับสวนสาธารณะแม่ปิงตาก มีการปลูกตามแนวชายขอบที่ติดกับถนนเรียบแม่น้ำปิง และติดกับลานกิจกรรมเพื่อเพิ่มทัศนียภาพที่สวยงามแก่ผู้ที่เข้ามาใช้ประโยชน์เช่นกัน ส่วนชนิดอื่นที่พบรองลงมาส่วนใหญ่กระจายอยู่ตามใจกลางของพื้นที่ศึกษา เพราะเป็นที่ให้ร่มเงาสำหรับบริเวณที่มีจุดพัก เส้นทางวิ่งออกกำลังกาย และลานกิจกรรม

ข้อมูลความสูงและขนาดความโต

ประดู่ป่า ในสวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีขนาดของ DBH มากที่สุด เท่ากับ 80 เซนติเมตร และ ประดู่ป่า ในสวนแม่ปิงตาก มีความสูงมากที่สุด ที่ 21.20 เมตร เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายสวน พบว่า

1. สวนกระทิงสาย ต้นไม้ส่วนใหญ่มีขนาดของ DBH ในช่วง 10-20 เซนติเมตร และมีความสูงในช่วง 0-5 เมตร
2. สวนสาธารณะแม่ปิงตาก ต้นไม้ส่วนใหญ่มีขนาดของ DBH ในช่วง 0-10 เซนติเมตร และมีความสูงอยู่ในช่วง 0-5 เมตร
3. สวนเฉลิมพระเกียรติฯ ต้นไม้ส่วนใหญ่มีขนาดของ DBH ในช่วง 10-20 เซนติเมตร และมีความสูง อยู่ในช่วง 5-10 เมตร

พิจารณาขนาดของ DBH เฉลี่ย และความสูงเฉลี่ยพบว่า หว้า (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) พะยอม (*Shorea roxburghii* G.Don) สะเดา (*Azadirachta indica* A.Juss.) นนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne) และพญาสัต (Albizia lebbek (L.) Benth). มีจำนวนชนิดละ 1 ต้น ทำให้ทั้งค่าเฉลี่ยของ DBH และความสูง เท่ากับค่าที่ได้จากการวัด และในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลได้มีภัยธรรมชาติ พายุฝนใหญ่ภายในเขตเมืองตาก ทำให้ต้นไม้หักล้มโค่นเป็นจำนวนมาก หลังจากพายุสงบก็มีการตัดแต่งกิ่งให้มีความสวยงามและปลอดภัยมากขึ้น ทำให้ช่วงชั้นของ DBH และช่วงชั้นความสูงอยู่ในช่วง 0-10 เซนติเมตร และ 0-5 เมตร (Figure 2 และ 3, Table 3 และ 4)

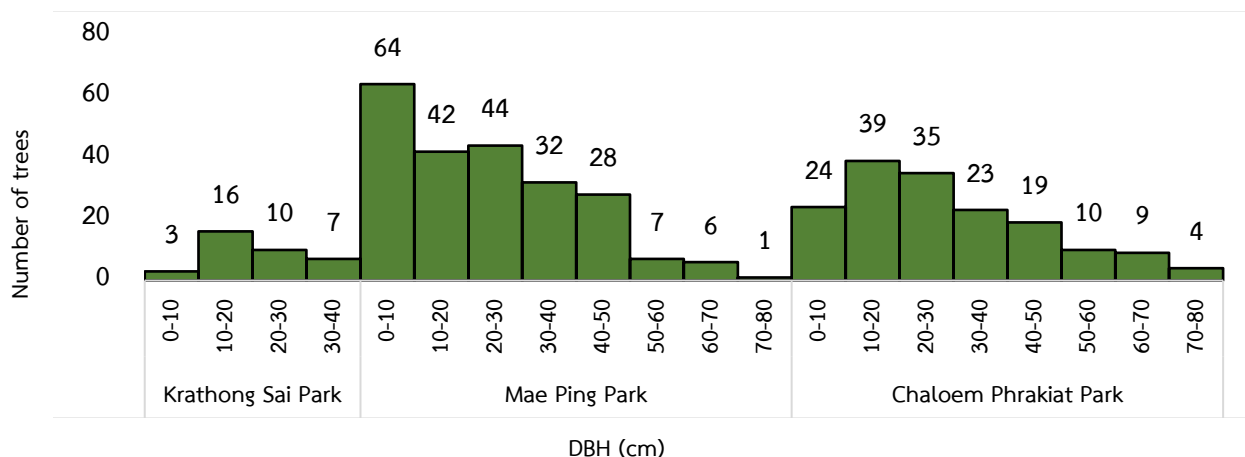


Figure 2 Distribution of diameter at breast height of trees in Tak municipal parks, Tak province

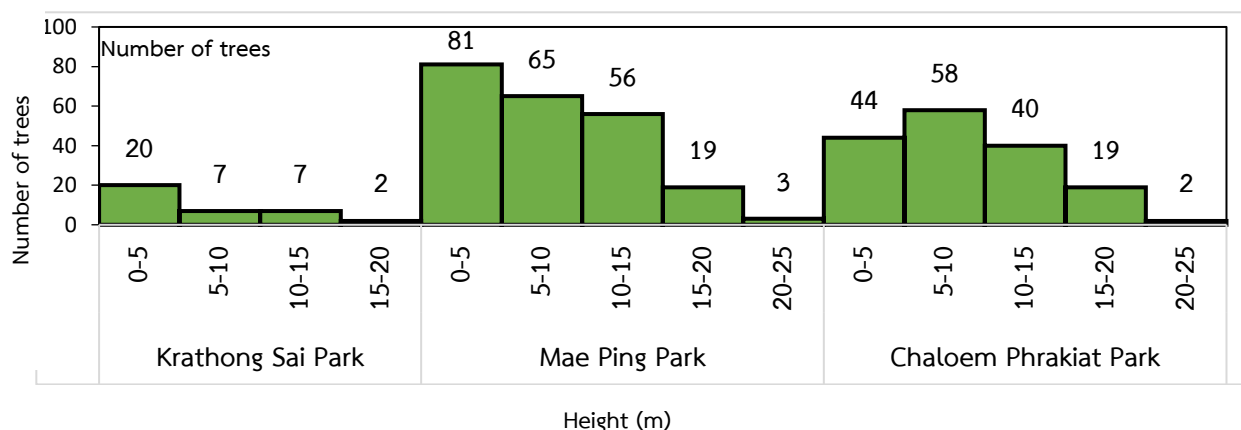


Figure 3 Distribution of tree height in 3 Tak municipal parks, Tak province, Thailand

Table 3 Ranking based on average diameter at breast height over bark of trees in 3 Tak municipal parks, Tak province, Thailand

Place	Count	Diameter at breast height over bark (cm)		
		Mean	Max	Min
Krathong Sai Park				
<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	1	39.55	39.55	39.55
<i>Cassia fistula</i> L.	12	28.09	35.67	18.34
<i>Plumeria obtusa</i> L.	23	17.53	28.66	8.60
Mae Ping Park				
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	3	65.91	67.13	63.54
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	1	64.97	64.97	64.97
<i>Azadirachta indica</i> A.Juss.	1	62.74	62.74	62.74
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	1	45.16	45.16	45.16
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	9	43.60	71.66	28.03
Chaloem Phrakiat Park				
<i>Butea monosperma</i> (Lam.) Taub.	5	63.89	72.29	54.46
<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K.Heyne	1	62.42	62.42	62.42
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	39	47.28	79.94	9.55
<i>Millingtonia hortensis</i> L.f.	1	42.04	42.04	42.04
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	8	41.59	57.32	23.89

Table 4 Ranking based on height of trees in 3 Tak municipal parks, Tak province

Place	Count	Height (m)		
		Mean	Max	Min
Krathong Sai Park				
<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	1	16.40	16.40	16.40
<i>Cassia fistula</i> L.	12	10.51	16.20	3.70
<i>Plumeria obtusa</i> L.	23	4.10	6.50	2.00
Mae Ping Park				
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	1	19.80	19.80	19.80
<i>Shorea roxburghii</i> G.Don	1	17.80	17.80	17.80
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	9	17.63	21.20	13.10
<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R.Br.	2	16.40	19.30	13.50
<i>Senna siamea</i> (Lam.) Irwin & Barneby	9	15.10	21.00	9.20
Chaloem Phrakiat Park				
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	39	14.47	20.20	5.50
<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K.Heyne	1	14.40	14.40	14.40
<i>Tectona grandis</i> L.f.	2	13.10	16.00	10.20
<i>Millingtonia hortensis</i> L.f.	1	12.50	12.50	12.50
<i>Butea monosperma</i> (Lam.) Taub.	5	10.78	14.70	6.20

หากพิจารณาจากพรรณไม้และลักษณะทางกายภาพ เปรียบเทียบกับสวนสันติภาพ เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร โดย Sanpop (2011) พบว่า มีลักษณะคล้ายกันในพรรณไม้ที่มีจำนวนต้นมากที่สุด ของสวนสันติภาพ คือ โอศอกเซนกาเบรียล (*Monoon longifolium* (Sonn.) B. Xue & R.M.K. Saunders) ซึ่งมีการปลูกในลักษณะเป็นไม้ประดับที่ทำให้มีภูมิทัศน์สวยงาม โดยปลูกเป็นแนวรั้ว แนวสวน ซึ่งจะคล้ายกับพื้นที่ศึกษาที่มี ลั่นทมขาว ปลูกตามแนวสวนโดยรอบด้านที่ติดกับถนน และทั้งสองชนิด ก็ไม่ได้เป็นพรรณไม้ที่มีความสูงและขนาด DBH มากที่สุดเช่นเดียวกัน

หากพิจารณาของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีความสอดคล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของสวนสันติภาพ เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร โดยต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ จามจุรี (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) มีขนาดของ DBH เท่ากับ 115.30 เซนติเมตร และมีความสูง 18.50 เมตร พรรณไม้ที่มีขนาด DBH เฉลี่ยมากที่สุด คือ จามจุรี ประมาณ 85 เซนติเมตร รองลงมาคือ มะกอกป่า (*Spondias bipinnata* Airy Shaw & Forman) ประมาณ 56 เซนติเมตร และहुกวาง (*Terminalia catappa* L.) ประมาณ 53 เซนติเมตร ตามลำดับ และพรรณไม้ที่มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดในสวนสันติภาพ คือ จามจุรี ประมาณ 17.7 เมตร รองลงมาคือ นนทรี ประมาณ

17.6 เมตร และ ปาล์ม (Arecaceae) ประมาณ 15 เมตร ซึ่งสวนสันติภาพ เริ่มก่อสร้างในปี 2540 (Kliangsard, 2019) เป็นเวลามากกว่า 20 ปีมาแล้ว ซึ่งใกล้เคียงกับสวนสาธารณะในเขตเทศบาลเมืองตาก ถึงแม้ว่าจะไม่ปรากฏข้อมูลปีที่ก่อตั้งและดำเนินการปลูกต้นไม้แน่ชัด หากตรวจสอบจากภาพถ่ายเทียมพบว่า สวนกระทิงสาย อาจเริ่มก่อสร้างราว ๆ 15 ปีที่แล้ว สวนสาธารณะแม่ปิงตากกับสวนเฉลิมพระเกียรติฯ อาจถูกก่อสร้างมากกว่า 15 ปีมาแล้ว

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพรวม (W_T) และการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้ง 3 สวน มีค่าเท่ากับ 98,736.31 และ 129,022.77 กิโลกรัม ตามลำดับ และ พบว่า ประดู่ป่า เป็นพรรณไม้ที่มีมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 61,160.98 และ 28,745.66 กิโลกรัม รองลงมา คือ ลั่นทมขาว เท่ากับ 46,009.42 และ 21,624.43 กิโลกรัม ปีน (*Millingtonia hortensis* L.f) เท่ากับ 37,968.89 และ 17,845.38 กิโลกรัม ชมพูพันธุ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.) เท่ากับ 34,617.85 และ 16,270.39 กิโลกรัม และราชพฤกษ์ เท่ากับ 26,278.28 และ 12,350.79 กิโลกรัม ตามลำดับ (Figure 4)

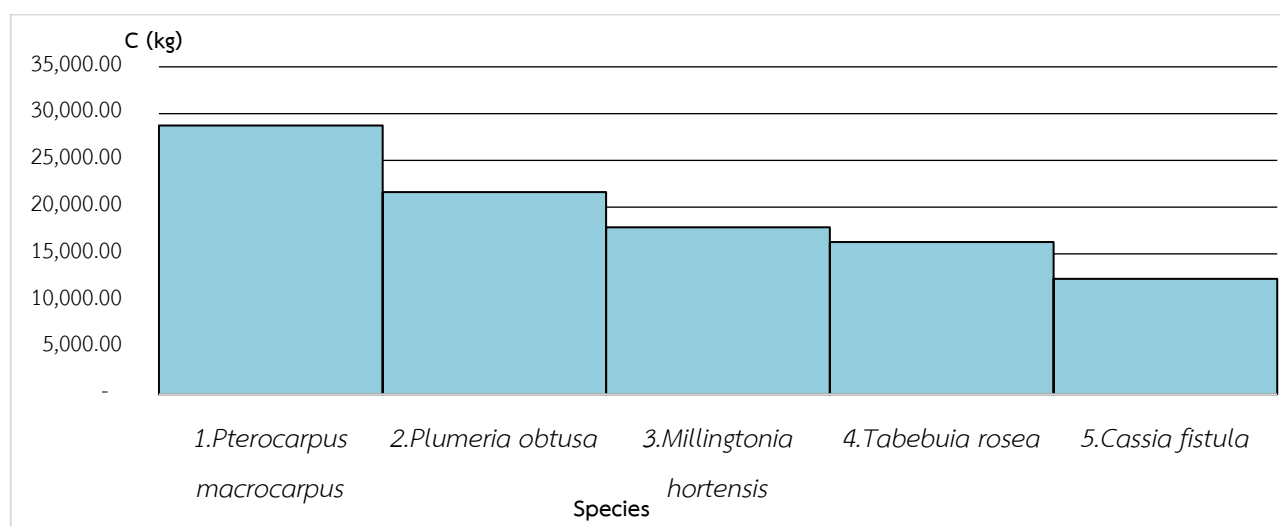


Figure 4 Top-5 trees for carbon storage in all 3 studied parks

เมื่อพิจารณาเป็นรายสวน จะพบว่า

1. สวนกระทงสาย มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม เท่ากับ 9.8 ตัน ลั่นทมขาว มีมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 12,692.61 กิโลกรัม และ 5.9 ตัน

2. สวนสาธารณะแม่ปิงตาก มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม เท่ากับ 61.4 ตัน ป๊ีบ มีมวลชีวภาพและปริมาณ

การกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 36,033.93 กิโลกรัม และ 16.9 ตัน

3. สวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม เท่ากับ 57.6 ตัน ประดู่ป่า มีมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุด เท่ากับ 50,009.77 และ 23,504.59 กิโลกรัม (Figure 5 และ 6)

