วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

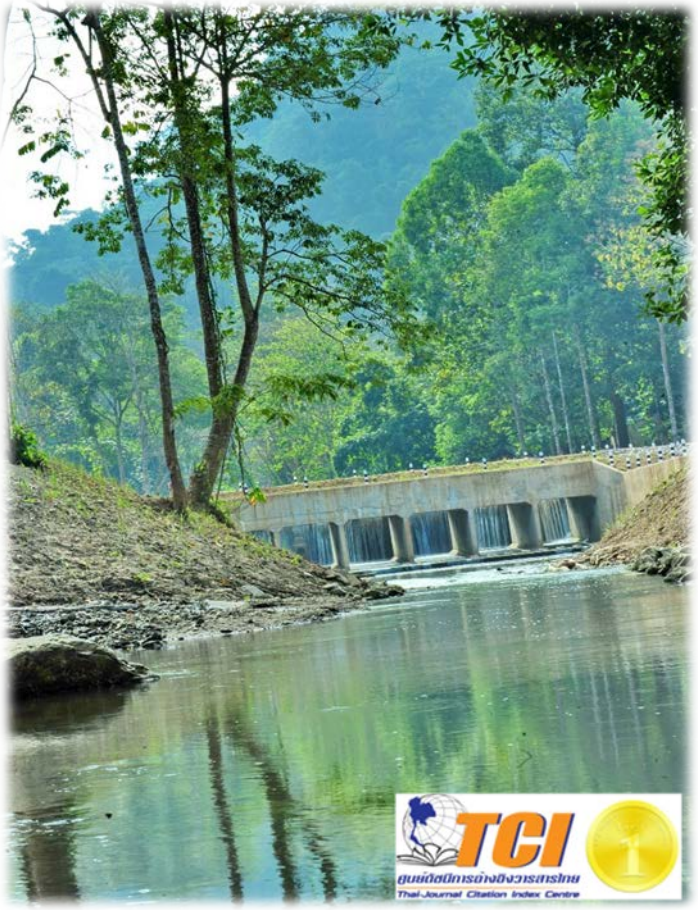
Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1: มกราคม – มิถุนายน 2566

Volume 7 Number 1: January – June 2023

ISSN 2586-9566 (Print)

ISSN 2985-0789 (Online)



ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

เจ้าของ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ. ดร.ดอกรัก มารอด — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

รศ. ดร.อุทิศ กุฎอินทร์ — สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ. ดร.ประทีป ด้วงแค — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.นันทชัย พงษ์พัฒนานุรักษ์ — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.สราวุธ สังข์แก้ว — มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.แหลมไทย อายานอก — มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

ดร.ณรงค์ คูณขุนทด — กรมป่าไม้

รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ — มหาวิทยาลัยมหิดล

ศ. ดร.สุนทร คำยอง — มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ. ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง — มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ — มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร.ทรงธรรม สุขสว่าง — กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

ผศ. ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน — มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดร.วรดลต์ แจ่มจำรูญ — กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ผู้จัดการ

นางสาวนัทธมน โพธิยะราช

ผู้ช่วยผู้จัดการ

นางสาวอารีรัตน์ ญาณวุฒิ

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ & โทรสาร : 0 2579 0176, 0 2942 8107

E-mail: dokrak.m@ku.ac.th หรือ ffornmp@ku.ac.th

Homepage: http://www.tferj.forest.ku.ac.th

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า
บริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ **79**

สุภัทรา ถึกสถิตย์ วีนัส ต่วนเครือ ขรรค์ชัย ประสานัย และพัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล

ความทนแล้งของกล้าไม้ยืนต้นและความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่กับการรอดชีวิต
ภายใต้การทดลองสภาวะแล้ง **93**

รัตนมน อ้ายเสาร์ พิมลรัตน์ เทียนสวัสดิ์ ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ
และ เดีย พนิตนาถ แชนนอน

การใช้แบบจำลองแมกซ์เซนประเมินศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.)
ในธรรมชาติพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน **110**

ติณณ์ วงรินยอง มณฑล นอแสงศรี อิสรีย์ ฮาวปินใจ กันตพงศ์ เครือมา
และ ต่อลาภ คำโย

ทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน **125**

กีรติ พันทะสาร กฤษดา พงษ์การัณยภาส อิสรีย์ ฮาวปินใจ และปัญจพร คำโย

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 79-92 (2566)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่

สุภัทรา ถึกสถิตย์[1] วีนัส ต่วนเครือ[1] ขรรค์ชัย ประสานัย[1] และพัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล[1*]

รับต้นฉบับ: 30 พฤศจิกายน 2565 ฉบับแก้ไข: 1 กุมภาพันธ์ 2566 รับลงพิมพ์: 9 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่ออุทกวิทยาของดิน ซึ่งดินเป็นแหล่งกักเก็บน้ำที่สำคัญ เมื่อถูกทำให้เสื่อมโทรมลงจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่าในลำธาร ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง SWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาในการประเมินปริมาณน้ำท่าบริเวณพื้นที่ตัวแทนลุ่มน้ำเกษตรกรรมของลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ โดยจำลอง 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1 กำหนดพื้นที่ชั้นคุณภาพน้ำที่ 2 เป็นพื้นที่ป่าไม้นอกนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสถานการณ์ที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในพื้นที่ชั้นคุณภาพน้ำที่ 2 และ 3 ไปเป็นพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ที่ดินในปัจจุบัน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าจากทั้ง 2 สถานการณ์จำลอง มีแนวโน้มลดลงในช่วงน้ำหลากและเพิ่มขึ้นในช่วงน้ำแล้ง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้นส่งผลให้การคายน้ำของพืชเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันได้ช่วยชะลอการไหลของน้ำผิวดิน ทำให้น้ำมีโอกาสซึมลงสู่ดิน เก็บกักไว้ในดิน และเติมลงสู่ลำธารในช่วงฤดูแล้งได้มากขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลอง SWAT, การใช้ที่ดิน, ปริมาณน้ำท่า, ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง

[1] ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 79-92 (2566)

ORIGINAL ARTICLE

Application of SWAT model for estimate the effect of Land Use to Streamflow at Mae Thang subwatershed, Phrae Province

Supattra Thueksathit[1], Venus Tuankrua[1], Khanchai Prasanai[1], and Patchares Chacuttrikul[1*]

Received: 30 November 2022 Revised: 1 February 2023 Accepted: 9 February 2023

ABSTRACT

The transformation of forest land into agricultural areas is one of the factors affecting soil hydrology. The soil plays an important role in water retention. When the soil is degraded, it directly affects the streamflow. Therefore, this study focused on the effect of land use on streamflow using the SWAT model, which is a hydrological model for estimating streamflow in the agent area of agricultural watershed, in Mae Thang subwatershed, Phrae Province. This study simulates 2 scenarios: 1) determining the watershed class area 2 as the forest area with no other changes, and 2) changing both watershed class areas 2 and 3 as forest areas and perennials, respectively. When compared to the existing land use condition, the results showed that the streamflow from both simulations tends to drop during the wet period and increase during the dry period. This is because there are more perennial and forested areas, which leads to more plant transpiration. In contrast, it aids in reducing surface flow, which promotes soil infiltration, soil water storage, and stream flow during the dry season.

Keywords: SWAT model, land use, streamflow, Mae Thang subwatershed

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

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

คำนำ

ลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำหลักที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งหนึ่งในสามของความยาวทั้งหมดของลำน้ำไหลผ่านจังหวัดแพร่ (Hydro and Agro Informatics Institute, 2012) ปัจจุบันลำน้ำยมและลำน้ำสาขาที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดแพร่ประสบปัญหาพื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลายเพื่อใช้เป็นพื้นที่ทำการเกษตรอย่างแพร่หลาย (Forest Land Management, 2015) ทำให้พื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะป่าต้นน้ำลำธารลดลงอย่างรวดเร็ว จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งจากข้อมูลของ Office of Agriculture Economics (2019) และ Phrae Province Development Strategy (2020) พบว่าในปีเพาะปลูก 2561/2562 ประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสิ้น 6,929,904 ไร่ และจังหวัดแพร่เป็น 1 ใน 10 จังหวัดที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุดในประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 290,000 ไร่ และพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าไม้ที่เป็นพื้นที่สูง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าวส่งผลกระทบต่ออุทกวิทยาของดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการซึมน้ำ การกักเก็บน้ำไว้ในดิน และการปลดปล่อยน้ำลงสู่ลำธาร (Watershed Conservation and Management Office, 2014) อันส่งผลต่อเนื่องไปถึงปริมาณและช่วงเวลาการไหลของน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ (Niyom, 1992; Chunkao, 1996) อีกทั้งยังเป็นสาเหตุหลักที่สำคัญสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ทั้งนี้เพราะขาดแหล่งน้ำต้นทุนที่จะนำมาใช้ได้อย่างเพียงพอในทุกฤดูกาล นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดปัญหาด้านอุทกภัยที่เกิดจากน้ำป่าไหลหลาก รวมทั้งปัญหาคุณภาพน้ำจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร ที่ล้วนสร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนทั้งสิ้น (Tantivitayapitak, 2015)

ปัจจุบันมีการศึกษาบางส่วนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Wamaedesa และ Pongput (2014) ที่ทำการคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ในลุ่มน้ำเลย โดยใช้แบบจำลอง MWSWAT พบว่าปริมาณน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้ง และลดลงในช่วงฤดูฝน เนื่องจากการฟื้นฟูป่า และการเปลี่ยนพื้นที่พืชไร่เป็นพื้นที่สวนยางพารา Kositsakulchai *et al*. (2018) ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง SWAT พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพืชไร่เป็นไม้ยืนต้นส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าลดลง อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า และยังไม่มีการศึกษาสำหรับการอธิบายถึงผลของการปลูกข้าวโพดต่อปริมาณน้ำท่า

การศึกษาทำการศึกษาปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบนพื้นที่สูง และประเมินผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาหนึ่งของลุ่มน้ำยม โดยใช้แบบจำลอง SWAT หรือ Soil and Water Assessment Tool Model ที่สามารถจำลองสถานการณ์ได้อย่างซับซ้อน

(Neitsch *et al*., 2002) แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองสาธารณสิทธิที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยแบบจำลอง SWAT ใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำในวัฏจักร เช่น ลักษณะดิน และการใช้ที่ดิน เป็นต้น (Neitsch *et al*., 2011) เพื่อคาดการณ์ผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ที่ดินในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ลุ่มน้ำต่อปริมาณน้ำท่า และเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม เพื่อนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการใช้ที่ดิน การจัดการทรัพยากรน้ำ และการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ได้แก่ เครื่องมือวัดความเร็วของกระแสน้ำ (current meter) เครื่องมือวัดระดับน้ำ (staff gauge) และเทปวัดระยะ

2. วิธีการ

2.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ ทำการเลือกพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ตัวแทนลุ่มน้ำเกษตรกรรม (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และพื้นที่ตัวแทนลุ่มน้ำป่าไม้ (ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ) โดยทั้ง 2 พื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำยม ตั้งอยู่ในตำบลบ้านเวียง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ทำการเลือกพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาจากพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ ที่มีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และลุ่มน้ำย่อยที่มีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ เพื่อใช้เป็นพื้นที่เปรียบเทียบ โดยทั้งสองลุ่มน้ำย่อยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Figure 1

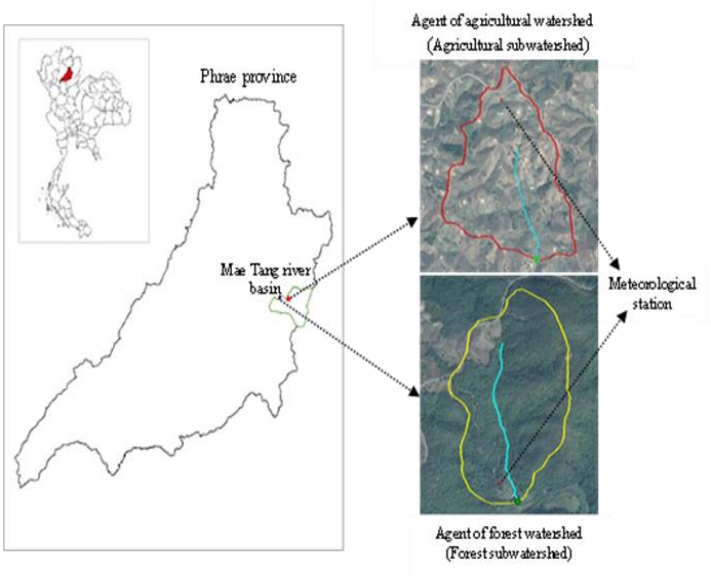


Figure 1 Located of Mae Tang river basin and both representative areas

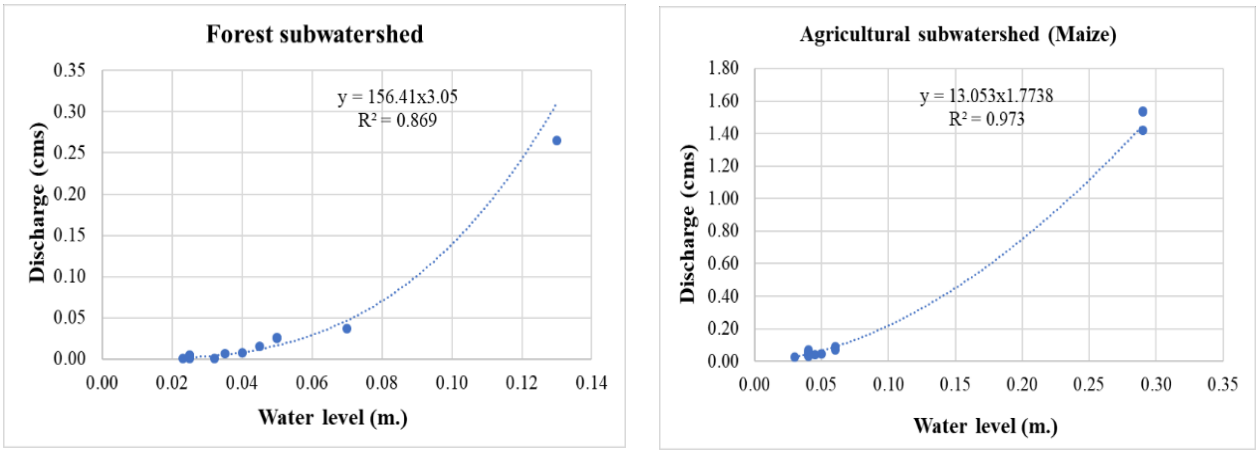
พื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่เกษตรกรรม (ลุ่มน้ำย่อยเกษตร) และลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ป่าไม้ (ลุ่มน้ำย่อยป่าไม้) เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันสูง เนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย หน้าดินตื้น มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว การซึมน้ำของดินปานกลาง มีกรวดทรายปนอยู่บนผิวดิน เป็นพื้นที่ที่ง่ายต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดิน (Land Development Department, 2010)

2.2 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลภาคสนามในลุ่มน้ำย่อยเกษตรและลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลปริมาณน้ำท่า รายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณน้ำฝน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของปี พ.ศ. 2561 ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 พื้นที่ ได้แก่ สถานีตรวจวัดอากาศของสถานีวิจัยต้นน้ำซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ และสถานีตรวจวัดอากาศที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำย่อยเกษตร เพื่อนำมาคำนวณปริมาณน้ำฝนรายเดือนและปริมาณน้ำฝนรายปีของพื้นที่ศึกษา

2) ปริมาณน้ำท่า ทำการศึกษาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ (stream cross section) ที่จุดน้ำไหลออก (outlet) ของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้และลุ่มน้ำย่อยเกษตร พร้อมทั้งทำการวัดความสูงน้ำและความเร็วกระแสน้ำ ในช่วงเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม พ.ศ. 2561 เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณอัตราการไหลของน้ำจากสมการ $Q = AV$ และนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำและความสูงของน้ำ (rating curve) ดังผลที่ได้ใน Figure 2 และนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้มาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำรายวัน รายเดือน และรายปี โดยใช้ข้อมูลความสูงของน้ำที่วัดได้จากไม้วัดระดับน้ำ (staff gauge) ทุก ๆ วันที่มีน้ำไหลในลำธารในปี พ.ศ. 2561



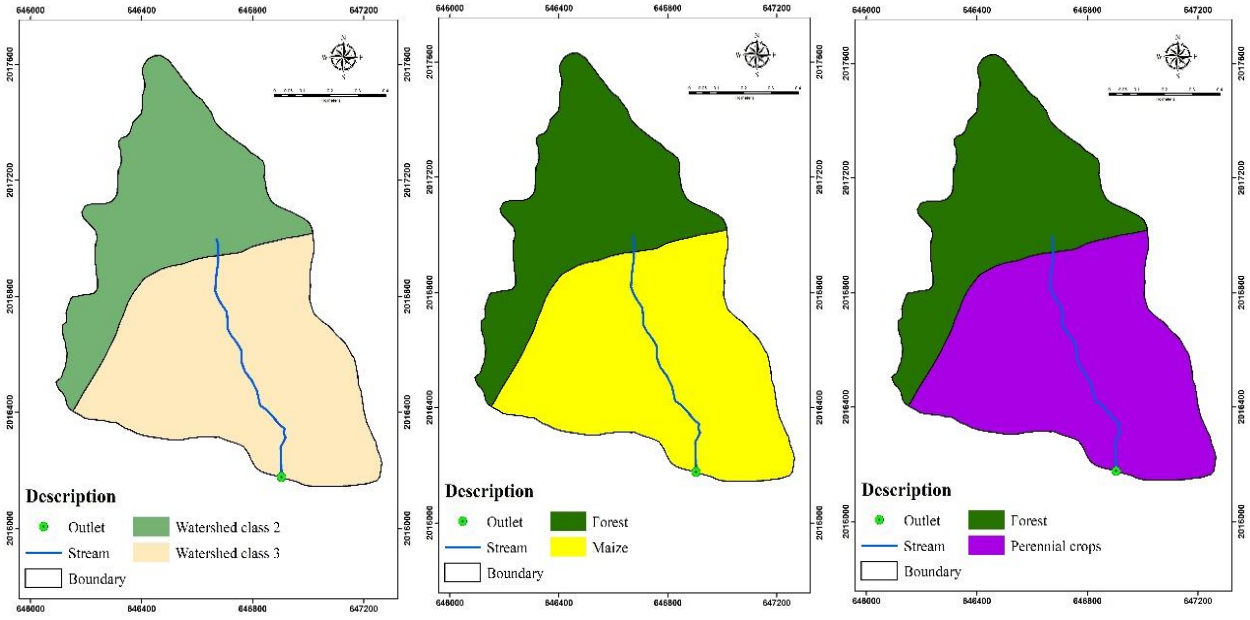
(a) (b)

Figure 2 The relationship between water discharge and water level of water in the stream (rating curve) at Mae Thang subwatershed, Phrae province; (a) Forest subwatershed and (b) Agricultural subwatershed

2.3 การจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดิน

ทำการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตร เพื่อใช้เป็นพื้นที่ตัวแทนในการศึกษาผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า โดยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรประกอบด้วยชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 2 ชั้น คือ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 และ 3 (Figure 3a) และการใช้ที่ดินที่ถูกต้องตามการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ตามมติคณะรัฐมนตรี โดยกำหนดให้พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 (1A และ 1B) และ พื้นที่ชั้นคุณภาพ

ลุ่มน้ำชั้นที่ 2 เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารและมีสภาพเป็นพื้นที่ป่า โดยพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 2 อาจสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อกิจการที่สำคัญได้ เช่น การทำเหมืองแร่ เป็นต้น นอกจากนี้ กำหนดให้พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกิจการทำไม้ เหมืองแร่ และปลูกพืชกสิกรรมประเภทไม้ยืนต้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินเป็น 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์จำลองที่ 1 กำหนดการใช้ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 เป็นพื้นที่ป่าไม้สภาพสมบูรณ์ และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 ให้เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสถานการณ์จำลองที่ 2 กำหนดการใช้ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 เป็นพื้นที่ป่าไม้สภาพสมบูรณ์ และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 ให้เป็นไม้ยืนต้นแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ (Figure 3b และ Figure 3c ตามลำดับ)



(a) (b) (c)

Figure 3 Watershed of Agricultural subwatershed; (a) watershed class (b) land use scenario 1 (forest and maize) and (c) land use scenario 2 (forest and perennial crops)

2.4 การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT

1) เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool; SWAT

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่สามารถจำลองแบบได้อย่างต่อเนื่องและซับซ้อน และเป็นแบบจำลองที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง รวมทั้งเป็นแบบจำลองสาธารณสิทธิที่มีการใช้งานกันแพร่หลายทั่วโลก (Suwanlertcharoen, 2011; Chacuttrikul, 2014) ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ ซึ่งทำการ

จัดเตรียมโดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM), ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน (Land use), ข้อมูลแผนที่ชุดดิน (Soil map) และข้อมูลเส้นลำน้ำ และ 2) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ข้อมูลฝนรายวัน อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันและข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2561 จากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมพัฒนาที่ดิน ตามลำดับ

นอกจากนั้นยังมีข้อมูลที่จำเป็นในการใช้ปรับเทียบแบบจำลอง SWAT เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น คือ ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษาในปี พ.ศ. 2561

2) การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังแสดงใน Figure 4 มีรายละเอียด ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยการใช้ข้อมูล DEM, ขอบเขตพื้นที่ศึกษา, เส้นลำน้ำ และจุดน้ำไหลออกในการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา

- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) โดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่ชุดดิน และระดับความลาดชันของพื้นที่

- ขั้นตอนที่ 3 การตั้งค่าและคำนวณข้อมูล (SWAT setup and run) ในขั้นตอนนี้ทำการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และกำหนดช่วงเวลาในการคำนวณ

- ขั้นตอนที่ 4 การแสดงผลลัพธ์ (Visualize) แบบจำลอง SWAT สามารถแสดงผลลัพธ์ได้หลายรูปแบบ ประกอบด้วย แผนภูมิ ตาราง และแผนที่

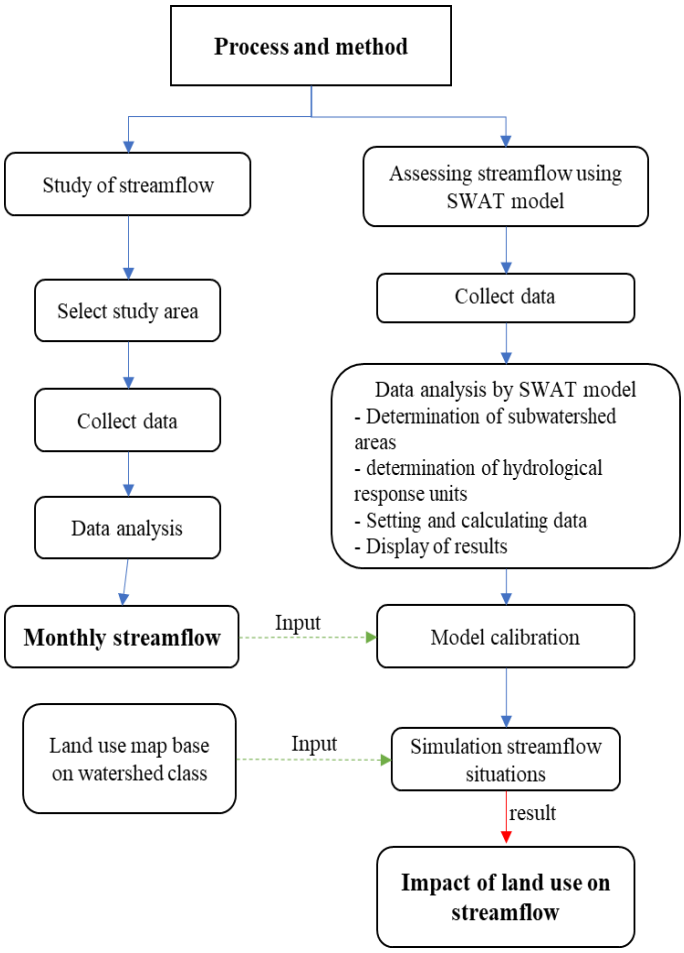


Figure 4 The research process and method

- ขั้นตอนที่ 5 ปรับเทียบแบบจำลอง ในการศึกษานี้ทำการปรับเทียบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุทกวิทยาเพื่อปรับเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดมากที่สุด และใช้ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NSE) เป็นเกณฑ์วัดความถูกต้องของค่าที่ได้จากแบบจำลอง โดยถ้าหากค่า