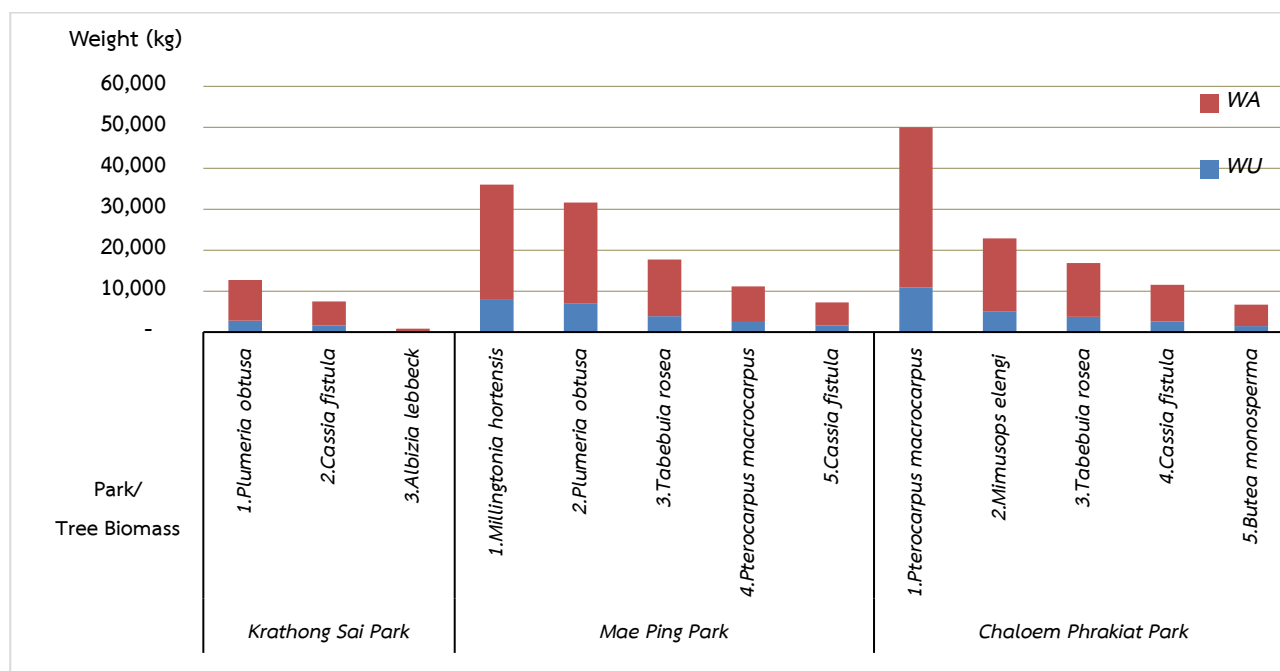


Figure 5 Top-5 trees for biomass in 3 Tak municipal parks

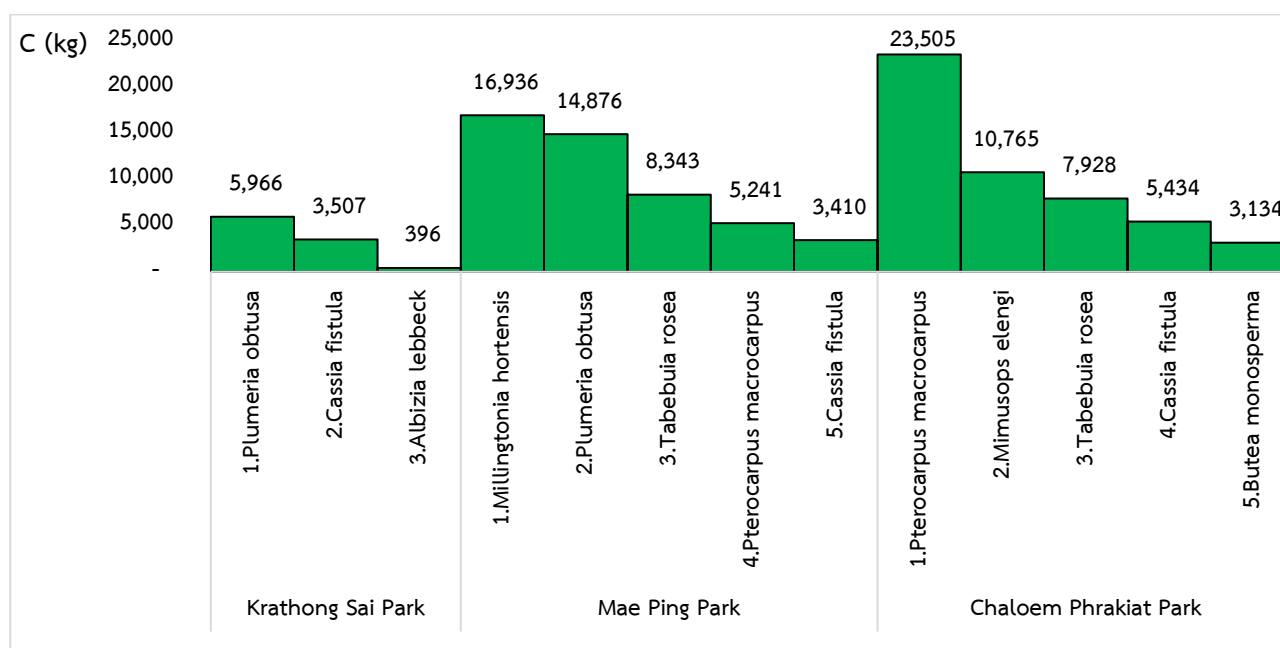


Figure 6 Top-5 trees for carbon storage by park location

หากพิจารณาปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนรวม เปรียบเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยรายต้น พบว่า มีความแตกต่างกัน ในกรณีของประดู่ป่า มีปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนรวมอยู่ในลำดับที่ 1 เมื่อพิจารณาเป็นค่าเฉลี่ยรายต้น จะพบว่าอยู่ในลำดับที่ 7 ทั้งที่มีจำนวน 48 ต้น แต่เนื่องมาจากประดู่ป่ามีความหลากหลายของขนาดลำต้นและความสูง เมื่อนำไปคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยรายต้นทำให้ค่าที่ได้ออกมาน้อย ในทำนองเดียวกัน กรณีของหว้า มีปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนรวม อยู่ในลำดับที่ 9 เมื่อพิจารณาเป็นค่าเฉลี่ยรายต้น จะพบว่า อยู่ในลำดับที่ 1 เพราะว่ามีเพียงต้นเดียว และจากค่าการกักเก็บคาร์บอนรายสวน จะพบว่า สวนกระทังสายสวนสาธารณะแม่ปิงตาก และสวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 9.8 ต้น 61.4 ต้น และ 57.6 ต้นตามลำดับ เมื่อคำนวณเนื้อที่โดย ไม่นับรวมอาคารสิ่งปลูกสร้างทางเดิน และลานกิจกรรมถาวร เท่ากับ 2.30 5.95 10.29 ไร่ (0.3, 0.9 1.64 เฮกตาร์) ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.26, 0.32, 5.60 ต้นต่อไร่ (32.6, 68.2, 35.1 ต้นต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมของพรรณไม้ในสวนสันติภาพ โดย Sanpop (2011) พบว่าสวนสันติภาพมีค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ เท่ากับ 64.74 ต้น หรือคิดเป็น 4.8 ต้นต่อไร่ หรือ 30 ต้นต่อเฮกตาร์ (พื้นที่ปลูกต้นไม้ประมาณ 13.5 ไร่) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสวนเฉลิมพระเกียรติฯ แต่มีค่ามากกว่าสวนกระทังสาย และน้อยกว่าสวนแม่ปิงตาก เนื่องจากต้นไม้ในสวนกระทังสายมีจำนวนน้อย และเป็นต้นไม้ขนาดเล็ก และสวนแม่ปิงตากเนื้อที่ที่น้อยกว่าแต่มีความหนาแน่นของต้นไม้ที่มากกว่า

สอดคล้องกับการศึกษาของ Singkran (2023) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนสาธารณะ 25 แห่งในกรุงเทพมหานคร พบว่า สวนศิริกฤษฎีฯ แม้มีพื้นที่รวมมากกว่า 3.2 เฮกตาร์ มีพื้นที่สีเขียวประมาณ 2.24 เฮกตาร์ แต่มีการกักเก็บคาร์บอนเพียง 2.6 ต้น หรือว่าเพียง 1.2 ต้นต่อเฮกตาร์เท่านั้น เนื่องจากต้นไม้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก เช่นเดียวกับสวนบางแคภิรมย์ มีพื้นที่ราว 11.2 เฮกตาร์ พื้นที่สีเขียวราว 8 เฮกตาร์ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเพียง 18.6 ต้น คิดเป็นประมาณ 2.3 ต้นต่อเฮกตาร์เท่านั้น ซึ่งมีต้นไม้กว่า 70% ที่มี DBH น้อยกว่า 15 เซนติเมตร

หากเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Gao et al. (2023) ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนบริเวณพื้นที่สีเขียวที่กระจายตัวอยู่ในเมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน เนื้อที่รวมมากกว่า 3,000 ไร่ พบว่าเนื้อที่ทั้งหมดมีการกักเก็บคาร์บอน 300.57 ต้น หากคิดเป็นค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่า 16.34 ต้นต่อเฮกตาร์ หรือ 2.6 ต้นต่อไร่ จะเห็นได้ว่า เมื่อคำนวณกับขนาดพื้นที่ที่มีค่าที่น้อยกว่าสวนสาธารณะทั้งสามสวนของเขตเทศบาลเมืองตาก เนื่องมาจากพื้นที่ศึกษาในเมืองเซี่ยงไฮ้พื้นที่ที่เป็นบ่อน้ำขนาดใหญ่รวมอยู่ด้วย แต่ถึงกระนั้นแหล่งน้ำก็มีส่วนสำคัญในการช่วยคายความชื้น ซึ่งจะช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ได้เช่นเดียวกัน

แนวทางการจัดการ

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 แห่ง การเพิ่มความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนสามารถดำเนินการได้โดยการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม โดย Public Parks Office (2007) ได้เสนอแนะการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อให้ร่มเงาได้แก่ นนทรี ปิบ อโศกเขนคาเปียล แคขาว (*Dolichandrone serrulate* (Wall. ex DC.) Seem.) ราชพฤกษ์ ชีเหล็กบ้าน (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby) พิกุล (*Mimusops elengi* L.) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) หูกกระจง (*Terminalia ivorensis* A. Chev.) ชงโค (*Bauhinia purpurea* L.) และหางนกยูง (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.) เป็นต้น แต่สำหรับการปลูกเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน ควรปลูกเป็นพรรณไม้ที่เติบโตเร็ว หรือมีอายุยืนนาน เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนสูง (Diloksumpun, 2007) ได้แก่ ชีเหล็กบ้าน ประดู่ป่า อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) และราชพฤกษ์ เป็นต้น ด้วยว่าพรรณไม้เหล่านี้หาง่ายและมีการปลูกไว้อยู่แล้วในพื้นที่ นอกจากนั้นพรรณไม้เหล่านี้มีรูปทรงและดอกที่สวยงามเหมาะแก่การปลูกในสวนสาธารณะเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอน (Faculty of Forestry, 2010) การปลูกต้นไม้ในพื้นที่สวนสาธารณะยังสร้างแหล่งที่อยู่อาศัยและอาหารสำหรับสัตว์หลากหลายชนิด ทั้ง นก แมลง กิ้งก่า และสัตว์เลื้อยคลานด้วยขนาดเล็ก และบางชนิดมีผล เมล็ด ดอก หรือใบ ที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญสำหรับมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วย (Jantaraporn, 2023) นอกจากนี้การปลูกต้นไม้ยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษและป้องกันการพังทลายของดิน และควรเลือกพรรณไม้ที่ไม่มียางและผลไม้เป็นอันตรายต่อผู้คน ได้แก่ กระติง

(*Calophyllum inophyllum* L.) ช่อย (*Streblus asper* Lour.) คอเดีย (*Cordia sebestena* L.) จำปาจำปี (*Michelia spp.*) ชงโค ตะแบก ปับ และไม้ตระกูลหมาก เป็นต้น (Sommechai, 2016) อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาสภาพพื้นที่และตำแหน่งที่เหมาะสมในการปลูกต้นไม้ด้วย

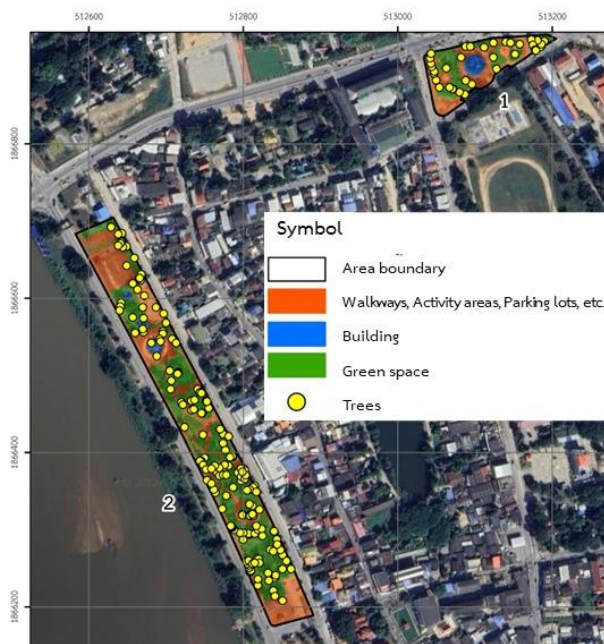
สำหรับแนวทางการจัดการพื้นที่เพื่อเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนนั้น พบว่า ทั้ง 3 สวน มีพื้นที่รวมกันประมาณ 33.5 ไร่ (5.35 เฮกตาร์) ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ได้เป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่ที่เป็นสิ่งก่อสร้างและสิ่งอำนวยความสะดวก ได้แก่ อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ทางเดิน ลานกิจกรรม ลานสเก็ตบอร์ด ลานจอดรถ เป็นต้น อีกส่วนหนึ่งคือ พื้นที่สีเขียว ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นต้นไม้ หญ้า พื้นที่โล่ง เป็นต้น จากข้อมูลดังกล่าวตามหลักเกณฑ์แนวทางการกำหนดระยะปลูกต้นไม้ยืนต้นของกรุงเทพมหานคร ใช้ระยะปลูกตั้งแต่ 4-8 เมตร ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ (Public Parks Office, 2010) จะสามารถปลูกต้นไม้

เพิ่มเติมมากที่สุด 100 ต้นต่อไร่ และน้อยที่สุด 25 ต้นต่อไร่ คิดเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 62.5 ต้นต่อไร่ (390 ต้นต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายสวน จะพบว่า

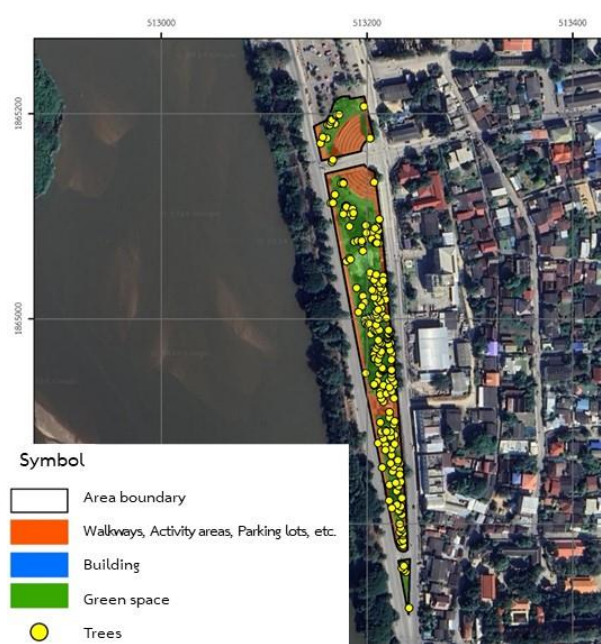
1. สวนกระทังสาย มีพื้นที่ประมาณ 0.8 เฮกตาร์ เป็นพื้นที่สีเขียวประมาณ 0.4 เฮกตาร์ มีต้นไม้ 36 ต้น คิดเป็นจำนวนประมาณ 6 ต้นต่อเฮกตาร์ จะสามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 108 ต้น รายละเอียดดัง Figure 7a

2. สวนสาธารณะแม่ปิงตาก มีพื้นที่ประมาณ 1.5 เฮกตาร์ เป็นพื้นที่สีเขียวประมาณ 0.9 เฮกตาร์ มีต้นไม้ 224 ต้น คิดเป็นจำนวนประมาณ 34 ต้นต่อเฮกตาร์ จะสามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 148 ต้น รายละเอียดดัง Figure 7b

3. สวนเฉลิมพระเกียรติฯ มีพื้นที่ประมาณ 3 เฮกตาร์ เป็นพื้นที่สีเขียวประมาณ 1.6 เฮกตาร์ มีต้นไม้ 163 ต้น คิดเป็นจำนวนประมาณ 26 ต้นต่อเฮกตาร์ สามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 480 ต้น แสดงใน Figure 7a



(a)



(b)

Figure 7 Classification of areas: (a) in Krathong Sai Park and Chaloem Phrakiat Park (b) Mae Ping Tak Park

จากการคำนวณ พบว่า ต้องปลูกต้นไม้เพิ่มเป็นจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุมาจากการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลเฉพาะต้นไม้ที่มีขนาดความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ทำให้มีต้นไม้บางต้นที่ได้มีการปลูกไว้แล้ว แต่ความสูงยังไม่ถึง 1.3 เมตร รวมถึงพรรณไม้ขนาดเล็ก จำพวกไม้พุ่ม ไม้ประดับที่ทางสำนักงานเทศบาลเมืองตากได้ปลูกไว้เพื่อจัดแสดงดอกไม้ตามฤดูกาลอยู่เป็น

ประจำ ดังนั้นกระบวนการในเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในไม้ต้นของสวนทั้ง 3 สวน จึงต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่และการใช้ประโยชน์พื้นที่ในปัจจุบัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2021) โดยศึกษาออกแบบการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนอย่างยั่งยืนในพื้นที่สีเขียวบางประเภท ตัวอย่างเช่น พื้นที่สีเขียวที่มีสิ่งปลูกสร้างปะปน

ควรพัฒนาพื้นที่กิจกรรมให้เพียงพอกับพื้นที่ที่มีอย่างจำกัด และต้องไม่ทำให้สิ่งปลูกสร้างเสียหายจากการปลูกและการเติบโตของต้นไม้ ทั้งยังแนะนำให้มีการเปิดให้มีส่วนร่วมหรือความคิดเห็นจากผู้เข้ามาใช้บริการสวนสาธารณะทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อให้ได้แนวทางพัฒนาที่ยั่งยืนมากที่สุด

จากการสังเกตพบว่ายังมีพื้นที่ว่างสำหรับการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม ที่สำนักงานเทศบาลเมืองตาก จะสามารถจัดกิจกรรมเพื่อปลูกและบำรุงรักษาต้นไม้ โดยเฉพาะในพื้นที่สวนเฉลิมพระเกียรติฯ โดยมุ่งเน้นที่พรรณไม้ยืนต้นเติบโตเร็ว หรือมีอายุยืนนาน เช่น ชี้เหล็กบ้าน ชงโค แควขาว ประดู่ป่า อินทนิลน้ำ และราชพฤกษ์ เป็นต้น หรืออาจจะเป็นต้นแดง (*Xylocarpus xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *kerrii* (Craib & Hutch.) I.C. Nielsen) ซึ่งเป็นต้นไม้ประจำจังหวัดตาก เป็นไม้ยืนต้นอายุยืนนาน มีดอกสวยงาม ให้ร่มเงาและยังเพิ่มเอกลักษณ์ให้กับสวนสาธารณะทั้ง 3 สวน และการเพิ่มขึ้นของต้นไม้ยังมีโอกาสเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ในเขตเมือง ไม่ว่าจะเป็นแมลง นก สัตว์เลื้อยคลานขนาดเล็ก สำนักงานเทศบาลยังสามารถจัดกิจกรรมเพื่อส่องสัตว์ ดูนกในพื้นที่ได้อีกด้วย นอกจากนั้นพื้นที่สีเขียวยังมีส่วนช่วยในการกรองฝุ่น ช่วยลดมลพิษในเขตเมือง เหมาะแก่การออกกำลังกายและพักผ่อนหย่อนใจเป็นอย่างมาก คณะผู้วิจัยจะได้ส่งผลการวิจัยทั้งหมดให้สำนักงานเทศบาลเมืองตาก ใช้ประกอบเป็นฐานข้อมูลต้นไม้และการเติบโตของต้นไม้ เพื่อวางแผนการจัดการพัฒนาในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นการตัดป้ายชื่อต้นไม้ การปรับแต่งกิ่ง การปรับปรุงภูมิทัศน์ การประชาสัมพันธ์เสริมสร้างการเรียนรู้ให้คนในพื้นที่ และคนที่เข้ามาใช้ประโยชน์ ได้เห็นคุณค่าและบำรุงรักษาพื้นที่สีเขียวในเขตเทศบาล ซึ่งยังเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจให้ผู้ประกอบการค้าขายบริเวณโดยรอบพื้นที่ศึกษาได้มีโอกาสในการค้ามากขึ้น และยังเป็นการสร้างเอกลักษณ์สำคัญในการท่องเที่ยวให้อำเภอเมืองตากได้อีกด้วย

สรุป

จำนวนพรรณไม้ที่พบภายในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 423 ต้น 52 ชนิด 24 วงศ์ วงศ์ที่พบต้นไม้มากที่สุด ได้แก่ วงศ์ Fabaceae 162 ต้น ต้นไม้ที่พบมากที่สุดในพื้นที่ ได้แก่ ลั่นทมขาว จำนวน 68 ต้น ถัดมา คือ ราชพฤกษ์ จำนวน 63 ต้น และ ประดู่ป่า จำนวน 48 ต้น

การกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ พบว่า ค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมทั้ง 3 สวน มีค่าประมาณ 129 ตัน แบ่งเป็นสวนกระทิงสาย ประมาณ 9.8 ตัน สวนสาธารณะแม่ปิงตาก ประมาณ 61.4 ตัน และสวนเฉลิมพระเกียรติฯ ประมาณ 57.6 ตัน ประดู่ป่า เป็นพรรณไม้ที่มีค่าการกักเก็บคาร์บอนรวมมากที่สุดประมาณ 28.7 ตัน

หากต้องการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อการกักเก็บคาร์บอน ประเมินจากค่าความหนาแน่นของต้นไม้ในปัจจุบัน สวนกระทิงสายสามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 108 ต้น สวนสาธารณะแม่ปิงตาก สามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 148 ต้น สวนเฉลิมพระเกียรติฯ สามารถปลูกต้นไม้เพิ่มได้อีกประมาณ 480 ต้น ซึ่งการปลูกมากกว่าหรือน้อยกว่าต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ในแต่ละบริเวณ และการปลูกต้นไม้เพิ่มเติมต้องไม่ทำให้สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เสียหายได้ สำหรับชนิดที่ควรปลูกต้นไม้ ได้แก่ ชี้เหล็กบ้าน แควขาว ประดู่ป่า อินทนิลน้ำ และราชพฤกษ์ เนื่องจากมีศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนสูง และต้นแดง เพราะเป็นต้นไม้ประจำจังหวัดตาก จะสามารถเพิ่มเอกลักษณ์ให้กับจังหวัดตากได้ และจะช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชและสัตว์ นอกจากนี้การพัฒนาควรขอความคิดเห็นจากผู้ใช้ประโยชน์พื้นที่ดังกล่าวเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างยั่งยืนมากที่สุด

คำนิยาม

ขอขอบคุณภรรยา บุตรสาว บิดา มารดา พี่ชาย ที่สนับสนุนทุน และให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณสำนักงานเทศบาลเมืองตากที่อนุเคราะห์ให้ศึกษาวิจัย และขอบคุณน้องเต้ ที่ช่วยการเก็บข้อมูลภาคสนาม

REFERENCES

- Bovornkitti, S. 2015. *The Warming Earth*. Bangkok Medical Publisher, Bangkok, Thailand (in Thai)
- Diloksumpun, S. 2007. Carbon sequestration of forests and global warming. *Journal of Soil and Water Conservation*, 22: 40-49. (in Thai)
- Dung, N.T., Toai, P.M., Hung, V.T., Anh, L.T., Khoa, P.V. 2012. Tree allometric equations in the North Central region, Vietnam. In A. Inoguchi, M. Henry, L. Birigazzi and G. So eds. *Tree Allometric Equation Development for Estimation of*

- Forest Above-ground Biomass in Vietnam. UN-REDD Programme, Hanoi, Vietnam.
- Faculty of Forestry. 2010. Study of the Characteristics of Plants Greenhouse Gas Adsorption and Suitable Area Size for CDM. Final Report. **Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization)**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Fini, A., Irene, V., Denise, C., Wezyk, P., Bajorek-Zydron, K., Osvaldo, F., Cagnolati, E., Mielczarek, L., Comin, S., Gibin, M., Pasquinelli, A., Ferrini, F., Viskanic, P. 2023. CO₂-assimilation, sequestration, and storage by urban woody species growing in parks and along streets in two climatic zones. **Science of The Total Environment**, 903: 166198. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166198
- Forest Botany Division. 2014. **Thai Plant Names**. <https://www.dnp.go.th/botany/mplant/search.html?group=speciesgenus>, 23 January 2023. (in Thai)
- Gao, J., Han, H., Ge, S. 2023. Carbon-saving potential of urban parks in the central plain's city: A high spatial resolution study using a forest city, Shangqiu, China, as a lens. **Land**, 12(7):1383. doi.org/10.3390/land12071383
- Gratani, L., Varone, L., Bonito, A. 2016. Carbon sequestration of four urban parks in Rome. **Urban Forestry & Urban Greening**, 19: 184-193. doi.org/10.1016/j.ufug.2016.07.007
- Hung, N.D., Bay, N.V., Binh, N.D., Tung, N.C. 2012. Tree allometric equations in evergreen broadleaf, deciduous, and bamboo forest in the Southeast region, Vietnam. In Inoguchi, A., Henry, M., Birigazzi, L., Sola, G. eds. **Tree Allometric Equation Development for Estimation of Forest Above-ground Biomass in Vietnam**. UN-REDD Programme, Hanoi, Vietnam.
- IPCC. 2003. **Good Practice Guidance for Land Use, Land – Use Change and Forestry**. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, c/o Institute for Global Environmental Strategies IGES, 2108 - 11, Kamiyamaguchi, Hayama, Kanagawa (Japan), Japan.
- Jantaraporn, L. 2023. **“When Trees are More than Shadows” 5 Benefits of Planting Trees**. <https://www.statwing.com>, 1 April 2024. (in Thai)
- Kiangsaard, T. 2019. **Carbon Dioxide Sequestration and Carbon Storage of Trees in Santiphap Park, Bangkok**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Mutchimwong, A. 2013. Global warming and climate change. **Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School, Siam Technology College**, 1(1-2):7-9. (in Thai)
- Nowak, D.J., Crane, D.E. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, 16(3): 381-389. doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7.
- Office of The National Economic and Social Development Board. 2017. **National Strategy 2018 - 2037**. Office of The National Economic and Social Development, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Kira, T. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand, Plant biomass II. **Nature and Life in Southeast Asia**, 4: 49-80.
- Pearson, T., Walker, S., Brown, S. 2005. **Source Book for LULUCF Projects**. Winrock International, Arlington, Virginia.
- Public Parks Office. 2007. **Garden and Trees**. Public Parks Office Environment Department, Bangkok Metropolitan Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Public Parks Office. 2010. Design of urban green spaces and parks. In: **Training Documents to Promote Knowledge for Personnel Agriculture and Parks for Office Official Parks and district offices at Lumpini Park, Bangkok.** 28-29 January 2010. Public Parks Office Lumpini Park, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sanpop, C. 2011. **Carbon Storage in Biomass of Trees Planted in Santiphap Park, Bangkok.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Shadman, S., Khalid, P.A., Hanafiah, M.M., Koyande, A.K., Islam, Md.A., Bhuiyan, S.A., Woon, K.S., Show, P. 2022. The carbon sequestration potential of urban public parks of densely populated cities to improve environmental sustainability. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 52(A): 102064. doi.org/10.1016/j.seta.2022.102064.
- Singkran, N. 2022. Carbon sink capacity of public parks and carbon sequestration efficiency improvements in a dense urban landscape. **Environmental Monitoring and Assessment**, 194: 750 doi.org/10.1007/s10661-022-10432-x
- Singkran, N. 2023. Evaluating urban park ecosystem services and modeling improvement scenarios. **Heliyon**, 9(12): e22002. doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22002.
- Sommeechai, M. 2016. **Lecture Document on the Topic of Cities**, Selection of tree species and management of trees urban. Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Prachaiyo, B. 1983. Forest: burning and regeneration. In K. Kyuma and C. Pairintra, eds. **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics.** A report of a cooperative research between Thai-Japanese University, Japan.
- Wang, Y., Chang, Q., Li, X. 2021. Promoting sustainable carbon sequestration of plants in urban greenspace by planting design: A case study in parks of Beijing. **Urban Forestry & Urban Greening**, 64: 127291. doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127291.
- Yousoufpour, Y., Abolhassani, L., Hirabayashi, S., Burgess, D., Sabouhi, M., Daneshvarkakhki, M. 2024. Ecosystem services and economic values provided by urban park trees in the air polluted city of Mashhad, **Sustainable Cities and Society**, 101: 105110. doi.org/10.1016/j.scs.2023.105110
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู 8 ปี จังหวัดแพร่
Soil Fertility and Estimation of Carbon Sequestration in Forest Restoration
at age 8 years in Phrae Province

ศิริรัตน์ สมประโคน^{1*}Sirirat Somprakon^{1*}ทิศา โยธากิต²Teeka Yothapakdee²อิสริย์ ฮาวปินใจ³Itsaree Howpinjai³เพ็ญพิลัย เปียนคิด¹Penpilai Painkhit¹สุทธิดา ยอดแก้ว¹Suttida Yodkeaw¹กันตพงศ์ เครือมา¹Kunthaphong Kruama¹ธนากร ลัทธิดีระสุวรรณ¹Thanakorn Lattirasuvan¹¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140¹Department of Forest Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand²สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140²Department Applied Economics for Community Development, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand³สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140³Department of Forest Industry Technology, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding author: E-mail: siriratsomprakon@gmail.com

รับต้นฉบับ 4 ธันวาคม 2566

รับแก้ไข 5 มีนาคม 2567

รับลงพิมพ์ 19 มีนาคม 2567

ABSTRACT

The soil properties and carbon sequestration were assessed in forest restoration aged 8 years in Ban Boon Jam, Nam Lao sub-district, Rong Kwang district, Phrae province, Thailand. The relationship was studied between soil factors and the appearance of varieties of plant. Data were collected from the topsoil at a depth of 0–5 cm and from the subsoil at a depth of 20–25 cm in restored forest, remnant forest, and agricultural areas. Soil samples were collected from 3 sites in each area based on a plot size of 40x40 m. Components of types of plant were collected from 5 plots in the forest restoration and from 3 plots in the remnant forest to assess carbon sequestration in plants in the areas.

The study results revealed that the surface soil pH in the remnant forest was neutral (6.77). The cation exchange capacity in the remnant forest was the highest (12.5 milliequivalents/100 g) and the organic matter contents in the remnant forest and restored forest were higher than in the agricultural area (6.65, 5.47, and 5.02%, respectively). Macronutrients and micronutrients in the remnant forest were highest. The chemical properties of the subsurface soil and surface soil were not much different; specifically, there were no significant differences in the physical soil properties at the 95% level. The assessment in the restored forest indicated there were 216.45 t/ha of biomass that sequestered 101.72 t/ha of carbon. The remnant forest had 406.78 t/ha of biomass, with an associated carbon sequestration of 191.17 t/ha. Compared to other areas, the amount of carbon sequestered depended on the number and size of trees. In addition, the soil in the restored forest tended to be more fertile. The data obtained could be used in guidelines for managing reforested areas and on the appropriate use of these areas to increase carbon sequestration efficiency in the future.

Keywords: Soil fertility; Soil properties; Carbon sequestration assessment; Biomass; Forest restoration

บทคัดย่อ

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าพื้นที่ 8 ปี บ้านบุญแจ่ม ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดินที่มีผลต่อการปรากฏของพรรณไม้ ทำการเก็บข้อมูลดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 20-25 เซนติเมตร บริเวณป่าพื้นที่ ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตร เก็บตัวอย่างดินพื้นที่ละ 3 จุด จากนั้นวางแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร พร้อมทั้งเก็บองค์ประกอบของชนิดไม้ต้นในป่าพื้นที่ จำนวน 5 แปลง และห้วยมป่า จำนวน 3 แปลง เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ในพื้นที่

ผลการศึกษาพบว่า ดินชั้นบน ค่า pH ของพื้นที่ห้วยมป่าเป็นปานกลาง มีค่าเท่ากับ 6.77 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ในพื้นที่ห้วยมป่ามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 12.5 มิลลิอิควิวเลนซ์/100 กรัม และปริมาณอินทรีย์วัตถุของในพื้นที่ห้วยมป่าและป่าพื้นที่มีค่าสูงกว่าพื้นที่เกษตร เท่ากับ 6.65, 5.47 และ 5.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองพบห้วยมป่ามีค่าสูงที่สุด ในดินชั้นล่าง สมบัติดินทางเคมีไม่มีความแตกต่างจากดินชั้นบนมากนัก โดยเฉพาะสมบัติดินทางกายภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าพื้นที่ พบมวลชีวภาพ 216.45 ตันต่อเฮกตาร์ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 101.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และห้วยมป่ามีมวลชีวภาพ เท่ากับ 406.78 ตันต่อเฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 191.17 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมักขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของไม้ต้น นอกเหนือจากนั้นดินในพื้นที่ป่าพื้นที่มีแนวโน้มความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถเป็นแนวทางในการจัดการพื้นที่ป่าพื้นที่ และการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างเหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติดิน การประเมินคาร์บอน มวลชีวภาพ ป่าพื้นที่

คำนำ

ดินมีความสำคัญต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก ทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากเป็นแหล่งที่มาของปัจจัยสี่ที่ใช้ในการดำรงชีวิต ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ซึ่งสมบัติดินแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไปตามปัจจัยในการสร้างตัวของเนื้อดิน ส่งผลให้ดินมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกัน ลักษณะของดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชจะต้องมีปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เพียงพอต่อการเจริญเติบโต มีหน้าดินสีคล้ำหนา ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืช เนื้อดินร่วนซุย ไม่เป็นกรดหรือด่างจนเกินไป ค่า pH อยู่ในช่วงประมาณ 5.5-7.0 และไม่มีชั้นดานหรือชั้นหินที่ขัดขวางการเติบโตของรากพืชอยู่ในระดับดินตื้น (Land Development Department, 2013) ในทางด้านป่าไม้และการทำเกษตรกรรม ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อลักษณะของสังคมพืชที่มีความสัมพันธ์ระหว่างนิเวศวิทยา และภูมิประเทศ ดังนั้นจะเห็นว่าปัจจัยดินนั้นมีความสำคัญต่อลักษณะโครงสร้างสังคมพืช ความหนาแน่นของเรือนยอด ปริมาณมวลชีวภาพ

ของต้นไม้ องค์ประกอบชนิดพันธุ์ต่าง ๆ (Sellan *et al.*, 2019) รวมถึงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในเนื้อไม้ โดยป่าแต่ละประเภทนั้นมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนและปริมาณคาร์บอนสะสมแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างและชนิดพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่ภายในพื้นที่ป่า ปัจจุบันปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) มีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มสูงขึ้น จากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งการทำลายป่าและการทำให้ป่าเสื่อมโทรม กิจกรรมดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ส่งผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิบนพื้นโลกสูงขึ้นจนเกิดภาวะโลกร้อน (global warming) (Boontoon *et al.*, 2020) และกำลังก้าวเข้าสู่ภาวะโลกเดือด (global boiling)

บ้านบุญแจ่ม ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ เป็นหมู่บ้านที่มีการทำเกษตรกรรม และเลี้ยง

ปศุสัตว์เป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณน้ำฝนรายปีประมาณ 1,000-1,200 มิลลิเมตร ลักษณะสังคมพืชในพื้นที่เป็นป่าผสมผลัดใบ โดยสังคมพืชชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับมนุษย์มายาวนาน เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ไม่แน่นทึบและขึ้นจนเกินไป ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง สภาพป่าโล่งเตียนในบางฤดูกาล สะดวกแก่การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จากสังคมพืชที่เป็นป่าผสมผลัดใบที่มีไม้มีค่าในเชิงเศรษฐกิจ เช่น สัก (*Tectona grandis*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) มะค่าโมง (*Azadirachta xylocarpa*) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นต้น จึงเกิดการเข้าไปใช้ประโยชน์ในสังคมพืชชนิดนี้เป็นจำนวนมาก (Kutintara, 2008) โดยพื้นที่ศึกษานี้มีการใช้ประโยชน์จากการทำการเกษตรของคนในชุมชน ได้แก่ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่อมาได้มีการเรียกคืนพื้นที่บางส่วนและส่งเสริมการปลูกต้นกระถินยักษ์ที่เป็นพืชโตเร็วเพื่อนำมาผลิตอาหารสัตว์ ทำให้เกิดการกระจายพันธุ์อย่างรวดเร็วรุกเข้าพื้นที่ใกล้เคียง ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าดั้งเดิม ซึ่งปัจจุบันต้นกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) ถูกจัดให้เป็นพืชต่างถิ่นรุกราน ตาม IUCN ส่งผลให้กล้าไม้ในบริเวณดังกล่าวไม่สามารถเติบโตขึ้นทดแทนได้ และในปี พ.ศ. 2557 ได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกฟื้นฟูตามแนวพระราชดำริด้วยวิธีการปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อการใช้ประโยชน์ของคนในชุมชนอย่างยั่งยืน จึงมีการตัดต้นกระถินยักษ์ในบริเวณดังกล่าวเพื่อปลูกฟื้นฟูทดแทน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึง

มุ่งเน้นศึกษาสมบัติดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตรเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับแนวทางการฟื้นฟูพื้นที่และการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่การศึกษา

การศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บ้านบุญแจ่ม ตำบลน้ำเลา อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ มีการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ ป่าฟื้นฟู (forest restoration) ห้วยมป่า (remnant forest) และพื้นที่เกษตร (agriculture) ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 234-237 เมตร พบว่าป่าฟื้นฟูมีการสนับสนุนปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เพื่อให้คนในชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้หลากหลาย มีอายุการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณ 8 ปี จำนวนพื้นที่ 5 ไร่ ห้วยมป่ามีลักษณะสังคมพืชในพื้นที่เป็นป่าผสมผลัดใบ พันธุ์ไม้เด่นที่พบ ได้แก่ สัก ประดู่ป่า รัง (*Shorea siamensis*) แดง ยมหิน (*Chukrasia tabularis*) เป็นต้น พื้นที่ประมาณ 10 ไร่ และพื้นที่เกษตรมีการปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์ตลอดปี มีอายุการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณ 20-30 ปี ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่ศึกษาไม่แตกต่างกัน (Table 1 และ Figure 1)

Table 1 Land use and information of Boon Chaem Village, Nam Lao sub-district, Rong Kwang district, Phrae province

Land use	No. sites	Years Of cropping	Altitude (m)	Area (ha)
Forest restoration	5	8	235	0.80
Remnant forest	3		237	1.60
Agriculture**	1	20-30	234	2.08

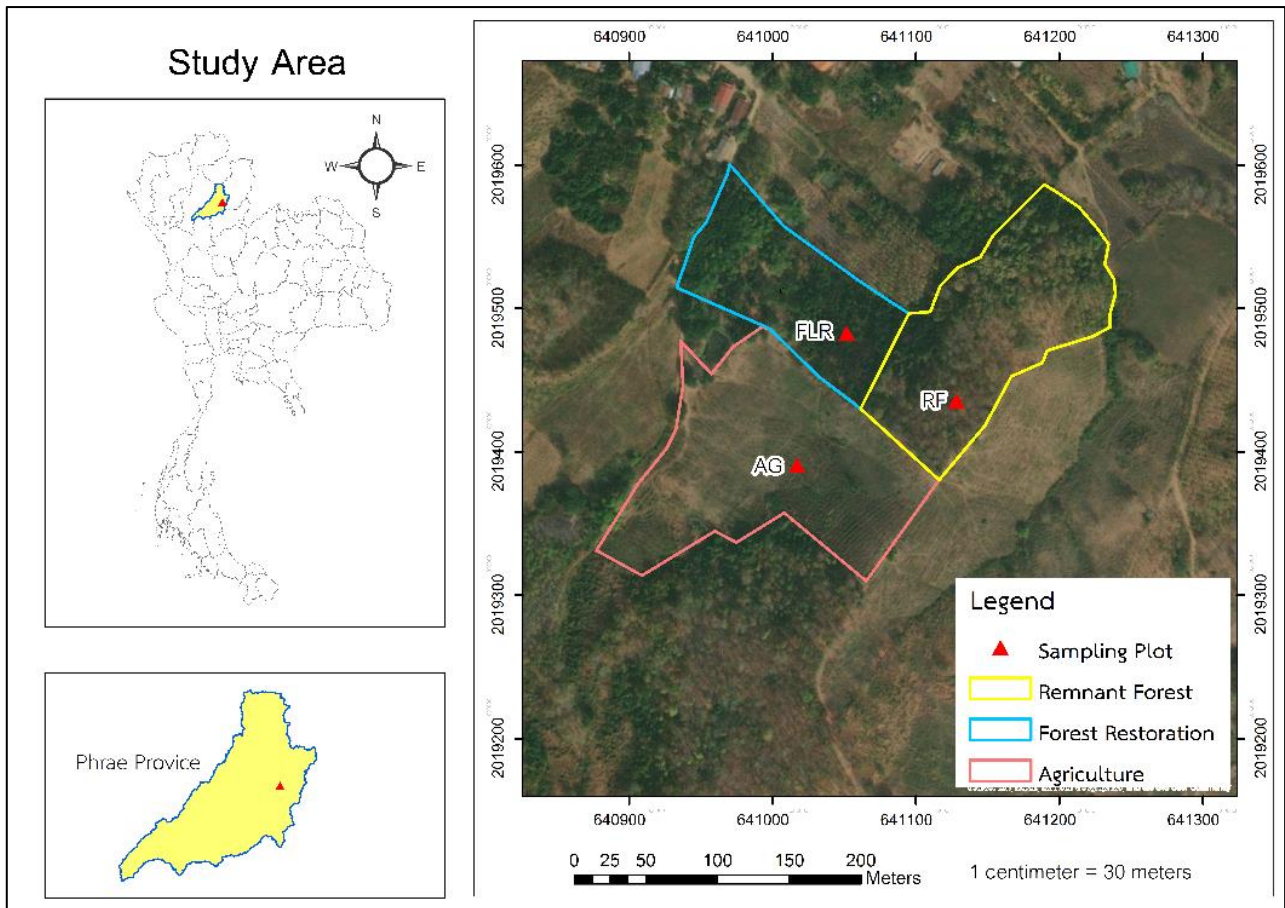


Figure 1 Study area in forest restoration (FLR), remnant forest (RF), and agriculture (AG).