NSE มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้ากันได้ดี (Teekabunya, 2015; Faksomboon and Thangtham, 2017)

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณน้ำท่า

ลุ่มน้ำย่อยเกษตรมีปริมาณน้ำฝนรายปีเท่ากับ 1,391.51 มิลลิเมตร มีศักยภาพในการให้น้ำท่ารายปีเท่ากับ 690,458.25 ลูกบาศก์เมตร หรือ 726.42 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 52.20 ของปริมาณน้ำฝนรายปี และมีช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร 5 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ในขณะที่ลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ พบว่ามีปริมาณน้ำฝนรายปี เท่ากับ 1,522.70 มิลลิเมตร มีศักยภาพในการให้น้ำท่ารายปี เท่ากับ 62,051.21 ลูกบาศก์เมตร หรือ 136.42 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.96 ของปริมาณน้ำฝนรายปี และมีช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม โดยพบว่าทั้งสองลุ่มน้ำย่อยไม่มีน้ำไหลในลำธารในช่วงน้ำแล้ง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าของทั้งสองพื้นที่ พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรให้น้ำท่ามากกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ประมาณ 5 เท่า (Table 1 และ Figure 5)

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีของลุ่มน้ำย่อยป่าไม้มากกว่าลุ่มน้ำย่อยเกษตรเพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนรายเดือนไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากลุ่มน้ำย่อยทั้งสองตั้งอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ พบว่าลุ่มน้ำย่อยเกษตรให้น้ำท่ามากกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ และมีการไหลของน้ำในลำธารยาวนานกว่าเล็กน้อย โดยเริ่มมีน้ำไหลของน้ำในลำธารตั้งแต่เริ่มเข้าสู่ช่วงต้นของช่วงน้ำหลาก อธิบายได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรซึ่งมีการใช้ที่ดินเกือบทั้งหมดของพื้นที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปกคลุมของไม้ยืนต้นน้อยมาก และเนื่องจากในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงต้นฤดูการเพาะปลูกการปกคลุมของพืชในพื้นที่มีน้อย เมื่อฝนตกลงมาจะตกลงสู่พื้นดินโดยตรง ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ง่ายและมีปริมาณมาก ส่งผลให้โอกาสการกักเก็บน้ำในดินมีน้อย จึงพบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำฝนจะกลายเป็นน้ำไหลลงสู่ลำธาร ขณะที่ลุ่มน้ำป่าไม้ลักษณะพื้นที่บริเวณด้านบนเป็นพื้นที่ไร่ข้าวโพดทิ้งร้างและป่าเต็งรัง ส่วนทางด้านล่างเป็นป่าผสมผลัดใบ เมื่อฝนตกลงมาจะเกิดกระบวนการน้ำพืชยึด และระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนน้ำฝนที่ผ่านเรือนยอดไม้หรือไหลลงตามลำต้นของต้นไม้บางส่วนจะค่อย ๆ ซึมลงสู่พื้นดิน ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้น้อย ส่งผลให้โอกาสการกักเก็บน้ำไว้ในดินมีมาก ทำให้น้ำในลำธารมีปริมาณน้อยกว่า และเมื่อเริ่มเข้าสู่ช่วงแรกของช่วงน้ำหลากในเดือนมิถุนายน ลุ่มน้ำย่อยป่าไม้จึงยังไม่มีน้ำไหลในลำธาร ขณะที่ลุ่มน้ำเกษตรเมื่อฝนตกลงมาน้ำส่วนใหญ่ไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว

Table 1 The amount of rainfall and streamflow in 2018 of Agricultural and Forest subwatershed at Mae Thang subwatershed, Phrae province

Month	Agricultural subwatershed (Area 0.9505 sq.km.)			Forest subwatershed (Area 0.4548 sq.km.)		
	Amount of rain (mm.)	Amount of streamflow (m^3)	Amount of streamflow (mm)	Amount of rain (mm.)	Amount of streamflow (m^3)	Amount of streamflow (mm)
January	12.02	0.00	0.00	17.90	0.00	0.00
February	7.40	0.00	0.00	6.40	0.00	0.00
March	26.51	0.00	0.00	22.40	0.00	0.00
April	201.27	0.00	0.00	217.80	0.00	0.00
May	154.74	0.00	0.00	221.70	0.00	0.00
June	114.07	37,013.79	38.94	155.10	0.00	0.00
July	453.70	465,004.70	489.22	472.20	28,063.21	61.70
August	208.00	124,831.77	131.33	184.60	12,706.31	27.94
September	143.20	46,511.10	48.93	171.30	21,004.55	46.18
October	32.70	17,096.90	17.99	40.90	277.14	0.61
November	30.80	0.00	0.00	7.40	0.00	0.00
December	7.10	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00
Total	**1,391.51**	**690,458.25**	**726.42**	**1,522.70**	**62,051.21**	**136.42**
Wet period	**1,307.68**	**690,458.25**	**726.42**	**1,463.60**	**62,051.21**	**136.42**
Dry period	**83.83**	**0.00**	**0.00**	**59.10**	**0.00**	**0.00**
Ration of streamflow to rain (%)	**52.20**			**8.96**		

2. การประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง SWAT

2.1 การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT ต้องทำการหาพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่าก่อน จากนั้นทำการปรับเทียบค่าของพารามิเตอร์นั้น เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

1) พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า

พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท่า แบ่งออกเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับ

น้ำใต้ดิน คือค่าปัจจัยการไหลพื้นฐาน (ALPHA_BF) และปริมาณน้ำใต้ดินที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไปสู่แหล่งน้ำ (GWQMN) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการจัดการ คือค่า Curve Number (CN2) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับดิน คือความลึกของดิน (SOL_Z) และปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้ (SOL_AWC) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา คือค่าการระเหยจากผิวดิน (ESCO)

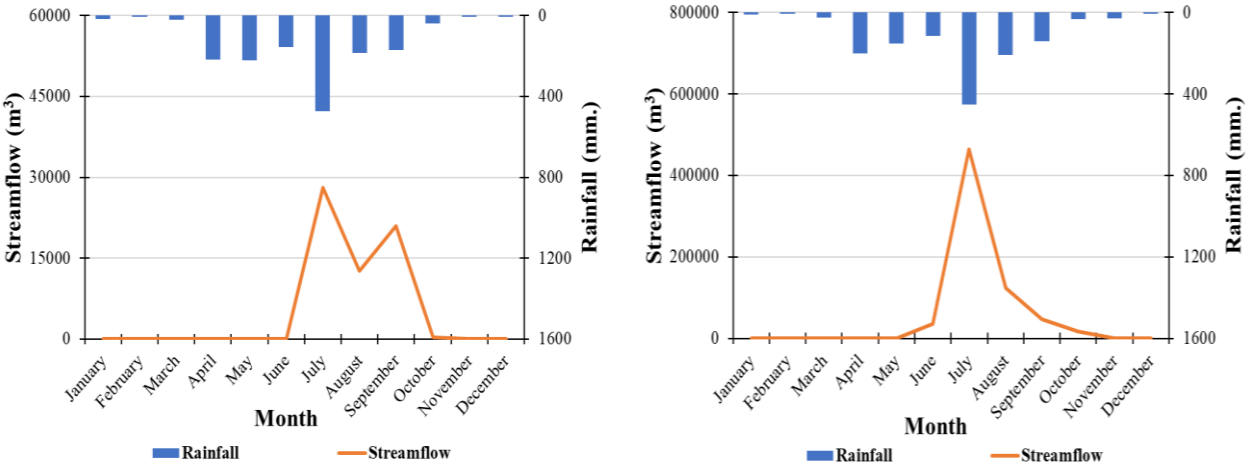


Figure 5 Amount of rainfall and streamflow at Mae Thang subwatershed in 2018; (a) Forest subwatershed and (b) Agricultural subwatershed

2) ผลการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การปรับเทียบแบบจำลองจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดบริเวณจุด Outlet ของลุ่มน้ำย่อยเกษตร ในปี พ.ศ. 2561 ผลการปรับเทียบพบว่า แบบจำลอง SWAT สามารถใช้ในการคาดการณ์สถานการณ์ได้อย่างดีมาก โดยมีค่า NSE เท่ากับ 0.90 และ ค่า Standard Error of Estimate เท่ากับ 0.48 ซึ่งน้ำท่ารายปีจากข้อมูลการใช้ที่ดินในปัจจุบัน ที่ประเมินโดยใช้แบบจำลอง SWAT มีปริมาณเท่ากับ 620,955.20 ลูกบาศก์เมตร หรือ 653.64 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 46.97 ของปริมาณน้ำฝนรายปี กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดแสดงใน Figure 6

2.2 การประเมินปริมาณน้ำท่าจากการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดิน

1) การประเมินปริมาณน้ำท่าจากสถานการณ์จำลอง

จากการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินของลุ่มน้ำย่อยเกษตร โดยสถานการณ์จำลองที่ 1 กำหนดการใช้ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 0.38 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 40 ของพื้นที่ เป็นพื้นที่ป่าไม้สภาพสมบูรณ์ และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 ที่มีเนื้อที่ประมาณ 0.57 ตารางกิโลเมตร หรือร้อย

ละ 60 ของพื้นที่ กำหนดให้เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาและสถานการณ์จำลองที่ 2 กำหนดการใช้ที่ดินในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 เป็นป่าไม้สภาพสมบูรณ์ และพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 เป็นไม้ยืนต้นแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ

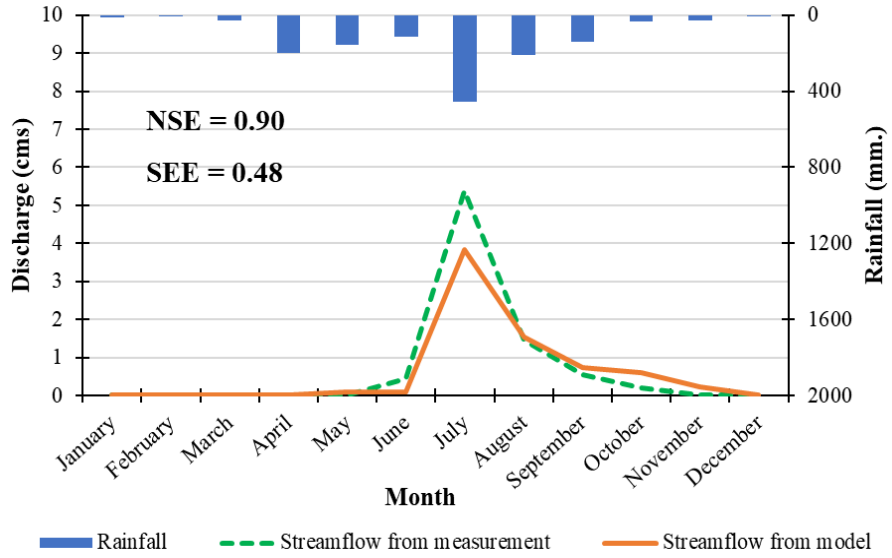


Figure 6 Streamflow from the measurement and SWAT model

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT หลังการปรับเทียบแบบจำลอง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำท่ารายปีจากสถานการณ์จำลองที่ 1 เท่ากับ 515,967.22 ลูกบาศก์เมตร หรือ 543.12 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.03 ของปริมาณน้ำฝนรายปี และปริมาณน้ำท่ารายปีจากสถานการณ์จำลองที่ 2 เท่ากับ 502,387.42 ลูกบาศก์เมตร หรือ 528.83 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 38.00 ของปริมาณน้ำฝนรายปี ซึ่งทั้ง 2 สถานการณ์จำลองมีปริมาณน้ำท่ารวมรายปีต่ำกว่าหรือลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากการใช้ที่ดินในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาประมาณน้ำท่ารายเดือนพบว่าปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน) จากทั้ง 2 สถานการณ์จำลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นในเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากการจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำทำให้มีพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้นเพิ่มขึ้น สามารถช่วยลดแรงปะทะของฝนที่ตกลงสู่ผิวหน้าดิน และช่วยชะลอการไหลของน้ำผิวดิน ส่งผลให้น้ำฝนมีโอกาสซึมลงดินได้มากยิ่งขึ้น เพิ่มโอกาสในการเติมน้ำลงสู่ลำธารในฤดูแล้ง ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลาก (เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม) จากทั้ง 2 สถานการณ์จำลอง มีแนวโน้มลดลง ยกเว้นในเดือนพฤษภาคม (Figure 7) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อการใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ข้าวโพดไปเป็นพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้น ส่งผลให้การคายระเหยน้ำของพืชและปริมาณน้ำซึมลงสู่ดินเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งพืชในพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้นมีการใช้น้ำตลอดทั้งปี ต่างจากพื้นที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการใช้น้ำเฉพาะในช่วงที่มีการเพาะปลูกเท่านั้น ส่งผล

ให้ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำแล้งมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mailpom (2014) ที่ทำการประเมินปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำปิงตอนบนจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง SWAT และพบว่าเมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าโดยรวมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงน้ำหลากที่สามารถเห็นถึงความผันแปรของปริมาณน้ำท่าได้อย่างชัดเจน

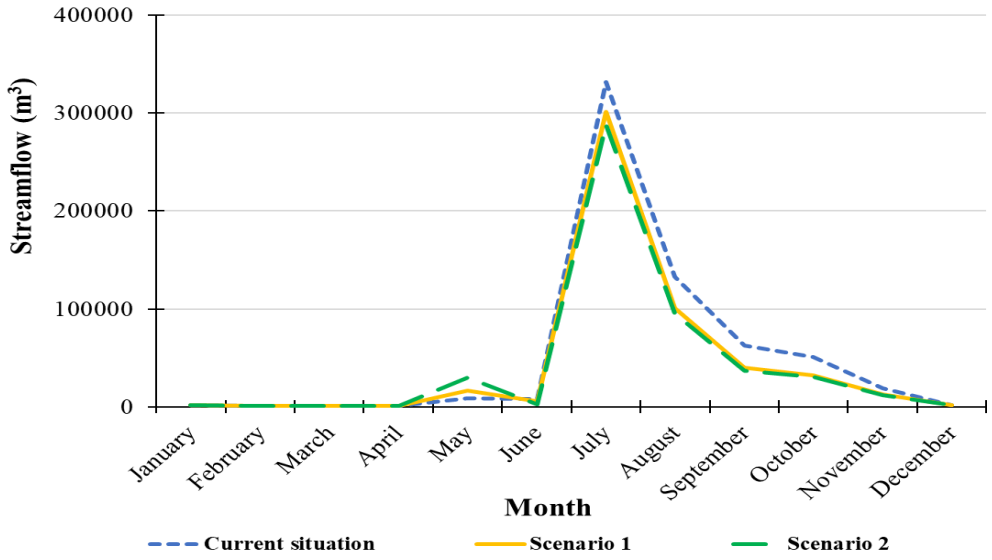


Figure 7 The amount of monthly streamflow from January to December in 2018

สรุป

การใช้ที่ดินมีผลต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยในการศึกษาครั้งนี้ลุ่มน้ำย่อยเกษตรที่มีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ปริมาณน้ำท่าในลำธารประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำฝนรายปี ซึ่งมากกว่าลุ่มน้ำย่อยป่าไม้ 5 เท่า โดยปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่จะไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว ทำให้โอกาสในการกักเก็บน้ำในดินน้อย น้ำไหลบ่าหน้าดินมาก ซึ่งจะมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินและคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ นอกจากนี้ เมื่อใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินปริมาณน้ำท่าจากสถานการณ์จำลองการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยเกษตรตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พบว่าแบบจำลอง SWAT สามารถใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี โดยปริมาณน้ำท่ารายเดือนในช่วงน้ำแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นในเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากมีแนวโน้มลดลง (ยกเว้นในเดือนพฤษภาคม) เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากการใช้ที่ดินในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้และไม้ยืนต้นในทั้ง 2 สถานการณ์จำลอง ทำให้การใช้น้ำของต้นไม้และการคายระเหยน้ำในพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่ช่วยลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน รวมทั้งจะเพิ่มโอกาสการกักเก็บน้ำไว้ในดินได้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT สามารถนำมาใช้ประกอบในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมและการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2561 รหัสโครงการ (ป-3.2 (ด) 213.61) และขอขอบคุณภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือในการเก็บข้อมูล รวมทั้งสถานีวิจัยต้นน้ำยม ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

Chacuttrikul, P. 2014. **Application of SWAT model for studying El Nino and La Nina Phenomena toward streamflow in Lam Chi subwatershed**. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Chunkao, K. 1996. **Principles of Watershed Management, Bangkok**. 789 p. (in Thai)

Faksomboon, B. & Thangtham, N. 2017. Application of SWAT Model for Studying Land Use Changes on Suspended Sediment in Upper Tha Chin Watershed. **Srinakharinwirot Science Journal** 33(2): 123-139. (in Thai)

Forest Land Management. 2015. **Executive Summary: Forestry data preparation project year 2014-2015**. Royal Forest Department, Bangkok.

Hydro and Agro Informatics Institute. 2012. **Conducting data collection and analysis operations; 25 Watershed Data Warehouse System Development Project and Drought Flood Model: Yom watershed**. Asdecon Corporation Co., Ltd, Bangkok.

Kositsakulchai E., S. Yodjaroen & Y. Phankamolsil. 2018. Assessment of the impact of land use change on runoff in Lam Phachi basin using Satellite data and SWAT model. **Journal of Science and Technology** 7(3). 1-16. (in Thai)

Land Development Department. 2010. **62 soil groups**, Available Source: http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum/62_soilgroup/sgr_hi-land/sgr_hiland.htm, (Accessed: March 20, 2020). (in Thai)

Mailpom, P. 2014. **Runoff estimation of upper Ping river basin on land use changes using SWAT model**. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Neitsch S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan & J.R Williams. 2002. **Soil and Water Assessment Tool User's manual version 2000**. Texas Water Resources Institute.

Neitsch S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry & J.R. Williams. 2011. **Soil and Water Assessment Tool Theoretical**

Documentation version 2009. Texas Water Resources Institute.

Niyom, W. 1992. **Forest Hydrology**. Department of Conservation, Faculty of Forestry. Kasetsart University, Bangkok, 284 p. (in Thai)

Office of Agriculture Economics. 2019. **Maize: Cultivated area Harvest area Product and Yield per rai by province in 2018/2019 crop year**. Available Source: http://www.oae.go.th/assets/portals/1/ileups/prcaidata/files/maize%20province%2061(1).pdf. March 20, 2020. (in Thai)

Phrae Province Development Strategy. 2020. **Phrae province briefing 2020**, Available Source: http://phrae.go.th/file_data/sum_phrae.pdf. July 9, 2020. (in Thai)

Suwanlertcharoen, T. 2011. **Application of the SWAT model to evaluate runoff and suspended sediment from a small watershed: a case study of Mae Phun subwatershed, Laplae district, Uttaradit province**. Master Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Tantivitayapitak, V. 2015. **Corn causes of deforestation drought and toxic smog**. Available Source: https://www.sarakadee.com/blog/oneton/?p=1717. December 5, 2020. (in Thai)

Teekabunya, P. 2015. **Flood inundation mapping by using Mike flood model: A case study at Lam Taklong river basin**. Master Thesis. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. (in Thai)

Watershed Conservation and Management Office. 2014. **Why…should don't have the corn on the upstream area**. Department of National Parks. Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 93-110 (2566)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความทนแล้งของกล้าไม้ยืนต้นและความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่กับการรอดชีวิตภายใต้การทดลองสภาวะแล้ง

รัตนมน อ้ายเสาร์[1,2] พิมลรัตน์ เทียนสวัสดิ์[2,3] ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ[4] และ เดีย พนิตนาถ แชนนอน[2,3*]

รับต้นฉบับ: 2 มีนาคม 2566 ฉบับแก้ไข: 12 เมษายน 2566 รับลงพิมพ์: 22 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

วิกฤติการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งภัยแล้งทำให้โครงการด้านการฟื้นฟูป่าต้องให้ความสำคัญกับการเลือกชนิดพืชมากขึ้น การขาดน้ำทำให้กล้าไม้เกิดความเครียด ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตหลังปลูก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการทนแล้งของพืชท้องถิ่น 9 ชนิดในสภาพโรงเรือนที่มีการควบคุมและพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่ 10 ลักษณะกับความสามารถดังกล่าว มีการนำกล้าไม้ของพืชท้องถิ่นป่าผลัดใบจำนวน 9 ชนิด มาทดสอบภายใต้สภาพควบคุมในโรงเรือนเป็นเวลา 4 เดือน พบว่ามะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa*) และ งิ้ว (*Bombax ceiba*) เป็นชนิดที่รอดชีวิตได้นานที่สุดในสภาพที่ไม่ได้รับน้ำ จากการศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่จำนวน 10 ลักษณะทำให้จัดกลุ่มพืชได้ 4 กลุ่ม มะค่าโมงและงิ้วจัดอยู่ในกลุ่มที่มีคุณลักษณะเชิงหน้าที่ด้านความหนาแน่นของเนื้อเยื่อและรากเด่นตามลำดับ ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเชิงหน้าที่กับระยะเวลาที่พืชรอดชีวิต การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่เพิ่มเติมในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ทั้งในสภาพแปลงฟื้นฟูและสภาพควบคุมจะส่งเสริมความเข้าใจในการเลือกชนิดที่เหมาะสมสำหรับการฟื้นฟูป่าท่ามกลางสภาวการณ์ความไม่แน่นอนด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

คำสำคัญ: การฟื้นฟูป่า ลักษณะเชิงหน้าที่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ป่าเขตร้อน กล้าไม้ท้องถิ่น

[1]หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2]หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[3]ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[4]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: E-mail: dia.shannon@cmu.ac.th

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 93-110 (2566)

ORIGINAL ARTICLE

Drought tolerance of tree seedlings and relationships of their functional traits and survival under a drought experiment

Rattanamon Aisow[1,2], Pimonrat Tiansawat[2,3], Thanakorn Lattirasuvan[4], and Dia Panitnad Shanon[2,3*]

Received: 2 March 2023 Revised: 12 April 2023 Accepted: 22 April 2023

ABSTRACT

Climate change crisis, especially droughts which have intensified; thus, the need for forest restoration projects to focus more on species selection. As insufficient water stresses seedlings; therefore, it impacts their growth and survival after planting. The objectives of this study were to evaluate the drought tolerance of nine native deciduous tree species under controlled conditions and to investigate relationships between 10 studied functional traits and the tolerance ability. Seedlings of nine studied species were tested under drought conditions for four months. After 113 days, only *Afzelia xylocarpa* and *Bombax ceiba* survived in a no water treatment. The studied species were classified into 4 groups using 10 functional traits. *A. xylocarpa* and *B. ceiba* were grouped with other species that expressed a high value of tissue density and roots respectively. No correlation between survival time and studied traits were found. Further investigation of functional traits at different stages of plant growth in both field and controlled conditions will enhance our understanding of selecting suitable species for forest restoration in the face of uncertain climate change conditions.

Keywords: forest restoration, functional traits, climate change, tropical forest, native seedlings

[1]Graduate Master's Degree Program in Biology, Faculty of Science, Ching Mai University 50200

[2]Forest Restoration Research Unit, Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[3]Environmental Science Research Center, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[4]Master of Science Program in Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140

***Corresponding author**: E-mail: dia.shannon@cmu.ac.th

บทนำ

ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาการฟื้นฟูป่าได้รับความสนใจจากทุกภาคส่วนทั้งเนื่องจากความตระหนักถึงปัญหาความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงบริการเชิงนิเวศที่สำคัญต่อการรับมือกับภัยคุกคามทางสิ่งแวดล้อมระดับโลก แถลงการณ์นิวยอร์คด้านป่าไม้ (New York Declaration on Forests) กำหนดเป้าหมายในการฟื้นฟูพื้นที่ขนาด 350 ล้านเฮกตาร์ (2,187 ล้านไร่) ภายในปี พ.ศ. 2573 โดยมุ่งฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม 150 ล้านเฮกตาร์ (937 ล้านไร่) ภายในปี พ.ศ. 2563 และฟื้นฟูพื้นที่ป่าและพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มอีก 200 ล้านเฮกตาร์ (1,250 ล้านไร่) ภายในปี พ.ศ. 2573 (Stanturf *et al*., 2015) หน่วยงานหลายระดับเน้นถึงความจำเป็นในการเพิ่มพื้นที่ป่าควบคู่ไปกับการส่งเสริมคุณภาพของระบบนิเวศเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้บริการจากระบบนิเวศที่สำคัญ ทั้งนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาถึงการปรับตัวของป่าฟื้นฟูต่อความรุนแรงด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

ผลกระทบหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศคือการลดลงของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีและการเกิดช่วงแล้งยาวนานขึ้น ซึ่งสามารถพบได้ในภูมิภาคเขตร้อนชื้นอยู่กับที่ตั้งและภูมิอากาศท้องถิ่น (Hulme and Viner, 1998) ความแห้งแล้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาและชีพลักษณ์ของพืช มีความสัมพันธ์กับการตายของกล้าไม้ในแปลงฟื้นฟูป่าซึ่งมักจะมีขนาดเล็กและมีอายุน้อยกว่า 1 ปี ก่อนนำไปปลูก (FORRU, 2005) ช่วงต้นกล้าถือเป็นระยะที่มีความเปราะบางอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อสภาวะขาดน้ำซึ่งจัดเป็นอุปสรรคสำคัญของการตั้งตัวของกล้าไม้ในแปลงฟื้นฟูระยะแรก (Koch, 2022) เมื่อพืชได้รับความเครียดจากระดับความชื้นในดินลดลงต่อเนื่องจนถึงจุดเหี่ยวถาวร ทำให้รากไม่สามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้และพืชตายไปในที่สุด (Engelbrecht *et al*., 2007) ทั้งนี้การตอบสนองของพืชแต่ละชนิดต่อความแห้งแล้งมีผลต่อการรอดชีวิตและความสำเร็จของการตั้งตัวในระยะกล้าไม้

มีงานวิจัยจำนวนไม่น้อยที่พยายามอธิบายความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของคุณลักษณะการทำหน้าที่กับความสามารถของพืชต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และการอยู่รอดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับลักษณะทางสรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของพืชในระบบนิเวศ (Violle *et al*., 2007) คุณลักษณะเหล่านี้สามารถสะท้อนถึงกลยุทธ์การปรับตัวของพืชที่สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง และมีการนำมาใช้ประโยชน์สำหรับคัดเลือกชนิดพืชในการฟื้นฟูป่า รายงานก่อนหน้าพบลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชที่ส่งผลต่อความทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง เช่น การฟื้นฟูป่าโดยพันธุ์ไม้ท้องถิ่นในประเทศเม็กซิโกพบว่าน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของใบ (LDMC) บ่งบอกถึงความทนทานต่อความเครียดของกล้าไม้ภายใต้สภาพแห้งแล้ง เนื่องจากใบมีความความหนาแน่นของเนื้อเยื่อมากทำให้ลดความเสียหายของเซลล์เมื่อเผชิญกับความแห้งแล้ง (Toledo-Aceves *et al*., 2022) การศึกษาความทนแล้ง

ของกล้าไม้ 10 ชนิด ภายใต้สภาะควบคุมภายในโรงเรือนประเทศสเปน พบสัดส่วนความยาวรากต่อพื้นที่ใบ (RLLA) ที่มีค่าสูงทำให้กล้าไม้มีความต้านทานความแห้งแล้ง ทำให้กล้าไม้รอดชีวิตค่อนข้างสูงเนื่องจากรากลึกสามารถหาน้ำได้ดีและใบมีการคายน้ำน้อย (Lopez-Iglesias *et al*., 2014) ในขณะที่ความยาวรากจำเพาะ (SRL) ที่มีค่าสูงสัมพันธ์กับระดับความลึกที่รากสามารถหาน้ำได้ (Olmo *et al*., 2014)

นอกจากการความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่กับความสามารถในการทนแล้ง การฟื้นฟูเหมืองในประเทศสเปนพบว่าความยาวราก (RL) น้ำหนักราก (RW) ความลึกของราก (RD) สามารถทำนายชนิดกล้าไม้ที่ทนทานต่อความเครียดทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่มีผลจากความเสื่อมโทรมของดิน การพังทลายของดิน และอุณหภูมิด้วย (Navarro-Cano *et al*., 2019) นอกจากนี้มีรายงานว่ามวลของใบต่อพื้นที่ใบ (LMA) ช่วยอธิบายความสามารถในการรับแสง โอกาสรอดชีวิต และการปรากฏอยู่ของกล้าไม้ภายใต้สภาพที่มีร่มเงา (Toledo-Aceves *et al*., 2022)

ปัจจุบันในประเทศไทยมีรายงานลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในระยะกล้าไม้และในแง่ที่เชื่อมโยงกับความสามารถในการความทนทานต่อความแห้งแล้ง การศึกษานี้จะช่วยเพิ่มองค์ความรู้นำไปสู่การใช้ประโยชน์ด้านการคัดเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมกับระบบนิเวศโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเผชิญกับภาวะแล้งหลังจากการปลูก การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทนแล้งของกล้าไม้ 9 ชนิด ภายใต้สภาพโรงเรือนที่มีการควบคุม 2) เพื่อใช้ลักษณะเชิงหน้าที่ด้านใบ ลำต้น และราก (รวม 10 ลักษณะ) ในการจัดกลุ่มพืช และ 3) เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่ด้านใบ ลำต้น และราก (รวม 10 ลักษณะ) กับการรอดชีวิตของกล้าไม้ภายใต้การทดลองสภาวะแล้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกชนิดและการดูแลกล้า

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมกล้าไม้จำนวน 9 ชนิด จากเรือนเพาะชำในจังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2563 ได้แก่ มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib) งิ้ว (*Bombax ceiba* L.) ปุย (*Careya arborea* Roxb.) ยมหิน (*Chukrasia tabularis* A. Juss.) ซ้อ(*Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.) กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W. Benn.) เพกา (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) และมะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) พืชทั้ง 9 ชนิดถูกใช้ในการฟื้นฟูป่าของจังหวัดน่าน ที่ความสูง 300-500 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ท้องถิ่นที่พบในสังคมพืชป่าผลัดใบจังหวัดน่าน (Shannon *et al*., 2020) และมีรายงานถึงความเหมาะสมในการเป็นพืชที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูป่าผลัดใบของภาคเหนือ (Elliott, 2008) กล้าไม้ทั้งหมดถูกนำมาพักไว้บริเวณเรือนเพาะชำกล้าไม้ท้องถิ่นของศูนย์ธรรมชาติวิทยาดอยสุเทพเฉลิมพระเกียรติฯ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ (18°48’36”N 98°56’ 54” E) ที่ความสูงจากน้ำทะเล 349 เมตร เป็นเวลาประมาณ 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการเปลี่ยนวัสดุปลูก (ส่วนผสมของดิน ขุยมะพร้าว และเปลือกถั่วในอัตราส่วน 2:1:1) และภาชนะ (ถุงเพาะชำกล้าไม้ขนาด 9 x 2.5 นิ้ว) ทุกต้น ตามแนวทางที่ถูกแนะนำโดย Elliott *et al.* (2013) เมื่อกล้าไม้แข็งแรงและมีความสูงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ก่อนจึงนำกล้าไม้ทั้งหมดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. การทดลองสภาวะแล้งในเรือนเพาะชำ

การทดลองนี้ใช้กล้าไม้ 9 ชนิด (จากข้อ 1) กล้าที่ใช้ทดลองจำนวน 42 ต้นต่อชนิด รวมทั้งหมด 378 ต้น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design) จำนวน 3 แปลง ในแต่ละแปลงประกอบด้วยกล้าไม้ชนิดละ 14 ต้น แบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดให้น้ำ (water treatment) และชุดไม่ให้น้ำ (no water treatment) ก่อนเริ่มการทดลองมีการรองถุงเพาะชำกล้าไม้แต่ละต้นด้วยพลาสติกใสเพื่อควบคุมความชื้นและรดน้ำจนถึงจุดอิ่มตัว เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จึงเริ่มการทดลองโดยให้คะแนนระดับความเหี่ยวเฉา (wilting stage) และรดน้ำกล้าไม้ ทั้งนี้รดเฉพาะต้นที่อยู่ในชุดทดลองแบบให้น้ำเท่านั้น มีการบันทึกข้อมูลทุก 2 วัน ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 36 วัน จากนั้นบันทึกข้อมูลทุก 1 สัปดาห์ เนื่องจากกล้าไม้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป (Pooter and Markesteijn, 2008) จนกล้าไม้ทั้งหมดในชุดการทดลองแบบไม่ให้น้ำมีการตายถึงร้อยละ 80 รวมระยะเวลาที่บันทึกข้อมูล 113 วัน

การให้คะแนนประเมินจากลักษณะของใบและลำต้น ดัดแปลงจากวิธีของ Pooter and Markesteijn (2008) จากเดิมมีการให้ระดับคะแนน 0-6 แต่การศึกษานี้ไม่พบความเหี่ยวเฉาระดับ 5 (หมายถึง การผลัดใบ (deciduous) ของกล้าไม้โดยที่ใบร่วงทั้งหมดแต่ลำต้นยังมีชีวิต) จึงได้ปรับระดับความเหี่ยวเฉาให้เหลือเพียง 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 หมายถึง ไม่มีสัญญาณของความเหี่ยวเฉาหรือความเครียดจากการขาดน้ำ

ระดับ 1 หมายถึง ใบมีความเหี่ยวเฉาเล็กน้อย สังเกตจากมุมก้านใบที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ระดับ 2 หมายถึง ใบเหี่ยวเฉามาก สังเกตจากมุมก้านใบที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าปกติ แต่บริเวณผิวใบไม่มีจุดดำที่บ่งชี้ถึงการตายของเซลล์

ระดับ 3 หมายถึง ใบเหี่ยวอย่างรุนแรง สังเกตจากใบที่เหี่ยวมากและพบการตายของเนื้อเยื่อตามขอบหรือปลายใบ

ระดับ 4 หมายถึง ใบทั้งหมดตายแต่ส่วนของลำต้นยังมีชีวิต และ

ระดับ 5 หมายถึง ส่วนลำต้นเหนือดินของต้นกล้าตายทั้งหมด

3. การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของกล้าไม้

การศึกษาส่วนนี้ใช้กล้าไม้ยืนต้นจำนวน 9 ชนิด (รายละเอียดชนิดระบุในข้อ 1) รวมทั้งหมด 45 ต้น (5 ต้นต่อชนิด) มีการวัดความสูง ความกว้างคอราก และนับจำนวนใบของกล้าไม้ทุกต้น จากนั้นแบ่งกล้าไม้แต่ละต้นออกเป็น 3 ส่วน คือ ราก ลำต้น และใบ แล้วชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

จากนั้นคำนวณลักษณะเชิงหน้าที่ 10 ลักษณะ ที่ Pooter and Markesteijn (2008) คาดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้งของกล้าไม้ ดังนี้ 1) ลักษณะเชิงหน้าที่ด้านใบ ได้แก่ สัดส่วนน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งของพืช (Leaf mass fraction) สัดส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืช (Leaf area ratio) น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของใบ (Leaf dry matter content) พื้นที่ใบจำเพาะ (Specific leaf area) 2) ลักษณะเชิงหน้าที่ด้านลำต้น ได้แก่ น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของลำต้น (Stem dry matter content) ความหนาแน่นของลำต้น (Stem density) และ 3) ลักษณะเชิงหน้าที่ด้านราก ได้แก่ สัดส่วนความยาวรากต่อพื้นที่ใบ (Root length per unit leaf area) สัดส่วนความยาวรากต่อน้ำหนักแห้งของพืช (Root length per unit plant mass) น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของราก (Root dry matter content) ความยาวรากจำเพาะ (Specific root length) นำไปคำนวณลักษณะเชิงหน้าที่ตามวิธีการของ Cornelissen *et al*. (2003) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Studied traits and their significance

Trait	Unit	Significance	Reference
Leaf traits			
Leaf mass fraction (LMF)	gg^{-1}	Photosynthesis and nutrient	Poorter *et al*., 2012
Leaf area ratio (LAR)	cm^2g^{-1}	Light capture and carbon gain	Lusk, 2002
Leaf dry matter content (LDMC)	%	Leaf nitrogen content and soil fertility	Hodgson *et al*., 2011
Specific leaf area (SLA)	cm^2g^{-1}	Photosynthesis and growth rate	Adler *et al*., 2014
Stem traits			
Stem dry matter content (SDMC)	%	Resource acquisition and support tissues (tissue toughness)	Quintero-Vallejo *et al*., 2015; Zhang *et al*., 2017
Stem density (SD)	gcm^{-3}	Mechanical properties of wood and correlated with cavitation resistance	Hacke *et al*., 2001
Root traits			
Root length per unit leaf area (RLLA)	$cmcm^{-2}$	Resource uptake relative to transpiring	Eavis and Taylor, 1979; Tani *et al*., 2003
Root length per unit plant mass (RLPM)	cmg^{-1}	Growth rate, light relative to biomass investment	Reich *et al*., 1998; Alameda *et al*, 2012
Root dry matter content (RDMC)	%	Root tissue density relative to growth rate	Birouste *et al*., 2014
Specific root length (SRL)	cmg^{-1}	Resource uptake relative to biomass investment	Laliberte, 2016

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดทำด้วยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 4.1.2 (R Core Team, 2021)

1. การทดสอบของครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis test) วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างชนิดพืชและคะแนนความเหี่ยวเฉาที่บันทึกเมื่อครบ 113 วัน หลังจากเริ่มการทดลองสภาวะแล้งในเรือนเพาะชำ โดยมีตัวแปรต้น คือ ชนิดพืช และตัวแปรตาม คือ คะแนนความเหี่ยวเฉา จากนั้นทดสอบหาความแตกต่างระหว่างชนิดโดยใช้ Dunn-Bonferroni test

2. การวิเคราะห์การอยู่รอด (Survival analysis) โดยมีตัวแปรต้น คือ ชนิด และตัวแปรตาม คือ การรอดชีวิต (คะแนน 1 หมายถึง กล้าไม้ตาย คะแนน 0 หมายถึง กล้าไม้มีชีวิต ณ วันที่บันทึกข้อมูลความเหี่ยวเฉา) จากนั้นใช้ Kaplan-Meier and log rank test ทดสอบหาความแตกต่างระหว่างแต่ละชนิด การวิเคราะห์นี้ใช้ Package survival (Therneau, 2021)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis: PCA) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่และชนิดพืชที่ศึกษา โดยใช้ Package FactoMineR (Le *et al*., 2008) และ Factoextra (Kassambara and Mundt, 2020)

4. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ดูความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่กับเวลารอดชีวิต (survival time) โดยเวลารอดชีวิตหมายถึงจำนวนวันหลังจากเริ่มการทดลองที่พืชร้อยละ 50 ของแต่ละชนิดตายไป และ ร้อยละ 50 ยังมีชีวิตอยู่ หลังจากเริ่มการทดลองสภาวะแล้ง โดยกำหนดให้ตัวแปรต้นคือลักษณะเชิงหน้าที่ 3 ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับแกน PCA ที่ 1 ได้แก่ สัดส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของพืช (Leaf area ratio) น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของลำต้น (Stem dry matter content) น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของราก (Root dry matter content) และตัวแปรตาม คือ เวลารอดชีวิต ทำการกำหนดมาตรฐานข้อมูล (Data Standardization) ของข้อมูลตัวแปรก่อนการวิเคราะห์ การวิเคราะห์นี้ใช้ function lm

ผลและวิจารณ์

1. ความสามารถในการทนแล้งของกล้าไม้ภายใต้สภาวะทดลอง

มีการติดตามการรอดชีวิตของกล้าไม้ภายใต้การทดลองสภาวะแล้งเป็นระยะเวลารวมทั้งหมด 113 วัน พบว่าในชุดการทดลองแบบไม่ให้น้ำ มีกล้าไม้จำนวน 4 ชนิด ที่ยังมีชีวิตอยู่ ได้แก่ มะค่าโมง (*A. xylocarpa*) งิ้ว (*B. ceiba*) ยมหิน (*C. tabularis*) และมะกอก (*S. pinnata*) โดยการรอดชีวิตของแต่ละชนิดคือ ร้อยละ 81, 57, 28 และ 19 ตามลำดับ การตอบสนองของกล้าไม้สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ 1) พืชตอบสนองต่อความแห้งแล้งโดยมีการเปลี่ยนแปลงของใบและตายอย่างรวดเร็ว พืชมีการตอบสนองทางใบเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลอง และหลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเกือบทุกสัปดาห์ เช่น กระบก (*I. malayana*) 2) พืชมีการเปลี่ยนแปลงของใบอย่าง

รวดเร็วและส่วนของลำต้นเหนือดินสามารถรอดชีวิตได้ในระยะเวลานาน (4-10 สัปดาห์) เช่น งิ้ว (*B. ceiba*) มะกอก (*S. pinnata*) และ เพกา (*O. indicum*) และ 3) พืชที่ใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงของใบแต่ละขั้นอย่างช้า ๆ เช่น มะค่าโมง (*A. xylocarpa*) (Figure 1) ทั้งนี้ไม่พบการตายของกล้าไม้ในชุดการทดลองแบบให้น้ำ

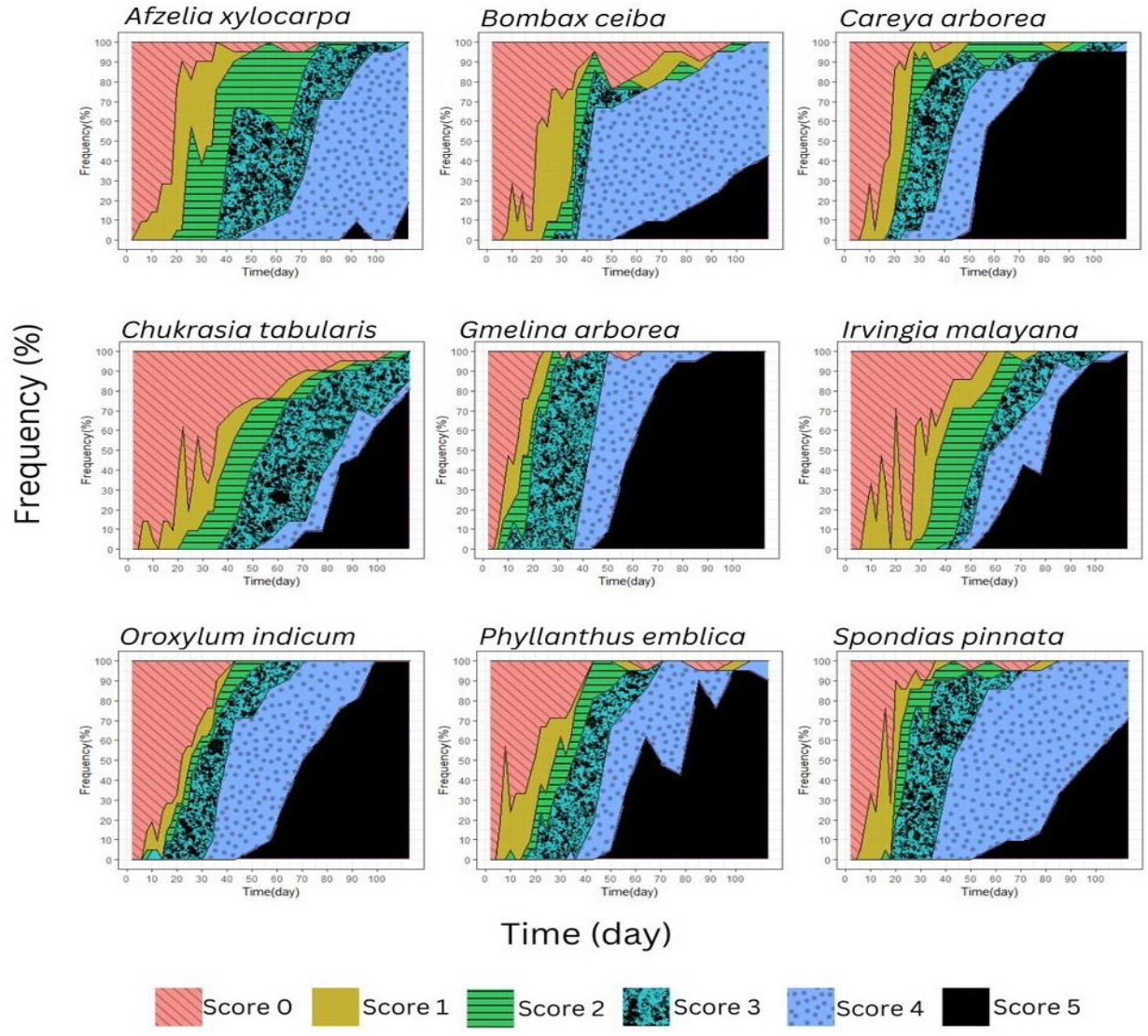


Figure 1 Frequency of drought scores of seedling tree species throughout the experiment.