การเก็บข้อมูล

การศึกษาสมบัติดิน

1) เลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดินในแปลงป่าฟื้นฟู ห้วยมป่า และพื้นที่เกษตร แปลงตัวอย่างละ 3 จุด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพ (Figure 2)

2) เก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ดินชั้นบนที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด/พื้นที่ และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร จำนวน 3 จุด/พื้นที่ รวมเป็น 18 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม/จุด

3. เก็บข้อมูลความแข็งดินในแนวนอนทำการขุดหลุมดินที่ความลึก 30 เซนติเมตร วัดความแข็งดินในแนวนอนที่ดินชั้นบน 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือ Yamanaka- type Push Cone Penetrometer และวัดค่าความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือ Field Scout TDR Soil Moisture ที่ดินชั้นบน 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร (Sakurai *et al.*, 1995)

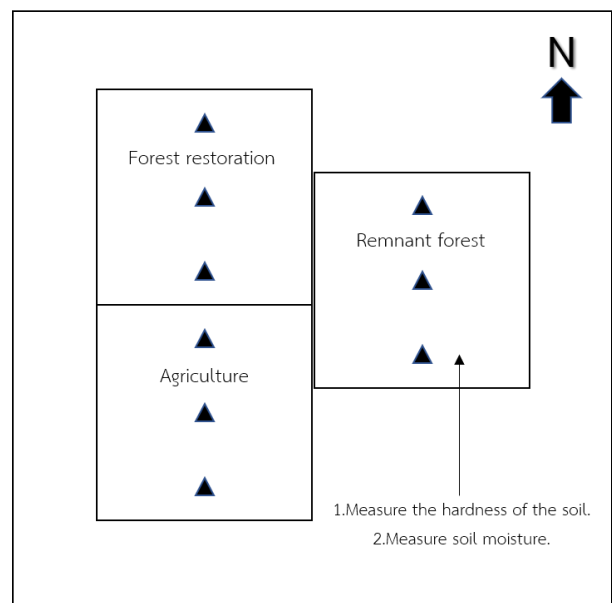


Figure 2 Soil samples collection schematic

การศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้

คัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนที่ดี คือ บริเวณที่พบการกระจายของพรรณไม้ที่มีความหลากหลายและความหนาแน่นของหมู่ไม้ เพื่อวางแผนตัวอย่างทำการเก็บข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และห้วยอมป่า

1) วางแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ในพื้นที่ป่าฟื้นฟูจำนวน 5 แปลง และห้วยอมป่าจำนวน 3 แปลง ภายในแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร และ 4 เมตร x 4 เมตร (TGO, 2016) (Figure 3) เนื่องจากในพื้นที่เกษตรเป็นการทำเกษตรเชิงเดี่ยวจึงไม่พบพรรณไม้ในพื้นที่

2) วัดไม้ใหญ่ (tree) แปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ที่มีขนาดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร (diameter at breast height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร แปลงย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ลูกไม้ (sapling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร มีความสูงมากกว่า 1.3 เมตร (Shewchenko *et al.*, 2018)

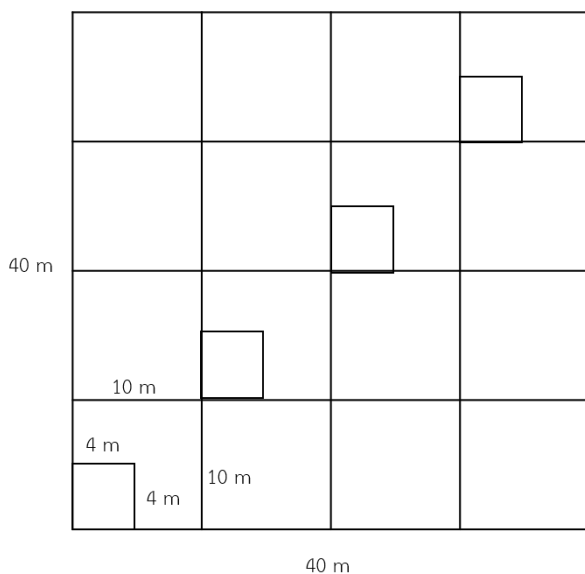


Figure 3 Grid sampling procedure (40 m x 40 m plots)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพ

1) วิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีของตัวอย่างดิน จำนวน 18 ตัวอย่าง ในห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์ (Avail.P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K) และธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.Mg) และเนื้อดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (Sand) อนุภาคดินทรายแป้ง (Silt) อนุภาคดินเหนียว (Clay)

2) วิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ความแข็งของดิน (soil hardness) ความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม Excel

วิเคราะห์การประเมินการกักเก็บคาร์บอน

สมการแอลโลเมตรีของป่าเบญจพรรณและเต็งรัง (Ogawa *et al.*, 1965) ในการประเมินมวลชีวภาพของต้นไม้มีสมการดังนี้

$$W_s = 0.0396(DBH^2H)^{0.9326}$$

$$W_b = 0.003487(DBH^2H)^{1.0270}$$

$$W_l = (28.0/W_{sb} + 0.025)^{-1}$$

จากนั้นคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนโดยใช้ค่ากลาง (default value) ซึ่ง (IPCC, 2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง และคำนวณปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากค่าสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน คือ 44/12

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสมบัติดินกับมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และห้วยอมป่า โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Detrended correspondence analysis (DCA)

ผลและวิจารณ์

สมบัติดินทางเคมีและกายภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟูห้วยอมป่า และพื้นที่เกษตร

ดินชั้นบน (ความลึกดินที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร)

ในพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่า สมบัติดินทางเคมี มีค่า pH เท่ากับ 6.01 เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในพื้นที่ป่าฟื้นฟู มีค่าเท่ากับ 9.6 มิลลิกรัมวาเลนซ์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำมาก (ระดับ CEC ต่ำมาก 4-9) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.47 แสดงถึงการมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก (ระดับ OM สูงมากร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.97 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (P ต่ำมาก < 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 83.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (K ปานกลาง 60-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1396.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Ca ปานกลาง 1,000-2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 172.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน มีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน โดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ อนุภาคดินทราย รองลงมา คือ อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว ตามลำดับ (Fongthiwong *et al.*, 2022) พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 42.72 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 23.8 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 33.48 ความแข็งของดิน มีค่าเท่ากับ 17.44 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.33 (Table 2)

หอย่อมป่า พบว่า สมบัติดินทางเคมีมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เท่ากับ 6.77 แสดงถึงค่าเป็นกลาง (neutral) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 12.5 มิลลิอิกวิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ (ระดับ CEC ต่ำ 10-15 มิลลิอิกวิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม) เนื่องจากภายในพื้นที่หอย่อมป่ามีการทับถมของใบไม้และเกิดการย่อยสลายของซากพืชในดินอยู่เสมอ ปริมาณอินทรีย์วัตถุจึงสูงมาก มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.65 (ระดับ OM สูงมาร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลักพบฟอสฟอรัสของพื้นที่หอย่อมป่า มีค่าเท่ากับ 17.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (P สูง 16-45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ด้านโพแทสเซียมที่มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารหรือผลผลิตจากการสังเคราะห์แสง พบในพื้นที่หอย่อมป่ามีค่าเท่ากับ 91.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (K สูง 91-120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียมเป็นองค์ประกอบในสารที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกัน ช่วยในการแบ่งเซลล์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด และช่วยให้เอนไซม์บางชนิดทำงานได้ดีขึ้น มีค่าเท่ากับ 2,292.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (Ca สูง 2,000-3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่างในเซลล์พอเหมาะ ช่วยในการงอกของเมล็ด มีค่าเท่ากับ 265.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Mg ปานกลาง 120-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 59.12 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ

14.20 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 26.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 13.67 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.22 (Table 2)

พื้นที่เกษตร พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 6.37 มีค่าเป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก เท่ากับ 11.6 มิลลิอิกวิวาเลนต์/100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.95 อินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (ระดับ OM ค่อนข้างสูง 2.5-3.5%) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัสในพื้นที่เกษตร มีค่าเท่ากับ 0.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก ธาตุอาหารโพแทสเซียมมีค่าเท่ากับ 74.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรองพบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1610.56 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 190.81 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบว่า มีค่าอนุภาคดินทราย ร้อยละ 37.52 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 21.40 และอนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 41.08 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.67 และความชื้นในดิน อยู่ระหว่างร้อยละ 10.33 (Table 2)

ดินชั้นล่าง (ความลึกที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร)

สมบัติดินทางเคมี พบว่า ค่า pH ของป่าพื้นที่หอย่อมป่ามีค่าเท่ากับ 6.27 ค่าเป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 9.65 มิลลิอิกวิวาเลนต์ต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำมาก (ระดับ CEC ต่ำมาก 4-9) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 4.86 แสดงถึงอินทรีย์วัตถุสูงมาก ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (P ต่ำมาก < 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 69.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 1343.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Ca ปานกลาง 1,000-2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 158.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดิน พบอนุภาคดินทราย มีค่าร้อยละ 40.32 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 25 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 34.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.78 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.11 (Table 2)

หอย่อมป่า พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ในพื้นที่มีค่าเท่ากับ 6.70 เป็นกลาง ความสามารถในการแลกเปลี่ยน

ประจุบวก มีค่าเท่ากับ 11.56 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ (ระดับ CEC ต่ำ 10-15 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 5.15 แสดงถึงอินทรีย์วัตถุสูงมาก (ระดับ OM สูงมาร้อยละ >4.5) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส ของพื้นที่ห้วยอมป่า มีค่าเท่ากับ 13.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (P ปานกลาง 11-15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ด้านโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 76.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (K ปานกลาง 61-90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าเท่ากับ 2,116.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูง (Ca สูง 2,000-3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 256.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง (Mg ปานกลาง 120-360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สมบัติทางกายภาพเนื้อดินพบอนุภาคดินทรายของห้วยอมป่า มีค่าร้อยละ 57.20 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 14.2 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 28.28 ความแข็งของดิน เท่ากับ 16.78 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.56 (Table 2)

พื้นที่เกษตร พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 6.44 เป็นกรดเล็กน้อย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเท่ากับ 10.48 มิลลิอิกควาเลนต่อ 100 กรัม อยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับร้อยละ 2.59 อินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (ระดับ OM ค่อนข้างสูง 2.5-3.5%) ธาตุอาหารหลัก พบฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก โพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 68.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง ธาตุอาหารรอง พบแคลเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 1700.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง แมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 203.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ปานกลาง สมบัติทางกายภาพเนื้อดินพบอนุภาคดินทราย มีค่าร้อยละ 38.32 อนุภาคทรายแป้ง มีค่าร้อยละ 21 อนุภาคดินเหนียว เท่ากับร้อยละ 40.68 ความแข็งของดิน เท่ากับ 15.00 และความชื้นในดิน เท่ากับ 10.33 (Table 2)

จากการศึกษาสมบัติดินทางเคมีและทางกายภาพดินชั้นบนที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ระดับ 20-25 เซนติเมตร พบว่า พื้นที่ห้วยอมป่ามีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่ห้วยอมป่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุหน้าดิน ธาตุอาหารหลัก (P, K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg) และสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้มากที่สุด มีค่า pH เป็นกลาง ต่างจากป่าพื้นฟู และพื้นที่เกษตร ทั้งสองพื้นที่มีค่า pH เป็นกรดเล็กน้อย ในส่วนของสมบัติดินทางกายภาพเนื้อดินของพื้นที่ห้วยอมป่าเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในขณะที่พื้นที่ป่าพื้นฟูเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และพื้นที่เกษตรเป็นดินเหนียว พิจารณาจากการจำแนกเนื้อดินตามสามเหลี่ยมดิน (Wiriyakitnatekul and Kerdchana, 2016) ด้านความแข็งของดินและความชื้นในดิน พบว่า เนื่องจากห้วยอมป่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง ส่งผลให้ดินชั้นบนมีความแข็งน้อยที่สุด ความชื้นในดินห้วยอมป่า ป่าพื้นฟู และพื้นที่เกษตรมีความใกล้เคียงกัน จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมักเป็นอนุภาคดินเหนียวที่เกิดจากการทับถมของตะกอน รองลงมาเป็นอนุภาคดินทรายแป้งซึ่งมีความสำคัญในการรักษาสถานภาพของโพแทสเซียมในดินมากกว่าอนุภาคดินทราย และดินในพื้นที่ลุ่มจะพบปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าที่ดอน (Land Development Department, 2015) ในพื้นที่เกษตรดินมีอนุภาคเป็นดินเหนียว ความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่าพื้นที่ห้วยอมป่า และป่าพื้นฟู แต่ปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า เกิดจากพื้นที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนตลอดปีทำให้ปริมาณโพแทสเซียมถูกใช้มากกว่าพื้นที่ห้วยอมป่า และป่าพื้นฟู ค่าโพแทสเซียมจึงมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

Table 2 Soil properties under various land uses

Soil property	Remnant forest	Forest restoration	Agriculture	P-value
<u>Surface soil (0–5 cm)</u>				
1. pH	6.77 b	6.01 a	6.37 ab	0.099 ^{ns}
2. Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/100g)	12.5 b	9.6 a	11.6 b	0.016*
3. Organic Matter (OM) (%)	6.65 c	5.47 b	2.95 a	0.000***
4. Available Phosphorus (P) (mg/kg)	17.27 b	0.97 a	0.76 a	0.003**
5. Exchangeable Potassium (K) (mg/kg)	91.86	83.47	74.5	0.377 ^{ns}
6. Exchangeable Calcium (Ca) (mg/kg)	2292.92 b	1396.25 a	1610.56 a	0.010*
7. Exchangeable Magnesium (Mg) (mg/kg)	265.94 b	172.70 a	190.81 a	0.035*
8. Sand (%)	59.12 c	42.72 b	37.52 a	0.003**
9. Silt (%)	14.2 a	23.8 b	21.4 ab	0.083 ^{ns}
10. Clay (%)	26.68 a	33.48 b	41.08 b	0.007**
11. Soil hardness ¹	13.67 a	17.44 b	15.67 b	0.007*
12. Soil moisture ² (%)	10.22	10.33	10.33	0.770 ^{ns}
<u>Subsurface soil (20–25 cm)</u>				
1. pH	6.70	6.27	6.44	0.483 ^{ns}
2. Cation Exchange Capacity (CEC) (meq/100g)	11.56 b	9.65 a	10.48 a	0.055 ^{ns}
3. Organic Matter (OM) (%)	5.15	4.86	2.59	0.227 ^{ns}
4. Available Phosphorus (P) (mg/kg)	13.73	0.82	0.88	0.108 ^{ns}
5. Exchangeable Potassium (K) (mg/kg)	76.3	69.34	68.41	0.402 ^{ns}
6. Exchangeable Calcium (Ca) (mg/kg)	2116.86 b	1343.81 a	1700.56 a	0.010**
7. Exchangeable Magnesium (Mg) (mg/kg)	256.79 b	158.51 a	203.20 a	0.020*
8. Sand (%)	57.2 b	40.32 b	38.32 a	0.101 ^{ns}
9. Silt (%)	14.2 a	25 b	21 b	0.014*
10. Clay (%)	28.28 a	34.68 b	40.68 b	0.007*
11. Soil hardness ¹	16.78	15.78	15.00	0.414 ^{ns}
12. Soil moisture ² (%)	10.56 b	10.11 a	10.33 ab	0.075 ^{ns}

Remarks: Values in same row followed by different lowercase letters are significantly different at $P < 0.05$ (Duncan's multiple comparison test) Analysis in the laboratory of the Product Quality and Standards Inspection Service Institute Princess Sirindhorn Building Maejo University, Chiang Mai province. Treatments marked with different lowercase letters are significantly different, where * = significant at 0.05 level ($p \leq 0.05$), ** = highly significant at 0.01 level ($p \leq 0.01$), *** = very highly significant at 0.001 level ($p \leq 0.001$), and ns = not significant at 0.05 level ($p > 0.05$).

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และ ห้วยมป่า

จากการประเมินมวลชีวภาพของพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่า มวลชีวภาพรวม (total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิด มีค่าเท่ากับ 34.63 ตันต่อไร่ (216.45 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 16.27 ตันคาร์บอนต่อไร่ (101.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) มีมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ เท่ากับ 34.24 ตันต่อไร่ (214.00 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่ เท่ากับ 16.09 ตันคาร์บอนต่อไร่ (100.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 59.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (368.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ ชีเหล็ก (*Senna siamea*) จามจุรี (*Samanea saman*) พฤษภ (Albizia lebbek) สะตอ (*Parkia speciosa*) มะขามเทศ (*Pithecellobium dulce*) มีค่าเท่ากับ 3.24, 1.55, 1.29, 1.25 และ 1.25 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (20.25, 9.69, 8.06, 7.81 และ 7.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ในลูกไม้มีมวลชีวภาพรวม เท่ากับ 0.0162 ตันต่อไร่ (0.101 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในลูกไม้ เท่ากับ 0.0076 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.047 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.0277 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (0.173 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรก ได้แก่ ข่อย (*Streblus asper*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis*) ชะอม (*Acacia pennata*) มะคำดีควาย (*Sapindus rarak*) มีค่าเท่ากับ 0.0029, 0.0016, 0.0010, 0.0009 และ 0.0004 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.018, 0.010, 0.006, 0.005 และ 0.002 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ และมวลชีวภาพรวมของไผ่ เท่ากับ 0.376 ตันต่อไร่ (2.35 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไผ่ เท่ากับ 0.177 ตันคาร์บอนต่อไร่ (1.10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (4.05 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พบ 2 ชนิด ได้แก่ ไม้ตง (*Dendrocalamus asper*) และ ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis*) มีค่าเท่ากับ 0.164 และ 0.012 ตันคาร์บอนต่อไร่ (1.025 และ 0.075 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ

(Table 3) เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ป่าฟื้นฟู พบว่าป่าที่อยู่ในระหว่างการฟื้นตัวมักจะมีปัจจัยคุกคามเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขัดขวางกระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตช้าและมีขนาดเล็ก ส่งผลทำให้มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนมีค่าต่ำกว่า (Srethasirote *et al.*, 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wanichanukul *et al.* (2022) พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าปลูกมีมวลชีวภาพรวม 42.25 ตันต่อไร่ ต้นไม้ที่มีมวลชีวภาพสูงสุด คือ สัก เท่ากับ 21.42 ตันต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ อะราง (*Peltophorum dasyrhachis*) ประดู่ป่า ทางหลวง (*Albizia chinensis*) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) มีค่าเท่ากับ 8.41, 4.04, 2.37 และ 2.02 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม 19.86 ตันคาร์บอนต่อไร่ ต้นไม้ที่มีปริมาณการกักเก็บปริมาณคาร์บอนสูงสุด คือ สัก เท่ากับ 10.07 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ อะราง ประดู่ป่า ทางหลวง และยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 3.95, 1.89, 1.11 และ 0.94 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ

มวลชีวภาพรวม (total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิดในพื้นที่ห้วยมป่า พบว่า มีค่าเท่ากับ 65.09 ตันต่อไร่ (406.78 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ เท่ากับ 30.59 ตันคาร์บอนต่อไร่ (191.17 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) พบมวลชีวภาพรวมของไม้ใหญ่ เท่ากับ 64.88 ตันต่อไร่ (405.50 ตันต่อเฮกตาร์) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่ เท่ากับ 30.49 ตันคาร์บอนต่อไร่ (190.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 111.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (698.81 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ สัก ประดู่ป่า รัง แดง และปอแก้วเทา (*Grewia eriocarpa*) มีค่าเท่ากับ 12.68, 7.62, 2.57, 2.46 และ 1.41 ตันคาร์บอนต่อไร่ (79.25, 47.63, 16.06, 15.38 และ 8.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ มวลชีวภาพรวมของลูกไม้ เท่ากับ 0.0163 ตันต่อไร่ (0.102 ตันต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 0.0076 ตันคาร์บอนต่อไร่ (0.048 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.0280 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (0.175 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พิจารณาเป็นรายชนิดพบ 5 ลำดับแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้มากที่สุด ได้แก่ แดง