เมื่อสิ้นสุดการทดลองสภาวะแล้งพบว่ามีชนิดพืชเพียง 2 ชนิด ที่ส่วนลำต้นเหนือดินยังมีชีวิตอยู่ (คะแนนความเหี่ยวเฉาระดับ 4) ได้แก่ มะค่าโมง (*A. xylocarpa*) และงิ้ว (*B. ceiba*) (Kruskal-Wallis chi-squared = 77.5, df = 8, $p < 0.01$) จำนวนกล้าไม้ที่รอดชีวิตลดลงตามจำนวนวันที่ขาดน้ำ เมื่อวิเคราะห์ด้วย Survival analysis พบว่าการรอดชีวิตของกล้าไม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระดับชนิด (log-rank test, $p < 0.0001$) (Figure 2)

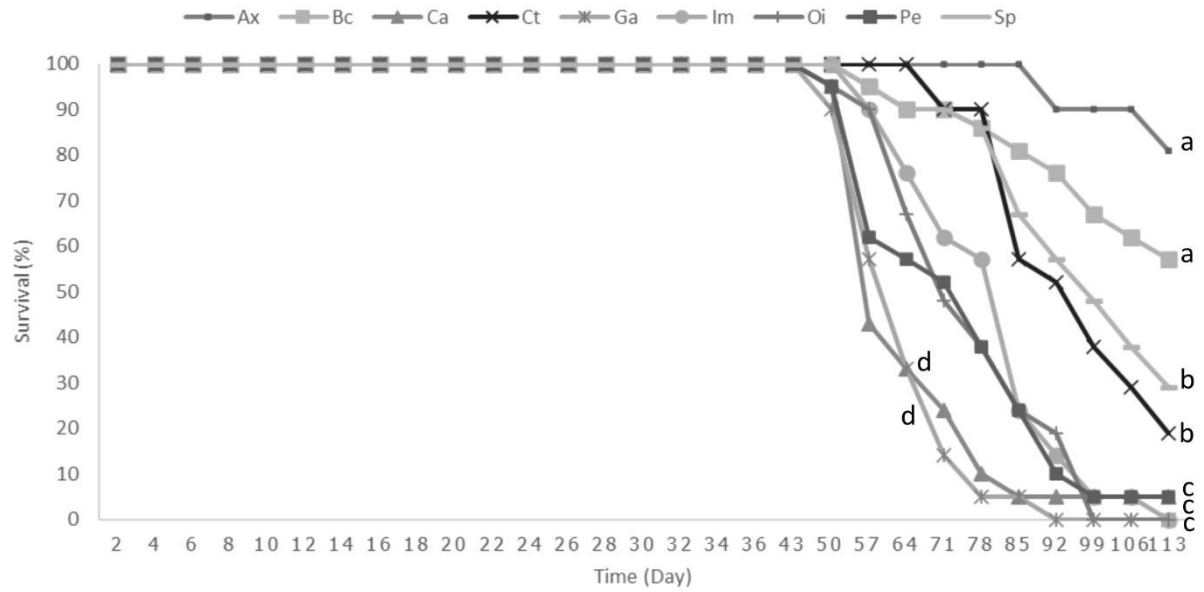


Figure 2 Survival of seedlings in the drought experiment; *A. xylocarp*a (Ax), *B. ceiba* (Bc), *C. arborea* (Ca), *C. tabularis* (Ct), *G. arborea* (Ga), *I. malayana* (Im), *O. indicum* (Oi), *P. emblica* (Pe) and *S. pinnata* (Sp).

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Krishnan *et al.* (2019) ที่ทำการทดลองกับงิ้ว (*B. ceiba*) ซ้อ(*G. arborea*) และ มะขามป้อม (*P. emblica*) โดยใช้กล้าไม้อายุ 3 สัปดาห์ พบว่างิ้วมีระยะเวลารอดชีวิตได้นานกว่าในสภาวะแล้ง เป็นพืชชนิดที่ทิ้งใบช้าที่สุด เป็นกลยุทธ์ของการทนแล้ง (drought tolerance) ส่วนซ้อและมะขามป้อม ที่เป็นพืชกลุ่มแรกที่มีการเปลี่ยนแปลงทางใบ เป็นกลยุทธ์ของการหลีกเลี่ยงความแห้งแล้ง (drought avoidance) จึงทำให้ระยะเวลาการรอดชีวิตสั้นกว่า ความเหี่ยวเฉาที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับการแลกเปลี่ยนแก๊ส (gas exchange) และค่าชลศักย์ของพืช (water potential) (Tyree *et al*., 2003) ซึ่งจะลดลงเมื่อพืชได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ (Engelbrecht *et al*., 2007) กล่าวคือน้ำจะถูกดูดเข้าสู่ลำต้นน้อยลงเพราะระดับความชื้นในดินลดลงต่อเนื่อง จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ทำให้รากไม่สามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้ได้

พืชส่วนใหญ่สามารถรอดชีวิตมากกว่าร้อยละ 50 ภายในระยะเวลานานกว่า 3 เดือนของการทดลองสภาวะแล้ง (Figure 2) พืชที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นชนิดที่มีการกระจายตัวในป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ สอดคล้องกับการทดลองของ Poorter and Markesteijn (2008) ที่รายงานว่าความสามารถในการรอดชีวิตของพืชจากสภาวะแห้งแล้งจะแตกต่างกันตามถิ่นที่อยู่ พืชที่พบในป่าผลัดใบจะมีระยะเวลาที่ทนแล้งได้ถึง 62 วัน คิดเป็นระยะเวลายาวนานกว่าประมาณ 2.5 เท่าของพืชชนิดที่พบในป่าไม่ผลัดใบของประเทศโบลิเวีย

2. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่กับชนิดพืช

องค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 (Dim1, Dim2) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 50.1 และ 23.1 ตามลำดับ โดย Dim1 สัมพันธ์กับ LMF, LAR, SLA, SD, SDMC, RLPM, RDMC และ SRL และ Dim2 สัมพันธ์กับ LDMC และ RLLA นอกจากนี้ใช้ทิศทางของเวกเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ทางบวก จากการวิเคราะห์ PCA พิจารณาร่วมกับค่าคุณลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชแต่ละชนิด สามารถจัดจำแนกพืชได้ 4 กลุ่ม (Figure 3) ดังนี้

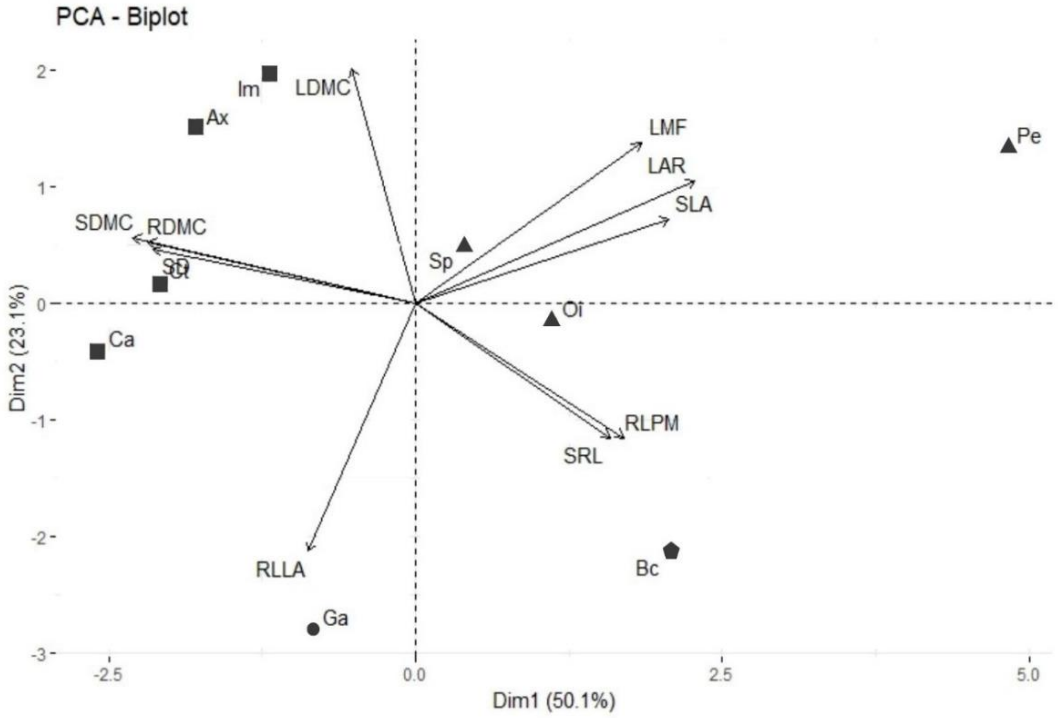


Figure 3 Principal component analysis showing the biplot of loading of 10 functional traits, and 9 tree species. The loading plots for the first axis (explained variation is 50.1%) and second axis (explained variation is 23.1%). The different symbols explained groups of plant with similar functional traits ; *A. xylocarp*a (Ax), *B. ceiba* (Bc), *C. arborea* (Ca), *C. tabularis* (Ct), *G. arborea* (Ga), *I. malayana* (Im), *O. indicum* (Oi), *P. emblica* (Pe) and *S. pinnata* (Sp).

กลุ่มที่ 1 มีลักษณะเชิงหน้าที่ด้านความหนาแน่นของเนื้อเยื่อที่โดดเด่น พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ มะค่าโมง (Ax) ปุย (Ca) ยมหิน (Ct) และกระบก (Im) พืชกลุ่มนี้มีค่าน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของลำต้น (SDMC) และ ความหนาแน่นของลำต้น (SD) สูง แสดงถึงท่อลำเลียงในลำต้นมีผนังหนา ค่าน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของราก (RDMC) แสดงถึงการมีรากขนาดใหญ่และมีรากฝอยจำนวนมาก (Legay *et al*., 2014) เป็นลักษณะที่สามารถบ่งชี้ถึงความทนทานต่อความแห้งแล้ง (Markesteijn, 2010)

กลุ่มที่ 2 มีลักษณะเชิงหน้าที่ด้านใบเด่น พืชในกลุ่มนี้ ได้แก่ มะขามป้อม (Pe) มะกอก (Sp) และ เพกา (Oi) คุณลักษณะเชิงหน้าที่ด้านใบเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำ การศึกษาของ Poorter and Markesteijn (2008) พบว่าค่าสัดส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักพืช (LAR) ที่ต่ำเป็นลักษณะของพืชในป่าผลัดใบ แสดงถึงประสิทธิภาพการลดการคายน้ำ ในทางตรงกันข้ามเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง พืชที่มีค่า LAR สูงมักจะเสี่ยงต่อการตายมากกว่าพืชชนิดอื่น (Greenwood *et al*., 2017) แม้ว่ามะกอกมีพื้นที่ใบมากแต่เนื่องจากมีการผลัดใบจึงสามารถลดการคายน้ำได้เมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำ เป็นกลยุทธ์การหลีกเลี่ยงความแห้งแล้ง (Krishnan *et al*., 2019)

กลุ่มที่ 3 มีลักษณะเชิงหน้าที่ด้านรากที่โดดเด่น พืชในกลุ่มนี้ ได้แก่ งิ้ว (Bc) และ ค่าความยาวรากจำเพาะ(SRL) ที่สูงแสดงถึงการมีรากแก้วยาวและมีเส้นผ่านศูนย์กลางรากขนาดเล็ก ส่งผลต่อพื้นที่ผิวในการดูดซับแร่ธาตุและทำให้พืชมีศักยภาพในการหาสารอาหาร (Withington *et al*., 2006) ไม้ผลัดใบมักมีค่า SRL ที่สูง (Poorter and Markesteijn, 2008)

กลุ่มที่ 4 มีลักษณะเชิงหน้าที่ด้านสัดส่วนความยาวรากต่อพื้นที่ใบ (RLLA) ที่โดดเด่น พืชในกลุ่มนี้ได้แก่ ซ้อ (Ga) ผลการศึกษานี้พบว่าซ้อมีร้อยละการรอดชีวิตต่ำที่สุดเมื่อกล้าไม้อยู่ในสภาพขาดน้ำ ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lopez-Iglesias (2014) ที่รายงานว่ากล้าไม้ที่มีค่า RLLA สูงจะมีระยะเวลารอดชีวิตได้นานภายใต้สภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากพืชที่มีรากลึกจะทำให้สามารถหาแร่ธาตุและน้ำในชั้นดินที่ลึกกว่าในขณะที่ใบมีพื้นที่น้อยทำให้คายน้ำได้น้อย ซึ่งเป็นกลยุทธ์ของความต้านทานความแห้งแล้ง นอกจากนั้นค่า RLLA ยังสามารถบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ได้ ค่า RLLA สูงแสดงถึงพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Mortimer, 1992) ผลการศึกษาที่ไม่สอดคล้องอาจเป็นเพราะซ้อเป็นพืชที่โตเร็ว เมื่ออยู่ในสภาพที่ถูกจำกัดด้วยขนาดของถุงเพาะชำ ทำให้กล้าไม้ไม่สามารถได้ประโยชน์จากลักษณะเชิงหน้าที่นี้ การเป็นพืชโตเร็วแสดงถึงการมีอัตราการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำสูง (Rojas *et al*., 2012) เมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำจะเกิดแรงดึงสูงในท่อลำเลียง ทำให้มีโอกาสเกิดฟองอากาศในไซเล็ม (xylem cavitation) นำไปสู่การอุดตันของท่อลำเลียงและทำให้พืชตายในที่สุด (Poorter and Markesteijn, 2008)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่กับการรอดชีวิต

งานวิจัยนี้ไม่พบความสัมพันธ์ (R^2= 0.02, F = 0.04, p = 0.98) ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่และระยะเวลาที่พืชรอดชีวิตร้อยละ 50 ทำให้ไม่สามารถใช้ลักษณะเชิงหน้าที่ทำนายการรอดชีวิตของพืชในสภาวะขาดน้ำได้ แตกต่างจากการศึกษาของ Martínez-Garza *et al*. (2013) ในประเทศเม็กซิโกที่พบว่าสามารถใช้ความกว้างทรงพุ่มและขนาดของเมล็ดทำนายการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของไม้เบิกนำ และใช้ค่า LDMC และความหนาของใบทำนายการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของ

ไม้เสถียรหลังการฟื้นฟู ทั้งนี้คุณลักษณะการทำงานเชิงหน้าที่อาจมีการทำงานร่วมกันหลายคุณลักษณะ การศึกษาคุณลักษณะเชิงหน้าที่ของกล้าไม้กลุ่มหญ้าจำนวน 10 ชนิด ในสหรัฐอเมริกาพบว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับน้ำมีอัตราการตายของสูงกว่าในชนิดที่มีรากสั้นกว่า และในชนิดที่มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเมล็ด ค่า SLA และความสูงของลำต้น (Harrison and LaForgia, 2019) ในบางกรณีพบความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่กับอัตราการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาไม้ยืนต้นจำนวน 66 ชนิด ในประเทศนิวซีแลนด์พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของพืชมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับ SLA แต่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความหนาแน่นของเนื้อเยื่อรากและลำต้น (Kramer-Walter *et al*., 2016)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองสภาวะแล้ง มะค่าโมงและงิ้วเป็นพืชที่มีระยะเวลาการรอดชีวิตสูงสุด จากการจัดกลุ่มตามลักษณะเชิงหน้าที่ มะค่าโมงจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความโดดเด่นด้านเนื้อเยื่อ มีค่า RDMC สูง ส่วนงิ้วถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความโดดเด่นด้านราก มีค่า RLPM และ SRL สูงที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา (Figure 4)

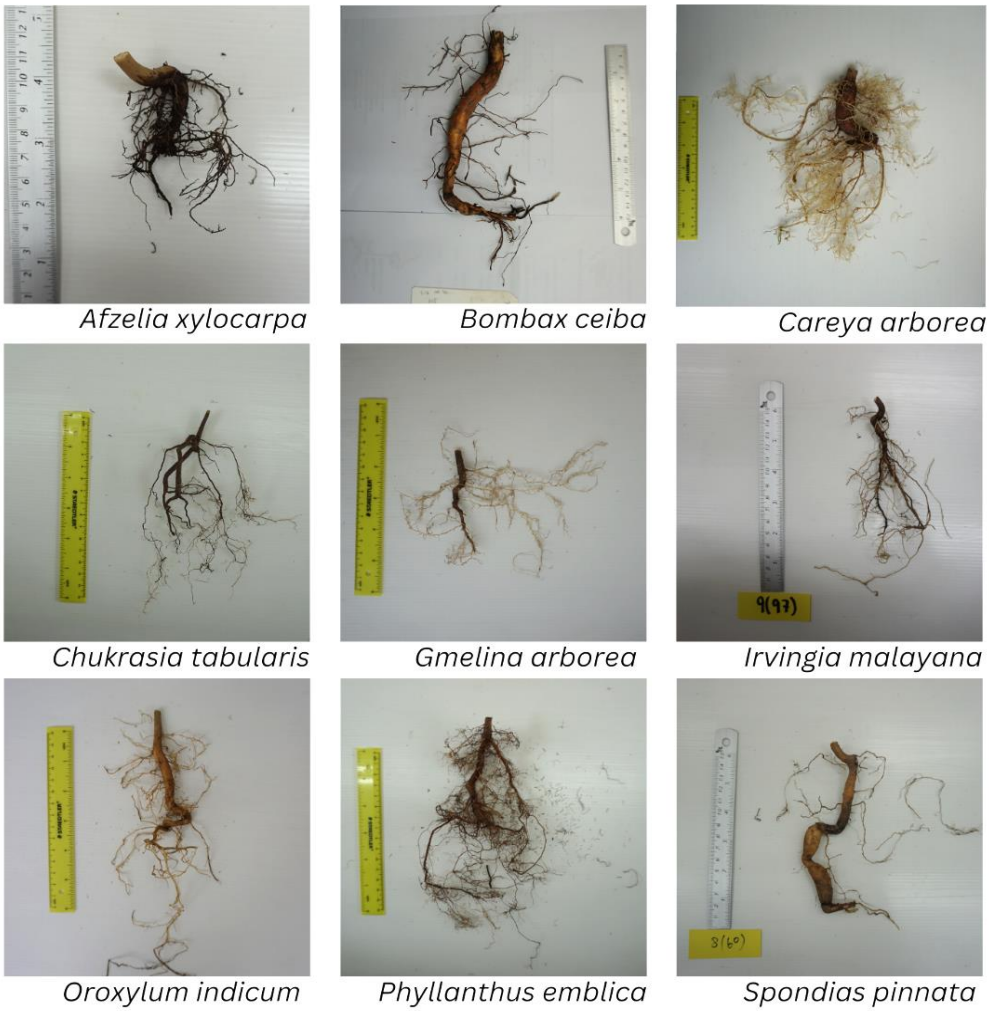


Figure 4 Taproots of nine studied species.

ระยะต้นกล้าเป็นระยะที่พืชมีระบบรากค่อนข้างอ่อนแอ แต่การมีรากแก้วถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยทำให้พืชสามารถอยู่รอดได้ภายใต้สภาวะที่มีความแห้งแล้ง (Poorter and Markesteijn, 2008) ทั้งนี้มะค่าโมงมีรากขนาดใหญ่กว่าชนิดอื่นเมื่อพิจารณาจากค่า RDMC (ANOVA, $F(8, 36) = 21.91$, $p < 0.001$) และงิ้วมีรากแก้วยาวกว่าชนิดอื่นเมื่อพิจารณาจากค่า SRL (ANOVA, $F(8, 36) = 3.25$, $p < 0.001$) (Table S1)

สรุป

ภายใต้สภาวะทดลอง มะค่าโมงและงิ้วเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาพขาดน้ำได้นานที่สุด โดยมะค่าโมงมีการเปลี่ยนแปลงของใบอย่างค่อยเป็นค่อยไป ในขณะที่งิ้วมีการเปลี่ยนแปลงของใบอย่างรวดเร็ว แต่พืชทั้งสองชนิดสามารถรักษาความมีชีวิตของส่วนลำต้นเหนือดินได้เป็นระยะเวลานาน เมื่อพิจารณาชนิดร่วมกับลักษณะเชิงหน้าที่ที่ศึกษา พบว่ามะค่าโมงมีความสัมพันธ์กับ RDMC และงิ้วมีความสัมพันธ์กับ RLPM และ SRL ซึ่งทั้ง 3 ลักษณะบ่งชี้ถึงการมีรากขนาดใหญ่และยาว และมีรากฝอยจำนวนมาก ถือเป็นการลงทุนด้านรากของพืช แม้ว่าพืชชนิดอื่นแสดงลักษณะเชิงหน้าที่ที่มีรายงานถึงสัมพันธ์กับความทนทานต่อความแห้งแล้ง (เช่น LDMC SDMC และ RLLA) แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ได้รับการสนับสนุนจากการศึกษานี้ อาจเนื่องมากจากคุณลักษณะการทำงานเชิงหน้าที่ต้องอาศัยการทำงานของหลายคุณลักษณะร่วมกัน การศึกษานี้ไม่สามารถระบุลักษณะเชิงหน้าที่ที่สามารถนำไปคัดเลือกชนิดที่มีความทนทานต่อสภาวะแล้ง อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านนี้จะสามารถช่วยอธิบายกลยุทธ์การปรับตัวของพืชในระบบนิเวศ นอกจากนี้หากมีการศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตทั้งพืชที่อยู่ในสภาพธรรมชาติและในโรงเรือนที่มีการควบคุมปัจจัยสำคัญต่อการรอดชีวิตของพืช (เช่น อุณหภูมิ คุณภาพของดิน) จะสามารถสนับสนุนงานด้านการฟื้นฟูป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนของการคัดเลือกชนิดให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและเป็นกลุ่มพืชที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ให้ใกล้เคียงกับป่าอ้างอิงในท้ายที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โครงการ “จากเขาหัวโล้นสู่ป่าฟื้นตัว: การเปรียบเทียบรูปแบบการปลูกระดับภูมิทัศน์สำหรับการฟื้นฟูป่าในจังหวัดน่าน” รหัสโครงการ P-17150564 ขอขอบคุณ จุฑาธิป ใจนวล สำหรับการประสานงานในการจัดหากล้าไม้ที่มีคุณภาพจากเรือนเพาะชำในจังหวัดแพร่และจังหวัดน่าน ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านที่ได้เสียสละเวลาพิจารณาบทความพร้อมทั้งให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกแรงกายและแรงใจจากสมาชิกหน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

Adler, P. B., R. Salguero-Gómez, A. Compagnoni, J. S. Hsu, J. Ray-Mukherjee, C. Mbeau-Ache & M. Franco. 2014. Functional traits explain variation in plant life history strategies. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111(2): 740-745.

Alameda, D. & R. Villar. 2012. Linking root traits to plant physiology and growth in Fraxinus angustifolia Vahl. seedlings under soil compaction conditions. **Environmental and Experimental Botany** 79: 49-57.

Birouste, M., E. Zamora-Ledezma, C. Bossard, I. M. Pérez-Ramos & C. Roumet. 2014. Measurement of fine root tissue density: a comparison of three methods reveals the potential of root dry matter content. **Plant and Soil** 374: 299-313.

Charles, L. S. 2018. Plant functional traits and species selection in tropical forest restoration. **Tropical Conservation Science** 11(1): 1-4.

Cornelissen, J. H. C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Díaz, N. Buchmann, N. Gurvich, P. B. Reich, H. D. Steege, H. D. Morgan, M. G. A. Van Der Heijden, J. G. Pausas & H. Poorter. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany** 51(4): 335-380.

Eavis, B. & H. Taylor. 1979. Transpiration of Soybeans as Related to Leaf Area, Root Length, and Soil Water Content 1. **Agronomy Journal** 71(3): 441-445.

Elliott, S. 2008. **Establishing test plots for adaptation of the framework species method of forest restoration for biodiversity recovery in deciduous forest ecosystems**. BRT_R 348006. Available source:https://www.forru.org/projects/restoring-deciduous-forest-adapting-framework-species-method (Accessed: February 11, 2023)

Elliott, S. D., D. Blakesley & K. Hardwick. 2013. **Restoring Tropical Forests: a Practical Guide**. Royal Botanic Gardens, Kew, England.

Engelbrecht, B. M., M. T. Tyree & T.A. Kursar. 2007. Visual assessment of wilting as a measure of leaf water potential and seedling drought survival. **Journal of Tropical Ecology** 23(4): 497-500.

Forest Restoration Research Unit.2005. **How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests**. Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand, 200 pp.

Greenwood, S., P. Ruiz-Benito, J. Martínez-Vilalta, F. Lloret, T. Kitzberger, C. D. Allen, R. Fensham, D. C. Laughlin, J. Kattge, G. Bönisch, N. J. B. Kraft & A. S. Jump. 2017. Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area. **Ecology Letters** 20(4): 539-553.

Hacke, U. G., J. S. Sperry, W. T. Pockman, S. D. Davis & K. A. McCulloh. 2001. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia** 126: 457-461.

Harrisona, S. & M. LaForgia. 2019. Seedling traits predict drought-induced mortality linked to diversity loss. **PNAS** 116(12): 5576-5581.

Hodgson J. G., G. Montserrat-Martí, M. Charles, G. Jones, P. Wilson, B. Shipley, M. Sharafi, B. E. L. Cerabolini, J. H. C. Cornelissen, S. R. Band, A. Bogard, P. Castro-Díez, J. Guerrero-Campo, C. Palmer, M. C. Pérez-Rontomé, G. Carter, A. Hynd, A. Romo-Díez, L. Torres Espuny & F. Royo Pla. 2011. Is leaf dry matter content a better predictor of soil fertility than specific leaf area? **Annals of Botany** 108(7): 1337-1345.

Hulme, M. & D. Viner. 1998. A Climate Change Scenario for the Tropics**. Climatic Change** 39: 145-176.

Khan, A., F. Shen, L. Yang, W. Xing & B. Clothier. 2022. Limited Acclimation in Leaf Morphology and Anatomy to Experimental Drought in Temperate Forest Species. **Biology** 11(8): 1186.

Koch, A. & J. O. Kaplan. 2022. Tropical forest restoration under future climate change. **Nature Climate Change** 12(3): 279-283.

Kramer‐Walter, K. R., P. J. Bellingham, T. Millar, R. D. Smissen, S. J. Richardson & D. C. Laughlin. 2016. Root traits are multidimensional: specific root length is independent from root tissue density and the plant economic spectrum. **Journal of Ecology** 104(5): 1299-1310.

Krishnan, L., D. Barua & M. Sankaran. 2019. Dry-forest tree species with large seeds and low stem specific density show greater survival under drought. **Journal of Tropical Ecology** 35(1): 26-33.

Kassambara, A. & F. Mundt. 2020. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7., Available source: https://CRAN.R-project.org/package=factoextra (Accessed: February 3, 2023)

Laliberté, E. 2017. Below‐ground frontiers in trait‐based plant ecology. **New Phytologist** 213(4): 1597-1603.

Le, S., J. Josse & F. Husson. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. **Journal of Statistical Software** 25(1): 1-18.

Legay, N., C. Baxendale, K. Grigulis, U. Krainer, E. Kastl, M. Schloter, R. D. Bardgett, C. Arnoldi, M. Bahn, M. Dumont, F. Poly, T. Pommier, C. J. Clement & S. Lavorel. 2014. Contribution of above-and below-ground plant traits to the structure and function of grassland soil microbial communities. **Annals of Botany** 114(5): 1011-1021.

Lopez-Iglesias, B., R. Villar. & L. Poorter. 2014. Functional traits predict drought performance and distribution of Mediterranean woody species. **Acta Oecologica** 56: 10-18.

Lusk, C. H. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. **Oecologia** 132(2): 188-196.

Markesteijn, L. 2010. **Drought tolerance of tropical tree species: functional traits, trade-offs and species distribution**: Wageningen University and Research. Netherlands.

Martínez-Garza, C., F. Bongers & L. Poorter.2013 Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures? **Forest Ecology and Management** 303: 35-45.

Mortimer, S. R. 1992. Root length/leaf area ratios of chalk grassland perennials and their importance for competitive interactions. **Journal of Vegetation Science** 3(5): 665-673.

Navarro-Cano, J. A., M. Goberna & M. Verdú. 2019. Using plant functional distances to select species for restoration of mining sites. **Journal of Applied Ecology** 56(10): 2353-2362.

Olmo, M., B. Lopez-Iglesias & R. Villar. 2014. Drought changes the structure and elemental composition of very fine roots in seedlings of ten woody tree species. Implications for a drier climate. **Plant and Soil** 384: 113-129.

Poorter, H., K. J. Niklas, P. B. Reich, J. Oleksyn, P. Poot & L. Mommer. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist** 193(1): 30-50.

Poorter, L. & L. Markesteijn. 2008. Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. **Biotropica** 40(3): 321-331.

Quintero-Vallejo, E., M. Pena-Claros, F. Bongers, M. Toledo & L. Poorter. 2015. Effects of Amazonian Dark Earths on growth and leaf nutrient balance of tropical tree seedlings. **Plant and Soil** 396: 241-255.

R Core Team. 2021. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Available source: http://www.R-project.org/ (Accessed: February 3, 2023).

Shannon, D., S. Chairuangsri, P. Wangpakapattawong, A. Inta, P. Tiansawat & P. Kaewmanee. 2020. **From a bare mountain to a regenerated forest: comparing landscape planting design for forest restoration in Nan province**. National Science and Technology Development Agency. (in Thai)

Stanturf, J. A., P. Kant, J.-P. B. Lillesø, S. Mansourian, M. Kleine, L. Graudal & P. Madsen. 2015. **Forest landscape restoration as a key component of climate change mitigation and adaptation** (Vol. 34): International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Vienna, Austria.

Toledo‐Aceves, T., M. Bonilla‐Moheno, V. J. Sosa, F. López‐Barrera & G. Williams‐Linera. 2022. Leaf functional traits predict shade tolerant tree performance in cloud forest restoration plantings. **Journal of Applied Ecology** 59(9): 2274-2286.

Therneau, T. 2021. **A Package for Survival Analysis in R**. R package version 3.2-13, Available source: https://CRAN.R-project.org/package=survival (Accessed: February 3, 2023)

Therneau, T. & M. Grambsch. 2000. **Modeling Survival Data: Extending the Cox Model**. Springer, New York. 364 pp.

Tyree, M. T., B. M. J. Engelbrecht, G. Vargas & T. A. Kursar. 2003. Desiccation Tolerance of Five Tropical Seedlings in Panama. Relationship to a Field Assessment of Drought Performance. **Plant Physiology** 132(3): 1439-1447.

Violle, C., M. L. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel & E. Garnier. 2007. Let the concept of trait be functional!**.** **Oikos** 116(5): 882-892.

Withington, J. M., P. B. Reich, J. Oleksyn & D. M. Eissenstat. 2006. Comparisons of structure and life span in roots and leaves among temperate trees. **Ecological monographs** 76(3): 381-397.

Zhang, L., D. Ma, J. Xu, J. Quan, H. Dang, Y. Chai, X. Liu, Y. Guo, M. Yue. 2017. Economic trade-offs of hydrophytes and neighbouring terrestrial herbaceous plants based on plant functional traits. **Basic and Applied Ecology** 22: 11-19.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้แบบจำลองแมกซ์เซนประเมินศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในธรรมชาติพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ติณณ์ วงรินยอง[1] มณฑล นอแสงศรี[2] อิสรีย์ ฮาวปินใจ[3] กันตพงศ์ เครือมา[4] และ ต่อลาภ คำโย[*4]

รับต้นฉบับ: 6 กุมภาพันธ์ 2566 ฉบับแก้ไข: 21 มีนาคม 2566 รับลงพิมพ์: 28 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

สักนับเป็นพรรณไม้มีค่าทางเศรษฐกิจที่มีถิ่นการกระจายตามธรรมชาติค่อนข้างจำกัด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของไม้สักในธรรมชาติพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการระบุปัจจัยแวดล้อมด้านชีวภูมิอากาศและลักษณะเชิงพื้นที่ ที่มีผลต่อการกระจายของไม้สักในธรรมชาติ โดยนำพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่สำรวจพบไม้สักที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 700 เมตร จำนวน 20 จุดสำรวจ มาใช้ในการวิเคราะห์ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองแมกซ์เซน

ผลการศึกษาการทดสอบแบบจำลอง พบค่า พื้นที่ใต้โค้ง มีค่าเท่ากับ 0.917 มีความสามารถในการทำนายที่ดีเยี่ยม โดยปัจจัยแวดล้อมที่เป็นตัวกำหนดการกระจายของไม้สัก คือ ความลาดชัน ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง และปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยสูงสุด พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่อยู่ระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด ความเหมาะสมต่ำ ความเหมาะสมปานกลาง และความเหมาะสมสูง คิดเป็นร้อยละ 62.12, 19.80, 9.59 และ 8.49 ตามลำดับ สำหรับระดับความเหมาะสมสูงพบที่อำเภอปางมะผ้า อำเภอปาย อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และอำเภอขุนยวม ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการปลูกฟื้นฟูไม้สักในพื้นที่เหมาะสมสูงตามธรรมชาติเพื่อเพิ่มเติมประชากรไม้สัก รวมไปจนถึงการวางแผนการป้องกันพื้นที่ที่มีไม้สักได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลองแมกซ์เซน, ถิ่นอาศัย, ไม้สัก, จังหวัดแม่ฮ่องสอน

[1]สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

[2]สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

[4]สาขาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: Email: torlarp66@yahoo.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 111-124 (2566)

ORIGINAL ARTICLE

Using the Maximum Entropy Modeling to Assess the Habitat Suitability of Natural Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in Mae Hong Son Province

Tin Wongrinyong[1] Monthon Norsaengsri[2] Itsaree Howpinjai[3] Kunthaphong Krueama[4] and Torlarp Kamyo[*4]

Received: 6 February 2023 Revised: 21 March 2023 Accepted: 28 March 2023

Abstract

Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) is the most valuable commercial woods which had low distributed in the nature. The objective of this research aimed to assess habitat suitability of natural Teak in Mae Hong Son province based on some bioclimate and physical environmental factors related to its distribution higher than 700 m asl. The GPS coordinates of the 20 sites where Teak is presented were used for suitability analysis based on Maximum Entropy Modeling (MaxEnt).

The results showed that the area under the curve (AUC) of natural Teak was 0.917. Indicating MaxEnt result is high effective for predicting the suitable habitat. Environmental factors that determined the natural Teak distribution were slope, highest monthly precipitation in the driest month, and the highest annual mean precipitation. As a result, the suitability habitat of Teak can be divided as Least suitable, Low suitable, Medium suitable and High suitable at 62.12, 19.80, 9.59 and 8.49 %, respectively. High habitat suitability was found in Pang Mapha District, Pai District, Mueang District and Khun Yuam District.This finding can be applied in the Teak restoration management plan in these areas to increase the teak population in nature, in addition, the protected plan also can be promoted with high capacity management.

Keyword: Maximum Entropy Modeling, Habitat Suitability, Teak (*Tectona grandis* Linn.f.), Mae Hong Son province

[1] Department of Forest Management, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[2] Department of Applied Biology, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[3] Department of Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

[4] Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus. Phrae 54140

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

คำนำ

ไม้สักถือได้ว่าเป็นไม้ที่เป็นสัญลักษณ์ของประเทศไทยที่มีการนำมาใช้เป็นสินค้าออกอันดับต้น ๆ ของประเทศและในอดีตมีการทำไม้สักเป็นอันดับต้น ๆ ของโลกก็ว่าได้ (Moonsan, 1992) ซึ่งโดยปกติไม้สักสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบซึ่งเป็นพื้นที่ป่าส่วนใหญ่ในภาคเหนือแต่ก็ไม่ได้มีรายงานของสักที่ขึ้นในพื้นที่สูงเกินกว่า 750 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่จากการสำรวจป่าสักนวมินทรราชินีในจังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า เป็นไม้สักที่เป็นแหล่งไม้สักที่สำคัญแล้วยังพบไม้สักที่สามารถขึ้นได้ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางถึง 1,236 เมตร จากที่เคยมีการบันทึกไว้ว่าไม้สักในธรรมชาติจะกระจายพันธุ์อยู่ไม่เกินระดับความสูง 750 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Royal Forest Department, 2013) แต่ในปัจจุบันได้มีการบุกรุกตัดไม้ทำลายป่าเป็นจำนวนมากเพื่อทำธุรกิจโดยไม่คำนึงถึงความยั่งยืนในการใช้ไม้สัก ทำให้ไม้ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีเหลืออยู่จำนวนน้อยและขนาดไม้ยังไม่ได้ขนาดที่ต้องการ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการการใช้ไม้สักได้ และการปลูกไม้สักในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมก็มีส่วนทำให้ไม้สักที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มประสิทธิภาพ ทำให้การศึกษาการกระจายของไม้สักในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนจึงมีความจำเป็นที่ต้องเร่งดำเนินการเพื่อที่จะได้ทำการส่งเสริมการปลูกไม้สักในพื้นที่สูงได้ตามศักยภาพที่เหมาะสม

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงปัญหาการใช้พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการปลูกไม้สัก ซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญ รวมทั้งไม้สักที่ทำการวิจัยครั้งนี้เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ และเป็นไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบ ซึ่งพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีสภาพภูมิประเทศเป็นป่าผสมผลัดใบในพื้นที่สูง และเป็นพื้นที่ที่มีไม้สักคุณภาพดีขึ้นอยู่ได้ทั่วไปตามธรรมชาติ ขณะที่การใช้โปรแกรม Maximum Entropy Modeling (Maxent) สามารถช่วยในการตรวจสอบถิ่นอาศัยที่มีความเหมาะสมต่อการตั้งตัวของไม้สัก ผลที่ได้จากการศึกษาจะช่วยทำให้ทราบถึงถิ่นการกระจายของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการอนุรักษ์ไม้สักในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการทราบถึงถิ่นการกระจายพื้นที่เหมาะสมของไม้สักบนพื้นที่สูง และสามารถสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ กับการปรากฏของไม้สักในพื้นที่สูงด้วยการใช้โปรแกรม Maxent จำแนกศักยภาพความเหมาะสม ของการปรากฏของไม้สักตามธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งผลที่ได้จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อประชาชนในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนและจังหวัดใกล้เคียง เพื่อการส่งเสริมการปลูกไม้สักบนพื้นที่สูงในการส่งเสริมทางเศรษฐกิจ รวมถึงใช้ในการกำหนดมาตราการอนุรักษ์ไม้สักในธรรมชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่โครงการอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมไม้สัก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ฯ โดยสำรวจป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณบริเวณป่าสักนวมินทรราชินี พร้อมทั้งทำการจับพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องมือ

Garmin GPS (Jaryan *et al.*, 2013) ที่พบไม้สักธรรมชาติขึ้นกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้าง ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลุ่มน้ำปาย พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ปายฝั่งซ้าย และไม้สักธรรมชาติที่พบขึ้นอยู่ตลอดแนวสองฝั่งของลำน้ำของ และทางฝั่งขวาของลำน้ำปาย พื้นที่สำรวจประมาณ 497.20 ตารางกิโลเมตร (Land Development Department, 2019) และพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประมาณ 12,780.58 ตารางกิโลเมตร

2. การสร้างแบบจำลอง

นำพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่สำรวจพบไม้สักโซนป่าสักนวมินทรราชินี จำนวน 20 จุดสำรวจ บันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ "CSV" สำหรับใช้เป็นไฟล์นำเข้าสำหรับโปรแกรม MaxEnt Version 3.4.1 เพื่อสร้างแบบจำลอง ร่วมกับข้อมูลปัจจัยแวดล้อม โดยข้อมูลสำหรับพารามิเตอร์ทางชีวภูมิอากาศ จำนวน 19 รายการ จากข้อมูล Worldclim (http://www.worldclim.org) ตัวแปรทางชีวภาพเหล่านี้ แสดงถึงแนวโน้มและฤดูกาลประจำปีในปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ตลอดจนปัจจัยที่จำกัดแสดงช่วงสูงที่สุดหรือต่ำที่สุด (Table 1) ข้อมูลชีวภูมิอากาศสามารถใช้ได้อย่างอิสระและมีความละเอียด 30 อาร์ควินาที ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองได้ (Hijmans *et al.*, 2005) ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองได้มีการตรวจสอบความสัมพันธ์ด้วยการทำ Correlation (Dormann *et al.*, 2007) โดยใช้โปรแกรม R Version 3.4.1 ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ > 0.90 ถูกเลือกเป็นปัจจัยชีวภูมิอากาศ จำนวน 15 รายการ (Table 2) พารามิเตอร์ทางนิเวศวิทยาที่สำคัญอีกอย่างคือลักษณะเชิงพื้นที่ที่เป็นปัจจัยแวดล้อมจำกัด เช่น ทิศด้านลาด ความลาดชัน และระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (Kamyo and Asanok, 2020) ถูกเลือกเป็นตัวแปรนำเข้าสำหรับแบบจำลอง จำนวน 3 รายการ เป็นข้อมูลรูปแบบ Digital Elevation Model (DEM) จากข้อมูล Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (http://www.srtm.usgs.gov/index.php) โดยข้อมูลปัจจัยชีวภูมิอากาศและลักษณะเชิงพื้นที่ถูกสร้างอยู่ในรูปแบบ "GRID" ข้อมูลเชิงพื้นที่ (raster data) มีขนาดกริด เท่ากับ 1 × 1 กิโลเมตร จากนั้นจะถูกแปลงเป็นรูปแบบ "ASCII" โดยใช้โปรแกรม ARCGIS ESRI Version 10.6 (Scheldeman and Zonneveld, 2010) เพื่อสร้างข้อมูลที่เข้ากันวิเคราะห์ร่วมกันได้กับโปรแกรม MaxEnt

3. การวิเคราะห์แบบจำลอง

ใช้โปรแกรม MaxEnt เพื่อสร้างแบบจำลองทางระบบนิเวศ สามารถประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ค่า Omission-commission rate (Phillips and Dudk, 2008) ซึ่งค่า Omission-commission rate ถูกคำนวณจากทั้งชุดข้อมูลภาคสนามและการทดสอบ (Anderson *et al.*, 2003)

การวิเคราะห์เส้นโค้งลักษณะการทำงานของตัวรับสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับเกณฑ์ประสิทธิภาพของ ROC (Receiver operating characteristic curve) แสดงโดยพื้นที่ใต้เส้นโค้ง AUC (Area under the curve) เมื่อเส้นโค้ง ROC คือ พล็อตของการตอบสนองของแบบจำลอง (เศษส่วนที่เป็นบวกจริง) กล่าวคือ ไม่มี

ข้อผิดพลาดในการละเว้นและสัดส่วนของการขาดที่คาดการณ์ไว้ไม่ถูกต้อง (1-ความจำเพาะ) หรือเศษส่วนที่เป็นเท็จ เช่น ข้อผิดพลาดค่าคอมมิชชัน ความจำเพาะถูกกำหนดโดยใช้พื้นที่คาดการณ์ แทนที่จะเป็นค่าคอมมิชชันที่แท้จริง ค่า AUC เป็น 0.50 บ่งชี้ว่า แบบจำลองนั้นใกล้เคียงกับการสุ่มและเป็นตัวทำนายที่ไม่ดี ในขณะที่ค่า 1 แสดงถึงความแม่นยำของแบบจำลองที่ดีที่สุด (Swets, 1988) ผลลัพธ์ของแบบจำลองควรได้รับการประเมินอย่างเข้มงวดสำหรับการตัดสินใจเลือก Suitability โดยใช้พื้นที่ใต้เส้นโค้ง AUC ซึ่งค่าแบบจำลองที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 โดยสร้างตัวแปรทำนายแต่ละตัวด้วยวิธี Jacknife เพื่อเน้นอิทธิพลสัมพัทธ์ของตัวแปรแต่ละตัว (Fielding and Bell., 2007; Khanum *et al.*, 2013; Swanti *et al.*, 2018)

Table 1 The 19 bioclimatic variables for used in MaxEnt modeling.

Variable code	Parameter	Unit
BIO1*	Mean annual temperature	^{o}C
BIO2	Mean diurnal range (the mean monthly difference between maximum and minimum temperature)	^{o}C
BIO3	Isothermality ((BIO2/BIO7) × 100)	^{o}C
BIO4	Temperature seasonality (standard deviation × 100)	^{o}C
BIO5*	Maximum temperature in the warmest month	^{o}C
BIO6*	Minimum temperature in the coldest month	^{o}C
BIO7	Annual temperature range (BIO5-BIO6)	^{o}C
BIO8*	Mean temperature of the wettest quarter	^{o}C
BIO9*	Mean temperature of the driest quarter	^{o}C
BIO10*	Mean temperature of the warmest quarter	^{o}C
BIO11*	Mean temperature of the coldest quarter	^{o}C
BIO12*	Annual precipitation	mm
BIO13*	Precipitation in the wettest month	mm
BIO14*	Precipitation in the driest month	mm
BIO15*	Precipitation seasonality (coefficient of variation)	mm
BIO16*	Precipitation in the wettest quarter	mm
BIO17*	Precipitation in the driest quarter	mm
BIO18*	Precipitation in the warmest quarter	mm
BIO19*	Precipitation in the coldest quarter	mm

Asterisks (*) indicate variables used as model input.

Table 2 Correlations between bioclimatic variables.