ยมหิน เพกา (*Oroxylum indicum*) ฝ่าเลี่ยน (*Vitex canescens*) มะเฒ่าสาย (*Antidesma sootepense*) มีค่าเท่ากับ 0.00181, 0.0013, 0.0009, 0.0008 และ 0.0007 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (0.0113, 0.0081, 0.0056, 0.0050 และ 0.0044 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ และมวลชีวภาพรวมไม้ทุกชนิด เท่ากับ 0.189 ต้นต่อไร่ (1.18 ต้นต่อเฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 0.089 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (0.55 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) และสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 0.33 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (2.03 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) พบ 1 ชนิด ได้แก่ ไร่ไร (*Gigantochloa albociliata*) (Table 3) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่พร่อง-แม่พลู ตำบลแม่พลู อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าในพื้นที่บ้านบุญแจ่มมากกว่า โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และไม้ในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณที่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 9.36 ต้นคาร์บอนต่อไร่ และป่าเบญจพรรณผสมไม้ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ เท่ากับ 7.45 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (Maosew *et al.*, 2019)

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและปริมาณมวล

ชีวภาพในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และหย่อมป่า

จากการจัดลำดับสังคมพืชตามแนวการลดหลั่นของปัจจัยด้วยวิธี Detrended correspondence analysis (DCA) พบว่าค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) และแกนที่ 2 (axis2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.87874, 0.22849, 0.12930 การใช้แกนที่ 1 และแกน 2 ในการอธิบายผลความสัมพันธ์จึงให้ความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถจำแนก

ชนิดไม้ที่ตอบสนองต่อคุณสมบัติดินอย่างชัดเจน (Figure 4) ซึ่งพื้นที่ป่าฟื้นฟูถูกกำหนดด้วยสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ดินร่วน ดินเหนียว ความแข็งของดิน และความชื้นในดิน ชนิดไม้เด่นของพื้นที่ป่าฟื้นฟู ได้แก่ สมอพิเภก (TEBE) มะค่าตีควาย (SARA) มะกล่ำต้น (ADPA) ป๊อบ (MIHO) ชี้เหล็ก (SESI) เป็นต้น ในด้านของสมบัติทางเคมีพบว่าพื้นที่ป่าฟื้นฟูไม่มีปัจจัยทางด้านเคมีเป็นตัวกำหนด เนื่องจากเคยเป็นพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวมาก่อนทำให้มีการใช้ธาตุอาหารในการเจริญเติบโตของพื้นที่ อีกทั้งมีการรบกวนรุนแรงอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ดินเสื่อมสภาพจากการศึกษาของ Boontoon *et al.*, (2020) พบว่า การผลิตพืชไร่ในระบบเกษตร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย การไถพรวนเพื่อปรับสภาพพื้นที่ให้สม่ำเสมอและกำจัดวัชพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง หากการไถพรวนมากเกินไปความจำเป็นจะเกิดการเร่งการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดแผ่นแข็งที่ผิวหน้าดินและชั้นดานไถพรวน (plow pan) อัตราการซาชซึมน้ำของดินลดลงเกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินเพิ่มขึ้นจึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดิน และทำให้ดินเสื่อมสภาพลงทั้งทางกายภาพและความอุดมสมบูรณ์ ในส่วนของพื้นที่หย่อมป่าสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ดินทรายที่กำหนดลักษณะสังคมพืชป่าผสมผลัดใบในพื้นที่ดังกล่าว ชนิดไม้เด่นของพื้นที่หย่อมป่า เช่น สัก (TEGR) แดง (XYXY) ประดู่ (PTMO) กาสามปึก (VIPE) และรัง (SHSI) เป็นต้น ในขณะที่หย่อมป่าถูกกำหนดด้วยสมบัติดินทางเคมี มีการสะสมธาตุหลัก และธาตุอาหารรอง และปริมาณอินทรีย์วัตถุ มากกว่าพื้นที่ป่าฟื้นฟู เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นวัตถุดิบกำเนิดที่ย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Massaccesi *et al.*, 2020)

Table 3 Biomass and carbon stock in restored forest and remnant forest

Community characters		Biomass					Total Bio- mass (t/rai)	Total Bio- mass (t/ha)	Carbon stock (tC/rai)	Carbon stock (tC/ha)	CO ₂ (tCO ₂ /rai)	CO ₂ (tCO ₂ /ha)
		ABG (t/rai)				BLG Root (t/rai)						
		Stem	Branch	Leaf	ABG Total							
Forest Restoration	Tree	22.07	4.04	0.85	26.96	7.28	34.24	214.00	16.09	100.58	59.01	368.80
	Sapling	0.0109	0.0013	0.000436	0.01	0.0033	0.0162	0.101	0.0076	0.047	0.0277	0.173
	Bamboo						0.376	2.35	0.177	1.10	0.65	4.05
Remnant forest	Tree	41.04	8.66	1.39	51.09	13.79	64.88	405.50	30.49	190.58	111.81	698.81
	Sapling	0.0111	0.0012	0.000441	0.01	0.0035	0.0163	0.102	0.0076	0.048	0.0280	0.175
	Bamboo						0.189	1.18	0.089	0.55	0.33	2.03

Remarks: AGB = above ground biomass and BLG= below ground biomass.

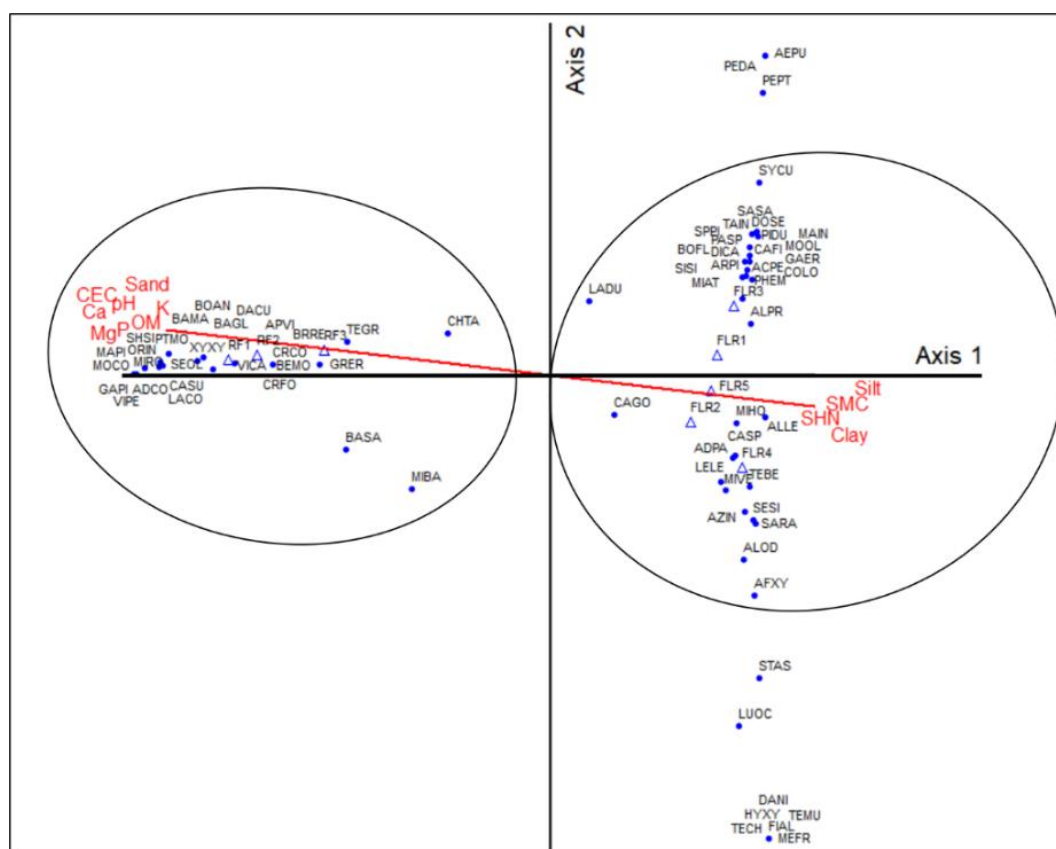


Figure 4 DCA ordination diagram representing relationship between edaphic factors and biomass

สรุป

สมบัติดินของป่าพื้นฟู ห้วยอมป่า และพื้นที่เกษตร จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่แตกต่างกันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินไปจากเดิมทั้ง ทางเคมีและทางกายภาพของดิน ซึ่งพื้นที่ป่าพื้นฟูที่เคยเป็น พื้นที่เกษตรกรรมมีสมบัติดินเสื่อมโทรม เมื่อมีการปลูกพื้นฟูใน ระยะเวลา 8 ปี ด้วยวิธี ไม่ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง สมบัติ ดินมีการพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้น เช่น ธาตุอาหารหลัก และ โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในด้านการกักเก็บคาร์บอนในป่าพื้นฟูนั้น ยังมีปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนได้น้อยกว่าห้วยอมป่าแต่ในขณะเดียวกันก็มี แนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น ชีءเหล็ก ที่สามารถกักเก็บคาร์บอนได้มาก ที่สุด นอกเหนือจากนั้นในการจัดการเพื่อให้การพื้นฟูมี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรมีการจัดการไม้ต่างถิ่นรุกราน เช่น กระถินยักษ์ เป็นต้น เพิ่มช่องว่างระหว่างเรือนยอดที่จะเอื้อต่อ การตั้งตัวของชนิดไม้พื้นถิ่น เพื่อให้ป่าพื้นฟูสามารถพัฒนาไปสู่ สังคมพืชดั้งเดิมได้มากที่สุด ควรมีการติดตามและศึกษาความ หลากชนิดของพรรณไม้และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวล

ชีวภาพของไม้ต้นในพื้นที่ป่าฟื้นฟู และหอย่อมป่าอย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการดูแลรักษา อีกทั้งในการพิจารณาชนิดไม้เพื่อปลูกฟื้นฟูควรคัดเลือกไม้พื้นถิ่นและพิจารณาถึงชนิดที่มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม รวมถึงวัตถุประสงค์ความต้องการปลูกฟื้นฟูเป็นสำคัญ

คำนิยาม

บทความวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุน
ศิษย์ก้นกุฏิ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2565
ขอขอบคุณนายจิรพัฒน์ แจ่มรัตน์โสภิต ผู้ใหญ่บ้านบุญแจ่ม
และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีช่วยให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- 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)

- Fongthiwong, W., Lattirasuvan, T., Yothapakdee, T., Chuesaard, T., Chaimongkhon, S. 2022. Ecological characteristics of miang tea gardens (*Camellia sinensis* (L.). **Khon Kaen Agriculture Journal**, 49(6): 1351-1363. (in Thai)
- Kutintara, U. 2008. Vegetative cover types classification system of Thailand. **Journal of Tropical Plants Research**, 1-21. (in Thai)
- Land Development Department. 2013. **A Set of Half-Century Knowledge Soil of Thailand**. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Land Development Department. 2015. **State of Soil and Land Resources of Thailand**. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Limited, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Maosew, K., Thanacharoenchanaphas, K., Boonyanuphap, J. 2019. Valuation of carbon stock in undisturbed natural forest and mixed fruit tree-based agroforestry system by landslide and under natural succession. **Thai Journal of Forestry**, 38(1): 81-95. (in Thai)
- Massaccesi, L., Feudis, M.D., Leccese, A., Agnell, A. 2020. Altitude and vegetation affect soil organic carbon, basal respiration and microbial biomass in Apennine forest soils. **Forests**, 11: 710. doi.org/10.3390/f11060710
- Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and life in SE Asia**, 1: 21-157.
- Sakurai, K., Puriyakorn, B., Preechapanya, P., Tanpibal, V., Muangnil, K., Prachaiyo, B. 1995. Improvement of biological productivity in degraded lands in Thailand III. **Tropics**, 4 (2/3): 151-172.
- Sellan, G., Thompson, J., Majalap, N., Brearley, Q.F. 2019. Soil characteristics influence species composition and forest structure differentially among tree size classes in a Bornean heath forest. **Plant Soil**, 438(9): 173-185.
- Shewchenko, O., Asanok, L., Marod, D. 2018. Forest structure and species composition of limestone forest after mining, Phrae province. **Thai Journal of Forestry**, 37 (1): 73-83 (in Thai)
- Srethasirote, B., Tawon, R., Poangjit, L., Soontornwong, S. 2011. **REDPLUS: Hot Issues in the World Negotiation Arena Concepts and Formats Appropriate for Thai Society**. Dhammarath Institute for Social and Environmental Development, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) (TGO). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector, 3rd ed**. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (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 August 2023.
- Wanichanukul, S., Chuenwong, P., Chantima, K., Sukueng, K., Pinmongkhonkul, S. 2022. The carbon sequestration of plant community in plantation forest in Pa Doi Bo National Forest Reserves, Chiang Rai province. **Journal of Interdisciplinary Research**, 11(2): 157-167. (in Thai)
- Wiriakitnatekul, W., Kerdchana, C. 2016. **Methods of Soil Analysis and Interpretation for Soil Survey and Classification: Physical Properties**. Office of Science for Land Development Land Development Department. Bangkok, Thailand. (in Thai)

บทวิจารณ์

ลักษณะสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์และความสำคัญด้านระบบนิเวศ
ในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

Characteristics of Subalpine Plant Communities

and their Ecological Importance in Doi Luang Chiang Dao, Chiang Mai Province

เฉลิมพงษ์ พงศ์จันทร์^{1,2*}Chalermpong Pongjun^{1,2*}อัญชัย ตันทเทศ¹Unchun Tuntates¹¹สาขาวิชาการจัดการการท่องเที่ยวแบบบูรณาการ คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110¹Integrated Tourism Management Major, Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University, Vadhana, Bangkok 10110, Thailand²สมาคมพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และพัฒนาคุณภาพชีวิต อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50120²Association of Creative Tourism Development and Quality of Life Development, San Sai District, Chiang Mai 50120, Thailand

*Corresponding author's email: chalermpong.moon@g.swu.ac.th

รับต้นฉบับ 30 ธันวาคม 2566

รับแก้ไข 19 มีนาคม 2567

รับลงพิมพ์ 11 เมษายน 2567

ABSTRACT

Subalpine plant communities have unique characteristics and are very important in the ecosystem. Currently, there is increased awareness of climate change and its potential impacts on ecosystems in Thailand and globally, with the need to balance natural and environmental sustainability against human developmental pressures. However, there is limited knowledge regarding subalpine plant communities and the importance of subalpine plants for the well-being of natural ecosystems. Especially in Thailand, there has been little published information and overall knowledge about research related to subalpine plant communities. The main aim of the current study was to provide information for the public and relevant people to understand the importance of subalpine plants from an ecological perspective. Therefore, this article collected academic documents and fundamental knowledge related to subalpine plant communities, the biology of subalpine plants, characteristics of subalpine plants, the status of subalpine plants, the importance of equilibrium for the growth of subalpine plants, and the value and importance of subalpine plants as they affect the ecosystem. The results of the analysis showed that subalpine plants are important for their environmental and ecological services. The different characteristics of environment, topography, climate, and altitude were identified as influential factors for different plant societies. The accumulated information should help to promote the conservation of environmental diversity and to realize the importance of subalpine plants in Thailand for improved sustainability outcomes in the future.

Keywords: Characteristics of Plant Community; Ecology; Subalpine vegetation; Doi Luang Chiang Dao

บทคัดย่อ

สังคมพืชกึ่งอัลไพน์เป็นสังคมพืชชนิดหนึ่งที่มีลักษณะโดดเด่นและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันเกิดการตื่นตัวเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การตระหนักถึงความสำคัญของระบบนิเวศทั้งประเทศไทยและทั่วโลก เพื่อให้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมมีความสมดุลเกิดความยั่งยืนในอนาคต อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ความเข้าใจในเรื่องสังคมพืชกึ่งอัลไพน์รวมทั้งความสำคัญของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ที่เกิดประโยชน์ต่อระบบนิเวศธรรมชาติมีค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะในประเทศไทย ข้อมูลและองค์ความรู้ในการวิจัยเกี่ยวกับสังคมพืชกึ่งอัลไพน์หาได้ยาก ดังนั้น บทความวิชาการนี้จึงได้รวบรวมเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ พืชกึ่งอัลไพน์ทางชีววิทยา ลักษณะของสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ สถานภาพของพืชกึ่งอัลไพน์ ภาวะสมดุลที่สำคัญต่อการเติบโตของพืชกึ่งอัลไพน์ คุณค่าความสำคัญด้านระบบนิเวศธรรมชาติของพืชกึ่งอัลไพน์ อีกทั้ง ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาสังเคราะห์เป็นความรู้ทางวิชาการ รวบรวมข้อมูลที่ได้เป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์ จากการสังเคราะห์เห็นว่า องค์ความรู้เรื่องสังคมพืชกึ่งอัลไพน์และความสำคัญของสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ ได้แก่ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านนิเวศบริการ และลักษณะสภาพสิ่งแวดล้อม ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระดับความสูงมีความแตกต่างกัน เป็นปัจจัยให้สังคมพืชมีความแตกต่างกัน โดยมีจุดมุ่งหมายหลัก เพื่อเป็นข้อมูลเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้มีความรู้ความเข้าใจในความสำคัญของพืชกึ่งอัลไพน์ที่ให้ประโยชน์ต่อระบบนิเวศธรรมชาติ นอกจากนี้ เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์ความหลากหลายด้านสิ่งแวดล้อม และช่วยตระหนักถึงความสำคัญของพืชกึ่งอัลไพน์ในประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นอย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: ลักษณะสังคมพืช ระบบนิเวศวิทยา พืชกึ่งอัลไพน์ ดอยหลวงเชียงดาว

คำนำ

สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ (subalpine vegetation) เป็นสังคมพืชที่เติบโตบนพื้นที่สูงตั้งแต่ 1,900–3,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีการเติบโตของกลุ่มพืชไม้พุ่มเตี้ย พืชไม้เล็ก และพืชล้มลุกเป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งมีไม้ยืนต้นเตี้ยโตแบบกระจัดกระจายปะปนรวมอยู่เล็กน้อยในเขตสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นจากความสูงเหนือน้ำทะเล (Tusiime *et al.*, 2020; Chokpattra, 2021) สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์หาพบได้ยากในประเทศไทยเนื่องจากเป็นเขตร้อนชื้น (tropical zone) ในปัจจุบัน พบว่าสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ปรากฏอยู่ในบริเวณภาคเหนือจากการเกิดขึ้นตามสภาพภูมิประเทศภูเขาสูงผสมผสานกับภูมิอากาศหนาวเย็นเป็นส่วนใหญ่ (Saradee, 2022) โดยเฉพาะ ดอยหลวงเชียงดาวตั้งอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวจังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งนิเวศธรรมชาติส่วนหนึ่งของพื้นที่ภาคเหนือลุ่มแม่น้ำปิงตอนบน แหล่งต้นน้ำและเขตอนุรักษ์สัตว์ป่ากวาวผา อีกทั้งยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ (PRD, 2023) ดอยหลวงเชียงดาวมีพื้นที่ 536,931 ไร่ ความสูง 2,225 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เป็นภูเขาหินปูนที่สูงที่สุดในประเทศไทยและสูงเป็นอันดับ 3 ของภูเขาทั้งหมดในประเทศไทย ด้วยสภาพของหินปูนที่ระดับสูงบวกด้วยสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์มีลักษณะป่าไม้ดิบเขา (hill evergreen forest) ส่งผลให้สังคมพืชที่เกิด