	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO14	BIO15	BIO16	BIO17	BIO18	BIO19
BIO1	1	-0.55	NA	0.75	1	1	-0.27	0.99*	1	1	1	0.52	0.83	-0.92	0.93*	0.70	-0.90	0.78	-0.90
BIO2		1	NA	-0.21	-0.52	-0.55	0.74	-0.53	-0.55	-0.52	-0.54	-0.11	-0.33	0.34	-0.38	-0.22	0.28	-0.30	0.50
BIO3			1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BIO4				1	0.75	0.74	0.09	0.75	0.74	0.76	0.74	0.49	0.68	-0.72	0.66	0.6	-0.71	0.65	-0.50
BIO5					1	1	-0.25	1	1	1	1	0.53	0.84	-0.93	0.94*	0.71	-0.90	0.79	-0.89
BIO6						1	-0.30	1	1	1	1	0.54	0.84	-0.92	0.94*	0.72	-0.90	0.79	-0.90
BIO7							1	-0.27	-0.27	-0.23	-0.26	-0.28	-0.30	0.20	-0.28	-0.28	0.10	-0.32	0.36
BIO8								1	0.99*	0.99*	0.99*	0.59	0.88	-0.91	0.94*	0.76	-0.88	0.83	-0.90
BIO9									1	1	1	0.51	0.83	-0.93	0.93*	0.7	-0.91	0.77	-0.90
BIO10										1	1	0.53	0.83	-0.92	0.94*	0.7	-0.90	0.78	-0.89
BIO11											1	0.52	0.83	-0.93	0.94*	0.71	-0.91	0.78	-0.90
BIO12												1	0.90*	-0.55	0.62	0.95*	-0.43	0.94*	-0.48
BIO13													1	-0.82	0.87	0.97*	-0.74	0.99*	-0.78
BIO14														1	-0.92	-0.75	0.98*	-0.77	0.90*
BIO15															1	0.78	-0.90	0.82	-0.90
BIO16																1	-0.65	0.98*	-0.70
BIO17																	1	-0.67	0.86
BIO18																		1	-0.71
BIO19																			1

ในการศึกษานี้ได้พิจารณาประสิทธิภาพของโมเดล โดยกำหนดค่าร้อยละที่ใช้ทดสอบโดยการสุ่ม (Random test percentage) ที่ร้อยละ 15 ส่วนค่าอื่น ๆ กำหนดตามค่า default ของโปรแกรม นอกจากนี้ใช้ Omission-commission rate ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากการพื้นที่คาดการณ์ (Phillips and Dudk, 2008) ความเหมาะสมถิ่นที่อยู่ของไม้สักธรรมชาติจังหวัดแม่ฮ่องสอนคาดการณ์ไว้ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท (IPCC, 2007) คือ 1) ความเหมาะสมน้อยที่สุด (0-0.2) 2) ความเหมาะสมต่ำ (>0.2-0.4) 3) ความเหมาะสมปานกลาง (>0.4-0.6) และ 4) ความเหมาะสมสูง (>0.6-1) การใช้เกณฑ์โลจิสติกส์ ทดสอบแบบเปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 (Kamyo and Asanok, 2020) เกณฑ์นี้ใช้ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้งหมดที่ดำเนินการ เพื่อจัดประเภทผลลัพธ์แบบจำลองเฉลี่ยใหม่ โดยให้คะแนนความเหมาะสมของถิ่นที่อยู่สิ่งมีชีวิตในระดับ 0 (พื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่ำสุด) ถึง 1 (พื้นที่ที่มีความเหมาะสมสูงสุด) เพื่อสร้างการกระจายเชิงพื้นที่ของไม้สักในโปรแกรม ARCGIS เพื่อให้ตรงกับค่าขีดจำกัดในโปรแกรม ARCGIS แสดงออกมาเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลเขตการปกครองของจังหวัดแม่ฮ่องสอน

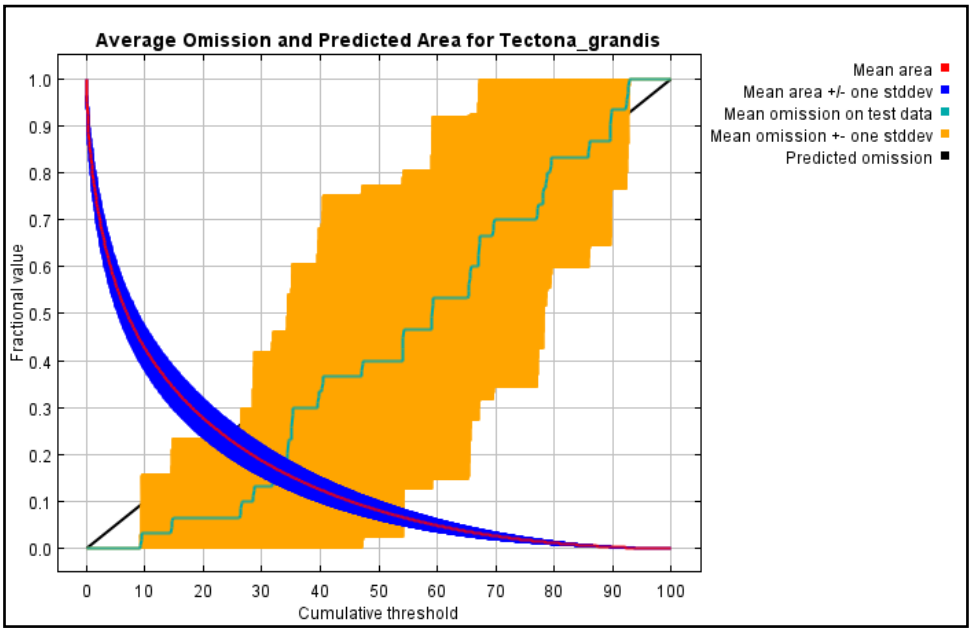
ผลและวิจารณ์

1. ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ประสิทธิภาพแบบจำลองทางระบบนิเวศสามารถประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ค่า Omission-commission rate (Figure 1A) โดยแสดงเส้นสีแดง คือ พื้นที่เฉลี่ย เส้นสีดำ คือ อัตราการละเว้นที่คาดการณ์ไว้ และเส้นสีฟ้าอ่อน คือ Omission-commission rate ของตัวอย่างโมเดล (Figure 1A) สำหรับการวิเคราะห์เส้นโค้งลักษณะการทำงานของตัวรับสัญญาณที่ไม่ขึ้นกับเกณฑ์ประสิทธิภาพของ ROC แสดงโดยพื้นที่ใต้เส้นโค้ง AUC (Figure 1B) เมื่อเส้นโค้ง ROC คือพล็อตของการตอบสนองของแบบจำลอง (เศษส่วนที่เป็นบวกจริง) กล่าวคือ ไม่มีข้อผิดพลาดในการละเว้นและสัดส่วนของการขาดที่คาดการณ์ไว้ไม่ถูกต้อง (1-ความจำเพาะ) หรือเศษส่วนที่เป็นเท็จ เช่น ข้อผิดพลาดค่าคอมมิชชัน ความจำเพาะถูกกำหนดโดยใช้พื้นที่คาดการณ์ แทนที่จะเป็นค่าคอมมิชชันที่แท้จริง ค่า AUC เป็น 0.50 บ่งชี้ว่า แบบจำลองนั้นใกล้เคียงกับการสุ่มและเป็นตัวทำนายที่ไม่ดี ในขณะที่ค่า 1 แสดงถึงความแม่นยำของแบบจำลองที่ดีที่สุด ผลลัพธ์ของแบบจำลองควรได้รับการประเมินอย่างเข้มงวด เนื่องจากนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตนั้น ครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างกว่าช่วงทางภูมิศาสตร์ของสิ่งมีชีวิตและไม่ใช่พื้นที่ที่เหมาะสมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ ดังนั้นแนะนำให้ใช้จำนวนข้อมูลสูงสุดที่มีอยู่สำหรับการกระจายและตัวแปรที่เชื่อมโยงโดยตรงกับการกระจายพันธุ์ในบริบทนี้มีการสำรวจพื้นที่สำหรับการปรากฏของไม้สักธรรมชาติในพื้นที่

เมื่อค่า AUC < 0.5 บ่งชี้ว่าแบบจำลองใกล้เคียงกับการสุ่มและมีความสามารถในการทำนายไม่ดี ในขณะที่ค่า AUC 1 หมายถึง การทำนายที่สมบูรณ์แบบพบค่า AUC ของไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีค่าเท่ากับ 0.917 สำหรับชุดข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการทำนายที่ดีเยี่ยม (Figure 1B)

(A)



(B)

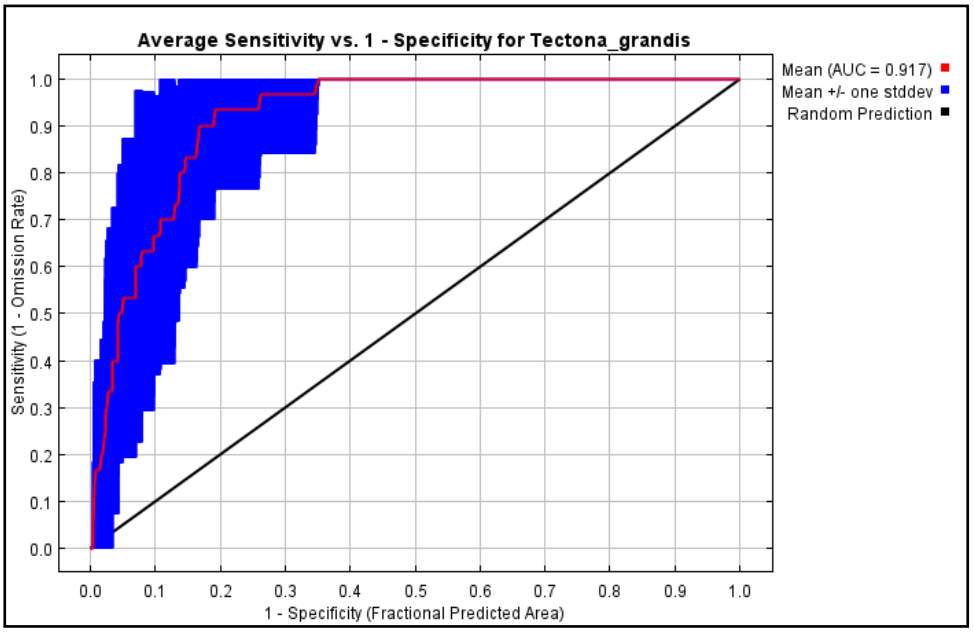


Figure 1 (A) Omission rates versus predicted area (B) Results of area under the receiver operating characteristics curve (ROC - AUC) analyses for a MaxEnt model of habitat suitability for natural Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in Mae Hong Son province

2. ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อม

ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมปัจจัยชีวภูมิอากาศและลักษณะเชิงพื้นที่ แสดงเป็นแบบจำลองแผนภาพดัง Figure 2 โดยตัวแปรที่แสดงให้เห็นถึงความสำคัญมากจากแบบจำลองอยู่ที่ร้อยละ 20 คือปัจจัยความลาดชัน ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด ปัจจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความลาดชันและปริมาณน้ำฝนมีบทบาทสำคัญในการกระจายและการแพร่กระจายของไม้สัก

ธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยเฉพาะสภาพไม้สักที่สามารถขึ้นได้ในพื้นที่สูงกว่าจากระดับน้ำทะเลปานกลางถึง 1,236 เมตร โดยแตกต่างจากไม้สักธรรมชาติพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ยม จังหวัดแพร่ (Kamyo *et al*., 2021) ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อยกว่า 700 เมตร พบสภาพการกระจายที่มีความลาดชันและปริมาณน้ำฝนค่อนข้างน้อย

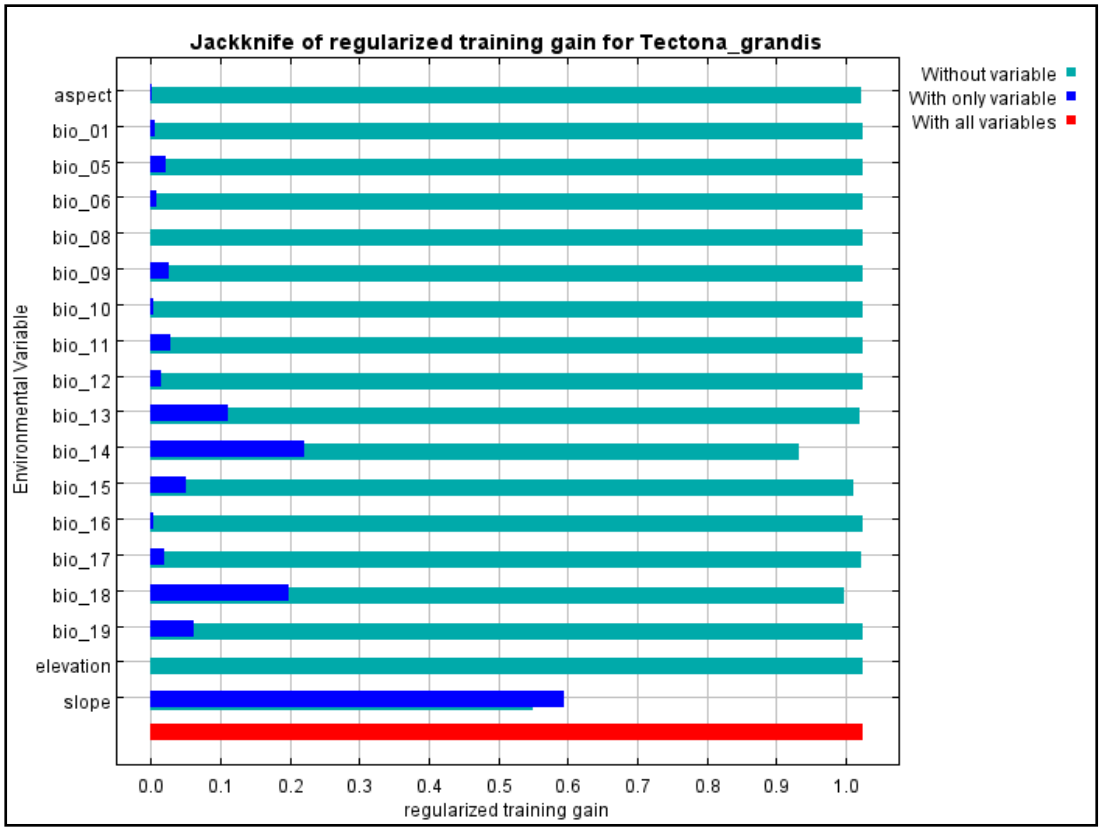


Figure 2 Relative predictive power of different environmental variables based on the jackknife of regularized training gain in MaxEnt models for natural Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in Mae Hong Son province.

3. พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การใช้โปรแกรม MaxEnt สร้างข้อมูล Raster แบบต่อเนื่องที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งแสดงความเหมาะสมของแหล่งที่อยู่อาศัยต่ำสุดถึงสูงสุดตามลำดับ (Yackulic *et al*., 2013; Xu *et al*., 2020) ไม่มีกฎในการกำหนดเกณฑ์เพื่อแบ่งที่เหมาะสมจากที่อยู่อาศัยที่ไม่เหมาะสม แต่การกำหนดเกณฑ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้และแตกต่างกันไประหว่างชนิด และโปรแกรม MaxEnt จัดเตรียมค่าขีดจำกัดตามมาตรการทางสถิติที่หลากหลายในไฟล์ MaxentResults.csv วิธีการกำหนดเกณฑ์ที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ การใช้เกณฑ์โลจิสติกส์ สำหรับสถานะของข้อมูลขั้นต่ำ เกณฑ์โลจิสติกส์ทดสอบเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10 และความอ่อนไหวในการทดสอบที่เท่าเทียมกัน (Phillips *et al*., 2006) โดยเลือกเกณฑ์โลจิสติกส์ทดสอบแบบเปอร์เซ็นไทล์ที่ 10 (Kamyo and Asanok, 2020) เกณฑ์นี้ถูกนำไปใช้โดยใช้ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้งหมดที่ดำเนินการ เพื่อจัด

ประเภทผลลัพธ์แบบจำลองเฉลี่ยใหม่ เพื่อให้ตรงกับค่าขีดจำกัดในโปรแกรม ARCGIS สำหรับการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน

พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนทั้งหมด แบ่งออกเป็น 4 ประเภท (Table 3; Figure 3) พบส่วนใหญ่ในระดับ (1) ความเหมาะสมน้อยที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 7,939.78 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 62.12 ของพื้นที่ทั้งหมด พบในทุกอำเภอของจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยอำเภอสบเมยพบระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 98.64 ตามด้วย (2) ความเหมาะสมต่ำ มีพื้นที่ 2,530.00 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 19.80 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอปาย อำเภอปางมะผ้า และอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน คิดเป็นร้อยละ 43.80, 41.69 และ 34.24 ตามลำดับ (3) ความเหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 1,225.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.59 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอปางมะผ้า อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และอำเภอปาย คิดเป็นร้อยละ 27.73, 19.68 และ 18.17 ตามลำดับ และ (4) ความเหมาะสมสูง มีพื้นที่เท่ากับ 1,085.18 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.49 ของพื้นที่ทั้งหมด พบมากในอำเภอ ได้แก่ อำเภอปางมะผ้า อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และอำเภอปาย คิดเป็นร้อยละ 24.28, 24.14 และ 10.95 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถิ่นที่ขึ้นของไม้สักธรรมชาติโซนป่าสักนวมินทรราชินี ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เขตการปกครองในระดับอำเภอระดับความเหมาะสมสูงอยู่ในเขตอำเภอปางมะผ้า อำเภอปาย อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นพื้นที่ทางตอนบนของจังหวัด อันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกันทำให้เหมาะสมต่อการปรากฏของไม้สัก (Royal Forest Department, 2013)

Table 3 Predicted potential distribution areas for natural Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in Mae Hong Son province

District	Least suitable Km^2 (%)	Low suitable Km^2 (%)	Medium suitable Km^2 (%)	High suitable Km^2 (%)
Muang Mae Hong Son	508.83 (21.94)	793.86 (34.24)	456.37 (19.68)	559.79 (24.14)
Khun Yuam	1,504.30 (92.85)	99.93 (6.17)	15.94 (0.98)	0
Pai	622.59 (27.08)	1,007.12 (43.80)	417.88 (18.17)	251.72 (10.95)
Mae Sariang	2,483.92 (94.24)	121.66 (4.62)	23.82 (0.90)	6.42 (0.24)
Mae La Noi	1,331.63 (97.19)	33.90 (2.47)	4.58 (0.33)	0
Sop Moei	1,419.25 (98.64))	16.02 (1.11)	3.56 (0.25)	0
Pang Mapha	69.27 (6.31)	457.51 (41.69)	304.28 (27.73)	266.43 (24.28)
Overall	**7,939.78 (62.12)**	**2,530.00 (19.80)**	**1,225.62 (9.59)**	**1,085.18 (8.49)**

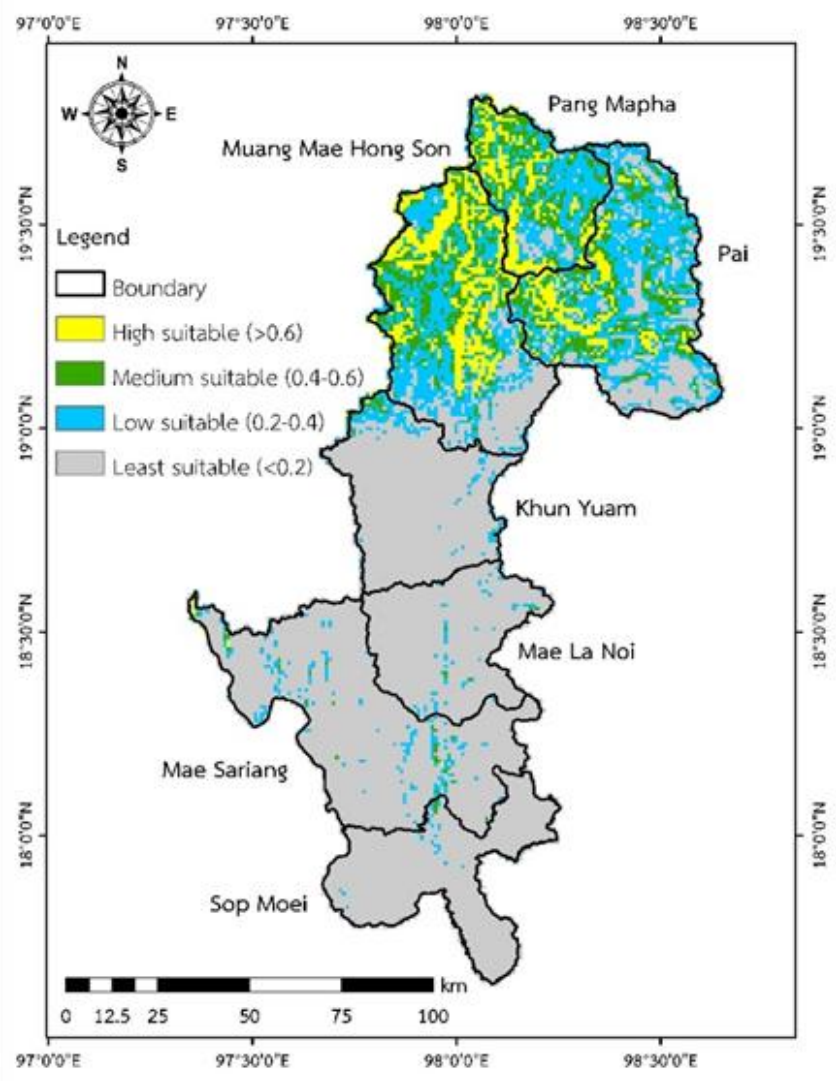


Figure 3 Suitability area of Teak (*Tectona grandis* Linn.f.) in natural area of the Nawamin Queen Teak forest

สำหรับระดับความเหมาะสมสูงส่วนใหญ่เป็นการอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมสักในถิ่นกำเนิด (In-situ gene conservation) ปัจจุบันได้รับการดูแลค่อนข้างดีเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าอนุรักษ์ (Khaosaard, 1992) ในอดีตเนื่องจากได้มีการทำไม้สักออกจากป่าธรรมชาติถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ของไม้สักธรรมชาติทรุดโทรมลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้พื้นที่ป่าสักธรรมชาติก็ถูกบุกรุกทำลาย เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัย และทำกินอย่างกว้างขวาง พื้นที่ป่าสักธรรมชาติที่มีอยู่ จึงลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในเขตทางตอนล่างของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่พบระดับความเหมาะสมน้อย และระดับความเหมาะสมน้อยมาก

สรุป

การทดสอบแบบจำลอง สำหรับชุดข้อมูลไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ของพื้นที่โครงการอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมไม้สักฯ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่มีไม้สักธรรมชาติขึ้นกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งพบว่าความสามารถในการทำนายที่ดีเยี่ยม ค่า AUC มี

ค่าเท่ากับ 0.917 พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับไม้สักธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบ ความเหมาะสมน้อยที่สุด ความเหมาะสมต่ำ ความเหมาะสมปานกลาง และความเหมาะสมสูง คิดเป็นร้อยละ 62.12, 19.80, 9.59 และ 8.49 ของพื้นที่ทั้งหมด สำหรับอำเภอปางมะผ้า อำเภอปาย อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และอำเภอขุนยวม พบในระดับความเหมาะสมสูงและความเหมาะสมปานปลาง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการพัฒนาปลูกฟื้นฟูไม้สักธรรมชาติ สำหรับพัฒนาในพื้นที่เพื่อเพิ่มเติมประชากรไม้สักในพื้นที่เหมาะสมสูง รวมไปจนถึงการวางแผนการป้องกันพื้นที่ที่มีไม้สักได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ที่มีไม้สักมีสภาพเสื่อมโทรมลงจากการบุกรุกพื้นที่ในอดีตและปัจจุบัน ทำให้ประชากรไม้สักไม่สามารถที่จะฟื้นตัวได้ ทำให้การวางแผนปลูกฟื้นฟูในพื้นที่เหมาะสมสูงจะช่วยให้ประชากรไม้สักในพื้นที่สูงเพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการดูแลรักษาพื้นที่สามารถวางแผนจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมไม้สักและพัฒนาคุณภาพชีวิตราษฎรบริเวณป่าลุ่มน้ำของ-ลุ่มน้ำปาย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่การศึกษาวิจัย สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ และสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้ความอนุเคราะห์องค์ความรู้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Anderson, R. P., D. Lew, A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling.** 162(3):211–232.

Brooks, R.P. 1997. Improving habitat suitability index models. **Wildlife Society Bulletin.** 25(1): 163-167.

Dormann, F., C. M. McPherson, J. B. Araujo, M. Bivand, R. Bolliger, J. Carl, G. G. Davies, R. Hirzel, A. Jetz, K. W. Daniel, *et al*. 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. **Ecography.** 30(5):609–628.

Fielding, A.H. & J. F. Bell. 2007. A review of methods for assessment of prediction errors in conservation presence/absence models**. Environment Conservation.** 24: 38-49.

Hijmans, R.J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones & A. Jarvis. 2005. A very high resolution interpolated climate surface for global land areas. **International Journal of Climatology.** 25: 1965-2198.

IPCC. 2007. **Contribution of Working Groups I, II, III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Climate Change 2007. Synthesis Report, Geneva.

Jaryan, V., A. Datta, S. K. Uniyal, A. Kumar, R. C. Gupta, R. D. Singh. 2013. Modelling potential distribution of Sapium sebiferum – an invasive tree species in Western Himalaya. **Current Science** 105(9):1282–1288.

Kamyo, T. & L. Asanok. 2020. Modeling habitat suitability of *Dipterocarpus alatus* (Dipterocarpaceae) using MaxEnt along the Chao Phraya River in Central Thailand. **Forest Science and Technology.** 16(1): 1-7.

Kamyo, T. , S. Pattanakiat, L. Asanok, K. Samanmit, A. Cherpaiboon, S. Thinkamphaeng & D. Marod. 2021. Predicting the Natural Suitability of Teak (*Tectona grandis* L. f.) at Mae Yom National Park, Phrae Province, Thailand Using Logistic Regression Model. **Environmental Science and Management.** 24-2: 48-53.

Khanum R., A. S. Mumtaz & S. Kumar. 2013. Predicting impacts of climate change on medicinal asclepiads of Pakistan using Maxent modeling. **Acta Oecologica.** 49: 23-31.

Khaosaard, A. 1992. Teak origin test (part 2) yield and quality of wood. *In* **Seminar 50 years Huay Tak Teak plantation.** Kasetsart University. (in Thai)

Land Development Department. 2019. **The Royal-Initiated Teak gene conservation area and people development in Khong-Pai watershed, Mae Hong Son province.** Available source. http://www.ldd.go.th/web_kingproject/Project/Queen/6-034.pdf, January 4, 2022. (in Thai)

Moonsan, S. 1992. Import and Export Teak of Thailand. *In* **Seminar 50 years Huay Tak Teak plantation.** Kasetsart University. (in Thai)

Phillips, S.& M. Dudk. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography.** 31(2): 161-175.

Phillips, S., R. R. Anderson & R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling.** 190(3-4): 231-259.

Pomoim, N. 2017**. *Crinum thaianum* J. Schulze Endemic Aquatic plants in Thailand.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Royal Forest Department. 2013. **Thai Teak Knowledge.** Available source. http: / forprod. forest. go. th/ forprod/ KM/ PDF/ teak. pdf, January 4, 2022. (in Thai)

Scheldeman, X.& M. Zonneveld. 2010. **Training Manual on Spatial Analysis of Plant Diversity and Distribution**. Biodiversity International, Rome.

Swanti, S., A. Kusum, B. Dhruval & K. Rajkanti. 2018. Modeling habitat suitability of *Perilla frutescens* with MaxEnt in Uttarakhand A conservation approach. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants** 10: 99-105.

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

Xu, N., F. Meng, G. Zhou, Y. Li, B. Wang & N. Lu. 2020. Assessing the suitable cultivation areas for *Scutellaria baicalensis* in China using the Maxent model and multiple linear regression. **Biochemical Systematics and Ecology.** 90: 104052.

Yackulic, C. B., R. Chandler, E. F. Zipkin, J. A. Royle, J. D. Nichols, E. H. Campbell Grant & S. Veran. 2013. Presence only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences? **Methods in Ecology and Evolution.** 4: 236-243.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 125-140 (2566)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

กีรติ พันทะสาร[1] กฤษดา พงษ์การัณยภาส[2] อิสรีย์ ฮาวปินใจ[3] และปัญจพร คำโย[4*]

รับต้นฉบับ: 31 มกราคม 2566 ฉบับแก้ไข: 28 กุมภาพันธ์ 2566 รับลงพิมพ์: 7 มีนาคม 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับทัศนคติและระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณและแบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ถือครองที่ทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่านตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 จำนวน 315 ราย และวิเคราะห์ผลโดยค่าสถิติ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 41–50 ปี มีการศึกษาระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพทำไร่/ทำสวน รายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท ครอบครองพื้นที่ทำกิน 5.1 – 10 ไร่ ประชาชนมีระดับการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ในระดับปานกลาง มีระดับทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้อยู่ในระดับมาก ระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้อยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยด้านอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อครัวเรือน ขนาดพื้นที่ถือครอง และลักษณะการทำประโยชน์ในพื้นที่ ส่งผลให้มีระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้แตกต่างกัน และพบว่าการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ มีความสัมพันธ์กับระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการวางแผนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน และส่วนงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ความรู้และความเข้าใจกฎหมายป่าไม้แก่ประชาชนเพื่อลดปัญหาการบุกรุกพื้นที่อุทยานแห่งชาติในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : ทัศนคติ, การรับรู้, กฎหมายป่าไม้, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

[1] สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

[2] สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

[3] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

[4] สาขาวิชารัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

***ผู้รับผิดชอบบทความ**: E-mail: punchaporn2525@gmail.com

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 7(1): 125-140 (2566)

ORIGINAL ARTICLE

People's Attitude and Perception of Forest Laws Regarding Land Use Policy in Phu Pha Man National Park

Keerhati Panthasarn[1], Kritsada Phongkaranyaphat[2], Itsaree Howpinjai[3], and Punchaporn Kamyo[4*]

Received: 31 January 2023 Revised: 28 February 2023 Accepted: 7 March 2023

ABSTRACT

This research aimed to determine the levels of attitude and perception on forest laws regarding land use policy in Phu Pha Man National Park as well as to investigate the factors affecting attitudes and perceptions on forest laws of people who had land use rights in Phu Pha Man National Park. An interview form was used as an instrument for collecting data from the sample group consisted of 315 people who have land ownership in Phu Pha Man National Park under section 64, National Park Act B.E. 2562 (2019). The obtained data were analyzed by using descriptive statistics. The results showed that most of the respondents were male, aged 41-50 years old, finished the primary level education, and made their livelihoods as gardeners. Each household earned less than 10,000 baht per month, with land ownership of 5.1-10 rai. Their perception of forest laws information was at a moderate level. Their attitudes towards forest laws were at a high level whereas their perception of forest laws was at a moderate level. The study also revealed that age, education level, main occupation, monthly income, land ownership, and land use pattern were factors that affected different levels of people's perception of forest laws. Moreover, it was found that people's perception of forest laws information had a significant correlation ($p<0.05$) with a level of people's perception of forest laws. These research findings will be applied as a guideline for Phu Pha Man National Park as well as relevant agencies in providing information about forest laws to people in order to reduce the problem of the encroachment into national park in the future.

Keywords: Attitude, Perception, Forest Laws, Land Use, Phu Pha Man National Park

[1] Master of Science Program in Forest Management, Maejo University Phrae Campus

[2] Bachelor of Science Program in Agroforestry, Maejo University Phrae Campus

[3] Bachelor of Science Program in Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus

[4] Bachelor of Political Science Program in Political Science, Maejo University Phrae Campus

***Corresponding author**: E-mail: punchaporn2525@gmail.com

บทนำ

นโยบายป่าไม้แห่งชาติ พ.ศ. 2562 ได้กำหนดให้ประเทศไทยต้องมีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศอย่างน้อยในอัตราร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ ประกอบด้วยป่าอนุรักษ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ประเทศ และป่าเศรษฐกิจหรือป่าชุมชน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของพื้นที่ประเทศ โดยการจำแนกพื้นที่ป่าไม้เพื่อการบริหารจัดการในภาพรวมของประเทศและระดับพื้นที่ พร้อมทั้งกำหนดแนวทางการบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในแต่ละพื้นที่อย่างเหมาะสม (National Forest Policy, 2019) แม้ว่าประเทศไทยจะกำหนดนโยบายในการอนุรักษ์ แต่ปัญหาการทำลายทรัพยากรป่าไม้ก็มิได้หมดไปแต่อย่างใด ซึ่งในปี พ.ศ. 2560 มีคดีบุกรุกพื้นที่ป่าอนุรักษ์ จำนวน 2,081 คดี ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 1,452 คดี และ ปี พ.ศ. 2562 จำนวน 763 คดี (Protected and Fire Control Office , 2021) สาเหตุของการบุกรุกพื้นที่ป่าเกิดจากความต้องการใช้ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นจนเกินขีดความสามารถ และความต้องการเปลี่ยนผู้ถือครอง ส่งผลให้จำนวนพื้นที่ป่าไม้ลดลง (The Administrative Court , 2013) ซึ่งนโยบายของรัฐบาลไม่ว่าจะเป็นมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2541 ตลอดจนคำสั่งคณะรักษาความสงบแห่งชาติ ที่ 66/2557 พบว่ามีลักษณะเป็นการผ่อนปรนบทบัญญัติของกฎหมาย แต่ก็ยังคงไม่สามารถยับยั้งปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่า หรือการขยายการครอบครองพื้นที่ของกลุ่มคนเพื่อทำธุรกิจโรงแรม รีสอร์ต และการทำการเกษตรแปลงใหญ่ และยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาคนบุกรุกป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sathornkit , 2016)

ในปี พ.ศ. 2562 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช จึงได้ยกร่างพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เนื่องจากพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 บังคับใช้มานานกว่า 58 ปี (National Park Office , 2021) ส่งผลให้บทบัญญัติบางประการอาจไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันในการสงวน อนุรักษ์ คุ้มครอง และบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ให้คงอยู่ในสภาพธรรมชาติเดิมมิให้ถูกทำลายจึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพในอุทยานแห่งชาติเป็นไปอย่างสมดุลและยั่งยืน (Thai Government Gazette , 2019) ซึ่งอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน เป็น 1 ใน 156 อุทยานแห่งชาติในประเทศไทยที่อยู่ภายใต้พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ประกาศจัดตั้ง เมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ครอบคลุมพื้นที่ 218,750 ไร่ มีชุมชนรอบแนวเขตอุทยานแห่งชาติกว่า 30 ชุมชน จากการสำรวจการครอบครองที่ดินของประชาชนตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2541 พบว่า มีพื้นที่ทำกินและที่อยู่ในอาศัยของประชาชนในเขตอุทยานแห่งชาติกว่า12,121 ไร่ (Phuphaman National Park , 2019) จากข้อผ่อนผันก็มิได้ทำให้ปัญหาการบุกรุกพื้นที่อุทยานแห่งชาติลดลงแต่อย่างใด เนื่องจากจำนวนประชากรในชุมชนที่อาศัยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการของการใช้ทรัพยากรเพิ่มตามไปด้วย (The Administrative

Court , 2013) ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่ทำกินและที่อยู่อาศัยของประชาชนในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน ตามข้อมูลการสำรวจที่ดินตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 กว่า 20,875 ไร่ (Phuphaman National Park , 2019)

เจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ที่เน้นการอยู่ร่วมกันของ “คนกับป่า” ภายใต้แนวคิด “ป่าอยู่ได้ คนอยู่ได้” บทบัญญัติที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ คือ มาตรา 64 วรรคหนึ่ง ซึ่งได้วางหลักไว้ว่า “ให้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สำรวจการถือครองที่ดินของประชาชนที่อยู่อาศัยหรือทำกินในอุทยานแห่งชาติให้แล้วเสร็จภายใน 240 วัน นับแต่วันที่พระราชบัญญัติบังคับใช้” (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2019) แต่การดำเนินการตามมาตรา 64 ประกอบด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการอยู่อาศัยหรือทำกิน ที่อาจสร้างความสับสนให้กับประชาชนที่อยู่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน ทั้งนี้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยไปใช้ในการวางแผนให้ความรู้ทำความเข้าใจในเรื่องของระเบียบและข้อกฎหมายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช แก่ประชาชนที่ถือครองที่ทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน ซึ่งจะส่งผลให้ประชาชนเกิดความรู้และตระหนักถึงการอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับป่า และลดปัญหาการบุกรุกพื้นที่อุทยานแห่งชาติต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของประชาชนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน
2. เพื่อศึกษาระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชาชนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของประชาชนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

วิธีการศึกษา

1. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำมาสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อศึกษาทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน ดังนี้ (Figure 1)

2. ประชากรและขนาดตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาประชาชนที่ถือครองที่ดินทำกินตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ซึ่งได้ทำการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อ้างอิงตามหลัก Yamane (1973) จากจำนวนประชาชนที่ถือครองที่ดินทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน จำนวน 1,488 ราย ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 และคำนวณการกระจายสัดส่วนกลุ่มตัวอย่าง (Quota Sampling) โดยสูตรการกระจายตามสัดส่วน (Jamikorn , 1983) เก็บข้อมูลจำนวน 315 ตัวอย่าง ดังนี้ (Table1)

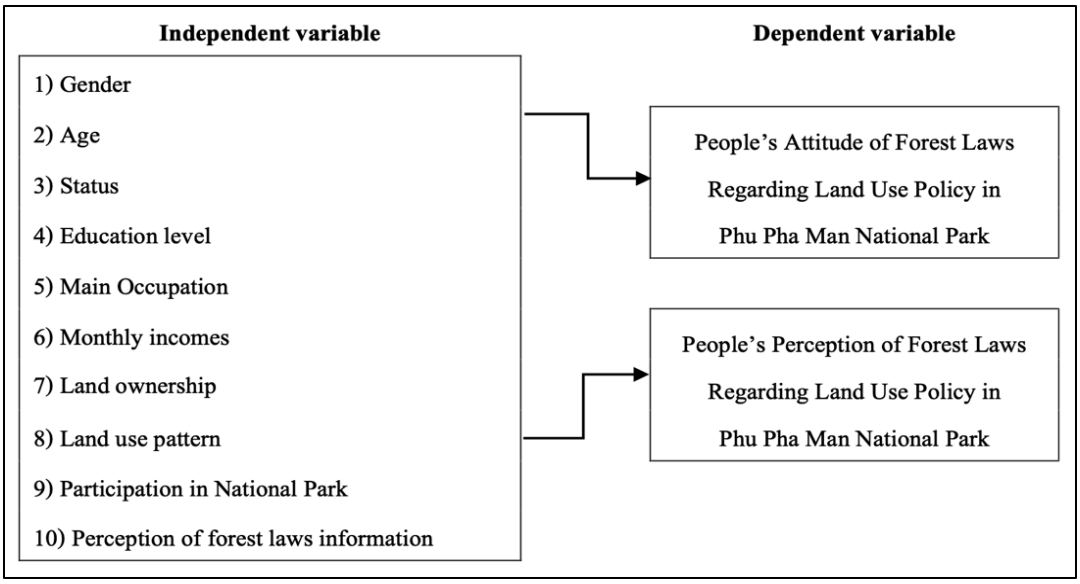


Figure 1 Relationship between independent variables and dependent variables

Table 1 The proportion of people who own Land use and the sample Categorized by village, population (person), number of samples (person)

Village name	Population	Sample
Na Noy Village	82	17
Na Yang Tai Village	11	2
Sum Pak Nam Village	317	67
Huay Hin Poon Village	65	14
Wang Kok Kaew Village	80	17
Wang Sa Wab Village	247	52
Huay Sor Village	372	79
Tad Fha – Dong Sa Kan Village	314	66
Total	**1,488**	**315**

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research method) ใช้แบบสัมภาษณ์ (Interview Schedule) เป็นเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ที่นักวิจัยสร้างขึ้นจากแนวคิดทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการสำรวจข้อมูลภาคสนาม แบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคม

ส่วนที่ 2 การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ของประชาชน โดยมีระดับการรับรู้ข่าวสาร 3

ระดับคือ เป็นประจำ (2 คะแนน) บางครั้ง (1 คะแนน) และไม่เคย (0 คะแนน) ซึ่งสามารถแบ่งเกณฑ์วัดระดับการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 1.35–2.00 ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 0.68–1.34 และระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 0.00–0.67

ส่วนที่ 3 ทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้ของประชาชนเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน จำนวน 18 ข้อ โดยมีการกำหนดคะแนนเป็น เห็นด้วยอย่างยิ่ง (5 คะแนน) เห็นด้วย (4 คะแนน) ไม่แน่ใจ (3 คะแนน) ไม่เห็นด้วย (2 คะแนน) และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (1 คะแนน) โดยแบ่งเกณฑ์วัดระดับทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้ออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 2.61 – 3.40 ระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.81–2.60 และระดับน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.80

ส่วนที่ 4 การรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน จำนวน 22 ข้อ โดยมีการกำหนดคะแนนเป็น คำตอบถูก (1 คะแนน) และคำตอบผิด (0 คะแนน) โดยแบ่งเกณฑ์วัดระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 14.67–22.00 ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 7.34–14.66 และระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 0.00–7.33

โดยทำการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนจะเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่เป้าหมาย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์สถิติทางสังคมศาสตร์ ซึ่งใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความถี่ (Frequency) สถิติอ้างอิง (Inferential Statistics) เพื่อทำการเปรียบเทียบและทดสอบข้อมูล ได้แก่ Independent-Sample T-test (T-test) , One-Way ANOVA (F-test) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation)

ผลและวิจารณ์

1. ข้อมูลทั่วไปของประชากร สภาพเศรษฐกิจและสังคม

ข้อมูลทางประชากร สภาพเศรษฐกิจ และสังคม จากการศึกษาพบว่าประชาชนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.16) มีอายุระหว่าง 41-50 ปี (ร้อยละ 31.43) สถานภาพสมรส (ร้อยละ 68.89) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3-4 คน (ร้อยละ 48.57) มีการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 42.86) พบว่าอาศัยอยู่ในชุมชนมากกว่า 20 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 71.11) ประกอบอาชีพทำไร่/ทำสวน (ร้อยละ 41.27) มีรายได้เฉลี่ยทั้งครัวเรือนต่ำกว่า 10,000 ต่อเดือน (ร้อยละ 39.68) ครอบครองที่ทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน 5.1-10 ไร่ (ร้อยละ 31.43) ทำประโยชน์ในพื้นที่โดยการทำไร่อ้อย/มันสำปะหลัง (ร้อยละ 42.86) และไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมของอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน เช่น กิจกรรมอาสาสมัครพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ กิจกรรมพัฒนาอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน หรือเป็นคณะกรรมการที่ปรึกษาอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน (ร้อยละ 67.94) (Table 2)

Table 2 Socio-demographic factors (n = 315)

Sample group	Frequency	Percentage
Gender		
male	158	50.16
female	157	49.84
Age		
21 – 30	19	6.03
31 – 40	54	17.14
41 – 50	99	31.43
51 - 60	68	21.59
> 60	75	23.81
Status		
Single	62	19.68
Marital status	217	68.89
Divorced/widowed	36	11.43
Member in Family		
1 - 2	32	10.16
3 – 4	153	48.57
5 - 6	87	27.62
> 6	43	13.65
Education level		
Uneducated	23	7.30
Primary level	135	42.86
Junior high school level	34	10.79
High school level	68	21.59
Vocational certificate	8	2.54
High vocational certificate	14	4.44
Bachelor's degree	29	9.21
Postgraduate	4	1.27
Length of stay in the community (Years)		
< 5	21	6.67
5 – 10	21	6.67
11 – 15	19	6.03
16 – 20	30	9.52
> 20	224	71.11

Table 2 (continued)

Sample group	Frequency	Percentage
Main Occupation		
Company employee	5	1.59
General employee	52	16.51
Freelance/sales	39	12.38
Farmer	63	20.00
Gardener	130	41.27
Government service	26	8.25
Monthly incomes		
< 10,000	125	39.68
10,000 – 20,000	120	38.10
20,000 – 30,000	40	12.70
> 30,000	30	9.52
Land ownership		
1 – 5 rai	72	22.86
5.1 – 10 rai	99	31.43
10.1 – 15 rai	72	22.86
15.1 – 20 rai	45	14.29
> 20 rai	27	8.57
Land use pattern		
House	8	2.54
Farm	73	23.17
Sugarcane/cassava	135	42.86
Rubber tree	41	13.02
Mixed farming	50	15.87
Date palm	8	2.54
Participation in Phu Pha Man National Park		
Ever	101	32.06
Never	214	67.94

ข้อมูลด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคม จากการศึกษาพบว่าประชากรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย แต่สัดส่วนของประชากรระหว่างเพศชายและเพศหญิงมีความใกล้เคียงกัน ส่วนมากอยู่ในกลุ่มอายุระหว่าง 41–50 ปี รองลงมาคือกลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี แสดงให้เห็นว่าสังคมในพื้นที่อำเภอชุมแพ และภูผาม่าน จังหวัดขอนแก่น กำลังเตรียมเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ประชาชนส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาเพียงประถมศึกษา เนื่องจากไม่มีโอกาสได้เรียนหนังสือเพราะมีฐานะยากจน ประชาชนกว่าร้อยละ 70 อาศัยอยู่ในพื้นที่มากกว่า 20 ปี และประกอบอาชีพหลักคือทำไร่และทำสวน และไม่มีที่ดินทำกินแปลงอื่น มีเพียงที่ทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่านเท่านั้น ซึ่งครอบครองพื้นที่ประมาณ 5.1-10 ไร่ต่อครัวเรือน ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท สอดคล้องกับรายงานการวิเคราะห์สถานการณ์ความยากจนและความเหลื่อมล้ำในประเทศไทย ปี 2564 พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปัญหาความยากจน ร้อยละ 10.20 สูงเป็นอันดับ 2 ของประเทศ การกระจายตัวของคนจนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงถึงร้อยละ 42.5 และเป็นภาคที่มีรายได้ต่อหัวต่ำสุดมาโดยตลอด ส่วนหนึ่งมาจากแรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนมากทำงานในภาคเกษตรกรรมซึ่งมีผลิตภาพแรงงานต่ำ ซึ่งรายได้ที่เป็นตัวเงิน มีมูลค่า 8,293 บาทต่อครัวเรือนต่อเดือน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 ทำให้รายได้จากค่าจ้างและเงินเดือนลดลงร้อยละ 6.57 จากปี 2562 ปัจจุบันสัดส่วนแรงงานยากจนภาคเกษตรสูงถึงร้อยละ 65.76 อย่างไรก็ดี สัดส่วนดังกล่าวลดลงจากปี 2563 ที่มีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 67.47 เนื่องจากแรงงานในภาคเกษตรกรรมบางส่วนกลับไปทำงานในสาขาเดิมที่เคยทำในช่วงก่อนมีการแพร่ระบาดของโควิด-19 เมื่อพิจารณาการศึกษาของคนจน พบว่า ภาพรวมคนจนมีการศึกษาระดับต่ำ ร้อยละ 73.75 เป็นกลุ่มที่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาและต่ำกว่า รองลงมาเป็นผู้ที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 15.01 (Office of the National Economic and Social Development Council, 2021)