ขึ้นอยู่บริเวณสันเขาและยอดเขาดอยหลวงเชียงดาว เป็นพืชภูเขาหินปูนที่มีลักษณะพิเศษเรียกว่า สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์เพียงแห่งเดียวในประเทศไทย ซึ่งเชื่อมโยงกับสังคมพืชในแนวเทือกเขาหิมาลัยทางตอนใต้ของจีน มีความหลากหลายด้วยพันธุ์ไม้แบบกึ่งอัลไพน์ พืชเฉพาะถิ่น และพรรณไม้หายากหลายชนิด (Thai Spokesperson of the Prime Minister's Office, 2021; DNP, 2023; Seub Nakhasathien Foundation, 2023) ความหลากหลายของลักษณะสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในเขตดอยหลวงเชียงดาวที่โดดเด่น ได้แก่ กลุ่มพืชไม้พุ่มเตี้ย พืชไม้เล็ก พืชล้มลุก และไม้ยืนต้นเขตอัลไพน์ ซึ่งเป็นพืชกึ่งอัลไพน์หายากและเป็นพืชแบบแถบเทือกเขาหิมาลัยพัฒนากลายเป็นพืชอัลไพน์เฉพาะถิ่น มีความสำคัญต่อระบบนิเวศภูเขาอัลไพน์เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าที่สำคัญ เช่น เสือลายเมฆ (*Neofelis nebulosa*) เสืออไฟ (*Catopuma temminckii*) แมวดาว (*Prionailurus bengalensis*) รวมถึงสัตว์ป่าสงวน 2 ชนิด คือ เลียงผา (*Capricornis maritimus*) และกวาวผา (*Naemorhedus evansi*) เป็นพื้นที่อนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าและกวาวผา ที่มีจำนวนประชากรกวาวผามากที่สุดในประเทศไทย มีคุณค่าต่อการสร้างแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในระบบธรรมชาติ เป็นแหล่งเรียนรู้ความหลากหลายทางด้านชีววิทยา เส้นทางศึกษาธรรมชาติดอยหลวงเชียงดาว และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศภูเขาแบบกึ่งอัลไพน์ อีกทั้งยังเป็นแหล่งรวมพันธุ์ไม้แบบกึ่งอัลไพน์

รวมทั้งพันธุ์ไม้ต่าง ๆ จำนวน 2,000 ชนิด หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ของพันธุ์ไม้ในประเทศไทย (Chokpatttra, 2021; Bangkokbiznews, 2021; Center for the Promotion of Art Culture Chiang Mai University, 2021; MNRE, 2021a) นอกจากนี้ ดอยหลวงเชียงดาวยังมีความสำคัญด้านระบบนิเวศในระดับนานาชาติ ในฐานะเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลของโลก (biosphere reserve) ตามเกณฑ์ขององค์การสหประชาชาติ เนื่องจากมีคุณค่าทางธรรมชาติจากการมีสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ที่แท้จริงในระบบนิเวศภูเขาหินปูนแห่งเดียวในประเทศไทย (MCOT, 2021; Wachirawit, 2021; DNP, 2022; ONEP, 2023) ประกอบกับนโยบายการพัฒนาประเทศที่ภาครัฐส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดความสมดุลและให้ความสำคัญต่อแหล่งระบบนิเวศธรรมชาติด้วยการอนุรักษ์ ป้องกัน และฟื้นฟูระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Office of the Permanent Secretary for Ministry of Natural Resources and Environment, 2023) ที่ผ่านมา พื้นที่ดอยหลวงเชียงดาวเกิดปัญหาไฟไหม้ป่าในฤดูแล้ง การเผาป่าในพื้นที่เกษตรกรรมแล้วเกิดการลุกลามขึ้นมายังยอดดอยหลวงเชียงดาว และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากปัญหาสภาวะโลกร้อน (global warming) ที่ส่งผลให้อากาศมีความแห้งแล้งขึ้นอันส่งผลความเสียหายต่อระบบนิเวศธรรมชาติและสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว (National Geographic Thai, 2021; Chiang Dao Wildlife Sanctuary, 2023) บทความนี้จึงมีเป้าหมายในการรวบรวมเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ ลักษณะของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ คุณค่าของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ และความสำคัญด้านระบบนิเวศธรรมชาติของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ เพื่อสังเคราะห์เป็นความรู้ทางวิชาการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นข้อมูลให้บุคคลทั่วไปและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้มีความรู้ความเข้าใจในความสำคัญของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ให้เกิดประโยชน์ต่อระบบนิเวศธรรมชาติ การส่งเสริมอนุรักษ์ความหลากหลายทางด้านพืชกึ่งอัลไพน์ในธรรมชาติสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้น

พืชแบบกึ่งอัลไพน์ทางชีววิทยา

Balliet and Hawkins (2004) ได้จำแนกพืชแบบกึ่งอัลไพน์ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) พืชกึ่งอัลไพน์ที่เติบโตใน

เขตป่ากึ่งอัลไพน์ระดับล่าง (lower subalpine) มีความสูงระหว่าง 1,200–1,800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นป่าปิด (close forest) มีสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชไม้ยืนต้นในระบบนิเวศอย่างเหมาะสม ส่งผลให้เขตป่ากึ่งอัลไพน์ระดับล่างมีลักษณะของสภาพแวดล้อมที่เป็นพืชไม้ยืนต้นขนาดกลาง ไม้ยืนต้นโครงสร้างขนาดใหญ่เติบโตขึ้นเป็นจำนวนมาก และ 2) พืชกึ่งอัลไพน์ที่เติบโตในเขตป่ากึ่งอัลไพน์ระดับบน (upper subalpine) มีความสูงระหว่าง 1,800–2,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นป่าเปิด (open forest) ลักษณะโล่ง มีสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน ไม่ค่อยเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืชไม้ยืนต้นเนื่องจากสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นจากความสูงเหนือน้ำทะเล ส่งผลให้เขตป่ากึ่งอัลไพน์ระดับบนมีลักษณะของสภาพแวดล้อมที่เป็นพืชล้มลุก ไม้พุ่มเตี้ย และพืชขนาดเล็กถึงกลางเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีต้นไม้ยืนต้นปรากฏผสมอยู่แบบกระจัดกระจาย หากพิจารณาเขตกึ่งอัลไพน์ (subalpine zone) ขึ้นไปแล้ว ลักษณะภูมิอากาศจะหนาวเย็นจัด สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อพืชไม้ขนาดใหญ่ ทำให้ไม้ต้นไม่สามารถเจริญเติบโตได้เรียกว่าเขตอัลไพน์ (alpine zone) จากการสำรวจพืชพรรณไม้ในพื้นที่กึ่งอัลไพน์ (subalpine zone plants) บริเวณดอยหลวงเชียงดาวของ Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (2005) ที่ผ่านมามีเห็นว่า พืชแบบกึ่งอัลไพน์สามารถจำแนกออกเป็น พืชกึ่งอัลไพน์ตามผิวดิน (subalpine terrestrial plant) กล้วยไม้ที่อาศัยอยู่ตามพื้นดิน (terrestrial orchid) พืชไม้พุ่มเตี้ยกึ่งอัลไพน์ (subalpine under-shrub) พืชไม้เลื้อยกึ่งอัลไพน์ (subalpine under-plant) พืชล้มลุกกึ่งอัลไพน์ (subalpine herb) และไม้ต้นเขตอัลไพน์ (subalpine tree) นอกจากนี้ Chumnongpakdee (2005) ยังได้จำแนกสถานภาพของสังคมพืชในเขตกึ่งอัลไพน์ออกเป็นพืชถิ่นเดียวหรือพืชเฉพาะถิ่น (endemic plant) พืชหายาก (rare plant) และพืชใกล้สูญพันธุ์ (endangered plant) โดยเฉพาะบริเวณสันเขาและยอดเขาดอยหลวงเชียงดาวที่เป็นระบบนิเวศแบบสังคมพืชกึ่งอัลไพน์มีการเติบโตของพรรณไม้บริเวณป่ากึ่งอัลไพน์แสดงดัง Figure 1 และสภาพภูมิศาสตร์ทางธรรมชาติของป่ากึ่งอัลไพน์พื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว แสดงดัง Figure 2

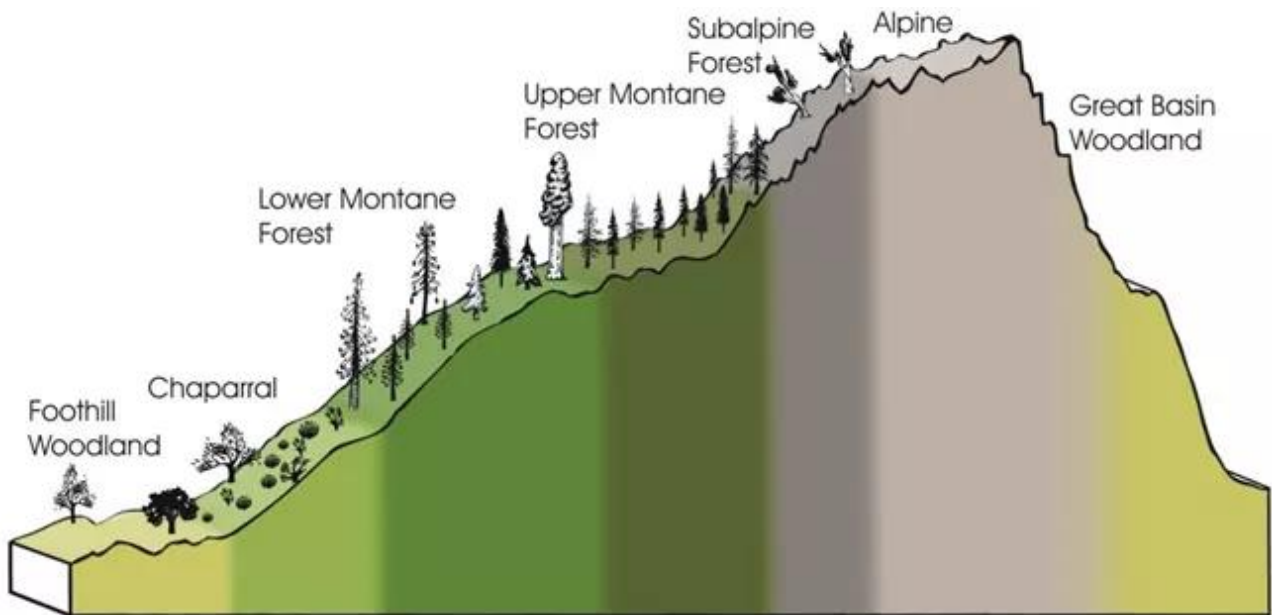


Figure 1 Subalpine ecosystems and forests extending to upper limit of tree growth

Source Hofman and Meryl (2023)

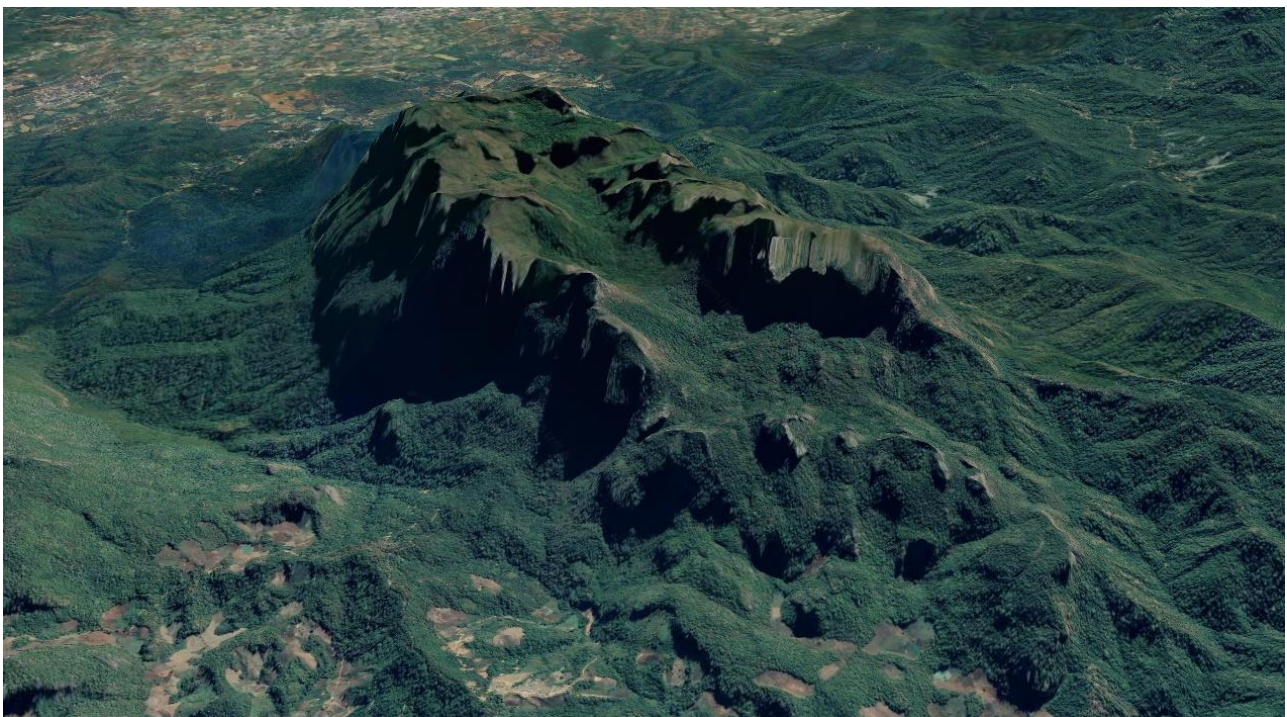


Figure 2 Subalpine forests and general geography of Doi Luang Chiang Dao, Chiang Mai Province, Thailand

Source Google Earth Pro (2023)

ลักษณะของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในดอยหลวงเชียงดาว

จากการศึกษาทางด้านความหลากหลายของพันธุ์พืชในระบบนิเวศภูเขาประเทศไทยของ Forest and Plant Conservation Research Office (2021) ได้พบว่า ในบริเวณ

สันเขา หน้าผา และยอดดอยหลวงเชียงดาวเป็นระบบนิเวศภูเขาหินปูน สังคมพืชมีลักษณะแบบกึ่งอัลไพน์ภูเขาหินปูน โดยมีการวิวัฒนาการทางด้านระบบนิเวศที่มีความเฉพาะตัว มีสภาพจำกัดทางระบบนิเวศของสิ่งแวดล้อม และผสมผสานกับสภาพภูมิอากาศเฉพาะ (microclimate) ทำให้เกิดพันธุ์พืช

กิ่งอัลไพน์ถิ่นเดียวหรือพืชเฉพาะถิ่น (endemic subalpine plant) เมื่อพิจารณาลักษณะสังคมพืชกิ่งอัลไพน์ที่ปรากฏอยู่ตามการศึกษาของ Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (2005) มีลักษณะ ดังนี้ 1) สังคมพืชตามผิวดินกิ่งอัลไพน์ (subalpine terrestrial plant) เป็นพืชที่เติบโตขึ้นอยู่บนดินหรืออาศัยชอกหินที่อยู่ตามพื้นดิน พืชหญ้าผิวดินกิ่งอัลไพน์ และกล้วยไม้อาศัยตามพื้นดินกิ่งอัลไพน์ 2) สังคมพืชล้มลุกกิ่งอัลไพน์ (subalpine herb plant) 3) สังคมพืชไม้เถากิ่งอัลไพน์ (subalpine climber plant) หรือไม้เลื้อย เป็นพืชที่ต้องอาศัยการยึดเกาะหรือเกี่ยวพันกับพืชอื่น ๆ ในเขตกิ่งอัลไพน์ 4) พืชไม้พุ่มกิ่งอัลไพน์ (subalpine shrub plant) เป็นพืชที่มีขนาดกลาง ลำต้นแข็งมีเนื้อไม้ แตกกิ่งก้านสาขาใกล้ระดับดินเป็นพุ่ม และ 5) ไม้ต้นเขตกิ่งอัลไพน์ (subalpine tree) เป็นพืชขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีเนื้อไม้ ลำต้นแข็ง ตั้งตรง สูง มีรายละเอียด ดังนี้ 1) สังคมพืชตามผิวดินกิ่งอัลไพน์ (subalpine terrestrial plant) เป็นพืชที่เติบโตขึ้นอยู่บนดินหรืออาศัยชอกหินที่อยู่ตามพื้นดิน พืชหญ้าผิวดินกิ่งอัลไพน์ และกล้วยไม้อาศัยตามพื้นดินกิ่งอัลไพน์ ได้แก่ หญ้าพริกพรานผิวดิน (*Apluda mutica* L.) ระดับความสูง 1,900-2,100 เมตร หญ้ายุ้งแดง (*Arthraxon lancifolius* Trin. Hochst.) ระดับความสูง 2,000 เมตร หูเสือดอกจิ๋ว (*Crepidium khasianum* Hook. f. Szlach.) พวงแก้วเชียงดาว (*Delphinium siamese* Munz.) ระดับความสูง 1,900-2,000 เมตร ม่วงเชียงดาว (*Thalictrum siamese* T. Shimizu) ระดับความสูง 1,900-2,100 เมตร ม่วงเชียงดาวใบขึ้น (*Thalictrum siamese* T. Shimizu Var. *longicarpum* Tamura) เอื้องผิวดิน (*Nervilia punctata* Blume Makino) ระดับความสูง 2,000 เมตร 2) สังคมพืชล้มลุกกิ่งอัลไพน์ (subalpine herb plant) ได้แก่ เอื้องหิน (*Pollia secundiflora* Blume Bakh. F.) กกโง้ง (*Kobresia curvirostris* C.B. Clarke) ผักหนอกเชียงดาว (*Hydrocotyle chiangdaoensis* Murata) ระดับความสูง 1,900-2,100 เมตร เทพอัปสร (*Delphinium siamese* Craib Munz) ชมพูเชียงดาว (*Pedicularis siamensis* Tsoong) ระดับความสูง 1,900-2,150 เมตร เหยื่อเลียงผา (*Impatiens kerriae* Craib) เทียนน้อย (*Impatiens muscicola* Craib) นางจอยหรือแอสเตอร์เชียงดาว (*Aster vestitus* Franch.) เจอราเนียมเชียงดาว (*Geranium lambertii* Sweet subsp. *siamense* T. Shimizu)