2. การรับรู้ข่าวสารที่เกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 0.84) (Table 3) เนื่องจากพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เริ่มบังคับใช้เมื่อช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) ส่งผลให้การประชาสัมพันธ์และการสร้างความเข้าใจแก่ประชาชนยังไม่ทั่วถึงเท่าที่ควร และเห็นได้ว่ามีการรับรู้ข่าวสารในช่องทางกำนัน/ผู้ใหญ่บ้านมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 1.16) เนื่องจากประชาชนในพื้นที่เป็นกลุ่มแรงงานเกษตรกร ใช้ชีวิตในพื้นที่ทำกินเป็นหลัก การประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่าง ๆ มักประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางของผู้นำชุมชน รองลงมาคือการรับรู้ข้อมูลข่าวสารผ่านทางเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน (ค่าเฉลี่ย 1.08) และหอกระจายข่าว/เสียงตามสาย (ค่าเฉลี่ย 1.02) เห็นได้ชัดเจนว่าผู้นำชุมชนหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีส่วนสำคัญในการเป็นสื่อประชาสัมพันธ์ที่สำคัญของประชาชนในพื้นที่ศึกษา

Table 3 Channels for Forest Law news (n = 315)

Channels	$\bar{x}$	S.D.	Level
1. Subdistrict Headman/Village Headman	1.16	0.57	Medium
2. Phu Pha Man Forest Ranger	1.08	0.71	Medium
3. Broadcasting tower	1.02	0.59	Medium
4. Village monthly meeting	0.96	0.73	Medium
5. Television/Radio	0.89	0.63	Medium
6. Family	0.80	0.71	Medium
7. Neighbor	0.77	0.65	Medium
8. Placard	0.70	0.67	Medium
9. Government (non national park)	0.64	0.64	Low
10. Public relations board in the village	0.61	0.64	Low
11. Social media (Facebook/Tiktok/Line)	0.60	0.76	Low
Total average	**0.84**	**0.36**	**Medium**

3. ทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

จากการศึกษาวิจัยพบว่าประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 315 ราย มีทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 3.80 ± 0.46 คะแนน

หากพิจารณารายข้อจะพบว่าข้อที่ประชาชนมีระดับทัศนคติมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ 1.ท่านคิดว่ากฎหมายกำหนดให้ประชาชนสามารถอยู่ร่วมกับป่าได้ (ค่าเฉลี่ย 4.26) 2.ท่านคิดว่ากฎหมายควรกำหนดให้ประชาชนสามารถเสนอแนวทางการทำงานในการสำรวจการครอบครองที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติได้ (ค่าเฉลี่ย 4.17) และ 3.ท่านคิดว่ากฎหมายควรกำหนดให้ประชาชนได้รับอิสระในการเลือกทำการเกษตรในพื้นที่ เช่น การเลือกปลูกไม้ดอกไม้ประดับ หรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ มากกว่าการทำวนเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.13) และมีระดับทัศนคติน้อยที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ 1.ท่านคิดว่าประชาชนสามารถโอนสิทธิทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ แก่บุคคลภายนอกที่มิใช่ทายาทได้ (ค่าเฉลี่ย 2.70) 2.ท่านคิดว่าการกำหนดระยะเวลาในการอนุญาตให้ครอบครองที่ทำกินระยะเวลา 20 ปี มีความเหมาะสมแล้ว (ค่าเฉลี่ย 3.24) 3.ท่านคิดว่ากฎหมายควรให้ประชาชนที่เคยเป็นผู้กระทำความผิดฐานบุกรุกที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติมีสิทธิได้รับการสำรวจที่ดินทำกิน (ค่าเฉลี่ย 3.28) เนื่องจากประชาชนที่ถือครองที่ทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่านส่วนมาก อาศัยอยู่ในพื้นที่มากกว่า 20 ปี และได้เข้าร่วมการสำรวจที่ดินทำกิน

กับอุทยานแห่งชาติภูผาม่านในหลายครั้งไม่ว่าจะเป็นการสำรวจที่ดินทำกิน ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2541 หรือคำสั่งคณะรักษาความสงบแห่งชาติ ที่ 66/2557 และตามมาตรา 64 ส่งผลให้มีทัศนคติต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติในระดับมาก ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของการครอบครองที่ดินทำกิน ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เช่น ในข้อที่ 1 ท่านคิดว่ากฎหมายกำหนดให้ประชาชนสามารถอยู่ร่วมกับป่าได้ และในข้อที่ 8 ท่านคิดว่าการสำรวจที่ทำกิน ตามมาตรา 64 เป็นการแก้ไขปัญหาที่ดินให้แก่ประชาชนที่ทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าประชาชนให้ความร่วมมือในการสำรวจการครอบครองที่ดินทำกิน และมีความเชื่อในการพยายามแก้ไขปัญหาการถือครองที่ดินทำกินในเขตป่าอนุรักษ์ของประชาชนอย่างแท้จริง และมีทัศนคติที่ดีในการร่วมสำรวจการครอบครองที่ดินตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

4. ระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

จากการศึกษาวิจัยพบว่าประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 315 ราย มีระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 11.85 $\pm$ 4.48 คะแนน หากพิจารณารายข้อจะพบว่าข้อที่ประชาชนมีระดับการรับรู้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ 1) บุคคลที่อยู่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ มีหน้าที่ต้องอนุรักษ์ ฟื้นฟู ดูแลทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพควบคู่ไปด้วยใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 262 คน คำตอบผิด 53 คน) 2) พื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่านเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ตามกฎหมายใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 257 คน คำตอบผิด 58 คน) และ 3) บุคคลสามารถบุกรุก แผ้วถาง ขยายพื้นที่เพิ่มเติมได้โดยไม่ผิดใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 246 คน คำตอบผิด 69 คน) และพบว่าข้อที่ประชาชนมีระดับการรับรู้น้อยที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ 1. พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ ฉบับเดิมคือ ฉบับ พ.ศ. 2535 ใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 63 คน คำตอบผิด 252 คน) 2. บุคคลสามารถละทิ้งการทำประโยชน์ที่ดินที่ได้รับการสำรวจการครอบครองเกิน 1 ปี โดยไม่มีเหตุอันควรก็ได้ใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 82 คน คำตอบผิด 233 คน) และ 3. การอนุญาตให้ทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เป็นการอนุญาตตามมาตรา 65 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ใช่หรือไม่ (คำตอบถูก 83 คน คำตอบผิด 232 คน)

การวิเคราะห์ระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของระดับการรับรู้กฎหมายเท่ากับ 11.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 22 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าประชาชนยังขาดความเข้าใจในบางประเด็นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ส่วนหนึ่งเกิดจากการดำเนินการตามมาตรา 64 ประกอบด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการอยู่อาศัยหรือทำกิน

ตามแนวทางที่กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้วางไว้ซึ่งอาจจะสร้างความสับสนให้กับประชาชนที่อยู่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติได้ เช่น 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการทำการเกษตรในลักษณะเกษตรแบบผสมผสาน โดยมีการปลูกไม้ยืนต้นประจำถิ่นเพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่อยู่อาศัยหรือทำกินในรูปแบบวนเกษตร 2) ในกรณีที่บุคคลที่อยู่อาศัยหรือทำกินในชุมชนภายใต้โครงการฯ ถึงแก่ความตาย หากทายาทของบุคคลดังกล่าวประสงค์จะอยู่อาศัยหรือทำกินในที่ดินนั้นต่อไป ให้อยู่อาศัยหรือทำกินได้เพียงเท่าระยะเวลาที่เหลืออยู่ของโครงการ 3) ห้ามซื้อ ขาย แลกเปลี่ยน ให้เช่า ให้เช่าซื้อ ให้ยืม โอนสิทธิการครอบครองให้บุคคอื่นเว้นแต่เป็นการครอบครองโดยการตกทอดแก่ทายาททางมรดกตามกฎหมาย และ 4) บุคคลที่ได้อยู่อาศัยหรือทำกินภายใต้โครงการต้องเป็นบุคคลธรรมดาซึ่งต้องเป็นผู้ไม่เคยต้องคำพิพากษาถึงที่สุดให้ออกจากที่ดินที่ครอบครองนั้นมาก่อน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation , 2019) อีกทั้งยังขาดกฎหมายลำดับรอง ที่จะเป็นหลักในการกำหนดเงื่อนไขการอยู่อาศัยหรือทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ตามมาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

5. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับทัศนคติของประชาชนต่อกฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน พบว่า ปัจจัยด้าน เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อครัวเรือน ลักษณะการทำประโยชน์ในพื้นที่ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อระดับทัศนคติต่อกฎหมายป่าไม้ของประชาชน (Table 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Juthatamee , 2004) ได้ศึกษาความคิดเห็นของราษฎรที่มีต่อรูปแบบการจัดการทรัพยากรป่าไม้สำหรับหมู่บ้านแม้วคลองลาน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ผลการศึกษาพบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อครัวเรือนที่ที่แตกต่างกันส่งผลให้มีความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการทรัพยากรป่าไม้ไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Roontong , 2003) ได้ศึกษาทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรที่อยู่อาศัยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแม่ยม ตำบลสะเอียบ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ ผลการศึกษาพบว่า อายุ อาชีพ รายได้ต่อครัวเรือน ที่แตกต่างกันส่งผลให้ทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรไม่แตกต่างกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน พบว่า ปัจจัยด้านอายุ ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ รายได้ต่อครัวเรือน มีผลต่อระดับการรับรู้กฎหมาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sungkapunth , 2011) ได้ศึกษาการรับรู้ข้อมูลด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมจากเครือข่ายวิทยุชุมชนบ้านเราชาวอู่ทอง FM 104.75 MHz ผลการศึกษาพบว่า อายุ ระดับการศึกษา การประกอบอาชีพ รายได้ต่อ

ครัวเรือนที่แตกต่างกันส่งผลให้ประชาชนมีการรับรู้ข้อมูลด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Srichan, 2012) ได้ศึกษาการกำหนดแนวทางการจัดทรัพยากรป่าไม้อย่างมีส่วนร่วม กรณีศึกษาสวนรุกขชาติคูเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ผลการศึกษาพบว่า อายุ ระดับการศึกษา ขนาดพื้นที่ถือครอง ที่แตกต่างกันส่งผลต่อการยอมรับแนวทางการจัดการทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรที่แตกต่างกัน และพบว่าการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับระเบียบกฎหมายมีความสัมพันธ์ระดับต่ำกับระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Wanna , 2018) ได้ศึกษาการรับรู้เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รอบพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลำน้ำน่านฝั่งขวา จังหวัดแพร่และอุตรดิตถ์ ผลการศึกษาพบว่า การรับข่าวสารการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่าจากสื่อและความรู้การอนุรักษ์สัตว์ป่ามีความสัมพันธ์กับการรับรู้เรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่า

Table 4 Hypothesis test results

Socio-demographic factors	Attitude				Perception			
	t-test	F-test	Correlation Coefficient	p-value	t-test	F-test	Correlation Coefficient	p-value
1. Gender	-.988	-	-	.324	-.802	-	-	.423
2. Age	-	1.653	-	.161	-	11.163	-	.000**
3. Status	-	1.581	-	.194	-	1.739	-	.159
4. Education level	-	1.996	-	.055	-	7.316	-	.000**
5. Main Occupation	-	1.542	-	.177	-	12.443	-	.000**
6. Monthly incomes	-	.726	-	.537	-	7.193	-	.000**
7. Land ownership	-	2.138	-	.076	-	3.097	-	.016*
8. Land use pattern	-	2.132	-	.062	-	3.849	-	.002**
9. Participation in National Park	.831	-	-	.407	1.162	-	-	.246
10. Perception of forest laws information	-	-	.048	.392	-	-	.139	.013*

Note: Significance with; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

สรุป

การศึกษาเรื่องทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน เป็นการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 315 ราย ที่ถือครองที่ดินทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน ภายใต้เงื่อนไขตาม มาตรา 64 แห่งพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 เพื่อให้ทราบถึงทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ และปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ อยู่ในระดับปานกลาง มีการรับรู้ข่าวสารในช่องทางกำนัน/ผู้ใหญ่บ้านมากที่สุด รองลงมาคือช่องทางเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน และหอกระจายข่าว/เสียงตามสาย และช่องทางการรับรู้ข้อมูลข่าวสารน้อยที่สุดคือช่องทางสื่อออนไลน์ (Facebook/Tiktok/Line)

ระดับทัศนคติของประชาชนต่อกฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน อยู่ในระดับมาก และปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติของประชาชนต่อกฎหมายป่าไม้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าปัจจัยด้าน เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน ขนาดพื้นที่ถือครอง ลักษณะการทำประโยชน์ในพื้นที่ และการเข้าร่วมกิจกรรมของอุทยานแห่งชาติที่แตกต่างกัน มีทัศนคติไม่แตกต่างกัน และพบว่าการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับระเบียบกฎหมาย ส่งผลให้ประชาชนมีทัศนคติไม่แตกต่างกัน

ระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน อยู่ในระดับปานกลาง และปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน พบว่าประชาชนที่มีปัจจัยด้านอายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน ขนาดพื้นที่ถือครอง ลักษณะการทำประโยชน์ในพื้นที่ ที่แตกต่างกันส่งผลให้มีระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ที่แตกต่างกัน ในส่วนของปัจจัยด้านเพศ สถานภาพ และการเข้าร่วมกิจกรรมของอุทยานแห่งชาติที่แตกต่างกัน มีระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ไม่แตกต่างกัน และพบว่าการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับระเบียบกฎหมาย ที่แตกต่างกันส่งผลให้มีระดับการรับรู้กฎหมายป่าไม้ที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ปัญหาที่พบจากการศึกษา

1. พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 ได้มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2562 ซึ่งตรงกับช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) ส่งผลให้กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ใช้ช่องทางสื่อออนไลน์ในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร แต่เป็นช่องทางที่ยังไม่เหมาะสมสำหรับประชาชนที่ถือครองที่ดินทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน

2. สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 8 (ขอนแก่น) ได้มีโครงการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารที่สำคัญเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับกฎหมายของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ณ อุทยาน

แห่งชาติภูกระดึง เมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2564 แต่ก็ยังไม่สามารถให้ความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชนได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากการดำเนินการดังกล่าวฯ ควรจัดในทุกพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อให้ประชาชนที่ถือครองที่ดินทำกินในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ทุกแห่ง ทราบถึงเจตนารมณ์ที่แท้จริงของพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562

3. ประชาชนในพื้นที่เข้าใจว่าการดำเนินการสำรวจที่ดินทำกิน ตามมาตรา 64 ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เป็นการสำรวจข้อมูลเพื่อต้องการจะขอพื้นที่คืนจากประชาชน ซึ่งผิดไปจากข้อเท็จจริงของการสำรวจการครอบครองที่ดิน ซึ่งเป็นการนำข้อมูลการครอบครองที่ดินของราษฎรไปประกาศเป็นพระราชกฤษฎีกา เพื่อให้ประชาชนสามารถทำกินภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาวิจัยพบว่า ประชาชนมีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้จากการประชาสัมพันธ์ในช่องทางกำนัน/ผู้ใหญ่บ้าน มากที่สุด ดังนั้นอุทยานแห่งชาติภูผาม่านและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรจะวางแผนการปฏิบัติงานให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องของระเบียบและข้อกฎหมายแก่ประชาชนที่ถือครองที่ทำกินในเขตอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน โดยขอความร่วมมือผ่านทางผู้นำชุมชน

2. อุทยานแห่งชาติภูผาม่านและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรเพิ่มช่องทางการสื่อสารในการให้ข้อมูลหรือความรู้ในเรื่องของระเบียบและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และมีการจัดอบรมให้ความรู้และตอบข้อสงสัยสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และป้องกันการเกิดปัญหาข้อพิพาทในอนาคตระหว่างหน่วยงานรัฐกับประชาชน ซึ่งจะส่งผลให้ประชาชนเกิดความรู้และตระหนักถึงการอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับป่า และลดปัญหาการบุกรุกพื้นที่อุทยานแห่งชาติได้

เอกสารอ้างอิง

Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2019. **Guidelines for solving land problem in Conservation Forest Areas.** Bangkok. (in Thai)

Jamikorn, S. 1983. **Statistical Analysis in Social Science.** Department of Statistics, Faculty of Science. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Juthatamee, P. 2004. **People Opinion on Forest Management Pattern for Ban Maew Khlong Lan, Amphoe Khlong Lan, Changwat Kamphaeng Phet.** Thesis, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

National Forest Policy Committee. 2019. **National Forest Policy.** Planning and Information Office. Royal Forest Department. (in Thai)

National Park Act B.E. 2562. **Thai Government Gazette.** Vol. 136 part 71A. Dated May 29, 2019. (in Thai)

National Park Office. 2021. **National Park Management Policy to National Park Act B.E. 2562.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok. (in Thai)

Office of the National Economic and Social Development Council. 2021. **Poverty and Inequality Report 2021.** Available source: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=13081 (in Thai)

Pearson, K. 1920. **Notes of History of Correlation.** Biometrika. 13(1). 24-45.

Phuphaman National Park. 2019**. Annual Report 2019**. Khon Kaen. (in Thai)

Protected and Fire Control Office. 2021. **Statistical Summary Report on Crime Forest Cases.** Available source: http://portal.dnp.go.th/Content/ProtectandFirecontrol?contentId=1 5 3 2 3 (Accessed: 15 February 2023) (in Thai)

Roontong, A. 2003. **Attitude Toward Forest Resource Conservation of People Residing in Mae Yom National Park, Saeb Sub-district, Song District, Phrae Province.** Thesis, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Sathornkit, R. 2016. **Legal Problems in Possession of Land for Use in the Conservation Forest Areas.** Thesis Master of Laws. Dhurakif Pundit University. Bangkok. (in Thai)

Srichan, S. 2012. **Formulation of Participatory Forest Resource Management: A case Study of Koo Mueang Arboretum Sing Buri Province.** Thesis, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Sungkapunth, C. 2011. **The Receiving Information of Forest Resource and Environment Conservation from Ban Rao Chao Uthong Community Radio Broadcasting Network FM 104.75 MHz.** Independent Study, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

The Administrative Court. 2013. **Report on the Judicial Development Project of the Administrative Court for the Environment (Green Judges) 2012 : Sustainable Management of Forest, Soil and Water.** Academic Committee on Environmental Laws. Bangkok. (in Thai)

Wanna, P. 2018. **Wildlife Resource Conservation Perception of Prathomsuksa Six Students Surrounding Lam Nam Nan Fang Khaw Wilife Sanctuary, Changwat Phrae and Uttaradit.** Thesis, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis.** Third edition. New York: Harper and Row Publication.

Zhang, L., D. Ma, J. Xu, J. Quan, H. Dang, Y. Chai, X. Liu, Y. Guo & M. Yue. 2017. Economic trade-offs of hydrophytes and neighbouring terrestrial herbaceous plants based on plant functional traits. **Basic and Applied Ecology** 22: 11-19.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

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

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ **(1) บทความวิจัยหรือนิพนธ์ต้นฉบับ (research/original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง **(2) บทความสั้น (short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่าบทความวิจัย และ **(3) บทความวิชาการ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นบทความวิจัย และบทความสื่อสารอย่างสั้นจะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

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

การพิมพ์

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

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. ชื่อเรื่อง เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ

2. ชื่อผู้เขียน ให้ระบุชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยไม่ต้องระบุเพศ ยศ หรือ ตำแหน่ง

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

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ และ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (**Abstract**) ด้วย (ภาษาไทยและตามด้วยภาษาอังกฤษ) ให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายของบทคัดย่อ

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

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

4. ผลและวิจารณ์ ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน

5. สรุป (Conclusion)

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ

7. เอกสารอ้างอิง (Reference) การอ้างอิงวารสาร ให้พิมพ์ชื่อเต็มวารสาร การเรียบเรียงวารสารให้เรียบเรียงตามลำดับอักษรในภาษาไทย และตามด้วยภาษาอังกฤษ ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานเอกสารอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบท ควรตรงกันและถูกต้องตามรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง ดังตัวอย่าง

(กรณี เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยต้องแปลให้เป็นภาษาอังกฤษเพื่ออ้างอิงในบทความ)

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

7.2 การเรียงลำดับ ต้องเรียงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย

7.3 การเขียนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษให้ระบุนามสกุลของผู้เขียนก่อน และตามด้วยชื่ออื่น ๆ ซึ่งย่อเฉพาะอักษรตัวแรก

หนังสือ และตำรา

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

วารสาร

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

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

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

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

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์

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

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

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ **https:// www.tferj.forest.ku.ac.th** ซึ่ง**ผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้โดยกรอกชื่อ-สกุล Email address พร้อมกำหนดรหัส (Password)** จากนั้นส่งบทความ (manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณา ประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟลล์ .doc หรือ .docx และไฟลล์ .pdf

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

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

4. ให้ผู้เขียนแนะนำชื่อและ Email ผู้ทรงคุณวุฒิที่ผู้เขียนต้องการให้ทางวารสารพิจารณาคัดเลือกอย่างน้อย 3 ท่าน ในระบบวารสารออนไลน์ ทั้งนี้การคัดเลือกผู้ทรงฯ อาจไม่ใช่รายชื่อที่ผู้เขียนนำเสนอ

กระบวนการพิจารณาบทความ

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

1. การพิจารณากลั่นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้**ผู้ทรงคุณวุฒิ (Referee)** ในแต่ละสาขาทำการ**พิจารณากลั่นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ** ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่ง

ต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ ยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) บทความนั้น จะใช้เวลาในการพิจารณาทบทวนบทความประมาณ 2 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

2. บทความที่ถูกปฏิเสธ (Rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนผ่านระบบรับส่งวารสารออนไลน์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

3. บทความที่ได้รับการยอมรับ (Accepted manuscripts) กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์ (draft proof) ให้ผู้เขียนตรวจสอบความถูกต้อง **ทั้งนี้จะต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ พร้อมดำเนินการชำระค่าตีพิมพ์บทความจำนวน 2,500 บาท** จากนั้น ทางกองบรรณาธิการจะทำการตีพิมพ์เล่มวารสาร (บทความตีพิมพ์ในรูปแบบขาวดำ) และเผยแพร่บทความอิเลคโทรนิค (ในรูปแบบสี) ผ่านทางเว็บไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (https:// www.tferj.forest.ku.ac.th) ผู้เขียนหรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสาร ฯ ด้วยเหตุนี้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (https://publicationethics.org/) ทั้งในส่วนของผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องพิจารณาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ

ลิขสิทธิ์ของบทความ

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

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1: มกราคม – มิถุนายน 2565

Volume 6 Number 1: January – June 2022

ISSN 2586-9566 (Print)

ISSN 2985-0789 (Online)

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินผลของการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำสาขาแม่ถาง จังหวัดแพร่ **79**

สุภัทรา ถึกสถิตย์ วินัส ต่วนเครือ ขรรค์ชัย ประสานัย และพัชเรศร์ ชคัตตรัยกุล

ความทนแล้งของกล้าไม้ยืนต้นและความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงหน้าที่กับการรอดชีวิต ภายใต้การทดลองสภาวะแล้ง **93**

รัตนมน อ้ายเสาร์ พิมลรัตน์ เทียนสวัสดิ์ ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ และ เดีย พนิตนาถ แชนนอน

การใช้แบบจำลองแมกซ์เซนประเมินศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของไม้สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) ในธรรมชาติพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน **110**

ติณณ์ วงรินยอง มณฑล นอแสงศรี อิสรีย์ ฮาวปินใจ กันตพงศ์ เครือมา และ ต่อลาภ คำโย

ทัศนคติและการรับรู้กฎหมายป่าไม้ของประชาชนต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูผาม่าน **125**

กีรติ พันทะสาร กฤษดา พงษ์การัณยภาส อิสรีย์ ฮาวปินใจ และปัญจพร คำโย