น้ำนมเชียงดาว (*Euphorbia saxicola* Radcl. Sm.) ระดับความสูง 1,900-2,200 เมตร หญ้าร้างกา (*Cyperus cyperoides* L. Kuntze) ระดับความสูง 1,900 เมตร ยาแก้คันเดียว (*Synotis triligulata* Buch. Ham) ระดับความสูง 1,950 เมตร ตากะปอ (*Swertia calicicola* Kerr.) ระดับความสูง 2,000-2,100 เมตร 3) สังคมพืชไม้เถากิ่งอัลไพน์ (subalpine climber plant) หรือไม้เลื้อย เป็นพืชที่ต้องอาศัยการยึดเกาะหรือเกี่ยวพันกับพืชไม้อื่น ๆ ในเขตกิ่งอัลไพน์ ได้แก่ ครามเถา (*Marsdenia tinctoria* R. Br) กำลังช้างเผือก (*Hiptage benghalensis* Kurz.) ระดับความสูง 1,900 เมตร เชิงงู (*Smilax microphylla* C. H. Wight Elogata) ระดับความสูง 1,900-2,000 เมตร นกขมิ้น (*Aristolochia grandis* Craib) ระดับความสูง 1,975 เมตร พวงแก้ว (*Clematis thaiana* Tamura) ระดับความสูง 1,900-2,200 เมตร พวงฟ้า (*Clematis wissmanniana* Hand. -Mazz.) กุหลาบเลื้อยเชียงดาว (*Rosa helenae* Rehder & E. H. Wilson) ระดับความสูง 2,000-2,100 เมตร เครือห้าต่อเจ็ด (*Tetrastigma serrulatum* Roxb Planch) ระดับความสูง 2,050 เมตร 4) พืชไม้พุ่มกิ่งอัลไพน์ (subalpine shrub plant) เป็นพืชที่มีขนาดกลาง ลำต้นแข็งมีเนื้อไม้ แตกกิ่งก้านสาขาใกล้ระดับดินเป็นพุ่ม ได้แก่ รามยูนนาน (*Rapanea yunnanensis* Mez) ระดับความสูง 2,000 เมตร ไข่แดง (*Cotoneaster franchetii* Bois) ผักหวานแดง (*Sauropus bicolor* EUPHORBIACEAE) ระดับความสูง 1,800-2,100 เมตร อังกาบเชียงดาว (*Strobilanthes chiangdaoensis* Terao) สลัดโตขุนยวม (*Euphorbia prolifera* Buch-Ham. ex. D. Don) ระดับความสูง 1,850-2,190 เมตร ครามป่า (*Caryopteris paniculata* C. B. Clarke) กระเจี๊ยบชะว้า (*Abelmoschus crinitus* Wall) ระดับความสูง 2,000 เมตร พิมพืจ (*Luculia gratissima* Wall. Sweet) ระดับความสูง 1,850-2,200 เมตร ราชาวดีหลวง (*Buddleja macrostachya* Wall.) ถั่วดิน (*Indigofera dosua* Buch-Ham ex. D. Don) ระดับความสูง 1,900-2,200 เมตร ไข่ขาว (*Senecio craibianus* Hoss) ระดับความสูง 1,975-2,150 เมตร 5) ไม้ต้นเขตกิ่งอัลไพน์ (subalpine tree) เป็นพืชขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีเนื้อไม้ ลำต้นแข็ง ตั้งตรง สูง ได้แก่ กวมขาว (*Acer laurinum* Hassk.) ระดับความสูง 1,900 เมตร กวมเชียงดาว (*Acer chiangdaoense* Santisuk) ระดับความสูง 2,000 เมตร ค้อเชียงดาว (*Trachycarpus*

oreophilus Gibbons & Spanner) ระดับความสูง 1,900-2,100 เมตร ตีหมี (*Acalypha spiciflora* Burm.f.) ระดับความสูง 2,000-2,100 เมตร ในส่วนนี้ ค้อเชียงดาวเป็นต้นไม้ยืนต้น

กิ่งอัลไพน์เพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นพืชประจำถิ่นในระบบนิเวศ
กิ่งอัลไพน์ภูเขาหินปูนบนดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
(Figure 3 และ Figure 4)



Figure 3 Subalpine trees on Doi Luang Chiang Dao (*Trachycarpus oreophilus* Gibbons & Spanner)

Source Forest Herbarium of Thailand Forest Botany Division (2017)



Figure 4 Subalpine trees in limestone ecosystem area of Doi Luang Chiang Dao

Source Palmpedia (2022)

สถานภาพของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์

สถานภาพของการอนุรักษ์สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ระบบนิเวศที่มีสังคมพืชเป็นแบบกึ่งอัลไพน์จัดเป็นระบบนิเวศที่พบได้ยาก โดยมีเพียงแห่งเดียวคือ ดอยหลวงเชียงดาว ซึ่งในปัจจุบันจัดอยู่ในพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จากสภาพดังกล่าว ทำให้มีกฎหมายคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 นอกจากนี้ แผนการอนุรักษ์และคุ้มครองพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว พ.ศ. 2564 ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมถึงพื้นที่ทั้งหมดของดอยหลวงเชียงดาว ส่งผลให้พืชแบบกึ่งอัลไพน์จัดอยู่ในสถานะภาพการอนุรักษ์ไปโดยปริยาย (DNP, 2023)

สถานภาพของการอนุรักษ์สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในต่างประเทศ

UNESCO (2021) ได้จัดสถานภาพของดอยหลวงเชียงดาวจากการประชุมคณะกรรมการสภาประสานงานระหว่างชาติว่าด้วยโครงการด้านมนุษยและชีวมณฑล (MAB-ICC) ครั้งที่ 33 ณ วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2564 ว่าเป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลของโลก (UNESCO of biosphere reserve) โดยให้เหตุผลประกอบว่าดอยหลวงเชียงดาวเป็นแหล่งสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์มีความหลากหลายทางชีวภาพ และความโดดเด่นของระบบนิเวศธรรมชาติภูเขาหินปูนแบบกึ่งอัลไพน์ อีกทั้ง ยังเป็นถิ่นที่อาศัยสำคัญของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์หายาก (rare subalpine plant community) และสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ถิ่นเดียว (endemic subalpine plant community) ที่ควรแก่การอนุรักษ์ไว้

สถานภาพของการอนุรักษ์สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในกรณีดอยหลวงเชียงดาว

จากการศึกษาสถานภาพเกี่ยวกับพืชในพื้นที่กึ่งอัลไพน์ (plant status in subalpine zone) ของ Chumnongpakdee (2005) ที่ผ่านมามีเห็นว่า ในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาวเป็นแหล่งรวมพรรณไม้ที่เป็นพืชกึ่งอัลไพน์จำนวนมาก โดยเฉพาะในบริเวณสันเขาและยอดดอยหลวงเชียงดาว สามารถจำแนกสถานภาพการอนุรักษ์พืชแบบกึ่งอัลไพน์ออกเป็นพืชกึ่งอัลไพน์ทั่วไป (common subalpine plant) พืชกึ่งอัลไพน์ถิ่นเดียว

(endemic subalpine plant) พืชกึ่งอัลไพน์หายาก (rare subalpine plant) และพืชกึ่งอัลไพน์ใกล้สูญพันธุ์ (endangered subalpine plant) นอกจากนี้ Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (2005) ได้จัดสถานภาพของการอนุรักษ์พืชกึ่งอัลไพน์ที่พบในดอยหลวงเชียงดาวเป็น E (endemic) คือ พืชถิ่นเดียวที่พบในประเทศไทย ED (endemic to Doi Chiang Dao) คือ พืชถิ่นเดียวที่พบเฉพาะบนดอยหลวงเชียงดาว และ R (rare) คือ พืชกึ่งอัลไพน์หายากที่พบในประเทศไทย เช่น เจอรานิยมเชียงดาว (*Geranium lambertii* Sweet subsp) ชมพู เชียงดาว (*Pedicularis siamensis* P.C. Tsoong) พรรณไม้ถิ่นเดียวของไทยและเป็นไม้หายาก มีเขตการกระจายพันธุ์ทางภาคเหนือพบตามยอดเขาหินปูนหรือป่าดิบเขาในพื้นที่กึ่งอัลไพน์บนดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ (Smitinan, 2014; Piyakaset, 2020; Office of the Royal Society, 2022) ดังนั้น จากสถานภาพของการอนุรักษ์พืชกึ่งอัลไพน์ทั้งกรณีต่างประเทศและในประเทศไทย เห็นได้ว่า สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาวถูกจัดสถานภาพเป็นพืชสำหรับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางด้านชีวภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุณค่าสูงสุดทางด้านระบบนิเวศธรรมชาติ

ภาวะสมดุลที่สำคัญต่อการเติบโตของพืชแบบกึ่งอัลไพน์

ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งดินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกระจายการเติบโตของพืช การปรากฏของพรรณไม้ และการก่อให้เกิดความหลากหลายของสังคมพืช (Narknoi *et al.*, 2022) รวมทั้ง อุณหภูมิหนาวเย็นระดับเหนือน้ำทะเล และภูมิประเทศภูเขาเปิด เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ โดยพืชแบบกึ่งอัลไพน์เจริญเติบโตได้ในสภาวะอุณหภูมิหนาวเย็น 10–25 องศาเซลเซียสที่ความสูง 1,900–3,500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล พืชกึ่งอัลไพน์จะเกิดการชะงักเติบโตเมื่อสภาพภูมิอากาศสูงขึ้นเหนือ 29-30 องศาเซลเซียส (Santisuk, 1984; Kongkanda, 2004; Arpiwach, 2021) นอกจากนี้ ภัยคุกคามจากธรรมชาติและภัยจากน้ำมือมนุษย์ยังมีผลต่อการคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียถิ่นที่อยู่

อาศัยของพืชกึ่งอัลไพน์ การรุกรานพื้นที่จากการเก็บของป่า การเกิดไฟป่าในพื้นที่กึ่งอัลไพน์ การกระจายตัวของฝน การกระจายตัวของฝนที่ตกไม่ครอบคลุมพื้นที่สังคมพืชกึ่งอัลไพน์ ส่งผลกระทบทางลบต่อการเติบโตพืชกึ่งอัลไพน์ การแพร่ระบาดของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติมากเกินไป อันส่งผลต่อการเติบโตของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ (ONEP, 2020)

คุณค่าและความสำคัญของพืชแบบกึ่งอัลไพน์

คุณค่าและความสำคัญด้านระบบนิเวศวิทยา

จากความตื่นตัวในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ Vittoz (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า พืชกึ่งอัลไพน์ทุ่งหญ้า (subalpine grassland) มีความสำคัญในการจัดการพื้นดินให้มีความชุ่มชื้นโดยวิธีการหยั่งรากปกคลุมพื้นดิน ปรับสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งในระบบนิเวศภูเขาที่ผิดปกติ และลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (climate change) นอกจากนี้ Government of Canada ได้อธิบายถึงต้นไม้กึ่งอัลไพน์ (subalpine tree) ว่าต้นไม้ในเขตกึ่งอัลไพน์เติบโตหนาแน่นได้น้อยกว่าเขตอื่น ๆ เนื่องจากสภาพอากาศที่แปรปรวน หนาวเย็น และมีลมแรง ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ยากต่อการเจริญเติบโตได้ (Government of Canada, 2022) ต้นไม้กึ่งอัลไพน์กลายเป็นแหล่งอาหารและถิ่นที่อยู่ของนก รวมทั้งสัตว์ป่าอื่น ๆ ซึ่งอาศัยในระบบนิเวศกึ่งอัลไพน์ ไม่ยืนต้น กึ่งอัลไพน์ที่ขนาดใหญ่มีคุณค่าต่อการให้ปริมาณของก๊าซออกซิเจน (O_2) จำนวนประมาณ 4.60 ตันต่อไร่ มีปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) ช่วยให้อาหารในดิน ป้องกันการชะล้างน้ำผิวดิน (Thairakpa Foundation, 2019; California Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2023) สำหรับในด้านการศึกษาทางชีววิทยา พรรณพืชกึ่งอัลไพน์เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาล เป็นแหล่งศึกษาสำคัญทั้งด้านพฤกษศาสตร์ พฤกษภูมิศาสตร์ และส่งผลถึงสาขาวิชาในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ด้านการเกษตร สิ่งแวดล้อมระบบนิเวศ การแพทย์ (Chumnongpakdee, 2005) สังคมพืชกึ่งอัลไพน์และสภาพสิ่งแวดล้อมดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ป่าไม้สำคัญในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

เป็นแหล่งต้นกำเนิดแม่น้ำปิง อันเป็นพื้นที่ป่าเขตอนุรักษ์ต้นน้ำผืนสำคัญต่อระบบนิเวศธรรมชาติในภาคเหนือ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งความหลากหลายแหล่งพรรณไม้กึ่งอัลไพน์ของประเทศไทยที่เชื่อมโยงเทือกเขาตอนใต้ของทิเบตจีน แหล่งการศึกษาระบบนิเวศวิทยาภูเขาหินปูนแบบกึ่งอัลไพน์ และเป็นแหล่งการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาในประเทศไทย (MNRE, 2021b; THAIPBS, 2021)

คุณค่าและความสำคัญด้านนิเวศบริการทางวัฒนธรรม

Centre for SDG Research and Support (2022) ได้อธิบายถึง นิเวศบริการ (ecosystem services) ว่าเป็นประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศทั้งประโยชน์ทางตรงและทางอ้อม ซึ่งการบริการทางด้านนิเวศแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดหา ด้านการควบคุม ด้านวัฒนธรรม และด้านการสนับสนุน จากโครงการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบของการกระทำของมนุษย์ต่อระบบนิเวศ (millennium ecosystem assessment) ภายใต้การสนับสนุนจากองค์การสหประชาชาติได้กล่าวถึง นิเวศบริการทางวัฒนธรรม (cultural ecosystem services) ว่าเป็นประโยชน์ที่ไม่ใช่วัตถุที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศผ่านการเสริมสร้างจิตวิญญาณ การพัฒนาด้านสติปัญญา นันทนาการ และประสบการณ์ด้านสุนทรียภาพ ได้แก่ ความหลากหลายทางวัฒนธรรม คุณค่าทางจิตวิญญาณและศาสนา รากฐานของการศึกษา การพักผ่อนและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ทั้งนี้ Chiang Dao Wildlife Sanctuary (2021) ได้กล่าวถึง นิเวศบริการทางวัฒนธรรม ในด้านความหลากหลายทางวัฒนธรรมของดอยหลวงเชียงดาวว่า เป็นแหล่งประวัติของการตั้งถิ่นฐานผู้คนเป็นเวลามากกว่า 600 ปี พื้นที่ที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรมของชนเผ่าชาวไทยภูเขาทั้งหมด 5 ชนเผ่า ได้แก่ ลีซอ ปกาเกอญอ ม้ง มูเซอ และชาวล้านนา ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวัฒนธรรม ประเพณี วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ การแต่งกาย ภาษาพูดที่แตกต่างกัน แต่สามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างสันติ โดยมีพื้นที่ธรรมชาติของดอยหลวงเชียงดาวเป็นแกนกลางได้เอื้ออำนวยระบบนิเวศบริการแก่ชุมชนต่าง ๆ ที่มีวิถีชีวิตอาศัยในพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว รวมถึงชุมชนกลุ่มน้อยที่มีวัฒนธรรมพหุวัฒนธรรมชาติ อันผสมผสานความหลากหลายทางวัฒนธรรม เชื่อมโยงเข้ากับคุณค่าทางจิตวิญญาณ ศาสนา และความเชื่อเกี่ยวกับเจ้าหลวงคำแดง ซึ่งเชื่อว่าสถิตอยู่บนพื้นที่ดอยหลวงเชียงดาว รวมทั้งตำนานถ้ำเชียงดาว ที่อยู่ในบริเวณเชิง

ดอยหลวงเชียงดาวอันปรากฏวรรณกรรมตำนานในหลายสำนวนกระจายอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ ทางภาคเหนือของไทย และจิตวิญญาณทางด้านความเชื่อว่าเจ้าหลวงคำแดงเป็นสัญลักษณ์ร่วมของชนเผ่าไทในลุ่มน้ำโขง นอกจากนี้ ตำนานเจ้าหลวงคำแดงได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของชาติ เมื่อปี พ.ศ. 2555 อันมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์โบราณคดีในระดับชาติและท้องถิ่น (Chiang Dao Wildlife Sanctuary, 2021; PPTV, 2021) พื้นที่ดอยหลวงเชียงดาวยังมีคุณค่าความสำคัญด้านนิเวศบริการทางวัฒนธรรมในแง่การพักผ่อนและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ โดยเปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการเดินศึกษาธรรมชาติที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากมีสภาพป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ระบบนิเวศธรรมชาติอันโดดเด่นของพืชในสังคมป่าแบบกึ่งอัลไพน์ และสภาพภูมิประเทศสลับซับซ้อนเกิดทัศนียภาพที่สวยงามแปลกตา อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์ป่าหายากใกล้สูญพันธุ์ ผีเสื้อป่า พืชสำคัญ ดอกไม้หายาก และพืชพรรณเฉพาะถิ่นหลายชนิด ทำให้เป็นจุดมุ่งหมายสำหรับนักท่องเที่ยวสายเดินป่า นักชีววิทยา และกลุ่มนักศึกษาสิ่งแวดล้อมที่ต้องการมาศึกษาเยี่ยมชมระบบนิเวศธรรมชาติ (Committee of Doi Chiang Dao Biosphere, 2023; Seub Nakhasathien Foundation, 2023; TAT, 2023)

สรุป

สังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ เป็นสังคมพืชที่มีความสำคัญต่อสภาพภูมิอากาศ ระบบสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศป่าไม้ ด้วยมูลค่าทางทรัพยากรธรรมชาติจากการเป็นสังคมพืชหายาก พืชเฉพาะถิ่นที่มีเอกลักษณ์ เป็นอาหาร และแหล่งถิ่นที่อาศัยของสัตว์ที่ดำรงชีวิตในสังคมระบบนิเวศกึ่งอัลไพน์ ซึ่งในทางชีววิทยา เป็นแหล่งศึกษาสำคัญทั้งด้านพฤกษศาสตร์ พฤกษภูมิศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์แขนงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับประเทศไทย สังคมพืชกึ่งอัลไพน์มีเพียงแห่งเดียว คือสังคมพืชกึ่งอัลไพน์บนดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ความสูง 2,225 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นภูเขาหินปูนที่สูงที่สุดในประเทศไทยและสูงเป็นอันดับ 3 ของภูเขาทั้งหมดในประเทศไทย ด้วยสภาพของหินปูนผสมกับสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์มีลักษณะป่าไม้ดิบเขา (limestone mountain and hill evergreen forest) ในระดับสูง สังคมพืชกึ่งอัลไพน์ดอยหลวงเชียงดาว มีลักษณะ ดังนี้ 1) สังคมพืชตามผิวดินกึ่งอัลไพน์ที่เติบโตขึ้นอยู่บนดินหรืออาศัยชอกหินที่อยู่ตามพื้นดิน พืชหญ้า

ผิวดินกึ่งอัลไพน์ และกล้วยไม้อาศัยตามพื้นดินกึ่งอัลไพน์ 2) สังคมพืชล้มลุกกึ่งอัลไพน์ เป็นพืชที่มีวงจรชีวิตระยะสั้น เมื่อออกดอกผลจะตายแล้วงอกฟื้นขึ้นมาใหม่ 3) สังคมพืชไม้เถากึ่งอัลไพน์ หรือไม้เลื้อย เป็นพืชที่ต้องอาศัยการยึดเกาะหรือเกี่ยวพันกับพืชไม้อื่น ๆ ในเขตกึ่งอัลไพน์ 4) พืชไม้พุ่มกึ่งอัลไพน์ที่มีขนาดกลาง ลำต้นแข็งมีเนื้อไม้ แตกกิ่งก้านสาขาใกล้เคียงระดับดินเป็นพุ่ม 5) ไม้ยืนต้นเขตกึ่งอัลไพน์ เป็นพืชขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีเนื้อไม้ ลำต้นแข็ง สูง ตั้งตรง อีกทั้ง เป็นสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ภูเขาหินปูนที่มีลักษณะพิเศษกว่าที่อื่น ซึ่งเชื่อมโยงกับสังคมพืชในแนวเทือกเขาหิมาลัยทางตอนใต้ของจีน มีความหลากหลายด้วยพันธุ์ไม้แบบกึ่งอัลไพน์ พืชเฉพาะถิ่น และพันธุ์ไม้หายากหลายชนิด นอกจากนี้ มีความสำคัญต่อระบบนิเวศป่าไม้ในภาคเหนือตอนบน แหล่งต้นกำเนิดแม่น้ำปิง รวมทั้งการเป็นแหล่งเรียนรู้พืชกึ่งอัลไพน์เพียงแห่งเดียวในประเทศไทย

จากการสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพืชกึ่งอัลไพน์ เห็นว่าองค์ความรู้เรื่องสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ค่อนข้างหายากและมีอย่างจำกัด ดังนั้นเพื่อการตระหนักถึงองค์ความรู้ลักษณะของสังคมพืชแบบกึ่งอัลไพน์ คุณค่า และความสำคัญของพืชแบบกึ่งอัลไพน์ในด้านระบบนิเวศธรรมชาติในประเทศไทยให้แพร่หลายดียิ่งขึ้น อย่างยั่งยืนในอนาคต จำเป็นต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คือ งานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงองค์ความรู้ทางด้านสังคมพืชกึ่งอัลไพน์และคุณค่าความสำคัญของพืชกึ่งอัลไพน์ พร้อมกับการเผยแพร่ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ตามรายละเอียด ดังนี้

งานวิจัยที่แสดงถึงองค์ความรู้ คุณค่า และความสำคัญของพืชกึ่งอัลไพน์ โดยงานวิจัยกลุ่มนี้ควรแสดงให้เห็นถึงความรู้และความสำคัญที่เกี่ยวกับสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ ได้แก่

1) ลักษณะของสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อม ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ระดับความสูง และสภาพอากาศที่มีความแปรปรวนแตกต่างกัน เป็นปัจจัยส่งผลให้สังคมพืชในแต่ละแห่งนอกเหนือจากประเทศไทยมีความแตกต่างกัน เพื่อการศึกษารายละเอียดของปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้สังคมพืชกึ่งอัลไพน์ในสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกันและมีความหลากหลาย

2) การศึกษาเปรียบเทียบสังคมพืชกึ่งอัลไพน์ระหว่างในประเทศไทยและต่างประเทศ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดสรรข้อมูลเกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์ทางชีววิทยาและการอนุรักษ์พันธุ์พืชกึ่งอัลไพน์

3) การศึกษาปทานุกรม ประวัติทางชีววิทยา การเติบโต การขยายพันธุ์เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์ เพื่อเป็นองค์ความรู้ที่ตระหนักถึงความสำคัญของพืชกึ่งอัลไพน์

4) การวิจัยพืชกึ่งอัลไพน์เพื่อส่งเสริมการสร้างประโยชน์ทางโภชนาการ ทางารแพทย์ และทางธุรกิจ ให้มีมูลค่าที่สูงขึ้น มีความหลากหลาย และกว้างขวางยิ่งขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันพบงานวิจัยทางด้านพืชกึ่งอัลไพน์น้อยมาก

การเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์ให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น ได้แก่

1) การส่งเสริมเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์จากภาครัฐ เช่น กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในส่วนนี้ภาครัฐควรทำการจัดสรรงบประมาณเพื่อส่งเสริมการวิจัยพืชกึ่งอัลไพน์ที่สร้างคุณประโยชน์อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งนโยบายการส่งเสริมเผยแพร่บทความเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์

2) การส่งเสริมเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์จากภาคเอกชน ซึ่งในส่วนนี้ภาคเอกชน เช่น บริษัทเอกชนที่เกี่ยวข้องทางด้านสิ่งแวดล้อม นำเอาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางสิ่งแวดล้อมและพืชกึ่งอัลไพน์มาทำการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ตามสื่อช่องทางต่าง ๆ เช่น ช่องทางโซเชียลมีเดียเพื่อให้คนทั่วไปได้รับรู้อย่างทั่วถึง

3) การส่งเสริมเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับพืชกึ่งอัลไพน์จากผู้วิจัยและนักศึกษา ได้แก่ การนำเอาข้อมูลวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องมาทำการส่งเสริมเผยแพร่ในพื้นที่ประชาสัมพันธ์ทางสถานศึกษาและมหาวิทยาลัย รวมทั้งสื่อช่องทางโซเชียลมีเดียอย่างทั่วถึงให้บุคคลทั่วไปเข้าถึงได้ง่าย

REFERENCES

Arpiwach, S. 2021. Doi Chiang Dao Named UNESCO Biosphere Reserve. <https://www.timeout.com/bangkok/news/doi-chiang-dao-named-unesco-biosphere-reserve-092121/>, 21 September 2021. (in Thai)

Balliet, N.A., Hawkins, C.D.B. 2004. Temperate and mediterranean forests subalpine and boreal

forests. *Journal of Encyclopedia Forest Sciences*, 1391-1397. doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00181-2

Bangkokbiznews. 2021. **Chiang Dao and Biosphere Reserves Zone**. <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/962106/>, 15 September 2021. (in Thai)

California Office of Environmental Health Hazard Assessment. 2023. **Subalpine Forest Density**. <https://oehha.ca.gov/climate-change/epic-2022/impacts-vegetation-and-wildlife/subalpine-forest-density/>, 23 August 2023

Center for the Promotion of Art Culture Chiang Mai University. 2021. The myth and history of Doi Chiang Dao. *Matichon Weekend*, 42(2155): 10-92/2021.12.3-9

Centre for SDG Research and Support. 2022. **Ecosystem Services**. <https://www.sdgmovement.com/2021/08/19/sdg-vocab-49ecosystem-services/>, 3 January 2022.

Chiang Dao Wildlife Sanctuary. 2021. **Eight Stories from Chiang Dao Wildlife Sanctuary**. <https://www.facebook.com/1907831442777293/posts/d41d8cd9/3277967282430362/>, 14 September 2021. (in Thai)

Chokpattra, C. 2021. **Amazing Subalpine Plants Doi Chiang Dao**. <https://www.anurakmag.com/travel/11/04/2021/Doichiangdao/>, 4 November 2023. (in Thai)

Chumnongpakdee, G. 2005. Status and distribution of endemic rare and endangered species of plant in Doi Chiang Dao Wildlife Sanctuary Chiang Mai province. In: *Proceedings of the International Conference on Forests and Wildlife Diversity*. The Regent Cha Am Beach Resort, Phetchaburi, Thailand, pp. 182-186.

Chiang Dao Wildlife Sanctuary. 2023. **Putting Out the Forest Fire at Doi Luang Chiang Dao, Causing Damage to 25 Rai**. <https://www.thaipbs.or.th/news/content/325883/>, 23 March 2023. (in Thai)

- Committee of Doi Chiang Dao Biosphere. 2023. **The Nature Trail of Doi Chiang Dao in Chiang Dao Wildlife Sanctuary's Area.** <https://www.doichiangdaobiosphere.com/nature-trail/>, 15 December 2023. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2005. **Plants of Doi Luang Chiang Dao.** Agricultural Cooperative Federation of Thailand Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2022. **The National Parks Department Presents a Certificate of Doi Chiang Dao Biosphere Reserve to Chiang Mai Province.** <http://news.dnp.go.th/news/19009/>, 15 August 2022. (in Thai)
- Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2023. **Draft Conservation and Protection Plan of Doi Chiang Dao Chiang Mai Province 2023-2032 Years.** <https://portal.dnp.go.th/DNP/FileSystem/download?uuid=dd16f469-e9f0-4c43-a0db-0352eaba6cda.pdf> /, 25 December 2023. (in Thai)
- Forest Herbarium of Thailand Forest Botany Division (BKF). 2017. **Limestone and Subalpine trees on Doi Luang Chiang Dao, Chiang Mai Province.** https://www.facebook.com/photo?fbid=2214909435201398&set=pcb.2214909855201356&locale=th_TH/, 16 December 2017. (in Thai)
- Forest and Plant Conservation Research Office. 2021. **An Important Plant in Limestone Mountain of Ecosystem in Thailand.** NPG Enterprise Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Google Earth Pro. 2023. **Doi Chiang Dao** <https://earth.google.com/web/search/Doi+Chiang+Dao/>, 15 December 2023.
- Government of Canada. 2022. **Subalpine Trees.** <https://parks.canada.ca/pn-np/bc/glacier/nature/flore-flora/arbres-trees/haut-high/>, 25 February 2022.
- Hofman, J., Meryl G. R. 2023. **Vegetation Zones and Subalpine Ecosystem and Forests That Extend to The Upper Limit of Tree Growth.** <https://www.nps.gov/seki/learn/nature/plants.htm/>, 31 August 2023.
- Kongkanda, C. 2004. **The Study of Plant Diversity in Thailand for Estimate to Status of Suitable Conservation.** <https://www.dnp.go.th/genetics/group/diver/image/publication/matichon/gongkanda.pdf>, 20 November 2023. (in Thai)
- Ministry of Natural Resources and Environment (MNRE). 2021a. **UNESCO Announce Doi Chiang Dao to be Biosphere Reserves Zone.** <https://www.thansettakij.com/general-news/496085/>, 16 September 2021. (in Thai)
- Ministry of Natural Resources and Environment (MNRE). 2021b. **Register Doi Chiang Dao.** <https://www.thaipost.net/main/detail/116937/>, 17 September 2021. (in Thai)
- Narknoi, N., Siriwan, B., Kritsada, P., Phongkaranyaphat, K., Norsasengri, M., Singyoocharoen, 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)
- National Geographic Thai. 2021. **The Natural Wonders of Doi Luang Chiang Dao after the 2 Year Forest Fire.** <https://ngthai.com/environment/33470/doi-luang-chiang-dao/>, 23 January 2021. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2020. **Biological Diversity Status in Thailand.** Tonkit Creat Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). 2023. **The Biosphere Reserve**. [https://www.onep.go.th/Biosphere Reserve/](https://www.onep.go.th/BiosphereReserve/), 5 April 2023. (in Thai)
- Office of the Permanent Secretary for Ministry of Natural Resources and Environment. 2023. **Annual Action Plan of Government 2023 Years**. The NRE Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of the Royal Society. 2022. **Beautiful Thai Plants**. Amarin Printing and Publishing Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Palmpedia. 2022. *Trachycarpus oreophilus* in Doi Luang Chiang Dao, Chiang Mai Province. [https://www.palmpedia.net/wiki/Trachycarpus _oreophilus/](https://www.palmpedia.net/wiki/Trachycarpus_oreophilus/), 2 October 2022.
- Piyakaset, S. 2020. Geraniaceae in Thailand. *Journal of Thai Forest Bulletin Botany*, 48(2): 190-198. doi.org/10.20531/tfb.2020.48.2.11
- PPTV. 2021. **UNESCO Announces Doi Luang Chiang Dao, The 5th New Biosphere Reserve of Thailand**. <https://www.pptvhd36.com/news/156520/>, 16 September 2021. (in Thai)
- Santisuk, T. 1984. Conservation of Temperate Plants and Subalpine-like Vegetation on The Mountain Summits and Ridges of Doi Chiang Dao. In: **Proceedings of the 22nd International Conference on Environment**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp. 19(2) – 19(13).
- Sarakadee. 2022. **Doi Chiang Dao**. Mueng Boran Press, Samut Prakan, Thailand. (in Thai)
- Seub Nakhasathien Foundation. 2023. **Nature Hiking on Doi Luang Chiang Dao**. <https://www.seub.or.th/blogging/knowledge/2023-257/>, 5 October 2023. (in Thai)
- Smitinan, T. 2014. **Thai Plant Names**. BKF Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thai New Agenda (MCOT). 2021. **UNESCO Recognizes Doi Chiang Dao as A World Biosphere Reserve**. <https://tna.mcot.net/business/line-today-business-781749/>, 16 September 2021. (in Thai)
- Thairakpa Foundation. 2019. **The Carbon Storage of each Type of Forest in Thailand**. [https://www.facebook.com/thairakpaofficial/posts /1165231300351790/](https://www.facebook.com/thairakpaofficial/posts/1165231300351790/), 19 September 2019. (in Thai)
- Thai Spokesperson of the Prime Minister's Office. 2021. **Doi Chiang Dao, Chiang Mai to be Added to New Biosphere Reserves of the World**. <https://www.thansettakij.com/general-news/496085/>, 16 September 2021. (in Thai)
- THAIPBS. 2021. **UNESCO Announces Doi Chiang Dao as Thailand's Fifth Biosphere Reserve**. <https://www.thaipbs.or.th/news/content/307949/>, 16 September 2021. (in Thai)
- The Government Public Relations Department (PRD). 2023. **A Lifetime to Conquer Doi Chiang Dao**. <https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/31/iid/225786/>, 20 October 2023. (in Thai)
- Tourism Authority of Thailand (TAT). 2023. **High Season Has Arrived. Doi Luang Chiang Dao Open for Tourists to Conquer the Top of the Mountain**. [https://www.thairath.co.th/lifestyle /travel/thaitravel/2735995/](https://www.thairath.co.th/lifestyle/travel/thaitravel/2735995/), 27 October 2023. (in Thai)
- Tusiime, F.M., Gizaw, A., Gussarova, G., Nemomissa, S., Popp, M., Masao, C.A., Wondimu, T., Abdi, A.A., Mirré, V., Muwanika, V., Eilu, G., Brochmann, C. 2020. Afro-alpine flagships revisited: parallel adaptation, intermountain admixture and shallow genetic structuring in the giant senecios (*Dendrosenecio*). *Plos One*, 15(3): e0228979. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.022979>

UNESCO. 2021. Doi Chiang Dao Biosphere Reserve.
<https://en.unesco.org/biosphere/aspac/doi-chiangdao/>, 22 June 2022.

Vittoz, P. 2009. Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. *Journal of Global Change Biology*, 15(1): 209-220.

Wachirawit, L. 2021. Five Biosphere Reserves in Thailand and 20% Rare Plants in Doi Luang Chiang Dao. <https://theactive.net/news/20210916-3/>, 16 September 2021. (in Thai)

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวิทยาศาสตร์ไทย

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf>

วารสารวิทยาศาสตร์ไทย 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 ทั้งนี้เรื่องที่เป็ต้นฉบับ 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. หัวข้อย่อแรก ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย ขนาด 16 และเริ่มใส่หมายเลขข้อ ในหัวข้อย่อถัดไปโดยใช้อักษรตัวหนา ขนาด 14
4. ใส่หมายเลขหน้า มุมขวา ด้านบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (นับต่อเนื่องจากหน้าแรก)
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 และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (ABSTRACT) ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย

2. **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)

3. **อุปกรณ์และวิธีการ** เขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)

4. **ผลและวิจารณ์** ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน ภาพและตาราง ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลสำคัญและจำเป็น แทรกภาพและตารางตามลำดับในเนื้อหา โดยใช้คำว่า Figure ในการอ้างอิงภาพและใช้คำว่า Table ในการอ้างอิงตาราง

5. **สรุป** ให้กระชับ ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัย

6. **คำนิยม** (ถ้ามี) ไม่ควรเกิน 50 คำ

7. **REFERENCES** หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียน REFERENCES เรียบเรียงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมดในกรณีเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

8. ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้

8.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system

8.2 การเรียงลำดับ REFERENCES เรียงตามลำดับตัวอักษร เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง

8.3 การเขียน REFERENCES (ตัวอย่างการเขียนแสดงด้านล่าง)

- การเขียนให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล ค้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริง และ/หรือชื่อย่อกลางทุกคนตามลำดับ

- เอกสารภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล ค้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) 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

8.4 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: กรณีบทความไม่มีเลข 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., Tansen, 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: กรณีบทความที่มีเลข 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: กรณีหนังสือ

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: Proceeding 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. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
4. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
5. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณาก่อนการรับบทความ (peer review) บทความที่ได้รับการส่งมาจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวรรณคดีไทย รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วน บทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ (reviewer) จำนวน 3 ท่าน ในแต่ละสาขาทำการพิจารณาก่อนการ (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้เชี่ยวชาญจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการ ทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผล งานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอมรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติ การพิจารณาบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถ สอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

บทความที่ได้รับการยอมรับ (accepted manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความ นั้น

บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็น จากผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนจัดส่งรายละเอียดดังนี้

1. ต้นฉบับ (manuscript) 1 ชุด ในรูป Microsoft Office Word
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 วารสารวรรณคดีไทย ศูนย์วิจัยป้าไม้ ชั้น 5 อาคารวรรณคดี 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 02-5614761

หมายเหตุ

1. เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อเสนอแนะจะไม่ได้รับการพิจารณา
2. ทางสารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ
3. บทความที่ท่านส่งเข้าระบบต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์มาก่อนหรืออยู่ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในการ พิจารณาจากวารสารของที่อื่นทั้งในระบบ ThaiJO หรือระบบอื่น ๆ หากทางเราตรวจพบเจอบทความดังกล่าวได้ถูกตีพิมพ์ซ้ำ หรือคัดลอกมาจากที่อื่นโดยไม่มีการอ้างอิงบทความของท่านจะถูกปฏิเสธการตีพิมพ์หรือถูกถอดออกจากระบบทันที



Original article

- Application of SWAT Model for Spatial Runoff Analysis from Land Use Change in Nam Mae Suai Sub-Watershed, Chiang Rai Province 1
Natee Sodchuen, Wanchai Arunpraparat and Venus Tuankrua
- Comparison of Physical and Mechanical Properties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Wood on Maejo University Phrae Campus 14
Thiti Wanishdilokratn, Benjamat Nipitam, Kanyarat Samorkam and Jirakit Tanpradit
- Recreational Value of Namtok Sam Lan National Park, Saraburi Province 23
Kanchana Khongphetphanao, Santi Suksard and Apichart Pattaratuma
- Participation of Forest Fire and Haze Solution Network at Doi Suthep - Pui National Park, Mueang District, Chiang Mai Province 37
Sasima Khunthong, Nittaya Mianmit and Kobsak Wanthongchai
- Effect of Pressure Temperature on Particleboard Properties from Teak Sawdust in Phrae Province 49
Thiti Wanishdilokratn, Sorapat Ahosi, Vassapon Phetkong and Jirapa Wanishdilokratn
- Community Participation with Pangsak Community Forest Administration, Mae Poen Sub-district, Mae Poen District, Nakhon Sawan Province 57
Saminee Suksumek, Kitichai Rattana and Pasuta Sunthornhao
- Tourism Carrying Capacity Assessment for Phu Hin Rong Kla National Park, Phitsanulok Province 72
Patchara Panpoompo, Itsaree Howpinjai, Puchaporn Kamyo and Torlarp Kamyo
- Guidelines for Forest Fire Management in Community Forest at Mae Pong Sub-district, Doi Saket District, Chiang Mai Province 87
Sirorat Khunthong, Nittaya Mianmit and Kobsak Wanthongchai
- Forest Fire Risk Area Assessment Using Satellite Images in Doi Phu Kha National Park, Nan Province 98
Thamrongrat Thanaphakphonchai, Torlarp Kamyo, Itsaree Howpinjai and Thanyarat Chuesaard
- Reproductive Biology of *Wrightia tokiae* D.J. Middleton in Khunpawor National Park, Tak Province 111
Nonlapan Thongmee-eiad, Wattanachai Tasen, Wiwat Hanvongjirawat and Sarawut Sungkaew
- Effects of Thinning Intensity on Production and Stem Form of Teak (*Tectona grandis* L.f.): A Case Study of Private Plantations in Mueang District, Uttaradit Province 121
Anongkhanee Ruantip, Pichit Lumyai, Woraphun Himmaphan and Ponthep Meunpong
- Analysis of Factors in Selecting Suitable Areas for Installing Automatic Camera Traps in Network-Centric, Anti-Poaching System: Case Study of Mae Wong National Park, Kam Phaeng Phet Province 137
Peeranut Meevanasukkul, Laddawan Rianthakool, Ronglarp Sukmasuang, Neramit Songsaeng, Komson Maneekan and Supawan Audomsin
- Trees Carbon Storage Potential of Tak Municipal Parks, Tak Province 152
Chama Nualsri, Chakrit Na Takuathung and Somporn Maelim
- Soil Fertility and Estimation of Carbon Sequestration in Forest Restoration at age 8 years in Phrae Province 167
Sirirat Somprakon, Teeka Yothapakdee, Itsaree Howpinjai, Penpilai Painkhith, Suttida Yodkeaw, Kunthaphong Kruama and Thanakorn Lattirasuvan

Review Article

- Characteristics of Subalpine Plant Communities and their Ecological Importance in Doi Luang Chiang Dao, Chiang Mai Province 180
Chalermpong Pongjun and Unchun Tuntates